

# INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS URBANAS E AMBIENTAIS NA FORMAÇÃO E INTENSIDADE DAS ILHAS DE CALOR: ESTUDO DE CASO PARA O SETOR BUENO (GOIÂNIA/GO) – 2020

Estefane da Silva Lopes<sup>1</sup>  
Diego Tarley Ferreira Nascimento<sup>2</sup>  
Karla Emmanuela Ribeiro Hora<sup>3</sup>

## RESUMO

Esta pesquisa analisa a influência das variáveis urbanas e ambientais para formação e intensidade de ilhas de calor, tendo como estudo de caso o Setor Bueno, um bairro de Goiânia, capital do estado de Goiás, Brasil. A ilha de calor foi modelada a partir do processamento da banda termal do satélite Landsat 8, ao longo dos meses de janeiro a dezembro de 2020. Para avaliação da relação da interferência das variáveis urbanas e ambientais relacionadas com as ilhas de calor, foi adotado o modelo de regressão linear múltipla. Os resultados indicam que a temperatura variou no Setor Bueno entre janeiro e dezembro de 2020, de acordo com a sazonalidade climática da cidade, com maiores médias nos meses da primavera (38,5 °C em setembro). A maior intensidade das ilhas de calor foi registrada a transição entre a estação seca e chuvosa, com 17,9°C, em relação ao máximo e mínimo valor observado em janeiro. O modelo de regressão linear múltipla demonstra que a ilha de calor é altamente correlacionável com as variáveis urbanas e ambientais, haja visto que a maior proporção de áreas construídas eleva e a maior proporção de áreas verdes ameniza as temperaturas.

**Palavras-chave:** Clima urbano. Landsat 8. Regressão múltipla. Urbanização. Ilha de calor.

## INFLUENCE OF URBAN AND ENVIRONMENTAL VARIABLES ON THE FORMATION AND INTENSITY OF HEAT ISLANDS: CASE STUDY FOR THE BUENO SECTOR (GOIÂNIA/GO) – 2020

## ABSTRACT

This research analyzes the influence of urban and environmental variables on the formation and intensity of heat islands, using Sector Bueno, a neighborhood in Goiânia, the capital of the state of Goiás, Brazil, as a case study. The heat island was modeled by processing the thermal band of the Landsat 8 satellite over the months of January to December 2020. The multiple linear regression model was used to assess the relationship between the interference of urban and

---

<sup>1</sup> Engenheira Civil pela Faculdade Objetivo, Agrimensora pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFH), Mestra em Projetos e Cidade pela Universidade Federal de Goiás (UFG) e doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). E-mail: [estefane\\_lopes@hotmail.com](mailto:estefane_lopes@hotmail.com)

<sup>2</sup> Geógrafo, Mestre e Doutor em Geografia e Professor Adjunto da Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: [diego\\_nascimento@ufg.br](mailto:diego_nascimento@ufg.br)

<sup>3</sup> Arquiteta e Urbanista pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), Mestra em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Professora Associada da Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: [karla\\_hora@ufg.br](mailto:karla_hora@ufg.br)

environmental variables related to heat islands. The results indicate that the temperature varied in the Bueno Sector between January and December 2020, in accordance with the city's climatic seasonality, with higher averages in the spring months (38.5 °C in September). The greatest intensity of heat islands was recorded in the transition between the dry and rainy seasons, with 17.9°C, in relation to the maximum and minimum values observed in January. The multiple linear regression model shows that the heat island is highly correlated with urban and environmental variables, since a higher proportion of built-up areas raises and a higher proportion of green areas lowers temperatures.

**Key-words:** Urban climate. Landsat 8. Multiple regression. Urbanization.

## **INFLUENCIA DE LAS VARIABLES URBANAS Y AMBIENTALES EN LA FORMACIÓN E INTENSIDAD DE LAS ISLAS DE CALOR: ESTUDIO DE CASO PARA EL SECTOR DE BUENO (GOIÂNIA/GO) – 2020**

### **RESUMEN**

Esta investigación analiza la influencia de variables urbanas y ambientales en la formación e intensidad de las islas de calor, utilizando como caso de estudio el Sector Bueno, un barrio de Goiânia, capital del estado de Goiás, Brasil. La isla de calor se modelizó procesando la banda térmica del satélite Landsat 8 durante los meses de enero a diciembre de 2020. Se utilizó el modelo de regresión lineal múltiple para evaluar la relación entre la interferencia de las variables urbanas y ambientales relacionadas con las islas de calor. Los resultados indican que la temperatura varió en el Sector Bueno entre enero y diciembre de 2020, de acuerdo con la estacionalidad climática de la ciudad, con promedios más altos en los meses de primavera (38,5 °C en septiembre). La mayor intensidad de las islas de calor se registró en la transición entre la estación seca y lluviosa, con 17,9 °C, en relación con los valores máximos y mínimos observados en enero. El modelo de regresión lineal múltiple muestra que la isla de calor está altamente correlacionada con variables urbanas y ambientales, ya que una mayor proporción de zonas edificadas eleva y una mayor proporción de zonas verdes disminuye las temperaturas.

**Palabras Clave:** Clima urbano. Landsat 8. Regresión múltiple. Urbanización.

### **INTRODUÇÃO**

A urbanização transformou as cidades em áreas adensadas, com menor proporção de vegetação e maior presença de superfícies artificiais com composição e estrutura diversas. Consequentemente, esse novo ambiente modifica o balanço de energia e aumenta o armazenamento de calor que, por sua vez, contribui para a elevação de temperatura em áreas urbanas, condicionando a formação de ilhas de calor urbanas (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003; LANDSBERG, 2006; OKE, 1987, 2020).

A literatura científica aponta como principal característica para a formação de ilha de calor urbana a diferença da atmosfera no centro urbano em comparação à atmosfera rural (STEWART, 2000; VOOGT, OKE, 1997; 2003; Qiu, Gong e Ni, 2019). Teza e Baptista (2005) explicam que, em decorrência dos diferentes materiais e da forma de ocupação nas áreas centrais e urbanizadas, há aumento significativo da irradiação de calor em relação as zonas periféricas ou rurais.

De acordo com Alves (2017), Dorigon e Amorim (2019), Amorim (2021) e Araújo (2021), aspectos relacionados à geometria urbana e aos elementos geoambientais são determinantes para a configuração e intensificação das ilhas de calor, em virtude de influenciarem o balanço de energia no meio urbano. Ademais, Rajagopalan et al. (2014) salientam a influência dos aspectos meteorológicos na magnitude e intensidade do fenômeno em questão, tais como velocidade e direção do vento, umidade e cobertura de nuvens.

O modelo descrito por Oke (1981) distingue as mensurações de ilhas de calor a partir da “*urban canopy layer*” e pela “*urban boundary layer*”, que podem ser traduzidas por “camada de cobertura urbana” e “camada limite urbana”, respectivamente. Enquanto a primeira compreende a altura do solo até o nível médio da cobertura das edificações e é influenciada pelos elementos urbanos na escala do microclima, a segunda se estende a partir das edificações até a influência da atmosfera sobre o espaço urbano, sob atuação dos tipos de tempo.

