



VARIAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA ENTRE AMBIENTES URBANOS DE ÁREA TROPICAL CONTINENTAL: ANÁLISE DA PRIMAVERA DE 2018 EM ITUIUTABA - MG

Ana Cristina Araújo **Foli**¹, Gislaine Cristina **Luiz**²

(1 - Universidade Federal de Goiás (UFG), Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Geografia, anacafoli@outlook.com; 2 - Universidade Federal de Goiás (UFG), Geógrafa e Docente do Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), gislaineluiz@yahoo.com.br)

Resumo: Este estudo apresenta análise sobre o clima urbano de Ituiutaba-MG, cidade de porte médio, com o objetivo de relacionar fatores geoambientais e urbanos na estrutura termo-higrométrica da cidade e na identificação de ilhas de calor urbana. A metodologia para as medidas da temperatura e da umidade relativa do ar foi a do transecto móvel (MONTEIRO, 1976; MENDONÇA, 1994) e, em dois pontos fixos, de 18 a 25 de outubro de 2018 às 09h00, 15h00 e 21h00. Obteve-se informações da Estação Meteorológica do INMET e cartas sinóticas, obtidas no site da Marinha do Brasil, com o objetivo de identificar os sistemas atmosféricos atuantes e a formação e intensidade das ilhas de calor (GOMEZ, 1993). As análises indicaram formação de ilhas de calor de fraca a muito forte. No período da manhã (09h00), nas áreas centrais da cidade, o aquecimento foi maior com a identificação de ilhas de calor de intensidade forte a muito forte, enquanto as menores temperaturas foram registradas em áreas mais periféricas, intensidades fracas e moderadas. As intensidades das ilhas de calor às 15h00 foram de forte a muito forte e, no período noturno, fraca e moderada. Ressalta-se a importância de estudos desta natureza em cidades de porte médio.

Palavras-chave: clima urbano; ilhas de calor; transectos móveis.

TERM-HYGROMETRIC VARIATION AMONG URBAN ENVIRONMENTS OF CONTINENTAL TROPICAL AREA: SPRING 2018 ANALYSIS IN ITUIUTABA-MG



Abstract: This study presents analysis of the urban climate of Ituiutaba-MG, medium-sized city, in order to relate geoenvironmental and urban factors in the city's thermo-hygrometric structure and in the identification of urban heat islands. The methodology for temperature and relative humidity measurements was the mobile transect (MONTEIRO, 1976; MENDONÇA, 1994) and, in two fixed points, from 18 to 25 October 2018 at 09h00, 15h00 and 21h00. Information was obtained from the INMET Meteorological Station and synoptic charts, obtained from the Brazilian Navy website, with the objective of identifying the acting atmospheric systems and the formation and intensity of the heat islands (GOMES, 1993). The analyzes indicated formation of heat islands from weak to very strong. In the morning (09h00), in the central areas of the city, the warming was higher with the identification of heat islands of strong to very strong intensity, while the lowest temperatures were recorded in more peripheral areas, weak and moderate intensities. At 3:00 pm, the intensities of the heat islands were strong to very strong and, at night, weak and moderate. The importance of studies of this nature in medium-sized cities is emphasized.

Key words: urban climate; islands of heat; mobile way.

VARIACIÓN TERMO-HIGROMÉTRICA ENTRE AMBIENTES URBANOS DE ÁREA TROPICAL CONTINENTAL: ANÁLISIS PRIMAVERA 2018 EN ITUIUTABA-MG

Resumen: Este estudio presenta análisis del clima urbano de Ituiutaba-MG, ciudad de tamaño mediano, e relacionar factores geoambientales y urbanos en la estructura termohigrométrica de la ciudad y en la identificación de islas de calor urbanas. La metodología fue el transecto móvil (MONTEIRO, 1976; MENDONÇA, 1994) y, en dos puntos fijos, del 18 al 25 de octubre de 2018 a las 09h00, 15h00 y 21h00. La información se obtuvo de la Estación Meteorológica INMET y los cuadros sinópticos, obtenidos del sitio web de la Armada de Brasil, con el objetivo de identificar los sistemas atmosféricos activos y la formación e intensidad de las islas de calor (GOMES, 1993). Los análisis indicaron formación de islas de calor de débil a muy fuerte. En la mañana (09h00), en las áreas centrales de la ciudad, el calentamiento fue mayor con la identificación de islas de calor de intensidad fuerte a muy fuerte, mientras que las temperaturas más bajas se registraron en áreas más periféricas, intensidades débiles y moderadas. Las intensidades de la isla de calor a las 3 pm fueron



fuertes a muy fuertes y por la noche débiles y moderadas. Se enfatiza la importancia de estudios de esta naturaleza en ciudades medianas.

Palabras clave: clima urbano; islas de calor; Transectos móviles.

Introdução

As cidades promoveram, nas últimas décadas, a substituição da cobertura natural do solo, a partir do intenso processo de urbanização o qual interfere diretamente no balanço energético e nos climas locais, o que acarreta modificações no comportamento da temperatura e umidade relativa do ar, os quais influenciam na qualidade de vida dos cidadãos.

Grande parte das cidades brasileiras se inserem em ambientes de clima tropical, caracterizados por altas temperaturas durante o ano todo. Estas condições podem ser agravadas devido à forma como o espaço urbano é apropriado, ocasionando o fenômeno Ilhas de Calor Urbanas (TEOBALDO NETO; AMORIM, 2017).

Muitos são os mecanismos e fatores que contribuem para a formação e intensidade das ilhas de calor urbanas, dentre eles: localização geográfica, condições climatológicas do dia, tamanho da cidade, densidade da população, entre outros. Dentre os parâmetros que caracterizam as ilhas de calor, para Amorim (2005) a intensidade ou magnitude constitui-se como um dos mais importantes, sendo observada a partir da diferença máxima em um determinado momento, entre um ponto densamente construído e outro em seu entorno ou no ambiente rural.

