ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

NOTA DE PESQUISA

TEMPERATURA DO AR NO MEIO URBANO: PRIMEIROS EXPERIMENTOS EM CERES - GOIÁS

LIMA, Milena Silva de – silva.milena401@gmail.com
Instituto Federal Goiano / IFGoiano

ANJOS, Max Wendell Batista dos – maxanjos@campus.ul.pt
Universidade Federal do Paraná / UFPR

RAMOS, Pedro Henrique dos Santos – eng.pedrohsr@gmail.com
Instituto Federal Goiano / IFGoiano

ALVES, Elis Dener Lima – elis.alves@ifgoiano.edu.br
Instituto Federal Goiano / IFGoiano

RESUMO: Atualmente as transformações impostas pela ação do homem têm alterado os elementos e características do clima na escala local. Estudos de clima urbano em cidades de pequeno porte (escala local) podem ajudar a responder indagações que persistem na climatologia urbana: a partir de que porte ou grau hierárquico uma cidade brasileira passa a oferecer condições de geração de um clima urbano? Quais as relações entre os atributos geourbanos nessa definição? Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi de analisar as influências das características geourbanas na variação da temperatura do ar e identificar a variabilidade temporal e espacial das ilhas de calor urbanas na cidade de Ceres – Goiás (ICU). Para tanto, foram instalados quatro termo-higrômetros (Modelo EL-USB-2-LCD), dois metros acima do solo, protegidos por miniabrigos meteorológicos. Os resultados evidenciaram que as características geourbanas influenciaram na variação da temperatura do ar e na intensidade das ICUs. O AP 6, localizado no centro da cidade, área de maior tráfego de veículos, com prédios e casas e área toda pavimentada foi frequentemente mais quente que os outros pontos durante o dia (46,6%) e durante a noite (56%). As ilhas de calor de maiores intensidades foram observadas no período diurno, com máxima de 7,5ºC, enquanto que no período noturno a máxima foi de 3ºC.

PALAVRAS-CHAVE: Clima urbano; Ilha de Calor Urbana; Impermeabilização

AIR TEMPERATURE IN THE URBAN AREA: FIRST EXPERIMENTS IN CERES – GOIÁS

ABSTRACT: Currently, the transformations imposed by the action of man have changed the elements and characteristics of the climate on the local scale. Studies on urban climate in small cities (local scale) can help answer questions that persist in urban climatology: from what size or hierarchical degree does a Brazilian city start to offer conditions for the generation of an urban climate? What are the relationships between geourban attributes in this definition? Thus, this research analyzes the influences of geourban characteristics on the variation of air temperature and identifies the temporal and spatial variability of urban heat islands in the city of Ceres - Goiás (ICU). For this purpose, four thermo-hygrometers (Model EL-USB-2-LCD) were set up two meters above the ground and protected by meteorological mini-shelters. The results showed that the geourban characteristics influenced the variation of the air temperature and the intensity of the ICUs. AP 6 located in the city center - the area with high traffic intensity, with buildings and houses and the entire paved area – was often warmer than the other spots during the day (46.6%) and at night (56%). The highest intensity heat islands were observed during the day (maximum of 7.5 ºC), while at night the maximum was 3 ºC.

KEYWORDS: Urban climate; Urban Heat Island; Waterproofing

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

1.INTRODUÇÃO

As cidades, atualmente, têm despertado cada vez mais o interesse de pesquisadores sobre a qualidade do meio ambiente urbano. As preocupações com as condições climáticas e melhoria da qualidade de vida da população das metrópoles levaram vários estudiosos a realizarem pesquisas sobre essa temática (OKE, 1981; OKE e MCCAUGHEY, 1983; SUCH e GRIMMOND, 2006; COUTTS et al., 2007; ALCOFORADO et al., 2009; ZOULIA et al., 2009; GEORGAKIS et al., 2010; LEE e BAIK, 2010; ALVES, 2019)

Os estudos realizados na atmosfera urbana têm mostrado que as cidades geram um clima próprio, o chamado clima urbano, e que esse é o resultado da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbana e que agem alterando o clima em escala local (MONTEIRO, 1976; ALVES e SPECIAN, 2009; GEORGAKIS et al., 2010).

