



## Influência da cobertura vegetal na temperatura da superfície em cidade pouco urbanizada

Fernanda Dalfior Maffioletti<sup>1</sup>, Antonio Henrique Cordeiro Ramalho<sup>1</sup>, Juarez Benigno Paes<sup>1</sup>, Nilton Cesar Fiedler<sup>1</sup>

**RESUMO:** O microclima é sensível às variações na cobertura do solo. Alta densidade vegetal tende a melhorar as condições climáticas da região. Assim, a presente pesquisa objetivou analisar a relação entre o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Área Construída por Diferença Normalizada (NDBI) e a Temperatura da superfície (TST) no município de Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, através das imagens do LandSat 8. Para tal, procedeu-se com determinação da radiância espectral no topo da atmosfera; conversão da radiância no topo da atmosfera para temperatura de brilho; geração do NDVI, do NDBI, da Emissividade e da temperatura da superfície. Por fim, procedeu-se com uma análise de correlação entre as variáveis. Os resultados mostraram que a área é composta, majoritariamente, por pastagem (63,85%), mosaico de agricultura e pastagem (18,34%) e formação florestal (16,03%). O NDVI variou de -0,19 a 0,59, o NDBI de -0,38 a 0,23 e a TST de 12,75 a 29,31 °C. Desta forma, conclui-se que a metodologia é eficaz na determinação da relação entre a temperatura da superfície, o NDVI, o NDBI e o Uso e Ocupação da terra e que existe correlação positiva entre o TST e o NDBI e negativa entre o NDVI e a TST.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto, Microclima, Antropização.

## Influence of vegetation cover on surface temperature in a poorly urbanized city

**ABSTRACT:** The microclimate is very sensitive to variations in land cover, that is, places with high plant density improve the climatic conditions in the region. Thus, this research aimed to analyze the relationship between the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Surface Temperature (TST) in the municipality of Jerônimo Monteiro, Espírito Santo. To this end, we proceeded with the Conversion of Digital Numbers to Spectral Radiance at the top of the atmosphere; Conversion of radiance at the top of the atmosphere to glow temperature; Generation of NDVI, Constructed Area by Normalized Difference (NDBI), Emissivity and TST. Finally, we proceeded with an analysis of the correlation between the variables. The results showed that the area is mostly composed of pasture (63.85%), a mosaic of agriculture and pasture (18.34%) and forest formation (16.03%). NDVI ranged from -0.19 to 0.59, NDBI from -0.38 to 0.23 and TST from 12.75 to 29.31 °C. Thus, it is concluded that the methodology is effective in determining the relationship between surface temperature, NDVI, NDBI and Land Use and Occupation and that there is a positive correlation between NDBI and TST and a negative correlation between NDVI and the TST.

**Keywords:** Remote sensing, Microclimate, Anthropization.

## INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais provocados pelo crescimento das cidades e espaços urbanos são uma das principais preocupações dos líderes mundiais nos últimos anos (FERIOLI; RODRIGUES, 2018). As rápidas modificações e crescimento das cidades, provocaram mudanças drásticas nos ciclos energéticos e hidrológicos da superfície ao longo dos anos (OLIVEIRA, et al., 2013). Diante disso, uma série de processos decorrentes da aceleração da urbanização gerou um aumento nas mudanças de uso e ocupação da terra, o que produziu efeito no clima, sobretudo no aumento da temperatura (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Diversos autores já demonstraram em seus estudos que a temperatura em áreas urbanizadas tende a ser maior do que em áreas cobertas por vegetação, como,

Guilherme, et al. (2020), Kazay, et al. (2011), Oliveira et al, (2013). Essa situação pode ser crítica em ambientes cuja temperatura é naturalmente alta, uma vez que pode provocar desconfortos e problemas de saúde para a população em geral (COSTA; SILVA; PERES, 2010). Essa situação ocorre em cidades mal planejadas, em que as construções são excessivamente superiores às áreas verdes (BRÚSSOLO; ELY, 2015).