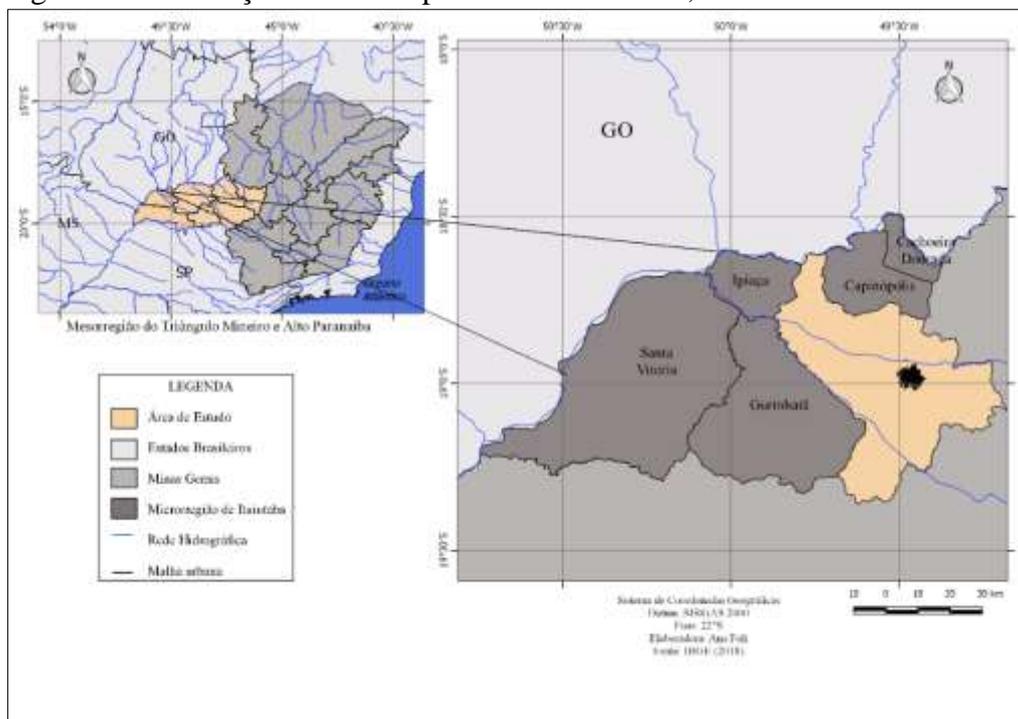
Assim, a intensa urbanização, com altas taxas de impermeabilização, grandes fluxos de pessoas e veículos automotores, construções verticais, aglomerações de residências térreas de baixo padrão, ruas mal projetadas associadas à concentração de poluentes, favorece mudanças no comportamento dos elementos climáticos na escala microclimática.

As ilhas de calor já foram identificadas nas grandes cidades e metrópoles, porém, cada vez mais são observados estudos sobre o fenômeno em cidades pequenas e médias. Ituiutaba (MG) é o foco dessa pesquisa, com intuito de verificar a formação de ilhas de calor em cidade de porte médio. O município de Ituiutaba (MG) está situado na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, na intersecção das coordenadas 18°57'36" S e 49°27'36" W, com população estimada em 2018, segundo o IBGE (2019), em 104.067 mil habitantes, possui

uma área territorial de 2.598,046 km² e o perímetro urbano uma área de aproximadamente 31 km² (Figura 1).

Em Ituiutaba (MG), os principais mecanismos atmosféricos atuantes durante o ano estão associados aos sistemas intertropicais e polares, representados respectivamente pelas massas de ar Equatorial continental e Polar atlântica. Nos meses de verão, o município está sob influência, principalmente da mEc, massa Equatorial continental e, da mTa, massa Tropical atlântica e, os sistemas convectivos favorecem a precipitação.

Figura 1: Localização do município de Ituiutaba-MG, 2018.



Fonte: IBGE; IGAM (2018).
 Elaborado por: FOLI, A. C. A. (2018).

A cidade também é influenciada pelo sistema atmosférico designado de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que se estende da porção sul da região amazônica ao litoral da Região Sudeste, passando sobre o Triângulo Mineiro, provocando nebulosidade e chuvas intensas durante dias e, até semanas, durante as estações primavera-verão (MENDES; QUEIROZ, 2011).

No inverno, a zona de convergência intertropical associada a um fraco anticiclone térmico sobre o Uruguai e o sul do Brasil, facilita o avanço da massa Tropical atlântica (mTa),

responsável por dias claros e de baixa umidade relativa do ar e; a mPa, da massa Polar atlântica (mPa), que acarreta a formação de frentes frias, podem causar algumas chuvas na região e queda da temperatura.

Em trabalhos realizados por Foli (2016; 2017) verificou-se que durante o verão a atuação da mTa é bem evidenciada, ocasionando-a a dias de estabilidade atmosférica, de temperaturas elevadas e baixa nebulosidade. Os volumes mais significativos de precipitação estão relacionados a atuação da mEc (massa Equatorial continental) e da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Já as frentes frias podem contribuir para alterações sobre as temperaturas mínimas e sobre a umidade relativa do ar.

Durante a estação seca, entre os meses de maio a setembro, ocorre atuação mais intensa do sistema atmosférico designado Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) sobre o continente. Esse sistema se caracteriza como centro de alta pressão e se individualiza enquanto massa Tropical atlântica (mTa), e pode impedir a passagem e a instalação de massas de ar frio, gerando dias seguidos de muitos graus de amplitude térmica e baixos valores de umidade relativa do ar. Nesse período, as frentes frias associadas a massa Polar atlântica (mPa), quando rompem a estabilidade atmosférica instalada neste período, são as principais responsáveis pela queda nas temperaturas (FOLI, 2017), e até mesmo pela ocorrência de chuvas.

As estações da primavera e do outono são consideradas de transição seca/chuvosa e chuvosa/seca, respectivamente (MENDES; QUEIROZ, 2011). Em termos de massas de ar, verifica-se a atuação principalmente da mTa e da mEc. Também podem ocorrer dias quentes e secos associados a passagem da mTc, massa Tropical continental pela região, principalmente na primavera e no verão, ocasionando a elevação das temperaturas e redução dos valores de umidade relativa do ar.

Nesta pesquisa, prezou-se pela busca de uma relação entre os fatores geográficos que compõem a estrutura termo-higrométrica de Ituiutaba (MG) com o objetivo de identificar as Ilhas de Calor Urbanas. Sob esse aspecto, foram realizadas adaptações de caráter técnico que mais se aproximassem da realidade da cidade e do local de obtenção de dados diretos. Sendo assim, este trabalho apresenta uma análise sobre o clima urbano da cidade de Ituiutaba (MG) e considera, para tanto, a estação primavera do ano de 2018.



Materiais e Metodologias

Este estudo teve como premissa uma revisão bibliográfica sobre a integração dos elementos do clima com os fatores da atmosfera urbana. Partindo dessa análise, utilizou-se os pressupostos acerca do clima urbano, com destaque para a proposta metodológica denominada Sistema Clima Urbano – S. C. U., elaborada por Monteiro em 1976, a qual utiliza a abordagem sistêmica do clima urbano. Sob essa perspectiva, o autor sugeriu a adoção de três subsistemas relacionados aos canais de percepção humana.

Dessa forma, a ênfase foi dada ao subsistema termodinâmico, que compreende o conforto térmico a partir do estudo do comportamento da temperatura, na atmosfera urbana. Sobre a metodologia do transecto móvel ³ foram utilizados diversos referenciais, como os de Amorim (2000, 2005); Pimentel (2010); Castro (2016); Araújo *et al.* (2010), dentre outros.

Foram realizadas medidas *in situ* referentes aos parâmetros temperatura e umidade relativa do ar na área urbana de Ituiutaba-MG. As informações dos respectivos parâmetros foram obtidas por meio de medidas realizadas ao longo de dois transectos móveis, em que se considerou as direções no sentido S-N e E-W. Os transectos atravessaram a malha urbana da cidade simultaneamente entre os dias 18 e 25 de outubro de 2018, partindo do ponto inicial de cada um dos dois transectos (T1P1 e T1P2) ao mesmo tempo, nos três horários definidos (09h00, 15h00 e 21h00), com uma equipe de um motorista e um auxiliar em cada transecto, realizando a leitura dos valores da temperatura e da umidade relativa do ar.

