

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**HENRIQUE NICOLAU GRILLAUD MARANHOLI**

**INFLUÊNCIA DA ILHA DE CALOR NA FENOLOGIA DE ESPÉCIES  
ARBÓREAS EM CUIABÁ-MT, BRASIL**

**CÁCERES – MT  
2017**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**HENRIQUE NICOLAU GRILLAUD MARANHOLI**

**INFLUÊNCIA DA ILHA DE CALOR NA FENOLOGIA DE ESPÉCIES  
ARBÓREAS EM CUIABÁ-MT, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Geografia para obtenção do título de Mestre.

**Orientador: Prof. Dr. Alfredo Zenen Dominguez González**

**CÁCERES – MT  
2017**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

Maranholi, Henrique Nicolau Grillaud

Influência da ilha de calor na fenologia de espécies arbóreas em Cuiabá - MT./Henrique Nicolau Grillaud Maranholi. Cáceres/MT: UNEMAT, 2017. 120f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2017.

Orientador: Alfredo Zenen Dominguez González

1. Ilha de calor – Cuiabá-MT. 2. Clima urbano. 3. Mudanças climáticas. 4. Fenologia – espécies arbóreas. I. Título.

CDU: 551.58(817.2)

Ficha catalográfica elaborada por Tereza Antônia Longo Job CRB1-1252



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alfredo Zenen Dominguez Gonzalez pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho e ter estado sempre pronto a me ouvir e esclarecer minhas inúmeras dúvidas.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Célia Alves de Souza e ao Prof. Dr. Fernando Ferreira de Moraes pelo paciente trabalho de revisão e correção da dissertação.

Agradeço a minha mãe Fátima Aparecida Maranholi Grillaud, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

À direção do Horto Florestal Totti Garcia pela prontidão em me atender e disponibilizar sua área para esta pesquisa.

Ao meu amigo e primeiro orientador, André Luiz Montes pela paciência em corrigir meu projeto e assim poder ingressar no mestrado, e ao meu amigo Eudes Arrais Gois por ter sido o primeiro a acreditar e me incentivar.

Ao meu companheiro, namorado, amigo, e marido, Wellington Fava Roque pela paciência, ajuda e compreensão em tantos momentos que precisei.

Meus agradecimentos aos amigos Jonh Erick, Luciana Almeida, Herbert Alencar e outros amigos companheiros de caminhada e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

A toda a minha família que sempre me apoiou e incentivou que eu fizesse esta pesquisa. Em especial, um agradecimento póstumo a minha avó Inez que, com certeza, intercedeu em meu favor...a ela, saudades.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	xiii
<b>RESUMO</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO II – REFERENCIAL TEÓRICO</b>	
2.1- Esfera Geográfica e geodiversidade: suporte ecológico do desenvolvimento .....	6
2.2- A paisagem como categoria de análise geográfica .....	7
2.2.1- Classificação da paisagem .....	10
2.3- A análise ambiental da paisagem urbana .....	12
2.4- Ilhas de Calor Urbano.....	15
2.5 - Classificações climáticas e sua aplicação em Mato Grosso.....	18
2.5.1- Classificação climática de A. Strahler (1952) utilizada pelo IBGE.....	18
2.5.2- Classificação climática de Koppen.....	20
2.5.3- Classificação climática de Thornthwaite (1941) .....	22
2.6 - Caracterização dos biomas de Mato Grosso.....	23
2.7- Clima urbano e fenologia das plantas .....	28
2.8- Clima Global: Uma incógnita e algumas questões pontuais.....	30
2.8.1- O fenômeno climático El Niño – Oscilação Sul e seus impactos .....	33
<b>CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS</b>	
3.1- Caracterização da área de estudo .....	38
3.1.1- Características físico-geográficas do entorno da cidade de Cuiabá .....	38
3.1.2- Origem e evolução histórica da cidade de Cuiabá .....	41
3.2 – Materiais utilizados .....	45
3.3 – Métodos selecionados .....	45

<b>3.4 – Procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa .....</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	
<b>4.1 - Urbanização e ilhas de calor: o caso de Cuiabá.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.1- Homem e microclimas urbanos: a urbanização como agente modificador...58</b>	
<b>4.1.2- Uso e ocupação do solo <i>versus</i> microclima urbano em Cuiabá.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2- Análise estatística da influência do fenômeno climático El Niño em Cuiabá.....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.1- Condições climáticas em Cuiabá durante o período analisado.....</b>	<b>66</b>
<b>4.3- Análise estatística da correlação Clima – Fenologia.....</b>	<b>69</b>
<b>4.3.1- Temperatura X Fenofases .....</b>	<b>69</b>
<b>4.3.2- Precipitação X Fenofases .....</b>	<b>71</b>
<b>4.3.3- Umidade Relativa X Fenofases .....</b>	<b>74</b>
<b>4.4- Resultados da análise dos eventos fenológicos .....</b>	<b>76</b>
<b>4.4.1- Dossel .....</b>	<b>77</b>
<b>4.4.2- Antese.....</b>	<b>78</b>
<b>4.4.3- Brotamento .....</b>	<b>80</b>
<b>4.4.4- Queda foliar .....</b>	<b>82</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>86</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AOGCMs** – Modelo De Circulação Geral Atmosfera-Oceano

**APP** – Área de Preservação Permanente

**Aw** – Clima Tropical Semiúmido

**BNH** – Banco Nacional de Habitação

**COHAB-MT** – Companhia de Habitação do Estado de Mato Grosso

**ENOS** – El Niño Oscilação Sul

**GCMs** – General Circulation Models

**GTPCS/MCTI** – Grupo de Trabalho em Previsão Climática Sazonal do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**ICU** – Ilha de Calor Urbano

**INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia

**IPCC** – Intergovernmental Panel on Climate Change

**mEa** – Massa de ar Equatorial Atlântica

**mEc** – Massa de ar Equatorial Continental

**mPa** – Massa de ar Polar Atlântica

**mTa** – Massa de ar Tropical Atlântica

**mTc** – Massa de ar Tropical continental

**NDC** – Número De Dias De Chuva

**NOAA** – National Oceanic and Atmospheric Administration

**OMM** – Organização Meteorológica Mundial

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**PDDU** – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

**PNUMA** – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

**SCOR** – Comitê Científico de Pesquisas Oceânicas

**SCU** – Sistema Clima Urbano

**TSM** – Temperatura Da Superfície Do Mar

**ZCIT** – Zona de Convergência Intertropical

**ZEX** – Zona de Expansão Urbana

**ZIA** – Zonas de Interesse Ambiental

**ZUE** – Zonas Urbanas Especiais

**ZUM** – Zona Urbana de Uso Múltiplo

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Significado dos símbolos da classificação de Köppen .....	21
<b>Tabela 2</b> – Zonas climáticas brasileiras segundo a classificação de Thornthwaite .....	22
<b>Tabela 3</b> – Coordenadas Geográficas dos pontos centrais de coletas de dados.....	39
<b>Tabela 4</b> – Espécies arbóreas monitoradas em praças e parques de Cuiabá-MT (entre março de 2015 e fevereiro de 2017) .....	49

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando a temperatura de 1998 a 2004.....	69
<b>Quadro 2</b> - P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando os anos completos da temperatura de 2014 a 2016.....	70
<b>Quadro 3</b> - P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando a precipitação de 2012 até 2016.....	72

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Classificação climática de Mato Grosso a partir da proposta de Strahler.....	21
<b>Figura 2</b> – Classificação climática de Mato Grosso a partir da proposta de Köppen.....	23
<b>Figura 3</b> – Mapa climático do Brasil segundo a classificação de Thornthwaite .....	25
<b>Figura 4</b> – Distribuição geográfica dos biomas brasileiros.....	26
<b>Figura 5</b> – Anomalias da TSM entre 2000 e 2016, provocadas pelo fenômeno ENOS, na região central do Pacífico (Região 3.4 do El Niño: entre 5 <sup>0</sup> N e 5 <sup>0</sup> S e 120 <sup>0</sup> -170 <sup>0</sup> W).....	34
<b>Figura 6</b> – Mapa da área experimental, no centro da cidade de Cuiabá/MT.....	38
<b>Figura 7</b> – Mapa da área de controle, na região do Coxipó, Cuiabá/MT.....	39
<b>Figura 8</b> – Imagem da espécie <i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith.....	50
<b>Figura 9</b> – Imagem da espécie <i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard .....	51
<b>Figura 10</b> – Imagem da espécie <i>Bauhinia forficata</i> Link.....	52
<b>Figura 11</b> – Imagem da espécie <i>Cassia fistula</i> L .....	53
<b>Figura 12</b> – Imagem da espécie <i>Pachira aquatica</i> Aubl. ....	54
<b>Figura 13</b> – Imagem da espécie <i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch.....	54
<b>Figura 14</b> – Localização das ilhas de calor urbano em Cuiabá no ano de 1986.....	59
<b>Figura 15</b> – Localização das ilhas de calor urbano em Cuiabá no ano de 1995.....	60
<b>Figura 16</b> – Localização das ilhas de calor urbano em Cuiabá no ano de 2005.....	61
<b>Figura 17</b> – Localização das ilhas de calor urbano em Cuiabá no ano de 2015.....	62
<b>Figura 18</b> – Perfil topográfico de Mato Grosso.....	63

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, percentagem de superfícies d'água e de arborização brutos <i>versus</i> média das temperaturas registradas às 8 h, 14 h e 20 h durante as estações seca e chuvosa .....	65
<b>Gráfico 2</b> – Médias das temperaturas registradas às 8h, 14h e 20h, na estação de estiagem (agosto de 1998) e de chuva (janeiro/fevereiro de 1999), e as diferenças médias de temperatura em relação ao caso mais crítico, o Morro da Luz .....	66
<b>Gráfico 3</b> – Médias anuais de precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima) de Cuiabá, entre 1985 e 2011 .....	67
<b>Gráfico 4</b> – Temperatura média mensal de janeiro de 1998 até dezembro de 2004 em Cuiabá.....	68
<b>Gráfico 5</b> – Temperatura média mensal de julho de 2013 até dezembro de 2016 em Cuiabá.....	70
<b>Gráfico 6</b> – Precipitação total mensal de janeiro de 2012 até dezembro de 2016 em Cuiabá.....	71
<b>Gráfico 7</b> – Coeficiente de correlação de Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Temperatura para a área experimental .....	74
<b>Gráfico 8</b> - Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Temperatura para a área de controle .....	75
<b>Gráfico 9</b> – Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Precipitação para a área de controle .....	76
<b>Gráfico 10</b> – Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Precipitação para área experimental .....	77
<b>Gráfico 11</b> – Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Umidade Relativa para área experimental .....	78
<b>Gráfico 12</b> – Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Umidade Relativa para área de controle .....	79
<b>Gráfico 13</b> – Dossel para as espécies contidas na área experimental .....	81

<b>Gráfico 14</b> – Dossel para as espécies contidas na área de controle .....	81
<b>Gráfico 15</b> – Antese para as espécies contidas na área experimental .....	83
<b>Gráfico 16</b> – Antese para as espécies contidas na área de controle .....	83
<b>Gráfico 17</b> – Brotamento para as espécies contidas na área experimental .....	84
<b>Gráfico 18</b> – Brotamento para as espécies contidas na área de controle .....	85
<b>Gráfico 19</b> – Queda foliar para as espécies na área experimental .....	86
<b>Gráfico 20</b> – Queda foliar para as espécies na área de controle .....	87

## RESUMO

O acentuado crescimento urbano da cidade de Cuiabá tem provocado a formação de ilhas de calor cuja influência na fenologia das espécies constituintes dos espaços livres da cidade, sejam eles praças, parques, jardins ou outros, está insuficientemente estudada. O objetivo foi constatar a influência da ilha de calor de Cuiabá sobre a fenologia das espécies arbóreas que compõem a paisagem florística do centro da cidade. Foram selecionadas 06 espécies arbóreas com base nos critérios propostos por (Fournier & Charpantier 1975). O número de indivíduos por espécie variou, de acordo com a quantidade encontrada na região da ilha de calor. A amostra é constituída por 41 indivíduos de 06 espécies diferentes, sendo que, de acordo com a classificação vegetativa: três são decíduas, uma é semidecídua, duas são perenifólias. Em relação com o modo de dispersão, uma espécie é anemocórica, três são zoocóricas e duas são autocóricas. A sincronia de ocorrência dos eventos fenológicos entre os indivíduos da mesma espécie foi estimada para cada árvore, seguindo-se os critérios de (MORELLATO et al., 1990; BENCKE e MORELLATO, 2002). Para avaliar a influência dos fatores abióticos sobre cada fenofase, foram estabelecidas correlações de Pearson (r) com o auxílio do aplicativo estatístico BioEstat 5.3. Entre os meses de março de 2016 e fevereiro de 2017 foram monitorados um total de 41 indivíduos (árvores adultas) de famílias diferentes, pertencentes a 06 espécies em quatro praças (área experimental), bem como no horto florestal e o parque Zé Boloflô, todos dentro da cidade de Cuiabá-MT. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), desde o ano de 1997 até 2010, foram registradas seis ocorrências do El Niño sendo que, destes, o evento ocorrido no biênio de 1997/1998 foi classificado com Forte, e os de 2002/2003, 2004/2005, 2006/2007 e 2009/2010 foram classificados como Moderados. Os resultados obtidos indicaram que os eventos fenológicos se alteram entre as espécies e que algumas das ocorrências frequentemente observadas estavam relacionadas ao clima da região. Os dados dos eventos fenológicos mostraram que os indivíduos localizados na ilha de calor apresentam uma maior intensidade das fenofases avaliadas, comparados aos indivíduos amostrados em área de controle. Contudo, é importante a realização das avaliações das fenofases por um período maior, para verificar suas variações em uma escala temporal e fora do período de influência do El Niño.

Palavras-chave: Ilha de Calor; Clima urbano; Fenologia; Mudanças Climáticas.

## ABSTRACT

The strong urban growth of the city of Cuiabá has provoked the formation of heat islands, whose influence on the phenology of the species constituting the free spaces of the city, whether they are squares, parks, gardens or others, is insufficiently studied. The objective was to verify the influence of the heat island of Cuiabá on the phenology of the tree species that make up the floristic landscape of the city center. Six tree species were selected based on the criteria proposed by (Fournier & Charpantier 1975). The number of individuals per species varied according to the amount found in the region of the heat island. The sample consisted of 41 individuals from 06 different species, and according to the vegetative classification: three are deciduous, one is semi - deciduous, two are perennial. In relation to the mode of dispersion, one species is anemocoric, three are zoocoric, and two are autochromatic. The synchrony of occurrence of phenological events among individuals of the same species was estimated for each tree, following the criteria of (Morelli et al., 1990; BENCKE and MORELLATO, 2002). In order to evaluate the influence of the abiotic factors on each phenophase, Pearson (r) correlations were established with the aid of the statistical application BioEstat 5.3. Between March 2016 and February 2017, a total of 41 individuals (adult trees) from different families, belonging to 06 species in four squares (experimental area), as well as in the forest garden and the Zé Boloflô Park, were monitored. Within the city of Cuiabá-MT. According to the National Institute of Meteorology (INMET), from 1997 to 2010, six El Niño occurrences were recorded, and of these, the event occurred in the biennium of 1997/1998 was classified as Strong, and those of 2002 / 2003, 2004/2005, 2006/2007 and 2009/2010 were classified as Moderate. The results indicate that the phenological events change among the species and that some of the occurrences frequently observed were related to the climate of the region. The data of the phenological events showed that the individuals located in the heat island have a higher intensity of the phenophases evaluated, compared to the individuals sampled in the control area. However, it is important to carry out the assessments of the phenophases for a longer period, to verify their variations on a temporal scale and outside the period of influence of El Niño.

Keywords: Island of Heat; Urban climate; Phenology; Climate changes.

## **CAPITULO I - Introdução**

A noção básica da Ciência da Paisagem é o reconhecimento da Esfera Geográfica ou Geosfera e sua geodiversidade paisagística, entendida como a variedade de paisagens do nosso planeta, e os processos que marcam sua dinâmica (GONZÁLEZ, 2003); (Gray, 2004, apud FERREIRA, 2014).

Porém, durante a evolução desta ciência, o termo “paisagem” tem sido objeto de diversas interpretações, desde uma concepção inicial em que era considerada uma formação somente natural, até a concepção da paisagem contemporânea (resultante da interação Sociedade – Natureza), a qual pode ser de origem antropogênica, ou ser totalmente antropogênica (construída), como é o caso das paisagens urbanas.

Assim, a multiplicação e acelerado crescimento das paisagens urbanas sem um planejamento adequado durante o século XIX, particularmente na Inglaterra e na França, provocou uma crescente degradação ambiental destas paisagens, evidenciada especialmente pela modificação das propriedades físicas e químicas da atmosfera urbana como resultado das atividades antrópicas. Essa é a origem do chamado clima urbano (Muniz e Caracristi, 2015), tão global atualmente quanto o próprio fenômeno da urbanização.

Tornou-se evidente então que o estilo de vida cada vez mais urbanizado tem afastado o homem da natureza e produzido paisagens cada vez mais artificiais, principalmente no centro das cidades, onde a diminuição da cobertura vegetal derivada da construção de imóveis e vias de comunicação provoca a formação de um clima local conhecido como clima urbano (Bargos, 2010), um sistema revelado por Carlos A. de Figueiredo Monteiro com o nome de Sistema Clima Urbano (SCU).

Para Monteiro (1976), o SCU é um sistema que abrange um dado espaço terrestre e sua urbanização, sendo o resultado das interações entre as atividades antrópicas urbanas e as características da atmosfera local, dentro de um contexto regional.

No SCU, a atmosfera é o operador que importa energia ao sistema, no qual os operandos do sistema (seres humanos), modificam e transformam essa energia no sentido de incorporá-la ao núcleo ou exportá-la ao ambiente. Neste sentido, apenas o insumo de energia ao sistema por parte do operador não determina o formato padrão do clima de um lugar, mas será determinante quando associado à ação transformadora que o núcleo impõe a essa energia (MONTEIRO, 2003).

Ainda de acordo com esse autor, a percepção humana do clima das cidades acontece em três canais: *conforto térmico, qualidade do ar e impactos meteorológicos*, cada um deles vinculado a um subsistema do SCU: Termodinâmico, Físico-Químico, e Hidrometeorológico, respectivamente.

O canal de percepção do conforto térmico engloba as componentes termodinâmicas do clima, cuja influência se manifesta continuamente na forma de calor (extremos de temperatura), ventilação e umidade. Já a qualidade do ar se expressa pela poluição atmosférica, cuja concentração ou dispersão dependem do tipo de tempo atmosférico dominante em um momento dado. Finalmente, os impactos meteorológicos que sofre a cidade (como chuvas intensas, tormentas de neve, furacões e tornados) causam grandes perturbações na circulação e os serviços urbanos (MONTEIRO, 2003).

Dentre as peculiaridades do clima urbano destaca-se a presença das chamadas ilhas de calor urbano – ICU, um fenômeno resultante da urbanização, caracterizado pela intensidade ou magnitude que apresenta a diferença máxima observada, em um momento determinado, entre a temperatura de um ponto da cidade, densamente construído, e outro em seu entorno ou no ambiente rural (AMORIM, 2005).

Na concepção de Corbella & Yannas (2003), o aumento em altura e concentração dos edifícios nos centros urbanos, incrementou a inércia térmica e modificou a velocidade e direção dos ventos; este fato, de conjunto com a expansão das ruas asfaltadas que absorvem mais energia solar, geram ilhas de calor nas áreas urbanas, especialmente entre duas e cinco horas após o pôr do sol, quando ocorre o resfriamento das regiões periféricas da urbe em relação ao núcleo do sistema.

Assim, o crescimento urbano interfere nas propriedades térmicas, hidrológicas e aerodinâmicas entre superfícies urbanizadas e vegetadas, e entre áreas centrais e suburbanas, resultando em maior aquecimento no centro das cidades em relação aos ambientes suburbanos e rurais (MAITELLI, 1994).

Portanto, a presença da vegetação no ambiente urbano é uma importante estratégia para amenizar a temperatura do ar. Como salientara Romero (2000), a cobertura vegetal auxilia na diminuição da temperatura do ar, absorve energia (controlando a radiação solar) e favorece a manutenção do ciclo oxigênio – gás carbônico, essencial à renovação do ar, além de influenciar na ventilação e na umidade relativa.

Nesse sentido, Júnior (2005) destaca a contribuição da vegetação para o

estabelecimento de microclimas, argumentando que a própria fotossíntese libera vapor d'água que auxilia na umidificação do ar. Assim, segundo este autor, a vegetação possui uma função de estabilização dos efeitos do clima a escala local, reduzindo os extremos ambientais.

Argumentos similares podem-se observar em Barbosa, et. al. (2010) ao se referir aos espaços públicos urbanos onde há presença de vegetação arbórea - como praças, parques e canteiros - onde ela propicia tanto a circulação de ar no nível dos pedestres quanto a permeabilidade de água no solo, a diminuição da temperatura do ar e o bloqueio da radiação solar, entre outros benefícios (BARBOSA, et. al., 2010).

Assim, tanto a plantação de espécies arbóreas no interior dos centros urbanos quanto a conservação dos remanescentes da vegetação nativa, influênciam no controle do conforto térmico urbano, mesmo quando a vegetação sofre com a artificialidade antrópica (Martini, et. al., 2014); isto porque em cidades com temperaturas elevadas ao longo do dia, as árvores dissipam o calor sob suas copas, realizam despoluição do ar através da fotossíntese e, por fim, proporcionam sombra para os pedestres (CARVALHO, 1982). Desta forma, a vegetação urbana tem influência direta no conforto térmico das pessoas, além de contribuir para melhorar a qualidade do ar que circula nesse meio.

As funções da vegetação urbana foram resumidas por Guzzo (2000) da seguinte forma: (1) ecológica, porque promove melhorias no clima e na qualidade do ar, água e solo; (2) social, pelas possibilidades que oferece para o lazer da população; (3) estética, porque contribui para diversificar a paisagem construída e embelezar a cidade; (4) educativa, porque constituem espaços apropriados para desenvolver atividades de educação ambiental; e (5) psicológica, pela influência relaxante e anti estressante do contato com os elementos naturais das áreas vegetadas. Similares considerações ofereceram LOBODA e DE ANGELIS (2005).

Mesmo sendo conhecidos os benefícios antes citados, a conservação da vegetação nas cidades e muitas vezes precária devido à falta de planejamento florístico, aliado ao crescimento rápido e desordenado dos centros urbanos, um processo que o poder público não tem conseguido controlar (Bezerra, 2000) e que gera impactos de diversos tipos no meio físico.

Como parte desses impactos ocorre a modificação dos ciclos biológicos das plantas e sua interação com o ambiente, cujo monitoramento é realizado pela Fenologia, através

de observações sistemáticas do ciclo de vida das plantas, compreendendo as fenofases vegetativas e reprodutivas (PEREIRA, et. al., 2008).

Para Oliveira et al. (2013), o conhecimento do comportamento das plantas em suas diversas fenofases é importante para elaborar o planejamento da arborização urbana; informações fenológicas como os limites e a extensão do período da caducidade foliar, bem como a delimitação do período de floração ou frutificação, são importantes para obter boa composição estética nos diversos ambientes da cidade (ABREU e LABAKI, 2010).

Paralelamente, sabe-se que o manejo incorreto de plantas localizadas em áreas urbanas modifica seu ciclo fenológico, como demonstraram König, et. al. (2003) quando, estudando os danos mecânicos na arborização urbana, constataram que 5,3% das espécies observadas tiveram prejuízos em seu desenvolvimento devido à poda sem orientação.

No caso do Brasil, o processo de urbanização desenvolveu-se de forma muito rápida e sem planejamento, especialmente entre as décadas de 1950 e 1980, época em que o intenso êxodo rural, combinado com um alto crescimento populacional, resultaram na multiplicação e crescimento desordenado de grandes centros urbanos no país: somente no período compreendido entre 1940 e 1996 a população brasileira cresceu cerca de quatro vezes (SANTOS e SILVEIRA, 2008), e sua concentração em centros urbanos atingiu 84,35% da população total nos últimos anos (IBGE, 2010).

Simultaneamente com o crescimento demográfico e da urbanização, desde a década de 1960 surgiram preocupações com a queda da qualidade ambiental urbana, estimulando os primeiros estudos relacionados com o clima urbano nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo (DE LIMA et. al., 2012).

No caso da cidade de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, o acelerado desenvolvimento urbano das últimas décadas tem reduzido drasticamente a cobertura vegetal da cidade (substituição da vegetação nativa por construções, calçamentos e pavimentação), provocando alterações na temperatura da superfície terrestre e do ar adjacente.

Deste modo, o **problema científico** abordado nesta pesquisa vem determinado pela necessidade de conhecer a relação entre crescimento urbano da cidade de Cuiabá, formação de ilhas de calor e fenologia das espécies vegetais sob a influência destas condições microclimáticas.

A **hipótese** que norteia a pesquisa é a seguinte: há influência da ilha de calor na fenologia das espécies. Neste sentido, um estudo do comportamento fenológico de árvores existentes na de ilha de calor do centro da cidade de Cuiabá, permitirá definir se essa característica do clima urbano provoca mudanças nos padrões fenológicos das plantas selecionadas durante um período de variabilidade climática associada ao evento ENOS. Portanto o **objetivo geral** da pesquisa é constatar a influência da ilha de calor de Cuiabá sobre a fenologia das espécies arbóreas que compõem a paisagem florística do centro da cidade.

Derivado do anterior, os **objetivos específicos** são os seguintes: (1) Definir, através da revisão bibliográfica, os fundamentos teóricos e metodológicos que sustentam a investigação; (2) Realizar a caracterização física e socioeconômica regional, com ênfase na climatologia da cidade de Cuiabá como área de estudo; (3) Determinar a possível influência da ilha de calor sobre o comportamento fenológico de espécies selecionadas; (4) Oferecer subsídios para o gerenciamento da arborização urbana de Cuiabá e outros centros urbanos.

A dissertação está estruturada em quatro capítulos. No capítulo I é apresentado o tema pesquisado, bem como o problema de investigação, a hipótese que norteia a pesquisa e seus objetivos.

No capítulo II, desenvolve-se uma discussão acerca dos conceitos geográficos utilizados na pesquisa, bem como a categoria de análise e suas implicações ao longo da institucionalização da Geografia enquanto ciência e a climatologia como instrumento de estudo. No terceiro capítulo se faz uma caracterização da origem e evolução da cidade de Cuiabá e suas ilhas de calor, bem como se explica a metodologia utilizada para a coleta e processamento das informações fenológicas.

Por fim, no capítulo IV se discutem os resultados obtidos, bem como sua relação com outras pesquisas similares desenvolvidas em Cuiabá e em outras cidades. As informações acerca da fenologia das plantas foram descritas e analisadas por evento, tornando assim possível a comparação de todas as espécies. Após as discussões são feitas ponderações finais sobre a pesquisa e possíveis implicações e utilizações futuras.

## CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1- Esfera Geográfica e geodiversidade: suporte ecológico do desenvolvimento

Como argumentado anteriormente neste trabalho, a noção básica da Ciência da Paisagem é o reconhecimento da Esfera Geográfica ou Geosfera e sua geodiversidade paisagística, resultante dos processos que marcam a inter-relação entre as dinâmicas endógena e exógena do planeta Terra.

Assim, a geodiversidade constitui o fundamento sobre o qual se desenvolvem outras categorias da diversidade planetária, como a biodiversidade e a diversidade sociocultural. Aliás, a geodiversidade propriamente constitui um recurso (pelos valores científico-cognitivos, estético-cênicos, histórico-culturais ou de outro tipo que possam conter as paisagens) razão pela qual pode ser gerenciada de acordo com esse critério (MOREIRA e RODRIGUEZ, 2001).

Segundo Moraes (2010) o termo foi utilizado pela primeira vez em 1993 com o intuito de ampliar o espectro da gestão das áreas protegidas (concentrado tradicionalmente na biodiversidade); assim, na Conferência sobre Conservação Geológica e Paisagística realizada nesse ano no Reino Unido, a proteção e manejo da geodiversidade passou a formar parte das políticas de conservação da natureza, as quais começaram a considerar os patrimônios biótico e abiótico como tendo o mesmo nível de importância.

A utilização do termo *geodiversidade* se inicia na década de 1990, consolidando-se ao longo dos últimos anos dessa década em estudos destinados à preservação do patrimônio natural (paisagens naturais, monumentos geológicos, sítios paleontológicos e outros), após ter sido aplicado com essa intencionalidade por Eberhard, em 1997, ao defini-la como “a diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos” (SILVA, et al. 2008).

Seguindo essa interpretação, autores como Owen *et al.* (2005, apud Ferreira, 2014) e Hose (2010, apud Ferreira, 2014), consideram a geodiversidade como a diversidade natural dos elementos geológicos, geomorfológicos e pedológicos impressos na paisagem, incluindo a sua riqueza em recursos naturais. Um conceito similar foi apresentado por Galopim de Carvalho (2007), para quem a geodiversidade somente inclui o conjunto das rochas, dos minerais e das suas expressões no subsolo e nas paisagens.

Em uma concepção de cunho possibilista sobre o conteúdo do termo

“geodiversidade”, Stanley (2001, apud Silva, et al. 2008) considera que a mesma equivale às paisagens naturais (entendidas somente como a variedade de ambientes e processos geológicos), na sua relação com o seu povo e sua cultura.

Cabe-nos perguntar agora: qual é a gênese dessa diversidade natural de elementos geológicos, geomorfológicos e pedológicos impressos na paisagem?; por acaso não está na ação conjunta dos processos endógenos e exógenos?; qual é o resultado dessa ação conjunta?; por acaso não é a diversidade de paisagens?.

Essa análise leva-nos a assumir uma interpretação mais holística do termo *geodiversidade* como sendo sinônimo da diversidade paisagística de uma área. Esta aceção, assumida neste trabalho, é defendida por autores como: Xavier da Silva e Carvalho Filho (2001) que a entendem como sendo a “variabilidade das características ambientais de uma determinada área geográfica”; e Veiga (2002), para quem a geodiversidade expressa às particularidades do meio físico, abrangendo rochas, relevo, clima, solos e águas subterrâneas e superficiais.

Para Pereira (2010) que segue a mesma linha de raciocínio, a geodiversidade é o conjunto de elementos naturais do planeta, cujo aspecto externo depende dos processos associados à interação entre os processos dinâmicos endógenos e exógenos.

## **2.2- A paisagem como categoria de análise geográfica**

Utilizado geralmente de forma vaga em diversos campos do conhecimento científico, especialmente aqueles vinculados ao planejamento e gestão ambiental, o conceito de *paisagem* tem sua origem no vocábulo francês *paysage*, surgido na Idade Média para se referir a um recorte do espaço geográfico ocupado por um grupo humano (Dantas, et al. 2015). Porém, foi no início do século XIX que Alexander von Humboldt, durante a estruturação da Geografia como campo autônomo do conhecimento científico, revela o conteúdo científico do termo.

Como apontaram Silveira e Vitte (2010), as principais contribuições deste grande naturalista são a visão cósmica do mundo (componentes e processos naturais em constante interação) e o entendimento da paisagem não só como expressão fisionômica e estética, mas também como manifestação das relações entre esses componentes (o Universal) sintetizadas através das formações vegetais (o Particular); portanto, deve-se a Humboldt a sistematização do conteúdo científico do termo *paisagem* (*landschaft*) como

síntese da inter-relação das componentes do meio físico, expressada nas formações vegetais.

Segundo Silveira e Vitte (2010, op. cit.), Humboldt considerou a vegetação como um bom indicador para compreender a paisagem porque ela se comporta como verdadeira síntese do meio, ao responder de formas variadas a cada situação exposta: diferentes combinações da interação entre os componentes naturais implicam diferenças na vegetação. Desta forma, o conteúdo científico do termo *paisagem* como categoria de análise espacial, surge junto com a Geografia Moderna.

A partir desse momento, a noção de paisagem como categoria de análise geográfica tem sido muito discutida nos ambientes acadêmicos da Geografia, abrindo o caminho para estudar a relação homem - paisagem desde posições deterministas (representadas por Ratzel) ou possibilistas (lideradas por Vidal de La Blache).

No caso de Ratzel, pela sua concepção do determinismo geográfico na relação homem – meio natural, onde a região natural constituiria a base territorial dos gêneros de vida: terrenos calcários serviriam basicamente para povoação de regiões pobres e terrenos ricos em nutrientes, e margens de rios seriam boas áreas de pastagens e trariam boas colheitas a quem ali se aventurasse (MONBEIG, 2009).

Todavia, esta concepção geográfica foi refutada pelas conclusões advindas das pesquisas científicas, as quais demonstravam o caráter absurdo do determinismo, tendo em vista que o homem, com sua inteligência, é capaz de transformar o meio a tal ponto que, as vezes, aquilo que acreditamos ser um cenário obra da natureza, não é senão obra humana (BERTRAND, 1968).

Na segunda metade desse próprio século XIX, P. Vidal de La Blache comparou a ação humana sobre a paisagem natural com a de um jardineiro que fica tão maravilhado com sua criação que se esquece de tudo o que é natural: dando continuidade à interpretação do alemão K. Ritter, La Blache considera a paisagem como o resultado da correlação espacial, em um lugar determinado, entre elementos naturais e humanos (SCHIER, 2003).

No final deste próprio século XIX, a noção de paisagem como síntese natural atuaria como campo ordenador do saber geográfico, também, na teoria dos solos de Dokoutchaev, onde elencou a estrutura funcional da paisagem, definiu os conceitos de Esfera físico-geográfica ou Geosfera e de Complexo Territorial Natural/CTN (integradores

dos processos físicos, químicos e bióticos de origem natural) e destacou o papel da vegetação na diferenciação das unidades de paisagem tipológicas (SCHIER, 2003).

Na primeira metade do século XX, K. Sauer define a paisagem como uma associação de formas (físicas e culturais) interdependentes no tempo, com determinada estrutura e função, ou seja, um organismo complexo, apreendido pela análise morfológica. Pouco tempo depois, o estudo da paisagem é revigorado por K. Troll através da Landscape Ecology (GONZÁLEZ, 2003).

Na segunda metade do século XX surge a Teoria Geral de Sistemas de Bertalanffy, a qual fortalece a abordagem sistêmica no estudo da paisagem, como demonstrado na Geografia Física pelas concepções de Sotchava. Este geógrafo, analisando o conjunto de componentes, processos e relações dos sistemas integrantes do meio ambiente, propôs o conceito de *geossistema* enquanto *formação natural*; para ele, o objetivo da Geografia Física e a razão da sua independência em relação às outras disciplinas é, precisamente, o estudo dos geossistemas (GONZÁLEZ, 2003).

Nessa época, coincidindo com a emergência da questão ambiental, autores como Stoddart, Neef, Tricart e Bertrand aprofundaram no estudo do geossistema, tendo sido este último quem, na sua Geografia Física Global (1968), introduz a atividade antrópica como fator de formação ou de transformação dos geossistemas (González, 2003). No Brasil, o modelo teórico-conceitual do geossistema na Geografia Física foi tratado por A. Christofolletti no livro *Análise de Sistemas em Geografia*.

