



## Potencial de Calor em Áreas do Distrito Federal, Brasil

Raphael Maia Aveiro Cessa<sup>1</sup>, Felipe Gimenes Rodrigues Silva<sup>2</sup>, Carlos Magno Moreira de Oliveira<sup>3</sup>,  
Nilton Nélio Cometti<sup>1</sup>, Ilvan Medeiros Lustosa Junior<sup>1</sup>, Alisson Macendo Amaral<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília - Campus Planaltina.

<sup>2</sup>Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Confresa.

<sup>3</sup>Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais - Campus Arinos. (\*Autor correspondente: [alisson.amaral@ifmg.edu.br](mailto:alisson.amaral@ifmg.edu.br))

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 01/08/2020 – Revisado em: 15/08/2020 – Aceito em: 20/08/2020

### RESUMO

Este trabalho objetivou determinar o potencial de calor em áreas do Distrito Federal, Brasil, dado pelo produto LST da missão Sentinel 3. Para tal, produtos de LST (Land Surface Temperature) de Nível-2 da missão Sentinel 3 foram fornecidos pelo instrumento SLSTR, obtidos no endereço eletrônico da *Copernicus Open Access Hub* para as datas 16 e 20 de maio de 2019. As imagens rasterizadas (produtos) de LST na escala termométrica Kelvin foram trabalhadas no aplicativo computacional Arc Gis 10.1 pela função *raster calculator*, fazendo-se a conversão para a escala termométrica Celsius. Posteriormente, sobre essas imagens foram gerados pontos amostrais pela função *Conversion tools* → *From raster* → *Raster to Point*. Por meio da função *kriging* foram gerados dois mapas contendo valores de LST em graus Celsius. Pela função *raster calculator* obteve-se uma única imagem de LST. Sobre essa imagem geraram-se pontos amostrais pela função *Conversion tools* → *From raster* → *Raster to Point*. Por meio da função *kriging* criou-se um mapa de com legenda estratificada em três classes de LST em graus Celsius que, posteriormente, foram reclassificadas para baixa, média e alta potencialidade de calor. Sobre o mapa de potencialidade de calor foram sobrepostos arquivos no formato shapefile da mancha de ocupação urbana referência ano de 2015, das Unidades Federativas de Conservação, da Floresta Nacional e das Estações Ecológicas do Distrito Federal fornecidos pelo GeoPortal DF. De forma geral, o potencial de calor em áreas do Distrito Federal é maior nas áreas com ocupação urbana e menor em áreas de vegetação natural (estações ecológicas, Floresta Nacional e Parque Nacional).

**Palavras-Chaves:** Ocupação urbana, Substituição vegetativa, Ilhas de calor.

## Heat Potential in Areas of Federal District, Brazil

### ABSTRACT

This study aimed to determine the heat potential in areas of the Distrito Federal, Brazil given by the Sentinel 3 Mission LST product. To this end, Sentinel 3 Level-2 Land Surface Temperature (LST) products were provided by the SLSTR instrument obtained Copernicus Open Access Hub email address for May 16-20, 2019. Kelvin thermometer-scale raster images (products) were worked on in the Arc Gis 10.1 computational application using the raster calculator function, making the data conversion to Celsius thermometer scale. Later, on these images, sample points were generated by the Conversion tools → From raster → Raster to Point function. Through the kriging function two maps were generated containing LST values in degrees Celsius. The raster calculator function obtained a single LST image from the maps. On this image, sample points were generated by the function Conversion tools → From raster → Raster to Point. Using the kriging function, we created a map of stratified subtitles in three classes of LST in degrees Celsius that were later reclassified to low, medium and high heat potentiality. Over the heat potential map were overlaid files in shapefile format of urban landmarks, using year 2015 as reference, from the Federal Conservation Units, the National Forest, and the Ecological Stations of the Distrito Federal provided by GeoPortal DF. In general, the heat potential in areas of the Distrito Federal is higher in areas with urban occupation and lower in areas of natural vegetation (ecological stations, National Forest and National Park).

**Keywords:** Urban occupation, Vegetative substitution, Heat islands.

Cessa, R. M. A., Silva, F. G. R., Oliveira, C. M. M., Cometti, N. N., Lustosa Júnior, I. M., Amaral, A. M. (2020). Potencial de calor em áreas do Distrito Federal (Brasil). *Meio Ambiente (Brasil)*, v.2, n.4, p.73-83.



Direitos do Autor. A Meio Ambiente (Brasil) utiliza a licença *Creative Commons* - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC.

## 1. Introdução

O clima nas áreas urbanas e seus arredores é alterado em função da substituição das áreas vegetadas por áreas impermeabilizadas, sendo a temperatura superficial terrestre um dos principais indicadores da referida alteração, causando “ilhas” de calor nas cidades (Mallick, Kant & Bharath, 2008; Kumari et al., 2018). Nesse sentido, a temperatura da superfície terrestre (LST) é definida como a energia radiada da superfície derivada da radiação solar que não coincide com a temperatura do ar, embora segundo Gusso, Fontana e Gonçalves (2007) e Jin e Dickinson (2010), exista elevada correlação positiva entre elas e importância nas pesquisas termais em ambientes (Weng, 2009).

