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

INFLUENCE OF THE HEAT ISLAND IN THE PHENOLOGY OF ARBORIAL SPECIES IN CUIABÁ-MT, BRAZIL

Henrique Nicolau Grillaud Maranholi¹
Alfredo Zenen Dominguez Gonzalez²

RESUMO: O estudo visou constatar a influência da ilha de calor de Cuiabá sobre a fenologia de espécies arbóreas, com base nas respostas fenológicas à temperatura, precipitação e umidade relativa. Entre março de 2016 e fevereiro de 2017 foram monitorados 41 indivíduos adultos de seis espécies presentes tanto nas praças da área da ilha de calor (área experimental), como no Horto florestal e o parque Zé Boloflô (área de controle). Para estimar a sincronia de ocorrência dos eventos fenológicos entre indivíduos da mesma espécie foi utilizado o aplicativo estatístico BioEstat 5.3. Os resultados indicam a não interferência do evento El Niño de 2015-2016 no comportamento da temperatura e precipitações na região, bem como uma aceleração das fenofases para os indivíduos localizados na ilha de calor, com diferenças nas respostas fenológicas das diferentes espécies estudadas.

Palavras-chave: Cuiabá. Clima urbano. Ilha de Calor. Eventos fenológicos. El Niño.

ABSTRACT: The study aimed to verify the influence of the heat island of Cuiabá on the phenology of tree species, based on the phenological responses to temperature, precipitation and relative humidity. Between March 2016 and February 2017, 41 adult individuals of six species were monitored in both the heat island (experimental area), as in the Horto Florestal and the Zé Boloflô Park (control area). The statistical application BioEstat 5.3 was used to estimate the occurrence synchrony of phenological events among individuals of the same species. The results indicate the non-interference of the El Niño

1 Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). E-mail: rick_maranholi@hotmail.com.

2 Prof. Dr. do Curso de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). E-mail: alfredozdz@gmail.com.

Agradecimentos: A Coordenação de Apoio ao Pessoal de Ensino Superior – CAPES pela concessão de bolsa para a realização do mestrado.

Artigo recebido em julho de 2018 e aceito para publicação em dezembro de 2018.

phenomenon of 2015-2016 on the temperature and precipitation behavior in the region. They also indicate an acceleration of the phenophases for the individuals located in the heat island, with differences in the phenological responses of the different species studied.

Keywords: Cuiabá. Urban climate. Island of Heat. Phonological events. The Niño.

INTRODUÇÃO

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; 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).

Dentre as peculiaridades do clima urbano destaca-se a presença das chamadas ilhas de calor urbanas – 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).

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.

Barbosa, Amo e Labaki (2010) ao se referir aos espaços públicos urbanos onde há presença de vegetação arbórea - como praças, parques e canteiros – destaca que 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; AMO; LABAKI, 2010).

Assim, tanto a plantação de espécies arbóreas no interior dos centros urbanos quanto a conservação dos remanescentes da vegetação nativa, influência no controle do conforto térmico urbano, mesmo quando a vegetação sofra com a artificialidade antrópica (MARTINI; BIONDI; BATISTA, 2014).

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; LABAKI, 2010).

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.

MATERIAIS E MÉTODOS

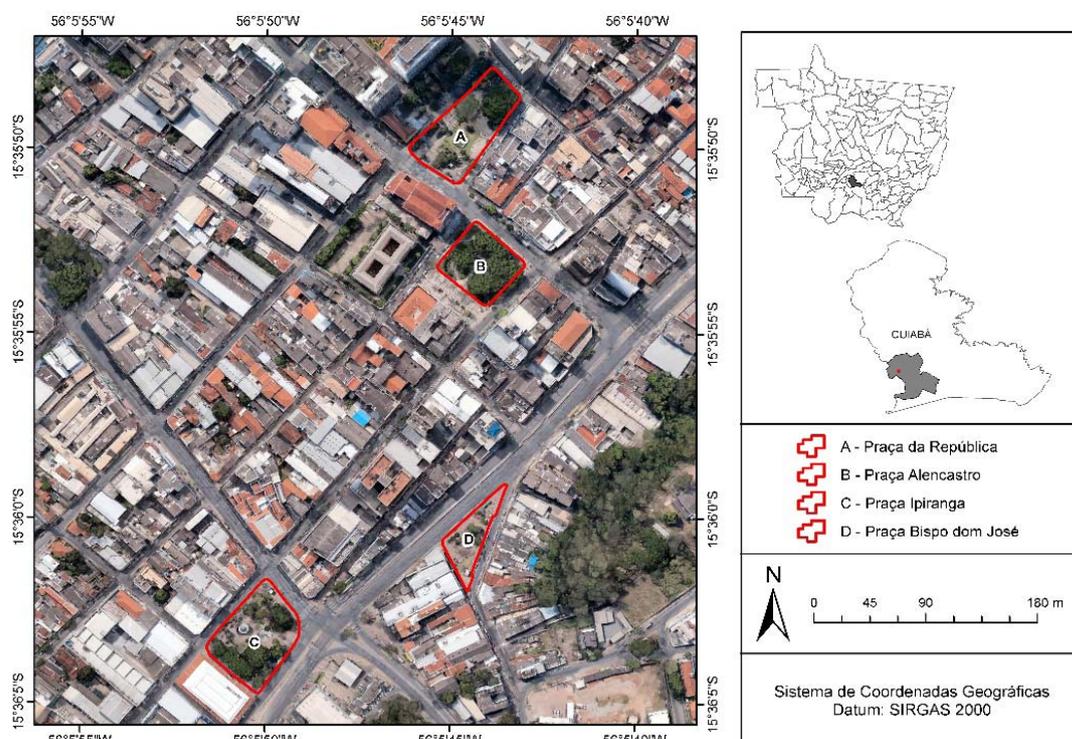
Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na cidade de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso e do município homônimo, cujo perímetro urbano possui uma área de 251,93 Km² (IPDU, 2002). Localizada na Depressão Cuiabana, está bordada pelo Pantanal mato-grossense ao sul e sudoeste, 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 território ocupado pelo município possui, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, um clima Tropical Semiúmido (Aw), com primavera-verão úmidos (entre os meses de novembro e março se concentra quase 70% do volume anual de precipitações) e outono-inverno secos. Pelo efeito da continentalidade, Cuiabá é considerada como a capital brasileira mais quente (MAITELLI, 1994).