Para Bertrand (1968) a paisagem:

(...) não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1968, p. 256).

Analisando o conceito de Bertrand, podemos concluir que a paisagem contemporânea apresenta-se incompleta se analisarmos apenas o seu lado físico, sem considerarmos a sua modificação antrópica, nem a relação existente com os seres vivos, ideia esta que podemos ver em Elhai (1968, apud Santos, 1985) quando analisa o objeto da biogeografia como ciência:

A biogeografia estuda os organismos vivos, as plantas e os animais na superfície do globo, em sua repartição, em seus agrupamentos e em suas relações com os outros elementos do mundo físico e humano. É, portanto, um ramo da Geografia

física porque ela procura descobrir, comparar e explicar as paisagens. A descrição das paisagens seria incompleta se só se fizesse evocação das formas de relevo, da Geomorfologia (ELHAI, apud SANTOS, 1985, p.63).

Portanto, a paisagem não pode ser entendida somente como fruto de processos pretéritos associados à dinâmicas endógena e exógena, porque ela está em constante e eterna mutação devido tanto à inter-relação entre os seus próprios componentes naturais quanto à interação entre a natureza e a sociedade.

### 2.2.1- Classificação da paisagem

Como argumentado anteriormente, ao longo das diferentes etapas de desenvolvimento da Ciência da Paisagem como disciplina integradora (Rougerie e Beroutchatchvili, 1991, apud González, 2003), o termo “paisagem” (Landscape, Landschaft) tem sido objeto de diversas interpretações, desde uma concepção inicial em que era considerada uma formação somente natural, condicionada por fatores naturais em inter-relação dialética, até a concepção da paisagem contemporânea como uma formação antroponatural, ou seja, um sistema geoespacial constituído por elementos naturais e antroponaturais.

Essas mudanças na aceção do termo podem ser resumidas da seguinte forma:

1- Como *aspecto externo* de um espaço ou território (interpretação estética da paisagem). Como destacado anteriormente, a introdução da noção de paisagem como expressão fisionômica e estética foi feita por A. von Humboldt e constitui uma das suas principais contribuições à geografia da natureza, de conjunto com a visão cósmica do mundo sob o princípio da unidade e interação dos processos naturais, e a busca de regularidades (SILVEIRA e VITTE, 2010).

2- A paisagem como *formação natural*: também associada a Humboldt, quando enxergou a paisagem como manifestação do Universal através do Particular (as formações vegetais). Esta interpretação, baseada na ideia da inter-relação dialética entre os componentes naturais, independentemente do seu grau de modificação antrópica, foi aprofundada por Sotchava nos anos 1960, sob o conceito de *geossistema* enquanto “*formação natural*”, como explicado por GONZÁLEZ (2003).

Para Mateo (2000), nesta aceção a paisagem natural é vista: (a) como conceito de gênero (termo utilizado para tratar qualquer objeto paisagístico de qualquer dimensão, complexidade ou nível, sob o nome de Complexo Territorial Natural ou Geossistema natural;

(b) como uma das unidades taxonômicas da regionalização físico-geográfica; (c) como formação natural semelhante a outras e, portanto, repetível espacialmente (interpretação tipológica).

3- Como *formação antropo – natural*: sistema espacial composto por elementos tanto naturais quanto antropo-tecnógenos condicionados socialmente, os quais modificam ou transformam as propriedades das paisagens naturais originais - trata-se das paisagens atuais ou contemporâneas (GONZÁLEZ, 2003).

4- Como *sistema econômico-social*, ou seja, o espaço onde vive a sociedade humana, caracterizado por um padrão específico de relações espaciais (derivado da capacidade funcional das suas paisagens para sustentar determinadas atividades socioeconômicas) e que possui importância existencial para a sociedade.

No estudo desta categoria, utilizada fundamentalmente pela Geografia Humana, o específico da abordagem geográfica da paisagem seria considerar tanto a organização territorial da sociedade, quanto o papel das paisagens naturais na sua configuração (MATEO, 2000).

5- Como resultado da ação da cultura ao longo do tempo (*paisagem cultural*): um grupo cultural modela a paisagem natural original. Neste caso, a cultura é o agente, a paisagem natural é o meio que fornece os materiais e a paisagem cultural é o resultado percebido pelos seus “construtores” (Sauer, 1927, apud HOLZER, 2005). Daí o fato dele ser uma imagem sensorial, afetiva, simbólica e material dos territórios (Beringuier, 1991). Assim, a paisagem cultural é o resultado da influência sobre o meio natural de um determinado modelo cultural ao longo do tempo, ou seja, como a pegada de uma civilização sobre o espaço, em sua relação com a natureza (GONZÁLEZ, 2003, op. cit.).

A concepção da paisagem cultural não admite que o modo de povoamento corresponda a um traço do meio físico como, por exemplo, o regime pluviométrico: a paisagem não possui e nem pode possuir limites naturais, ela é reflexo de costumes comunitários (Bertrand, 1968). Porém, esses costumes vêm sofrendo um desmantelamento por causa da globalização, como ocorre no meio urbano: em nossa opinião, poder-se-ia utilizar o termo “globalização da paisagem urbana”, pois se alguém chegar de olhos vendados em um Shopping Center de Cuiabá, São Paulo, Manaus ou Lisboa, não saberá em que cidade se localiza devido à similaridade existente.

Em todas as interpretações citadas nota-se o fato de que a paisagem, formada

inicialmente pela interação e interdependência de componentes naturais, resulta modificada pela ação antrópica. Portanto, as paisagens contemporâneas incluem desde aquelas que se encontram em um estado *natural* ou muito próximo dele, até as paisagens totalmente *antropogênicas*; no intermédio entre esses extremos existe um amplo espectro de categorias de paisagens *antropo-naturais* (GONZÁLEZ, 2003, op. cit.).

Ou seja, a paisagem constitui a interfase entre Natureza e Sociedade (um corpo natural reelaborado por um sistema econômico e cultural). Portanto, uma análise holística das paisagens de um determinado espaço, exige da articulação das diversas categorias de paisagem: a natural, a antropo-natural, a social e a cultural. Assim, para Mateo (2000), a análise da paisagem natural ou da antropo-natural é só o ponto de partida para ter uma compreensão global da inter-relação entre Sociedade e Natureza.

### **2.3- A análise ambiental da paisagem urbana.**

A partir da segunda metade do século XX, a percepção dos graves problemas ambientais que sofre o nosso planeta por causa da alteração das suas paisagens naturais, ocasionada pela implementação de modelos de desenvolvimento que só se preocupam em obter os máximos lucros possíveis com a exploração da natureza, geraram um crescente movimento internacional em defesa do meio ambiente (OSEJOS, et.al., 2011).

Como destacado pelos citados autores, esse movimento tem favorecido profundas transformações tanto na maneira como acontece a apropriação dos recursos naturais, quanto no enfoque do planejamento e gestão ambiental utilizados nos espaços onde esses recursos se encontram, sejam eles zonas costeiras, bacias hidrográficas, áreas protegidas ou outros (SOUSA e SILVA, 2008).

Paralelamente, a questão ambiental passou a ser preocupação de diversos ramos da ciência que se debruçam sobre o assunto, desde aqueles preocupados com a devastação ecológica atual e futura do planeta, até os que buscam a manutenção das características próprias de um ambiente e as interações entre seus componentes sob os impactos do modelo de desenvolvimento atual, ou seja, garantir a preservação (ROCHA, et. al., 1992).

No caso específico da urbanização como fenômeno global, o seu crescimento acentuado interfere no estado ambiental das paisagens de qualquer tipo (naturais, antropo-naturais ou antrópicas) produto da alteração das propriedades térmicas, hidrológicas e aerodinâmicas entre superfícies urbanizadas e vegetadas, e entre as áreas centrais e as

suburbanas, provocando um maior aquecimento no centro das cidades em relação aos ambientes suburbanos e rurais (MAITELLI, et. al., 2004).

O fato de que a ocupação de uma paisagem natural durante o processo de urbanização geralmente se inicie com a remoção da cobertura vegetal faz com que esse desmatamento gere impactos ambientais como: modificações climáticas locais; danos à flora e a fauna; e mudanças nas propriedades dos solos (especialmente por causa da compactação). Em Cuiabá, tais modificações estão relacionadas às políticas públicas que norteiam a produção e (re) produção do uso do solo urbano expressada pela desarticulação e contradição entre políticas públicas voltadas à habitação e as condições ambientais (ZAMPARONI, 2012).

Analisando a geração de impactos ambientais, Guerra e Cunha (2001) salientam que não é apenas um processo resultante de algum tipo de ação realizada no meio ambiente; muito mais do que isso, é uma relação permanente fazendo com que ele seja o efeito e a causa de novos impactos ambientais: o impacto ambiental não é só o resultado de determinada ação humana sobre o ambiente, porque ele gera sucessivas mudanças sociais e ecológicas.

Desta forma, os efeitos sobre a qualidade de vida da degradação ambiental advinda da explosiva urbanização a escala global, fizeram com que a análise ambiental da paisagem urbana ganhasse destaque cada vez maior, surgindo diferentes concepções teóricas relacionadas com a necessidade do planejamento ambiental urbano.

Nesse sentido, merecem destaque autores como Park (1973), Aguiar (1994) e Kade (1975). Para o primeiro, a cidade não se limita a ser uma mera construção artificial, antes disso, é obra da natureza humana atrelada ao seu cotidiano, ou seja, é o habitat da sociedade civilizada. Para Aguiar (1994) o ser humano pertence a um todo maior, complexo, articulado e interdependente, onde a natureza é finita e pode ser degradada pela utilização perdulária de seus recursos naturais.

Finalmente, Kade (1975), ressaltava que uma ideologia do planejamento advém dos modelos tradicionais de tomada de decisões com a proposta de intervenção do Estado na economia. Como exemplo, este autor via que a poluição ambiental era um resultado do sistema vigente, ficando impossível tratá-lo apenas com um planejamento, que apenas proporia soluções paliativas (KADE, 1975).

A análise da questão ambiental tornou-se um objeto central de diversos ramos da

ciência, justamente pela premissa de que a sociedade é objeto de estudo de disciplinas como a história, a sociologia, o direito e outras. Podemos observar isso em CIDADE (1995):

As perspectivas de análise sobre a questão ambiental urbana estão assentadas em formulações sociológicas do início deste século e em uma visão econômica ligada ao planejamento. Propostas alternativas atuais consideram importante uma visão histórica e interdisciplinar que integre preocupações da ecologia com análises sócio-políticas, passando pela geografia, pelo direito e pela filosofia (CIDADE, 1995, p. 294).

Como colocado por este autor, os estudos relacionados à fragilidade ambiental urbana são de extrema importância no planejamento das cidades porque a identificação de paisagens naturais e suas fragilidades podem levar à definição de melhores ações a serem postas em prática no meio físico, servindo de base para a gestão territorial.

Atualmente, o planejamento do meio urbano analisa o ambiente a partir da utilização do espaço sob duas dimensões: o adensamento urbano e a desigualdade no acesso a recursos. Nesse sentido, modificar o grau de exposição a perigo como os advindos de eventos naturais extremos nas regiões metropolitanas brasileiras, depende de um aporte de recursos que, frequentemente, encontra-se adiante da capacidade de seus governos (BIRD, 2002).

Na mesma ótica, Goldsmith (1992) avalia que o equilíbrio urbano-ambiental depende de três fatores primordiais, sendo eles: natureza tecnológica; taxas de urbanização e industrialização e estrutura econômica da cidade.

Em outra análise, Leff (2001) aponta que a visão mecanicista, base das teorias econômicas, justifica a ineficiência dos governos em executar medidas mitigatórias para os problemas ambientais. Sendo assim, os impactos ambientais negativos sobre as populações devem ser sempre compreendidos de forma sistêmica, o que inclui as dinâmicas naturais e sociais:

Os processos de desmatamento e erosão dos solos acarretam o esgotamento progressivo dos recursos bióticos do planeta, a destruição das estruturas edafológicas e a desestabilização dos mecanismos ecossistêmicos que dão suporte a produção e regeneração sustentável dos recursos naturais (LEFF, 2001, p. 87).

O Brasil apresentou, desde a metade do século XX, um rápido processo de urbanização caracterizado especialmente pela formação de metrópoles de forma intensa e descontrolada. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 56% da população brasileira residindo em áreas urbanas em 1970, esse valor percentual passou para 76% em 1991; 81% em 2000 e 84% de acordo com o último censo. Esses valores mostram uma rápida e desordenada urbanização (que vem ocorrendo desde

meados do século XIX), a qual tem gerado altos níveis de degradação ambiental, com efeitos na qualidade de vida da população do meio urbano (LIMA e ZANELLA, 2011).

Dentre as causas principais dessa degradação estão os altos índices de adensamento e verticalização dos edifícios, impermeabilização do solo, retificação e canalização dos cursos d'água e substituição de áreas verdes por áreas construídas, em condições de uso especulativo do solo (GOMES, 2007).

Uma das consequências da ação antrópica no meio urbano são as citadas ilhas de calor, um fenômeno resultante da urbanização que se caracteriza pela intensidade ou magnitude da diferença máxima observada na temperatura, em um momento determinado, entre um ponto da cidade densamente construído, e outro em seu entorno ou no ambiente rural (Amorim, 2005). Ou seja, que como destacado por Monteiro e Mendonça (2003), o clima urbano constitui um sistema conformado por um fato natural (clima local) e um fato social (a cidade).

No caso específico do surgimento de um *clima urbano*, Oke (1986) destacava como principais variáveis envolvidas na alteração do balanço energético local (ou seja, como causas do seu surgimento): a morfologia e a geometria urbanas, as propriedades térmicas dos materiais utilizados nas construções, a proporção entre as áreas construídas e as áreas verdes e a poluição da atmosfera.

Note-se que, como destacado por Unger (1995, apud De Araújo e Caram, 2017), o clima urbano resulta da modificação do clima local pelo homem: o clima regional afeta diretamente os espaços urbanos e estes, por sua vez, modificam o clima local.

Desta forma, muitas cidades começaram a sofrer alterações climáticas advindas do aumento da condutibilidade térmica dos materiais de construção utilizados, e o consequente aumento das temperaturas em relação às áreas naturais (PANTALEÃO e ROMERO, 2016).

Portanto, conhecer o clima representa um instrumento fundamental para adequar o desenho urbano com o intuito de proporcionar o equilíbrio térmico entre o meio e o homem: a paisagem urbana deve ser reabilitada de tal forma que permita satisfazer as necessidades do conforto térmico, indispensáveis para que aconteçam as relações sociais e culturais do meio urbano (PANTALEÃO e ROMERO, 2016).

## **2.4 – Ilha de Calor Urbano**

A formação de ilha de calor em áreas urbanas centrais obedece a condicionantes impostos pela cidade contemporânea em face do ambiente urbano local, caracterizado pela

alta emissão de poluentes na atmosfera, alteração da direção e velocidade dos ventos (principalmente devido à verticalização), aumento do consumo de energia para o condicionamento artificial dos ambientes fechados (especialmente em cidades de temperaturas mais elevadas) e transporte, entre outros fatores e ações de origem antropogênica que resultam na formação de ilhas de calor, ou inversão térmica nos ambientes urbanos. Esta situação é comentada por Silva e Romero (2008):

O condicionamento artificial permitiu o desenvolvimento de megaestruturas cujo aquecimento, refrigeração, umidade e iluminação dependem exclusivamente de sistemas mecânicos programados. Dessa forma, as cidades não contemplam o ambiente externo, tornando-o cada vez mais o lugar da contaminação, varrido por ventos de inverno ou sufocado pelo calor do verão. A preocupação exclusiva com o microclima interior nega o papel de condicionante climática do espaço exterior (SILVA e ROMERO, 2008, p. 114).

De acordo com estudos realizados por Duarte e Serra (2003), existe uma correlação entre o uso e a ocupação do solo (coeficientes de aproveitamento e taxa de ocupação do solo) com o clima urbano em determinadas regiões de clima tropical continental, bem como medidas alternativas de vegetação e dispersão de áreas verdes em resposta às diferenças térmicas entre o centro urbano e áreas periféricas, onde existe menos ocupação.

Na Climatologia brasileira, o estudo pioneiro sobre ilhas de calor foi realizado por Lombardo (1985), que estudou o fenômeno na cidade de São Paulo e verificou uma magnitude de 10°C. Em Mato Grosso os primeiros estudos referentes à ICU foram efetuados por Maitelli et al. (1991); Maitelli (1994); Zamparoni (1995).

De acordo com Lombardo (1985), ilha de calor se caracteriza como um fenômeno que associa os condicionantes derivados de ações antrópicas sobre o meio ambiente, em termos de uso e os condicionantes do meio físico e seus atributos geoecológicos:

A ilha de calor urbana corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação local. O efeito da ilha de calor sobre as cidades ocorre devido à redução da evaporação, ao aumento da rugosidade e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados. [...] a produção de energia antropogênica aumenta a temperatura, uma vez que o calor emitido pela ação humana nas grandes cidades ultrapassa o balanço médio de radiação. É no centro das áreas urbanas, em lugares pobres em vegetação, que as temperaturas alcançam valores máximos. Por outro lado, os valores mínimos são registrados em áreas verdes e reservatórios d'água (LOMBARDO, 1985, p. 24-25).

Para Nogueira e Lima (2013), este fenômeno urbano encontra-se entre os problemas ambientais, oriundo de atividades humanas, mais pesquisados nas últimas décadas e registra estudos do tema desde a década de 1930. A vegetação urbana contribui para a formação de um microclima urbano de diversas formas, desde o controle da radiação solar,

evapotranspiração, umidade, temperatura do ar, ação dos ventos e das chuvas, efeito de filtragem dinâmica sobre a poluição do ar, e sombreamento. De acordo com Mascaró e Mascaró (2004):

(...) a influência da vegetação na temperatura do ar está relacionada ao controle da radiação solar, do vento e da umidade do ar. Sob agrupamentos arbóreos, a temperatura é de 3° C a 4° C menor que nas áreas expostas à radiação solar. A diferença se acentua com a redução do deslocamento entre as áreas ensolaradas e sombreadas e com o aumento do porte da vegetação (MASCARÓ e MASCARÓ, 2004, p. 75)

Além da ação no ecossistema urbano, a vegetação age também na estabilização de determinadas superfícies, interagindo entre as atividades antrópicas e o meio ambiente, bem como no fornecimento de alimentos, proteção de nascentes e mananciais, na organização e composição de espaços.

Ao discutirem modificações climática em áreas urbanas, Frota e Schiffer (2003), apontaram que particularmente as maiores, resultem em verdadeiras Ilhas de Calor, que por sua vez são basicamente criadas a partir das alterações impostas à drenagem do solo, notadamente pelo seu revestimento por superfícies de concreto e asfalto. De acordo com Ayoade (2012), este fenômeno é causado pelos seguintes fatores:

1. a capacidade térmica de calor e a condutividade das superfícies urbanas que acarretam absorção da radiação durante o dia e sua liberação na atmosfera, à noite;
2. o acréscimo de calor por combustão, aquecimento do espaço e metabolismo do corpo humano;
3. a ausência das superfícies urbanas implica que não será usada muita energia para evaporação. A maior parte da energia será usada para escoamento superficial por sistemas de esgotos urbanos, por falta de extensa cobertura vegetal e ausência de lagoas ou reservatórios de água, nos quais possa ocorrer a evaporação/transpiração;
4. a diminuição no fluxo dos ventos por causa do efeito de fricção das estruturas urbanas reduz a troca de ar da cidade com o ar mais frio da zona rural circundante, afetando os processos evaporativos que podem contribuir para os resfriamentos;
5. o efeito de estufa da camada da poluição sobre as cidades também ajuda no desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor urbana. Há redução na radiação terrestre infravermelha para o espaço à noite, de modo que a energia fica conservada dentro da atmosfera urbana, abaixo da camada da poluição (AYOADE, 2012, p. 302-303).

Em seu estudo, Gartland (2010) caracteriza as ilhas de calor urbanas:

1. Em comparação com áreas rurais não urbanizadas, a ilha de calor é mais quente em geral, com padrões de comportamentos distintos. Ilhas de calor são geralmente mais quentes após o pôr do sol, quando comparadas às áreas rurais e mais frescas após o amanhecer. O ar no “dossel urbano”, abaixo das copas das árvores e edifícios, pode ser até 6°C mais quente do que o ar em áreas rurais.
2. As temperaturas do ar são elevadas em consequência do aquecimento das superfícies urbanas, uma vez que superfícies artificiais absorvem mais calor do sol do que a vegetação natural.

3. Essas diferenças nas temperaturas do ar e na superfície são realçadas quando o dia está calmo e claro.
4. Áreas com menos vegetação e mais desenvolvidas tendem a ser mais quentes, e ilhas de calor tendem a ser mais intensas conforme o crescimento das cidades.
5. Ilhas de calor também apresentam ar mais quente na “camada limite”, uma camada de ar de até 2.000m de altura. Elas geralmente criam colunas de ar mais quentes sobre cidades, e inversões de temperatura (ar mais quente sobre o ar mais frio) causadas por elas não são incomuns (GARTLAND, 2010, p. 9-11).

Barry e Chorley (2013) mostraram que a ICU é mais acentuada depois do poente durante tempos meteorológicos calmos e claros, quando os índices de resfriamento nas áreas rurais ultrapassam em muito as das áreas urbanas.

As ilhas de calor urbanas apresentam intensidades diferenciadas e são expressas em magnitudes. Em estudo a partir da cidade de Madri, na Espanha, Lopes Gomez et al. (1991) classificaram cinco categorias:

- Quando oscilam entre 0°C e 2°C, caracteriza-se como sendo de fraca magnitude;
- Quando oscilam entre 2°C e 4°C, caracteriza-se como sendo de moderada ou média magnitude;
- Quando oscilam entre 4°C e 6°C, caracterizam –se como sendo de forte magnitude;
- Quando ultrapassam 6°C, caracteriza-se como sendo de muito forte magnitude.

Para a cidade de Cuiabá, em estudo realizado por Maitelli et al. (2004), verificou-se uma diferença de até 3.0°C do centro da cidade em relação a área suburbana, enquanto nos dias com chuvas, as diferenças observadas foram de até 2.0°C.

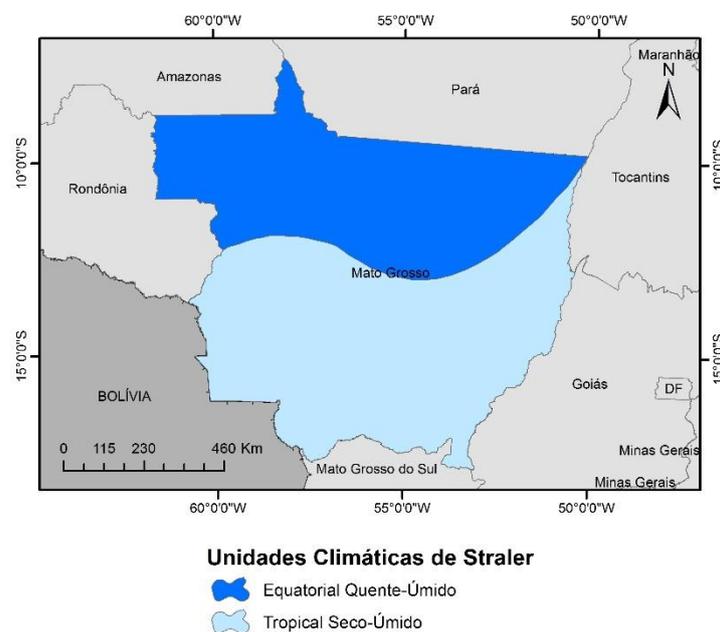
## **2.5 - Classificações climáticas e sua aplicação em Mato Grosso**

### **2.5.1- Classificação climática de A. Strahler (1952) utilizada pelo IBGE**

O Brasil possui uma grande diversidade climática devido a sua grande extensão territorial nos sentidos latitudinal e longitudinal, além de diferenças de altitude do seu relevo, do comprimento da linha litorânea e da dinâmica das massas de ar e correntes marítimas (SAMPAIO et al., 2011).

De acordo com a classificação climática de A. Strahler (1952), adaptada pelo IBGE, predominam duas zonas climáticas em Mato Grosso, o *Equatorial Quente-úmido* (dominado pela massa de ar equatorial continental, com 1 a 3 meses secos, ocorre no norte do Estado) e o *Tropical Seco-úmido* (dominado pela massa de ar tropical continental, ocorre predominantemente na parte sul do Estado) (Fig. 1). O critério utilizado para classificar os diferentes tipos de clima baseia-se na origem, natureza e, principalmente, movimentação das massas de ar existentes no país.

**Figura 1** – Classificação climática de Mato Grosso a partir da proposta de Strahler.



As massas de ar que mais influenciam nas temperaturas e índices pluviométricos em todas as regiões do país são tanto *quentes e úmidas* (massas Equatorial Continental/mEc, Equatorial Atlântica/mEa e Tropical Atlântica/mTa), quanto *quentes e secas* (massa Tropical continental/mTc) e ainda, *frias e secas* (massa Polar Atlântica/mPa). (IBGE, 2010).

Sazonalmente, na estação do verão são as massas de ar quente (mEc, mEa, mTa e mTc) que influenciam na geração de precipitações na maior parte do território brasileiro, quase 92% do qual está localizado na Zona Intertropical (nesta estação, a mPa pode avançar sobre a região Sul do país e provocar queda de temperatura e chuvas frontais).

Durante o inverno, a área de atuação da mEc é restrita ao Norte, a mTa continua atuando e a mPa provoca baixas temperaturas no Sul, Sudeste e Centro-Oeste, chegando

em ocasiões até a região Norte, onde ocasiona o fenômeno conhecido como *friagem*.

O município de Cuiabá enquadra-se na Zona Climática das Latitudes Baixas, regulada sobretudo, por massas de ar equatoriais e tropicais. Sobre sua subdivisão, esta se enquadra no domínio climático tropical úmido-seco, sendo que esta subdivisão compreende regiões localizadas entre 5° e 25° de latitude Norte e Sul, onde se encontra o tipo climático de transição entre o equatorial e o desértico.

### **2.5.2- Classificação climática de Köppen**

Proposta em 1900 pelo climatologista russo Wladimir Köppen, e posteriormente aperfeiçoada em publicações revisadas com o auxílio de Rudolf Geiger em 1918, 1927 e 1936, esta classificação também é conhecida como “Köppen-Geiger” e baseia-se no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente resultado do clima que a domina.

Neste sentido as fronteiras entre regiões climáticas foram selecionadas para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de ocorrência de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresenta grande semelhança (KOTTEK, et al., 2006).

De acordo com a classificação Köppen-Geiger, o Brasil é dividido em oito classes climáticas: (1) Af - Equatorial úmida; (2) Am- Tropical de monção (chuvas no verão); (3) Aw- Tropical de savana com estação seca de inverno; (4) Bsh- Semiárido seco e quente; (5) Cfa- Temperado e úmido com verão quente; (6) Cfb- Temperado e úmido com verão temperado; (7) Cwa- Temperado e úmido com inverno seco e verão quente; (8) Cwb- Temperado e úmido com inverno seco e verão morno.

Segundo a classificação climática de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta três tipos climáticos:

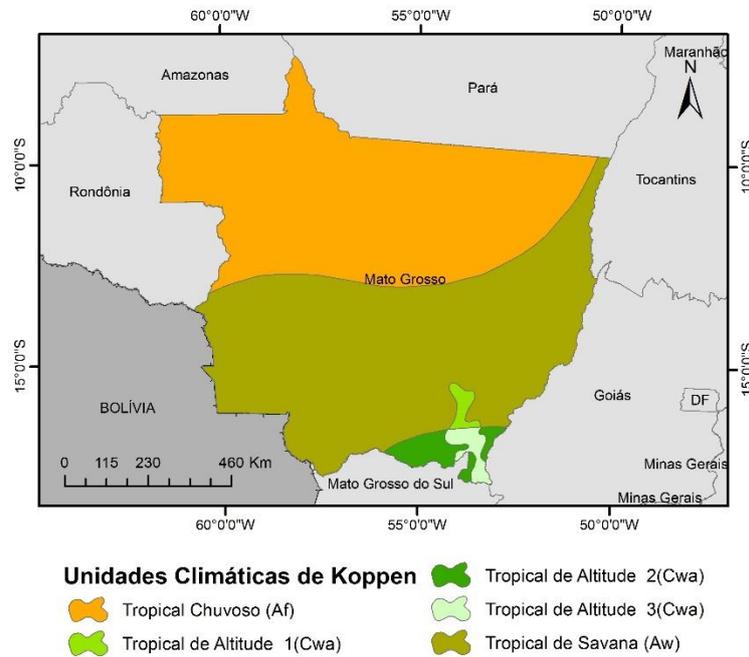
*Af – Equatorial úmido:* clima equatorial com temperaturas médias superiores a 18 °C em todos os meses e precipitação anual abundante, maior que a evaporação, como ocorre nas áreas de florestas da região setentrional do Estado.

*Aw – Tropical de savana com estação seca de inverno:* clima tropical com estação seca no outono/inverno, e estação chuvosa na primavera/verão. Ocorre na região centro-sul do Estado e em partes do Pantanal.

*Cwa – Temperado úmido com inverno seco e verão quente:* clima chuvoso com inverno

seco, onde as temperaturas do mês mais quente são superiores a 22 °C. Ocorre no sul do Estado, em áreas com altitudes de 800 m (Fig. 2).

**Figura 2** – Classificação climática de Mato Grosso a partir da proposta de Köppen.



Na determinação das zonas climáticas de Köppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. Cada grande tipo climático é identificado por um código, composto por letras maiúsculas e minúsculas, onde sua combinação denota os tipos e subtipos considerados. Todavia, esta classificação em algumas situações não distingue entre regiões com diferentes biomas, como é o caso dos biomas Cerrado e Pantanal, que são classificados como de clima Tropical com estação seca de inverno.

**Tabela 1** – Significado dos símbolos da classificação de Köppen:

1ª letra – maiúscula, representa a característica geral do clima de uma região	
A	Clima quente e úmido
B	Clima árido ou semiárido
C	Clima mesotérmico (subtropical e temperado)
2ª letra – minúscula, representa as particularidades do regime de chuva	
f	Sempre úmido
m	Monçônico e predominantemente úmido

s	Chuvas de inverno
s'	Chuvas do outono e inverno
w	Chuvas de verão
w'	Chuvas de verão e outono
3ª letra - minúscula, representa a temperatura característica de uma região	
h	Quente
a	Verões quentes
b	Verões brandos

Fonte: Moreno e Higa (2005).

### 2.5.3- Classificação climática de Thornthwaite (1941)

Como inovação metodológica, Charles W. Thornthwaite introduziu o conceito de evapotranspiração potencial e balanço hídrico (BHC) para a sua quantificação e estimativa climática. Para isso, ele comparou a evapotranspiração potencial com a precipitação de diferentes regiões do planeta, no intuito de se obter índices de umidade, visto que o excesso ou a deficiência de água ocorrem em vários locais e em diversas estações do ano. Neste sentido, ele propôs uma nova classificação climática global baseada em conceitos de evapotranspiração potencial por meio de balanço hídrico (SAMPAIO et al., 2011).

Este sistema de classificação climática tem sido utilizado com sucesso em estudos de zoneamento ecológico-econômico. De acordo com Camargo (2000), mesmo que esta classificação seja apropriada para climas úmidos, em clima muito seco ela subestima a evapotranspiração ao desconsiderar a energia advectiva (deslocamento do ar aquecido) recebida das áreas secas distantes; este autor acrescenta que a proposta também apresenta problemas para classificar regiões de climas frios e polares.

A partir desta classificação, como pode-se observar na Tabela 2, Cuiabá se insere na categoria dos climas sub-úmidos secos (com pequeno ou nenhum excedente de água no verão) e megatérmico (com 28% da evapotranspiração potencial anual concentrada no período do verão), e um Índice de umidade ( $I_m$ ) entre 0 e -20 (SAMPAIO et al., 2011).

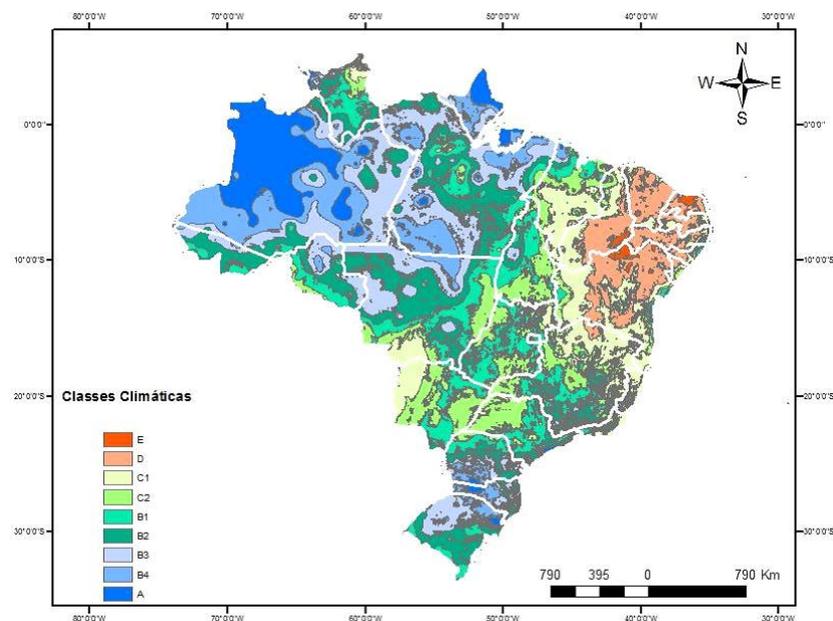
**Tabela 2** - Zonas climáticas brasileiras segundo a classificação de Thornthwaite:

Código	Descrição	Índice de umidade ( $I_m$ )
A	Super-úmido	$I_m \geq 100$
B <sub>4</sub>	Úmido	$80 \leq I_m < 100$
B <sub>3</sub>	Úmido	$60 \leq I_m < 80$
B <sub>2</sub>	Úmido	$40 \leq I_m < 60$

B <sub>1</sub>	Úmido	$20 \leq I_m < 40$
C <sub>2</sub>	Sub-úmido	$0 \leq I_m < 20$
C <sub>1</sub>	Sub-úmido seco	$-20 \leq I_m < 0$
D	Semi-árido	$-40 \leq I_m < -20$
E	Árido	$-60 \leq I_m < -40$

Fonte: SAMPAIO et al., 2011

**Figura 3** – Mapa climático do Brasil segundo a classificação de Thornthwaite.



Fonte: Sampaio et al., 2011.

## 2.6 - Clima urbano e fenologia das plantas

A biogeografia tem muito a contribuir para o entendimento da distribuição espacial e funcionamento sistêmico da paisagem urbana e a vegetação que nela se encontra; isto obedece ao fato dela se dedicar ao estudo da distribuição geográfica dos seres vivos (Medina, et. al., 2001; Furlan, 2016), ou em sentido mais restrito, ao estudo de tipos de vegetação mundial, climaticamente definidos, e solos afins (Santos, 1985). Já para Dansereau (1949) a biogeografia é a ciência que estuda a distribuição, a adaptação, a expansão e associação das plantas e dos animais.