Nos centros urbanos, em áreas densamente construídas e com pouca vegetação, tem se observado que a temperatura do ar apresenta valores superiores aos da área rural (OKE, 1981; GOH e CHANG, 1999; MONTAVEZ et al., 2000; MEMON, et al., 2009; ZOULIA et al., 2009; GARTLAND, 2010; LEE e BAIK, 2010; SHASHUA-BAR et al., 2010; ANJOS et al., 2017). Essa tendência em ocorrer um aumento da temperatura do ar da área rural para o centro das cidades, por sua configuração espacial, caracteriza o fenômeno conhecido como ilha de calor urbana (OKE, 1981; SOUCH e GRIMMOND, 2006; MEMON, et al., 2009; GARTLAND, 2010).

A maioria dos estudos de ilhas de calor urbana (ICU) são realizados à noite (GOH e CHANG 1999; MONTAVEZ et al. 2000; MIHALAKAKOU et al. 2002; SANTAMOURIS, 2007), relativamente poucos estudos têm enfocado ilhas de calor diurnas (SANTAMOURIS, 2007; GEORGAKIS et al., 2010). As maiores intensidades das ilhas de calor são verificadas quando o dia está calmo e sem nebulosidade.

Pesquisas sobre a variação da temperatura do ar em áreas urbanas têm se centrado em escalas mesoclimáticas e locais. No entanto, dentro do clima local, há uma grande variedade de microclimas (ANDRADE e ALCOFORADO, 2008). Por isso a necessidade de se adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura (MONTEIRO, 1990). Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi de analisar a variação da temperatura do ar, umidade relativa e ilhas de calor na cidade de Ceres - Goiás.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo proposto a pesquisa foi dividida em três fases, em cada uma foi aplicada uma série de técnicas.

Fase 1 - Caracterização espacial da área de estudo: levantamento de referencial teórico; Análise do material cartográfico produzido para o município de Ceres, caracterizando principalmente o sitio urbano; avaliação de locais para instalação dos equipamentos. Na figura 1 estão os locais onde os termo-higrômetros foram instalados. A escolha dos locais exigiu a observação de

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

critérios, tais como: o uso da superficie e a impermeabilização do solo. Os quatro aparelhos termo-higrômetros foram acoplados em miniabrigos meteorológicos, voltados para o norte geográfico, foram fixados em postes de iluminação a 2 metros acima do solo. Os pontos foram denominados de AP 1, AP 6, AP 7 e AP 8, essa terminologia deveu-se a padronização dos aparelhos utilizados em pesquisas anteriores (ALVES, 2017). O AP 2, AP 3, AP 4 e AP 5 não estão presentes nessa pesquisa porque foram furtados.

O ponto (AP 1) está localizado na Latitude 15°18’38’’S e na Longitude 49°36’20’’W, sua altitude é de 613m, (Parque Curumim), constituído por árvores de médio e alto porte, que provoca sombreamento no local e o solo é coberto por areia.

O ponto (AP 6) está localizado na Latitude 15º18’34’’ e na Longitude 49º36’03’’, sua altitude é de 604m, centro da cidade onde se observa o maior fluxo de veículos, os arredores contém prédios e casas. Na calçada não há arborização, e a área é toda pavimentada.

No ponto (AP 7) há arborização de porte baixo, está centralizado em uma rotatória, cujos os arredores não possuem vegetação e são compostos por ruas pavimentadas. Está localizado na Latitude 15º18’39’’S e na longitude 49º36’51’’W, sua altitude é de 585m.