Para a coleta de dados foram utilizados termohigrômetros digitais da marca *Instrutemp*, modelo *ITHT-2210* a uma altura de 1,5 m do solo, com duração aproximada do percurso entre 30 a 40 minutos. Os instrumentos foram calibrados tendo como parâmetro os termômetros de bulbo seco e bulbo úmido, utilizados para medir os dados de temperatura do ar seco e do ar úmido, em responsabilidade da Universidade Federal de Goiás – Regional Goiânia.

Foram selecionados sete pontos em cada trajeto, que privilegiassem áreas com diferentes formas e padrão de uso e ocupação do solo, assim como diferentes feições do relevo. Além disso, foram instalados dois termohigrômetros modelo *KlimaLogg Pro* da marca *Incoterm*, com sistema *datalogger*, os quais foram dispostos em protetores meteorológicos

³O método do transecto móvel consiste em caminhar ao longo de um percurso previamente determinado, registrando as medições em pontos equidistantes. O comprimento do transecto e a distância entre os pontos amostrados dependem dos objetivos do estudo, do tempo disponível e da finalidade a amostrar (KREBS, 1989).

alternativos a uma altura de 1,5 m do solo, com o objetivo de comparar os dados com aqueles coletados nos transectos, a fim de evidenciar qualquer alteração significativa.

De forma a identificar as ilhas de calor, foi realizado levantamento das informações referentes a temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, e direção e velocidades dos ventos, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - Estação Automática de Ituiutaba, situada em área rural do município a aproximadamente 5 km da cidade, sendo as respectivas informações coletadas e organizadas em escala horária. Os dados de precipitação foram coletados no site da Agridempo.

A partir do site da Marinha do Brasil, foram obtidas as cartas sinóticas utilizadas para a análise dos tipos de tempo atuantes em cada um dos dias das leituras, especificamente a carta de 12Z. Também foram utilizadas imagens de satélite, especificamente do GOES-16, canal 13, banda termal IV referente à temperatura do topo das nuvens, e canal 08, referente ao vapor d'água em altos níveis, disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As imagens de satélites se constituem importantes ferramentas para realizar as análises dos tipos de tempo em conjunto com as cartas sinóticas.

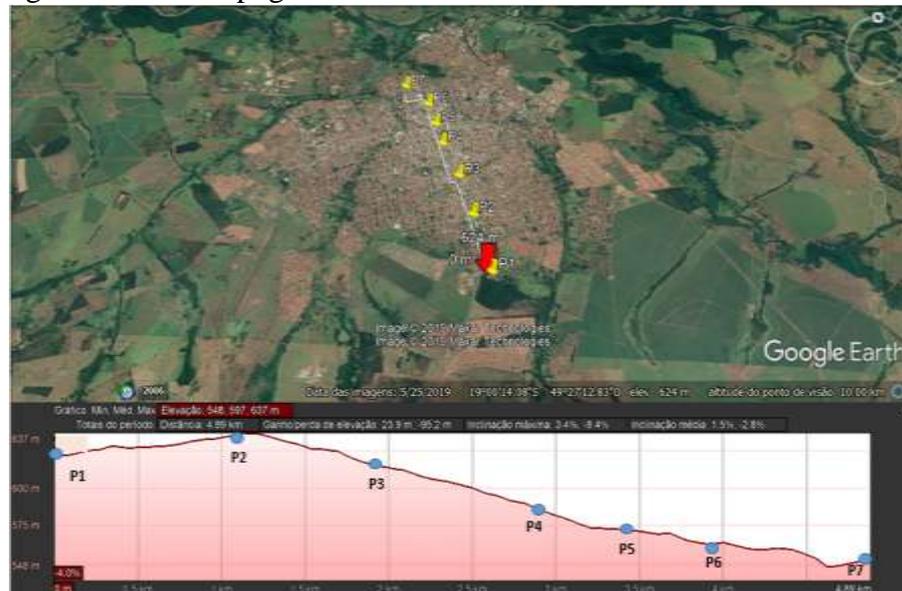
Para compreender a relação do urbano com os fatores geográficos foram considerados os atributos e elementos: altitude (m), mensurada pelo aparelho Global Position System modelo Etrex; morfologia do terreno; vegetação; tipos de construção e circulação urbana, informações que foram verificadas em trabalhos de campo nos diferentes pontos de observação e coleta de dados (Figuras 2 e 3).

De posse da análise das cartas sinóticas, das imagens de satélite (GOES-16) e dos elementos meteorológicos (primários e secundários), foi organizado um banco de dados o qual subsidiou a elaboração dos gráficos de análise rítmica, criados a partir do software livre *Gnuplot*⁴. Essas informações subsidiaram a interpretação da dinâmica atmosférica atuante no período analisado.

Para estabelecer a variação termo-higrométrica entre os pontos, tomou-se como base o local onde ocorreu o menor valor de temperatura em cada um dos horários definidos, sendo assim, a intensidade máxima da ilha de calor foi obtida considerando a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo entre todos os pontos de coleta e comparados com as informações obtidas junto a Estação Meteorológica do INMET, situada na zona rural do município.

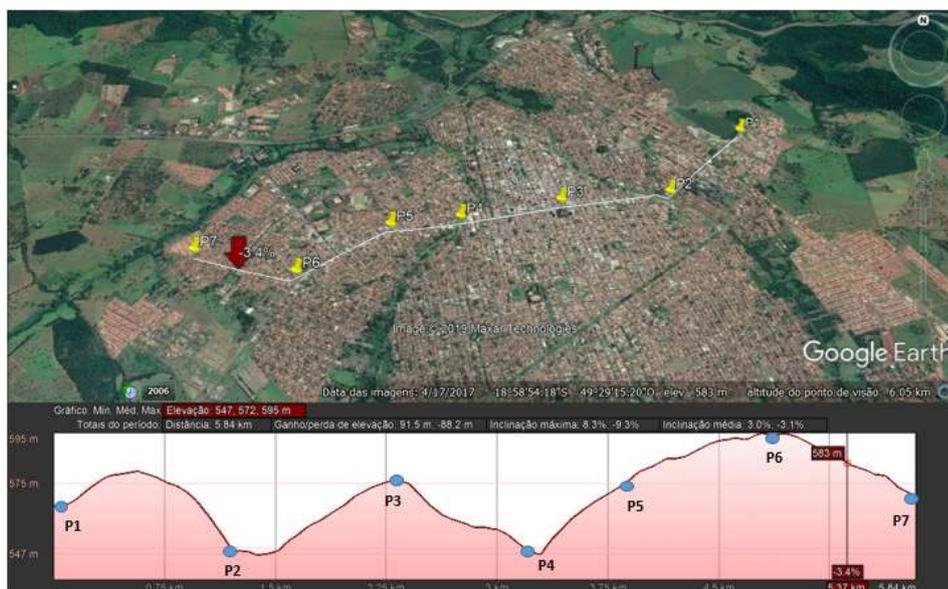
⁴ BORSATO & BORSATO (2014)

Figura 2: Perfil topográfico no Transecto 1 e Pontos de coleta de dados



Fonte: Google Earth (2019).
 Organizado por: FOLI, A. C. A. (2019).