Em De Martonne (1927, apud Santos, 1985), temos a seguinte definição:

O estudo da distribuição dos seres vivos no globo terrestre e das causas que a condicionam constitui o assunto da biogeografia, que compreende a geografia botânica, ou **fitogeografia**, e a geografia animal, ou **zoogeografia**. A divisão da biogeografia nestes dois ramos é resultado mais de uma necessária partilha entre

cientistas do que de uma diferença de método e de objeto. É, pois, não só mais interessante, mas mais lógico explicitar os princípios gerais comuns à Fitogeografia e à Zoogeografia (DE MARTONNE, 1927, apud SANTOS, 1985, p.63)

No Brasil, o pensamento biogeográfico sobre o estudo da distribuição da vida na Terra avançou muito, principalmente a partir da década de 1950, com os estudos de Ab'Saber (1970), Coelho (1969), Troppmair (1969), dentre outros. Desde então têm se mapeado os biomas e a distribuição de diferentes espécies animais e vegetais.

Para Birot (1963), a biogeografia serve de traço de união entre a geografia física e a geografia humana. Sendo assim, o biogeógrafo buscará entender as modificações de animais e plantas, suas causas e como isso refletirá no espaço geográfico, valendo-se de diferentes escalas temporais e espaciais ao longo da história terrestre. Da mesma forma, o biogeógrafo terá como função entender e explicar os fenômenos de alteração do interseco entre o meio natural e antropogênico, porque a partir dessa inter-relação é que se modifica a paisagem em suas diferentes temporalidades (Troppmair, 1969), e também nas suas diferentes espacialidades, incluindo as paisagens urbanas.

Uma das consequências da conversão de paisagens naturais em paisagens antrópicas como as cidades, é a mudança nos padrões fenológicos das plantas existentes no meio urbano, especialmente aquelas próprias da região biogeográfica onde se encontra determinada cidade.

A **fenologia** estuda a ocorrência de eventos biológicos periódicos e as causas dessa ocorrência (fatores que determinam os padrões fenológicos), em relação com fatores bióticos e abióticos e a inter-relação entre as fenofases caracterizadas por esses eventos, para uma espécie ou para diferentes espécies (Lieth, 1974). Ou seja, que procura conhecer a sequência temporal das distintas fases periódicos das plantas e sua relação com o clima e o tempo atmosférico (Lee *et al.*, 2008, apud SOUZA, et al., 2013; Taiz y Zeiger, 2006, apud RAMÍREZ e RODRÍGUEZ, 2013).

Através dos estudos fenológicos pode-se conhecer o período e duração de eventos ou fases biológicas repetitivas das plantas, tais como: aparição das primeiras folhas, floração, frutificação e maturação dos frutos, relacionando-os com as variações bióticas e abióticas do ambiente (Davis 1945, apud Silingardi, 2007; Morellato et al. 1989), especialmente com as condições prevaletentes de temperatura e a oportuna quantidade de precipitação (Taiz y Zeiger, 2006, apud Ramírez e Rodríguez, 2013); assim, tais eventos ou fases fenológicas podem mostrar, para um grupo de espécies, padrões de sazonalidade

próprios de um ambiente determinado.

A época de ocorrência dos eventos reprodutivos nas espécies é determinante para o sucesso das suas populações, pela influência que exercem no estabelecimento e sobrevivência dos indivíduos jovens. Assim, por exemplo, como destacado por Ramos (2005) no caso da floração, tanto a época do evento quanto sua frequência e duração são fortemente influenciadas tanto por fatores bióticos (como os polinizadores) quanto por fatores abióticos (como temperatura, precipitação e umidade).

Como fator abiótico, o clima impõe limites para as plantas, determinando desde a sua germinação e crescimento, até a amplitude da sua distribuição geográfica. Neste sentido, as variáveis climáticas usualmente mais relacionadas com o funcionamento da vegetação são: radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica (Larcher, 2004; Lieberman, 1982, apud PEZZINI, 2008).

Tanto na floração quanto em outros eventos fenológicos, isto ocorre porque cada planta apresenta seu espectro ecológico, delimitado por limites (mínimos, ótimos e máximos) frente às condições do meio: há plantas susceptíveis a temperaturas altas nas primeiras fases fenológicas e, posteriormente, perdem a susceptibilidade; contrariamente, outras plantas suspendem funções quando as temperaturas são baixas.

O mesmo acontece com a disponibilidade de água: quando é excessiva, prejudica a rebrota (nas primeiras fases de vida), ou a floração e frutificação (na fase adulta); entretanto, quando essa disponibilidade resulta em escassez, gera uma redução na acumulação de biomassa (Taiz y Zeiger, 2006, apud RAMÍREZ e RODRIGUEZ, 2013).

Assim, as informações fenológicas obtidas a partir do monitoramento sistemático dos ciclos fenológicos permitem compreender as fenofases vegetativas e reprodutivas (Pereira, et. al., 2008) incluindo aspectos como o estabelecimento da espécie, os períodos de crescimento e de reprodução, e a disponibilidade e qualidade de alimentos como luz e água (Morellato, 1990; Almeida e Alves, 2000). Ou seja, ajudam no entendimento da dinâmica dos ecossistemas florestais, especialmente no relacionado com a disponibilidade de folhas, flores, frutos e sementes para os animais que neles moram (Morellato, et al., 2000), o que resulta de grande valia no manejo florestal (FOURNIER, 1976).

Considerando a pequena variação anual da temperatura e do fotoperíodo em regiões de baixas latitudes, como a tropical (Borchert 1996, apud Pirani, et. al. 2009) as mudanças fenológicas de plantas desta região têm sido consideradas tradicionalmente como

respostas à duração e intensidade da seca sazonal.

Conforme autores como Morellato *et al.* (2000) e Bencke e Morellato (2002), a maioria das pesquisas fenológicas realizadas em florestas neotropicais ocorreram em ambientes sob condições climáticas sazonais, revelando um mesmo comportamento fenológico para espécies vegetais localizadas em tipos florestais diferentes, porém próximos entre si, o que indica a grande influência da precipitação pluviométrica em ambientes tropicais sazonais: na medida que a severidade da estação seca (época da queda foliar) for maior, haverá uma maior ocorrência de espécies decíduas (Reich 1995; Williams *et al.* 1997), sendo essa associação menos visível para o florescimento e frutificação, os quais podem ocorrer de maneira menos sazonal (BATALHA & MANTOVANI, 2000).

Neste sentido, alguns fatores do meio resultam essenciais para os ciclos biológicos, especialmente o regime pluviométrico (porque em regiões onde alternam períodos secos e úmidos, a fenologia das espécies é fortemente influenciada pela condição hídrica) e a temperatura do ar (pois locais ou períodos com baixas temperaturas retardam os processos fenológicos enquanto aqueles mais quentes determinam o desenvolvimento mais rápido das plantas) (DE FINA e RAVELO, 1973).

É o caso do Cerrado, um complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da zona intertropical de América do Sul, África e Austrália (Ribeiro e Walter, 2008). No Cerrado o clima é quente, com períodos pluviométricos bem definidos: o úmido (entre os meses de outubro a abril), e o seco (entre os meses de maio a setembro).

A fragmentação e o desmatamento da área original do Cerrado em decorrência de processos como a urbanização e a expansão agrícola e industrial, fazem com que o referido bioma se configure como um grande mosaico de remanescentes de vegetação natural envolvidos por uma matriz alterada (AQUINO e MIRANDA, 2008),

No Cerrado, a sazonalidade climática associada ao tipo climático Tropical estacionalmente úmido faz com que o regime pluviométrico condicione a dinâmica fenológica devido a que o estresse hídrico influencia eventos como a floração, cujo padrão responde a essa condição do ambiente, como destacado por OPLER, *et al.* (1976) e MURALI & SUKUMAR (1994).

Porém, autores como Batalha e Mantovani (2000) e Ferreira e Consolaro (2013)

comprovaram, em estudos fenológicos realizados neste bioma, que esse comportamento é diferente entre os estratos herbáceo e arbóreo, sendo que o estrato herbáceo é mais dependente das chuvas do que o arbóreo, lenhoso e xeromórfico.

Deve-se salientar que, nos estudos fenológicos de espécies arbóreas realizados dentro do bioma Cerrado, a atenção principal tem sido para espécies de grande porte (Batalha e Mantovani, 2000; Costa, et. al., 2006). Isto se explica pela importância das espécies arbóreas para o conhecimento da dinâmica das comunidades, bem como para a silvicultura, manejo florestal, recuperação de áreas degradadas e desenvolvimento de programas de melhoramento genético (MAUÉS; COUTURIER, 2002, apud VALENTINI, et al. 2013).

Assim, conhecer as fenofases auxilia os estudos sobre disponibilidade de recursos florestais, facilitando as previsões sobre o período reprodutivo de cada espécie, a época apropriada para a coleta dos frutos e a obtenção de sementes, e outras informações referentes ao ciclo de vida das plantas.

Além da sazonalidade climática e atuando simultaneamente com ela, fatores como a composição físico-química do solo em cada lugar e as frequentes queimadas "...determinam a distribuição, a estrutura e o funcionamento das diferentes formações vegetais do Cerrado" (EITEN, 1972; FURLEY e RATTER, 1988, apud VALENTINI, et. al., 2013).

Mesmo que as análises fenológicas de espécies tropicais sejam complexas, com padrões irregulares de difícil reconhecimento, principalmente em estudos de curto prazo (Bencke e Morellato, 2002), nas savanas tropicais é possível identificar padrões temporais de crescimento e reprodução das plantas, ligados à sazonalidade climática (Williams et. al., 1997, apud PIRANI, et. al., 2009).

Muito além do estudo do comportamento das plantas em suas diversas fases fenológicas, é importante obter este conhecimento para elaborar o planejamento da arborização urbana, pois informações fenológicas como limites e extensão do período da caducidade foliar e delimitação do período de floração ou frutificação, são importantes para obter boa composição estética nos diversos ambientes da cidade.

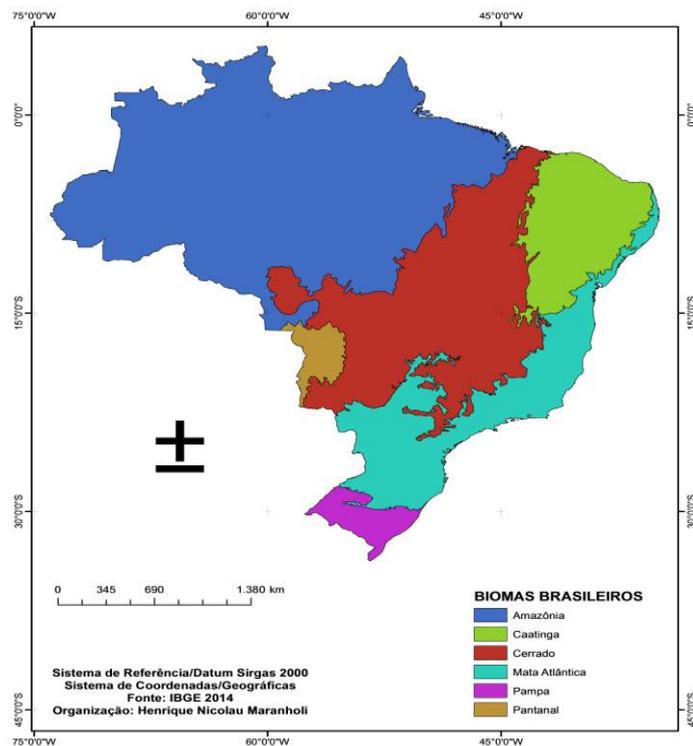
De acordo com Filho (2002), a melhor estratégia para ter uma arborização urbana adequada é planejar criteriosamente e controlar de maneira efetiva o processo, visto que nas cidades brasileiras predominam as espécies exóticas sobre as nativas (Boeni; Silveira,

2011), em razão da beleza e/ou fatores fisionômicos dessas espécies exóticas. Paralelamente, é necessário controlar os parâmetros de verticalização e uso do solo, preservando aquelas áreas verdes do tecido urbano que melhoram qualidade de vida dos habitantes.

## 2.7 - Caracterização dos biomas de Mato Grosso

A diversidade da vegetação do Brasil (concentrada nos biomas Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal), acompanha a variedade de climas, que disponibilizam a temperatura, luminosidade e umidade ideais para os diferentes tipos de cobertura vegetal (IBGE, 2014) (Fig. 4):

**Figura 4 – Distribuição geográfica dos biomas brasileiros**



Fonte: IBGE, 2014.

No caso do bioma Cerrado, localiza-se na porção central do continente Sul-Americano, entre as coordenadas geográficas 3° a 24° de latitude Sul e 41° a 63° de longitude Oeste, sendo que sua área de ocorrência se constitui no divisor de águas brasileiro, uma vez que as principais bacias hidrográficas têm seus nascedouros nessa

região (WWF, 1995. p. 13). O Cerrado é uma formação de vegetação tropical constituída por espécies rasteiras (gramíneas), coexistentes com árvores e arbustos sobre um solo ácido e relevo suave ondulado, dissecado por uma intensa rede hidrográfica.

Segundo afirma Martins (1992), no mundo as savanas (Cerrado) constituem um tipo intermediário entre a vegetação arbórea (floresta) e a vegetação herbácea das estepes e da tundra, sendo formações vegetais encontradas nas regiões intertropicais, que recebem nomes diversos como: Savana (Estados Unidos e África), Cerrados ou Sertões (Brasil), Llanos (Venezuela), Parque (África Oriental), Chaparral (México) e Bosques (Sudão Africano).

Na classificação de Troppeir (2002, p. 78) essa formação vegetal recebe o nome de “tropofítica” de savanas, que se caracteriza por sua distribuição na faixa intertropical em direção norte - sul, com diminuição da precipitação e aumento da estação seca, alternando com a úmida. O autor afirma ainda que os Cerrados que ocupam a região central brasileira são classificados como savanas úmidas, representando uma vegetação *sui generis* com características de estrutura e composição próprias, apresentando em seu interior Matas de Galeria junto aos cursos d’água.

Para Malheiros (2000), no que se refere à constituição dos Cerrados, muitos autores não compreendem a sua complexidade, criando diversas teses voltadas para explicar apenas um tipo fisionômico, sem considerar os demais como sendo parte integrante desse domínio, tanto pelos aspectos florísticos como ecológicos. Afirma ainda que os conceitos sobre os cerrados têm sido aprimorados no sentido de estabelecer uma maior relação entre os ambientes, por meio de suas funções ecológicas.

Antes da sua antropização, este bioma ocupava cerca de 22% do território brasileiro, abrangendo uns dois milhões de km<sup>2</sup> em mais de dez Estados da federação (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Goiás, Tocantins, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, São Paulo) além do Distrito Federal, bem como áreas remanescentes nos Estados do Pará, Roraima e Amapá. Assim, após ser desmatada mais de 70% da sua área de distribuição original, recebeu a classificação de *Hot Spot*, indicando que este é um bioma com grande risco de extinção (MYERS et al. 2000; BRITTO, 2009).

Nas últimas décadas, a ocupação do Cerrado por atividades econômicas como a pecuária, a agricultura e a silvicultura (em especial no estado de Mato Grosso), tem ocorrido de forma acelerada e desordenada, evidenciando um ritmo muito além da capacidade de

resistência e recuperação; portanto, não é possível vislumbrar um cenário futuro promissor para este bioma (MENDES, 2012).

## 2.8 - Clima Global: Uma incógnita e algumas questões pontuais

As alterações climáticas são acontecimentos naturais que sempre ocorreram nas diversas eras geológicas vivenciadas pela Terra. Durante o último século, contudo, as alterações registradas têm sido mais questionadas do que em qualquer período estudado até ao momento. Desde os anos de 1980, se analisam evidências científicas sobre a possibilidade de algum tipo de mudança no clima oriunda de fatores antropogênicos (ONÇA, 2011).

No ano de 1988, duas agências da ONU (o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente-PNUMA, e a Organização Meteorológica Mundial-OMM) criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática/IPCC, composto por uma rede de cientistas que avaliam o conhecimento científico sobre mudança no clima e suas relações com a sociedade. De cinco em cinco anos é preparado um relatório para as lideranças políticas tomarem conhecimento da situação climática atual, o qual contém, também, as projeções sobre possíveis mudanças futuras.

É importante entender a sistemática de funcionamento deste órgão, visto que atualmente é tido como principal fonte de argumentação científica para debates sobre mudança climática. Todavia há que se entender que por mais sérios e dedicados sejam os cientistas participantes, não existe imparcialidade nos estudos e nas projeções feitas pelo IPCC. Uma vez que a elaboração dos relatórios<sup>1</sup> por parte dos cientistas, tendem a mascarar as inúmeras incertezas já existentes acerca da hipótese do aquecimento global.

É evidente que todos os cientistas participantes do relatório possuem notável credibilidade no ambiente acadêmico. Todavia suas participações limitam-se a produção de um documento que é posteriormente deturpado em algo diferente do original, tendencioso a interesses particulares. Neste sentido, a análise de modelos deve ser feita sob um cuidado redobrado para não ser influenciado pelo *lobby* do aquecimento global, afinal de contas ninguém precisa ser cético para questionar a hipótese do aquecimento global, o

---

<sup>1</sup> Em virtude do tamanho e da grande quantidade de informações contidas, o IPCC produz resumos de seus relatórios – o *Summary for policymakers*, o *Technical summary* e o *Synthesis report*, para facilitar sua compreensão (Onça, 2011, p. 187).

próprio IPCC na íntegra de seu relatório já se encarrega deste serviço. De acordo com o próprio IPCC (2007):

Enquanto este relatório fornece novas e importantes informações relevantes para a política sobre a compreensão científica da mudança climática, a complexidade do sistema climático e as múltiplas interações que determinam seu comportamento impõem limitações à nossa capacidade de entender por completo a trajetória futura do clima global da Terra. Ainda existe uma compreensão física incompleta sobre muitos componentes do sistema climático e seu papel nas mudanças climáticas. Incertezas centrais incluem aspectos dos papéis desempenhados pelas nuvens, pela criosfera, pelos oceanos, pelo uso da terra e pela combinação entre o clima e os ciclos biogeoquímicos (IPCC, 2007, p. 95).

Sobre a limitação científica de antever fenômenos naturais e incompreensão dos componentes do sistema climático, White (1974) já afirmava:

Cada parâmetro da biosfera, sujeito a flutuação sazonal, anual ou secular consiste num “hazard” para o homem na medida em que seu ajustamento à frequência, magnitude ou desenvolvimento temporal dos eventos extremos são baseados em conhecimento imperfeito. Onde existir previsão acurada e perfeita do que poderá ocorrer e quando ocorrerá na intrica malha dos sistemas atmosférico, hidrológico, e biológico, não existirá “hazard”. (...). De modo geral, os eventos extremos apenas podem ser antevistos como probabilidades cujo tempo de ocorrência é desconhecido (WHITE, 1974, p.3).

Como não se pode prever a trajetória futura dos gases de efeito estufa, que depende de fatores como as alterações demográficas, decisões políticas de governos locais sobre a produção de energia e a própria dinâmica natural dos gases componentes da atmosfera, é muito difícil chegar a uma decisão conclusiva acerca das mudanças previstas.

Um outro fator importante a ser levado em consideração é que cada modelo climático é diferente, por isso simula uma versão diferente de um possível clima futuro. Entretanto, todos demonstram que, sob concentrações mais elevadas de gases de efeito estufa, mudanças mais bruscas podem ser esperadas, as quais provavelmente produzirão impactos mais pronunciados.

O Quarto Relatório de Avaliação (AR4, 2007) do IPCC reuniu projeções de mais de vinte modelos atuais, desenvolvidos por diferentes instituições ao redor do globo, os GCMs – *general circulation models*, como são conhecidos os modelos matemáticos do clima que são empregados em institutos de pesquisa de universidades. Entretanto, ainda persistem algumas questões que impõem limitações aos AOGCMs – modelo de circulação geral atmosfera-oceano, como por exemplo o alto custo computacional implicado em seu uso, IPCC (2007):

Na atualidade, a menos que modelos de resolução modesta sejam executados num sistema distribuído numa escala excepcionalmente grande, apenas um número limitado de experimentos multidecadais pode ser rodado com AOGCMs, o que impede uma exploração sistemática das incertezas nas projeções de mudanças climáticas e dificulta estudos da evolução climática de longo prazo (IPCC, 2007, p. 643).

Neste sentido, elementos como a vegetação, as nuvens e a convecção oceânica, que são importantes no controle sensibilidade climática ainda não são representados em detalhes pelos modelos, o que faz com que seja incompleta a compreensão científica do fenômeno.

Se o cenário global é incerto às previsões de médias globais, as incertezas aumentam quando se produzem avaliações regionais do aumento de temperatura. Apesar da quantidade de estudos detalhados sobre mudanças na América Latina acerca de aquecimento regional ou tendências de temperatura ser pequena, alguns indicadores mostram alguns resultados de pesquisas como redução de cerca de 20% da geleira dos Andes desde 1968 afetando diversos rios (MARENGO, 2001).

No âmbito nacional, o maior número de estudos está voltado ao bioma Amazônico, o que, em linhas gerais, apresenta basicamente duas principais vertentes de análise que se aplicam a outros estudos em outros biomas, o processo antrópico de uso e ocupação e alterações oriundas de mudanças climáticas (que, por sua vez, também responsabiliza em grande parte o homem). O cenário de previsão otimista de temperatura para este bioma, prevê um acréscimo de 2°C a 4°C, em previsões pessimistas o aumento chega a 6°C (CARTER e HULME, 2000).

Um fator natural muito importante da vegetação brasileira observa-se quando a flora é submetida a períodos anormalmente secos, aumenta a probabilidade de ocorrência de queimadas que podem destruir centenas de milhares de hectares desta vegetação e liberar na atmosfera, grandes quantidades de fumaça e aerossóis que poluem o ar em grandes áreas, afetando a população e com potencial de afetar o início da estação chuvosa e a quantidade de chuva na região (FISCH, et. al., 2004).

Considerando os cenários de mudança climática do modelo do HadCM3 para o IPCC/AR4, a duração da estação seca poderia aumentar em até dois meses ou mais na maior parte da Amazônia, o que levaria ao aumento da estação seca dos atuais 3-4 meses para 5-6 meses na Amazônia central e oriental. O que por sua vez, influência na formação da mEc e altera o regime de chuvas na região Centro-Oeste (ONÇA, 2011).

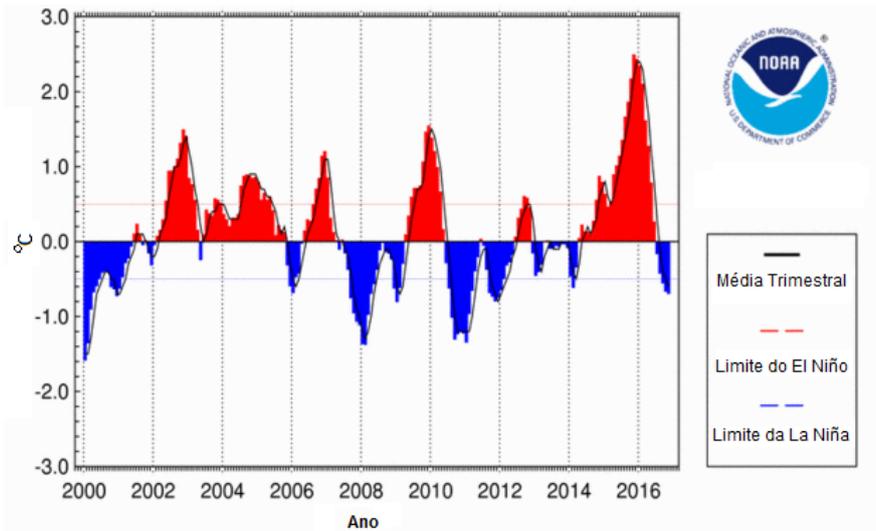
O risco de impactos das mudanças climáticas em diversos biomas aumenta ainda mais quando somamos a estas as alterações de vegetação resultantes das mudanças dos usos da terra, notadamente os desmatamentos das florestas tropicais e dos cerrados. Outro componente importante é o fogo, pois florestas densas como a amazônica são praticamente impenetráveis ao fogo, mas devido à combinação da fragmentação florestal, desmatamentos e aquecimento em razão dos próprios desmatamentos, aliada a prática agrícola predominante que utiliza fogo intensamente, esse quadro está rapidamente mudando e a frequência de incêndios florestais vem crescendo a cada ano (NOBRE, 2001).

Com isso, é bastante previsível que acontecerão rearranjos importantes nos ecossistemas e mesmo redistribuição de biomas. A grande velocidade com que tais alterações estão ocorrendo, em comparação àquelas dos processos naturais em ecossistemas, introduz séria ameaça à biodiversidade dos ecossistemas, em especial da Amazônia, com o provável resultado de sensível empobrecimento biológico (NOBRE, et al, 2007).

### **2.8.1- O fenômeno climático El Niño – Oscilação Sul e seus impactos**

O evento El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de larga escala, caracterizado por anomalias positivas (El Niño) ou negativas (La Niña), de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial (Figura 5); ou seja, constitui um fenômeno atmosférico-oceânico que pode afetar o clima através da mudança nos padrões de vento a nível mundial, afetando os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias. Um evento El Niño é definido quando a anomalia de temperatura das águas da citada região central do oceano pacífico (região 3.4), excede 0.4°C de magnitude durante um tempo superior a 6 meses (TRENBERTH, 1997).

**Figura 5** – Anomalias da TSM entre 2000 e 2016, provocadas pelo fenômeno ENOS, na região central do Pacífico (Região 3.4 do El Niño: entre 5° N e 5°S e 120°-170° W).



Fonte: Ferreira et. al. 2017.

De acordo com autores como Glantz (2001) e Berlato & Fontana (2003), este fenômeno é constituído de dois componentes e duas fases. Dentre os componentes, um é oceânico (associado ao aumento da temperatura da água) e outro atmosférico, relacionado à correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste (Taiti e Polinésia Francesa) e oeste (Darwin, Austrália) do Oceano Pacífico Tropical, denominado *Oscilação Sul*. As duas fases compreendem uma quente (El Niño) e outra fria (La Niña).

Para a sua caracterização utilizam-se índices como: o Índice de Oscilação Sul/IOS (calculado através da diferença de pressão entre duas regiões distintas: Taiti e Darwin) e os índices Niño (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4), referentes às anomalias de TSM médias em diferentes regiões do Pacífico equatorial (FERREIRA, et al, 2017).

Há muito tempo a comunidade científica tem conhecimento da existência do fenômeno El Niño. De acordo com Borsato (2011):

O El Niño foi originalmente reconhecido por pescadores na costa da América do Sul com o aparecimento de água anormalmente mais quente no Oceano Pacífico, chegando ao grau máximo no final do ano, quando se comemora o Natal, ou seja, o nascimento do Menino Jesus. El Niño significa “o menino” em espanhol (BORSATO, 2011, p 139).

O El Niño caracteriza-se por apresentar temperaturas superficiais anormalmente quentes do oceano no Pacífico Equatorial e que se desloca em direção à costa oeste da América do Sul, onde atinge principalmente o Peru, ao contrário de La Niña, que se caracteriza por temperaturas anormalmente frias e se desloca em direção ao oeste. O El Niño é uma oscilação do sistema oceano - atmosfera no Pacífico Tropical e provoca consequências importantes no tempo atmosférico em todo o globo (NOAA, 2016).

Em 1987 Quinn e Victor Neal desenvolveram uma tabela cronológica evidenciando os primeiros registros da ocorrência deste evento que datam de meados do ano de 1500, como apresenta Marengo (2001):

Existem registros de ocorrência do El Niño desde a época do descobrimento das Américas. Francisco Pizarro, por volta de 1527, já relatava a ocorrência da inversão das correntes oceânicas e da temperatura da água na costa do Peru. Em 1877, Sir Gilbert Walker tentou associar aquele fenômeno oceânico local com outros parâmetros atmosféricos de escala global. Entretanto, uma explicação mais clara e correta do mecanismo só surgiu em 1969, graças a J. Bjerknes (MARENGO, 2001, p.6).

As mudanças térmicas da superfície do Oceano Pacífico durante os eventos El Niño e La Niña são acompanhadas de alterações climáticas globais. Há variações dos fluxos de calor sensível e de vapor d'água da superfície do Oceano Pacífico Equatorial para a atmosfera, o que provoca mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala global (umas vinte regiões do globo que são afetadas pelas fases do El Niño e La Niña) (SETTE e TARIFA, 2002).

O Comitê Científico de Pesquisas Oceânicas (SCOR) definiu a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) como parâmetro básico para determinar a intensidade do fenômeno El Niño; a partir dele surge a seguinte nomenclatura:

- **W/M** – Fraco a moderado (Weak/Modarate)
- **M** – Moderado (Modarate)
- **S<sup>+</sup>** – Ligeiramente Forte (Quite Strong)
- **S** – Forte (Strong)
- **VS** – Muito Forte (Very Strong)

O fenômeno é sistematicamente vigiado pela National Oceanic and Atmospheric Administration/NOAA que monitora a temperatura da água superficial do Pacífico Equatorial para, toda vez que esta ultrapasse a média em 0,5° C por um período superior a três meses, alertar sobre a sua presença (NOAA, 2016).

No Brasil, tem-se registrado impactos significativos sobre a precipitação em várias regiões em diferentes fases do ciclo El Niño-Oscilação Sul (Grimm et al., 1996), com anomalias registradas especialmente no setor setentrional da Região Nordeste, no setor leste da Amazônia e no Sul do país (CUNHA, 1999).

Estudos como os de Hastenrath e Greischar (1993) e Wagner (1996), revelam a intensificação de eventos climáticos extremos a partir do aumento da urbanização;

entretanto até o momento não tem-se estabelecido uma relação direta e concreta entre eventos climáticos locais e o clima global. De qualquer forma soa como precoce afirmar que a ocorrência de tais eventos advinha de um possível aquecimento global, segundo Marengo (2001):

Algo importante a considerar e de variações importantes na temperatura do ar, que poderiam estar associados à mudança climática, também podem depender da origem e qualidade da informação, assim como o período de tempo analisado, e os efeitos locais de urbanização que podem aumentar o aquecimento global, como aconteceria com cidades de grande porte como São Paulo, Salvador ou Rio de Janeiro (MARENGO, 2001, p.4).

De acordo com dados revelados por Capel Molina (1999) e a Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2000), em períodos de condições normais os ventos alísios sopram para o oeste no Pacífico Tropical, arrastando as águas superficiais mais aquecidas para a porção ocidental desse oceano, e esse movimento continuamente promove o soerguimento no nível das águas na porção ocidental e rebaixamento na porção oriental do Pacífico, acumulando uma massa de água superaquecida de considerável volume. Esse movimento, além de provocar a ressurgência de águas frias no Pacífico Tropical Oriental, causa um desequilíbrio na pressão atmosférica, ou seja, pressão mais alta no setor oriental e mais baixa no setor ocidental, gerando a célula de circulação de Walker.

Segundo o IPCC (2007), o aquecimento global pode levar a mudanças nos padrões de variabilidade de grande escala oceânica e atmosférica. Por exemplo, as projeções de diversos modelos indicam eventos El Niño-Oscilação Sul (Enos) mais intensos e há evidências observacionais que suportam essa projeção (BOER, et al., 2000).

### **Situação do fenômeno El Niño 2015 – 2016**

Segundo relatório do Grupo de Trabalho em Previsão Climática Sazonal do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação–GTPCS/MCTI (BRASIL, 2017), o fenômeno El Niño atingiu seu auge entre novembro e dezembro de 2015, sendo que o índice oceânico que caracteriza sua intensidade se manteve na categoria de muito forte. Sob a influência deste fenômeno, persistiu a condição de deficit pluviométrico sobre grande parte das Regiões Norte, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste do Brasil e superavit pluviométrico sobre a Região Sul em dezembro de 2015.

Em contraposição, a mudança no padrão atmosférico contribuiu para a ocorrência

de chuvas acima da média na maior parte das Regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil durante janeiro de 2016, interrompendo o prolongado período de estiagem sobre estas áreas. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema responsável pela ocorrência de chuvas no norte Brasil, atuou em torno de sua posição climatológica em dezembro passado, porém com fraca intensidade adjacente à costa da América do Sul no último trimestre.

De acordo com dados da OMM (2017), desde mediados de julho de 2016 até início de janeiro de 2017 as temperaturas nas partes central e oriental do Pacífico tropical desceram entre 0,5 e 0,8 graus Celsius embaixo da média, porém a correlação a nível atmosférico foi praticamente nula.

Em janeiro de 2017 as temperaturas do Pacífico tropical e alguns campos atmosféricos tinham voltado claramente aos níveis neutros. A partir de então e até março, evidenciou-se um pequeno acréscimo da TSM no Pacífico, atingindo +4,0°C na costa norte do Peru (CIIFEN, 2017); porém, o Pacífico central ainda mantém setores com temperaturas ligeiramente abaixo do normal. Portanto, estas condições persistirão durante a primeira metade de 2017, segundo a maioria dos modelos climáticos (OMM, 2017).

## CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS

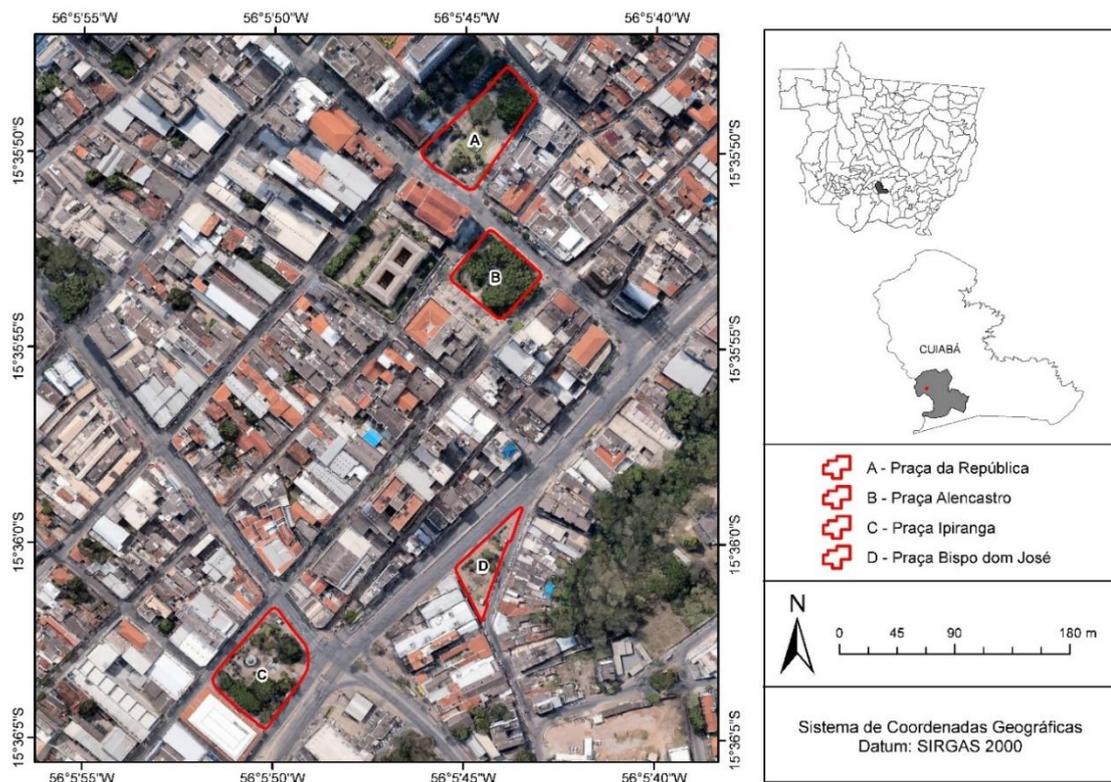
### 3.1- Caracterização da área de estudo

#### 3.1.1- Características físico-geográficas do entorno da cidade de Cuiabá

O presente estudo foi desenvolvido na cidade de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso e do município homônimo, cujo sítio urbano possui uma área de 251,93 Km<sup>2</sup> (IPDU, 2002). Localizada na Depressão Cuiabana, está bordada pelo Pantanal mato-grossense ao sul, e as áreas serranas dos Planaltos dos Guimarães e dos Parecis, ao norte, nordeste e noroeste (Ross e Santos, 1982, apud. Maitelli et. al. 2004).