O ponto (AP 8) localiza-se na Latitude 15º18’39’’S e na longitude 49º36’31’’W, sua altitude é de 593m. Possui espaço livre, sem barreiras para a circulação do ar. Na calçada não há arborização e a área é toda pavimentada.

Fase 2 - Caracterização temporal: na escala local e microclimática a caracterização temporal foi realizada da seguinte forma: os termo-higrômetros foram programados para registrarem os dados a cada 30min, no ano de 2018, durante um período de cinco meses (janeiro a maio). Com isso, foi possível verificar os padrões meteorológicos do ambiente urbano em escala temporal intra-diária, diária e mensal.

Fase 3 - Tratamento dos dados coletados: após a realização da coleta dos dados foi estruturado um banco de dados, em função do horário das coletas. Realizou-se estatística descritiva dos dados, cálculo de médias e frequências.

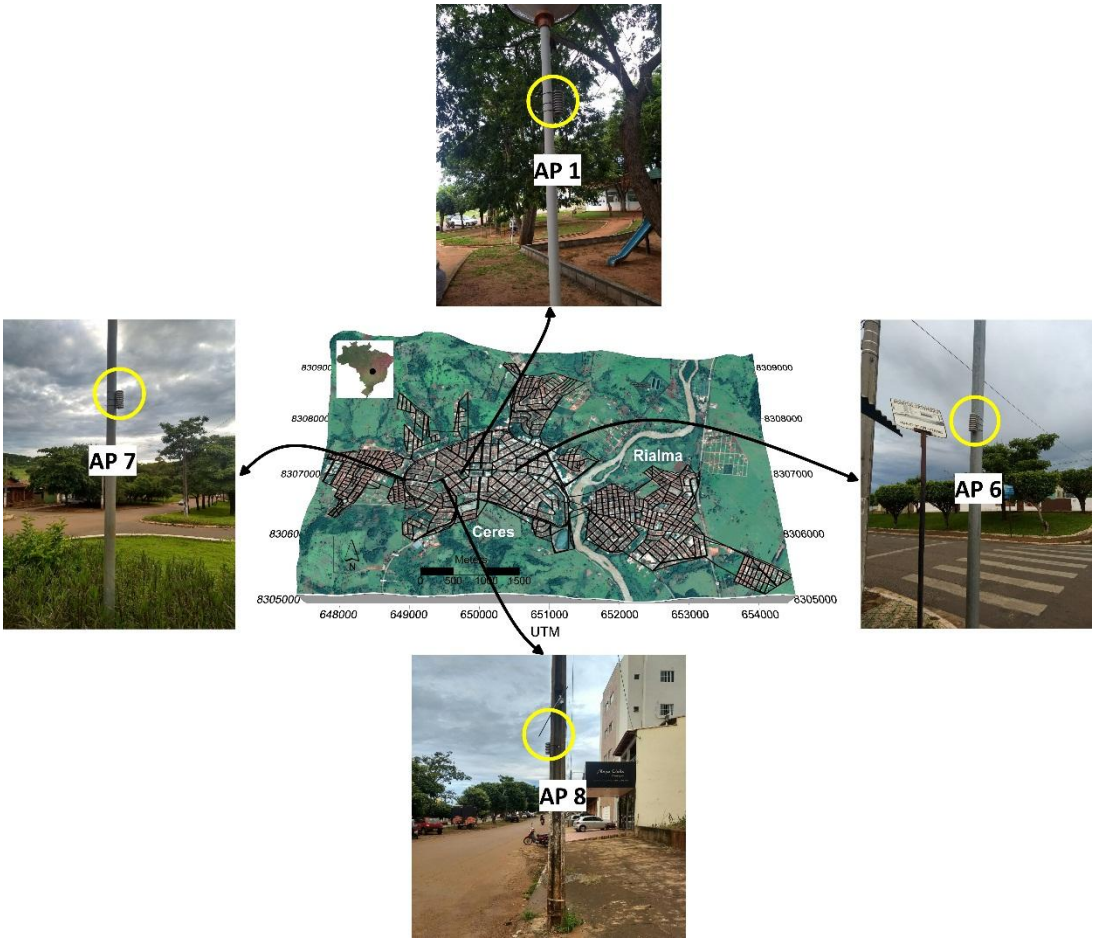

Figura 1 - Localização dos pontos de instalação dos termo-higrômetros na cidade de Ceres – Goiás.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A percentagem de horas em que cada ponto de coleta foi o mais quente durante o dia e durante a noite pode ser observada na figura 2. Os gráficos foram separados em período diurno e noturno devido as diferentes características de absorção e reflexão das superfícies urbanas, e, portanto, estabelecem padrões térmicos destoantes durante o dia e durante a noite.