Figura 3: Perfil topográfico no Transecto 2 e Pontos de coleta de dados



Fonte: Google Earth (2019).
 Organizado por: FOLI, A. C. A. (2019).



De acordo com o que foi adotado por Gomez et al. (1993) *apud* Brandão (1996), os diferentes valores encontrados para representar a intensidade das ilhas de calor são agrupados da seguinte forma: ilha de calor de fraca intensidade, quando as diferenças entre os valores medidos e aqueles obtidos de pontos fixos oscilam entre 0 e 2°C; ilha de calor moderada, quando as diferenças se situam entre 2° e 4°C; ilha de calor de forte intensidade, quando as diferenças oscilam entre 4° e 6°C; e ilha de calor de intensidade muito forte, quando as diferenças ultrapassam 6°C.

Revisão Bibliográfica

Por volta da década de 1940 ocorria o avanço da geografia francesa da escola lablachiana, e os desdobramentos desse pensamento repercutiram na obra de Max Sorre. Suas reflexões sobre a análise geográfica do clima foram tão importantes que acarretaram um novo paradigma, o do ritmo climático. Pois, de acordo com o referido autor:

As definições clássicas dão importância exagerada à noção de valores médios. Propusemos substituí-lo por uma fórmula mais diretamente utilizável pelos biólogos: o clima, num determinado local, é a série de estados da atmosfera, em sua sucessão habitual. E o tempo que faz nada mais é do que cada um desses estados considerado isoladamente. Essa definição conserva o caráter sintético da noção de clima, enfatiza seu aspecto local e, ao mesmo tempo, evidencia o caráter dinâmico do clima, introduzindo as ideias de variação e de diferenças incluídas nas de sucessão (SORRE, 1943, p. 32).

Ao contrapor seu conceito de clima ao de Hann, Sorre abriu um novo e abrangente campo de estudos. A abordagem climática sob esse ponto de vista representou um marco na construção da escola de Climatologia Geográfica e, no Brasil, especialmente a partir da publicação do trabalho Teoria e Clima Urbano, de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro em 1976. Apoiando-se em conceitos apresentados na Teoria Geral dos Sistemas e em outros trabalhos internacionais e, embasado por essa nova forma de abordagem sobre o clima, contribuiu significativamente para o avanço expressivo na área da Climatologia Dinâmica, ao tratar o clima enquanto dinâmico e o clima urbano, como um sistema, ao qual designou Sistema Clima Urbano (S.C.U.)

O S.C.U. visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim, é encarada como *operador*. Toda a ação ecológica natural e as associações aos fenômenos da urbanização constituem



o conjunto complexo sobre o qual o operador age. Por isso, tudo o que não é atmosférico e que se concretiza no espaço urbano, incluindo o homem e demais seres vivos, constitui elementos do sistema, estruturando-se em partes que, através de suas reações, definem atributos especiais. Assim, esse conjunto complexo e estruturado constitui o *operando* do sistema (MONTEIRO, 2011, p. 21, grifo do autor).

A partir de então, vários trabalhos sobre o tema foram desenvolvidos no Brasil, inicialmente realizados em grandes cidades e metrópoles e, mais especificamente a partir da década de 1990, a climatologia dinâmica de Monteiro também ganha prestígio internacional. As perspectivas foram gradativamente avançando e, atualmente são realizados estudos sobre o clima de cidades dos mais variados portes. Nesse sentido, entende-se que a radiação solar exerce um papel central na análise, pois “para os espaços urbanos [...] a estrutura e a forma urbana exercem influência significativa em função das trocas de calor, das emissões de material particulado e gases para atmosfera que podem gerar, entre outros, o fenômeno da ilha de calor” (SANT’ANNA NETO, 2013, p. 87).

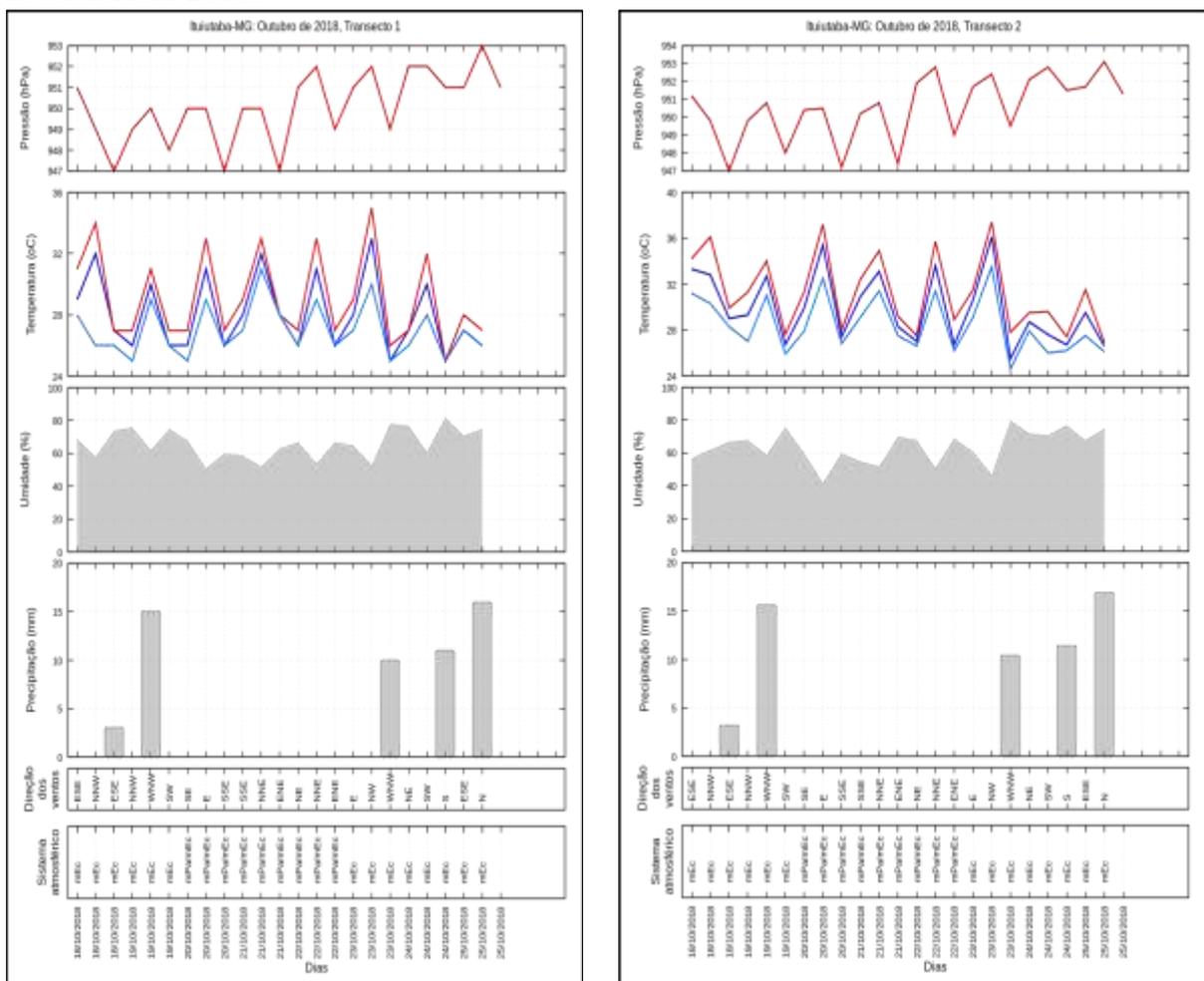
É importante enfatizar que, sob a perspectiva sistêmica, Monteiro sugeriu a adoção de três subsistemas para o estudo do S.C.U., diretamente relacionados aos canais de percepção humana: o termodinâmico, associado ao conforto térmico; o físico-químico, relacionado à qualidade do ar, e o hidrometeorológico, associado aos impactos meteorológicos (neve, granizo, chuva). Dentre estes, o que mais vem sendo estudado é o termodinâmico, onde se apresenta a relação entre temperatura e umidade relativa do ar. A ênfase desta pesquisa se dará neste subsistema para compreender a dinâmica clima da cidade de Ituiutaba-MG, considerada cidade de porte médio.