O balanço energético superficial é função da interação da radiação com a cobertura da Terra (Sousa & Ferreira Junior, 2012). A radiação solar que chega à Terra distribui-se desigualmente na superfície terrestre e, portanto, é esperado que diferentes usos e ocupações do solo promovam valores distintos de temperatura de determinada superfície, considerando a diferença de absorção, emissividade e irradiação existente entre eles (Pereira et al., 2012).

A remoção da vegetação nativa, para atender a demandas sociais e econômicas, tem com uma das consequências o aumento da temperatura da superfície terrestre, decorrente da alta absorção da radiação solar e liberação de calor na forma de ondas longas. Logo, essa relação tende a intensificar por meio da implantação de superfícies que têm por características maior condutividade térmica como estradas, prédios e superfícies impermeáveis em ambientes urbanizados (Liu & Zhang, 2011). O aumento da LST nas cidades ocasiona em desconforto térmico, podendo a temperatura média das cidades alcançar níveis acima da temperatura registrada em ambientes naturais ou rurais, formando as ilhas de calor urbano (Pal & Ziaul, 2017).

O desconforto térmico sentido pela população resulta em aumento do consumo de energia para resfriamento dos ambientes, além de problemas de saúde aos cidadãos (Elmes et al., 2017). Já em áreas rurais a elevação da temperatura pode ocasionar em prejuízos no desenvolvimento das culturas agrícolas, devido a ocorrência de novas doenças, aumento da evapotranspiração e necessidade de irrigações com maior frequência, gerando maior custo de produção e agregando custos ao produto final (Heinemann et al., 2020; Pal & Ziaul, 2017).

O Distrito Federal tem superfície heterogênea com diferentes fitofisionomias de Cerrado, áreas urbanas e agrícolas (Pereira et al., 2019). Quanto ao seu uso antrópico destacam-se: áreas de cultivo (25,2% do território), pastagem (10,5%) e área urbana (10,5%) (Reis & Lima, 2015). A expansão desordenada da sua malha urbana histórica e contínua (Ribeiro et al., 2012), impacta diretamente na supressão da vegetação nativa seguida de ocupação do solo, bem como a não consideração de espécies vegetativas no mobiliário urbano causam heterogeneidade sobre o uso e ocupação do solo e, portanto, influenciam diretamente sobre o potencial de calor nas diversas localidades. Tal potencial de calor é maior no período compreendido entre maio a setembro (período seco) na referida Unidade Federativa. Esse período é caracterizado principalmente por intensa insolação e baixa umidade relativa do ar, baixa precipitação e grande amplitude térmica (Steinke et al., 2005).

A determinação da LST pode ser obtida por sensoriamento remoto devido ao fato de que o calor de um objeto é convertido em energia radiante, considerando a existência de correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira do objeto e o fluxo radiado por ele (Weng; Lu & Schubring, 2004; Jensen, 2009; Gage & Cooper, 2017; Jia, Kaishan & Baohua, 2019). As técnicas radiométricas de baixo custo, que utilizam sensores orbitais para estimativa da LST, auxiliam no monitoramento de variáveis meteorológicas quanto ao detalhamento da distribuição espacial e temporal (Gusso, Fontana & Gonçalves, 2007).

A Agência Espacial Europeia juntamente com a Comissão Europeia de Monitorização Global do Ambiente e Segurança, que coordena o Programa de Observação Terrestre da União Europeia desenvolveram uma série de missões de observação da Terra por meio do Regulamento (UE) n°377 do Parlamento Europeu e do Conselho de 3 de abril de 2014. Dentre elas estão as sete missões Sentinel (Decisão de Execução (UE) n°621 da Comissão de 20 de abril de 2018) que objetivam substituir antigas missões de

observação terrestre ou que estão chegando ao fim de sua vida útil operacional, garantindo assim a coleta contínua de dados atmosféricos, oceânicos e terrestres.

De acordo com as informações disponíveis em ESA (2020) a missão Sentinel 3 tem três objetivos: citar as medições topográficas da superfície do oceano; as medições da temperatura da superfície da terra e dos oceanos e caracterizar a cor dos oceanos e da reflectância da cobertura do solo. Isso é possível por meio dos instrumentos SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer - radiômetro de temperatura da terra e do mar), OLCI (Ocean and Land Colour Instrument - instrumento de que mede a cor da terra e do oceano), SRAL (Altimeter - altímetro) e MWR (Microwave Radiometer - radiômetro de microondas) embarcados nos satélites Sentinel-3A e Sentinel-3B. Comparativamente aos satélites/sensores SPOT/VEGETATION, ERS e ENVISAT/MERIS a missão Sentinel 3 possui melhorias no desempenho dos instrumentos e permite tempos de revisita mais curtos, ou seja, menos de dois dias para OLCI, menos de 1 dia para SLSTR e 27 dias para o SRAL.