Associada à perspectiva da “*urban canopy layer*” sugerida por Oke (1981), convém considerar a mensuração e análise da ilha de calor de superfície, especialmente em referência ao advento do sensoriamento remoto termal (OKE, 2003; FIALHO; AZEVEDO, 2009).

Métodos tradicionais de mensuração de ilhas de calor urbanas, sobretudo que envolvem a observação de pontos fixos, demandam recursos materiais e humanos, além de envolverem dificuldades diante a instalação e segurança dos equipamentos. Não obstante, o uso de dados de sensoriamento remoto provenientes infravermelho termal vem sendo uma alternativa vantajosa por detectar, de forma contínua e abrangente, a configuração e dinâmica do ambiente térmico urbano (ZHA et al.2003).

Todavia, independentemente do método de mensuração, é importante pontuar que as ilhas de calor urbanas são reflexo do modelo de crescimento urbano sem o devido planejamento (GARTLAND, 2010). Nesse sentido, estudos sobre ilhas de calor urbanas não consistem apenas no diagnóstico das temperaturas no meio urbano, mas compreendem ainda um importante

insumo capaz de orientar a formulação e implementação de políticas públicas e de ordenamento para melhoria da qualidade de vida da população (CHEN et al., 2020).

Diante do aumento da temperatura na porção central das cidades, é importante que planejadores considerem os efeitos adversos à saúde em suas estratégias de planejamento, tais como: problemas cardiorrespiratórios, estresse térmico e mortalidade induzida por calor (SOUZA; NEURY, 2012; ABREU et al., 2020). Diversas pesquisas corroboram esses efeitos adversos causados pelas ilhas de calor urbanas, desde as pioneiras realizadas por Evelyn (1661) e Howard (1833) para a cidade de Londres, às mais recentes desenvolvidos ao contexto brasileiro (TAVARES, 1975; SARTORE, 1979; LOMBARDO, 1985; AMORIM, 2005; SOUZA; NERY, 2012; TEIXEIRA, AMORIM, 2018; MENDES, ARMOND, SILVA, 2022) ou à outras localidades do mundo (STREUTKER, 2002; DENG et al., 2009; HU, BRUNSELL, 2013; BUDHIRAJA, PATHAK, AGRAWAL, 2017; WANG et al., 2019).

Assim, conhecer a magnitude e o impacto das ilhas de calor urbanas numa dada localidade é de suma importância para definir diretrizes para um planejamento urbano eficiente e sustentável, contribuindo, assim, para o bem-estar da população urbana.

Conforme apontado por Luan et al. (2020), enquanto nos Estados Unidos evidencia-se uma série de princípios de controle ambiental para mitigar ilhas de calor urbanas (EPA, 2020), no Brasil tais medidas ainda são incipientes. Nesse sentido, Dorigon e Amorim (2019) defendem a necessidade de ampliar estudos a respeito desse fenômeno nas diferentes cidades brasileiras, de modo que possam prover insumos e diretrizes ao poder público.

Outrossim, é fundamental que os estudos sobre clima urbano contemplem a avaliação de como o tipo e o gradiente construtivo adensado (edifícios, ruas, etc.) afetam o ambiente. Além disso, é essencial serem levados em consideração também os aspectos geoambientais, tais como o relevo, cobertura vegetal, corpos hídricos, etc. (ALVES, 2017).

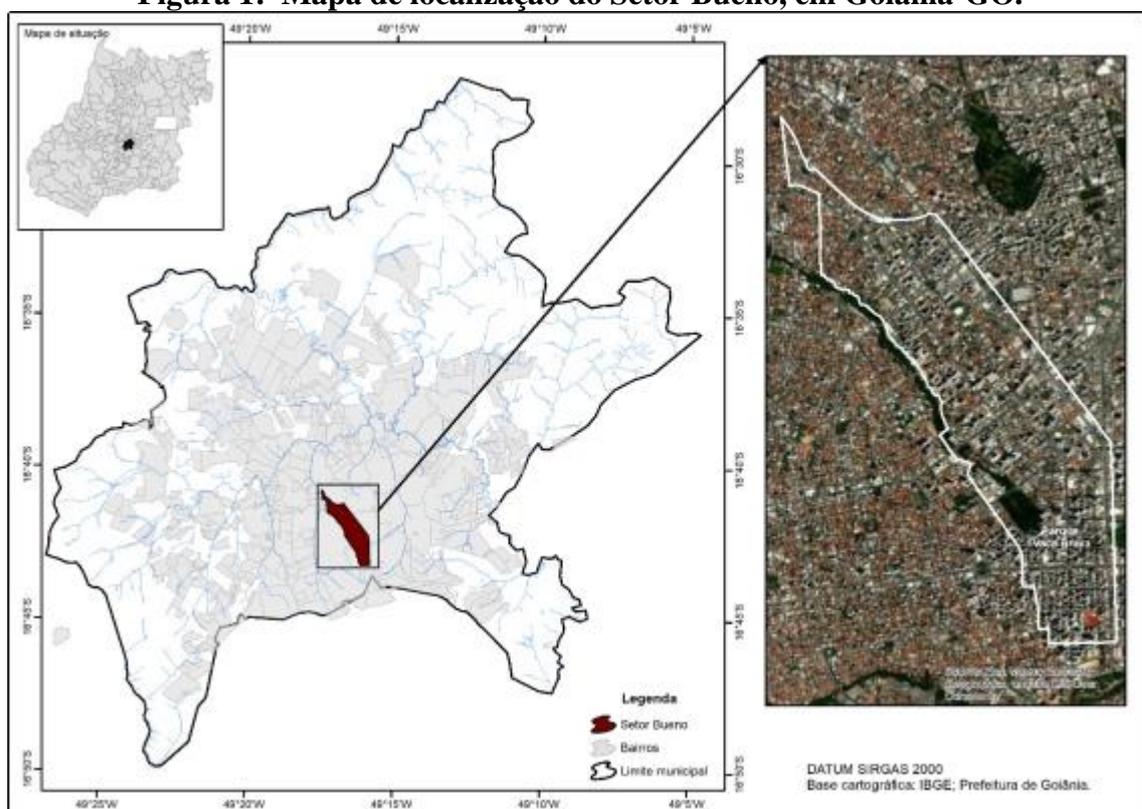
Nesse sentido, convém pontuar a relevância de tais estudos para a cidade de Goiânia que, apesar de adotar o título de “Capital verde do Brasil” (GOIÂNIA, 2022) devido à grande proporção de vegetação e áreas verdes (STREGLIO, 2012; ARAÚJO, 2021), apresenta diferenças térmicas que chegam a 17°C, entre a região mais central e urbanizada e a periférica (NASCIMENTO, OLIVEIRA, 2012).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar, por meio do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto ao longo do ano de 2020 e da sugestão de um modelo

matemático de regressão linear múltipla, a influência das variáveis urbanas e ambientais na formação e intensidade das ilhas de calor no Setor Bueno.

O Setor Bueno está localizado na porção centro-sul da área urbana de Goiânia (Figura 1), e foi selecionado como área em estudo por ser bastante urbanizado, impermeabilizado, adensado e verticalizado. Todavia, na porção sul do bairro encontra-se uma notável área verde, denominada Parque Vaca Brava, que apresenta cobertura vegetal e corpo hídrico que atuam no conforto térmico, conforme estudos realizados por Silva (2017).