Sob esse aspecto torna-se imprescindível entender as escalas geográficas inerentes ao clima, pois são nas escalas que os elementos climáticos se manifestam e somente através delas será possível adotar uma abordagem estratégica mais condizente com o tipo de estudo que se realiza. As escalas são divididas por nível hierárquico, sendo a escala climática global/zonal a de primeira ordem de grandeza, a escala climática regional de segunda e terceira ordem de grandeza, e a escala local do clima de quarta, quinta e sexta ordem de grandeza (SANT’ANNA NETO, 2013). Para o tipo de estudo a ser desenvolvido nessa pesquisa será abordada a escala de clima local, analisado a partir da influência do local, mas este local tendo influência da circulação secundária.

Resultados e Discussões

A interpretação da dinâmica atmosférica atuante no período em que se realizou a coleta de informações *in situ*, transectos 1 e 2 e pontos fixos, e as informações obtidas junto ao INMET e Marinha do Brasil, associada à análise dos gráficos de análise rítmica indicaram que, nos dois primeiros dias de coleta, 18 e 19 de outubro, a massa de ar que atuou sobre a cidade de Ituiutaba corresponde a mEc (massa Equatorial continental), o que pôde ser confirmado pelos dados de pressão atmosférica que apontaram uma variação entre 948 hPa e 951 hPa, ou seja, características de uma baixa pressão atmosférica (Figura 4).

Figura 4: Ritmo dos elementos e sistemas meteorológicos em Ituiutaba entre os dias 18 a 25 de outubro de 2018.

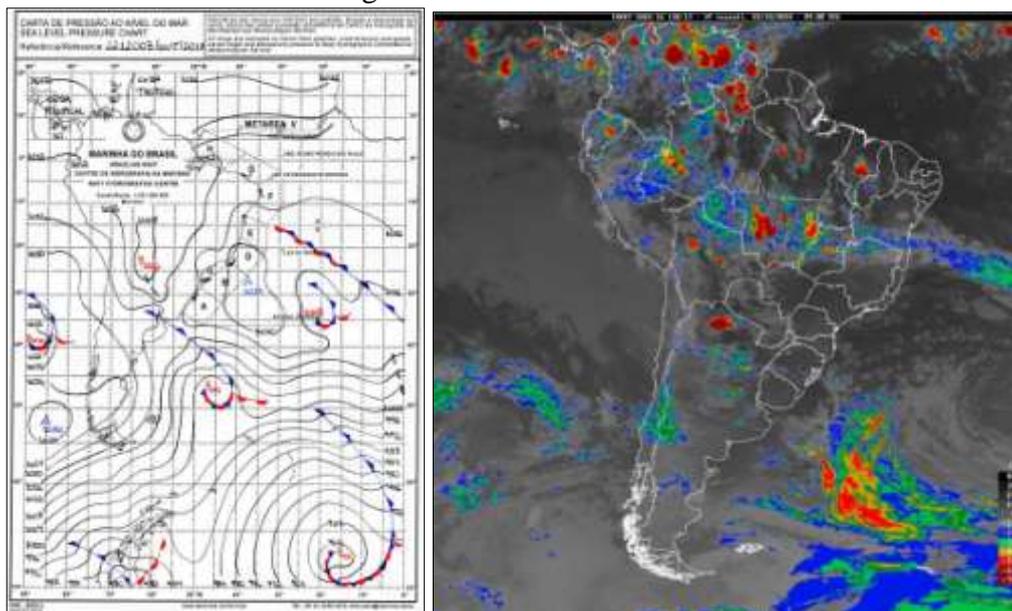


Fonte: AGRITEMPO; CPTEC; INMET; Marinha do Brasil; Trabalho de Campo (2018).
 Elaborado por: FOLI, A. C. A. (2018).

Os dados de umidade relativa do ar corroboram a assertiva, pois foram registrados valores entre 57% e 76% nos dois dias analisados, em ambos os transectos. Os dados de precipitação apontaram um registro de 3,2 mm no dia 18, e 15,6 mm no dia 19 (Figura 4). Entretanto, a partir do dia 20 de outubro de 2018, constatou-se o avanço da mPa (massa Polar atlântica) nas regiões sul e sudeste do país, porém, em Ituiutaba a atuação da mEc ainda se mostrou ativa.

Nos dias 21 e 22 de outubro verificou-se a influência da massa Polar atlântica (mPa) sobre a cidade. Os dados de pressão atmosférica registrados apontaram para características de uma baixa pressão atmosférica, ou seja, valores entre 947,4 hPa a 952,8 hPa. Nesse sentido, a interpretação dos dados leva a inferir que no dia 22 de outubro houve a atuação da mTc (massa Tropical continental) pois, como aponta Borsato (2016), esse sistema ressurge do envelhecimento ou deslocamento da mPa, assimilando as características continentais e aquecendo-se em função da já baixa latitude. Essas condições de aquecimento a que se refere Borsato (2016) se mostraram ideais para a análise da formação das Ilhas de Calor Urbanas, portanto foi considerado o dia 22 de outubro de 2018 para ser tratado de forma mais detalhada (Figura 5).

Figura 5: Carta sinótica 12Z e Imagem de Satélite GOES-16 de 09h00 do dia 22/10/2018.