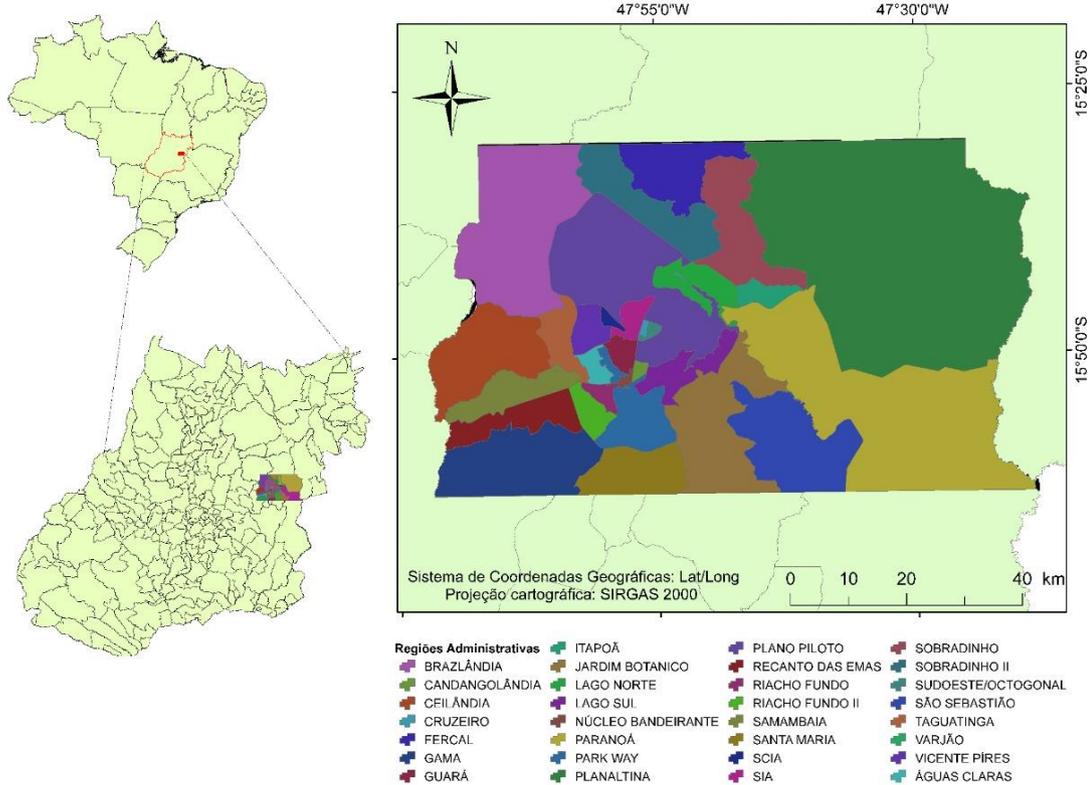
O instrumento SLSTR dos satélites Sentinel-3A e Sentinel-3B possuem bandas térmicas em três canais infravermelhos S7, S8 e S9 em 3,74, 10,85 e 12  $\mu\text{m}$  de comprimentos de ondas, respectivamente, com resolução espacial de 1.000 metros (m), estas usadas para recuperação da temperatura da superfície do mar e da LST nos produtos de Nível-2 (ESA, 2020). Ainda, o referido instrumento possui dois canais na região do infravermelho (fogo e alta temperatura) de faixa dinâmica de baixo ganho (F1 e F2) projetados para fornecer os dados radiométricos necessários para a geração de produtos quantitativos de fogo ativo. Isso evita a saturação dos canais térmicos e se aplica a alvos com um limite superior de 500 °C.

Os algoritmos que derivam a LST usando radiâncias de janela dividida são suficientemente avançados para que seja possível uma precisão de 1 Kelvin. Estes baseiam-se na teoria da transferência radiativa aplicada à troca de radiação entre a superfície e a atmosfera. Os efeitos da emissividade da superfície da terra são implicitamente considerados nesses algoritmos via bioma e vegetação fracionada. O algoritmo constitui-se, portanto, de classes de coeficientes que dependem do vapor d'água atmosférico, do ângulo de visão do satélite, da emissividade da superfície terrestre e das temperaturas de brilho medidas a 11 e 12  $\mu\text{m}$ , respectivamente (ESA, 2020).

Partindo do que foi exposto, o presente trabalho objetivou determinar o potencial de calor em áreas do Distrito Federal, Brasil.

## 2. Material e Métodos

O estudo foi realizado no Distrito Federal (DF), localizado entre as coordenadas 15°30' e 16°03' de latitude sul e entre os meridianos 47°25' e 48°12' de longitude oeste, na região Centro-Oeste brasileira. O DF ocupa uma área de 5.789,16 km<sup>2</sup>, equivalente a 0,06% do território nacional e sua altitude varia entre 850 a 1.400 m em relação ao nível do mar, com clima tropical de altitude segundo a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas, sendo elas quente e úmida entre outubro a abril; e seca de maio a setembro (CODEPLAN, 2012). O território desta unidade federativa é dividido em 31 regiões administrativas (RA's) (Figura 1) com população total de 2.570.160 habitantes, segundo censo de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Figura 1.** Localização das regiões administrativas (RA's) do Distrito Federal.