Nota-se que durante o dia e a noite o ponto AP 6 obteve as maiores percentagem de horas com temperaturas superiores aos outros pontos, o fator que favoreceu essa alta percentagem, está relacionado a presença de absorvedores de radiação solar (de baixa refletividade), ou seja, existe uma maior acumulação de energia devido a materiais como concreto e asfalto que absorvem radiação durante o dia e reemitem a radiação em forma de ondas longas durante a noite, fazendo com que a temperatura se eleve ainda mais no período noturno. Outros fatores relevantes é a falta de vegetação no local.

Durante o dia, o ponto 1 (AP 1) obteve a menor percentagem de horas com temperaturas superiores aos outros pontos. Isso se deve a vegetação do local. Segundo Oke (1981) a vegetação tem efeito-oásis (frescor derivado de áreas verdes urbanas). Pois quanto maior a vegetação, maior será o poder

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

refletor, menor a quantidade de radiação absorvida e menor a emissão de radiação de ondas longas. Contudo, durante a noite, o AP 1, o AP 7 e AP 8 registraram percentagens semelhantes (14,6%, 13,3% e 16,1%, respectivamente).

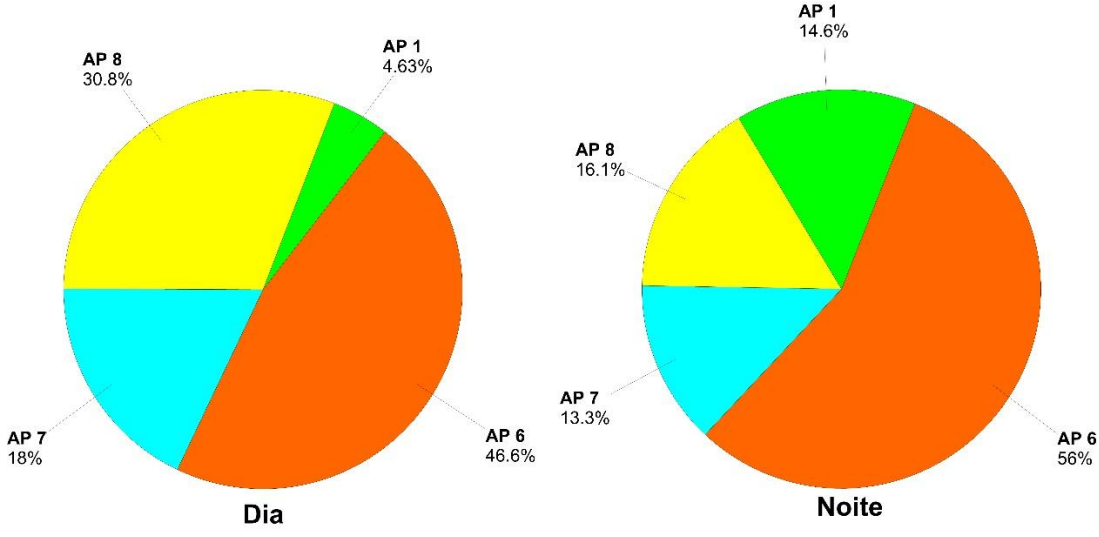

Figura 2 - Percentagem de horas que os pontos de coleta foram os mais quentes durante o dia e durante a noite.