A temperatura de superfície interfere diretamente na temperatura do ar nas camadas mais baixas da atmosfera das cidades, o que determina o clima interno nas edificações e trocas de calor que afetam o conforto térmico dos moradores (COSTA; SILVA; PERES, 2010). Essas mudanças tendem a interferir sobre o clima local (KALNAY; CAI, 2003).

Recebido em 29/07/2021; Aceito para publicação em 06/12/2021

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo -UFES

\*e-mail: [fiedler@pq.cnpq.br](mailto:fiedler@pq.cnpq.br)

Uma das formas de dimensionar os efeitos da crescente urbanização no aumento da temperatura de superfície das cidades é mapear essa variável através do auxílio de ferramentas presentes no universo das geotecnologias (GUILHERME, et al, 2020). Com essas ferramentas se torna possível o manejo de recursos naturais com baixo custo, e boa eficiência operacional, por dispor de fontes de dados de alta qualidade e gratuitas, disponibilizadas pelas plataformas digitais (ARRUDA JUNIOR; SEOANE; MENEZES, 2010).

Apesar das grandes cidades deterem a atenção dos pesquisadores em seus estudos, por apresentarem maiores problemas ambientais, as cidades pequenas carecem de investigações, uma vez que também sofrem com problemas que afetam a cobertura do solo, principalmente devido às atividades agropecuárias (COSTA; SILVA; PERES, 2010). Isso ocorre porque, de acordo com Sposito (2010), grande parte das vezes o principal motor da economia dessas cidades está atrelado ao setor agropecuários.

Dessa forma, autores como Teixeira (2015) e Porangaba (2015) já se atentaram a esse fato, e notaram em seus estudos que diferente do que

acontece nos grandes centros, nas cidades pequenas as ações de controle são mais rápidas e eficazes, contanto com apoio e planejamento ambiental adequado (PORANGABA, 2018).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar a relação entre o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Área Construída por Diferença Normalizada (NDBI) e a Temperatura da superfície (TST) no município de Jerônimo Monteiro, Espírito Santo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado na região Sul do Espírito Santo, no município de Jerônimo Monteiro, entre as coordenadas geográficas: 20°42'00" e 20°55'00" de latitude sul e 41°28'00" e 41° 16'00" de longitude oeste (Figura 1). A escolha do município se deu devido a este apresentar uma tradição consolidada na agropecuária, que altera a cobertura do solo, refletindo na mudança de temperatura da cobertura vegetal, e consequentemente na temperatura do ar.