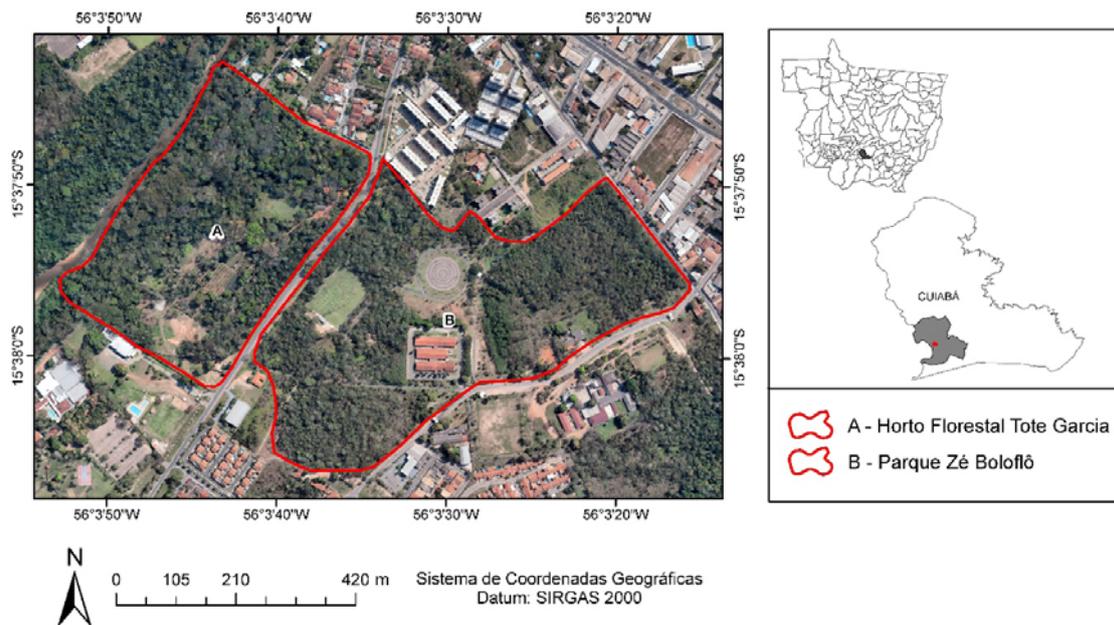
O ponto de coleta de dados denominado de “Área Experimental” (pelo fato de estar inserido no interior da ilha de calor) situa-se na região central de Cuiabá (Figura 1). Já a localidade denominada de “Área de Controle”, encontra-se na região sul da cidade, nas margens do rio Coxipó (Figura 1 e 2).

As áreas objeto de estudo cumprem o requisito de possuírem espécies arbóreas de idade adulta, que apresentam todas as fenofases que se pretendia analisar. No caso da área experimental, a mesma está situada em um setor com elevado nível de urbanização, o que faz com que o intenso contato das árvores com o meio urbano provoque alterações em sua fisiologia e desenvolvimento, devido ao stress que as mesmas sofrem pelas elevadas temperaturas predominantes e seu impacto na umidade do ar.



Fonte: Google Earth, 2017. Org. MARANHOLI, 2017

Figura 1. Praças constituintes da área experimental: centro da cidade de Cuiabá/MT.



Fonte: Google Earth, 2017. Org. MARANHOLI, 2017.
Figura 2. Mapa da área de controle, na região do Coxipó, Cuiabá/MT.

Procedimentos metodológicos

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

O primeiro deles consistiu na obtenção das imagens dos satélites Landsat 5 – TM (datadas em Agosto/1986; Setembro/1995, e Agosto/2005) e Landsat 8 – OLI (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 consistiu na obtenção da banda termal de ambos os sensores (Landsat 5 – TM, banda 6 e Landsat 8 – OLI, banda 10). A seguir 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 radiancia e, posteriormente, para temperatura em graus Kelvin, fundamentado em equações disponibilizadas pelo Serviço Geológico Americano (COELHO; CORREA, 2013).

Após a obtenção dos valores da temperatura de superfície em graus Kelvin, se fez a conversão para graus Celsius (°C) representando-se no raster. 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:

a)- 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; CHARPANTIER, 1975) em, pelo menos, uma das áreas (Quadro 1).

Quadro 1. Características das espécies arbóreas monitoradas na ilha de calor de Cuiabá-MT.

Nome científico	Nome vulgar	Ocorrência	Síndrome de dispersão	Grau de deciduidade
<i>Cassia fistula</i> L.	Chuva de Ouro	PR/PI/PBDJ/PZB	Zoocoria	Caducifólia
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê Branco	PR/HF	Anemocoria	Caducifólia
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Munguba	PR/PI/PZB	Zoocoria	Perenifólia
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oiti	PR/PA/PI/HF	Zoocoria	Perenifólia
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Pata de Vaca	PA/HF	Autocoria	Semi-caducifólia
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	Sombreiro/ Paleteiro	PI/PBDJ/ PZB	Autocoria	Caducifólia

Legenda: PA – Praça Alencastro; PR – Praça da República; PI – Praça Ipiranga; PBDJ – Praça Bispo dom José; HF – Horto Florestal; PZB – Parque Zé Boloflô. Fonte: Maranholi, 2017.

Cabe destacar que nas espécies anemocóricas e autocóricas, a dispersão ocorre na estação seca, enquanto nas espécies zoocóricas ocorre na estação chuvosa (Batalha; Aragaki; Mantovani, 1997). Entretanto, as espécies decíduas perdem completamente suas folhas durante a estação seca, para restringir a perda de água por transpiração (MORAIS; DINIZ; BAUMGARTEN, 1995; LENZA; KLINK, 2006).

b)- Coleta de dados - Entre os meses de março de 2016 e fevereiro de 2017 foram monitorados um total de 41 indivíduos (árvores adultas) das seis espécies de famílias diferentes, em quatro praças localizadas dentro da ilha de calor (área experimental), bem como no Horto florestal e o parque Zé Boloflô (área de controle), todos dentro da cidade de Cuiabá-MT.