Na figura 3 observa-se que durante o dia, as diferenças das temperaturas médias do ar foram maiores que no período noturno, com uma diferença de 3,3°C entre o ponto AP 1 (Curumim, área vegetada) e o ponto AP 6 (área impermeabilizada com construções e fluxo de veículos), essa diferença média foi observada às 17h. No período noturno o ponto AP 7 apresenta as menores médias de temperatura do ar, provavelmente devido a baixa atitude, que por gravidade estimula a acumulação de ar frio, conforme já observado por Lopes (1995) e Alves (2017).

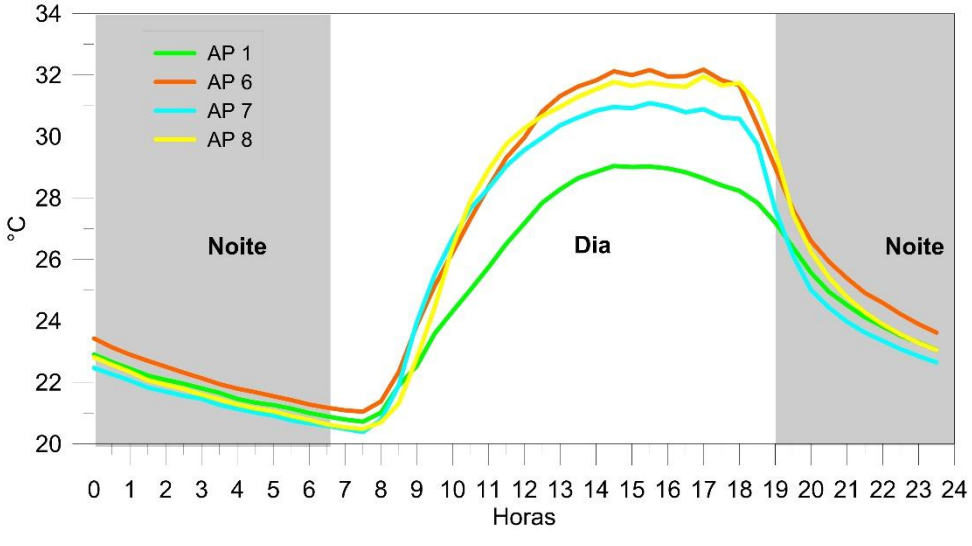

Figura 3 - Temperatura média horária nos pontos de coleta.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A variação horária média da umidade relativa do ar pode ser verificada na figura 4. A maior média da umidade relativa foi observada no horário das 8 horas, em todos os pontos, ficando aproximadamente entre 90 e 95%. O AP 1, durante a maior parte do dia, obteve os maiores registros de umidade, destacando o efeito de áreas verdes no aumento da umidade relativa e na menor variabilidade. Ademais, o AP 6 e o AP 8 obtiveram a maior variabilidade e os menores valores de umidade relativa, ressalta-se que os dois pontos não possuem arborização nas calçadas e a área é toda pavimentada.

Ao se comparar a figura 3 com a figura 4 observa-se uma relação inversa: quanto maior a temperatura do ar, menor será a umidade relativa do ar e vice-versa, isso decorre porque a umidade relativa é inversamente proporcional à tensão de saturação do vapor de água, que por sua vez é diretamente proporcional à temperatura do ar (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980: ALVES; BIUDES, 2012).