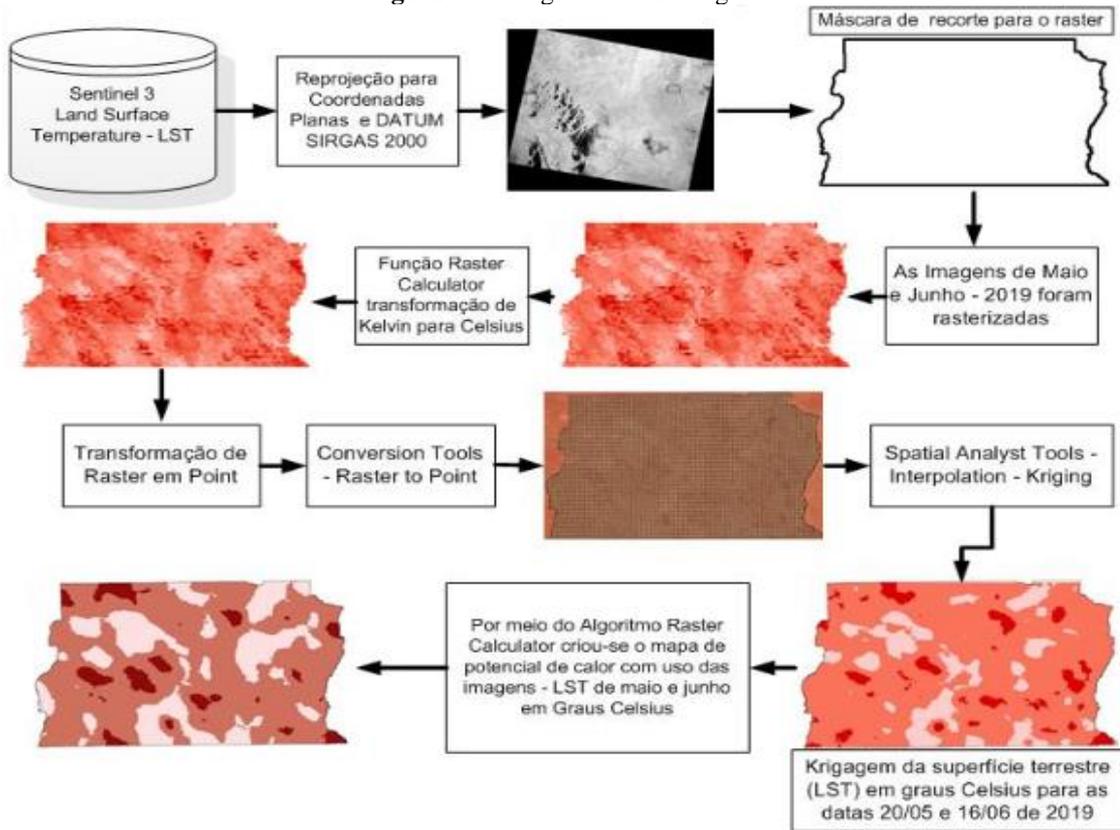
Os produtos de LST do Nível-2 da missão Sentinel 3 com resolução espacial de 1.000 m foram fornecidos pelo instrumento SLSTR, obtidos no endereço eletrônico da *Copernicus Open Access Hub* para as datas de 20/05/2019, com hora de passagem às 12:28 (órbita absoluta 5557) e 16/06/2019, com hora de passagem às 13:08 (órbita absoluta 17336). O sistema de coordenadas geográficas e de projeção cartográfica utilizados foram respectivamente UTM – zona 23S e SIRGAS 2000.

As imagens rasterizadas (produtos) de Temperatura da Superfície Terrestre (LST) na escala termométrica Kelvin (K) foram trabalhadas no aplicativo computacional ArcGIS 10.1. Inicialmente, fez-se uso do algoritmo *raster calculator* para conversão em escala Celsius (°C). Para melhorar a resolução espacial do produto, os dados foram reamostrados por meio de interpolação dos valores espaciais de LST. Para tanto, as imagens foram convertidas para pontos vetoriais e gerando nuvens de pontos contendo informações de latitude, longitude e LST por meio do algoritmo *Raster to Point*.

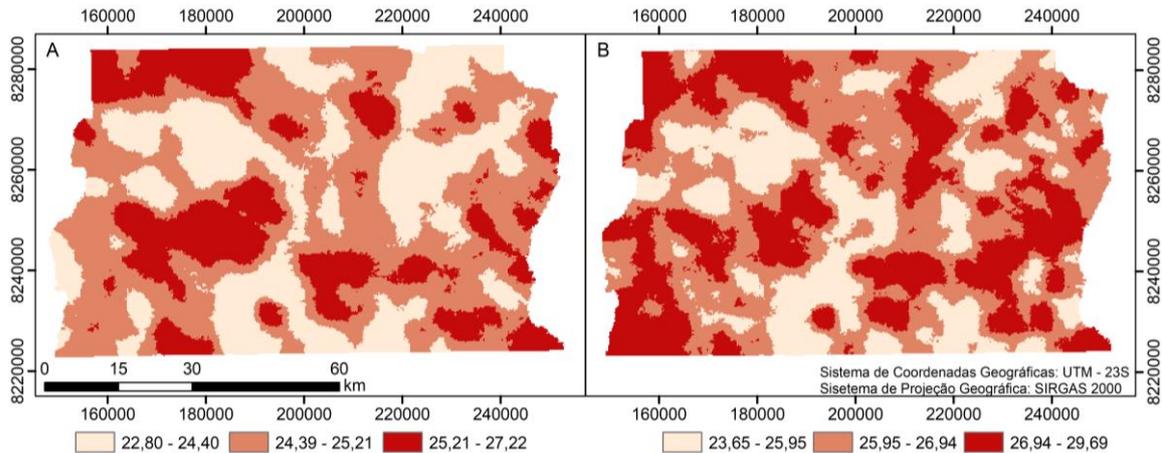
A partir das nuvens de pontos e utilizando o interpolador *kriging*, foram geradas duas novas imagens contendo valores de LST em graus Celsius e resolução espacial de 248 m, para as datas 20 de maio e 16 de junho de 2019. Por meio da função *raster calculator* fez-se a média das imagens de maio e junho, gerando assim, uma imagem da LST contendo legenda estratificada em três classes de potencialidade de calor (baixo, médio e alto). As referidas classes foram estabelecidas pela divisão em partes iguais dos valores de temperaturas máxima e mínima da própria imagem.