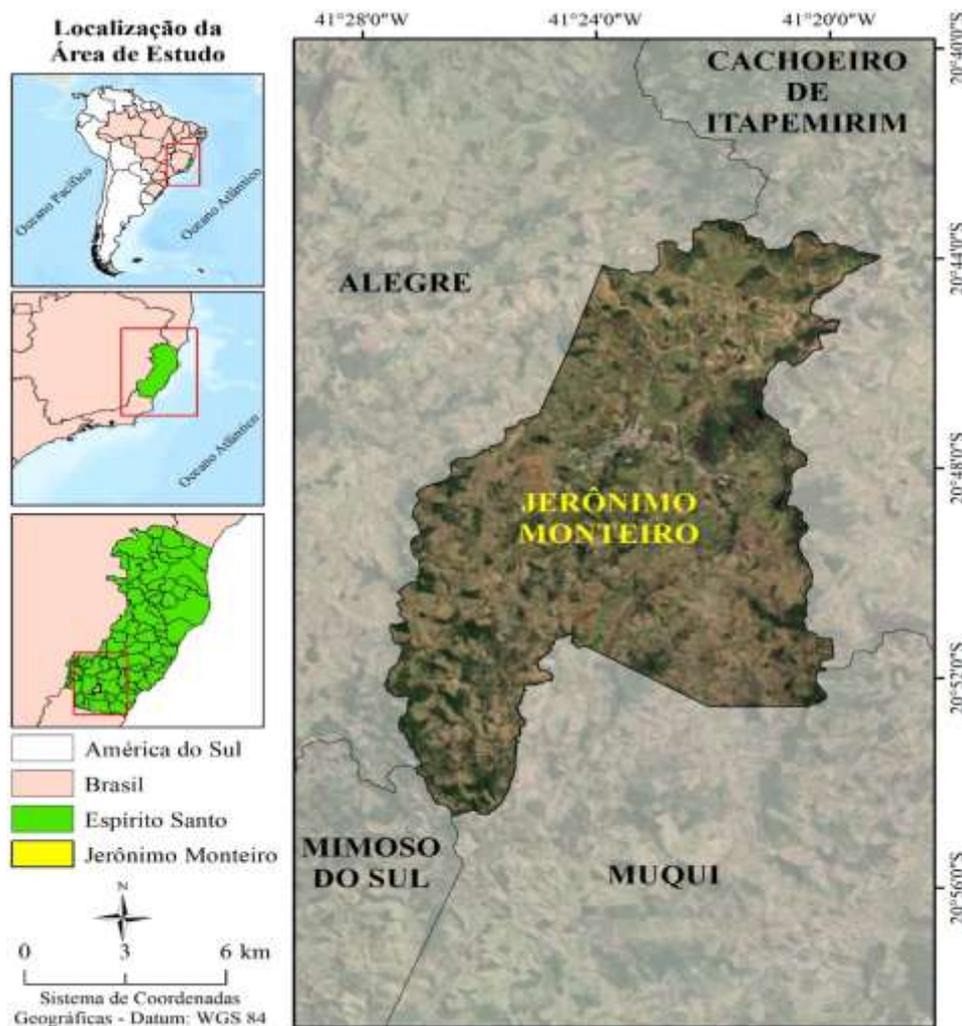


Figura 1. Localização da área de estudo.

A área de estudo possui área total de 162,32 km<sup>2</sup>, está inserida no bioma Mata Atlântica, apresenta altitude média de 140 metros, climas do tipo Aw (tropical quente e úmido), Cfa e Cfb (Clima temperado), precipitação média anual de 1293 mm e temperatura média anual de 22.7 °C (ALVARES et al., 2014 ; SILVA, CARDOSO e RAFAEL, 2012 ; SILVA et al., 2020 ) O município possui área de 162,202 km<sup>2</sup>, 88,1% de arborização de vias públicas e 20,8% de urbanização de vias públicas. A população estimada é de 12.192 habitantes (IBGE 2021).

### **Etapas metodológicas**

Para obtenção dos dados, essa pesquisa foi desenvolvida em nove etapas: 1) Elaboração do banco de dados; 2) Reprojecção das bandas da imagem do LandSat 8; 3) Conversão de Números digitais para Radiância espectral no topo da atmosfera; 4) Conversão da radiância no topo da atmosfera para temperatura de brilho; 5) Geração do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI); 6) Geração do Índice de Área Construída por Diferença Normalizada (NDBI); 7) Geração da Emissividade da superfície terrestre; 8) Elaboração da Temperatura da Superfície terrestre; e 9) Análise dos dados.

#### **1) Elaboração do banco de dados**

A imagem utilizada na presente pesquisa foi proveniente do satélite LandSat 8, disponibilizado pela plataforma digital EarthExplorer do United State Geological Survey (USGS, 2021). Os critérios para seleção da imagem se basearam na menor cobertura de nuvens possível, no alinhamento com o ano referente ao Uso e Ocupação da Terra (UOT) mais atual disponibilizado pela plataforma MapBiomas, que nesse caso, foi o ano de 2019, de forma, que cobrisse totalmente a área de estudo. A imagem foi adquirida na órbita (path) 216 e no ponto (row) 74, no dia 27 de julho de 2019, às 12:45 (horário local), com cobertura de nuvens de 8,76%. O UOT, foi obtido, no formato matricial, a partir da plataforma Google Earth Engine do projeto MapBiomas, referente ao ano de 2019, coleção 5.0, com resolução espacial de 30 m e resolução temporal anual (MAPBIOMAS, 2021).

#### **2) Reprojecção das bandas da imagem do LandSat 8**

Antes de iniciar qualquer tratamento com imagens LandSat 8 é necessário que o usuário realize a reprojecção para o local onde se encontra a área de estudo. Desta forma, todas as bandas foram reprojecadas para a projeção/Datum WGS 1984, zona UTM 24S, por meio do *software* ArcGis, versão 10.3.