O monitoramento fenológico foi realizado por meio de observações sistemáticas do ciclo de vida dos indivíduos, com uma frequência semanal, registrando-se a presença das fenofases vegetativas (brotamento e queda foliar) e reprodutivas (floração ou antese a frutificação), considerando que as alterações fenológicas observadas podem constituir respostas das plantas às variáveis abióticas como as climáticas (BENCKE ; MORELLATO, 2002; OLIVEIRA, 2008).

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), considerando que quanto mais indivíduos manifestam a fenofase ao mesmo tempo, maior é a sincronia dessa população (PEREIRA et al., 2008).

A avaliação da influência do comportamento climático sobre cada fenofase monitorada foi realizada a partir da determinação das correlações de Pearson (ρ^2) com o auxílio do aplicativo estatístico BioEstat 5.3.

Para realizar a análise estatística da correlação entre clima e fenologia, foram utilizados os dados de temperatura e precipitação registrados na estação meteorológica da cidade de Cuiabá, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo selecionados aqueles anos que apresentam dados completos, eliminando os anos que apresentam falhas. Assim, utilizaram-se as séries de precipitação (dos períodos 1998 - 2007 e 2012 -2016) e de temperatura (dos períodos 1998 - 2004 e 2013 - 2016).

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. Além da tendência, outro componente de uma série temporal é a sazonalidade, sendo que para a sua verificação foi utilizado o teste de Fisher (MORETTIN; TOLOI, 2006).

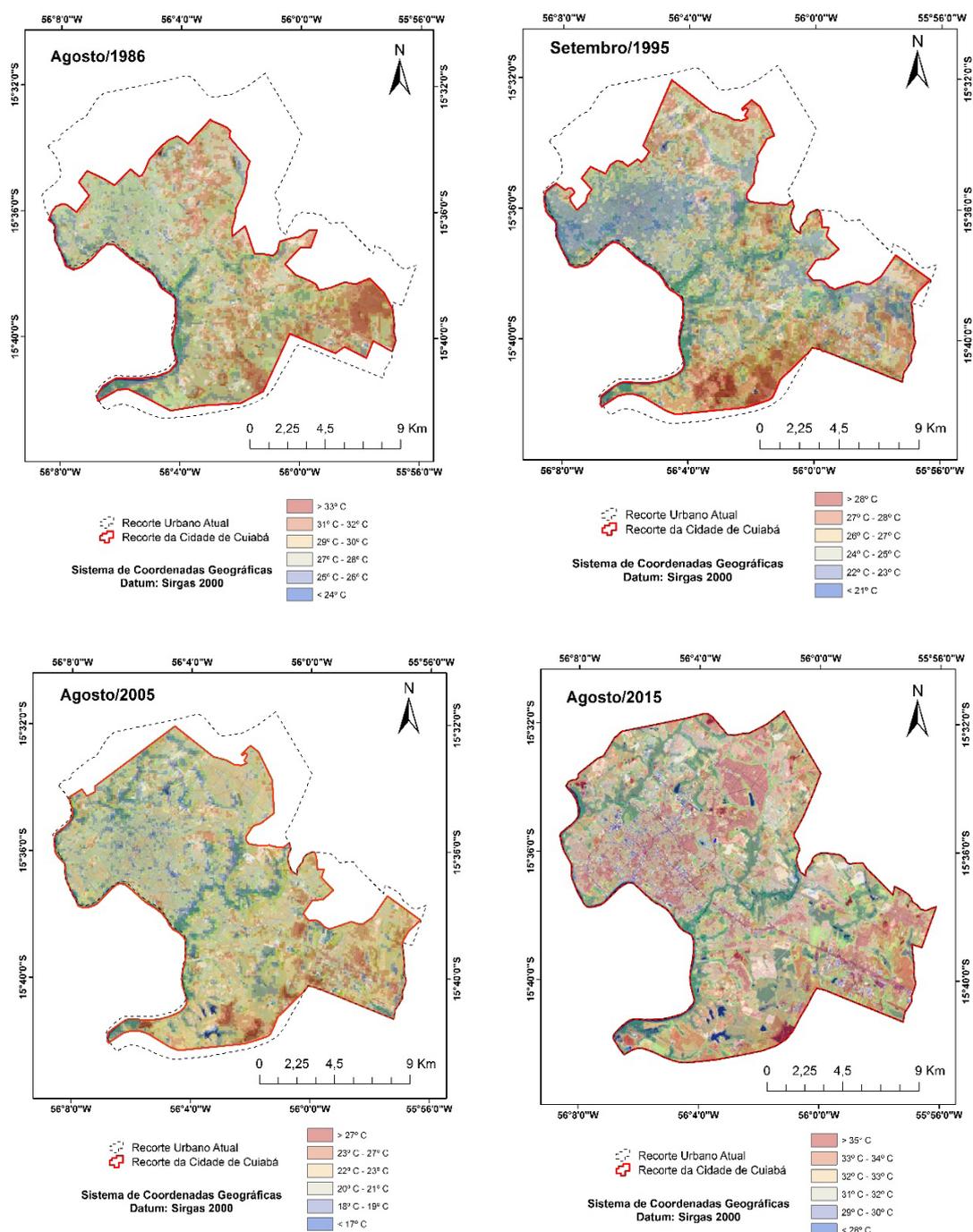
Para averiguar a interferência do fenômeno El Niño no comportamento dos dados da série, aplicou-se o método de Wilcoxon Mann-Whitney pareado, comparando as medianas dos anos para a precipitação e temperatura. O software utilizado para os testes foi o R Core Team 3.4.1 (2017), com a função `wilcoxon.test` e com a `mkt.test` do pacote `trend`.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução das Ilhas de Calor

Os efeitos do crescimento urbano de Cuiabá, estimulado pela ocupação da Amazônia meridional (Prefeitura de Cuiabá, 2010), foi acompanhado do adensamento e verticalização do setor central, estimulando a formação e expansão de ilhas de calor (Fig. 3). Observa-se que nos anos em que a urbanização era menos densa, existiam apenas pontos com temperaturas mais elevadas no Sul da cidade, onde se localiza o distrito industrial; entretanto, com o tempo a cidade tem se tornado mais quente. Neste sentido, é possível perceber, no ano de 2015, a existência de diversos outros pontos com temperaturas elevadas, espalhados pela cidade.