O fluxograma metodológico descrito anteriormente pode ser observado na figura 2 e os produtos pela figura 3.

**Figura 2.** Fluxograma metodológico.



**Figura 3.** Produtos da temperatura da superfície terrestre (LST - °C) de Nível-2 da missão Sentinel 3 fornecidos pelo instrumento SLSTR para as datas 20 de maio (A) e 16 de junho (B) de 2019 no Distrito Federal.

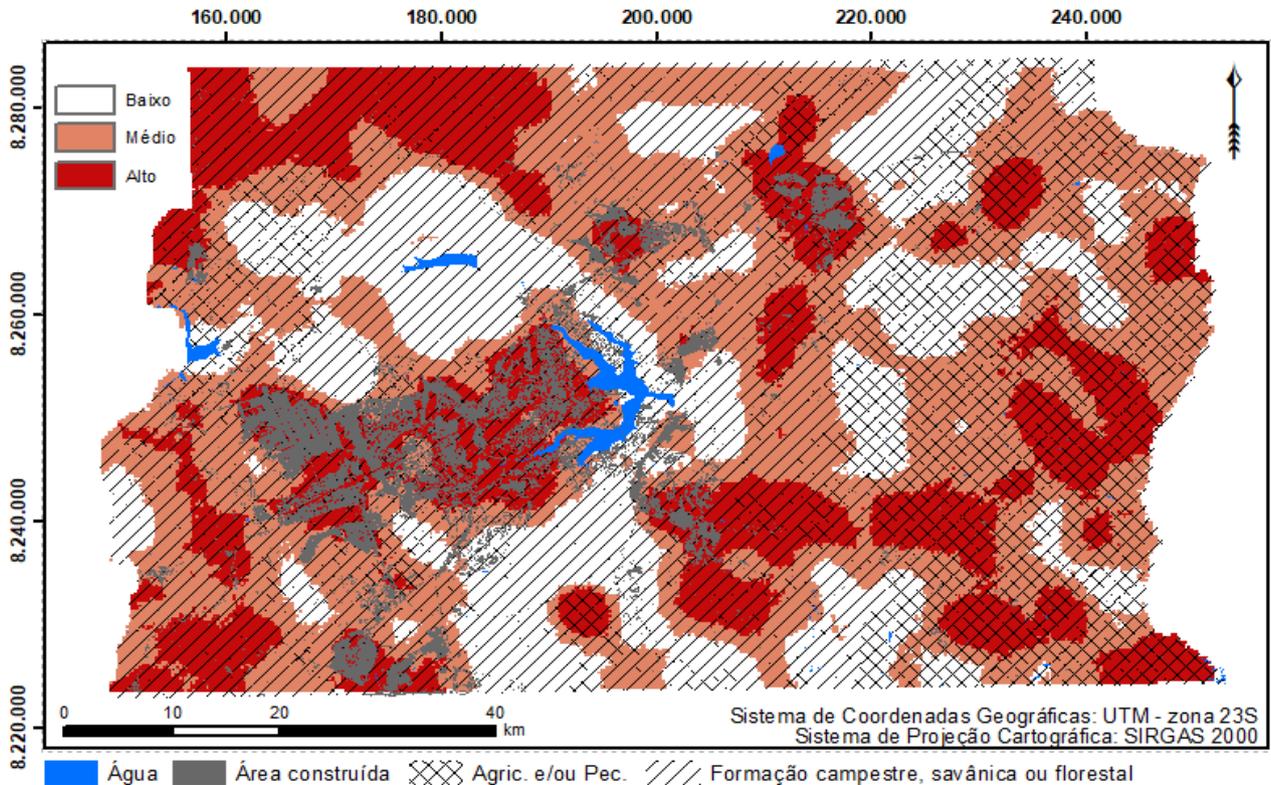


Sobre o mapa de potencialidade de calor foram sobrepostos arquivos no formato shapefile da mancha de ocupação urbana, referência ano de 2015, das Unidades Federativas de Conservação, da Floresta Nacional e das Estações Ecológicas do Distrito Federal fornecidos pelo GeoPortal DF.