Fonte: Marinha do Brasil; INMET (2018).
Organizado por: FOLI, A. C. A. (2019).



Assim, para o dia 22/10/2018, conforme informações obtidas junto ao INMET, às 09h00, foi registrado, na zona rural do município, temperatura do ar de 21°C e umidade relativa do ar, 84%. No horário das 15h00, as medidas foram de 27,5°C e 73% e 21h00, os valores foram de 28,4°C e de 54%. Para o período da manhã (09h00), as temperaturas variaram 0,9°C no Transecto 1, ou seja, a menor temperatura, 26,3°C, foi registrada nos pontos T1P1 e T1P2 e, a maior temperatura, 27,2°C, foi registrada no T1P6.

O ponto com a maior temperatura registrada (T1P6) localiza-se na área central, apresenta superfícies em que predominam impermeabilização e intenso fluxo de veículos. Apesar de se encontrar em proximidade com uma praça, este ponto se encontra próximo a um terreno vazio com solo exposto e sem vegetação, o que propicia o acúmulo de energia neste horário.

Em relação à umidade relativa do ar, houve variação de 3% entre os pontos do Transecto 1, sendo os maiores valores registrados nos pontos iniciais T1P1, T1P2 e T1P3, respectivamente 69%, 68% e de 69% e, os menores índices, nos pontos finais T1P4, T1P5, T1P6 e T1P7, respectivamente 67%, 66%, 66% e 67%. Ao considerar a relação dos valores obtidos entre os pontos de leitura, ao longo do Transecto 1, e os valores obtidos a partir dos dados da Estação Meteorológica Automática do INMET, foi possível observar que o menor registro da temperatura, respectivamente obtidos nos pontos T1P1 e T1P2, amplitude foi de 5,3°C. Para o parâmetro umidade relativa do ar, considerando o menor índice registrado no Transecto 1, as 09h00 da manhã, com o índice de 66%, no ponto T1P1, e o valor medido na zona rural, 84%, a amplitude apontou valor de 18%. Por outro lado, ao se considerar os maiores valores de medidas ao longo do Transecto 1 e a relação com os valores indicados para a Estação Automática do INMET, a amplitude térmica foi de 6,2% e da umidade relativa do ar, 15%.

No Transecto 2, em relação à temperatura do ar verificou-se uma oscilação de 1,1°C, onde a menor temperatura (26,4°C) foi registrada no T2P4 e a maior temperatura (27,5°C) foi observada no T2P3. O ponto com a maior temperatura medida é referente a área de intenso fluxo de veículos e elevada impermeabilização e, o ponto onde foi registrada a menor temperatura, se reflete característica de área de fundo de vale que, mesmo apresentando infraestrutura urbana e impermeabilização, a influência topográfica pode ter favorecido os valores observados, devido proximidade com canal de drenagem.



Ao comparar as medidas obtidas *in situ* com as informações do INMET, a amplitude térmica dos pontos de menores valores de temperatura foi de 5,4°C e, a comparação do ponto maior temperatura foi nulo, pois foram os mesmos valores, ou seja, a medida obtida no ponto que indicou 27,5°C é a mesma do valor indicado pela Estação do INMET.

O parâmetro umidade do ar no Transecto 2 oscilou 4% entre os pontos. Observou-se o menor valor, de 67%, registrado nos pontos T2P2, T2P3 e T2P5 e; o maior valor de umidade, 71%, foi medido no T2P7. Por se encontrar em uma área aberta esse ponto possibilita a circulação dos ventos atuantes nas adjacências do ponto de leitura, o que pode ter contribuído para alta umidade relativa do ar a partir da troca de ventos locais. A análise das informações *in situ* e aquelas obtidas junto ao INMET apontam para amplitude da umidade relativa do ar de 13% e 17%, diferença entre os pontos de menor e maior diferença entre as leituras *in situ* e da estação meteorológica.

Nos Pontos Fixos, observou-se que também no período da manhã, o Ponto Fixo 1 manteve o mesmo padrão dos Transectos, ou seja, temperatura de 26,3°C e umidade relativa do ar em 66. Este ponto refere-se ao instrumento instalado em uma residência localizada em área de conjuntos habitacionais. Essa residência é caracterizada por materiais construtivos de boa qualidade, além disso possui uma extensa varanda com telhado do tipo cerâmica.

O Ponto Fixo 2, registrou temperatura de 29,5°C, a mais alta registrada no período da manhã (09h00) dentre todos os pontos de leitura da informação e, a umidade relativa do ar, a medida da leitura indicou valor de 76%. Este ponto também se localiza em uma área residencial de conjuntos habitacionais, porém em todo o bairro se observa ausência de vegetação nas ruas, salvo algumas exceções. O quintal da residência, local que recebeu a instalação do aparelho é quase todo impermeabilizado, exceto por alguns pontos em que o solo está exposto, e os materiais construtivos apresentam, quando comparado com os materiais de construção da residência do Ponto Fixo 1, se apresenta inferior, de baixo padrão de qualidade. Ao comparar as respectivas informações com os dados do INMET, a amplitude térmica entre a menor e maior leitura nos pontos foi respectivamente de 5,3°C e 8,5°C e, para a umidade relativa do ar, a amplitude foi de 8%.

Em relação aos dados medidos no período da tarde, 15h00, considerando os pontos do Transecto 1, o ponto T1P5 apresentou a maior temperatura registrada, cujo valor foi de 33,3°C e, a menor temperatura foi registrada no T1P1, com valor de 29,5°C, o que indica



variação térmica de 3,8°C entre os pontos. Nesse sentido, a vegetação do parque referente ao local indicado pelo ponto T1P1 influenciou os valores medidos de temperatura, e também a maior taxa de umidade relativa do ar, 64%. Os pontos T1P5 e T1P6, podem ser considerados mais representativos das condições urbanas neste percurso, por apresentarem alta impermeabilidade, grande movimentação de veículos e pessoas e ausência de vegetação.

Os menores valores de umidade relativa do ar, de 50% foram registrados nos pontos T1P5 e T1P6. A comparação com os valores obtidos junto ao INMET aponta amplitude térmica de 2°C e 6°C e, de umidade de 9% e 23%, indicando respectivamente as menores e as maiores variações observadas entre os dados *in situ* e as informações do INMET.

O Transecto 2, para as leituras realizadas às 15h00, apresentou altas temperaturas, as quais apresentaram variações entre 31,4°C (T2P1) e 35,7°C (T2P6), indicando variação térmica de 4,3°C entre os pontos. A presença do lago artificial no T2P1 pode ter favorecido o registro da menor temperatura, de 31,4°C, visto os corpos d'água atuarem como reguladores térmicos. Já o T2P6, apresenta em seu entorno, além da alta impermeabilização, um terreno vazio com o solo totalmente exposto, o que favorece as trocas turbulentas de calor entre superfície e atmosfera (GEIGER, 1990).