Maitelli (1994), com base na análise dos dados correspondentes ao período de 1970 a 1992, época que coincide com a aceleração do crescimento populacional e da expansão urbana em Cuiabá, concluiu que esse crescimento influenciou no aumento da temperatura mínima média, com tendência de elevação de 0,073 °C por ano, ou seja, na qualidade climática (ROMANCINI, 2005).



Fonte: Imagens dos satélites Lansat 5-TM e Landsat 8-OLI. Elaborado por Maranholi, 2017.

Figura 3. Evolução da ilha de calor em Cuiabá-MT, entre 1986 e 2015.

Condições climáticas em Cuiabá durante o período analisado: ocorrência de El Niño

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) possui uma componente oceânica (El Niño e La Niña), e uma componente atmosférica (a Oscilação Sul). Para a identificação da ocorrência da componente oceânica (eventos El Niño e La Niña) no Pacífico tropical,

a NOAA utiliza um índice padrão conhecido como índice ONI (Oceanic Niño Index) (GOLDEN GATE WEATHER SERVICES, 2017).

De acordo com este índice, o evento El Niño de 2015-2016 foi considerado muito forte; porém, apresentou anomalias negativas de precipitação na região centro-norte da América do Sul, um padrão diferente do apresentado nas médias de precipitação de 1982 e 1997 (PEREIRA; REBOITA; AMBRIZZI, 2017).

Para verificar a tendência e a sazonalidade na série histórica da temperatura em Cuiabá, correspondente ao período compreendido entre julho de 2013 e dezembro de 2016, foram aplicados os testes de Mann-Kendall (para tendência) e de Fisher (para sazonalidade). O resultado indicou a falta de tendência e sazonalidade, não mostrando diferenças nos anos com ocorrência do evento El Niño:

No caso do teste de tendência, não foi rejeitada a hipótese nula (p-valor 0,12) o que indica que não há tendência, possibilitando a utilização de algum método de comparação entre os anos, pois não há mudanças de níveis. Isto pode ser considerado um indício que o El Niño não interferiu no aumento ou queda da temperatura.

Já o teste de Fisher permitiu verificar que a série possui sazonalidade, pois o p-valor ficou acima de 0,05, não rejeitando a hipótese nula, o que pode indicar a possibilidade do teste não ser pareado (em que a ordem dos meses importa); assim, verificou-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 os valores médios dos anos, uma vez que não há tendência significativa (Quadro 2):

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

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

Fonte: MARANHOLI, 2017

Quando comparada a mediana dos anos, também não houve a rejeição da hipótese nula. Sendo assim, entre os anos com e sem ocorrência do evento El Niño não houve diferença, mostrando que o evento não alterou significativamente a temperatura.

Finalmente, os dados de temperatura foram separados em dois conjuntos (valores da temperatura com El Niño, e sem El Niño); obtendo-se o p-valor de 0,06, logo não há diferença significativa dos dados com os meses em que o evento estava presente.

Assim como os testes de tendência da temperatura, a precipitação em Cuiabá entre os anos de 2012 e 2016 não mostrou 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 foi menor que 0,05, rejeitando a hipótese nula de não sazonalidade do dado.

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, indicando que o El Niño não alterou significativamente a série.

Quadro 3. P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando a precipitação entre 2012 e 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	-	-	-	-	-

Fonte: MARANHOLI, 2017

Também foi feita a comparação do grupo de meses em que ocorreu o evento com o grupo em que não ocorreu, sendo que o p-valor obtido foi de 0,22; portanto, ao nível de significância de 0,05, não houve diferença.

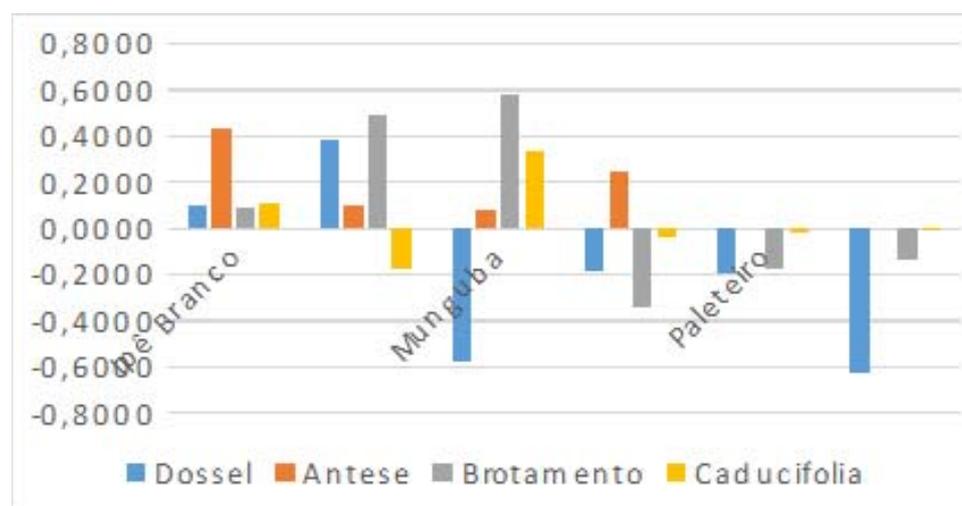
Análise estatística da correlação Clima – Fenologia

De acordo com Callegari-Jacques (2003, p. 90), o coeficiente de correlação de Pearson (ρ^{\wedge}) pode ser avaliado qualitativamente da seguinte forma:

- $\rho^{\wedge} = 0,00$ - não existe correlação linear;
- $0,00 < \rho^{\wedge} < 0,30$ - fraca correlação;
- $0,30 \leq \rho^{\wedge} < 0,60$ - moderada correlação;
- $0,60 \leq \rho^{\wedge} < 0,90$ - forte correlação;
- $0,90 \leq \rho^{\wedge} < 1,00$ - correlação linear muito forte;
- $\rho^{\wedge} = 1,00$ – correlação perfeita entre as variáveis X e Y.