**Figura 1: Mapa de localização do Setor Bueno, em Goiânia-GO.**



Fonte: próprios autores

## MATERIAIS E MÉTODOS

O percurso metodológico compreendeu, basicamente, três procedimentos: 1) levantamento e análise da variação espacial e temporal da temperatura de superfície terrestre ao longo das quatro estações do ano de 2020; 2) mapeamento e avaliação das variáveis urbanas (cobertura do solo e das edificações, distância de área verde e índice de construções) e ambientais (altitude e índice de vegetação); e 3) averiguação da influência das variáveis urbanas

e ambientais na formação e intensidade da ilha de calor, a partir do modelo de regressão linear múltipla.

Dentre a vasta gama de modelagens da termografia urbana (mensurações *in situ*, transectos móveis, imagens de satélite, etc.), adotou-se o modelo de regressão linear múltipla no presente trabalho, tendo em vista ser ainda incipiente na mensuração de ilhas de calor. Todavia, conforme apontado por Gomes et. al (2017), tal modelo foi capaz de explicar cerca de 60% das variações da temperatura ocorridas na área urbana de Ubatuba (SP).

Originalmente, o método foi utilizado para o controle da poluição atmosférica (BRIGGS et al., 1997). Entretanto, com o passar dos anos, foi empregado no contexto de distintas aplicações, inclusive na determinação de ilha de calor (LU; YU, 2015; LIU et al., 2021). Além dos baixos custos, a estrutura empírica do mapeamento de regressão e a simplicidade dos dados de entradas são os pontos positivos na utilização deste método.

Os autores atestam a facilidade que o uso desta ferramenta traz para elaborações de mapas térmicos e de ruído (XIE; LIU; CHEN, 2011; AGUILERA et al., 2015; SIEBER et al., 2017; RAESS et al., 2021), pois a ferramenta permite construir mapas de forma mais simples, com baixo custo e em menor período de tempo em campo, já que todas as análises são obtidas estatisticamente.

Para o levantamento da temperatura superficial terrestre, foram empregadas as imagens Landsat 8, por possuírem melhor resolução espacial (100m), espectral, temporal e radiométrica em suas bandas termais, dentre as imagens de satélite disponíveis gratuitamente. Optou-se em utilizar a banda termal 10, pois é a banda em que contem registros termais da superfície. O horário de passagem do Landsat 8 sob a área em estudo é por volta das 13h, horário bastante pertinente para o estudo, uma vez que Zhou et al. (2014) afirmam que as ilhas de calor urbanas são mais intensas durante o dia, especialmente para as regiões tropicais.

As imagens foram obtidas no catálogo de imagens do *United States Geological Survey* – Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), em sua homepage (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

Para garantir melhor possibilidade de análise comparativa das situações encontradas para as ilhas de calor urbanas ao longo do ano de 2020, foram selecionadas imagens mensais, compreendendo o período de janeiro a dezembro de 2020 – com datas indicadas pelo Quadro 1 a seguir.

**Quadro 1 – Data de registro das imagens termais do satélite Landsat 8**

Estação	Mês	Data	Dia da Semana
Verão	Janeiro	13/01/2020	Segunda
	Fevereiro	14/02/2020	Sexta
	Março	17/03/2020	Terça
Outono	Abril	02/04/2020	Quinta
	Maio	04/05/2020	Segunda
	Junho	05/06/2020	Sexta
Inverno	Julho	07/07/2020	Sexta
	Agosto	24/08/2020	Segunda
Primavera	Setembro	25/09/2020	Sexta
	Outubro	27/10/2020	Terça
	Novembro	28/11/2020	Sábado
Verão	Dezembro	30/12/2020	Quarta

Fonte: próprios autores

Após seleção e coleta das imagens, e procedimentos de pré-tratamento (registro, mosaico e máscara do recorte da área de estudo), levantou-se o campo térmico superficial com o auxílio do *software* Arcgis 10.8, a partir das orientações de Chander et al. (2009) e Coelho e Correa (2013), descritas na sequência.

Inicialmente, foi realizada a conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, pela Equação 1, proposta por Jensen (2011). Em seguida, transformou-se os valores obtidos para temperatura de superfície em escala Kelvin, conforme indicado pela Equação 2, também sugerida pelo autor supracitado. Logo em seguida, fez-se a conversão dos valores para graus celsius (-273,15).

$$L\lambda = ML \cdot Qcal + AL \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

$L\lambda$  = Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m<sup>2</sup> srµm)

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

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

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

$$T = \frac{K_2}{\ln \times \left( \frac{K_1}{L\lambda + 1} \right)} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)

K2 = Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)

K1 = Constante de calibração 1 = 774.89 (K)

Lλ = Radiância espectral em Watts/(m<sup>2</sup> srμm)

Após a elaboração dos mapas mensais de temperatura de superfície terrestre (TST) que representam as ilhas de calor urbanas (ICU), procedeu-se à elaboração de mapas de cobertura do solo do Setor Bueno, para análise das variáveis urbanas. Para tanto, empregou-se as imagens de satélite de alta resolução disponíveis pelo Google Earth referente ao ano 2020. No processo de classificação da cobertura do solo, foram consideradas oito classes: (1) vegetação arbórea e (2) rasteira, (3) massa d'água, (4) cobertura das construções em telhado cerâmico, (5) telhado de concreto e (6) galvanizado, (7) asfalto e (8) solo impermeabilizado. Desse modo, além das coberturas do solo, também foram mapeadas as coberturas das edificações.

Para o mapeamento da cobertura do solo e das edificações, foi realizada a amostragem de cada uma das oito classes temáticas. Em seguida, realizou-se o mapeamento a partir do método de classificação supervisionada, também pelo *software* Arcgis 10.8.

Como variáveis urbanas, além da cobertura do solo e das edificações, também foram consideradas a distância em relação a áreas verdes (parques urbanos) e o índice de construção por diferença normalizada – do inglês *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI).

O NDBI foi desenvolvido por Zha, Gao e Ni (2003), para diferenciar áreas construídas de áreas não construídas. O NDBI é um índice indicado para enfatizar áreas construídas, valendo-se das bandas do Infravermelho Próximo (NIR) e do Infravermelho Médio (SWIR) do Landsat 8, conforme a Equação 3. Quanto mais próximo o resultado estiver de +1, maior a presença de áreas construídas.

$$\text{NDBI} = (\text{SWIR} - \text{NIR}) / (\text{SWIR} + \text{NIR}) \quad (\text{Equação 3})$$

Por sua vez, para a distância de área verde/parque ambiental (no caso do Setor Bueno, o Parque Vaca Brava), foi calculada a distância em linha reta de cada pixel da imagem Landsat a partir do limite do Parque.

Além das variáveis urbanas, foram consideradas outras, associadas aos aspectos ambientais: altitude e vegetação. Para a altitude, foi elaborado um modelo digital de elevação

(MDE) na escala de 1:5.000, a partir de curvas de nível do Mapa Urbano Básico Digital de Goiás (MUBDG), disponibilizado pela Prefeitura.