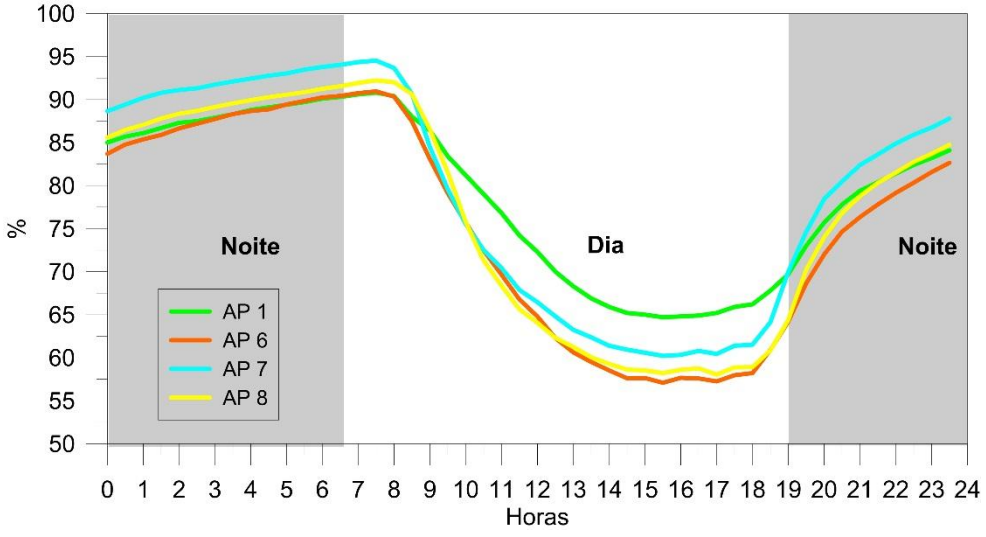

Figura 4 - Média horária da umidade relativa nos pontos de coleta.

Na figura 5 é possível observar os padrões médios das ilhas de calor durante o dia e durante a noite. Os valores acima de 3ºC para o período diurno, e acima de 7,5ºC para noturno são considerados outliers (Outlier=[(Q_3-Q_1)×1,5].

Geralmente, no período da manhã a diferença de temperatura entre áreas urbanas e rurais é mínima. Essa diferença se intensifica ao longo do dia, as superfícies urbanas que absorvem maior quantidade de radiação solar e devolve a radiação em forma de ondas longas, aquece o ar urbano mais rapidamente que áreas rurais.

Contudo, a intensidade da ilha de calor é, normalmente, mais elevada à noite, uma vez que as superfícies urbanas permanecem liberando calor e decresce o arrefecimento no decorrer da noite. No entanto, a figura 5 evidencia realidade diferente, pois as maiores intensidades das ilhas de calor foram observadas no período diurno, chegando a 7,5ºC, enquanto que no período noturno os maiores valores foram de 3ºC.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

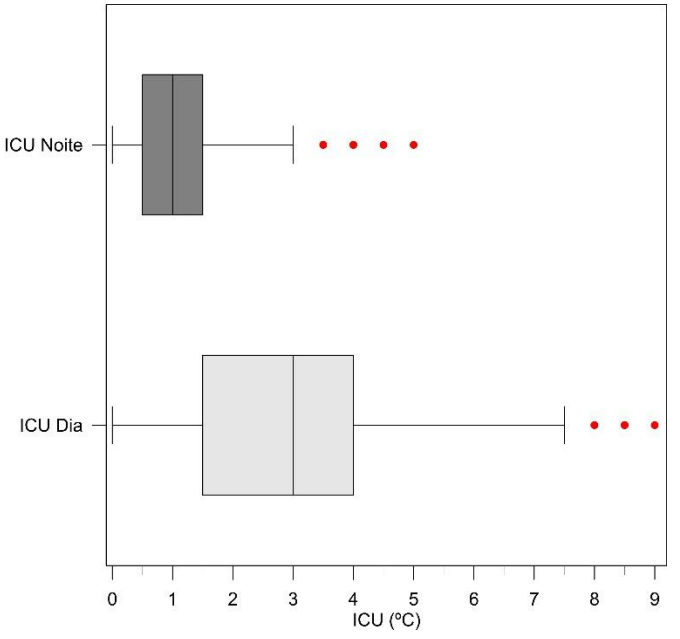

Figura 5 - Bloxplots da ilha de calor urbana durante o período diurno e noturno.