Temperatura X Fenofases: O seguinte gráfico representa a magnitude da correlação das fenofases com a temperatura na ilha de calor de Cuiabá:

Gráfico 1. Coeficiente de correlação de Pearson (ρ^{\wedge}) para Fenofases X Temperatura na ilha de calor.



Org: MARANHOLI, 2017

Para a fenofase de composição do dossel, as espécies *Licania tomentosa* e *Tabebuia roseoalba* apresentaram correlação direta com a temperatura, sendo esta moderada no primeiro caso e fraca no segundo. 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. Em relação com a correlação inversa, se evidenciou em 4 das 6 espécies, se destacando *Cassia fistula* com forte correlação e *Pachira aquática* com moderada, indicando que esta fenofase diminui sua intensidade com o aumento da temperatura.

Na fenofase de antese, 4 das 6 espécies mostraram correlação direta com a temperatura, sendo moderada em *Tabebuia roseoalba* (ρ^{\wedge} de 0,4279) e fraca em *Bauhinia forficata*, *Pachira aquática* e *Licania tomentosa*, as que apresentaram valores menores de correlação. As espécies, *Clitoria fairchildiana* e *Cassia fistula* não tiveram correlação direta com a temperatura. A correlação inversa não foi registrada.

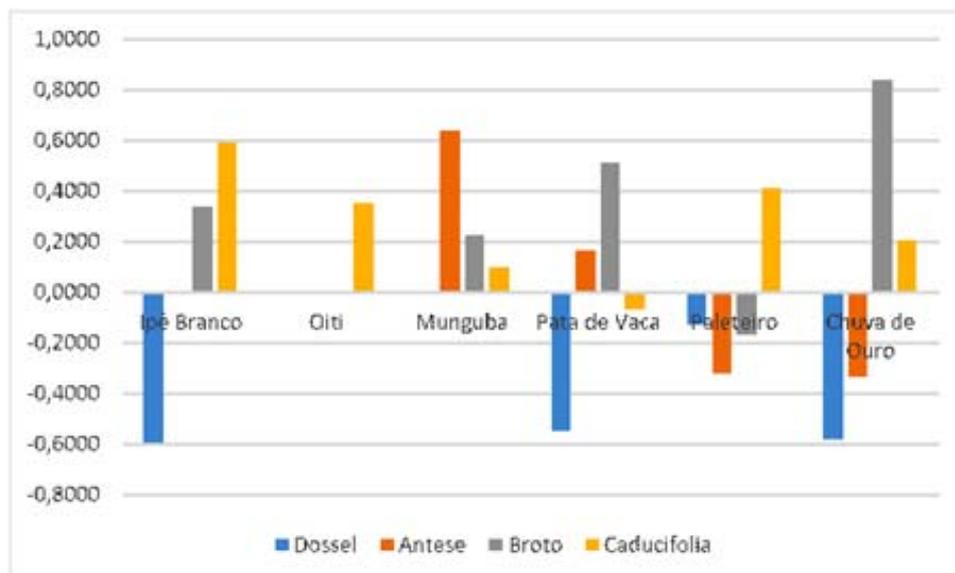
No caso da fenofase de brotamento, os valores mais representativos de correlação foram constatados em *Pachira aquática* (ρ^{\wedge} de 0,5790) e *Licania tomentosa* (0,49). Em contrapartida, *Tabebuia roseoalba* apresentou a menor correlação, indicando que a temperatura não causou influência neste evento. Isso obedece ao fato de ser uma espécie adaptada a temperaturas médias elevadas (LORENZI, 2002; VENANCIO, 2010).

A correlação inversa foi moderada em *Bauhinia forficata*, enquanto *Clitoria fairchildiana* e *Cassia fistula* tiveram correlação fraca.

A correlação entre a queda foliar e a temperatura na área da ilha de calor foi fraca, sendo *Pachira aquatica* a espécie com maior valor (apenas 0,3334), seguido de *Licania tomentosa*, indicando pouca influência da temperatura na perda das folhas destas espécies. O resto das espécies apresentou correlação inversa, porém, fraca.

Quando aplicado o mesmo coeficiente para a verificação dos eventos fenológicos na área de controle (Horto Florestal e Parque Zé Boloflô), foi possível constatar resultados diferentes daqueles obtidos dentro da ilha de calor (Gráfico 2).

Gráfico 2. Correlação Pearson (ρ^{\wedge}) para Fenofases X Temperatura no Horto Florestal e o parque Zé Boloflô.



Org: MARANHOLI, 2017

Nesta área, nenhuma espécie apresentou correlação direta com a temperatura na fenofase de composição do dossel. No caso da correlação inversa, esta foi moderada nas espécies *Tabebuia roseoalba* (-0,5977), *Cassia fistula* e *Bauhinia forficata*. Uma fraca correlação mostrou *Clitoria fairchildiana*, enquanto *Licania tomentosa* e *Pachira aquatica* não apresentaram correlação para o dossel, visto que estas espécies, como mencionado anteriormente, apresentam maior resistência a temperaturas mais elevadas (JANEIRO, 2011; LORENZI, 2002; VENANCIO, 2010).

Na antese, a interferência da temperatura na floração foi mostrada por quatro espécies: *Pachira aquática* com forte correlação direta, seguida por *Bauhinia forficata*, com correlação fraca, bem como *Cassia fistula* e *Clitoria fairchildiana*, espécies com uma correlação inversa moderada.