Para retratar a vegetação foi utilizado o consagrado índice de diferença normalizada de vegetação – do inglês *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Para o cálculo de NDVI, foram empregadas bandas espectrais do Infravermelho Próximo (NIR), que está relacionado com a estrutura celular das plantas, e o Vermelho visível (RED), região do espectro de grande absorção pela clorofila. Quanto mais próximo de +1 for o resultado, maior a proporção e vigor da vegetação. O NDVI foi desenvolvido por Rouse et al. (1973), sendo utilizado para medir a intensidade da clorofila da cobertura vegetal. A fórmula do NDVI é dada por:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (\text{Equação 4})$$

Com a finalidade de verificar, estatisticamente, quais as variáveis urbanas e ambientais têm maior potencialidade de contribuir para a intensidade da ilha de calor, utilizou-se a técnica de regressão linear múltipla.

A regressão múltipla é uma técnica multivariada e tem como objetivo obter uma relação matemática entre as variáveis do sistema, a fim de produzir valores para uma variável dependente (LAPPONI, 2005). No contexto do estudo ora relatado, é importante enfatizar que a utilização das imagens de satélite facilitou o processo de coleta de dados, haja visto que se fosse utilizada a coleta dos pontos em campo seria um processo mais demorado e oneroso, pois quanto maior o número de pontos de coleta maior será a resposta obtida pelo modelo de regressão múltipla. Desse modo, o empregado da imagem de satélite proporcionou um maior número de pontos de coleta e uma melhor resposta para o modelo.

De acordo com Montgomery, Peck e Vining (2012) o modelo de regressão linear múltipla pode ser representado pela Equação 5.

$$Y = \beta_0 + \beta_{1X_1} + \beta_{2X_2} + \dots + \beta_{KX_k} + \varepsilon \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

Y = variável dependente

xk = variáveis independentes (ou preditoras)

Bk = coeficientes de regressão

Para análise da regressão múltipla, foram definidos e empregados 25 pontos, distribuídos de forma aleatória pelo Setor Bueno, que foram processados no programa *Statistic*. Foi adotado como variável dependente o campo térmico e, como variáveis independentes,

foram considerados os dados de: NDBI, NDVI, distância do parque, altitude e algumas classes de cobertura do solo (solo impermeável, telhado concreto, telhado cerâmico, telhado galvanizado, vegetação rasteira, vegetação arbórea, e asfalto).

Inicialmente realizou-se o teste de colinearidade, para avaliação da relação entre as variáveis, sendo que para valores de R superiores a 0,5, a variável deva ser excluída. Todas as variáveis receberam análise estatística descritiva, identificando-se a correlação existente entre as variáveis (Correlação de Pearson), sendo que para aquelas que apresentaram valores superiores a 0,7 (correlação forte), foram calculados as equações de regressão e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) – medida estatística que informa o quão próximos os dados estão da linha de regressão ajustada, sendo adotado o valor de 0,05 de significância.

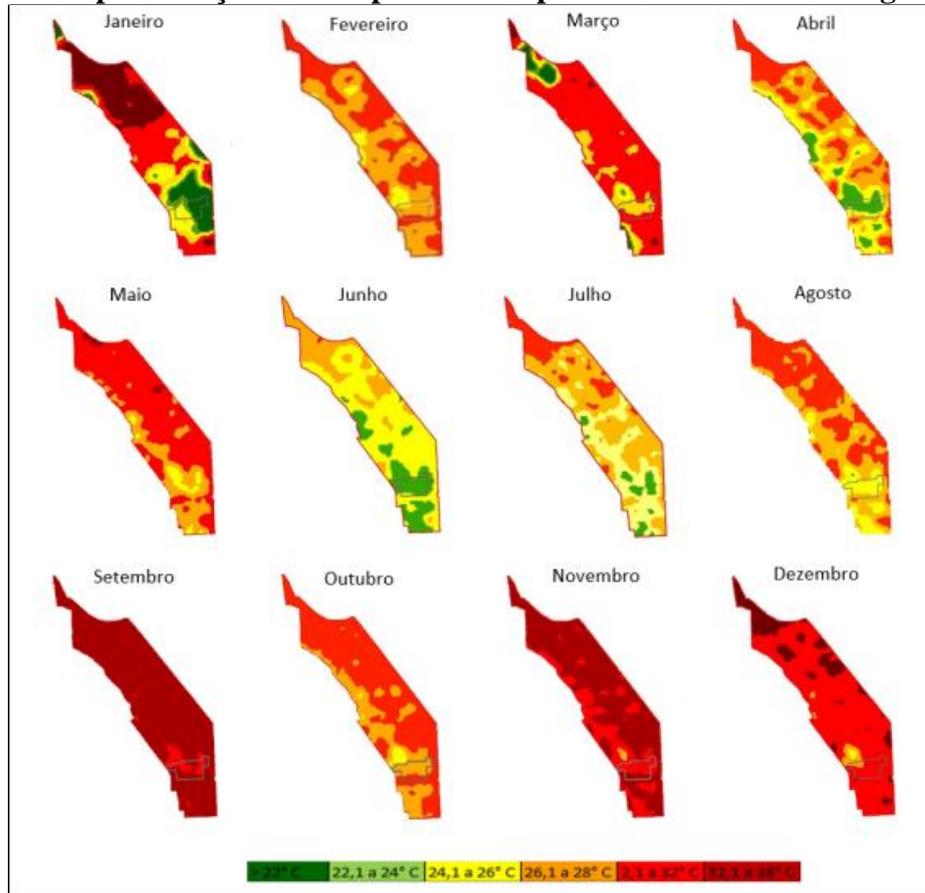
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### **Análise da variação temporal e espacial da ilha de calor urbana no Setor Bueno em 2020**

Conforme demonstrado pelos mapas da Figura 2, a Temperatura Superficial Terrestre durante o ano de 2020 no setor Bueno apresentou redução entre janeiro e maio, os menores valores em junho, e novo incremento de julho a setembro, mês em que atingiu seu pico máximo. Nos meses de outubro a dezembro, os valores de temperatura voltaram a diminuir.

Essa variação mensal da ilha de calor acompanha a da temperatura média mensal em Goiânia. Conforme apontado por Luiz (2012) e Nascimento e Costa (2020), as temperaturas médias mensais em Goiânia aumentam entre janeiro e março, reduzem nos meses característicos do inverno e outono (com menor média em junho), aumentam entre julho e outubro e tendem a reduzir em novembro e dezembro (em virtude das chuvas).

**Figura 2: Representação de Temperatura Superficial Terrestre ao longo de 2020**



Fonte: próprios autores

Os dados da Tabela 1 representam os valores médios de temperatura superficial em cada mês de 2020, assim como os valores mínimos e máximos encontrados, de desvio padrão e de amplitude. Pelo que se observa, os **maiores** valores, tanto de temperatura máxima (38,5°C) quanto mínima (29,4°C), são registrados no mês de junho. Por sua vez, no mês de junho se registra o menor valor de temperatura máxima (28,1°C).

A maior amplitude é verificada no mês de janeiro, tendo em vista a temperatura máxima de 35,6 e a temperatura mínima de 17,7°C. Valores também consideráveis de amplitude da ilha de calor são constatados no mês de março (14,7°C) e novembro (9,6°C), ao passo que os meses do outono e inverno caracterizam as menores intensidades (amplitudes) da ilha de calor urbana.