O ponto de coleta de dados denominado de “Área Experimental” pelo fato de estar inserida no interior da ilha de calor situa-se na região central de Cuiabá, como pode ser observado na figura 6:

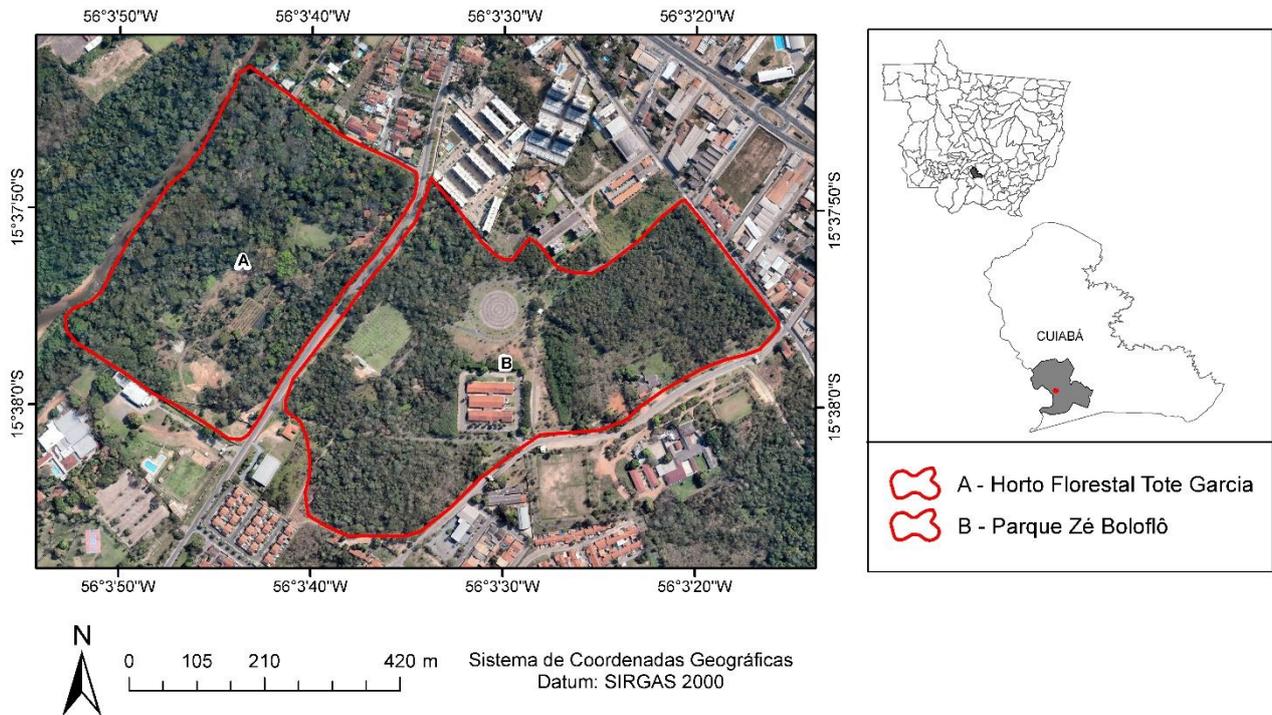
**Figura 6** – Mapa da área experimental, no centro da cidade de Cuiabá/MT.



Fonte: Google Earth, 2017.

A localidade denominada de Área de Controle, encontra-se na região sul da cidade de Cuiabá, as margens do rio Coxipó na região que também leva o nome deste rio, como pode ser observado na figura 7:

**Figura 7** – Mapa da área de controle, na região do Coxipó, Cuiabá/MT.



Fonte: Google Earth, 2017

As coordenadas geográficas dos pontos de coleta de dados podem ser observadas na tabela 3, a seguir:

**Tabela 3:** Coordenadas Geográficas dos pontos centrais das áreas de coletas de dados

Área experimental		
Local	Latitude	Longitude
Praça da República	15°35'49" S	56°05'45" O
Praça Alencastro	15°35'53" S	56°05'44" O
Praça Ipiranga	15°36' 03" S	56°05'50" O

Praça bispo dom José	15°36'01" S	56°05'44" O
<b>Área de controle</b>		
Horto Florestal	15°37'54" S	56°03'42" O
Parque Zé Boloflô	15°37'50" S	56°03'29" O

A cidade foi construída sobre depósitos aluvionares inconsolidados do Quaternário, constituídos essencialmente por areias (finas e siltosas, ou argilosas) pertencentes à formação Pantanal, as quais ocupam a Depressão Cuiabana, uma das regiões geomorfológicas mapeadas por Castreo-Júnior, et al. (2006) a qual constitui um domínio morfoescultural (grande unidade de relevo gerada pela ação climática ao longo do tempo geológico); nesta depressão o relevo é pouco dissecado e de baixa altitude, variando entre 150 e 200 metros.

A área urbana é drenada pelo rio Cuiabá e alguns dos seus afluentes, especialmente o rio Coxipó e diversos córregos. A sua cobertura vegetal original estava composta principalmente pela vegetação de Cerrado (ainda presente nas áreas periféricas da cidade) e de mata ciliar nas proximidades dos córregos. O Cerrado se caracteriza pelo domínio de árvores de até 4 metros de altura, com caule e ramos retorcidos, suberosos, com folhas coriáceas. Já no Cerradão as árvores atingem até 8 metros de altura, com copas entrelaçadas. No caso da mata ciliar das proximidades dos corpos d'água, as árvores atingem 10 metros de altura (TROPPEMAIR, 2002).

Na região também se registra a floresta semidecídua e a mata de encosta, com espécies arbóreas em estratos contínuos de 10 metros de altura, que ocorrem mescladas aos demais tipos de vegetação e nas áreas de relevo mais acentuado. Assim, a vegetação nativa da região forma um verdadeiro cinturão verde em torno da área urbanizada de Cuiabá (GUARIM, 1990).

O território ocupado pelo município possui, de acordo com a classificação de Köppen, um clima Tropical Semiúmido (Aw), com primavera-verão úmidas (quase 70% do total de chuvas ocorre entre os meses de novembro e março) e o outono–inverno secos. Pelo efeito da continentalidade, Cuiabá é considerada como a capital brasileira mais quente (MAITELLI, 1994).

Segundo Maitelli, 2005:

O clima pode ser classificado como Tropical Megatérmico Sub-úmido. Existe uma nítida diminuição dos totais de chuvas (1.200 e 1.500 mm), bem como um aumento nas perdas superficiais da água por evapotranspiração (aproximadamente entre 1.350 e 1.450 mm). As temperaturas médias anuais oscilam entre 25°C e 26°C, enquanto as máximas ultrapassam, frequentemente, 35°C durante quase o ano todo e o período seco se prolonga de abril-maio a setembro-outubro. (Maitelli, 2005, p. 248).

De acordo com a classificação de Strahler, Cuiabá apresenta um clima Tropical Seco-úmido, com período seco de abril a setembro, enquanto que o período chuvoso vai de outubro a março (MORENO et. al., 2005).

### **3.1.2- Origem e evolução histórica da cidade de Cuiabá**

Freire (1997) destaca que, na evolução histórica da cidade de Cuiabá, podem-se se identificar três ciclos de produção do espaço:

#### Ciclo da Mineração (1719 – 1820):

A cidade, fundada em 1719 em decorrência da atividade de mineração (o ciclo do ouro que trouxe a imigração inicial para a região), teve sua evolução urbana muito vinculada às margens do rio homônimo, especialmente durante os séculos XVIII e XIX (Freire, 1997), o que provocou que até 1820, quando a cidade se tornou a capital da Província, sua área se restringisse ao Porto (que a comunicava com o resto do país pela navegação a vapor através do rio Cuiabá) e às margens do córrego da Prainha (onde foram descobertas as minas de ouro que estimulariam a colonização da região), até a Igreja do Rosário, construída em torno de 1730.

Nesse período a cidade tinha dois polos de atração: o Porto no rio Cuiabá (ao redor do qual a área urbana aumentou) e a mina do Rosário; paralelamente, a ocupação urbana ficava limitada pela presença de córregos vizinhos como Mané Pinto, Engole Cobra e Gambá (Menezes Filho e Amaral, 2014). O núcleo urbano de Cuiabá recebeu foro de cidade em 1818.

#### Ciclo da Sedimentação Administrativa (1820 – 1968):

Quase simultaneamente com a estagnação da mineração no final do século XIX, começa um período de crescimento da produção de açúcar que, no início do século XX é acompanhado pelo extrativismo da borracha, incentivou a ocupação, entre 1901 e 1960, das margens de outros córregos (como Gambá, Quarta-Feira, Barbado, Fundo, São Gonçalo, Figueirinha e Imbauval) bem como as do rio Coxipó.

A mudança da capital para Cuiabá em 1834 pelo governador da Província de Mato Grosso, Antônio Pedro Alencastro, foi fundamental para esse crescimento urbano, cuja solidificação começa, de acordo com Freire (1997) com a Interventoria no Estado Novo e termina na década de 1960, quando o município tinha uma população de apenas 57.860 habitantes (somente 21.873 a mais do que em 1872), indicando um baixo crescimento demográfico nesse período.

Foi então que a cidade é incorporada ao Projeto de Integração Nacional da Amazônia Meridional, o qual teve início com a Marcha para o Oeste, como destacado por Moreno (2005):

Somente a partir da década de 1940 é que a política estadual de colonização voltou a ser implementada com a 'Marcha para o Oeste', política de ocupação dos "espaços vazios" do oeste e da Amazônia posta em prática pelo governo ditatorial de Vargas (1930/1945), visando à expansão da fronteira agrícola nacional a partir da criação de 'colônias agrícolas nacionais' (MORENO, 2005, p. 54).

Esse crescimento fez com que a primeira delimitação do perímetro urbano fosse reconhecida legalmente no Ato nº 176 de 25/07/1938 (Prefeitura de Cuiabá, 2008, apud MENEZES FILHO e AMARAL, 2014).

#### Ciclo da Modernização (1968 – hoje)

A construção de Brasília e os incentivos do Governo Federal à expansão em direção à Amazônia, estimularam o fortalecimento da rede urbana da região Centro-Oeste, tornando-se Cuiabá um polo de apoio à ocupação da Amazônia meridional brasileira (Prefeitura de Cuiabá, 2010).

Em poucos anos, o grande fluxo migratório associado a este processo multiplicou a população residente: de 100.865 mil habitantes no ano de 1970, passou para 212.984 mil em 1980 e para 400 mil em 1990, evidenciando um aumento populacional de 596% no período de 1960 a 1991 (IBGE, 2011, apud MENEZES FILHO e AMARAL, 2014).

No censo de 2000, Cuiabá aparece com uma população de 483.346 habitantes, com 95% da sua população residindo em área urbana, enquanto em 2010 a cidade contava com uma população de 580.489 habitantes (IBGE, 2016).

De acordo com Romancini (2005):

A década de 1970 constitui-se em um marco importante na história urbana de Cuiabá, quando se intensificaram o aumento populacional e as transformações na paisagem urbana. Nessa década, os processos desencadeados pelo governo federal, no sentido de promover a "integração da Amazônia", colocam Mato Grosso como fronteira do capital e Cuiabá, como ponto estratégico e centro de decisões nesse contexto. Em decorrência do estabelecimento dessa nova fronteira

econômica, a população urbana de Cuiabá, que era de 90 mil habitantes em 1970, atinge, aproximadamente, 520 mil no ano de 2004 (ROMANCINI, 2005, p. 16).

Como resultado, a área de ocupação urbana foi ampliada e densificada, sendo um exemplo a cobertura, em 1979, do córrego da Prainha (que já estava canalizado desde 1962, conforme dados da Prefeitura Municipal, 2010), em cujas margens surgiu o casario<sup>2</sup> que definiu o núcleo central da cidade, onde se localizam o comércio varejista, os bancos e grande parte das repartições públicas (MAITELLI et. al., 2004).

Também por esta razão o limite do perímetro urbano foi ampliado em três etapas nos anos de 1974, 1978 e 1982, para incorporar os novos núcleos habitacionais construídos sob financiamento do Banco Nacional de Habitação/BNH (entre 1966 e 1986) e a Companhia de Habitação do Estado de Mato Grosso/COHAB-MT (até 1996). A extinção desta companhia provocou um aumento na construção de núcleos habitacionais fora do perímetro urbano, em espaços sem infraestrutura como áreas de preservação permanente, nascentes e córregos (PREFEITURA DE CUIABÁ, 2010).

Em 2004, o perímetro urbano foi novamente ampliado sem nenhum embasamento técnico (Prefeitura Municipal de Cuiabá, 2008), o que levou à aprovação da Lei nº150/2007 que proíbe a ampliação do perímetro urbano pelo período de 10 anos, exceto em situação de calamidade pública (CUIABÁ, 2008).

Atualmente a cidade apresenta contradições e caos urbano, desestruturando a importante relação sinérgica entre o patrimônio histórico-ambiental, modernização e desenvolvimento urbano, criando nas últimas quatro décadas um espaço urbano fragmentado, segregado e de pouca qualidade climática, essa última agravada pelas suas condições geográficas (ROMANCINI, 2005).

A cidade apresenta uma malha viária antiga de traçado irregular, principalmente no centro, com ruas estreitas que se alternam com aquelas avenidas mais amplas surgidas após a década de 1970. Por esta razão, algumas ruas do centro foram fechadas para o tráfego de automóveis e constituem os calçadões cimentados e com grande circulação de pessoas e comércio de ambulantes.

---

<sup>2</sup> Casas inicialmente rurais de construção tradicional, originárias do norte da Península Ibérica. Sua construção é em pedra e pode alcançar os cinco metros de altura. Neles podiam conviver todos os membros de uma família juntos. No Brasil foi muito comum este tipo de construção até o século XIX (CAMPOS, 2006).

Paralelamente, nas áreas centrais iniciava-se um rápido processo de verticalização, especialmente no entorno do distrito comercial central, e na região do Coxipó, ao longo da avenida Historiador Rubens de Mendonça (Av. do CPA). Nesse sentido, COY (1994, apud Vasconcelos e Covezzi, 2016), destacava que:

O processo de verticalização inicia-se nos anos 80 e pode ser visto como um dos símbolos mais importantes da modernização urbana, já que coincidindo a nível social e cultural com profundas mudanças da moradia urbana e do estilo tradicional das classes média e altas. (COY, 1994, p. 148).

Desde o final da década de 1980, essa verticalização da cidade mediante a edificação de condomínios se desloca para as imediações do “Goiabeiras Shopping” (primeiro shopping center na cidade) em razão da valorização do seu entorno para localização de moradias e “...sobretudo [da] importância sociocultural dos Shoppings como pontos de encontro, áreas de lazer, cinemas, restaurantes) ...” (Coy, 1994, apud Vasconcelos e Covezzi, 2016). Este processo tem continuado após a construção dos shopping centers “Três Américas” (na década de 1990) e “Pantanal Shopping” (em 2004).

Atendendo à determinação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) foram sancionadas a Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano – Lei Complementar n.º 044/97 e a Lei de Hierarquização Viária - Lei n.º 3.870/99, buscando fortalecer a política do “crescer para dentro” (ocupação dos vazios urbanos para evitar um maior espalhamento da cidade, que a tornaria operacionalmente mais cara (VASCONCELOS e COVEZZI, 2016).

Recentemente, a Lei Complementar nº 389 de 03 de novembro de 2015, no seu Art. 3º objetivou ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes em padrões dignos de conforto urbano-ambiental. No seu Art. 5º esta Lei estabelece algumas definições básicas, como

**VII– ÁREA LIVRE DE USO PÚBLICO:** área de uso comum do povo, destinada à implantação de praças e parques públicos, também denominada de espaço livre, sistema de lazer ou praça, com, pelo menos, 50% (cinquenta por cento) de sua área total com vegetação arbórea;

**VIII – ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE – APP:** área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

**LX – PERÍMETRO URBANO:** linha que delimita a Macrozona Urbana de Cuiabá;

Já no CAPÍTULO II - DAS ZONAS URBANAS, na Seção I - Da Divisão da Macrozona Urbana do Município de Cuiabá, o Art. 6º estabelece que para receber os diferentes tipos de Uso do Solo Urbano, a Macrozona Urbana fica dividida em 03 (três) Zonas de Uso:

I – Zona Urbana de Uso Múltiplo – ZUM;

II – Zona de Expansão Urbana – ZEX;

III – Zonas Urbanas Especiais – ZUE.

Assim sendo, o Art. 7º estabelece que as Zonas Urbanas Especiais classificam-se em 13 (treze) subcategorias, sendo uma delas as Zonas de Interesse Ambiental – ZIA (como é o caso do Parque Tia Nair).

### **3.2 – Materiais utilizados**

-Plano diretor do município de Cuiabá para fazer o levantamento do projeto de arborização urbana;

-Documentos históricos disponíveis no arquivo público de Cuiabá para analisar as particularidades do processo de arborização da cidade;

-Imagens de satélite LANDSAT-5 e LANDSAT-8, para a delimitação das ilhas de calor na cidade;

-Câmera fotográfica, para o registro das imagens das plantas;

-Planilhas de coleta de dados para as anotações das observações;

-Binóculos (10 x 50), para a observação dos processos fenológicos.

### **3.3 – Métodos selecionados**

**Histórico e lógico:** para conhecer os antecedentes do objeto que se investiga e as tendências atuais das pesquisas sobre a influência das ilhas de calor na fenologia das plantas.

**Análise - síntese e indução - dedução:** para compreender a valoração do objeto de estudo desde diferentes posições teóricas e sistematizar os fundamentos que sustentam a relação clima urbano - fenologia, bem como para interpretar os dados empíricos obtidos.

**Observação científica simples:** para identificar e demarcar a área de estudo, bem como para caracterizar as fenofases e suas alterações.

**Análise documental:** com o intuito de examinar as bases teóricas do tema, contidas em publicações como livros, artigos, revistas científicas e dissertações, bem como para conhecer a inserção das áreas verdes no planejamento urbano da cidade de Cuiabá. Isso permitiu construir a base teórica da pesquisa, fundamentada nas ideias e opiniões de

diversos autores em relação com o tema pesquisado, bem como determinar a metodologia a utilizar para o levantamento e análise dos dados.

**Análise cartográfica:** para obter informações relevantes sobre a localização e as relações de vizinhança das áreas verdes estudadas. Também foram analisadas imagens de satélite para determinar a intensidade da ilha de calor em diferentes momentos.

**Análise estatística:** compreende a tabulação e tratamento dos dados obtidos ao longo da pesquisa. A partir disso, foi possível produzir os resultados e desenvolver as conclusões.

### **3.4 – Procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa**

Após a construção do marco teórico referencial sobre o tema pesquisado e com o intuito de caracterizar os climas do Estado de Mato Grosso como contexto geral da pesquisa, foram analisadas as principais classificações climáticas utilizadas a escala internacional (classificações de A. Strahler, Koppen-Geiger e Thornthwaite) e sua aplicação ao território nacional do Brasil e ao Estado de Mato Grosso em particular.

Essas informações permitiram dispor de um marco referencial sobre as condições climáticas dominantes na região da Depressão Cuiabana (onde está localizada a cidade de Cuiabá), bem como analisar a incidência do fenômeno El Niño durante a realização da pesquisa (anos 2015-2016). Estes dados são oferecidos pelos registros das estações meteorológicas de Cuiabá e Padre Ricardo Remetter.

O papel da urbanização como agente modificador do clima local foi analisado a partir de fontes bibliográficas e documentais, complementadas com a análise de imagens de satélite que permitiram realizar o mapeamento dos efeitos da evolução urbana na formação e expansão de ilhas de calor em Cuiabá.

Assim, foram analisadas imagens de satélites obtidas por sensores termais nos anos de 1986, 1995, 2005 e 2015. As áreas objeto de análise cumprem os seguintes requisitos: (1) estarem situadas em áreas com elevado nível de urbanização, pois quanto maior o contato que a planta tem com o meio urbano, maior será a alteração causada em seu desenvolvimento, devido ao stress que as plantas sofrem, e (2) espécies arbóreas de idade adulta, que apresentam todas as fenofases que se pretendia analisar.

Para a obtenção do mapa temático de evolução das ilhas de calor em Cuiabá foi utilizada a metodologia proposta por (Coelho, 2013), centrada na análise de imagens obtidas pelos sensores térmicos do satélite Landsat, a qual consta de dois procedimentos:

O primeiro deles constituiu na obtenção das imagens dos satélites Landsat 5 – TM (datadas em Agosto/1986; Setembro/1995, e Agosto/2005) e Landsat 8 – OLI (de Agosto/2015); esses meses foram escolhidos para evitar a cobertura de nuvens na região. A composição de bandas em falsa cor foi realizada nas imagens do Landsat 5 – TM para as bandas 3, 4 e 5, enquanto na imagem do Landsat 8 – OLI este processo foi executado para as bandas 4, 5 e 6.

O segundo procedimento constituiu na obtenção da banda termal de ambos os sensores (Landsat 5 – TM, banda 6), (Landsat 8 – OLI, banda 10). Em seguida foi executado o recorte da área de interesse por vetores previamente aplicados no ArcGIS 10.1, seguido do uso dos parâmetros para conversão dos níveis de cinza da imagem (NC) para radiância e, posteriormente, para temperatura em graus Kelvin, fundamentado nas equações a seguir disponibilizadas pelo Serviço Geológico Americano (COELHO, 2013):

Equação 01: fórmula de conversão para radiância, extraídos dos metadados.

$$L\lambda = ML * Qcal + AL$$

Onde:

$L\lambda$  : Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/( m<sup>2</sup> sr  $\mu$ m);

ML: Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04;

AL: Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000;

Qcal: Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Equação 02: Elementos e valores da constante de calibração, extraídos do metadados, em graus Kelvin.

$$T = \frac{k2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Onde:

T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K);

K2: Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K);

K1: Constante de calibração 1 = 774.89 (K);

$L\lambda$ : Radiância espectral em Watts/( m<sup>2</sup> sr  $\mu$ m).

Após a obtenção dos valores da temperatura de superfície em graus Kelvin, se faz a conversão para graus Celsius (°C) representado-se no raster (COELHO, 2013). Sobreposto o raster da temperatura e aplicado transparência de 50% sobre o raster RGB (composição colorida), pode-se identificar em quais feições urbanas aparece uma maior concentração de aquecimento superficial.

Para o monitoramento dos efeitos da ilha de calor na fenologia das plantas foram seguidas as seguintes etapas:

Seleção das espécies amostradas - Foram selecionadas 06 espécies arbóreas do dossel e sub-dossel, com circunferência mínima maior que 10 cm a altura do peito, boa visibilidade da copa e com número mínimo de cinco indivíduos amostrados por espécie (Fournier & Charpentier 1975) em, pelo menos, uma das áreas.

O monitoramento fenológico foi realizado por meio de observações sistemáticas do ciclo de vida das plantas, que compreendem suas fenofases vegetativas, envolvendo o brotamento e a queda foliar e as fases reprodutivas como a floração e a frutificação, onde alterações fenológicas observadas podem significar variações climáticas (BENCKE; MORELLATO, 2002a).

Entre os meses de março de 2016 e fevereiro de 2017 foram monitorados um total de 41 indivíduos (árvores adultas) de famílias diferentes, pertencentes a 06 espécies em quatro praças (área experimental), bem como no horto florestal e o parque Zé Boloflô (área de controle), todos dentro da cidade de Cuiabá-MT (Tabela 4).

O número de indivíduos por espécie variou, de acordo com a quantidade encontrada na região da ilha de calor. Para selecionar as regiões onde estão as espécies, foi considerada a existência de ilha de calor e nível de urbanização; neste sentido, foram selecionadas quatro praças na região central de Cuiabá, sendo elas: Praça da República, Praça Alencastro, Praça Ipiranga e Praça Bispo dom José. Para o controle de eventos, elegeu-se o Horto Florestal e o Parque Zé Boloflô por conter todas as espécies selecionadas e ser um ambiente com menor interferência da urbanização.

**Tabela 4** – Espécies arbóreas monitoradas em praças e parques de Cuiabá-MT (entre março de 2016 e fevereiro de 2017).

Nome científico	Nome vulgar	Ocorrência	Síndrome de dispersão	Deciduidade	Nº de indivíduos
<i>Cassia fistula</i> L.	Chuva de Ouro	PR/PI/PBDJ/PZB	Zoocoria	Caducifólia	5
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê Branco	PR/HF	Anemocoria	Caducifólia	4
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Munguba	PR/PI/PZB	Zoocoria	Perenifólia	7
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oiti	PR/PA/PI/HF	Zoocoria	Perenifólia	19
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Pata de Vaca	PA/HF	Autocoria	Semi-caducifólia	2
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	Sombreiro/Paleteiro	PI/PBDJ/PZB	Autocoria	Caducifólia	4

PA – Praça Alencastro; PR – Praça da República; PI – Praça Ipiranga; PBDJ – Praça Bispo dom José; HF – Horto Florestal; PZB – Parque Zé Bolofô.

**Coleta de dados** - As observações ocorreram mensalmente, durante 12 meses (entre março de 2016 e fevereiro de 2017), com frequência semanal, registrando-se a presença das fenofases reprodutivas e vegetativas: brotamento, floração (antese), frutificação (frutos maduros) e queda foliar. A sincronia de ocorrência dos eventos fenológicos entre os indivíduos da mesma espécie foi estimada para cada árvore, seguindo os critérios de autores como MORELLATO, et al. (1990), e BENCKE e MORELLATO (2002).

O método utilizado para a análise dos dados foi o índice de atividade (ou porcentagem de indivíduos), no qual é constatada somente a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, não estimando intensidade ou quantidade. A ocorrência de qualquer fenofase em uma espécie foi assumida quando pelo menos um indivíduo dessa espécie apresentava determinada fenofase (SANTOS, 2007).

Esse método de análise tem caráter quantitativo em nível populacional, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico. Este método também estima a sincronia entre os indivíduos de uma população (Morellato, et. al. 1990), levando-se em conta que quanto maior o número de indivíduos manifestando a fenofase ao mesmo tempo, maior é a sincronia dessa população (PEREIRA et al., 2008).

### **Identificação e fenologia das plantas estudadas**

Foram coletados dados sobre o Plano Diretor de Arborização Urbana junto a prefeitura municipal, para obter o levantamento do projeto de arborização urbana. Através de literatura específica sobre o comportamento natural das espécies selecionadas, foi feita a comparação dos resultados obtidos com informações já existentes. As espécies selecionadas para a pesquisa apresentam as seguintes características, de acordo com Lorenzi (1992; 2002; 2003):

*Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith -- **Ipê Branco**.

Planta decídua, heliófita e seletiva xerófila, característica de afloramentos rochosos e calcários da floresta semidecídua. Ocorre tanto no interior da mata primária como nas formações secundárias, sendo esparsamente encontrada na caatinga do nordeste brasileiro. É particularmente frequente nos terrenos cascalhentos das margens do pantanal mato-grossense. Fenologicamente, caracteriza-se pelo florescimento durante os meses de agosto a outubro, com a planta totalmente despida da folhagem. Os frutos amadurecem a partir de outubro, contendo muitas sementes (Fig. 8).

**Figura 8** - Imagem da espécie *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith.



Fonte: Maranholi, 2016.

*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard -- Sombreiro/Paletteiro.

Planta decídua, heliófita, seletiva higrófila, típica de formações secundárias da floresta pluvial amazônica. Apresenta nítida preferência por solos férteis e úmidos. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis. Seu comportamento fenológico

caracteriza-se pelo florescimento durante o verão, prolongando-se até abril-maio em certas regiões. Os frutos amadurecem em maio-julho quando inicia-se a queda das folhas (Fig. 9).

**Figura 9** – Imagem da espécie *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard



Fonte: Maranholi, 2016.

*Bauhinia forficata* Link -- **Pata de Vaca.**

Planta pioneira, secundária inicial. É polinizada por mariposas e morcegos. Tem preferência por área com inundação temporária e áreas bem drenadas, não alagáveis. Seu comportamento fenológico caracteriza-se pelo florescimento entre outubro e maio, tendo seu período de frutificação de abril a dezembro (Fig. 10).

**Figura 10** – Imagem da espécie *Bauhinia forficata* Link

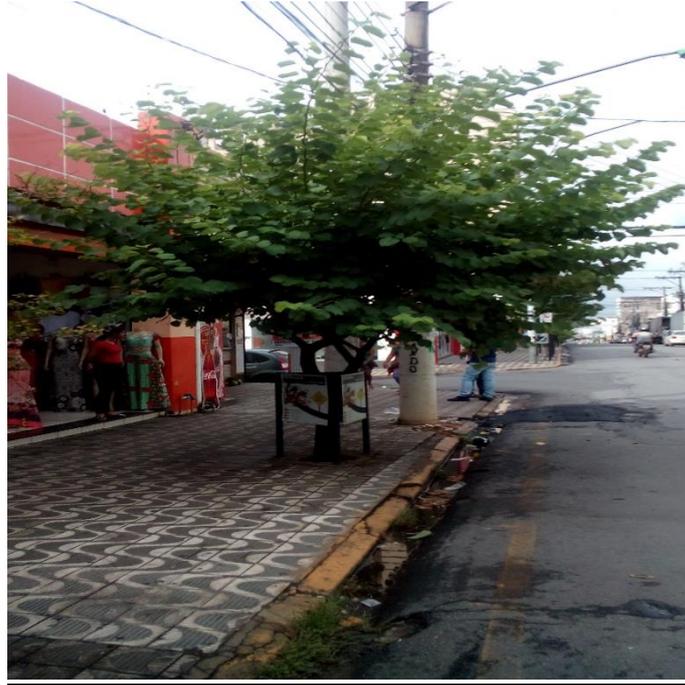


Foto: Maranholi, 2016.

*Cassia fistula* L. -- **Chuva de Ouro.**

A distribuição geográfica desta planta abrange os estados litorâneos, principalmente o Rio de Janeiro. No início de sua floração, a planta perde a folhagem, ficando totalmente coberta por enormes cachos amarelo-ouro, muito bonitos. É utilizada para arborizar zonas urbanas e rurais, parques e jardins. A floração ocorre de novembro a abril, apresentando frutos entre setembro e novembro (Fig. 11).

**Figura 11** – Imagem da espécie *Cassia fistula* L.



Foto: Maranholi, 2016.

*Pachira aquatica* Aubl. -- **Munguba.**

Planta perenefolia, heliófita, higrófito, característica de terrenos alagadiços das margens de rios e igapós; apesar disso crescem muito bem em terrenos secos. Produz anualmente grandes quantidades de frutos consumidos avidamente por várias espécies da fauna. Floresce principalmente durante os meses de setembro-novembro. Os frutos amadurecem predominantemente em abril-junho (Fig. 12).

**Figura 12** – Imagem da espécie *Pachira aquatica* Aubl.



Foto: Maranholi, 2016.

*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch – **Oiti**.

Ocorre na floresta ombrófila densa de Pernambuco até o sul da Bahia e na arborização urbana, pela sombra que oferece sua copa frondosa, além da sua resistência aos poluentes urbanos (Fig. 13).

**Figura 13** – Imagem da espécie *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch



Foto: Maranholi, 2016.

As folhas são muito apreciadas pela fauna em geral e seus frutos são comestíveis, com amêndoas ricas em óleo. Floresce de junho a agosto e seus frutos amadurecem entre janeiro e março.

## **Análise estatística**

### **Correlação Fenologia x Clima**

Os dados coletados foram tabulados para fins comparativos com o auxílio de dados existentes. Foi elaborada uma planilha com dados quinzenais para o estabelecimento das médias mensais da intensidade de ocorrência das fenofases. Para avaliar a influência dos fatores abióticos sobre cada fenofase, foram estabelecidas correlações de Pearson ( $r$ ) com o auxílio do aplicativo estatístico BioEstat 5.3.

Para a quantificação da intensidade da associação linear existente entre as variáveis foi aplicado o cálculo do coeficiente de Pearson, utilizado para interpretar a interdependência entre variáveis X e Y. Para LIRA (2004):

A interpretação do coeficiente quando  $\rho^{\wedge} = 1$  é de que existe correlação linear perfeita entre as variáveis X e Y. A correlação é linear perfeita positiva quando  $\rho^{\wedge} = 1$  e linear perfeita negativa quando  $\rho^{\wedge} = -1$ . Quando se tem  $\rho^{\wedge} = 0$ , não existe correlação linear entre as variáveis X e Y (LIRA 2004, p.41).

Todavia, na prática ocorrem diferentes valores de ( $\rho^{\wedge}$ ). A interpretação do valor de  $\rho^{\wedge}$  depende muito da especificidade da pesquisa, onde a correlação pode não significar causalidade. De acordo com CALLEGARI-JACQUES (2003, p. 90), o coeficiente  $\rho^{\wedge}$  pode ser avaliado qualitativamente da seguinte forma:

- Quando  $0,00 < \rho^{\wedge} < 0,30$  , existe fraca correlação linear;
- Quando  $0,30 \leq \rho^{\wedge} < 0,60$  , existe moderada correlação linear;
- Quando  $0,60 \leq \rho^{\wedge} < 0,90$  , existe forte correlação linear;
- Quando  $0,90 \leq \rho^{\wedge} < 1,00$  , existe correlação linear muito forte.

Isso se faz necessário, uma vez que entre as causas consideradas imediatas locais, as variações climáticas como a temperatura, a umidade relativa e a precipitação, por exemplo, podem influenciar e regular os eventos fenológicos a partir da sua intensidade e frequência (FERRAZ et al., 1999), o que justifica as alterações nas fenofases das

populações. As fenofases se correlacionaram significativamente com as variáveis de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar, em relação ao índice de atividade.