#### **3) Conversão de Números digitais (ND) para Radiância espectral no topo da atmosfera (Lλ)**

É possível traduzir a radiância como a intensidade do fluxo radiante advindo da superfície, medida por todos os sensores de observação terrestre. A radiância medida por esses sensores é chamada de radiância aparente, haja vista que os produtos gerados sofrem influência da atmosfera e dos objetos próximos. Esses valores de radiância aparente são convertidos em números digitais (ND) com amplitudes variando de acordo com a resolução radiométrica do sensor (SANTOS et al., 2014). Desta forma, procedeu-se com a conversão dos valores de ND para radiância espectral no topo da atmosfera (Lλ) seguindo a metodologia proposta por Markham e Barker (1985) (Equação 1).

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL - O_i \quad (\text{Equação 1})$$

em que: Lλ é a radiância espectral no topo da atmosfera (W.m<sup>-2</sup>.sr.μm), o ML é o fator de multiplicação reescalado da radiância para a banda específica; Qcal é o número Digital do pixel e AL é o fator aditivo reescalado da radiância para a banda específica.

#### **4) Conversão da radiância no topo da atmosfera (TOA) para temperatura de brilho (TB)**

A temperatura de brilho (TB) é a temperatura que um corpo negro necessita para emitir radiação espectral igual à emissão de um corpo normal. Desta forma, a partir da calculadora *raster* do *software* ArcGis, versão 10.3, prcedeu-se com o cálculo da TB, pela Equação 2 (SANTOS et al., 2014).

$$TB = \left( \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \right) - 273,15 \quad (\text{Equação 2})$$

em que: o TB é a temperatura de brilho em graus Celsius, o K<sub>2</sub> é constante termal da banda específica, que nesse caso foi a TIRS\_10, o K<sub>1</sub> é constante termal da banda específica, que nesse caso foi a TIRS\_10 e o Lλ é a radiância espectral no topo da atmosfera (W.m<sup>-2</sup>.sr.μm).

#### **5) Geração do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)**

A estimativa da quantidade de vegetação fornecida pelo NDVI é essencial para identificar a densidade de vegetação verde da área, bem como caracterizar sua distribuição espacial. Desta forma, para gerar o NDVI foi aplicada a Equação 3 através da calculadora *raster* do *software* ArcGis, versão

10.3, utilizando as bandas do infravermelho próximo e vermelho como arquivos de entrada (SCHOTT; VOLCHOK, 1985).

$$NDVI = \left( \frac{OLI\_5 - OLI\_4}{OLI\_5 + OLI\_4} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

em que: o NDVI é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, o OLI\_5 é a banda do infravermelho próximo e o OLI\_4 é a banda do vermelho.

### 6) Geração do Índice de Área Construída por Diferença Normalizada (NDBI)

Como a floresta tem alto poder de absorção de radiação, o Índice de Diferença Normalizada para áreas Construídas (NDBI) é um índice que tem por objetivo determinar a proporção de áreas construídas ou solo exposto na área de estudo. Desta forma, para gerar o NDBI foi aplicada a Equação 4 através da calculadora raster do *software* ArcGis, versão 10.3, utilizando as bandas do infravermelho próximo e infravermelho médio como arquivos de entrada (ALHAWITI; MITSOVA, 2016).

$$NDBI = \left( \frac{OLI\_6 - OLI\_5}{OLI\_6 + OLI\_5} \right) \quad (\text{Equação 4})$$

em que: o NDVI é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, o OLI\_6 é a banda do

infravermelho médio e o OLI\_5 é a banda do infravermelho próximo.