**Tabela 1: Relação valores mensais máximo, mínimo, médio e de amplitude das temperaturas de superfície terrestre no Setor Bueno ao longo de 2020**

Mês/Estação	Data	Temp. máx.	Temp. mín.	Média	Amplitude
Janeiro/Verão	13/01/2020	35,6	<b>17,7</b>	28,6	<b>17,9</b>
Fevereiro/Verão	14/02/2020	30,9	24,3	27,7	6,6
Março/ Verão	17/03/2020	32,9	18,2	28,8	14,7
Abril/Outono	02/04/2020	30,9	23,7	27,8	7,2
Maió/Outono	04/05/2020	32,9	24,5	28,9	8,4
Junho/ Outono	05/06/2020	<b>28,1</b>	22,2	<b>25,1</b>	5,9
Julho/Inverno	07/07/2020	29,8	22,5	27,1	7,3
Agosto/Inverno	24/08/2020	31,5	24	27,9	7,5
Setembro/Primavera	25/09/2020	<b>38,5</b>	<b>29,4</b>	<b>34,8</b>	9,1
Outubro/Primavera	27/10/2020	31,9	24,4	28,6	7,5
Novembro/Primavera	28/11/2020	36,2	26,6	32,8	9,6
Dezembro/Verão	30/12/2020	33,8	25,4	30,7	8,4

Fonte: Próprios autores

A partir da termografia de superfície ao longo dos meses de 2020, percebe-se que as menores temperaturas de superfície são registradas na porção sul do Setor Bueno, próximo ao parque Vaca Brava - Figura 3. O papel do Parque Vaca Brava na amenização das temperaturas foi bem abordado por Silva (2017), inclusive nas quadras vizinhas ao parque.

**Figura 3: Fotografia do Parque Vaca Brava, na porção sul do Setor Bueno**



Fotografia: José Alves Marinho Filho (2023).

Dessa forma, no contexto da ilha de calor, as áreas verdes podem proporcionar um efeito de ilhas de frescor, sobretudo quando também estão presentes lagos em seu interior – algo constatado tanto na leitura internacional (SHAMS, GIACOMELI, SUCOMINE, 2009; TOPARLAR et al., 2018) quanto em estudos de caso para a cidade de Goiânia (SILVA, LUIZ, OLIVEIRA, 2016; RODRIGUES, PASQUALETO, GARÇÃO, 2017).

Por sua vez, as maiores temperaturas ocorrem na porção norte do Setor Bueno, especificamente junto às quadras residenciais, ao norte da intersecção da Avenida T-6 com a T-2, e às quadras comerciais com galpões industriais e grande fluxo de veículo e pessoas, entre as Avenidas T-2 e T-1, no cruzamento com a T-7 (Figura 4).

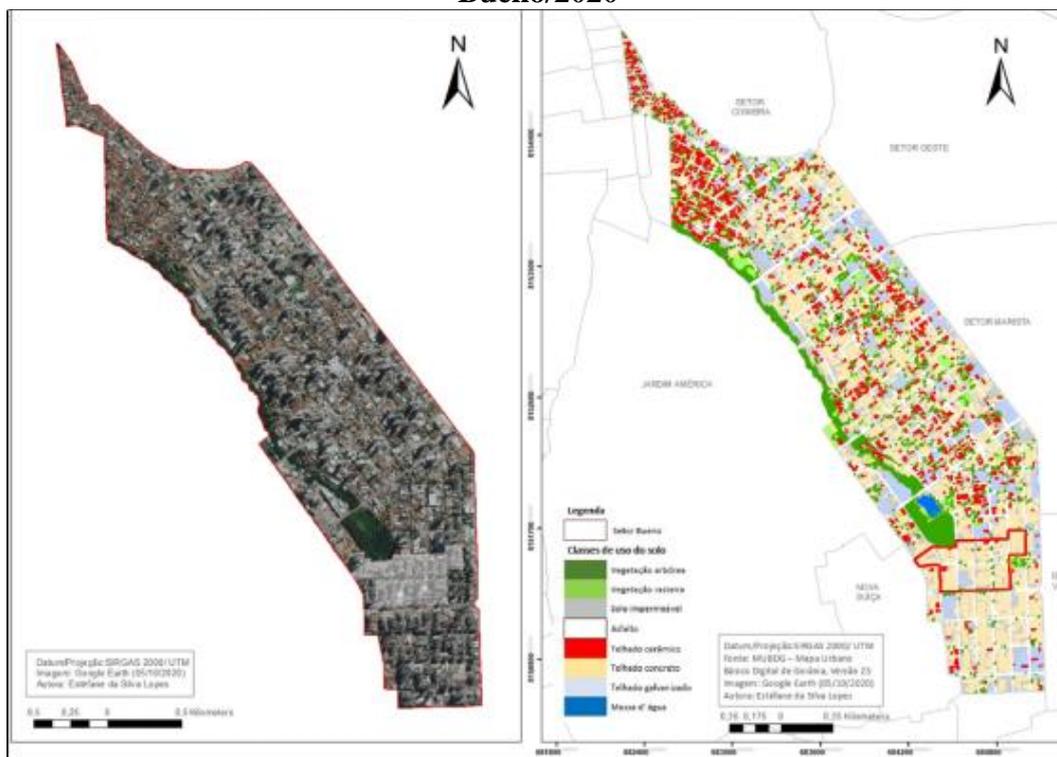
**Figura 4: Porção norte do Setor Bueno, nas imediações da Avenida T-6 e T-7 (transversais, sentido sudoeste/nordeste) e T-2 e T-1 (verticais, sentido noroeste/sudeste), com grande presença de residências e estabelecimentos comerciais**



Fonte: Google Earth

Nessa área mais residencial, o mapeamento da cobertura do solo e das edificações (Figura 5) indica predomínio de telhado cerâmico e pouca presença de vegetação arbórea. No caso da área comercial há maior ocorrência de telhado de concreto e galvanizado, além também da escassa ocorrência de vegetação arbórea.

**Figura 5: Imagem aérea e mapeamento da cobertura do solo e das edificações do Setor Bueno/2020**



Fonte: próprios autores

Fica evidente a relação da intensidade da ilha de calor em função dos materiais que compõe a superfície e as edificações. A região com maior densidade construtiva residencial horizontal e de galpões comerciais, com ausência de vegetação, representa uma área com temperaturas mais elevadas.

Este fator pode ser explicado pela capacidade térmica dos materiais construtivos (Oke, 2020). Segundo GARTLAND (2010), materiais como concreto, amianto e asfalto são reconhecidos pelas suas propriedades físicas de alteração da capacidade térmica da superfície, por serem bons absorvedores de calor, e, conseqüentemente, importantes emissores de radiação de ondas longas, o que explica a maiores temperaturas.

De mesmo modo, nas regiões de residências horizontais, associadas ao asfalto e com telhado cerâmico, pode ocorrer efeito acumulativo de energia. Não havendo o total arrefecimento da temperatura por parte destes materiais, há o acúmulo de calor. Essa propriedade é também pontuada por Fialho (2009).