### **Temperatura e Precipitação**

Os dados de precipitação e temperatura da cidade de Cuiabá foram coletados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). E depois utilizou-se os dados com casos completos, eliminando os anos que têm falhas. Portanto, utilizou-se as séries de precipitação de 1998 até 2007 e 2012 até 2016 e de temperatura de 1998 até 2004 e 2013 até 2016. Toda a série temporal, seja ela de modelo aditivo ou multiplicativo, tem como componentes a tendência, sazonalidade e componente aleatório.

Com os dados sem falhas foram realizados testes de tendência e sazonalidade. Para isso, aplicou-se o método de Mann-Kendall para averiguar se os dados possuem tendência, verificando se as observações das séries são independentes e identicamente distribuídas, sendo o teste para as hipóteses:

$H_0$ : As observações da série são independentes e identicamente distribuídas (não há tendência)

$H_1$ : As observações da série possuem tendência monotônica no tempo (há tendência)

Além da tendência, outro componente de uma série é a sazonalidade, para verificar a sazonalidade foi utilizado o teste de Fisher (Morettin e Tolo, 2006), em que as hipóteses são:

$H_0$ : Não há periodicidade, para todo  $I_j^{(N)}$

$H_1$ : Há periodicidade, para todo  $I_j^{(N)}$

Sendo  $I_j^{(N)}$  o valor do periodograma na ordenada  $j$  e  $N$  é o número de observações na série temporal.

Para averiguar da diferença entre os níveis da série com o El-Niño e sem o El-Niño devido ao tamanho da série temporal e zeros, aplicou-se o método de Wilcoxon Mann-Whitney pareado, comparando as medianas dos anos para a precipitação e temperatura.

Não sendo este um teste paramétrico, possibilita-se comparar os dados com a amostra pequena e de tamanhos diferentes (com correção de continuidade) quando deseja-se saber se houve valores maiores ou menores de um ano em relação a outro, assim

compara-se a mediana de cada um desses anos, tendo como hipóteses:

$H_0$ : Medianas iguais

$H_1$ : Medianas diferentes

Portanto, como nenhuma série possui tendência, ou seja, não há mudanças de níveis ao longo das séries, procurou-se descobrir se o El-Niño pode alterar os valores da série. Para isso, em todos os casos, o nível de significância foi de 0,05. O software utilizado para os testes foi o R Core Team 3.4.1 (2017), com a função `wilcoxon.test` e com a `mkt.test` do pacote `trend`.

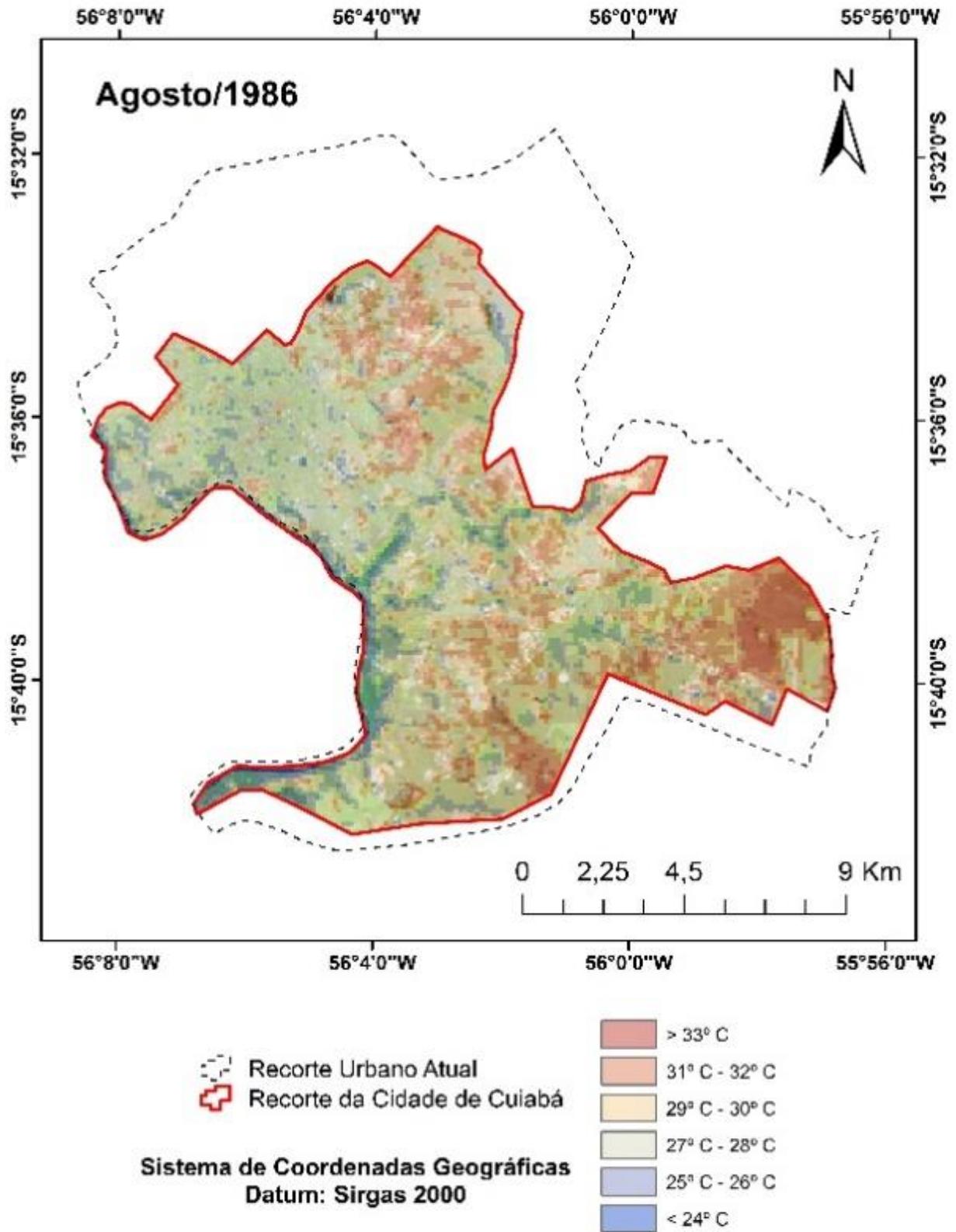
## **CAPÍTULO IV: Resultados e discussão**

### **4.1- Urbanização e ilhas de calor: o caso de Cuiabá.**

#### **4.1.1- Homem e microclimas urbanos: a urbanização como agente modificador**

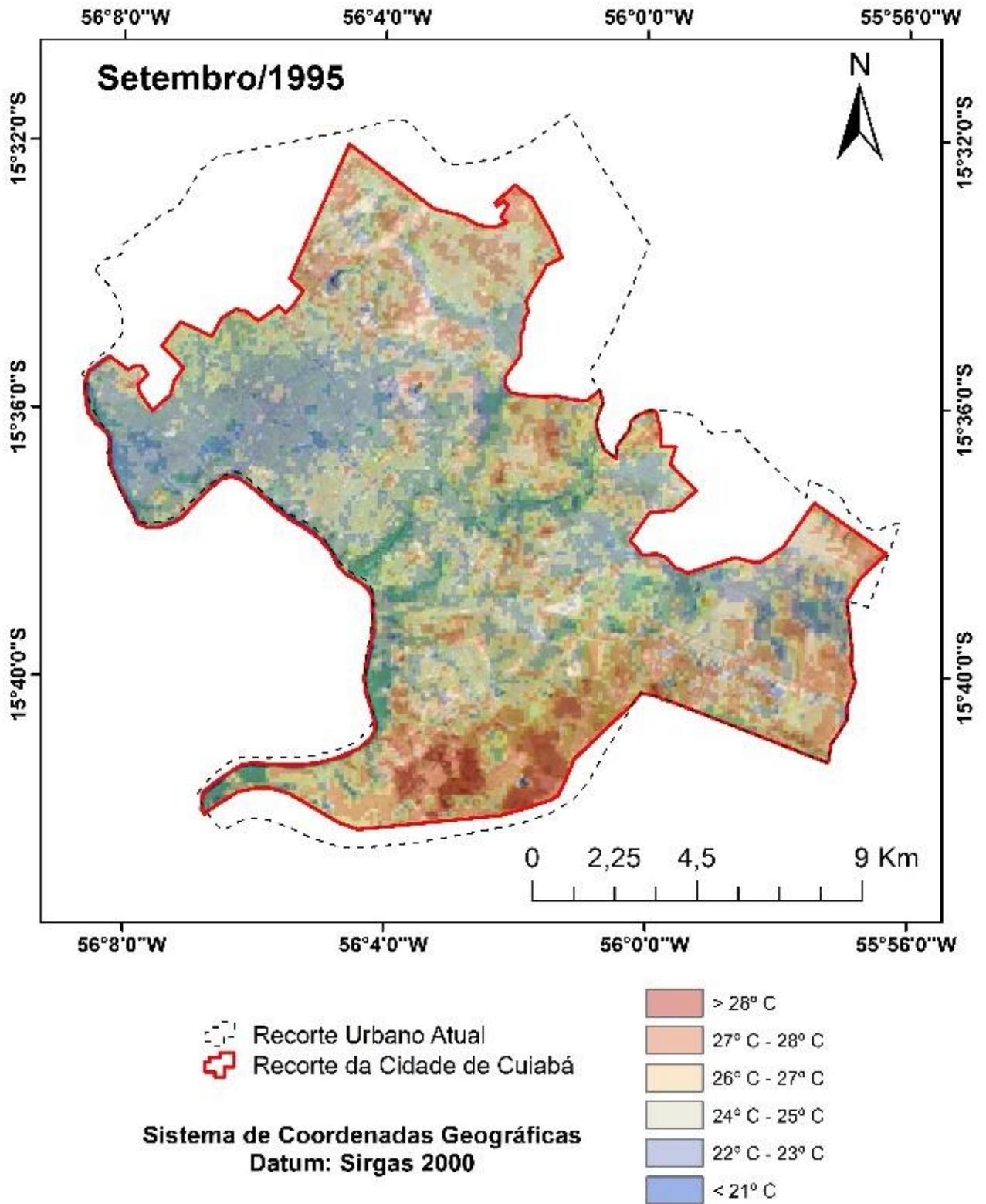
Para observar os efeitos da evolução urbana de Cuiabá na formação e expansão de ilhas de calor urbanas, foram analisadas imagens satelitais obtidas por sensores termais nos anos de 1986, 1995, 2005 e 2015. O resultado se sintetiza nos mapas temáticos das figuras 14, 15, 16 e 17:

Figura 14 – Localização das ilhas de calor urbano em Cuiabá no ano de 1986.



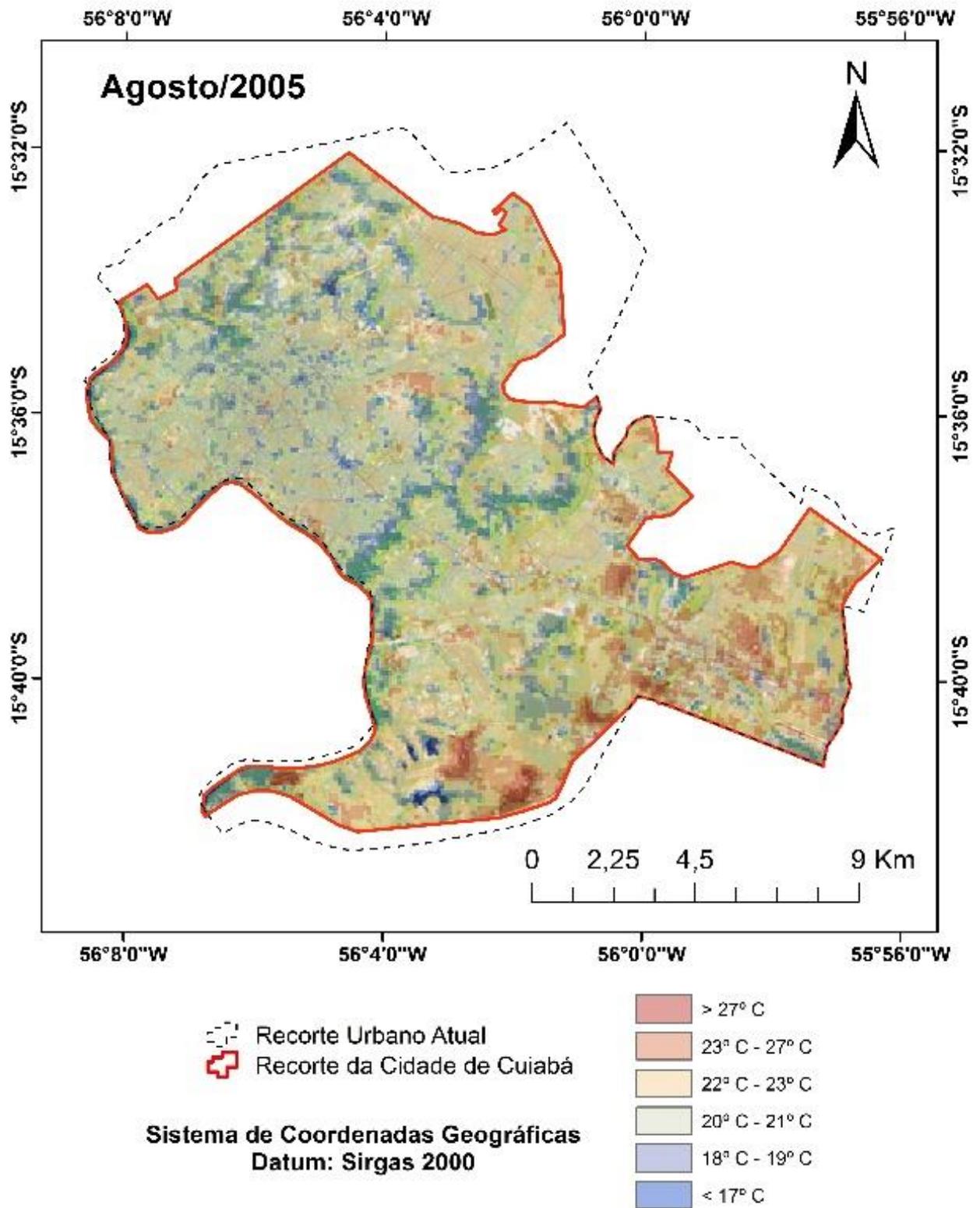
Fonte: Maranholi, 2016.

Figura 15 – Localização das ilhas de calor urbano em Cuiabá no ano de 1995.



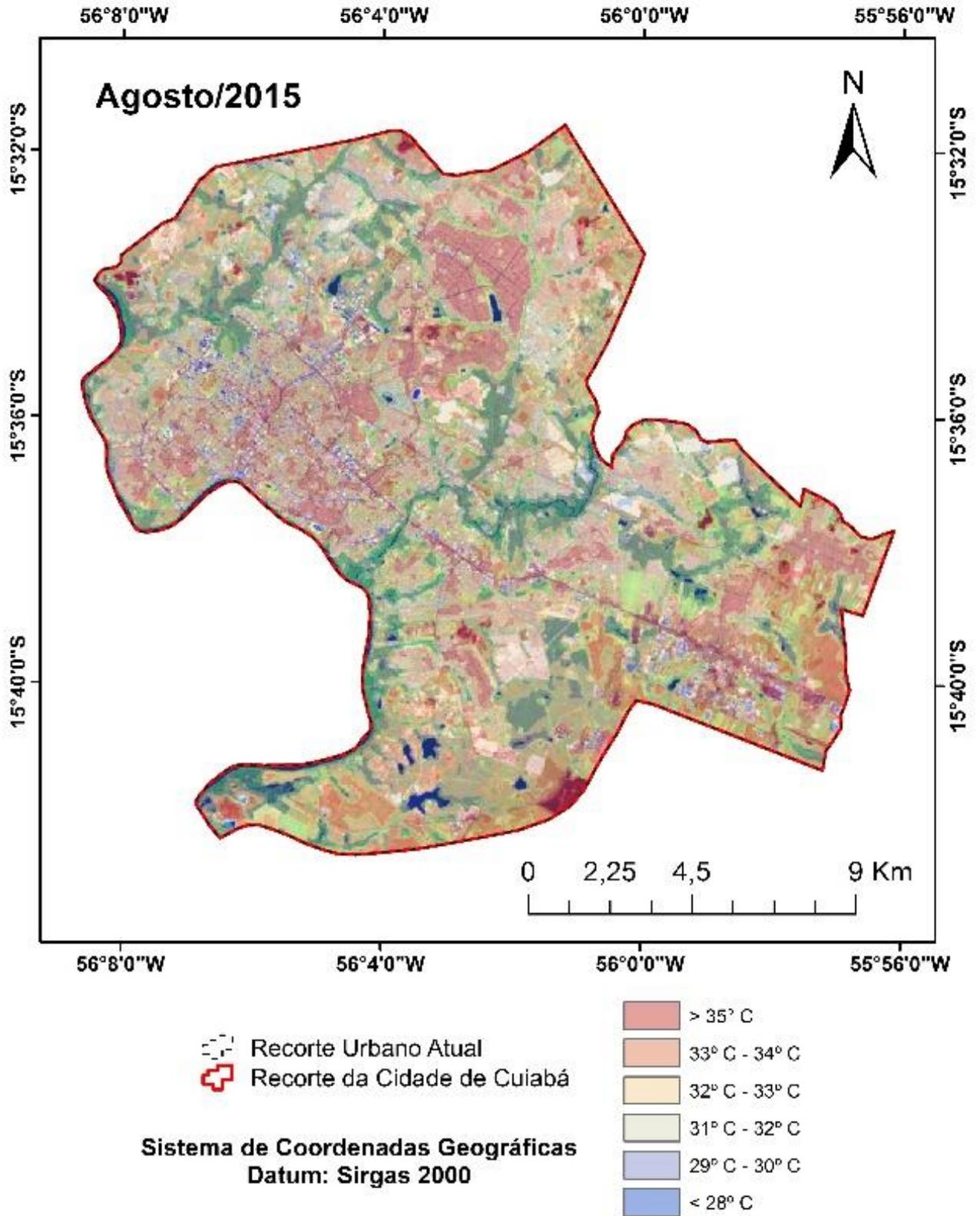
Fonte: Maranholi, 2016.

Figura 16 – Localização das ilhas de calor urbano em Cuiabá no ano de 2005.



Fonte: Maranholi, 2016.

Figura 17 – Localização das ilhas de calor urbano em Cuiabá no ano de 2015.



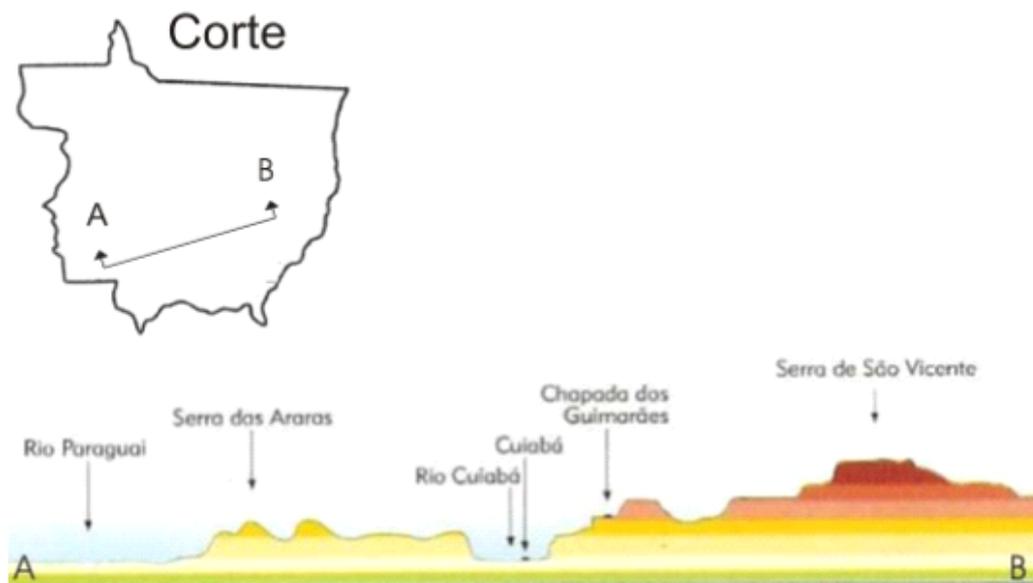
Fonte: Maranholi, 2016.

Observa-se que nos anos em que a urbanização era menos densa, existiam apenas pontos com temperaturas mais elevadas na região Sul da cidade, onde localiza-se o distrito industrial; entretanto, com o passar dos anos a cidade tem se tornado mais quente. Neste sentido, é possível perceber, no ano de 2015, a existência de diversos outros pontos de altas temperaturas espalhados pela cidade, além do já estudado neste trabalho.

Para MAITELLI (1994), o crescimento urbano em Cuiabá-MT influenciou o aumento da temperatura mínima média, com tendência de elevação de 0,073 °C por ano analisado com dados do período de 1970 a 1992, época que coincide com um crescimento populacional mais intenso.

A cidade de Cuiabá, apresenta algumas características geo-topográficas (Fig.17) que determinam seu quadro climático urbano, como por exemplo sua localização em área tropical continental, sem influência marítima, onde foi identificada grande interferência do solo urbano no aumento da temperatura do centro da cidade. Outra característica é o fato de a zona urbana estar situada em uma depressão relativa que faz com que a frequência e velocidade média dos ventos sejam extremamente baixas, diminuindo o efeito das trocas térmicas por convecção e destacando ainda mais a ação do ambiente urbano sobre a temperatura do ar (Duarte e Serra, 2003, p. 11).

**Figura 18** – Perfil topográfico de Mato Grosso.



Fonte: Moreno et al., 2005.

Os ventos predominantes em Cuiabá estão na direção norte e noroeste (CUIABÁ, 2004). De acordo com Campelo Jr., et al. (1991) em Cuiabá, a direção predominante dos ventos é N e NO durante boa parte do ano e Sul no período de inverno. As condições de

ventilação do local onde a cidade está posicionada são em grande parte influenciadas pelas características do relevo que a circunda, entretanto ocorrem rajadas de vento apesar de a maior parte do ano ocorrer ventos fracos.

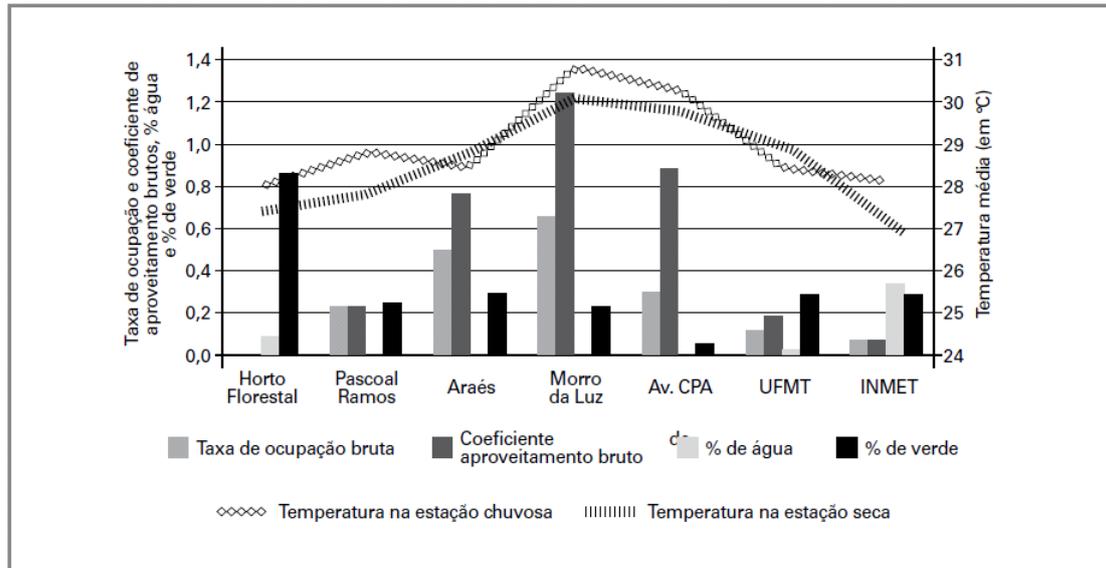
#### **4.1.2- Uso e ocupação do solo *versus* microclima urbano em Cuiabá**

Cada cidade é composta por diferentes microclimas, fenômenos similares que podem caracterizar o mesoclima urbano existente, em menores proporções por toda a cidade, como, por exemplo, pequenas ilhas de calor, diferenças locais na intensidade dos ventos e bolsões de poluição atmosférica (BENINI e MARTIN. 2010).

Por causa das insuficiências no planejamento, a cidade de Cuiabá possui características que propiciam a modificação climática em seu interior, produzindo condições atmosféricas locais distintas das encontradas nas áreas periféricas e/ou vizinhas. Por exemplo, as feições de organização urbana, próprias de cada momento de sua história, mostram uma grande variedade de padrões de ocupação. Neste sentido, aliado ao incremento populacional, ela foi se modernizando e adequando-se às suas novas funções, como demonstrado no aglomerado urbano Cuiabá – Várzea Grande que, de acordo com estimativa do IBGE (2016), conta com uma população de 849.083 habitantes.

Um estudo de Duarte e Serra (2003), aponta as diferenças térmicas entre variados pontos localizados na cidade de Cuiabá, correlacionando fatores oriundos da ocupação humana e a cobertura de água e vegetação. Os referidos pontos foram tomados na perspectiva dos elementos apontados por Monteiro no S.C.U. (1975).

**Gráfico 1** – Taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, percentagem de superfícies d'água e de arborização brutos *versus* média das temperaturas registradas às 8 h, 14 h e 20 h durante as estações seca e chuvosa.



Fonte: Silva (2008), adaptado de Duarte & Serra (2003, p. 13).

Observa-se que a relação Vegetação x Urbanização é intrínseca ao desenvolvimento do clima urbano. No ponto mais crítico (Morro da Luz, região central de Cuiabá), encontram-se os maiores valores de temperatura para os períodos chuvoso e seco. Por outro lado, os menores valores de temperatura são observados no Horto Florestal e no INMET, por apresentarem maior cobertura vegetal. A região central apresenta as maiores temperaturas devido à densa edificação e ao asfalto, que possuem maior capacidade de absorção de radiação do que a vegetação, e emitem maior radiação na forma de calor, o que pode explicar a elevação da temperatura. Na visão de Maitelli (2005):

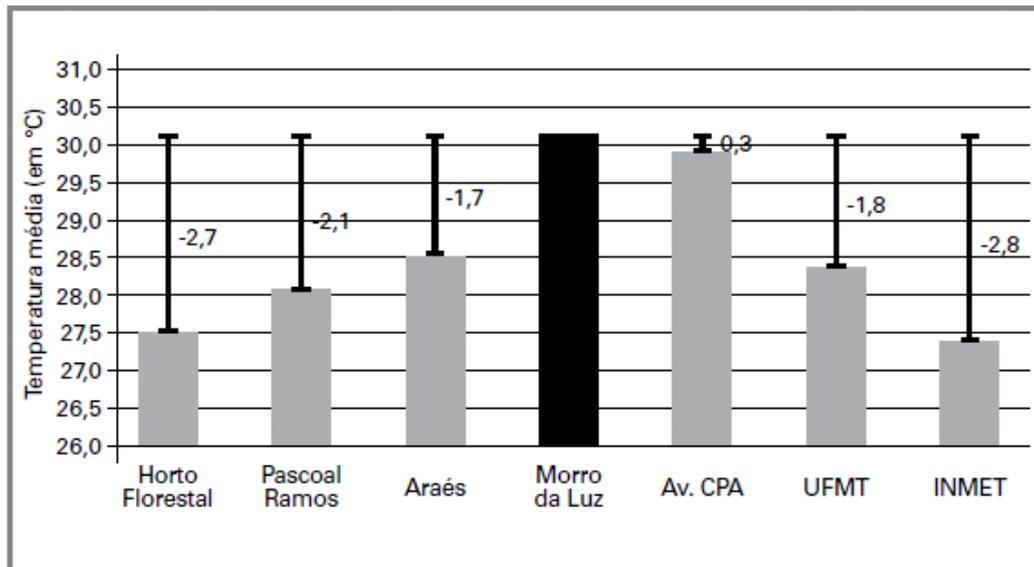
O principal processo da vegetação como regulador do clima é o da evapotranspiração, que consiste na evaporação da água livre e na transpiração das plantas que ao retirar água do solo pelas raízes e depositar esta no ar na forma de vapor pela abertura estomática das folhas contribui para a umidade do ar (MAITELLI, 2005, p. 241).

Nesse sentido, as plantas diminuem a quantidade de radiação líquida disponível na atmosfera para aquecer o ar. Ao desempenhar um papel regulador higrótérmico (temperatura e umidade), a vegetação estabelece uma relação direta com o microclima. Em outra instância, a vegetação também funciona como regulador da entrada de radiação solar na superfície urbana através do sombreamento e atua como moderadora na direção e velocidade dos ventos (FERREIRA, 2010).

No segundo gráfico pode-se observar a diferença de temperatura entre o ponto mais quente e o mais ameno. De acordo com o estudo realizado, este fato se dá devido a disponibilidade de árvores e superfície aquosa para obter uma temperatura mais amena e

densidade urbana para obtenção de temperaturas mais elevadas.

**Gráfico 2** – Médias das temperaturas registradas às 8h, 14h e 20h, na estação de estiagem (agosto de 1998) e de chuva (janeiro/fevereiro de 1999), e as diferenças médias de temperatura em relação ao caso mais crítico, o Morro da Luz.



Fonte: Silva (2008), adaptado de Duarte & Serra (2003, p. 13).

Na situação do Morro da Luz, onde localiza-se a maior ilha de calor em Cuiabá, ainda que possua boa arborização, verifica-se uma temperatura média acima dos 30°C nas duas estações analisadas. Em contrapartida no Horto Florestal, local que representa as condições climáticas regionais e de pouca intervenção climática urbana, observa-se uma diferença média de 2,7°C em relação a temperatura máxima registrada.

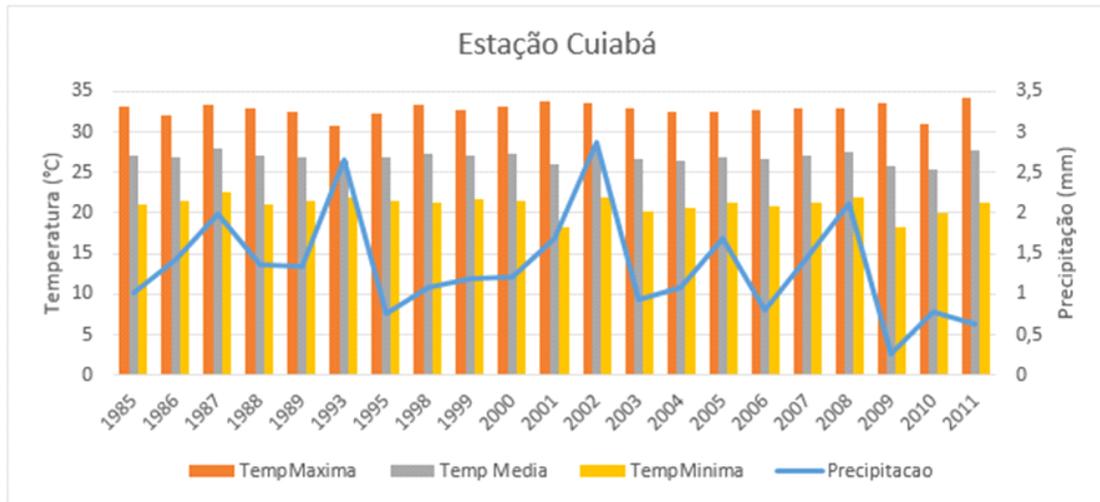
Embora o Morro da Luz possua boa arborização, ele está localizado em uma região com intensa ocupação humana, construções e asfalto, o que os autores chamam de “coeficiente de aproveitamento bruto”, o que não acontece no Horto Florestal por estar em uma região periférica ao centro da cidade e ter o rio Coxipó dentro de seus limites, bem como ressalta Maitelli et. al. (2004):

A atmosfera da cidade torna-se mais aquecida, tanto devido à presença de material particulado (poeira, fuligem), liberação de gases (CO<sub>2</sub>, CO e outros), provenientes de veículos e indústrias como pela liberação de calor armazenado no tecido urbano (MAITELLI, 2004, p. 2).

De modo geral nota-se que, no período compreendido entre 1985 e 2011, a cidade tem apresentado uma tendência geral de diminuição em sua precipitação, acompanhada de um pequeno aumento da temperatura (Gráfico 3). Neste período foram registrados picos de precipitação (o maior deles ocorreu em 2002) e de temperatura (no ano de 2011).

As médias das temperaturas máximas variam de 30°C a 34°C, onde pode-se observar que no ano de 2011 quando a cidade atingiu a média mais alta registrada, atingiu também a menor média de precipitação em todo o período analisado.

**Gráfico 3** – Médias anuais de precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima) de Cuiabá, entre 1985 e 2011.



Fonte: INMET, 2016.

#### 4.2 - Análise estatística da influência do fenômeno climático El Niño em Cuiabá

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), desde o ano de 1997 até 2010, foram registradas seis ocorrências do El Niño sendo que, destes, o evento ocorrido no biênio de 1997/1998 foi classificado com *Forte*, e os de 2002/2003, 2004/2005, 2006/2007 e 2009/2010 foram classificados como *Moderados*.

Em estudo realizado por Oliveira, et al. (2015), acerca da correlação entre a variação do NDC (Número de Dias de Chuva) no Estado do Mato Grosso com a intensidade do Índice Oceânico Niño (ION) sob a influência do El Niño, foi constatado que não houve efeitos evidentes no NDC de Mato Grosso em períodos de ocorrência do evento. Todavia, em nenhum momento foram analisados a temperatura média compensada mensal e a precipitação total por mês.