### 3. Resultados e Discussão

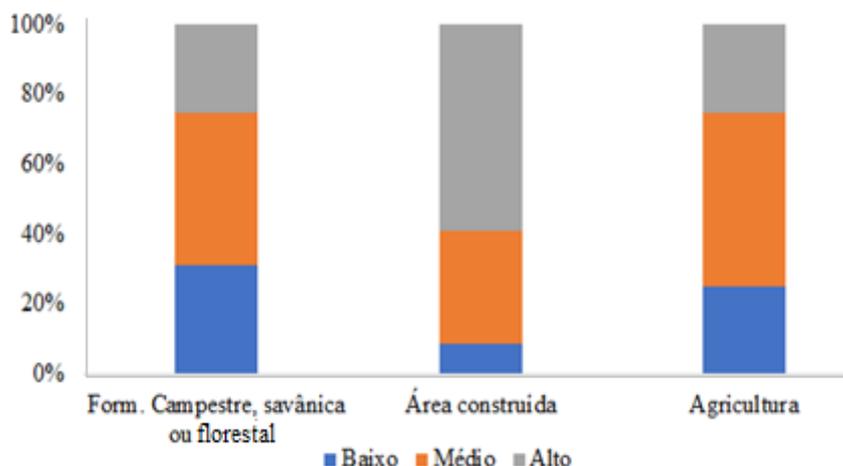
Na Figura 4 observa-se o potencial de calor nas áreas do Distrito Federal. Nota-se que grande parte das áreas de ocupação urbana têm alto potencial de calor e que áreas verdes (estações ecológicas, Floresta Nacional, Parque Nacional, lagos e reservatórios de água), em geral, têm baixo e médio potencial de calor. As Regiões Administrativas (RA) do Distrito Federal (Figura 1) inseridas nas áreas com potencial elevado de calor são: Norte de Sobradinho II e São Sebastião; Sul de Taguatinga e Vicente Pires; Leste de Ceilândia, Gama, Samambaia e Recanto das Emas; Águas Claras, Park Way, Guará, Candangolândia, Núcleo Bandeirante, Plano Piloto, SIA; Oeste do Lago Sul e Santa Maria.

**Figura 4.** Mapa de potencialidade de calor no Distrito Federal, Brasil.



Na Figura 5 é possível observar a participação das classes de uso do solo nas áreas de potencial de calor baixo, médio e alto Distrito Federal-DF. Nota-se que, para “áreas construídas”, se observou maior participação de potencial alto de calor. Na classe “formações campestres, savânicas e florestais” houve uma maior participação de áreas de potencial de calor baixo.

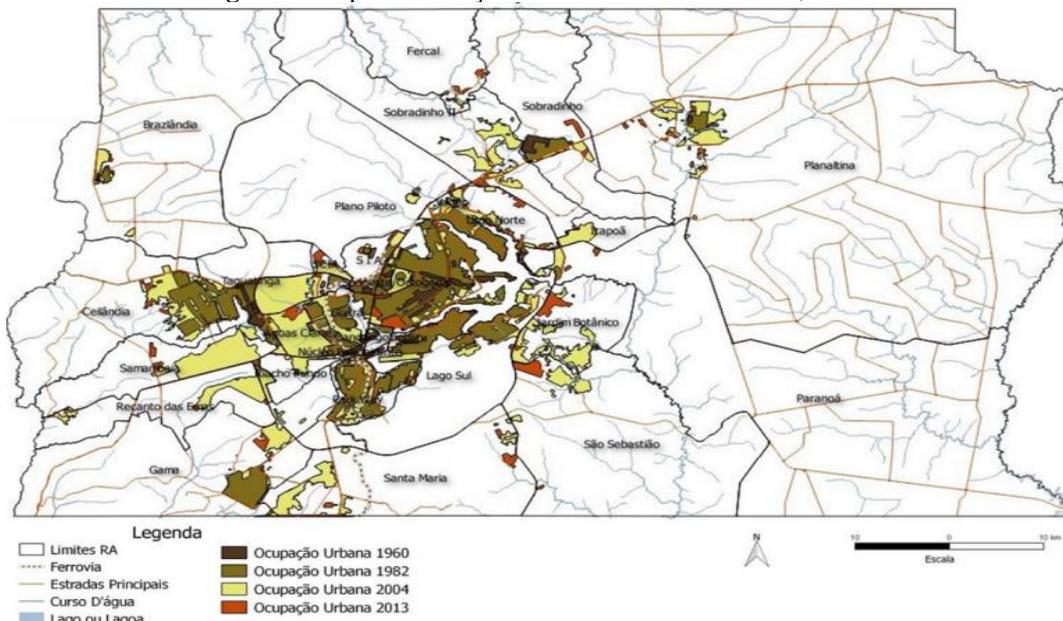
**Figura 5.** Participação das classes de uso do solo nas áreas de potencial de calor baixo, médio e alto no Distrito Federal-DF, Brasil.



Felizola, Lago e Galvão (2001) citaram as RA's do Plano Piloto, Taguatinga, Ceilândia, Samambaia e Recanto das Emas como polos responsáveis pelo processo de dinamização do crescimento urbano, havendo conversão de áreas vegetativas em áreas urbanas. Essa conversão da paisagem natural em centros urbanos tem como consequência a formação de ilhas de calor pelo aumento da LST (Fonseka et. al, 2019).

A ocupação populacional do Distrito Federal esteve e está associada à evolução de áreas urbanas (Figura 5) e deu-se, principalmente, entre os anos de 1960 e 1980. Tal evolução urbana corrobora cronologicamente com a remoção da vegetação - grande parte por ocupações irregulares e de loteamentos imobiliários. Em 1954, a soma das áreas de mata, cerrado e campo no Distrito Federal correspondiam a 99,94% do território. Três décadas depois o valor percentual da cobertura vegetativa naquela localidade era de 68,9%. No mesmo raciocínio, em 2001, o valor vegetativo de cobertura era de 42,26% (UNESCO, 2002).