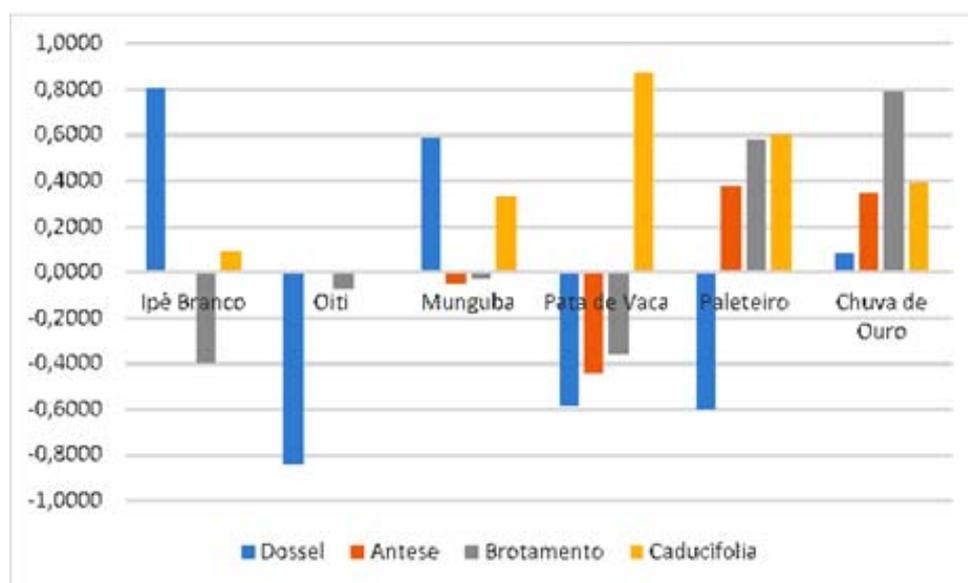
Dois espécies não apresentaram correlação com a variável temperatura: *Tabebuia roseoalba* (espécie nativa dos biomas, Cerrado e Pantanal, com boa adaptação a terrenos secos e pedregosos, sendo de grande utilidade na recuperação de áreas degradadas, conforme Lorenzi 1992), e *Licania tomentosa*; isto indica que outros fatores ambientais podem estar relacionados a este comportamento.

Para o brotamento, quatro espécies mostraram correlação, sendo esta forte em *Cassia fistula* (0,8390) e moderada nas restantes (*Bauhinia forficata*, *Tabebuia roseoalba* e *Pachira aquática*). Contrariamente, *Clitoria fairchildiana* mostrou correlação inversa fraca, e *Licania tomentosa* não apresentou qualquer correlação da temperatura com a fenofase analisada.

No caso da queda foliar, todas as árvores estudadas apresentaram algum grau de correlação com a temperatura, sendo moderada em *Tabebuia roseoalba* (0,5913), *Clitoria fairchildiana* e *Licania tomentosa*, e fraca em *Pachira aquática*. A espécie *Bauhinia forficata* também apresentou correlação fraca (-0,0720).

Precipitação X Fenofases: No gráfico 3 é apresentada a correlação entre a precipitação e as diferentes fenofases analisadas, na ilha de calor.

Gráfico 3. Correlação Pearson (ρ) para Fenofases X Precipitação na ilha de calor.



Org: MARANHOLI, 2017

No caso da composição do dossel, todas as espécies mostraram correlação, sendo ela direta em *Licania tomentosa* (a de maior índice com 0,8462), seguida por *Pachira aquática* com correlação moderada, e *Cassia fistula* que mostrou uma correlação fraca entre composição do dossel e precipitação. As outras três espécies mostraram correlação inversa, sendo ela forte em *Licania tomentosa* e *Clitoria fairchildiana*, e moderada em *Bauhinia forficata*.

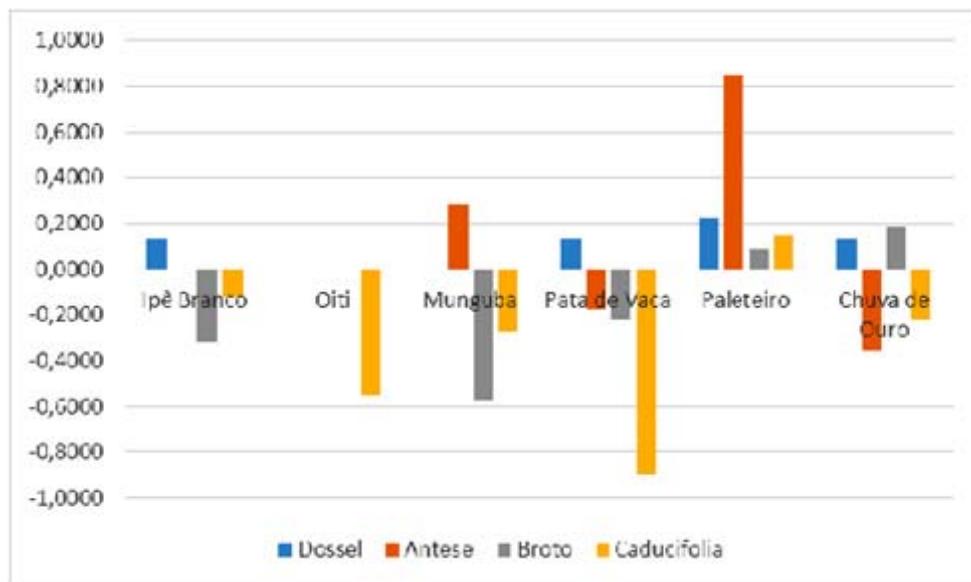
Para a floração, *Clitoria fairchildiana* e *Cassia fistula* mostram correlação direta moderada, enquanto *Bauhinia forficata* apresentou um índice de -0,4472 de correlação linear. Cabe destacar que *Tabebuia roseoalba* e *Licania tomentosa* obtiveram valores nulos de correlação, o que evidencia uma necessidade de outros estudos envolvendo outras variáveis que possam melhor explicitar a não ocorrência do evento, ou sua baixa representação.

Para o brotamento, todas mostraram correlação, sendo ela forte em *Cassia fistula* (0,7846), e moderada em *Clitoria fairchildiana*. As restantes espécies evidenciaram correlação inversa entre brotamento e precipitação, se destacando os casos de *Tabebuia roseoalba* e *Bauhinia forficata*.

No que tange à queda foliar, também todas as espécies apresentaram correlação, com destaque para *Bauhinia forficata* onde esta é forte (0,8732), seguida por *Clitoria fairchildiana*, *Cassia fistula* e *Pachira aquática* com correlação moderada. Em *Licania tomentosa* a correlação é quase ausente (0,0021).