A tabela 1 apresenta a intensidade e a quantidade horária de ocorrências das ilhas de calor. Os dados evidenciaram que o período de maior intensidade ocorreu entre as 12 e as 16 horas, com maiores frequências de ocorrência na faixa de 3,5 a 4ºC. Observou-se ICU de 7ºC, com maiores frequências às 18h e as 17h.

A ilha de calor máxima encontrada foi às 18 e 19 horas com intensidade de 9ºC, entretanto, considerou-se que esse valor se refere a um outilier. Na madrugada (23h – 7h) ocorreram, com maior frequência, ilhas de calor urbanas de menor intensidade variando de 0 a 1,5ºC (Tabela 1).

Tabela 1- Frequência horária da intensidade da ICU.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Hora	Intensidade da ICU																		
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
0	8	33	21	15	14	3	2												
1	11	30	25	19	7	4													
2	9	39	20	17	9	2													
3	16	38	24	14	3	1													
4	16	41	21	14	2	2													
5	13	47	18	16	2														
6	18	39	20	17	2														
7	14	46	20	15	1														
8	7	44	20	14	7	3	1												
9	1	9	21	21	9	10	6	11	5	2	1								
10		3	3	10	13	18	12	13	10	9	3	2							
11	1		1	3	4	12	17	15	17	12	9	4	1						
12		1	2	1	3	8	16	32	11	9	8	4		1					
13	1	3			2	5	26	27	24	6	2								
14		2	2	6	3	6	18	21	22	10	5		1						
15		2	5	3	11	6	11	14	23	10	7	3	1						
16		8	5	6	5	5	11	5	20	9	10	4	6	1	1				
17		4	5	9	5	7	5	6	9	6	8	11	5	9	4		1	2	
18		2	10	7	10	4	4	6	5	9	9	9	5	3	5	3	2	2	1
19		6	23	13	2	7	6	10	6	4	5	6	3	1	2	1			1
20	2	20	21	7	9	16	8	8	3	2									
21	3	18	20	20	12	11	8	4											
22	4	29	17	18	10	10	8												
23	9	26	23	15	15	5	3												
Total	133	490	347	280	160	145	162	172	155	88	67	43	22	15	12	4	3	4	2

CONCLUSÕES

Os primeiros experimentos realizados na cidade de Ceres – Goiás, permitiram diagnosticar que as características do meio urbano de Ceres possuem influência nos valores da temperatura do ar e da umidade relativa, assim como na formação de ilhas de calor. Contudo, as ilhas de calor observadas apresentaram configurações temporais destoantes dos padrões observados nas cidades de grande porte, como a predominância das maiores intensidades da ICU no período diurno.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsa de iniciação científica concedida pelo CNPq à estudante que é primeira autora do artigo.

REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, M. J.; ANDRADE, H.; LOPES, A.; VASCONCELOS, J. Application of climatic guidelines to urban planning. The example of Lisbon (Portugal). Landscape and Urban Planning, v. 90, n. 1-2, p. 56 65, 2009.

ALVES, E. D. L.; BIUDES, M. S. Análise da temperatura do ar e da umidade relativa: estudo de microclimas. Interthesis, v. 9, n. 2, p. 139–156, 2012.

ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V. Contribuição aos estudos do clima urbano: variação térmica e higrométrica em espaços intra-urbanos. Mercator, v. 8, n.17, p. 181-191, 2009.

ALVES, E. D. L. Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. Revista Brasileira de Climatologia, v. 20, n. 13, p. 97–116, 2017.

ALVES, E. D. L. Intensidade e modelagem das ilhas de calor urbanas de superfície em cidade de pequeno porte: análise da região do Oeste Goiano. Boletim de Geografia, v. 37, n. 1, p. 50–63, 2019.

ANDRADE, H.; ALCOFORADO, M. J. Microclimatic variation of thermal comfort in a district of Lisbon (Telheiras) at night. Theoretical and Applied Climatology, v. 92, n. 3-4, p. 225-237, 2008.