**Figura 5.** Mapa de evolução urbana no Distrito Federal, Brasil.



Fonte: SEGETH (2015)

No trabalho de Reis & Lima (2015), foi estimado para o ano de 2009 um valor de 43,8% referente à soma das formações Savânica, Campestre e Florestal remanescentes no Distrito Federal, o que sugere uma estabilização na taxa de substituição de fases vegetativas por áreas de ocupação urbanas no período. Sousa & Ferreira Junior (2012) observaram, em geral, que áreas de vegetação densa a média possui temperaturas da superfície terrestre entre 23°C e 30°C, enquanto que na área urbana, registrou-se valores entre 34°C e 36°C. Não obstante, Pereira et al. (2012) observaram ocorrência de temperaturas mais amenas da superfície terrestre em áreas recobertas por vegetação, principalmente em matas ciliares, áreas de preservação permanentes e lagos. Os autores supracitados reforçam que as áreas de mata (Cerrado), mesmo em períodos “secos”, conseguem reduzir a capacidade de reflectância e, portanto, apresentam menores temperaturas de superfície.

Quando se analisa o comportamento na variação da térmica entre a zona urbana e zona rural, Karimi, Pahlavani & Bigdeli (2017) observaram considerável aumento da temperatura nas cidades em relação ao “campo”, atribuindo tal fenômeno ao aumento da temperatura superficial terrestre nas áreas urbanas como consequência da substituição da vegetação. Nesse contexto, Mallick, Kant & Bharath (2008) constatarem o aparecimento das ilhas de calor em centros urbanos.

Diversos autores ressaltam o impacto do crescimento populacional sobre a LST (Spence, Annez & Buckley, 2008; Assiri, 2017; Fonseka Et Al., 2019). Considerando que 54% da população mundial vive em áreas urbanizadas, sendo que em 1950 o percentual era de 30% e está estimado o valor de 66% até 2050 (NAÇÕES UNIDAS, 2014) pode-se esperar o aumento espacial de áreas urbanas com LST elevadas em diversas localidades do planeta, uma vez que, tal fato (aumento populacional) está relacionado à substituição contínua de áreas de vegetação por ocupações urbanas.

Ao considerar o contexto do Distrito Federal, o cenário futuro não será diferente, uma vez que é constatado um intenso processo de adensamento da malha urbana e do crescimento da ocupação agrícola, que, em conjunto, podem ser considerados os principais componentes das transformações territoriais e da redução da área ocupada pela vegetação de Cerrado (Felizola, Lago & Galvão, 2001). Em 2010 a população estimada pelo IBGE para o Distrito Federal era de 2.570.160 pessoas, sendo que 97,0% viviam no perímetro rural e 3,0% viviam no perímetro urbano. Em 2019 a estimativa populacional foi de 3.015.268 pessoas (aumento de 15% em nove anos) e, em 2060 a estimativa é de 3.789.228,00 pessoas.

As perspectivas de cenários futuros para o Distrito Federal são reflexos da elaboração e implementação de políticas públicas voltadas para a efetivação de leis e protocolos sobre crescimento urbano ordenado e preservação ambiental. Tendo em vista a relação entre o avanço demográfico e o aumento de ilhas de calor ou áreas com potencial de calor elevado, a projeção é de que serão cada vez mais frequentes em relação ao modelo de distribuição demográfica vigente.

Definir estratégias como o mapeamento de áreas com potencial de calor e relacionar essas informações aos diferentes padrões de uso e cobertura do solo é fundamental para planejar o desenvolvimento tanto de cidades como bairros ou zonas climáticas locais, de forma a associar o crescimento populacional a práticas que amenizem o aumento da temperatura da superfície, como o manejo da vegetação da vegetação arbórea (Ferreira et al., 2019). Assim, a manutenção e implantação de vegetação arbórea urbana de forma planejada auxilia na redução da temperatura da superfície, uma vez que as árvores absorvem grande parte da energia solar que incide na copa e emitem vapor de água para atmosfera pela abertura dos estômatos (Hulley et al., 2019). Com a absorção da energia solar e transpiração das folhas, forma-se microclimas diretamente percebidos pela população, ocasionando em bem estar e estimulando a prática de atividades ao ar livre.

#### 4. Conclusão

O potencial de calor em áreas do Distrito Federal é maior nas áreas com ocupação urbana e menor em áreas de vegetação natural. Dessa forma, a tendência do crescimento populacional naquele estado, possivelmente promoverá aumento das áreas com LST elevada e dos seus potenciais elevados de calor.