### 7) Geração da Emissividade da superfície terrestre ( $\epsilon$ )

Para estimar a emissividade ( $\epsilon$ ) foi aplicada a metodologia proposta por Van De Griend Owe (1993) (Equação 5).

$$\epsilon = 0.004 \times PV + \epsilon v \lambda \quad (\text{Equação 5})$$

Onde o  $\epsilon$  refere-se à emissividade, o PV é a proporção de vegetação (Equação 6), e o  $\epsilon v \lambda$  corresponde ao valor de correção da equação (0,986).

$$PV = \left( \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2 \quad (\text{Equação 6})$$

em que: o PV é a proporção de vegetação, o NDVI é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, o  $NDVI_{\min}$  é o valor mínimo do NDVI e o  $NDVI_{\max}$  é o valor máximo do NDVI.

### 8) Elaboração da Temperatura da Superfície terrestre (TST)

Após a obtenção de todas as variáveis anteriores, foi aplicada a metodologia de Inversão da Função de Planck (Equação 7) para estimar a TST (STATHOPOULOU; CARTALIS, 2007).

$$TST = \left( \frac{TB}{\left( 1 + \left( \frac{\lambda \times TB}{C_2} \right) \times \ln(\epsilon) \right)} \right) - 273,15 \quad (\text{Equação 7})$$

em que: o TST refere-se à temperatura da superfície terrestre em graus Celsius, o TB a temperatura de brilho ( $^{\circ}\text{C}$ ), o  $\lambda$  comprimento de onda da radiação emitida, que nesse caso é 10,8 (TIRS\_10), o  $\epsilon$  é a emissividade da banda térmica (adimensional), o  $C_2$  ( $1,438 \times 10^{-2}$ ) deriva da relação  $hc/\sigma$ , em que o  $h$  é a constante de Planck ( $6,28 \times 10^{-34}$  J.s-1), o  $c$  é a velocidade da luz ( $2,998 \times 10^8$  m.s-1) e o  $\sigma$  é a

constante de Stefan-Boltzmann ( $(1,38 \times 10^{-23}$  J.K-1)18).

### Análise dos dados

Para evitar discussões empíricas apenas em impressões visuais, foram elaborados gráficos de dispersão entre o NDVI, o NDBI e a TST foram elaborados e as correlações foram calculadas, a partir de uma série de 600 pontos amostrais aleatoriamente distribuídos na área de estudo (Figura 2).