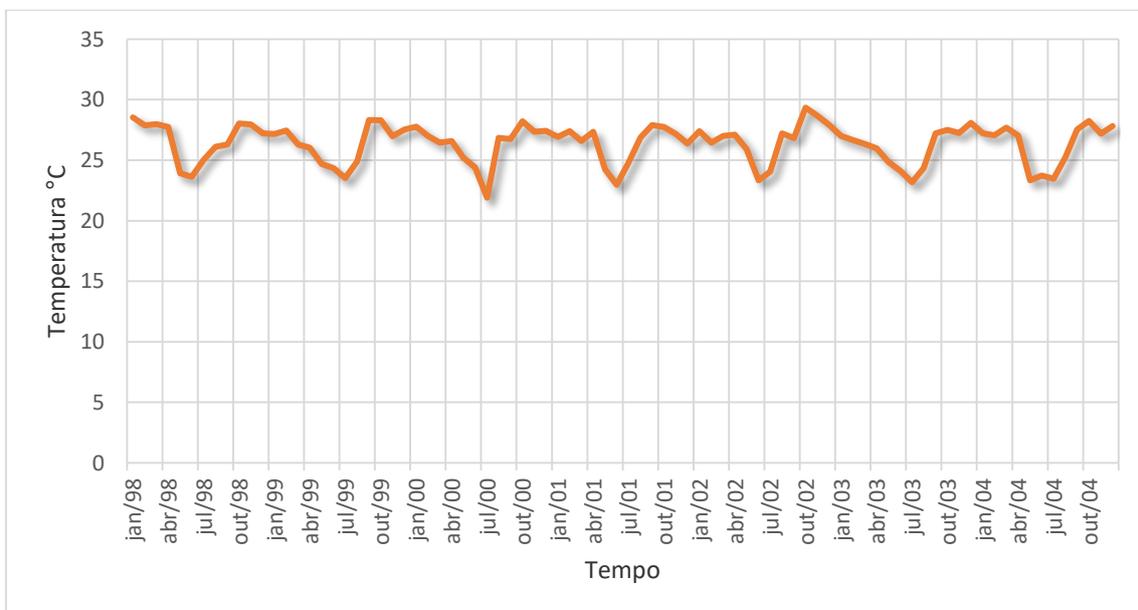
De acordo com Sette e Tarifa (2002. p. 53), o estado de Mato Grosso encontra-se em uma área de interação entre os sistemas atmosféricos intertropicais com os extratropicais, que atingem a região central (com características modificadas/tropicalizadas), como as frentes, anticiclones e cavados de altitudes.

Neste sentido, quando se observam estes dados é possível verificar discrepâncias de temperatura e precipitação entre anos que houve ocorrência de El Niño e aqueles em que o evento não ocorreu. Por outro lado, de acordo com Nimer (1989), a região Centro-Oeste do Brasil, devido à sua localização latitudinal, caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias; em outras palavras, segundo este autor, mesmo em períodos de El Niño, esta região pode apresentar pouca variação climática. Sobre isto, Tarifa (1998), aponta que diferentemente do norte mato-grossense, a porção sul apresenta certa normalidade durante a ocorrência do evento:

No Mato Grosso, a repercussão do fenômeno ENOS, com base nos dados das séries pluviométricas referentes ao período de 1983 a 1994, demonstrou que em anos de El Niño muito forte, como os de 1982 e 1983 e de 1990 a 1994, os extremos norte e noroeste sofreram diminuição da pluviosidade; enquanto no extremo sul as chuvas acompanham o padrão normal ou sofrem desvios positivos (TARIFA, 1998. p. 32).

No gráfico 4, observa-se a série histórica da temperatura em Cuiabá entre 1998 e 2004, com sua tendência e sazonalidade (obtidos através dos testes estatísticos de Mann-Kendall para tendência e de Fisher para sazonalidade), não apresentando diferença aparente entre os anos com El-Niño e sem El-Niño.

**Gráfico 4 - Temperatura média mensal de janeiro de 1998 até dezembro de 2004 em Cuiabá.**



Fonte: INMET, 2016.

Inicialmente realizou-se o teste de tendência, em que não foi rejeitada a hipótese

nula (p-valor 0,69), portanto não há tendência, o que possibilita que possamos utilizar algum método de comparação entre os anos, pois não há mudanças de níveis.

Verificou-se, pelo teste de Fisher, que a série possui sazonalidade, pois o p-valor ficou abaixo de 0,05, rejeitando a hipótese nula, o que pode indicar que há possibilidade de usar o teste pareado (em que a ordem dos meses importa), verificando-se que houve alteração significativa nos pares de meses.

Então, executou-se o teste de Wilcoxon e Mann-Whitney, verificando se o El-Niño pode ter alterado nos valores medianos dos anos, já que não há tendência significativa. Obteve-se os valores do Quadro 1:

**Quadro 1** - P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando a temperatura de 1998 a 2004.

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1998	-	0,267	0,424	0,204	0,910	0,077	0,110
1999	-	-	0,622	0,910	0,176	0,151	0,970
2000	-	-	-	0,791	0,110	0,301	1,000
2001	-	-	-	-	0,204	0,380	0,850
2002	-	-	-	-	-	0,034	0,301
2003	-	-	-	-	-	-	0,233
2004	-	-	-	-	-	-	-

O Quadro 1 compara a mediana dos anos, sendo que o fenômeno do El-Niño ocorreu em 1998 e de 2002 a 2004. Apenas o ano de 2002 em relação a 2003, considerando o nível de significância de 0,05, foi rejeitada a hipótese nula de que as medianas são iguais. Portanto, não houve diferença entre os anos de ocorrência ou não do fenômeno El-Niño, mostrando que o mesmo não alterou significativamente a temperatura.

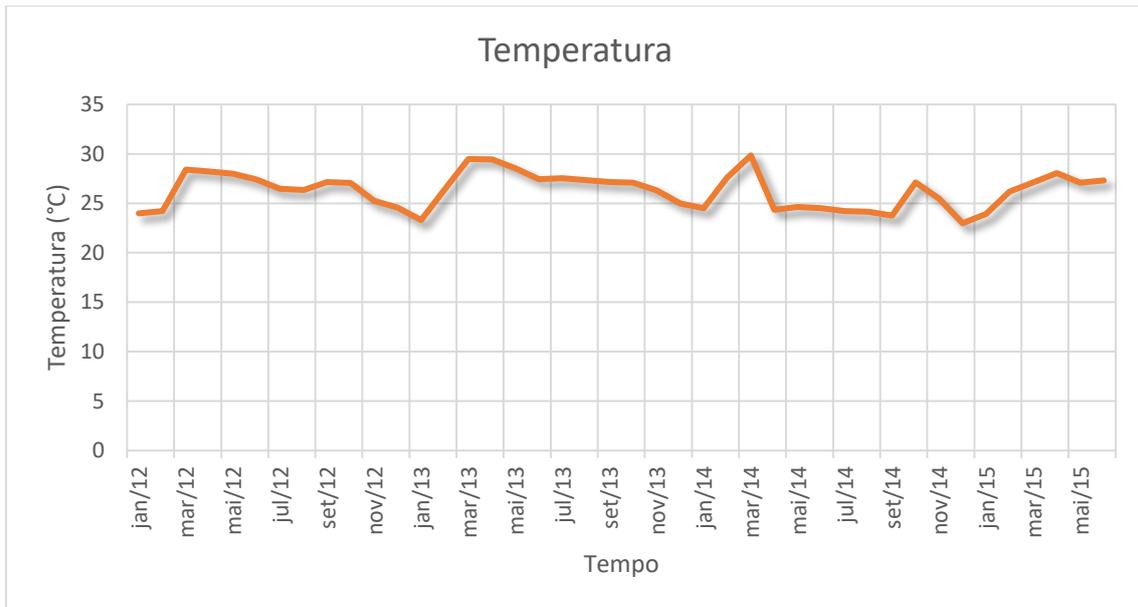
Além de comparar os anos que tiveram ou não o El-Niño, também foi separado em dois conjuntos de dados, o da temperatura com El-Niño e sem El-Niño, obteve-se o p-valor de 0,9133, indicando que não há diferença significativa dos dados com os meses que o El-Niño estava presente.

#### 4.2.1- Condições climáticas em Cuiabá durante o período analisado

Foi analisada a série histórica da temperatura em Cuiabá de julho de 2013 até 2016, para a verificação da tendência e sazonalidade, onde considerou-se os anos em que

houveram El Niño e anos em que não houve o evento. A partir disso tem-se o resultado de não haver tendência e sazonalidade, o que pôde ser provado pelos testes de Mann-Kendall para tendência e de Fisher para sazonalidade. Não apresentado diferença aparente entre os anos com El-Niño e sem El-Niño.

**Gráfico 5** - Temperatura média mensal de julho de 2013 até dezembro de 2016 em Cuiabá.



Fonte: INMET, 2016.

Realizou-se o teste de tendência, em que não foi rejeitada a hipótese nula (p-valor 0,12), portanto não há tendência, o que possibilita a utilização de algum método de comparação entre os anos, pois não há mudanças de níveis. E pode ser considerado um indício que o El Niño não interferiu no aumento ou queda da temperatura.

Verificou-se pelo teste de Fisher que a série possui sazonalidade, pois o p-valor ficou acima de 0,05 não rejeitando a hipótese nula, o que pode indicar que a possibilidade do teste não ser pareado (em que a ordem dos meses importa), assim, verifica-se se houve alteração significativa nos pares de meses. Neste sentido, executou-se o teste de Wilcoxon e Mann-Whitney, verificando se o El-Niño pode ter alterado nos valores medianos dos anos, uma vez que não há tendência significativa:

**Quadro 2** - P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando os anos completos da temperatura de 2014 a 2016.

Ano	2014	2015	2016
2014	-	0,630	0,175
2015	-	-	0,204

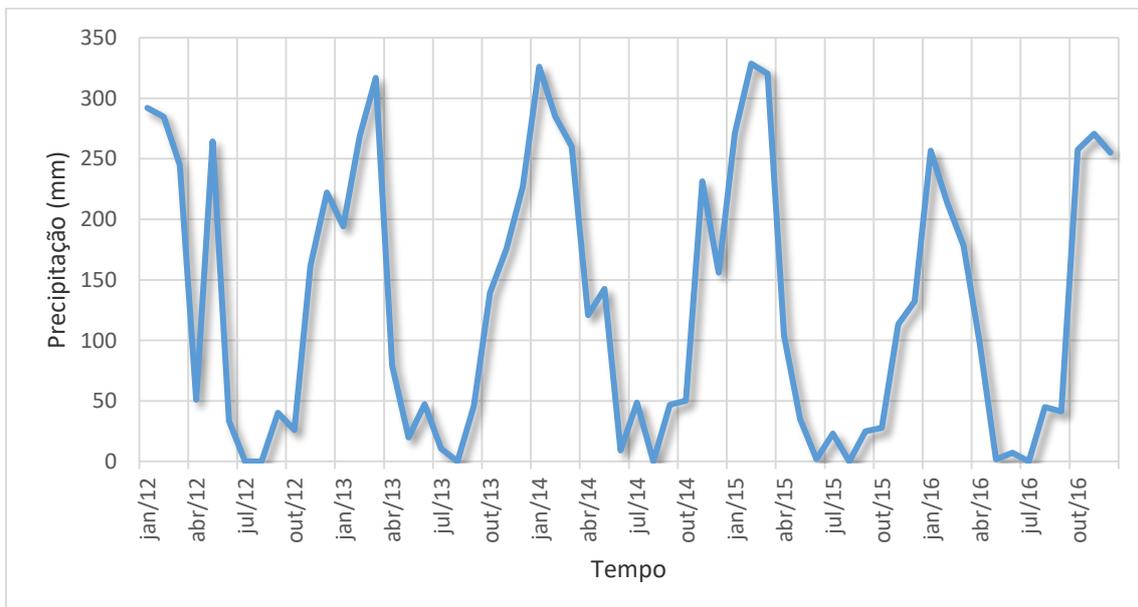
2016	-	-	-
------	---	---	---

O Quadro 2 compara a mediana dos anos, em ambos casos não houve a rejeição da hipótese nula. Sendo assim, entre os anos que ocorreram e não ocorreram El-Niño não houve diferença. Mostrando que o El-Niño não alterou significativamente a temperatura.

Além de comparar os anos que tiveram ou não o El-Niño, também foi separado em dois conjuntos de dados, o da temperatura com El-Niño e sem El-Niño, obteve-se o p-valor de 0,06, logo não há diferença significativa dos dados com os meses que o El-Niño estava presente.

A precipitação em Cuiabá tem, aparentemente, maior oscilação que a temperatura média mensal (Gráfico 6). Tendo ausência de tendência e possivelmente presença de sazonalidade. Essa observação pôde ser confirmada pelos testes. Além disso, observa-se que não houve modificação no comportamento da série nos anos que houve El-Niño para os anos que não houve.

**Gráfico 6** - Precipitação total mensal de janeiro de 2012 até dezembro de 2016 em Cuiabá.



Fonte: INMET, 2016.

Assim como os testes de tendência da temperatura, a precipitação em Cuiabá ao longo de 2012 até 2016, não obtiveram tendência significativa de acordo com o teste de Mann-Kendall, que registrou o p-valor de 0,5. E para a periodicidade, o teste de Fisher indicou que há sazonalidade, uma vez que o p-valor ( $3 \times 10^{-5}$ ) foi menor que 0,05, rejeitando a hipótese nula de não sazonalidade do dado.

**Quadro 3** – P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando a precipitação de 2012 até 2016.

Ano	2012	2013	2014	2015	2016
2012		0,563	0,398	0,6891	0,9645
2013			0,657	0,6248	0,6221
2014				0,1424	0,5693
2015					0,7334
2016					

O Quadro 3 apresenta os p-valores obtidos no teste de Wilcoxon e Mann-Whitney, considerando o nível de significância de 0,05, nos anos comparados não há diferença entre os níveis da série. Assim, o El-Niño não alterou significativamente a série. Também foi feita a comparação do grupo de meses que ocorreu o El-Niño e do grupo que não ocorreu, o p-valor obtido foi de 0,22, portanto, ao nível de significância de 0,05, não houve diferença.

#### 4.3- Análise estatística da correlação Clima – Fenologia

##### 4.3.1- Temperatura X Fenofases

Toda variação fenológica é fortemente correlacionada a mudanças na temperatura (MENZEL; FABIAN, 1999), principalmente nos meses que antecedem os eventos fenológicos observados, dado o papel modulador que a temperatura tem no desencadeamento e no progresso das mudanças visíveis da fenologia (KÖRNER; BASLER, 2010).

Na primeira fase, foi calculada a correlação entre a temperatura e a ocorrência das fenofases para a área experimental (Gráfico 7), e para a área de controle (Gráfico 8). A partir dos gráficos citados, é possível observar uma maior correlação na fenofase do dossel na espécie *Cassia fistula L.* De acordo com o resultado, a proporcionalidade inversa existente é de moderada intensidade, o que permite inferir que a temperatura local tem exercido influência na intensidade de ocorrência desta fenofase significativamente.

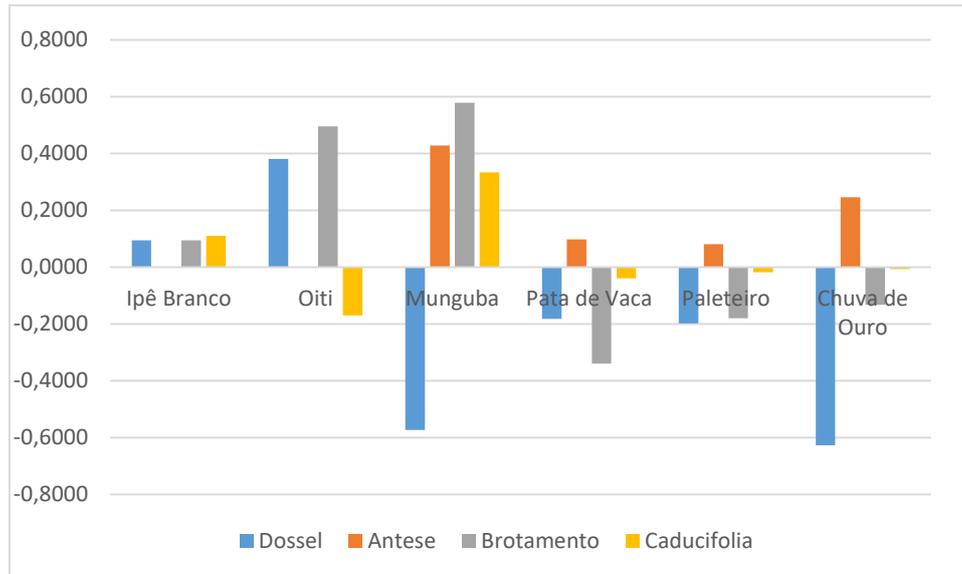
Por outro lado, a *Tabebuia roseoalba* apresentou o menor índice de correlação para esta fenofases, o que indica pouca ou nenhuma interferência de temperatura na composição do dossel desta espécie. Em estudo realizado em Taubaté-SP por Dos Santos e Fisch (2013), a temperatura exerceu maior influência nas respostas fenológicas das árvores estudadas, sendo que a precipitação também influenciou em todas as fenofases, porém, com menor intensidade.

A antese foi a fenofase com os menores valores de correlação, sendo *Pachira aquática* a mais representativa com um índice  $\rho^{\wedge}$  de 0.4279, indicando fraca ou moderada correlação diretamente proporcional à temperatura. As espécies *Tabebuia roseoalba* e *Licania tomentosa*, não obtiveram correlação com a temperatura. Na fenofases de brotamento, foram constatados os valores mais representativos, sendo a *Pachira aquatica* a apresentar o maior índice  $\rho^{\wedge}$  com 0,5790.

Em contrapartida, a *Tabebuia roseoalba* foi a árvore a apresentar o menor resultado, onde a temperatura não causou influência neste evento. Isso obedece ao fato de serem plantas adaptadas a temperaturas médias elevadas (JANEIRO, 2011; LORENZI, 2002; VENANCIO, 2010).

Por fim, na área experimental foi a *Pachira aquatica* que apresentou o maior valor de correlação entre a queda foliar e a temperatura com 0.3334, o que ainda indica pouca influência da temperatura na perda das folhas. A *Cassia fistula* foi a árvore que apresentou o menor valor indicando uma interferência mínima da temperatura na queda de suas folhas. Os mesmos valores podem ser observados no gráfico 7:

**Gráfico 7** – Coeficiente de correlação de Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Temperatura para a área experimental.



Fonte: Maranholi, 2017.

Para a área de controle, representada pelo Horto Florestal e o Parque Zé Boloflô, também foi aplicado o mesmo coeficiente para a verificação dos eventos fenológicos. Foi possível constatar resultados diferentes com os obtidos dentro da ilha de calor (Gráfico 8).

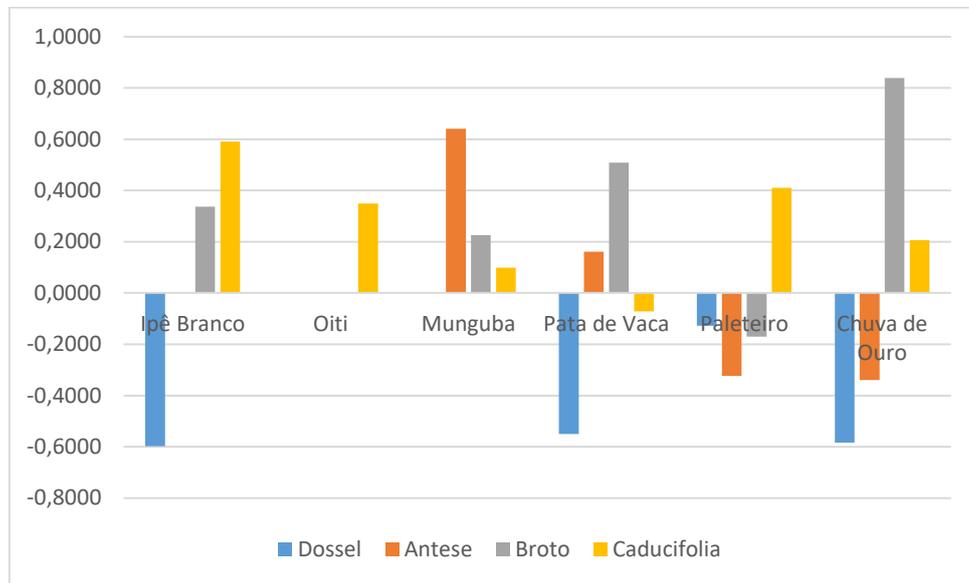
A *Tabebuia roseoalba* localizado no Horto Florestal, apresentou a maior correlação para o dossel (-0,5977), o que indica ser inversamente proporcional à temperatura. A *Licania tomentosa* e a *Pachira aquatica* não apresentaram valores de correlação para o dossel, visto que estas espécies, como mencionado anteriormente, apresentam maior resistência a temperaturas mais elevadas (JANEIRO, 2011; LORENZI, 2008; VENANCIO, 2010).

Para a antese, o maior valor foi aferido pela *Pachira aquatica* (0,6413), o que mostra moderada interferência da temperatura na floração. Em contrapartida, duas espécies não apresentaram correlação com a variável temperatura: a *Tabebuia roseoalba* (espécie nativa dos biomas Cerrado e Pantanal, com boa adaptação a terrenos secos e pedregosos, sendo de grande utilidade na recuperação de áreas degradadas, conforme Lorenzi (1992), e a *Licania tomentosa*, evidenciando que outros fatores ambientais podem estar relacionados a este evento.

A *Cassia fistula L.* apresentou o valor mais representativo, como pode ser visualizado no gráfico 8, para brotamento (0,8390), apresentando uma alta correlação direta com a temperatura. Contrariamente, a *Licania tomentosa* não apresentou qualquer correlação da temperatura com a fenofase analisada. Para Jardineiro (2015), a *Licania Tomentosa*, deve ser cultivada sob sol pleno, em solo fértil, drenável, profundo, enriquecido com matéria

orgânica e irrigado regularmente no primeiro ano de implantação, o que demonstra um indício de deficiência de nutrientes no solo que compõe o centro de Cuiabá.

**Gráfico 8** - Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Temperatura para a área de controle.



Fonte: Maranholi, 2017.

Nas fenofases das caducifólias, todas as árvores estudadas apresentaram correlação com a temperatura, sendo o *Tabebuia roseoalba* o mais representativo (0,5913) com moderada correlação direta, e a *Bauhinia forficata* a menos representativa (-0,0720) seguida pela *Pachira aquatica* (0,0986), apresentando ínfima correlação.

#### 4.3.2- Precipitação X Fenofases

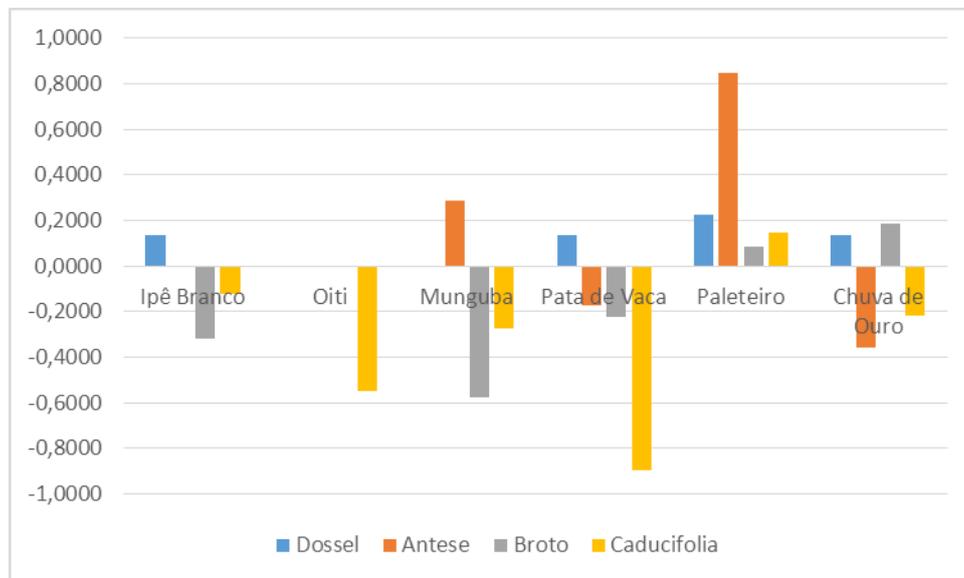
De acordo com Morellato (2008), as fenofases se correlacionaram significativamente com as variáveis de precipitação e de temperatura, que por sua vez estão intimamente relacionados com os padrões reprodutivos das plantas tropicais, que por sua vez, disponibilizam recursos à fauna, como néctar, pólen, frutos e sementes.

Neste sentido, o gráfico 9 apresenta os resultados das análises feitas. Constata-se que a *Clitoria fairchildiana* tem a maior correlação de composição de dossel com o índice de precipitação, todavia ainda é fraca a esta correlação por apresentar um índice de 0,2266. No mesmo viés são apontados a *Licania tomentosa* e a *Pachira aquatica* como as árvores que não apresentaram correlação entre o dossel e a precipitação no período amostrado, sendo estas espécies classificadas como perenifólias (LORENZI, 2002).

Duas árvores não apresentaram valores para antese, *Tabebuia roseoalba* e *Licania tomentosa*, enquanto que a *Clitoria fairchildiana* apresentou a maior correlação linear direta para a variável verificada. A *Licania tomentosa* também não apontou correlação entre o brotamento e a precipitação, em contrapartida a *Pachira aquatica* mostrou uma correlação moderada entre a precipitação e seu brotamento (ARAÚJO e RIBEIRO, 2008).

Por fim, a fenofases mais representativa para a área de controle foi a queda foliar, onde a *Bauhinia forficata* mostrou o maior valor (-0,8985), e a *Tabebuia roseoalba* seguido pela *Clitoria fairchildiana* foram as árvores menos representativas com valores considerados muito baixos.

**Gráfico 9** - Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Precipitação para a área de controle.



Fonte: Maranholi, 2017.

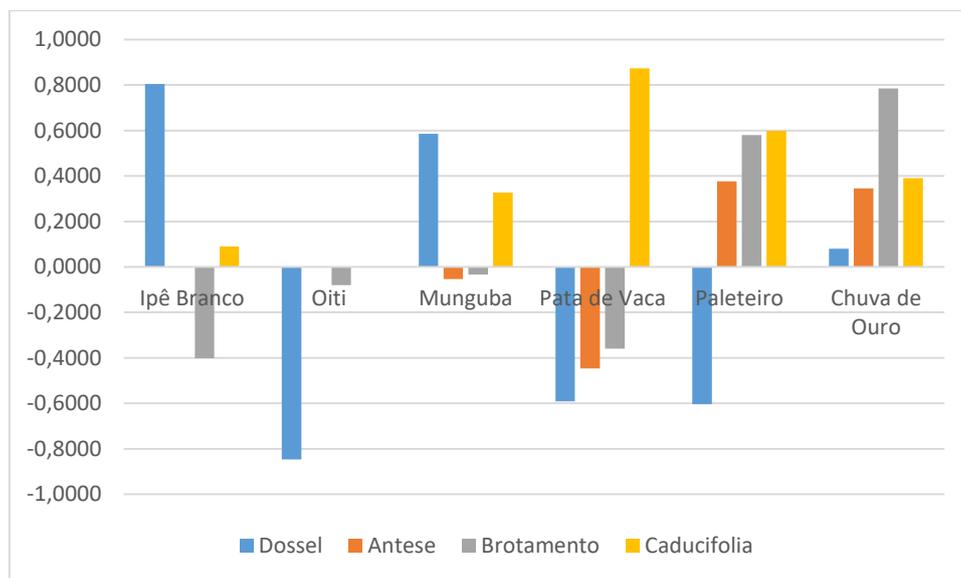
Nas praças contidas dentro da ICU analisada, os valores foram mais significativos (gráfico 10), em especial o *Licania tomentosa* que obteve o maior índice de correlação para o dossel (-0,8462), sendo que esta espécie não obteve valores significativos em outras análises realizadas. Entretanto, a *Cassia fistula* mostrou uma correlação muito pequena entre a composição do dossel e a precipitação.

Para a floração, a *Tabebuia roseoalba* e a *Licania tomentosa* obtiveram valores nulos de correlação, o que evidencia uma necessidade de outros estudos envolvendo outras variáveis que possam melhor explicitar a não ocorrência de eventos fenológicos ou sua

baixa representação. Neste quesito, a *Bauhinia forficata* apresentou um índice de -0,4472 de correlação linear.

Para o brotamento, obteve-se valores representativos pela *Cassia fistula* (0,7846), seguido pelo *Clitoria fairchildiana* com resultado moderado. Com índices que evidenciam pouca influência da precipitação sobre o brotamento, aparecem a *Pachira aquatica*, seguido pela *Licania tomentosa*.

**Gráfico 10** - Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Precipitação para área experimental.



Fonte: Maranholi, 2017.

Por fim, o valor mais representativo da análise feita sobre a correlação entre precipitação e fenofases foi apresentado pela *Bauhinia forficata* no que tange a queda foliar (0,8732), o que mostra uma alta correlação. No entanto, o menor valor aparece com a *Licania tomentosa*, onde é quase nulo com 0,0021.

#### 4.3.3- Umidade Relativa X Fenofases

Outro elemento importante para as maiores intensidades de brotamento e frutos maduros no período seco é a diminuição do teor de água disponível no ambiente. Para que o teor de água diminua as condições ambientais são importantes, como a diminuição da umidade relativa do ar (Felseburgh, et. al., 2016). Dessa forma, a ocorrência dos eventos fenológicos na área experimental e na área de controle, foram correlacionados com a

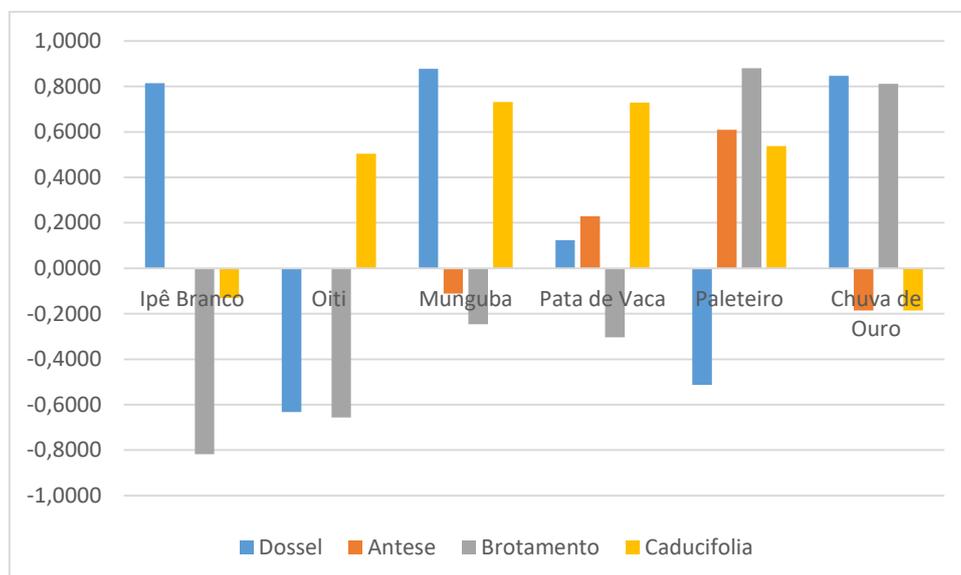
umidade relativa para estabelecer o grau de influência deste fator climático sobre as espécies observadas.

A espécie *Pachira aquatica*, apresentou um índice  $\rho^{\wedge}$  de 0,8774 (gráfico 11) em correlação do seu dossel com a umidade relativa, indicando forte relação desta espécie com a disponibilidade hídrica presente na atmosfera. Para a antese, a *Clitoria fairchildiana* apresentou índice  $\rho^{\wedge}$  de 0,6094 como a mais representativa e indicando forte correlação com este fator climático.

Com um índice  $\rho^{\wedge}$  de 0,8810, a espécie *Clitoria fairchildiana* evidenciou forte correlação com esta variável climática (RUBIM et al., 2010). Por fim, a espécie *Pachira aquatica* obteve índice  $\rho^{\wedge}$  de 0,7308 mostrando forte correlação de sua queda foliar com a umidade relativa.

De forma geral, houve maiores correlações diretas e significativas para estes indivíduos, visto que estes fatores climáticos e suas correlações com as fenofases tanto para o índice de atividade como para o de intensidade, são os mais eliciadores das mudanças fenológicas (GOIS et al., 2012).

**Gráfico 11** - Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Umidade Relativa para área experimental.



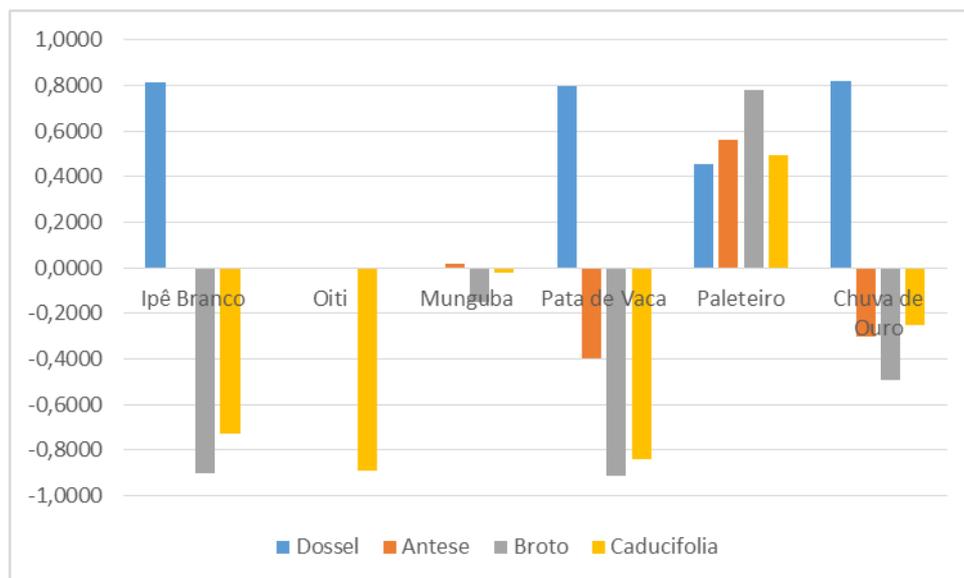
Fonte: Maranholi, 2017.

Para os indivíduos localizados na área de controle, a *Tabebuia roseoalba* apresentou maior índice de correlação para o dossel  $\rho^{\wedge}=0,8157$ , o que mostra forte correlação. Para a antese, a espécie *Clitoria fairchildiana*, apresentou índice moderado de 0,5601.

Com exceção da *Licania tomentosa*, as espécies apresentaram altos valores de correlação, sendo que a *Bauhinia forficata* obteve um índice  $\rho^{\wedge} = -0,9137$ , o que é uma correlação linear direta muito forte (CALLEGARI-JACQUES, 2003). A espécie *Licania tomentosa* apenas apresentou correlação com a caducifolia, sendo análoga em um índice de  $-0,8907$ .

No gráfico 12 é possível visualizar a dispersão dos índices obtidos. Ao analisar o gráfico, verifica-se que as espécies responderam de forma contrária aos indivíduos localizados nas praças urbanas centrais. Tal fato pode evidenciar a diferença de disponibilidade hídrica presente na atmosfera que compõe o microclima das duas regiões analisadas.

**Gráfico 12** - Correlação Pearson ( $\rho^{\wedge}$ ) para Fenofases X Umidade Relativa para área de controle.



Fonte: Maranholi, 2017.

Diferentemente da área experimental, os indivíduos localizados no Horto Florestal e no Parque Zé Boloflô, obtiveram índices menos representativos e em geral análogos aos fatores climáticos de análise.