A umidade relativa do ar seguiu a ordem de relação inversa, onde o maior valor, de 58% foi observado no T2P1 e, o menor valor, de 46% no T2P6. Ao comparar as informações das medidas *in situ* e aquelas obtidas junto ao INMET, a amplitude térmica e da umidade relativa do ar, considerando as menores e as maiores variações, foram respectivamente 3,9°C e 8,2°C e, 15% e 27%.

Quanto aos pontos fixos, no Ponto Fixo 1 foram registradas temperatura de 32°C e umidade relativa do ar em 50%. No Ponto Fixo 2, registrou-se o maior valor de temperatura do ar entre todos os pontos de medidas *in situ* no horário das 15h00, valor de 38,6°C, e índice 44% de umidade do ar. Nos pontos fixos, comparando os valores medidos e aqueles do INMET, a amplitude térmica foi de 4,5°C e 11,1°C e, de umidade relativa do ar, foi de 23% e 29%.

Nas análises dos dados do período noturno (21h00) verificou-se que os dados apresentaram certa regularidade nos valores de temperatura e umidade do ar, em que a diferença nos registros de umidade e principalmente nos valores de temperatura são baixos, se comparados aos demais horários. No Transecto 1, as temperaturas às 21h00 variaram entre

26,4°C a 27°C, uma diferença de apenas 0,6°C quando comparadas com as informações da Estação Meteorológica do INMET, neste horário. A maior temperatura, de 27°C, foi registrada nos pontos iniciais (T1P1, T1P2 e T1P3).

A umidade do ar também apresentou pequena variação higrométrica, cerca de 3% entre os pontos, sendo que o menor índice foi de 66%, foi registrado no T1P3 e, o maior índice de umidade, de 69%, foi registrado no T1P7. Na comparação entre os respectivos valores de medidas *in situ* e aos valores obtidos junto ao INMET, a variação térmica as 21h00 apontou variações entre os valores de 2,2°C e de 0,5°C. Especificamente para este horário, a umidade relativa do ar, medida ao longo do Transecto 1, apresentou valores superiores a umidade medida na zona rural, considerando respectivamente as maiores e as menores variações, ao longo dos transecto, a umidade do ar se apresentou superior que a umidade da zonal rural, em 8% e 16%.

No Transecto 2, nas medidas realizadas às 21h00, observou-se variação térmica relevante quando comparada com o Transecto 1, que foi de 2,7°C entre os pontos. A menor temperatura, valor de 26,2°C, foi registrada nos pontos T2P4 e T2P7 e, a maior temperatura, valor de 28,9°C, foi registrada no ponto T2P1, sendo o valor mais elevado de temperatura do ar entre os pontos de coleta para este horário.

A diferença higrométrica variou 8%, sendo que o registro de umidade relativa do ar mais elevada, de 70%, foi verificado nos pontos T2P2, T2P4, T2P6 e T2P7, e a menor umidade, índice de 62% registrado no ponto T2P1. A comparação entre os respectivos valores e aqueles do INMET, indicaram amplitudes térmicas entre 0,5°C e 2,2°C e de umidade relativa do ar de 8% e 16%.

Ao contrário do que foi observado nos outros horários, para 21h00, o Ponto Fixo 2 foi o que registrou a menor temperatura, valor de 24,6°C, e, umidade relativa do ar de 55%. Já o Ponto Fixo 1 apresentou 28°C de temperatura e 59% de umidade. Ambas as temperaturas medidas, tanto no Ponto Fixo 1 quanto no Ponto Fixo 2, foram inferiores a temperatura fornecida pelo INMET, da zonal rural do município. Assim, em termos de amplitude térmica, os Pontos Fixos 1 e 2 apresentaram variações térmicas inferiores nos valores de 0,4°C e de 3,8°C, em relação aos dados do INMET. O mesmo não foi recíproco para os valores de umidade que, conforme valores medidos e aqueles obtidos junto ao INMET, apontaram variações de 1% e 5%, superior em relação a zona rural.

Os dados coletados *in situ* e as informações obtidas junto ao INMET apontam que, em relação aos transectos, no período da manhã se verificou um padrão de aquecimento nas áreas centrais da cidade, observados a partir dos pontos T1P6 - Praça Cônego Ângelo, e T2P3 - Praça Getúlio Vargas, e as menores temperaturas registradas em áreas mais periféricas, nos pontos T1P1 - Pq. Do Goiabal e, T1P2 - Ituiutaba Clube) e, também no ponto T2P4 - Córrego Pirapitinga, área de fundo de vale.

O Quadro 1 indica a situação térmica da cidade de Ituiutaba obtida conforme proposta da Teoria do Clima Urbano e a configuração e intensidades das ilhas de calor, segundo Gomes (1993). De acordo com a análise das informações, observa-se que para todos os períodos em que foram realizadas medidas *in situ*, a cidade de Ituiutaba apresenta formação de ilhas de calor.

Quadro 1: Ituiutaba-MG: intensidades das ilhas de calor para o dia 22/10/2018.

| HORÁRIO | ESCALA DE INTENSIDADE DAS ILHAS DE CALOR | | | |
|---------|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| | FRACA | MODERADA | FORTE | MUITO FORTE |
| | 0 - 2°C | 2°C - 4°C | 4°C - 6°C | Superior a 6°C |
| | Leitura <i>in situ</i> | Leitura <i>in situ</i> | Leitura <i>in situ</i> | Leitura <i>in situ</i> |
| 9h | ----- | Transecto 1 | Transecto 1 | Ponto Fixo 2 |
| | | | Transecto 2 | |
| | | | Ponto Fixo 1 | |
| 15h | Transecto 1 | Transecto 2 | Transecto 1 | Ponto Fixo 2 |
| | | | Transecto 2 | |
| | | | Ponto Fixo 1 | |
| 21h | Transecto 1 | Transecto 2 | ----- | ----- |
| | Ponto Fixo 2 | Ponto Fixo 1 | | |

Organizado por: FOLI, A. C. A. (2019).

É importante considerar o fato de que, às 09h00 da manhã a cidade já apresentava pontos de ilhas de calor de intensidades forte a muito forte. Dentre os pontos em que foram realizadas as leituras, chama-se atenção para o Ponto Fixo 2, por apresentar situação de ilhas de calor de intensidade muito forte as 09h00 e as 15h00 e, para as leituras realizadas as 21h00, este ponto indicou intensidade fraca. Ressalta-se que o ponto fixo 2, para as 21h, indicou ilha de calor de menor intensidade quando comparado com os demais pontos estudados, diferença de temperatura foi de 0,4°C. Tal fato reforça a condição dos materiais utilizados pela construção civil, com elevada capacidade de aquecimento durante o dia e, à noite, perda rápida da temperatura.



Em relação às intensidades das ilhas de calor identificadas para o período da tarde, verificou-se a influência de fatores ligados à urbanização no que diz respeito ao aquecimento das áreas, como elevada impermeabilização, grande fluxo de veículos e ausência de vegetação, T1P5 – Cruzamento 3 e T2P6 – Av. Paranaíba. Esse fato é corroborado pelo registro das menores temperaturas, coletadas no Parque do Goiabal, ponto T1P1 e, no Lago Drummond, ponto T2P1. Além de se localizarem em áreas mais externas, esses pontos recebem a influência de áreas verdes e de corpos hídricos.