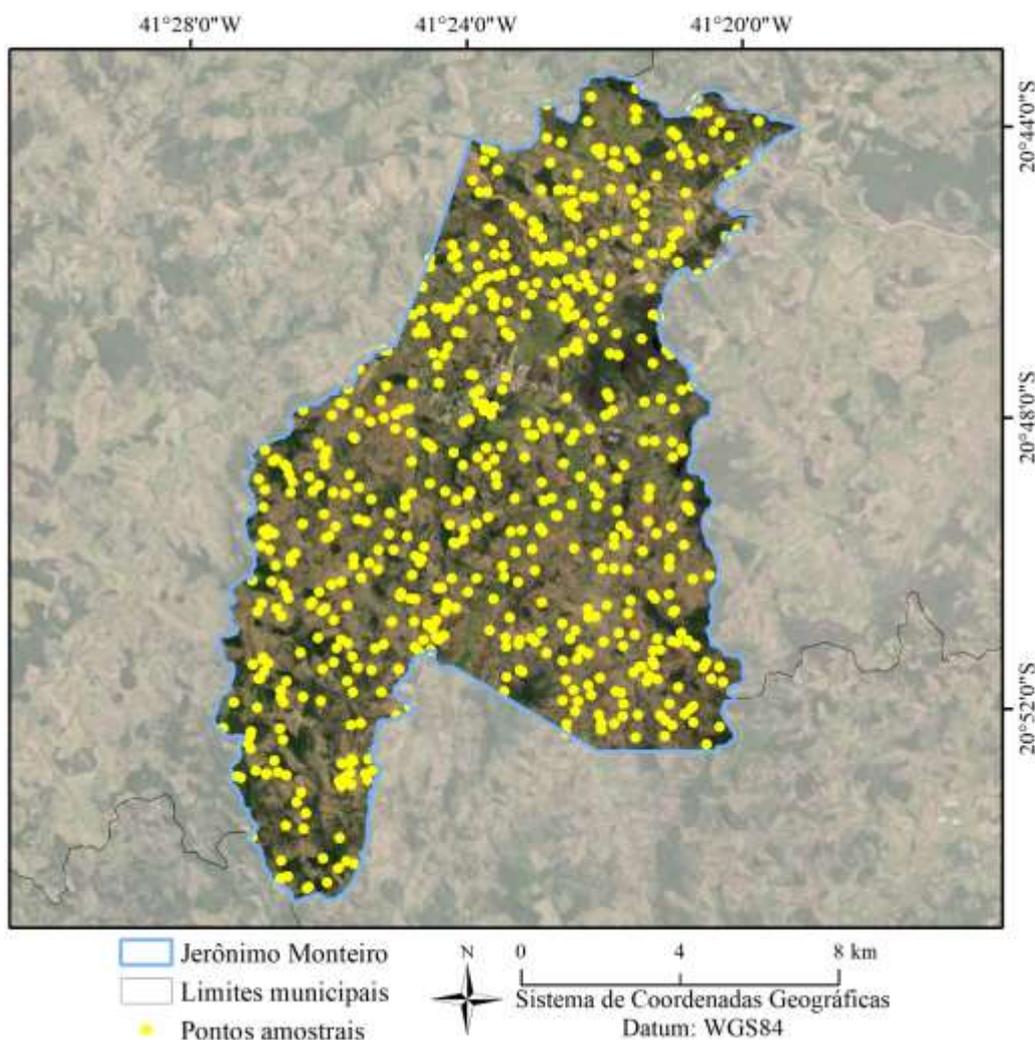


Figura 2. Pontos amostrais aleatório na área do município de Jerônimo Monteiro – ES, correspondente a imagem obtida no ano de 2019.

Esses pontos foram aleatorizados de modo a não subestimar os valores de temperatura da superfície devido à consideração apenas das áreas vegetadas com NDVI elevado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 estão os mapas de classificação do uso e ocupação da terra, NDVI, NDBI e TST para a cidade de Jerônimo Monteiro, no ano de 2019.

Corroborando com as informações citadas sobre a cidade da pesquisa, em que se trata de uma cidade com a economia voltada para a agropecuária, pode-se observar na Figura 3 que 63,85 % do uso e ocupação

da terra destina-se para a pastagem voltada para criação de gado.

Percebe-se na Figura 3 que a área de estudo apresenta nove classes de UOT, das quais pastagem, mosaico de agricultura e formação florestal são as mais expressivas, representadas respectivamente, por 63,85%, 18,34% e 16,03%. O NDVI variou de -0,19 a 0,59, o NDBI varia de -0,38 a 0,23 e a TST oscila de 12,75 a 29,31 °C. Resultados semelhantes de UOT foram encontrados por Silva et al. (2020) ao analisarem a ocupação da terra e Diagnóstico de Degradação no município de Jerônimo Monteiro.