#### 4.4- Resultados da análise dos eventos fenológicos

Os indivíduos da população inserida na ilha de calor apresentaram maior intensidade na ocorrência das fenofases, comparado-os aos da população da área de controle. Roetzer

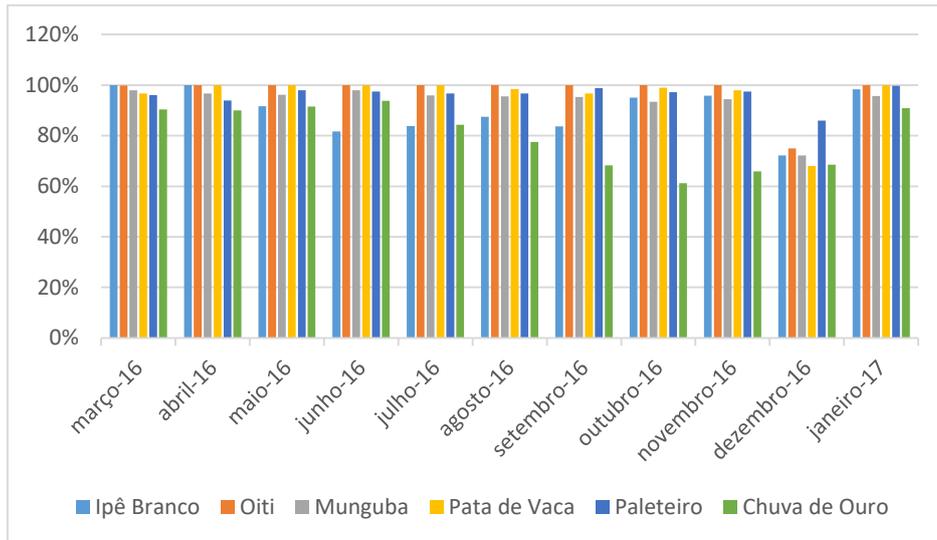
et al. (2000) quantificou os impactos adicionais do aquecimento urbano às recentes mudanças climáticas pela comparação fenológica entre áreas urbana e rural (com maior e menor médias térmicas, respectivamente) no período de 1951-1995. A partir destas análises, concluiu-se que em áreas de maiores temperaturas verifica-se uma tendência em antecipar os eventos fenológicos em relação às regiões com temperaturas mais amenas. White et al. (2002), utilizando imagens de satélite também verificaram que áreas mais quentes têm apresentado um adiantamento do desencadeamento de eventos reprodutivos, em relação às áreas mais frias.

A maior intensidade na ocorrência dos eventos fenológicos em populações urbanas, pode estar relacionada às ilhas de calor urbano. Estudos em regiões temperadas evidenciam uma nítida relação entre ilhas de calor e fenologia, sendo que o aumento da temperatura aparece como a principal variável climática a influenciar no desencadeamento das fenofases (ROETZER et al., 2000; MIMET et al., 2009). Todavia, estudos como estes são poucos em regiões tropicais (OLIVEIRA et. al, 2015).

#### **4.4.1- Dossel**

A copa dos indivíduos das populações da ilha de calor e da área de controle, apresentaram maior ocupação foliar nos três primeiros meses de observação, tanto para o índice de intensidade, quanto para o de atividade. Houve regularidade de cobertura de copa para as espécies perenifólias, para as espécies caducifólias, houve maior diferença observada entre os indivíduos sob stress urbano e os indivíduos da região periférica de Cuiabá, com menos estresse causado pela cidade.

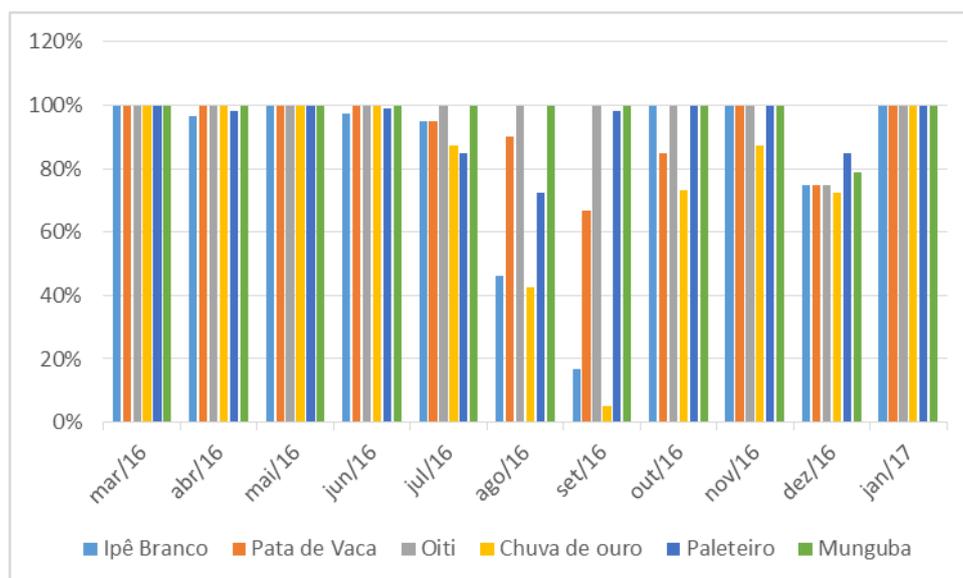
**Gráfico 13** – Dossel para as espécies contidas na área experimental.



Fonte: Maranholi, 2017.

A espécie *Tabebuia roseoalba*, caracterizada por perder completamente suas folhas no inverno, apresentou grande amplitude de valores entre a área de controle e a área experimental. Na análise estatística, foi possível observar maior correlação desta espécie com a temperatura e a umidade relativa dentro da área de controle, onde o ambiente apresentou menores valores de temperaturas médias e maior umidade relativa. Enquanto as espécies observadas dentro da ilha de calor mantiveram uma média de cobertura de copa de 70% (na área de controle, o indivíduo manteve seu comportamento normal com a perda de suas folhas).

**Gráfico 14** – Dossel para as espécies contidas na área de controle



Fonte: Maranholi, 2017.

Dentro da área de controle, as espécies *Cassia fistula* e *Tabebuia roseoalba*, apresentaram maior amplitude na composição do dossel em agosto e setembro. No caso da espécie *Tabebuia roseoalba*, verificou-se maior correlação de cobertura de copa com a temperatura (-0,5977) e a umidade relativa (0,8157). A espécie *Clitoria fairchildiana*, apresentou menores índices nos meses de julho e agosto, período em que a cidade experimentou baixos índices pluviométricos.

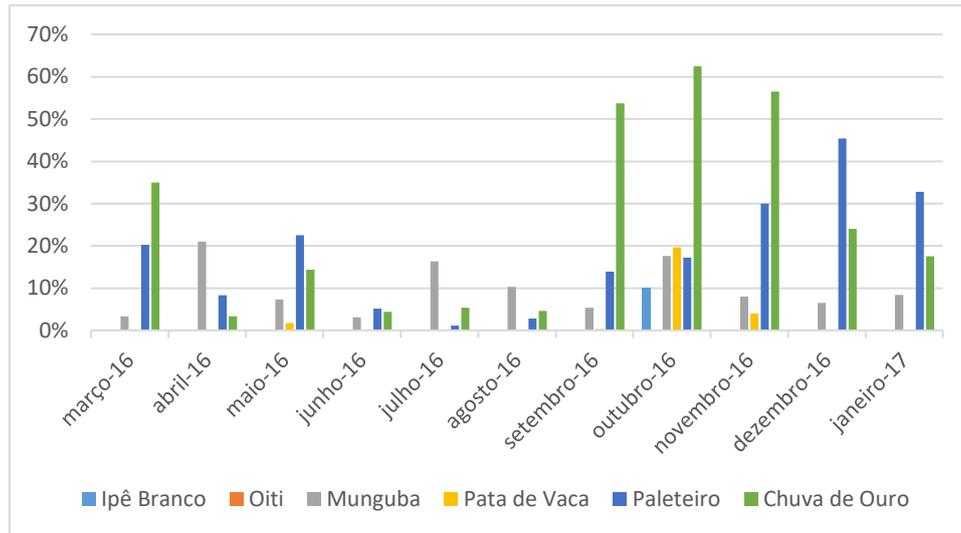
Em geral, o período de maior intensidade/atividade da emissão de folhas coincide com menores picos de queda foliar, o que pode representar um processo de reposição das partes vegetativas após um período de menor disponibilidade de água e de consequente queda de folhas (SOARES et. al., 2015. p. 254).

#### **4.4.2- Antese**

O período com maior presença de botões florais e flores abertas foi o segundo semestre de 2016, com pico nos meses de setembro a novembro para a área experimental (gráfico 15), e foram mais esparsas na área de controle (gráfico 16), onde algumas espécies tiveram picos significativos nos meses de março, agosto e novembro. Nas espécies *Cassia fistula*, *Pachira aquatica* e *Clitoria fairchildiana* contidas na ilha de calor, a floração foi observada ao longo de todo o período de análise.

A espécie *Tabebuia roseoalba*, apresentou a presença de flores na área de controle apenas no fim do período de floração da espécie pois, de acordo com Lorenzi (2002), a espécie floresce durante os meses de agosto-outubro com a planta totalmente despida da folhagem. Em contrapartida, a espécie *Bauhinia forficata*, manteve seu ciclo normal de floração que se inicia em outubro (LORENZI, 2002, op cit.).

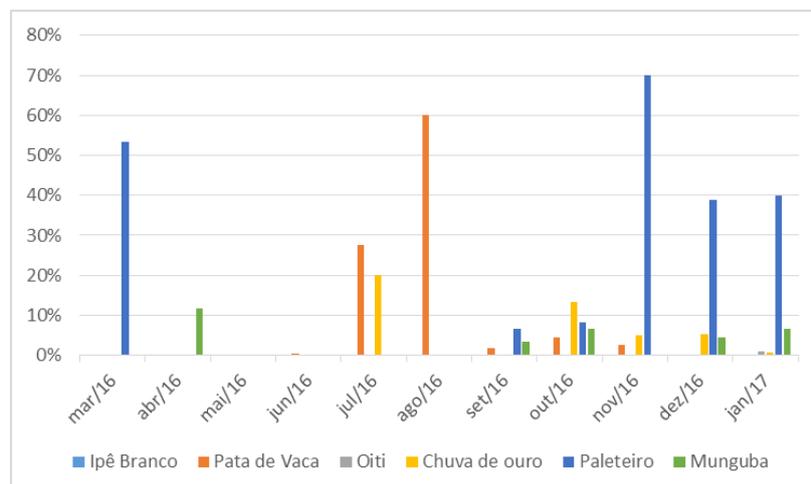
**Gráfico 15** – Antese para as espécies contidas na área experimental.



Fonte: Maranholi, 2017.

Apesar de a fenofase floração ter apresentado picos de intensidade em variados momentos em todas as áreas de observação, a magnitude foi maior para os indivíduos da população do centro de Cuiabá, tanto para os índices de atividade quanto para os de intensidade, o que corresponde com as colocações de Visotto (2015) sobre a relação entre intensidade na ocorrência dos eventos fenológicos em espécies de vegetação urbana e ilhas de calor urbano.

**Gráfico 16** – Antese para as espécies contidas na área de controle.



Fonte: Maranholi, 2017.

Constataram-se algumas alterações sensíveis no ciclo de floração de algumas espécies como a *Clitoria fairchildiana*, que floresce durante o verão, prolongando-se até abril-maio em certas regiões e *Bauhinia forficata*, que floresce a partir de outubro prolongando-se até janeiro (LORENZI, 2002). Como é possível observar no gráfico 15, a

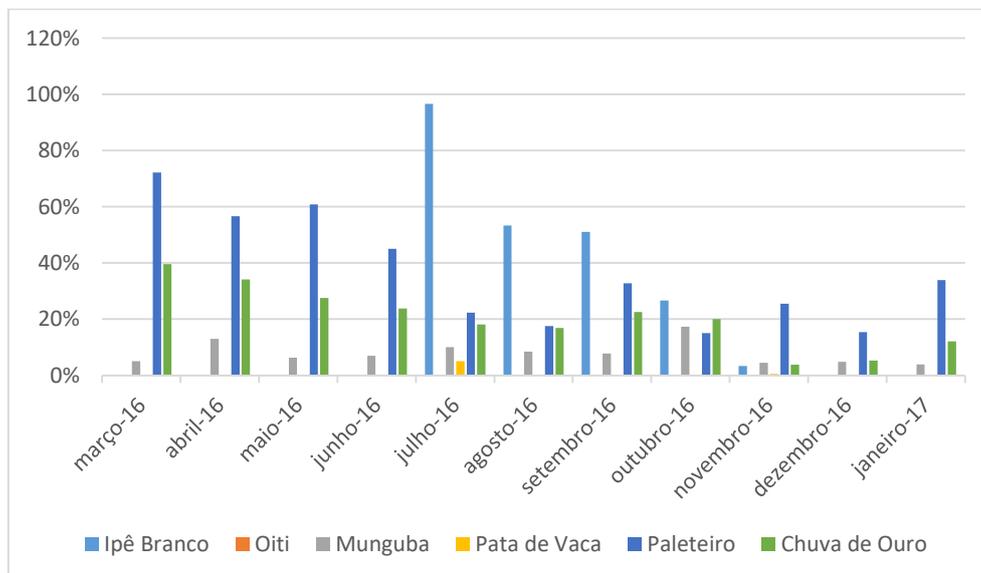
*Clitoria fairchildiana* floresceu durante todo o período de observação, tendo seu pico na primavera-verão. O mesmo pode ser observado com esta espécie no parque Zé Boloflô (gráfico 16), onde o evento foi observado em março e posteriormente observado novo início em setembro prolongando-se até dezembro, tendo seu pico em novembro.

#### 4.4.3- Brotamento

A fenofase de brotamento foliar foi mais intensa no outono-inverno, com pico nos meses de julho a setembro para a área experimental. Desde o início das observações (março de 2016), foi observado a ocorrência desta fenofases nas espécies *Cassia fistula*, *Pachira aquatica* e *Clitoria fairchildiana* da ilha de calor e nas espécies *Cassia fistula* e *Clitoria fairchildiana* na área de controle. Em contrapartida, a espécie *Licania tomentosa* não apresentou ocorrência desta fenofases em nenhum período de observação e em nenhum local investigado.

Araújo (1970) salienta que a frutificação acontece, em grande parte, na dependência da distribuição das chuvas ao longo do ano, ainda que o efeito da regularidade ou severidade da estiagem ou da estação chuvosa sobre as plantas permaneça desconhecido (NEWSTROM et al., 1994).

**Gráfico 17** – Brotamento para as espécies contidas na área experimental.

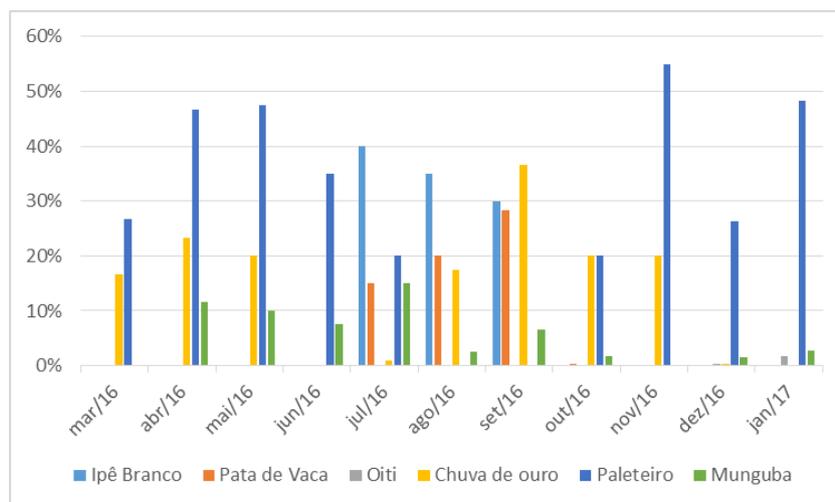


Fonte: Maranholi, 2017.

De uma forma geral, todas as espécies do Horto Florestal e do Parque Zé Boloflô, foram mais representativas do que as que se encontravam na área central da cidade; no

entanto, as espécies *Cassia fistula* e *Clitoria fairchildiana* foram as que apresentaram os maiores índices de intensidade tanto para a ocorrência do evento, quanto para sua intensidade apresentando brotamento ao longo de todo o ano, coincidindo com Soares et al., 2015. As primeiras chuvas, após período de seca, desempenham um papel de fator desencadeador do brotamento, sendo um estímulo para o crescimento vegetativo (MORELLATO et al., 1989; MORELLATO, et. al., 1990), o que as coloca em pioneirismo frente as outras espécies.

**Gráfico 18** – Brotamento para as espécies contidas na área de controle.



Fonte: Maranholi, 2017.

Com exceção de agosto e setembro para a espécie *Clitoria fairchildiana*, e julho e dezembro para a espécie *Cassia Fistula*, também apresentaram brotamento ao longo de todo o período de observação. A espécie *Licania Tomentosa*, apenas apresentou baixo índice de brotamento a partir de janeiro. A espécie *Bauhinia forficata*, apresentou brotos de julho a setembro, compreendendo o período de estiagem.

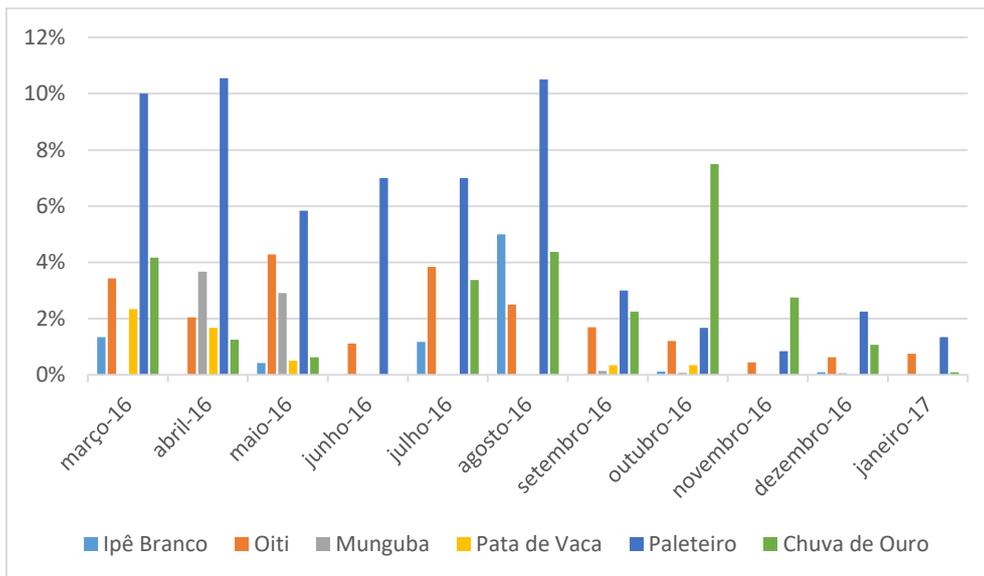
#### 4.4.4- Queda foliar

As folhas caídas dos indivíduos arbóreos amostrados no centro da cidade de Cuiabá são varridas diariamente por garis; sendo assim, foi necessário realizar as observações antes das 8:00 horas que é o horário de início das atividades desta categoria.

A fenofase queda foliar foi maior entre os indivíduos durante o outono e inverno, com pico no mês de maio. Em todas as áreas de observação, o evento foi verificado desde março, com o aumento de temperatura e diminuição da precipitação e prolongou-se até agosto, onde a partir de setembro houve diminuição da intensidade de ocorrência, com

exceção da espécie *Cassia fistula*, que teve seu pico de ocorrência na área experimental em outubro (gráfico 19). Para Elliot et al. (2006), a queda foliar ocorre como consequência do aumento da deficiência hídrica e pelo próprio envelhecimento das folhas, fato que pôde ser observado.

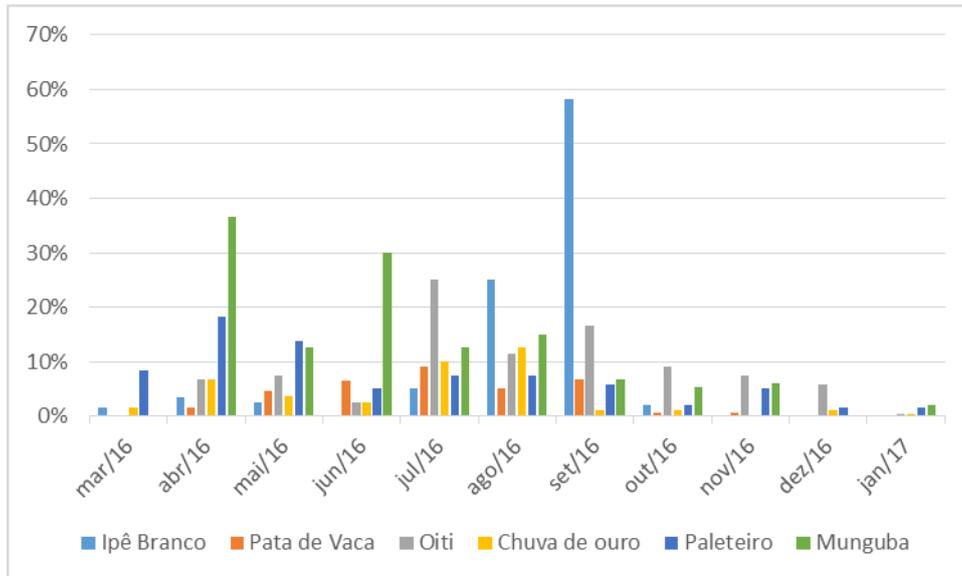
**Gráfico 19** – Queda foliar para as espécies na área experimental.



Fonte: Maranholi, 2017.

A espécie *Pachira aquatica* apresentou maior intensidade de queda foliar, na área de controle, a partir do mês de abril – mês em que também teve o maior registro e foi o período em que houve grande diminuição de chuvas na cidade – prolongando-se até o mês de novembro (Gráfico 20); todavia, a espécie não apresentou forte correlação de caducifolia para as variáveis climáticas aplicadas.

**Gráfico 20** – Queda foliar para as espécies na área de controle.



Fonte: Maranholi, 2017.

O período de maior queda foliar foi o da estiagem, época com elevadas temperaturas. As plantas durante as fenofases apresentam variações que manifestam diferentes estratégias adaptativas aos fatores condicionantes do meio ambiente como, por exemplo, o estresse hídrico, o que dessa forma parece influenciar a queda de folhas das espécies arbóreas (FRANCO et al., 2005).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Cuiabá, como área de estudo, retrata a imagem de grande parte das cidades brasileiras que se desenvolvem sem uma efetiva preocupação com os sistemas naturais que lhes servem de sustentação. Assim, os resultados deste trabalho podem auxiliar à gestão municipal na geração de projetos de melhoria paisagística que atendam, simultaneamente, as mudanças climáticas locais derivadas da urbanização e a resposta que as plantas apresentam.

Sendo assim, a partir da análise da caracterização de eventos fenológicos de espécies arbóreas é possível concluir que a sazonalidade dos elementos climáticos (precipitação, temperatura e umidade relativa) exerce importante influência sobre o comportamento fenológico, vegetativo e reprodutivo dos indivíduos arbóreos estudados, e componentes da arborização urbana de Cuiabá.

Os métodos utilizados se mostraram úteis ao indicar a intensidade e ocorrência dos eventos nos períodos observados e nas diferentes áreas escolhidas. Neste sentido, os resultados obtidos indicaram que os eventos fenológicos se alteram entre as espécies e que algumas das ocorrências frequentemente observadas estavam relacionadas ao clima da região.

A queda de folhas entre os indivíduos prevaleceu em sua grande maioria no outono, estendendo-se até o inverno, período em que ocorre a estiagem e a queda de temperatura, e o brotamento foliar foi mais intenso na primavera, período em que ocorreu o aumento da temperatura e início das chuvas. É importante que se façam as devidas ressalvas quanto a intensidade de ocorrência em indivíduos que se localizavam na ilha de calor e indivíduos que se localizavam na área de controle.

A antese (floração com botão floral e flor aberta) apresentou maior índice de intensidade no último quadrimestre do ano. Apesar de a frutificação ter ocorrido ao longo de todo o ano para algumas espécies (apenas a *Licania tomentosa* apresentou baixo índice de atividade), o inverno e a primavera foram as estações com o maior número de indivíduos com frutos, o que é muito importante para atividade de colheita de sementes e produção de novas mudas para serem plantadas em locais ainda sem arborização.

Os dados dos eventos fenológicos mostraram que os indivíduos localizados na ilha de calor apresentam uma maior intensidade das fenofases avaliadas, comparados aos

indivíduos amostrados em área de controle. Contudo, é importante a realização das avaliações das fenofases por um período maior, para verificar suas variações em uma escala temporal e fora do período de influência do El Niño. Dessa forma ter-se-á um quadro dos eventos fenológicos em ambientes distintos e mais dados que confirmem a relação entre as alterações na intensidade das atividades e as mudanças climáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2010.
- AB'SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1970.
- AGUIAR, R. A. R. de. Direito do meio ambiente e a participação popular. Brasília: IBAMA, 1994.
- ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. Recursos Forrageiros nativos do Pantanal mato-grossense. (EMBRAPA-CENARGEN. Documentos, 8). Brasília, 1987.
- ALMEIDA, E. M.; ALVES, M. A. S. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, 14 (3): 335-346, 2000.
- AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, n. 1. 2005. p. 121-130.
- ANJOS, M. W. B. dos; GOIS, D. V. CRUZ, R. da; LIMA, L. P. Climatologia Urbana E Espaços Verdes: Contributo Ao Planejamento Das Cidades. *Revista Geonorte, Edição Especial 2*, V.2, N.5, P. 233 – 245, 2012.
- AQUINO, F. G.; MIRANDA, G. H. B. Consequências Ambientais da Fragmentação de Habitats no Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: EMBRAPA Informação tecnológica, p. 383-398. 2008.
- ARAUJO, B. C. D; CARAM, R. Análise ambiental: estudo bioclimático urbano em centro histórico. *Ambiente & Sociedade – v. 9, n.1. 2006.*
- ARAÚJO, E.C.E.; RIBEIRO, A.M.B. Avaliação fenológica do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) no município de Teresina-PI. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, óleos, Gorduras e Biodiesel, 5, 2088, Lavras-MG. Anais... Lavras-MG, UFLA, 2008. (CD ROOM).
- ARAÚJO, V. C. Fenologia de essências florestais amazônicas I. *Boletim do INPA*, Manaus, v. 4, p. 1-25, 1970.
- AYOADE, J.O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. 16ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 350p.
- BARBOSA, E. T.; AMO, V. A.; LABAKI, L. C. A influência da vegetação e das variáveis climáticas no nível de conforto dos usuários da praça do centro de convivência em Campinas, SP. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Meio Ambiente Construído. Canela, RS, 2010.
- BARBOSA, R.V.R; BARBIRATO, G; & VECCHIA, F.A.S. Vegetação urbana: análise experimental em cidade de clima quente e úmido. In: VII Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído E Iii Conferência Latino-Americana Sobre Conforto E Desempenho Energético De Edificações, Curitiba. Anais. Puc – Antac, 2003.
- BARGOS, D. C. Mapeamento e Análise das Áreas Verdes Urbanas como Indicador da Qualidade ambiental Urbana: estudo de caso de Paulina/SP. Tese (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas/SP, 2010. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/geogeoget/acervo/teses/Mapeamento%20e%20Análise%20Danubia.pdf>. Acesso em: 11 de abril de 2015.
- BARRY, R.G.; CHORLEY, R.J. Atmosfera, Tempo e Clima. 9ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013. 512p.
- BATALHA, M. A.; MANTOVANI, W. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pe-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brasil): a

- comparison between the herbaceous and wood floras.. *Revista Brasileira de Biologia* v. 60:129-145, fev. 2000.
- BAUER, D.; GOEZ, M. N. B.; MULLER, A.; SCHMITT, J. L. Fenologia de três espécies de *Myrsine l.* em floresta secundária semidecídua no Sul do Brasil. *Revista Árvore*, v. 36, n. 5, p. 859-868, 2012.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 25, n. 2, Junho 2002. p. 237-248.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002.
- BERINGUIER, Ch. Manieres paysageres. Premiere Parte. Une methode d,etude. GEODOC, Document de Recherche 1., UFR Geographie et Amenagement. Universite de Toulouse. N. 35, pp. 2. 1991.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul, aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110p.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço Metodológico. Traduzido por Olga Cruz. Tradução de: *Paysage et geographie physique globale. Esquisse methodologique.* São Paulo, n 13, 1972.
- BEZERRA, M. do C. Sustentabilidade ou a arte de se associar. In: *Anais do 5º. International Symposium on Evironmental Geotechnology and Global Sustainable Development.* Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2000.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF, 2005. 175 p.
- BIRD (Banco Mundial). Agenda Ambiental Marrom e o Setor de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário no Brasil. Os problemas do atendimento às populações pobres e do controle da poluição hídrica. Minuta para discussão. São Paulo: BIRD, 2002.
- BIROT, P. Cours de Biogéographie. Les Cours de Sobornne. CPU. 171p. Paris, 1963.
- BOENI, B. O.; SILVEIRA, D. Diagnóstico da arborização urbana em bairro do município de Porto Alegre – RS, BRASIL. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 6, n.3, p. 189-206, 2011.
- SAMPAIO, M. M. A. Transformações microclimáticas e legislação: O caso de Cuiabá-MT. Tese (Doutorado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Universidade Federal de
- BOER, G. J.; FLATO, G.; RAMSDEN, D. A transient climate change simulation with greenhouse gas and aerosol forcing: projected climate for the 21st century. *Clim. Dyn.* 16, 427-450. 2000.
- BORCHERT, R. Phenology and flowering periodicity of Neotropical dry forest species: evidence from herbarium collections. *Journal of Tropical Ecology* 12(1): 65-80, 1996.
- BORSATO, V. da A. A dinâmica atmosférica no centro-sul do brasil no verão e as influências do el niño oscilação sul (enos). *Revista do Departamento de Geografia – USP*, V. 22, p. 135-157. 2011.
- BRASIL, I. B. G. E. Censo demográfico, 2010. Acesso: Jun. 2017.
- BRASIL. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação/MCTI. Previsão Climática Sazonal. Grupo de Trabalho em Previsão Climática Sazonal– GTPCS/MCTI Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/climasazonal/relatorio-previsao-climatica-sazonal-do-mcti-19012016.php> Acesso em 02 de abril de 2017.

- BRASIL. Programa de Integração Nacional. Levantamentos de Recursos Naturais. v.18 (Manaus) - Radam (projeto) DNPM, Ministério das Minas e Energia. Brasil, 1978. 626p.
- BRITTO, F. G. A. de. Desmatamento, agricultura moderna e políticas públicas em Mato Grosso: novos paradigmas, antigas limitações. In: BERNARDES, J. A.; ARRUIZZO, R. C. (Orgs.). Novas fronteiras da técnica do Vale do Araguaia. Rio de Janeiro: Arquimedes Edições, 2009. p. 87- 122.
- BRUN, F G K.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; FREITAS, A. S. e SCHUMACHER, M. V. Comportamento fenológico e efeito da poda em algumas espécies empregadas na arborização do bairro Camobi – Santa Maria, RS. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. v. 2, n. 1, 2007.
- CALLEGARI-JACQUES, S. Bioestatística: princípios e aplicações. Artmed Editora S.A., Porto Alegre, Brasil. 2003.
- CÂMARA MUNICIPAL DE CUIABÁ. Lei Complementar nº 389 de 03 de novembro de 2015 (Disciplina o uso e ocupação do solo no município de Cuiabá). Disponível em: <http://www.cuiaba.mt.gov.br/storage/webdisco/2016/02/01/outros/f3295fc5f1c3855e05e4d87a29b26578.pdf> Acesso em: 10-07-2016.
- Camargo, A.P.; Camargo, M.B.P. Uma Revisão Analítica da Evapotranspiração Potencial. *Bragantina*, Campinas, v.59, p.125-137, 2000.
- CAMPELO, JR. J. H.; CASEIRO, F. T.; FILHO, N. P.; BELLO, G. A. C.; MAITELLI, G. T.; ZANPARONI, C. A. G. P. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In. 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente. Londrina, 1991. Anais. Londrina, v. 1, Comunicações, p. 542-552.
- CAPEL MOLINA, J. J., 1999. “El Niño” y el sistema climático terrestre. Barcelona España, editora Ariel, 1999, 154 p.
- CARTER, T.; HULME, M. Interim Characterizations of Regional Climate and Related Changes up to 2100 Associates with the Provisional SRES Marker Emissions Scenarios. IPCC Secretariat, c/o WMO, Geneva, Switzerland. 2000.
- CARVALHO, M. E. C. As áreas verdes de Piracicaba. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1982.
- CASTRO JÚNIOR, E. de C.; COUTINHO, B. H.; FREITAS, L. E. de. In: GUERRA, A. J. T.; COELHO, M. C. N. (Orgs.). Unidades de Conservação: abordagens e características geográficas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- CASTRO-JÚNIOR, P. R.; SALOMÃO, F. X. T. e BORDEST, S. M. L. Mapeamento geomorfológico da região de Cuiabá. Anais do VI Simposio Nacional de Geomorfologia. Goiania, 6 a 10 de setembro de 2006. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/436.pdf>.
- CIDADE, L. C. A questão ambiental urbana: perspectivas de análise. In “Anais do Encontro nacional da associação nacional de pós-graduação e pesquisa em planejamento urbano e regional. 1995. -CLAVAL, Paul. História da Geografia. Lisboa; Edições 70, 2007.
- CIIFEN - Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño. El Niño/La Niña en América Latina - Abril 2017. Disponível em: <http://www.ciifen.org/> Acesso em: 04 de abril de 2017
- CIMA - Comissão Interministerial para a Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O desafio do desenvolvimento sustentável. Brasília: Secretaria de imprensa, 1991.

- COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/LANDSAT-8: metodologia e aplicações. In: Revista Geografia Acadêmica. v.7. n.1. p. 31-45. 2013.
- COELHO, P. A.. Novas ocorrências de crustáceos decápodos em Pernambuco e estados vizinhos. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 9/11, p. 239-248, 1969.
- CORBELLA, O.; YANNAS, S. Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos: conforto ambiental. 2. ed. Revan: Rio de Janeiro, 2003. 308p.
- COSTA, C. B. N., COSTA, J. A. S. & RAMAHO, M. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 29:103-114, 2006.
- COY, Martin. Transformação Sócio-ambiental do Espaço Urbano e Planejamento em Cuiabá/MT. Cadernos do NERU (Núcleos de Estudos Rurais e Urbanos) – ICHS–UFMT. Cuiabá: EdUFMT, n. 03, p. 131-173, 1994.
- CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. Perfil socioeconômico de Cuiabá. Vol.II - Cuiabá: IPDU/AS&M/Central de Texto, 2004. 405 p.
- CUNHA, G. R. da. EL NIÑO – Oscilação Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no Sul do Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria, v. 7, n. 2. p. 277-284. 1999.
- DACANAL, C.; LABAKI, L. C.; SILVA, T. M. L. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115 - 132, abr./jun. 2010.
- DANSEREAU, P. Introdução à Biogeografia. Revista brasileira de geografia, XI(1): p. 1-85, 1949.
- DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; DA SILVA, C. R. SHINZATO, E. “Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica”. TERRÆ DIDÁTICA 11-1, 2015. ISSN 1980-4407.
- DAVID F. BAUER (1972), Constructing confidence sets using rank statistics. Journal of the American Statistical Association 67, 687–690.
- DAVIS, D. E. The annual cycle of plants, mosquitoes, birds and mammals in two Brazilian forests. Ecological Monographs 15:245-295. 1945.
- DE ARAÚJO, B.C.D.; CARAM, R. Análise ambiental: estudo bioclimático urbano em centro histórico. Comunicação de Resultados de Pesquisa. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v9n1/a08v9n1.pdf>. Acesso em: 21 de janeiro de 2017.
- DE FINA, A. L. e RAVELO, A. C. Fenologia. In: De Fina, A.L. e Ravelo, A.C. Climatologia y Fenologia Agrícolas, Buenos Aires, EUDEBA, p.201-209, 1973.
- DE LIMA, Nathan R.; PINHEIRO, Gabriela M.; MENDONÇA, Francisco. “Clima urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro”. Revista GEONORTE, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.626 – 638, 2012.
- DIMOUDI, A. NIKOLOPOULOU, M.; Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. Energy and Buildings, Inglaterra, v. 35, n. 1, p. 69 - 76, 2003.
- DRAENERT, Frederico M. O clima do Brasil. Rio de Janeiro: Typographia Carlos Schmidt, 1896. 63 p.
- DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7-20, abr./jun. 2003.