ANJOS, M.; LOPES, A.; ALVES, E. D. L.; LUCENA, A. J. Rede climatológica urbana aplicada ao estudo da ilha de calor em Aracaju-SE. Caminhos de Geografia, v. 18, n. 63, p. 203–216, 2017.

COUTTS, A. M.; BERINGER, J.; TAPPER, N. J. Impact of increasing urban density on local climate: Spatial and temporal variations in the surface energy balance in Melbourne, Australia. Journal of Applied Meteorology and Climatology, v. 46, n. 4, p. 477-493, 2007.

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

GEORGAKIS, C.; SANTAMOURIS, M.; KAISARLIS, G. The Vertical Stratification of Air Temperature in the Center of Athens. Journal of Applied Meteorology and Climatology, v. 49, n. 6, p. 1219–1232, 2010.

GOH, K. C.; CHANG, C. H. The relationship between height to width ratios and the heat island intensity at 22:00 h for Singapore. International Journal of Climatology, v. 19, n. 9, p. 1011–1023, 1999.

LEE, S.-H.; BAIK, J.-J. Statistical and dynamical characteristics of the urban heat island intensity in Seoul. Theoretical and Applied Climatology, v. 100, n. 1-2, p. 227-237, 2010.

LOPES, A. Drenagem e acumulação de ar frio em noites de arrefecimento radiativo. Um exemplo no vale de Barcarena (Oeiras). Finisterra, v. 30, 149–164, 1995.

MENDONÇA, F. de A. Clima e Planejamento Urbano em Londrina. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA F. de A. organizadores. Clima Urbano. Editora Contexto, São Paulo, SP, 2003. 192p.

MEMON, R. A.; LEUNG, D. Y. C.; LIU, C-H. An investigation of urban heat island intensity (UHII) as an indicator of urban heating. Atmospheric Research, v. 94, n. 3, p. 491-500, 2009.

MIHALAKAKOU, P.; FLOCAS, H. A.; SANTAMOURIS, M.; HELMIS, C. G. Application of neural networks to the simulation of the heat island over Athens, Greece, using synoptic types as a predictor. Journal of Applied Meteorology, v. 41, n. 5, p. 519-527, 2002.

MONTAVEZ, J. P.; RODRIGUEZ, A.; JIMENEZ, J. I. A study of the urban heat island of Granada. International Journal of Climatology, v. 20, n. 8, p. 899-911, 2000.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e Clima Urbano. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias n° 25).

MONTEIRO, C. A de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. Geosul, v. 5, n. 9, p. 61-79, 1990.

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. Journal of Climatology, v. 1, n. 3, p. 237-254, 1981.

OKE, T. R.; MCCAUGHEY, J. H. Suburban-rural energy balance comparisons for Vancouver, B.C.: An extreme case? Boundary-Layer Meteorology, v. 26, n. 4, p. 337-354, 1983.

RODRIGUES, A. S.; GANDRA, C. P.; TAKEUCHI F. A.; VASCONCELOS, S.C. Efeitos da pavimentação asfáltica em comparação ao concreto quanto às ilhas de calor. UNICAMP,2010.

SANTAMOURIS, M. Heat island research in Europe: The state of the art. Advances in Building Energy Research, v. 1, n. 1, 123–150, 2007.

SANTOS, M. A Urbanização Brasileira. 3 ed. São Paulo: HUCITEC, 1993. 155p.

SHASHUA-BAR, L.; POTCHTER, O.; BITAN, A.; BOLTANSKY D.; YAAKOV, Y. Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. International Journal of Climatology, v. 30, n. 1, p. 44-57, 2010.

SOUCH, C.; GRIMMOND, S. Applied climatology: urban climate. Progress in Physical Geography, v. 30, n. 2, p. 270–279, 2006.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. DO. Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Editora Nobel, 1980.