No Horto Florestal e o parque Zé Boloflô, quatro espécies apresentam correlação da composição do dossel com a precipitação, porem, em todas a mesma é fraca (Gráfico 4).

Gráfico 4. Correlação Pearson (ρ) para Fenofases X Precipitação no Horto Florestal e o parque Zé Boloflô.



Org: MARANHOLI, 2017

No caso da fenofase antese, apenas duas espécies não apresentaram correlação: *Tabebuia roseoalba* e *Licania tomentosa*, enquanto que *Clitoria fairchildiana* apresentou correlação forte. No brotamento, a correlação não foi evidenciada em *Licania tomentosa*; em contrapartida, *Pachira aquatica* mostrou uma correlação inversa moderada (ARAÚJO; RIBEIRO, 2008).

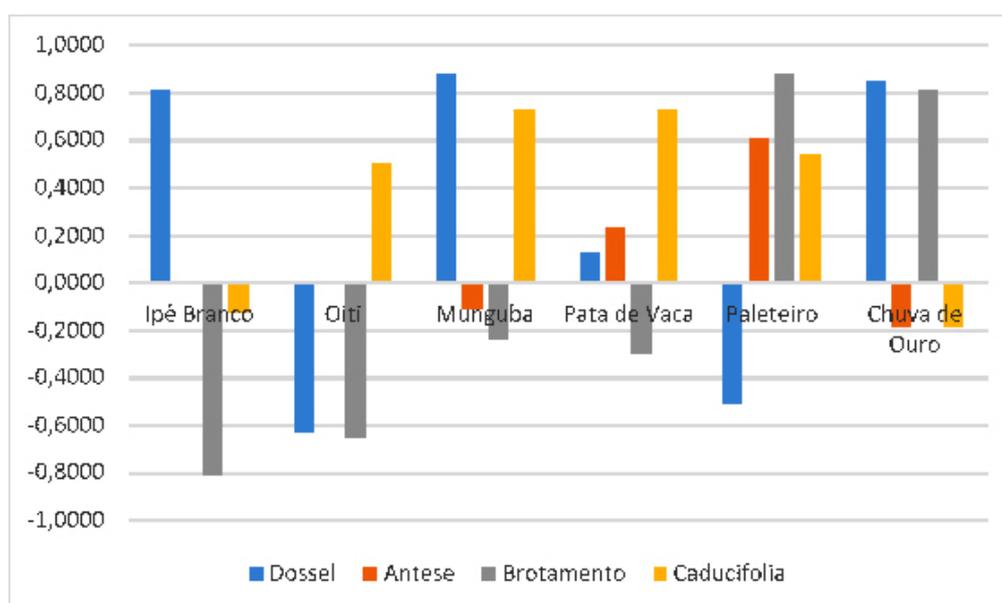
Por fim, a fenofase mais representativa para esta área de monitoramento foi a queda foliar, onde todas as espécies mostraram correlação, sendo ela forte no caso de *Bauhinia forficata* (-0,8985), e moderada em *Licania tomentosa*. No mesmo viés são apontadas

Tabebuia roseoalba e *Clitoria fairchildiana* as quais mostraram a menor correlação entre queda foliar e precipitações.

Umidade Relativa X Fenofases: O Gráfico 5 apresenta os valores desta correlação para a ilha de calor.

Percebe-se que a correlação do dossel com a umidade relativa é forte na espécie *Pachira aquatica* (com um índice ρ^{\wedge} de 0,8774), bem como em *Cassia fistula* e *Tabebuia roseoalba*, indicando forte relação destas espécies com a disponibilidade hídrica presente na atmosfera.

Gráfico 5. Correlação de Pearson (ρ^{\wedge}) para Fenofases X Umidade Relativa na ilha de calor.



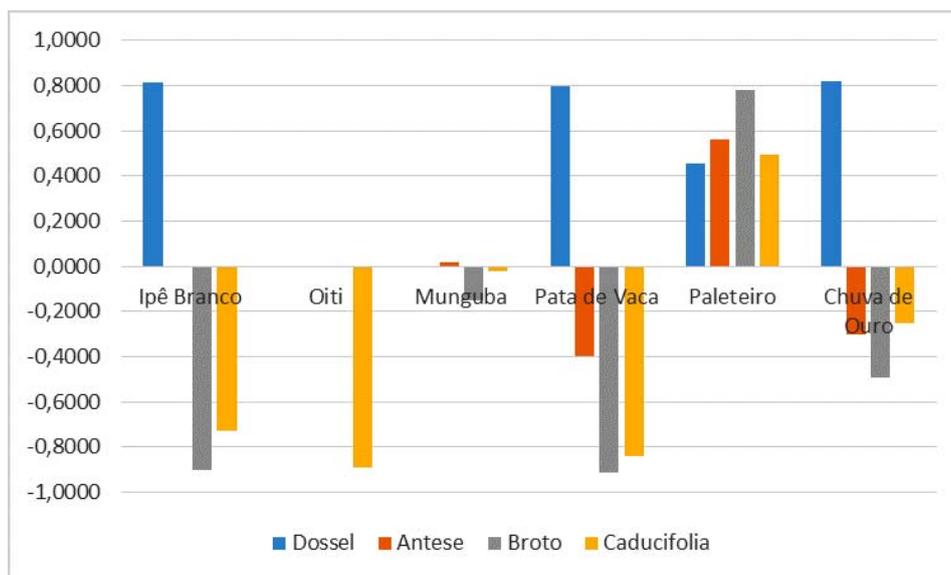
Org: MARANHOLI, 2017

Para a antese, a *Clitoria fairchildiana* apresentou índice ρ^{\wedge} de 0,6094 como a mais representativa, indicando forte correlação com a umidade relativa.

Clitoria fairchildiana também evidenciou forte correlação do seu brotamento com esta variável climática, com um índice ρ^{\wedge} de 0,8810 (RUBIM; NASCIMENTO; MORELLATO, 2010), bem como *Cassia fistula*. No caso da queda foliar, as espécies *Pachira aquatica* (com índice ρ^{\wedge} de 0,7308) e *Bauhinia forficata* mostraram forte correlação direta com a umidade relativa.