Já o período noturno é marcado por uma inversão dos valores de temperatura e umidade relativa do ar, onde as áreas mais amenas durante o dia passaram a refletir temperaturas mais altas, T1P1-27°C, T1P2-27°C, T1P3-27°C e, T2P1-28,9°C. Os menores valores de temperatura foram registrados em áreas com presença de vegetação, T1P6 – Praça Cônego Ângelo; em área de fundo de vale, T2P4 – Córrego Pirapitinga; e em área aberta, propícia à maior circulação de ventos, T2P7 – Praça Residencial Sol Nascente; Ponto Fixo 2-Bairro Carlos Dias Leite.

Considerações

- A partir deste estudo, ficou evidenciado considerável variação dos dados de temperatura e umidade relativa do ar para o dia 22/10/2018 na cidade de Ituiutaba-MG, especialmente da temperatura do ar.
- As análises dos dados coletados *in situ*, das informações coletadas junto ao INMET, das cartas sinóticas e das imagens de satélite, é possível inferir que, sob a atuação da mTc (massa Tropical continental) houve a configuração de ilhas de calor urbanas de intensidade moderada e forte às 09h00 e às 21h00; intensidades fraca, moderada, forte e muito forte no período da tarde, às 15h00, com uma variação térmica acima de 9°C, entre todos os pontos de coleta dos dados. Para o período das 21h00, as intensidades das ilhas de calor foram fracas e moderadas.
- De maneira geral, ficou constatado a influência dos aspectos urbanísticos no aquecimento das áreas urbanas. Ao considerar os aspectos altitude e morfometria, é possível inferir que o Transecto 2, por apresentar maior variação morfométrica, tanto as leituras de temperatura do ar quanto as de umidade relativa do ar sofreram



influências destes atributos, pois, os valores de temperatura e umidade relativa do ar, quando comparados aos do Transecto 1, apresentaram maiores valores.

- De acordo com os resultados apresentados, este estudo indica que cidades de porte médio, como o caso de Ituiutaba-MG, apresenta configuração de atmosfera modificada pela estrutura urbana, o que reafirma a importância de estudos do clima nesta escala de análise. A compreensão de como se comporta a atmosfera urbana, permite que sejam incorporadas medidas ao planejamento das cidades, como programas de arborização em novos loteamentos e em bairros onde a configuração das ilhas de calor já se faz presente, assim como a criação de espaços livres, dentre praças e áreas de lazer em espaços mais permeáveis nas áreas periféricas, levando em consideração a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Geografia, vinculado ao Instituto de Estudos Socioambientais com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, aos quais agradecemos pela oportunidade e apoio no desenvolvimento das atividades aqui apresentadas.

Referências Bibliográficas

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. *Pesquisa de Dados Meteorológicos*. Disponível em:

<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/index.jsp?siglaUF=MG> Acesso em março de 2019.

AMORIM, M. C. C. T. *O Clima Urbano de Presidente Prudente/SP*. 322 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

AMORIM, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: Episódios de Inverno. **Revista Geosul**, UFSC – Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 65-82, 2005.



- ARAÚJO, A. P. et al. Ensaio Metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente - SP. **Revista Formação**, n. 17, v. 1, p. 77-95, 2010.
- BORSATO, V. da A. *A dinâmica climática do Brasil e massas de ares*. Curitiba: Editora CRV, 2016, 184 p.
- BORSATO, V. da A.; BORSATO, F. H. *A elaboração dos gráficos da Análise Rítmica por meio do software livre Gnuplot*. In.: XI SBCGA (Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica Aplicada) e V SPEC (Simpósio Paranaense de Climatologia). Curitiba, 2014, Anais - Contribuições Científicas, 2014.
- CASTRO, F. S. *Clima urbano sob o olhar das pequenas cidades: influência dos fatores geográficos nas variações climáticas em Lagoa Formosa (MG)*. Dissertação (Mestrado em Geografia). 148 f. Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2016.
- CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Satélites. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp> Acesso em outubro de 2018.
- FOLI, A. C. A.; COSTA, R. A. O clima urbano da cidade de Ituiutaba/MG: análise do campo termohigrométrico em episódios de inverno-verão. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 7, n. 1, p. 71-99, 2016.
- FOLI, A. C. A. *Análise do campo termohigrométrico de Ituiutaba-MG: uma contribuição aos estudos de clima urbano*. 132 f. Monografia (Graduação em Licenciatura e Bacharelado em Geografia). Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia. Ituiutaba, 2017.
- GEIGER, R. (1990). *Manual de Microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo*. Fundação Calouste Gbenkian, 2. ed. Lisboa, 556 p.
- GOMEZ, A. L. et al. El clima urbano. *Teledetección de la isla de calor em Madrid*. Madrid, MPOT (Ministerio de obras públicas y transportes), 1993.
- KREBS, C. J. *Ecological Methodology*. New York: Haper & Row Publishers, 1989.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ituiutaba/panorama> Acesso em março de 2019.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Estações e Dados*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas> Acesso em novembro de 2018.



INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Satélites*. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/satelites/?area=0&produto=G12_AS_TN Acesso em outubro de 2018.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. *Cartas Sinóticas*. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas> Acesso em outubro de 2018.

MENDES, P.C.; QUEIROZ, A.T. de. Caracterização climática do município de Ituiutaba – MG. In.: PORTUGUEZ, A.P.; MOURA, G.G.; COSTA, R.A. (Orgs.) *Geografia do Brasil Central: enfoques teóricos e particularidades regionais*. Uberlândia: Assis Editora, 2011, p. 333-353.

MENDONÇA, F. *O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR*. São Paulo, 1994, 322 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

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

MONTEIRO, C. A. de F. *Geossistemas: a história de uma procura*. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2001. 116 p.

MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. *Clima Urbano*. 2ª ed. São Paulo: Contexto, 2011, 192 p.

PIMENTEL, M. R. dos S. *A influência dos fatores geográficos nas variações térmicas e higrométricas na área urbana de Caldas Novas (GO)*. Dissertação (Mestrado em Geografia). 215 f. Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L. A Climatologia Geográfica no Brasil: origem e contexto histórico. IN: AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Orgs.). *Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso*. São Paulo: Outras Expressões, 2013, 1 ed. p. 11-73.

SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas Geográficas do Clima: mudança, variabilidade e ritmo. IN: AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Orgs.). *Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso*. São Paulo: Outras Expressões, 2013, p. 75-91.

SORRE, M. *Les fondements biologiques de la Géographie Humaine: essai d'une écologie de l'homme*. Paris: Armand Colin, 1943, 440 p.

TEOBALDO NETO, A. AMORIM, M. C. de C. T. *Ilha de Calor Urbana e desconforto térmico: uma análise episódica em Cuiabá/MT*. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Campinas, 2017, p. 1492-1506.