## 5. Referências

- Assiri, M. E. (2017). Assessing MODIS Land Surface Temperature (LST) Over Jeddah. **Polish Journal of Environment Studies**, 12(4), 1461-1470.
- CODEPLAN. (2012). **Distrito Federal em síntese: informações socioeconômicas e geográficas**. Brasília – DF, 78.
- Elmes, A.; Rogan, J.; Williams, C.; Ratick, S.; Nowak, D. & Martin, D. (2017). Effects of urban tree canopy loss on land surface temperature magnitude and timing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 128, 338–353.
- ESA (European Space Agency). Sentinel On Line: **mission summary**. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-3/overview/mission-summary>. Acesso em: 18/08/2020.
- Felizola, E. R., Lago, F. P. L. & Galvão, W. S. (2001). Avaliação da dinâmica da paisagem no Distrito Federal. Projeto da Reserva da Biosfera do Cerrado - Fase I. **Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 26.
- Ferreira, L. S. & Duarte, D. H. S. (2019). Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. **Urban Climate**, (27), 105–123.
- Fonseka, H.P.U., Hongsheng Z., Sun, Y., Su, H., Lin, H. & Lin, Y. (2019). Urbanization and Its Impacts on Land Surface Temperature in Colombo Metropolitan Area, Sri Lanka, from 1988 to 2016. **Remote Sensing**, 11(8), 957-975.
- Gage, E. A. & Cooper, D. J. (2017). Urban forest structure and land cover composition effects on land surface temperature in a semi-arid suburban area. **Urban Forestry and Urban Greening**, 28, 28–35.
- Gusso, A., Fontana, D. C. & Gonçalves, G. A. (2007). Mapeamento da temperatura da superfície terrestre com uso do sensor AVHRR/NOAA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42(2), 231-237.
- Heinemann, S.; Siegmann, B.; Thonfeld, F.; et al. (2020). Land surface temperature retrieval for agricultural areas using a novel UAV platform equipped with a thermal infrared and multispectral sensor. **Remote Sensing**, 12(7), 1-27.
- Hulley, G. C.; Ghent, D.; Götsche, F. M.; Guillevic, P. C.; Mildrexler, D. J. & Coll, C. (2019). Land Surface Temperature. **In: Taking the Temperature of the Earth**. [s.l.] Elsevier, 57–127.
- IBGE (Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística) (2020). **População**. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama>. Acesso em: 03/03/2020.
- Jensen, J. R. (2009). **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** (2a ed.). Traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São Paulo: Parêntese.
- Jia, D. U., Kaishan, S. & Baohua, Y. A. N. (2019). Impact of the Zhalong Wetland on Neighboring Land Surface Temperatures Based on Remote Sensing and GIS. **Chinese Geographical Science**, 29(5), 798-808.

- Jin, M. & Dickinson, R.E. (2010). Land surface skin temperature climatology: benefitting from the strengths of satellite observations. **Environmental Research Letters**, 5, 1-13.
- Karimi, A., Pahlavani, P. & Bigdeli, B. (2017, setembro). Land use analysis on land surface temperature in urban areas using a geographically weighted regression and landsat 8 imagery, a case study: Tehran, Iran. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLII-4/W4, 117–122.
- Kumari, B., Tayyab, M.; Shahfahad, Salman, Mallick, J., Khan, M. F. & Rahman, A. (2018). Satellite-Driven Land Surface Temperature (LST) Using Landsat 5, 7 (TM/ETM+ SLC) and Landsat 8 (OLI/TIRS) Data and Its Association with Built-Up and Green Cover Over Urban Delhi, India. **Remote Sensing in Earth Systems Sciences**, 1(3-4), 63–78.
- Liu, L. & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the landsat TM data and ASTER Data: A case study in Hong Kong. **Remote Sensing**, 3(7), 1535–1552.
- Mallick, J.; Kant, Y. & Bharath, B. D. (2008). Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. **J. Ind. Geophys. Union**, 12(3),131-140.
- Nações Unidas. **World Urbanization Prospectus The 2014 Revision Highlights**. Disponível em: [http://esa.un.org/unpd/wup/ Highlights/WUP2014-Highlights.pdf](http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf). Acesso em: 02/03/2015.
- Pal, S. & Ziaul, S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. **Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, 20(1), 125–145.
- Pereira, C. C., Mariano, Z. De. F., Wachholz, F. & Cabral, J. B. P. (2012). Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, 2(5), 1243-1255.
- Pereira, R. M. Leão, T. P.; Sandri, D.; Baptista, G. M. De. M & Cunha, L. S. Da. (2019). Modelagem da Temperatura do Ar na Região do Distrito Federal – Brasil, por meio de Dados Atmosféricos do Sensor AIRS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 34(2), 275-282.
- Reis, M. & Lima, J. E. F. W. (2015). Mapeamento do uso e ocupação do solo no distrito federal por unidade hidrográfica de gestão dos recursos hídricos. **Anais do Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, XXI**, Brasília, 1-8.
- Ribeiro, R.; Holanda, F. & Coelho, J. (2012). Índices de qualidade configuracional urbana caso do Distrito Federal, Brasil. **EURE (Santiago)**, 38 (114), 229-255
- Segeth (Secretaria De Estado De Gestão Do Território E Habitação). (2015). **Sistema de Informações Territoriais e Urbanas do DF – SITURB**.
- Sousa, S. B. & Ferreira Junior, L. G. (2012). Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **RA´E GA**, 26, 75-99.
- Spence, A. M.; Annez, P. C. & Buckley, R. M. (2008). **Urbanization and growth: commission on growth and development (English)**. Washington, D.C.: World Bank Group.

Steinke, E.C.; Souza, G.A. & Saito, C.H. (2005). Análise da variabilidade da temperatura do ar e da precipitação no Distrito Federal no período de 1965-2003 e sua relação com uma possível alteração climática. **Revista Brasileira de Climatologia**, 1(1), 131-145.

UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação). (2002). **Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço** (2a ed.). Brasília: UNESCO, 80.

Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 64(4), 335 – 344.

Weng, Q.; Lu, D. & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment**, 89(4), 467–483.