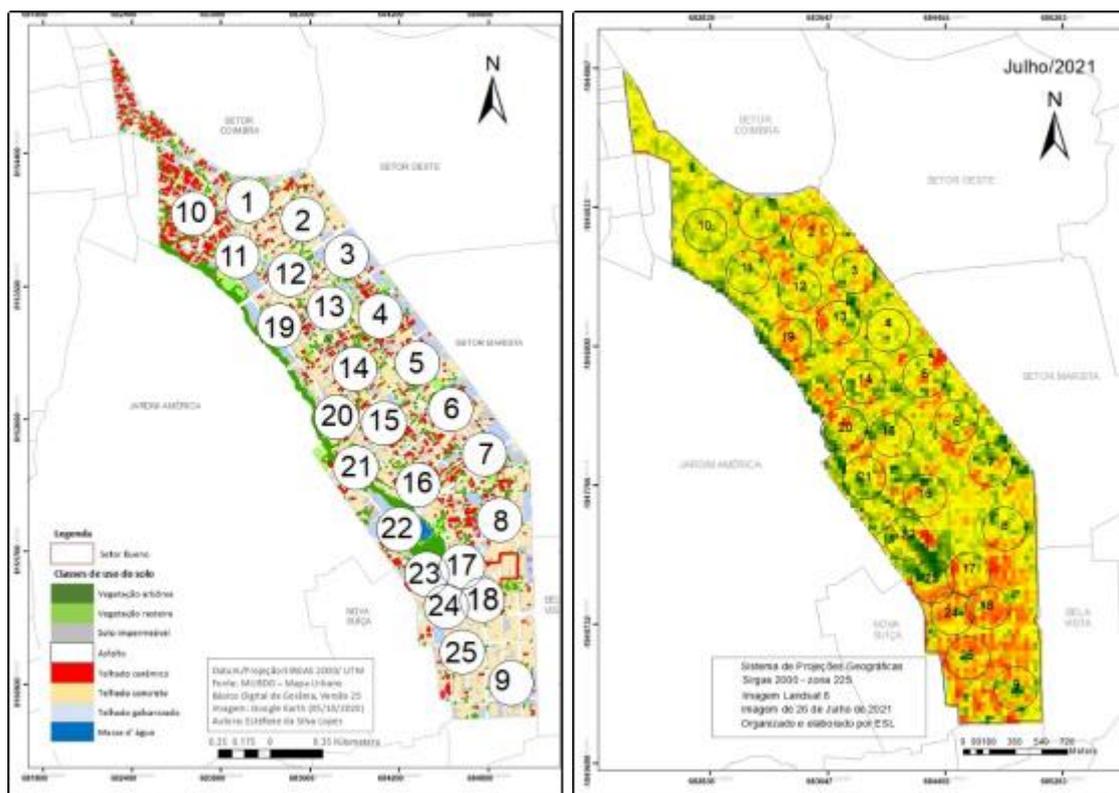
Não obstante, o registro das menores temperaturas na região com maior proporção de vegetação e construções verticais pode ser justificado pelo efeito de sombreamento

proporcionado pela geometria dos prédios, impedindo que a radiação atinja a superfície e, conseqüentemente, a aqueça.

### Análise da influência das variáveis urbanas e ambientais na ilha de calor urbana do Setor Bueno por meio de regressão linear múltipla

Com base nos 25 pontos de amostragem distribuídos de forma aleatória pelo Setor Bueno (Figura 6), empregou-se a regressão linear múltipla para avaliar a influência das variáveis urbanas e ambientais (consideradas como variáveis independentes) na temperatura de superfície (considerada como variável dependente).

**Figura 6: Mapas cobertura do solo e das edificações (A) e NDBI (B) do Setor Bueno/2020**



Fonte: próprios autores

Foram analisados os histogramas de distribuição normal para cada uma das variáveis, sendo a variável com valor de  $p$  maior que 0,05 considerada como normal. As variáveis solo impermeável, telhado concreto, telhado cerâmico e telhado galvanizado não apresentaram

distribuição normal, pois o valor de  $p$  foi menor que 0,05, sendo eles: 0,0295, 0,0003, 0,0005, 0,0382, respectivamente.

Quando as variáveis não apresentam distribuição normal, é necessário refazer o processo utilizando novo teste algoritmo com o  $\log_{10}$ , assim, as variáveis solo impermeável, telhado concreto, telhado cerâmico e telhado galvanizado foram retiradas da análise.

As melhores correlações estatísticas foram alcançadas entre as classes distância do parque (0,732697), altitude (-0,640729) e NDVI (-0,420493), ao passo que as menores foram verificadas para a vegetação (-0,271019), NDBI (0,111079) e asfalto (0,023218) – independentemente de ser negativa ou positiva.

Ao analisar os dados obtidos por cada variável e o valor de  $R^2$  indicado pelo modelo, foi obtida a porcentagem da variação dos dados, que é explicada pelo valor  $R^2 = 70\%$  - sugerindo que o modelo apresentou alto poder de explicação das variáveis: NDVI, NDBI, altitude e distância do parque, já que apenas estas variáveis apresentaram relação considerável com a termografia de superfície perante o modelo de regressão.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a regressão, com os valores de  $R = 0,88635458$ ,  $R^2 = 0,78562444$ ;  $R^2$  Ajustado = 0,71416592 e; Erro Estimado = 0,76987.

**Tabela 2: Análise estatística por regressão linear múltipla das variáveis**

Classes	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(18)	p-value
			37,5145	11,54184	3,25031	0,004442
<b>Asfalto</b>	0,278735	0,129439	0,00001	0,00005	2,15340	0,045093
<b>Altitude</b>	-0,819107	0,230845	-0,04400	0,01240	-3,54830	0,002297
<b>NDVI</b>	-0,360998	0,146572	-39,75930	16,14308	-2,46293	0,024091
<b>NDBI</b>	0,289709	0,116726	0,00020	0,00009	2,48195	0,023160
<b>DISTANCIAPARQUE</b>	0,042866	0,261288	0,00010	0,00045	0,18534	0,855038
<b>E</b>						
<b>VEGETAÇÃO</b>	-0,143688	0,177493	-0,51650	0,63805	-0,80954	0,428776

Fonte: próprios autores

A regressão linear múltipla que melhor estimou a ilha de calor urbana está representada na Equação 6, sendo que todas as variáveis foram calculadas foram lançadas na equação geral.

$$ICU = (37,5145 + 0,0001 * \text{asfalto} - 0,044 * \text{altitude} - 39,7593 * \text{NDVI} + 0,0002 * \text{NDBI} + 0,0001 * \text{distanciaparque} - 0,5165 * \text{vegetação}) \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

ICU = Intensidade da Ilha de calor urbana em 0C

asfalto – área de asfalto em um raio de 150 m do ponto em que se deseja ter a temperatura;

altitude = valor da altitude do relevo, em metros;

NDVI = Valor equivalente ao NDVI do ponto analisado;  
NDBI = Valor equivalente ao NDBI do ponto analisado;  
distanciaparque = distância do ponto até o parque em comprimento linear, em metros;  
vegetação = área de vegetação em um raio de 150 m do ponto em que se deseja ter a temperatura.

Sendo assim, é possível estimar a ilha de calor dos pontos do Setor Bueno para o mês de julho, pois o valor  $p$  é menor que 0,05. Há evidências de que as variáveis estão relacionadas com a ilha de calor urbana, pois ambas possuem valor  $p$  menor que 0,05. Assim, é possível indicar que o NDVI, a vegetação arbórea e a altitude estão relacionadas com a diminuição da temperatura superficial, pois ambas possuem valor  $p$  menor que 0,05 e coeficientes negativos.