Dentre os indivíduos localizados no Horto Florestal e o Parque Zé Boloflô (Gráfico 6), a espécie *Tabebuia roseoalba* apresentou o maior valor de correlação para a composição do dossel (ρ^{\wedge} = 0,8157), seguida por *Cassia fistula* e *Bauhinia forficata*, o que mostra forte correlação com a umidade relativa.

Gráfico 6. Correlação Pearson (ρ) para Fenofases X Umidade Relativa no Horto Florestal e o Parque Zé Boloflô.



Org: MARANHOLI, 2017

Para a antese, a espécie *Clitoria fairchildiana*, apresentou índice moderado de correlação (0,5601), enquanto *Bauhinia forficata* e *Cassia fistula* mostraram correlação inversa de moderada a fraca.

No bortamento, com exceção da *Licania tomentosa*, as espécies apresentaram altos valores de correlação inversa, sendo que a *Bauhinia forficata* obteve um índice $\rho = -0,9137$ indicando uma correlação linear forte, de acordo com Callegari—Jacques (2003). A espécie *Licania tomentosa* apenas apresentou correlação com a queda foliar, sendo esta forte (índice de -0,8907).

No gráfico 6 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.

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O expressivo crescimento populacional experimentado pela cidade de Cuiabá durante as últimas décadas tem sido acompanhado do adensamento e verticalização do setor central, gerando a formação de novas ilhas de calor nesse setor, nas quais os valores da temperatura são ainda maiores do que nas ilhas de calor mais antigas do distrito industrial.

As condições climáticas na região durante o período analisado mostraram a típica sazonalidade no comportamento das variáveis climáticas, especialmente a precipitação, a temperatura e a umidade relativa. Paralelamente, a ocorrência do evento El Niño nos

anos 2015-2016, mesmo sendo considerado como muito forte, não interferiu no aumento ou queda da temperatura, de acordo com os testes aplicados às séries.

Mesmo que essas variáveis climáticas exerçam influência sobre as fenofases vegetativas e reprodutivas das espécies arbóreas estudadas, o estudo do comportamento das fenofases selecionadas nas praças do centro de Cuiabá indica que os indivíduos localizados nessa ilha de calor apresentam uma maior intensidade das fenofases, quando comparados aos indivíduos amostrados no Horto Florestal e o parque Zé Boloflô. Contudo, é necessário avaliar as fenofases por um período maior, para verificar suas variações durante um período de não ocorrência do evento El Niño.

REFERÊNCIAS

- 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.
- AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 121-130, 2005.
- 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, 2008, Lavras-MG. **Anais [...]**. Lavras-MG: UFLA, 2008.
- 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. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO MEIO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela, RS. **Anais [...]**. Canela, RS, 2010.
- BARGOS, D. C. **Mapeamento e Análise das Áreas Verdes Urbanas como Indicador da Qualidade Ambiental Urbana**: estudo de caso de Paulínia/SP. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas/SP, 2010. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/geoget/acervo/teses/Mapeamento%20e%20Análise%20Danubia.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2015.
- BATALHA, M. A; ARAGAKI, S.; MANTOVANI, W. Variações fenológicas das espécies do cerrado de Emas (Pirassununga, SP). **Acta Botânica Brasílica**, v. 11, n. 1, p. 61-78, 1997.
- 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.
- CALLEGARI-JACQUES, S. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- COELHO, A. L. N; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/LANDSAT-8: metodologia e aplicações. **Revista Geografia Acadêmica**. v. 7. n. 1. p. 31-45. 2013.
- CUIABÁ (Município). Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano – IPDU. **Perfil socioeconômico de Cuiabá**. Cuiabá/MT: Central de Texto, 2010.

- DOS SANTOS, C. H. V.; FISCH, S. T. V. Phenology of urban tree species in the city of Taubaté, São Paulo state, Brazil. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v. 8, n. 3, p. 01-16, 2013.
- 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**, n. 25, p. 45-48, 1975.
- GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities: Based on Oceanic Niño Index (ONI)**. Disponível em: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 20 maio 2017.
- INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO URBANO - IPDU. 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, 2002
- JANEIRO, A. R. **Análise do teor de compostos fenólicos e de ligninas em diferentes órgãos vegetativos de espécies arbóreas nativas de diferentes grupos sucessionais**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011. 54 p.
- LENZA, E. KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 627-638, 2006.
- LORENZI, H. **Arvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Vol. 2, 2 ed. Instituto Plantarum. Nova Odessa-SP, 1992.
- _____. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol.1/4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.
- MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT**. 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza/CE. **Anais [...]**. Fortaleza/CE: UFC, 2004. 13 p.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. O porte das árvores e o efeito microclimático - uma contribuição ao planejamento da arborização de ruas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2014, Belo Horizonte/MG. **Anais [...]**. Belo Horizonte/MG, 2014.
- MORAIS, H. C.; DINIZ, I. R.; BAUMGARTEN, L. Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidóptera em um cerrado de Brasília. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 18, n. 2, p. 163-170, 1995.
- 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, Jundiá São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, n. 50, p. 149-162, 1990.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de series temporais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- 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.
- 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, n. 9, p. 1900-1915, fev. 2013.
- OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Distrito Federal: Embrapa, 2008. v. 1, p. 275-290.
- PEREIRA, Heloisa R.; REBOITA, Michelle S., AMBRIZZI, Tércio Características da atmosfera na primavera austral durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 293-310, 2017.
- 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.
- ROMANCINI, S. R. **Cuiabá: paisagens e espaços da memória**. Cuiabá: Cathedral Publicações, 2005.
- ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2. ed. São Paulo: Projeto, 2000. 128 p.
- RUBIM, P.; NASCIMENTO, H. E. M.; MORELLATO, L. P. C. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecidual no sudeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 24, n. 3, p. 756-764. 2010.
- 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**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- VENANCIO, M. M. H. **Classificação do grupo sucessional de espécies nativas por análise do processo de estiolamento de plântulas**. Monografia (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2010. 73p.