- EIGENHEER, M. A. A. Influência de variáveis meteorológicas sobre a fenologia de espécies arbóreas em áreas urbanas. Rio Claro, 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2013.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, Bronx, v. 38, p. 201-341, 1972.
- ELHAI, H. Biogéographie. Armand Colin Colin, Col. U. Paris, 1968.
- ELLIOTT, S.; BAKER, P. J.; BORCHERT, R. Leaf flushing during the dryseason: the paradox of Asian monsoon forests. *Global Ecology. Biogeography*, Hoboken, n. 15, n. 3, p. 248–257, May 2006.
- FELSEMBURGH, C. A.; PELEJA, V. L.; CARMO, J. B. do. Fenologia de *Aniba parviflora* (Meins.) Mez. em uma região do estado do Pará, Brasil. *Biota Amazônia* v. 6, n. 3. Macapá-AP. 2016. p. 31-39.
- FERRAZ, D. K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L. M. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 59, n. 2, p. 305-317, 1999.
- FERRAZ, J. S. Meteorologia brasileira. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1934. (Série Brasileira, vol. 33, 588 p.).
- Ferreira, A. R. Geomorfologia, geodiversidade e análise da fragilidade ambiental das paisagens do Parque Estadual Serra Ricardo Franco, MT-Brasil. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo/USP, São Paulo, 2014, 318p.
- Ferreira, L. G. B.; CARAMORI, P. H. ; MORAIS, H.; NITSCHKE, P. R. COSTA, Â. B. F. da. O Fenômeno El Niño de 2015/2016 e seus impactos nas chuvas do Paraná. Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/agrometeorologia/2017-01-09-boletim-enos.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/agrometeorologia/2017-01-09-boletim-enos.pdf) Acesso em 23 de janeiro de 2017
- Ferreira, M. C.; CONSOLARO, H. Fenologia e síndromes de polinização e dispersão de espécies de sub-bosque em um remanescente florestal urbano no Brasil Central. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1708-1720, Nov. 2013.
- Ferreira, Z. de M. Áreas verdes urbanas de Cuiabá/MT : uma análise da distribuição espacial e das principais funções. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2010. 117 f.
- FILHO, D. F. da S. Cadastramento informatizado, sistematização e análise da arborização das vias públicas da área urbana do município de Jaboticabal, SP. 2002. 81 P. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- Fisch, G. Marengo, A. J. Nobre, C. A. Clima da Amazonia. Disponível em: <http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/12.15.15.11/doc/fish.html>. Acesso em 11 de agosto de 2016.
- FOURNIER, L. A. Observaciones fenológicas en el bosque humedo premontano de San Pedro de Montes Oca, Costa Rica. *Turrialba* 26:54-59, 1976.
- FOURNIER, L.A. & CHARPANTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba* 25:45-48, 1975.
- FRANCO, A. C.; BUSTAMANTE, M.; CALDAS, L. S.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; KOZOVITS, A. R.; RUNDEL, P.; CORADIN, V. R. T. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees*, v. 19, n. 3, p. 326-335, 2005.
- FREIRE, Júlio De Lamônica. Por Uma Poética Popular da Arquitetura. Cuiabá: EDUFMT, 1997.

- FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. Manual de Conforto Térmico. 7ª ed. – São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- FURLAN, S. A.; SOUZA R. M. e; LIMA E. R. V. de; SOUZA B. I. de. Biogeografia: reflexões sobre temas e conceitos. Revista da ANPEGE, v. 12, n. 18, p. 97-115, 2016.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. Journal of Biogeography, Oxford, v. 5, p. 97- 108, 1988.
- GALOPIM de CARVALHO, A. M. Natureza: Biodiversidade e Geodiversidade. 2007. Disponível em: <<http://terraquegira.blogspot.com/2007/05natureza-biodiversidade-e.html>>. Acessado em 24 de fevereiro de 2016.
- GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GEIGER, R. Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 4 ed.1961.
- GEIGER, R.; ARON, R. H.; TODHUNTER, P. The Climate near the Ground.. London: Rowman & Littlefield; 6th ed., 584 p., 2003.
- GLANTZ, M. H. Introducion. IN: GLANTZ, M. H.; RICHARD, W. K.; NICHOLLS, N. Telleconnection linking worwide climate anomalies. New York: Cambridge University. 2001, p.43-72.
- HASTENRATH, S., GREISCHAR, L.: Further work of Northeast Brazil rainfall anomalies, Journal of Climate., 6, 743-758. 1993.
- GOIS, D. V.; BARBOSA, E.; SOUZA, H. T. R.; REIS, V. S.; SOUZA, R..M. Uso de Espécie Fitoindicadora como Subsídio ao Monitoramento de Mudanças Ambientais em Áreas Urbanas. Revista Brasileira de Geografia Física 04 (2012) 725-740.
- GOLDSMITH, W. W. Urban environmental problems of developing countries – the beginning of the new century. Paper apresentado no Simpósio sobre Urbanização acelerada e Degradação Ambiental. Brasília, 11 a 13de novembro de 1992.
- GOMES, P. S. Clima e Planejamento Ambiental Urbano: Estudo Preliminar para Montes Claros-MG. Paisagem Ambiente: ensaios - n. 23 - São Paulo - p. 42 - 49 – 2007.
- GÓMEZ, F., TAMARIT, N. & JABALOYES, J. Green zones, bioclimatic studies and human comfort in the future development of urban planning. Landscape and Urban Planning, no 55, p. 151-161, 2001.
- GONÇALVES, C.W. Formação sócio-espacial e questão ambiental no Brasil. In: Christofolletti, A. et al. (Org.). Geografia e Meio Ambiente no Brasil. São Paulo: Hucitec, 1995.
- GONZALEZ, A. Z. D. Análisis y diagnóstico geoecológico de los paisajes em la província de Sancti Spíritus, Cuba. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Geografia. Universidade da Havana, Cuba. 2003.
- GRIMM, A. M.; GOMES, J. Análise de sensibilidade de método para identificação de anomalias de precipitação relacionadas ao fenômeno El Niño/Oscilação Sul. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia (9.: 1996: Campos do Jordão), São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 1. p. 742-744, 1996.
- GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. An evaporation-interception model for urban areas. Water Resources Research, 27, 1739-1755., 1991.
- GUARIM, G. N. Diagnóstico Florístico e Faunístico da cidade de Cuiabá, Relatório de Pesquisa. Convênio Universidade Federal de Mato Grosso/Prefeitura Municipal de Cuiabá, 1990.
- GUERRA, A. J.; CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

- GUIMARÃES, D. P. e REIS, R. J. dos. O fenômeno ENOS e a temperatura no Brasil. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71671/1/Fenomeno-ENOS.pdf> Acesso em 23 de janeiro de 2017.
- GUIMARÃES, Fábio de Macedo Soares. Clima do Brasil. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, vol. 3, n. 27, p. 417-433, 1945.
- GUZZO, P. Áreas Verdes Urbanas. 2000. Artigo Científico. Programa Pró – Ciência – disponível em: <http://educar.sc.usp.br>. Acesso em: 12 de junho de 2016.
- HIPEL, K.W. AND MCLEOD, A.I., (2005). Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems. Electronic reprint of our book originally published in 1994. <http://www.stats.uwo.ca/faculty/aim/1994Book/>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 de novembro de 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/biomas.html>. Acesso em: 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2011. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 março 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (MAPA). Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> Acesso: Out. 2016.
- IPCC. Climate change 2007: the physical Science basis. Cambridge, New York; Cambridge University Press, 2007.
- IPDU – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. 2002. Estimativa da população e domicílios em área da Bacia do Córrego do Barbado, com base nos dados preliminares do Censo demográfico de Cuiabá / IBGE – Ano 2000. Prefeitura Municipal de Cuiabá.
- JACOBS, J. Morte e vida de grandes cidades. Martins Fontes, São Paulo; 1ª edição, 2000.
- JANEIRO, A. R. Análise do teor de compostos fenólicos e de ligninas em diferentes órgãos vegetativos de espécies arbóreas nativas de diferentes grupos sucessionais. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 54 p.
- JARDINEIRO. Artigos. Disponível em [http://www.jardineiro.net/plantas\\_2015](http://www.jardineiro.net/plantas_2015) Acesso: Jun 2017.
- JÚNIOR, N. L. de A. Estudo climático urbano: uma proposta metodológica. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente). Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2005.
- KADE, G. Teoria econômica da poluição e a aplicação do método interdisciplinar à regulação do ambiente. In Kade, Gerhard et alii. O homem e seu ambiente. Rio de Janeiro: FGV, 1975.
- KÖNIG, F. G.; KLEINPAUL, I. S.; FREITAG, A. S.; CECONI, D. E.; CORREA, R. S.; MACHADO, A. A.; KLEINPAUL, J. J.; HECK, D. F.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J. Ocorrência de danos mecânicos nos indivíduos componentes da arborização da Vila Santos Dumont, Santa Maria - RS. In: III SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E III MOSTRA CIENTÍFICA. Anais... Uruguaiana, RS, 2003. 2 p.
- KÖRNER, C.; BASLER, D. Phenology under global warming. Science, 2010. v. 327,
- KOTTEK, M., J. GRIESER, C. BECK, B. RUDOLF, F. RUBEL. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated, Meteorologische Zeitschrift. Germany, 2006, pp. 259-263.
- LARCHER, W. Ecofisiología vegetal. São Carlos: Rima. 2004.

- LEFF, E. Interdisciplinaridade, ambiente e desenvolvimento sustentável. In: Epistemologia ambiental. São Paulo: Cortez Editora. 2001.
- LIBISELLER, C. AND GRIMVALL, A., (2002). Performance of partial Mann-Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. *Environmetrics* 13, 71-84, <http://dx.doi.org/10.1002/env.507>.
- LIEBERMAN, D. Seasonality and Phenology in a Dry Tropical Forest in Ghana. *The Journal of Ecology*, 70: 791-806. 1982.
- LIETH, H. Phenology and seasonality modeling. New York: Springer-Verlag. 444p, 1974.
- LIMA, L. C.; ZANELLA, M. E. A Climatologia aplicada ao planejamento urbano e ambiental de Aquiraz/CE-BR. *Revista Geográfica de América Central. Número Especial EGAL. II Semestre 2011.* pp. 1-13. Costa Rica. 2011.
- LIRA, S. A. Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. (Dissertação de mestrado). UFPR, Curitiba, 2004, 196p.
- LOBODA, Carlos R. e DE ANGELIS, Bruno Luiz D. "Áreas Verdes Públicas Urbanas: Conceitos, Usos e Funções". *Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais* V. 1 No 1 Jan/Jun. 2005. Disponível em: [revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/download/157/185](http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/download/157/185). Acesso em 20 de janeiro de 2017.
- LOCATELLI, E.M.; MACHADO, I. C. Fenologia de espécies arbóreas de uma Mata Serrana (Brejo dos Cavalos) em Pernambuco, Nordeste do Brasil. In *Brejos de Altitude: Historia Natural, Ecologia e Conservação* (K.C. Porto, J.J. Cabral & M.Tabarelli, orgs.). MMA/PROBIO, Brasília, p.255-276, 2004.
- LOMBARDO, M. A. Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo da cidade de São Paulo. São Paulo: Hucitec,. 244 p. 1985.
- LONGHI, S. J. Fenologia de algumas espécies florestais e ornamentais. *Revista Centro de Ciências Rurais*. Santa Maria, RS, v. 14, n. 3 – 4. 1984. p. 231 – 240.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; LÓPEZ GÓMEZ, J.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; ARROYOILERA, F. *El Clima Urbano de Madrid: La Isla de Calor*. C.S.I.C., Madrid, 1991. 166 p.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. Vol. 2, 2 ed. Instituto Plantarum. Nova Odessa-SP, 1992.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*, vol.1/4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.
- LORENZI, Harri. *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas*. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003.
- MAITELLI, G. T. Interações atmosfera-superfície. *Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente*. Cuiabá: Entrelinhas, p. 238-249, 2005.
- MAITELLI, G. T. Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT. São Paulo, FFLCH-USP, 1994. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994.
- MAITELLI, G. T.; CHILETTO, E. C.; JUNIOR, N. L. A. CHILETTO, R. Intensidade da ilha de calor em Cuiabá/MT, na estação chuvosa. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais. Fortaleza/CE: UFC, 2004.13p.
- MALHEIROS, R. *Cerrado: aspectos biogeográficos*. Goiânia: ITS/UCG, 2000.
- MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. de L.; CARDOSO, M. R. D. Tendência do número de dias de chuva no estado do Mato Grosso. *Ciência e Natureza*. V.34 n 2 2012. p 59-82.

- MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. In: Revista Brasileira de Meteorologia. V.16. n.1-18. 2001
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. O porte das árvores e o efeito microclimático - uma contribuição ao planejamento da arborização de ruas. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte, 2014.
- MARTINS, C. Biogeografia e ecologia. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1992.
- MASCARÓ, L. R. de. *Ambiência urbana = environment urban*. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2004.
- MATEO Rodríguez, J. M. *Geografía de los Paisajes. Parte I: Paisajes naturales*. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana (Inédito), 2000, 191 pp.
- Mato Grosso. Cuiabá, 2015.
- CAMPOS, H. R. Transformações urbanas recentes em Tiradentes-MG: anos 80 e 90 do século XX. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia, USP, 2006.
- MAUÉS, M. M.; COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) Mc Vaugh, Myrtaceae) no Estado do Pará, Brasil. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 441-448, 2002.
- MEDEIROS, D. P. W. de. Fenologia e síndromes de dispersão na floresta de restinga da RPPN Nossa Senhora do Outeiro de Maracaipe, Ipojuca, Pernambuco. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2005, 80p.
- MEDINA, R. C.; VEGA, I. L.; MORRONE, J. J. Conceptos biogeográficos. Elementos 8 (41). 2001.
- MENDES, M. A. História e geografia de Mato Grosso. Cafarnaum, 4 ed. Cuiabá, 354 p. 2012.
- MENDONÇA, F. A. O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina-PR. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 300. 1994.
- MENEZES FILHO, F. C. M. de; AMARAL, Daiany B. Histórico da expansão urbana e ocorrência de inundações na cidade de Cuiabá-MT. Soc. & Nat., Uberlândia, 26 (1): 159-170, jan/abr/2014.
- MENZEL, A.; FABIAN, P. Growing season extended in Europe. Nature, 1999. v. 397.
- MEWS, H. A. PINTO J. R. R.; LENZA E.; DOMINGOS A. C. F. A cobertura de rochas é boa preditora da variação na riqueza de espécies e na estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre?. Revista Brasileira de Biociências, v. 14, n. 3, 2016.
- MIMET, A.; PELLISSIER, V.; QUÉNOL, H.; AGUEJDAD, R.; DUBREUIL, V.; ROZÉ, F. Urbanisation induces early flowering: evidence from *platanus acerifolia* and *prunus cerasus*. International Journal of Biometeorology, v. 53, n. 3, p. 287-298, Mar. 2009.
- MONBEIG, P. A paisagem, espelho de uma civilização. GEOgraphia 6.11. 2009.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. 1976. 181f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, Francisco (Orgs.). Clima Urbano. Contexto: São Paulo, 2003. 192p.
- MORAES, J. M. Geodiversidade do Estado do Mato Grosso. MORAES, J. M. (org.). Goiânia, GO: CPRM, 2010.
- MOREIRA, J. M. e RODRIGUEZ, M. “Geodiversidad y Geomorfología en Andalucía”.

- Revista Medio Ambiente, No. 38, Junta de Andalucía, España, 2001, pp 6- 15.
- MORELLATO, L. P. C. Fenologia de plantas e os efeitos das mudanças climáticas. In: BUCKERIDGE, M. S. *Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: RiMa, 2008, p. 181-191.
- MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 50:149-162, 1990.
- MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE C. C, ZIPPARO, V. B. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica*, v. 32, p. 811-823, 2000.
- MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITAO-FILHO, H.F. & JOLY, C.A. “Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesofila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo”. *Revista Brasileira de Botânica* 12:85-98, 1989.
- MORENO, G. A Colonização no Século XX. In: MORENO, G.; HIGA, T. C. Souza (orgs.). *Geografia de Mato Grosso: Território, Sociedade, Ambiente*. Cuiabá: Entrelinhas, p. 52-71, 2005.
- MORENO, G.; HIGA, T. C. S., (orgs.); colaboradora MAITELLI, G. T. *Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente*. Cuiabá: Entrelinha, 2005. pg. 238-287.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C.. *Análise de series temporais*. 2ª edição – São Paulo: Edgard Blucher. 2006.
- MOTA, S. *Planejamento urbano e preservação ambiental*. Fortaleza: Edições UFC, 1981.
- MUNHOZ, C.B.R.; FELFILI, J.M. Fenologia do extrato herbáceo-subarbusivo de uma comunidade de campo sujo na fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 19:979-988, 2005.
- MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. “Urbanização, conforto térmico e análise sazonal microclimática da cidade de Sobral (CE)” *Revista Casa da Geografia de Sobral*. Sobral/CE, v. 17, n. 1, p. 4-17, Mar. 2015.
- MURALI, K. S.; SUKUMAR, R. Reproductive phenology of a tropical dry forest in Mudumalai, Southern India. *Journal of Ecology* 82:759-767, 1994.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772):853-858. 2000.
- MYLES HOLLANDER AND DOUGLAS A. WOLfe (1973), *Nonparametric Statistical Methods*. New York: John Wiley & Sons. Pages 27–33 (one-sample), 68–75 (two-sample). n. 5972, p. 1461-1462.
- NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; COLWELL, R. K. Diversity of long-term flowering patterns. In: HESPENHEIDE, H. A.; HARTSHORN, G. S. (Ed.). *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. The University of Chicago Press, Chicago, 1994b. p. 142-160.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration's. La Niña Information. Disponível em: ><http://www.publicaffairs.noaa.gov/lanina.html><, acessado em 16 ago. 2016.
- NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. *Parcerias Estratégicas – N. 12 – Set. Pag. 240 – 258*. 2001.
- NOBRE, C.A.; IAPOIA, D.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, I.F.; CARDOSO, M. & OYAMA, M. *Mudanças Climáticas Globais e Possíveis Alterações nos Biomas da América do Sul*. Relatório nº 6. Ministério do Meio ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas

- SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBIO. 25p, 2007.
- NOGUEIRA, J. S.; LIMA, E. A. Coletânea Física Ambiental, volume II. São Paulo: Baraúnas, 2013.
- OKE, T. R. Boundary Layer Climates. London: Routledge; 2nd ed., 435 p., 1987.
- OKE, T. R. The micrometeorology of the urban forest. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 324:335-349, 1989.
- OKE, T. R. The technical conference on urban climatology and its applications with special regard to tropical areas. México, 1984, Proceedings. Genova, World Meteorological Organization (WMO, no. 652), 1986.
- OLIVEIRA, A. S. de; SANCHES, L.; MUSIS, C. R. de; NOGUEIRA, M. C. de J. A.; Benefícios da arborização em praças urbanas – o caso de Cuiabá/MT. Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. v(9), nº 9, p. 1900-1915, FEV, 2013.
- OLIVEIRA, N. de L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez 2015, p. 284-297.
- OMM - Organização Meteorológica Mundial. El Niño y La Niña hoy. Disponível em: [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO\\_ENSO\\_Feb17\\_Esp.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_Feb17_Esp.pdf)  
Acesso em 04 de abril de 2017.
- ONÇA, D. de S. Quando o sol brilha, eles fogem para a sombra...: a ideologia do aquecimento global. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2011.
- OPLER, P. A.; FRANKIE, G. M.; BAKER, H. G. "Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. Journal of Biogeography. 3:231-236, 1976.
- Or second edition (1999).
- OSEJOS, J. G.; DE ARMAS, Y. P.; GONZÁLEZ, A. D. Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Rio Ayampe. Propuesta de Gestión Ambiental" (Org.). Editorial Académica Española. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. Saarbrücken, Alemanha. 2011.
- PANTALEÃO, S. C. e ROMERO M. A. B. Análise Ambiental do Espaço Urbano: o calçadão de Londrina. Disponível em: <https://www.usp.br/nutau/CD/151.pdf>. Acesso em 20 de dezembro de 2016.
- PARK, R. E. A cidade: sugestões para a investigação do comportamento humano no meio urbano. In Velho, Otávio Guilherme (org.) O fenômeno urbano. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.
- PASSARGE, S. Fundamentos da Geografia das Paisagens (em alemão). L. Friederuncken & Co., 1919, 127 p.
- PEREIRA, R. G. F. A. Geoconservação e Desenvolvimento Sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil). Tese de Doutorado. Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, 2010, 318p.
- PEREIRA, T. S.; COSTA, M. L. M. N.; MORAES, L. F. D.; LUCHIARI, C. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. Iheringia Sér. Bot., Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 329-339. 2008.
- PEZZINI, F. F. Fenologia e características reprodutivas em comunidades arbóreas de três estágios sucessionais em Floresta Estacional Decidual do norte de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Minas Gerais, Belço Horizonte, 2008, 130 p.
- PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. Acta bot. Bras. 23(4): 1096-1109. 2009.

- PITTON, S.E.C. As cidades como indicadoras de alterações térmicas. São Paulo. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. P.272, 1997.
- POTCHER, O. et al. Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Climatology*, 26, pp. 1695-1711. 2006.
- PREFEITURA DE CUIABÁ. Perfil socioeconômico de Cuiabá. Volume IV. Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano-IPDU. (Org. por Adriana B. Santos). Cuiabá: Central de Texto, 2010.
- PREFEITURA DE CUIABÁ. Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico de Cuiabá. Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano-IPDU (org. por Adriana B. Santos). Cuiabá: Entrelinhas, 2008.
- RAMÍREZ, R. G.; RODRÍGUEZ, A. A. S. Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.4 Núm.3 01 de abril - 15 de mayo, 2013 p. 435-446
- RAMOS, C. O. Cerqueira. Fenologia e biologia reprodutiva de *Syngonanthus mucugensis* Giul. e *S. curralensis* Moldenke (Eriocaulaceae), nos municípios de Mucugê e Morro do Chapéu, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, 2005, 65p.
- REICH, P. B.; WALTERS, M. B.; KLOEPPPEL, B. D.; ELLSWORTH, D. S. Different photosynthesis-nitrogen relations in deciduous hardwood and evergreen coniferous tree species. *Oecologia*, v. 104, n. 1, p. 24-30, 1995.
- RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. *Cerrado: Ecologia e Flora*. vol. 1 (Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF), p. 151-199, 2008.
- RICHARDS, K.; OKE, T. R. Validation and results os a scale model of dew deposition in urban environments. *International Journal of Climatology*, 22, 1915-1933. 2002.
- ROCHA, A. J. A.; NAVES, M. A.; SOUZA, J. da C. Guia do meio ambiente. *Tablóide, Coletânea de temas*. Brasília, 1992.
- ROETZER, T.; WITTENZELLER, M.; HAECKEL, H.; NEKOVAR, J. Phenology in central Europe: difference and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *International Journal of Biometeorology*, n. 44, p. 60–66, 2000.
- ROMANCINI, S. R. Cuiabá: Paisagens e Espaços da Memória. 1. ed, Cuiabá: Cathedral Publicações, 2005.
- ROMERO, M. A. B. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo: Projeto, 2000, 2ª edição, 128 p.
- ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 4, p. 25-39, 1985.
- ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M. dos. Geomorfologia. BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL Folha SD, p. 193-256, 1982.
- ROUGERIE, G.; N. BEROUTCHACHVILI, N. "Geosystemes et Paysages. Bilan et Methodes". *Collection Geographie*. Paris: Armand Colin, 1991, 302 pp.
- RUBIM P.; NASCIMENTO H. E. M.; MORELLATO L. P. C.; Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Botânica Brasileira* 2010; 24(3): 756-764. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000300019>.
- SAMPAIO, A. H. L. Correlações entre o uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia,

- Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 103, 1981.
- SAMPAIO, M. da S.; ALVES, M. de C.; CARVALHO, L. G. de; SANCHES, L. Uso de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Koppen-Geiger e de Thornthwaite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, PR. P 8857-8864. 2011.
- SANT'ANNA NETO, J. L. História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2001.
- SANTOS, C. H. V. dos; FISCH, S. T. V. Fenologia de espécies arbóreas em região urbana, Taubaté, SP. REVSBAU, v.8, n.3, Piracicaba – SP, 2013. p.01-17.
- SANTOS, F. R. C. Fenologia de espécies arbóreas do dossel e sub-dossel em um fragmento de mata atlântica semi-decídua em Caratinga, Minas Gerais, Brasil. Belo Horizonte, 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- SANTOS, J. W. M. C. O clima urbano de Maringá: Ensaio metodológico para cidades de porte médio e pequeno. 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- SANTOS, M. J. Z. dos. Introdução à biogeografia. Boletim de Geografia. UEM, Ano 3 - n. 3. 1985.
- SANTOS, M. Manual de Geografia urbana. 2 ed. São Paulo: HUCITEC, 1989.
- SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. O Brasil: território e sociedade no início do século XXI. 11 eds. Rio de Janeiro: Record, 2008.
- SAUER, L. W. Celiac Disease (Chronic Intestinal Indigestion): Etiology, Prognosis and Standardization of Treatment. American Journal of Diseases of Children, v. 34, n. 6, p. 934-949, 1927.
- SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. R. RA'E GA, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003.
- SCHWENK, L. M. Domínios Biogeográficos. In: MORENO, G.; HIGA, T. C. S. (Orgs). Geografia de Mato Grosso: território, Sociedade e Ambiente. Cuiabá: Entrelinhas, 2005. p. 250-271.
- SETTE, D. M. TARIFA, J. R. O El Niño 97/98, ritmo e repercussão na gênese dos climas no Mato Grosso (Brasil). GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, nº 11, p. 51-67, 2002. Disponível em: [http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geousp/Geousp11/Geousp11\\_Sette\\_Tarifa.HTM](http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geousp/Geousp11/Geousp11_Sette_Tarifa.HTM) Acesso em: 06 jun. 2017.
- SILINGARDI, H. M. T. A influência dos herbívoros florais, dos polinizadores e das características fenológicas sobre a frutificação de espécies da família Malpighiaceae em um cerrado de Minas Gerais. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP, 2007. 180p. Disponível em: [http://www.ffclrp.usp.br/imagens\\_defesas/02\\_05\\_2013\\_\\_16\\_31\\_33\\_\\_45.pdf](http://www.ffclrp.usp.br/imagens_defesas/02_05_2013__16_31_33__45.pdf). Acesso em: 12 de junho de 2016.
- SILVA, C. R.; RAMOS, M. A. B.; PEDREIRA, A. J.; DANTAS, M. E. “Começo de tudo”. In: SILVA, C. R. da. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro / editor: Cassio Roberto da Silva. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.
- SILVA, E. F. Uso sustentável frutíferas do cerrado, no projeto de Assentamento Facão/Bom Jardim, no município de Cáceres-MT, Brasil. Monografia. Instituto de Ciências Naturais e Tecnológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres MT: UNEMAT, 2007.

- SILVA, G. J. A. da; ROMERO, M. A. B. Estudo histórico-ambiental do processo de produção e reprodução do espaço urbano em Cuiabá-MT. In: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. V.15. n.17. 2ºsem. 2008.
- SILVEIRA, R. W. D. da; VITTE, A. C. Debate e epistemologia na gênese da Geografia Moderna. *Actas do XII Colóquio Ibérico de Geografia*. 6 a 9 de Outubro 2010, Porto: Faculdade de Letras (Universidade do Porto). ISBN 978-972-99436-5-2 (APG); 978-972-8932-92-3 (UP-FL).
- SOARES, J. C. O.; SANTOS, L.; SOUZA, C. A. de. Comportamento dos elementos climáticos selecionados no período de 1971 a 2003 na cidade de Cáceres-MT/Brasil. *Espacio y Desarrollo*, n.19, 2007.
- SOARES, M. J. N.; FEITOSA, A. L. O.; CARVALHO, A. F. de; MENEZES, A. M. S.; LIMA, L. E. P. Tessituras de ariadne nos caminhos da pesquisa em ciências ambientais. Aracaju: Criação, 2015. 632 p.
- SOUZA E SILVA, L.; TRAVASSOS, L. Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. *Cadernos metrópole* 19 pp. 27-47 10 sem. 2008.
- SOUZA, K. R. M. S. de; SILVA, I. A. A. da; FARIAS, R. de P.; BARROS, I. C. L. Fenologia de três espécies de *Adiantum* L. (Pteridaceae) em fragmento de Floresta Atlântica no estado de Pernambuco, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation* 8(2):96-102, may-august 2013.
- SPANGENBERG, J. Nature in Megacities. Tese (Doutorado) – Bauhaus Universität. Weimar. 2009.
- SPRONKEN-SMITH, R. A. Energetics and cooling in urban parks. Thesis Doctor. Faculty of Graduate Studies Department of Geography. University of Otago. p. 225, 1994.
- SPRONKEN-SMITH, R. A.; Oke, T, R. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *International Journal of Remote Sensing*. 19, pp.2085-2104,1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts, 764 p., 2006.
- TALORA, D. C.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista. Brasil. Bot.* 23(1):13-26. 2000.
- TARIFA, J. R. Cadernos de Climatologia. In: Diagnóstico sócio-econômico-ecológico do Estado de Mato Grosso. Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso - SEPLAN - Cuiabá, MT, 1998.
- THORNHORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* v.38, p.55-94, 1948.
- TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.78, p.2771-2777, 1997.
- TROPPEMAIR, H. A cobertura vegetal primitiva do Estado de São Paulo. Embrapa Meio Ambiente-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 1969.
- TROPPEMAIR, H. *Biogeografia e meio ambiente*. 5. ed. Rio Claro: Divisa, 2002.
- UNGER, J. Some aspects of the human bioclimate of a medium-sized town and its surroundings. In: *Proceed. Climatology and Air Pollution Conference*. Mendoza, Argentina, 1995, p. 41-49.
- UPMANIS, H; CHEN, D. Influence of geographical factors and meteorological variables on nocturnal urban-park temperature differences — a case study of summer 1995 in Göteborg, Sweden. *Climate Research Clime Res*. Vol. 13: 125 139, 1999.
- UPMANIS, H; Eliasson, I; Lindqvist, S. The influence of green áreas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Goteborg, Sweden). *International Journal of Climatology*,

18, pp. 681-700. 1998.

VALENTINI, Carla M. Abido; ALMEIDA, J. D. de; COELHO, M. de F. B.; RODRÍGUEZ-ORTÍZ, C. E. Fenologia da *Siparuna guianensis* Aublet em dois bosques de preservação ambiental em Cuiabá-MT. *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 4, p. 581-591, out./dez. 2013.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia. Brasília: Stilo, 2000. 532 p.

VASCONCELOS, Laura C. da S.; COVEZZI, Marinete. O Processo de expansão urbana de Cuiabá-Mato Grosso, Brasil. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/183.pdf> Acesso em 22-11-2016.

VASCONCELOS, T. N. N. Compartimentação Geomorfológica de Mato Grosso. In: MORENO, G.; HIGA, T. C., S. (Orgs). Geografia de Mato Grosso: Território, Sociedade e Ambiente. Cuiabá; Entrelinhas, 2005. p. 221-231.

VECCHIA, F. A. S. Clima e ambiente construído: a abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano. São Paulo. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. (Índice de áreas verdes), 316 p, 1997.

VEIGA, T. A. "Geodiversidade do Cerrado", 2002. Disponível em: <http://www.pequi.or.br/geologia.html>. Acessado em 13 de novembro de 2016.

VENANCIO, M. M. H. Classificação do grupo sucessionar de espécies nativas por análise do processo de estiolamento de plântulas. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2010. 73p.

VISOTTO, L. M. de S. Comparação de eventos fenológicos e diversidade genética de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose (Bignoniaceae) em área urbana e rural. (DISSERTAÇÃO DE MESTRADO). Lavras: UFLA, 2015. 63 p.

VITTE, A. C.; SILVEIRA, R. W. D. da. Natureza em Alexander Von Humboldt: entre a ontologia e o empirismo. *Revista Mercator*, UFC, v. 9, n. 20, set./dez., 2010, p. 179- 195.

WAGNER, R. Decadal-scale trends in mechanisms controlling meridional sea surface temperatura gradients in the tropical Atlantic. *J. Geophys. Res.* v. 1 O 1, p. 1 6683-694, 1996.

WHITE, G. Natural Hazards: Local, National, Global. New York, Oxford Univesity Press, 1974. 288 p.

WHITE, M. A.; NEMANI, R. R.; THORNTON, P. E.; RUNNING, S. W. Satellite evidence of phenological differences between urbanized and rural areas of the eastern United States deciduous broadleaf forest. *Ecosystems*, n. 5, p. 260–73, 2002.

WILLIAMS, R. J.; MYERS, A. A.; MULLER, W. J.; DUFF G. A.; EAMUS, D. Leaf phenology of woody species in a north Australian Tropical Savanna. *Ecology*78: 2542-2558. 1997.

WWF - FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA. De grão em grão o cerrado perde espaço. Impactos do Processo de Ocupação. Brasília: WWF/Fundação Pró-Cerrado. 1995. 66p.

XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L. M. Índice de geodiversidade da restinga da Marambaia (RJ): um exemplo do geoprocessamento aplicado à geografia física. *Revista de Geografia*, Recife: DCG/UFPE, n. 1, p. 57-64, 2001.

ZAMPARONI, C. A. P. G. Ilha de Calor em Barra do Bugres e Tangara da Serra - MT: Uma Contribuição ao Estudo do Clima Urbano em Cidades de Pequeno Porte em Área Tropical, Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1995, 116p.

ZAMPARONI, C. G. Riscos e Desastres Naturais em Ambiente Urbano: o exemplo de Cuiabá/MT. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 10, n. 1, 2012.