As variáveis utilizadas no modelo explicam 71% da variabilidade da ilha de calor urbana. Não obstante, para elevação da confiança do modelo, seria necessário inserir outras variáveis ou aumentar o número de pontos amostrais. Apesar da limitação do modelo não explicar 100% da variação e intensidade da ilha de calor, é possível (e sugerível) a implementação da metodologia para outras localidades, sob distintas condições meteorológicas, para que o modelo possa ser testado e validado em diferentes contextos.

Com coeficientes negativos de -0,36, -0,41 e -0,81, o NDVI, a vegetação arbórea e a altitude, respectivamente, demonstram serem inversamente proporcionais à intensidade da ilha de calor urbana. Ou seja, quanto menos significativas forem essas variáveis, maior será a intensidade das ilhas de calor. Esses resultados confirmam o efeito desempenhado por áreas verdes e sombreamento de edificações verticais na amenização das temperaturas.

No que diz respeito à vegetação, o coeficiente foi negativo, porém baixo (-0,14). Isso pode ser explicado por ter sido mapeada a vegetação rasteira, de pouca evapotranspiração e com pouca produção de sombreamento. Fato esse que comprova a necessidade de melhor projetar os espaços verdes para mitigar ilhas de calor urbanas.

Em contrapartida, o NDBI e o asfalto apresentaram coeficientes positivos, com valor de 0,28 e 0,27, respectivamente, para a formação de ilhas de calor urbanas. Assim, as áreas construídas possuem a capacidade de intensificar a ilha de calor urbana, enquanto as áreas verdes, especialmente as áreas com vegetação arbórea, ajudam a reduzir a ilha de calor em áreas urbanas.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Diferença Normalizada Modificado (NDBI) têm um forte impacto no modelo de estimativa, sendo que

quanto maior for o NDVI menor será a intensidade da ilha de calor urbana, portanto, são inversamente proporcionais. Por sua vez, o NDBI diretamente proporcional à ilha de calor urbana.

Pela estimativa, a melhor medida para reduzir a ilha de calor urbana é aumentar a área verde, sendo que um aumento de 50% na proporção da vegetação serviria para diminuir 1°C de ilha de calor urbana dentro de uma área de cobertura de 500m × 500m. Por sua vez, com base no modelo produzido, um aumento de 41% da área construída (NDBI) elevará o valor ilha de calor urbana em 1°C.

Ao consultar a literatura, percebe-se que Alves (2017) demonstra que as variáveis NDVI e Índice de Urbanização (IU) foram as variáveis que mais contribuíram para explicar o modelo de regressão múltipla ao também empregar esse método para avaliar a influência de variáveis geourbanas em ilhas de calor para o contexto de cidades de pequeno porte.

Apesar de se valerem de diferentes metodologias e escopos, Silva et al. (2016), Rodrigues et al. (2017) e Silva (2017) também reforçam a relevância das áreas verdes no arrefecimento da temperatura do ar em Goiânia. Ademais, Nascimento e Oliveira (2012) e Streglio (2012) apontam que as áreas verdes tendem a ser mais benéficas em locais estratégicos no espaço urbano, sejam em locais mais urbanizados e densamente habitados, ou em áreas que representem corredores de ventos.

## CONCLUSÕES

No presente trabalho, buscou-se analisar a variação temporal e espacial da ilha de calor urbana no Setor Bueno, em Goiânia, um bairro bastante consolidado, com grande proporção de edificações verticais e presença de uma considerável área verde (Parque Vaca Brava). Além disso, foi averiguada a influência de variáveis urbanas e ambientais para formação e na intensidade da ilha de calor.

Os mapas mensais de temperatura de superfície terrestre para o ano de 2020 sugerem uma nítida variação temporal da ilha de calor, que acompanha a variação mensal e sazonal das temperaturas, com maior intensidade da ilha de calor nos meses de janeiro, março e novembro (verão e primavera). Por sua vez, durante as estações de outono e inverno foram registradas as menores intensidades (amplitudes).

Os maiores registros de temperatura foram observados em áreas com predomínio de coberturas do solo e das edificações que favorecem a absorção e reflexão de temperatura, ao passo que os menores registros são verificados no entorno do Parque Vaca Brava.

Por meio da análise da regressão linear múltipla, verificou-se que as áreas construídas (NDBI) e áreas verdes (NDVI e Vegetação arbórea) afetam significativamente a intensidade do fenômeno de ilhas de calor no setor Bueno, a primeira de maneira diretamente proporcional e a segunda inversamente proporcional.

Nesse sentido, reforçamos as colocações de Lombardo (1985) e de Gartland (2010), quando apontam a importância do aumento da vegetação nos interstícios das cidades, para o arrefecimento e variação da temperatura. A maior quantidade de vegetação, ou árvores, implicará na mudança do balanço de energia na atmosfera, estas necessitam de calor para realizar fotossíntese e transpiração, diminuindo assim a quantidade de raios solares incididos no solo. Desta forma, vale ressaltar a manutenção e ampliação das áreas verdes, sejam em forma de corredores, paredes verdes, paisagismo em torno dos edifícios, calçamentos intercalados com gramíneas, coberturas verdes ou tetos-jardins etc.

No entanto, uma análise simplista de causa e efeito não se aplica na realidade. A relação entre os materiais de construção, cobertura vegetal e as características do terreno e o fenômeno de ilhas de calor é complexa. Dessa forma, sugere-se estudos complementares, de modo a melhor prover a modelagem desse fenômeno, inclusive em sua variação mensal e sazonal.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ2) ao segundo autor

## **REFERÊNCIAS**

ABREU, A. M.; SÁTIRO, G.; LITRE, G.; SANTOS, L.; OLIVEIRA, J. E.; SOARES, D.; ÁVILA, K. A interface entre saúde, mudanças climáticas e uso do solo no Brasil: uma análise da evolução da produção científica internacional entre 1990 e 2019. **Saúde Soc.**, São Paulo, v.29, n.2, e180866, 2020.

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. 97-117, 2017.

AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira De Climatologia**, 25, 2021.

AMORIM, M. C. de C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, v. 20, n. 39, p. 65-82, 2005.

ARAÚJO, E. V. P. de. **Parques urbanos e lagos municipais na Região Metropolitana de Goiânia**: Uso, conservação e apropriação dos espaços públicos. 2021. 420 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

ARAUJO, L. F. **Ilhas de calor em Sinop-MT**: análise das características térmicas em conjunto com os aspectos socioeconômicos e ambientais. Dissertação(Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2021.

BUDHIRAJA, B.; PATHAK, P.; AGRAWAL, G. Spatio-temporal variability of urban heat islands in local climate zones of Delhi-NCR. In: REMOTE SENSING TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS IN URBAN ENVIRONMENTS, 4 out. 2017, Warsaw, Poland. **Anais...** Warsaw, Poland: SPIE, 4 out. 2017. p. 37.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, 113, p. 893-903, 2009.

CHEN Z., HAO X., ZHANG X. Have traffic restrictions improved air quality? A shock from COVID-19. **Journal of Cleaner Production**, 2020.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, p. 31-45, 2013.

DENG, J. S. et al. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. **Landscape and Urban Planning**, v. 92, n. 3-4, p. 187-198, set. 2009.

DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. DE C. T. Spatial modeling of an urban Brazilian heat island in a tropical continental climate. **Urban Climate**, v. 28, 2019.

EPA. United States **Environmental Protection Agency. Heat Islands and Equity**. Disponível em: <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-islands-and-equity>. Acesso em junho de 2020.

EVELYN, John. **Fumifugium**: or the inconvenience of teraaer smoak of London. London: His Majfties Command, 1661.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira.** Tese (Doutorado em Geografia Física). FFLCH, USP, 2009.

FIALHO, E. S.; AZEVEDO, T. R. Refletindo sobre o conceito de ilha de calor. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2009, Viçosa. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: A Geografia Física Aplicada e as dinâmicas de apropriação da natureza. Viçosa: UFV, 2009. v. 1.

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

GOIÂNIA. Prefeitura de Goiânia revitaliza 33 parques no primeiro semestre de 2022, e amplia plantio de mudas de árvores nativas para mais de 150 mil, na gestão Rogério Cruz. Prefeitura de Goiânia, Goiânia, 2022. Disponível em: <https://www.goiania.go.gov.br/prefeitura-de-goiania-revitaliza-33-parques-no-primeiro-semester-de-2022-e-amplia-plantio-de-mudas-de-arvores-nativas-para-mais-de-150-mil-na-gestao-rogerio-cruz/> Acesso em: 12 jul. 2022.

HOWARD, L. **The climate of London:** Deduced From Meteorological Observations, Made in the Metropolis, and at Various Places Around It. Londres: 1833.

HU, L.; BRUNSELL, N. A. The impact of temporal aggregation of land surface temperature data for surface urban heat island (SUHI) monitoring. **Remote Sensing of Environment**, v. 134, p. 162–174, jul. 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2011. 598 p.

QIU, Y. Y.; GONG, Y. X.; NI, H. G. Contribution of soil erosion to PAHs in surface water in China. **Science of The Total Environment**, v. 686, p.497-504, 2019.

LANDSBERG, H. E. O Clima das cidades. Tradução: Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo. Revisão Profa. Dra. Maria Elisa Siqueira Silva. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, p. 95-111, 2006.

LAPPONI, J. C. **Estatística Usando Excel.** 4. ed. Rio de Janeiro: CAMP-S - RJ, 2005.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **A ilha de calor nas Metrôpoles:** o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

LUAN, X.; Yu, Z.; ZHANG, Y.; WEI, S.; MIAO, X.; HUANG, Z.Y.X; TENG, S. N.; XU, C. Remote Sensing and Social Sensing Data Reveal Scale-Dependent and System-Specific Strengths of Urban Heat Island Determinants. **Remote Sensing**, v. 12, n. 3, p. 391, 2020.

LUIZ, G. C. **Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados:** estudo de caso – Município de Goiânia-GO. 246 f. Tese (Doutorado em Geotecnia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MENDES, J. V.; ARMOND, N. B.; BIZERRA DA SILVA, L. C. Ilhas de calor urbanas de superfície, ondas de calor e de frio no município do Rio de Janeiro – RJ (2015 - 2019). **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 30, n. 18, p. 133–155, 2022.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. de F. (orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 1. ed., 2003.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to Linear Regression Analysis**. 5. ed. [s.l.] John Wiley & Sons, 2012.

NASCIMENTO, D. T. F.; COSTA, Q. S. Permanência do regime de precipitação entre diversos anos-padrão habituais, secos e chuvosos: estudo de caso para Goiânia-GO. **Geoambiente Online**, n. 37, p. 1–14, 2020.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. de. Análise da evolução do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986-2010). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 113–127, 2012.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2 ed. London and New York: Routledge. 1987.

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. **Journal of climatology**, New York, v. 1, n. 3, p. 237–254, 1981.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, London, v. 108, n. 455, p. 1–24, 1982. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>>. Acesso em: 20 agosto. 2020.

OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote sensing of environment**, New York, v. 86, n. 3, p. 371–384, 2003.

RODRIGUES, A. P. M.; PASQUALETTO, A.; GARÇÃO, A. L. O. A Influência dos Parques Urbanos no Microclima de Goiânia. **Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, Goiânia, v. 3, n. 1, p. 25-44, jan./jul., 2017.

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings... Washington: NASA, v.1, p.309-317, 1973.

SARTORI, M.G.B. **O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano**. 1979. 166f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia/FFCLH/USP, São Paulo, 1979.

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

SILVA, C.; ZAMBONI, A. HERNANDES, E. et al. **State of the Art through Systematic review (START)**. Disponível em [lapes.dc.ufscar.br](http://lapes.dc.ufscar.br)

SILVA, K. V.; LUIZ, G. C., OLIVEIRA, L. H. de A. A Importância das áreas verdes para minimizar o efeito das ilhas de calor na cidade de Goiânia-GO: estudo de caso – parque areião e o centro da cidade. In: SGCB, 12, 2016. **Anais...** Goiânia: UFG, p. 841-852, 2016.

SOUZA, D. M. de; NERY, J. T. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia**, Londrina, v. 21, n. 2, p. 65-83, maio/ago., 2012.

STREGLIO, C. F. da C. **Parques urbanos de Goiânia-GO: Dinâmica espacial e potencial turístico**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

STEWART, I. D. Influence of meteorological conditions on the intensity and form of the urban heat island in Regina. **The Canadian Geographer**, v. 3, n. 44, p. 271-285, 2000.

STREUTKER, D. R. A remote sensing study of the urban heat island and of Houston, Texas. **International Journal of Remote Sensing**, v.23, n.13, p.2.595-2.608, 2002.

TAVARES, A. C. **O clima local de Campinas: introdução ao estudo do clima urbano**. 1975. 180f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T. O estudo da ilha de calor em cidade de pequeno porte: algumas contribuições. **Sociedade e Natureza**, v. 30, n. 2, p. 186-209, 2018.

TEZA, C. T. V.; BAPTISTA, G. M. de M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. Goiânia, 2005. **Anais do XII SBSR**. p. 3911-3918.

TOPARLAR, I; BLOCKEN, B.; MAIHEU, B.; VAN HEIJST, G. J. F. The effect of an urban park on the microclimate in its vicinity: a case study for Antwerp, Belgium. **International Journal of Climatology**, [s.l.], v. 38, p. 302-322, 2018

WANG, Z F. The relationship between land use, land cover change, and the heat island effect in Xi'an City, China, **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 17, n. 4, 2019.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Complete Urban Surface Temperatures. **Journal Of Applied Meteorology**, v. 36, p. 1117-1132, 1997.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, v. 3, n. 86, p. 371-384, 2003.

ZHA, Y., GAO, J. e NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery . **International Journal of Remote Sensing** , v. 24, n. 3, p. 583–594, 2003.

ZHOU, D.; ZHAO, S.; LIU, S.; ZHANG, L.; ZHU, C. Surface urban heat island in China's 32 major cities: Spatial patterns and drivers. **Remote Sensing of Environment**, v.152, p. 51–61, 2014.

*Recebido em Setembro de 2023*

*Aprovado em Abril de 2024*

*Publicado em Agosto de 2024*