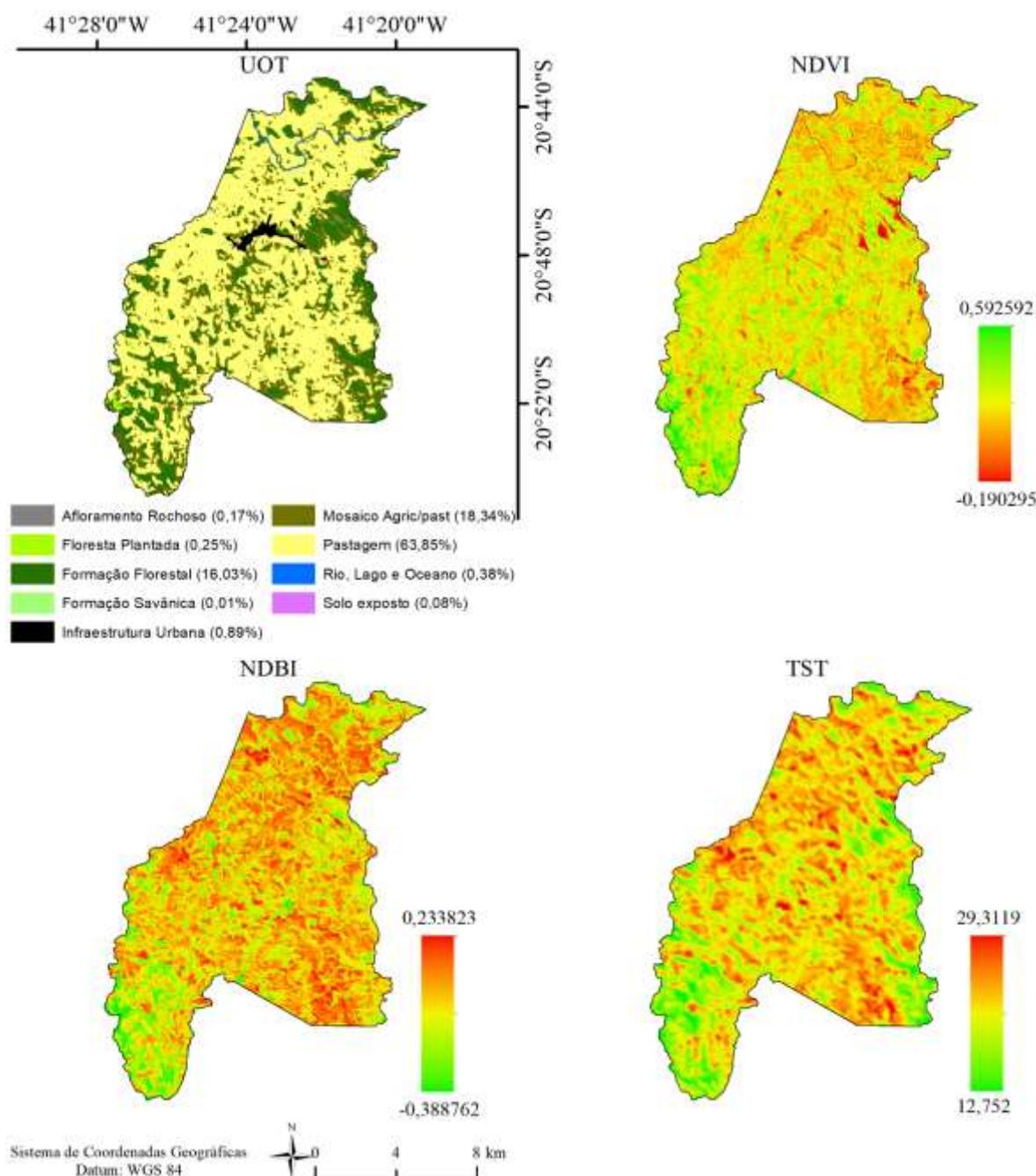


Figura 3. Mapas de classificação do Uso e Ocupação da terra, NDVI, NDBI e TST para o município de Jerônimo Monteiro no ano de 2019.

Valores de NDVI próximos de 1 indicam maior densidade de vegetação, enquanto valores mais próximos de -1 representam superfícies com menor proporção ou nenhuma cobertura vegetal (BEZERRA, MORAES e SOARES, 2018). Desta forma, corroborando com essa informação, através de análises visuais dos dados apresentados na Figura 3, é possível perceber que as regiões antropizadas (pastagem, mosaico de agricultura e pastagem e infraestrutura urbana) possuem NDVI consideravelmente inferior às áreas compostas por formação florestal. Em relação ao NDBI, os autores Sousa e Ferreira Júnior (2012), afirmam que se trata de um índice que indica maior reflectância em áreas

antropizadas, ou seja, quanto mais próximo de 1, maior o nível de antropização e quanto mais próximo de -1, menor é esse nível. Assim, pode-se perceber pela Figura 3 que o valor de NDBI foi maior em regiões antropizadas (pastagem, mosaico de agricultura e pastagem e infraestrutura urbana).

A TST seguiu, como esperado, um padrão inversamente proporcional ao NDVI e diretamente proporcional ao NDBI, ou seja, quanto maior o valor de NDVI, menor a TST e quanto maior o NDBI, menor a TST. Essa tendência pode ser observada, tanto visualmente, através da Figura 3 quanto estatisticamente, através dos gráficos de correlação da Figura 4.

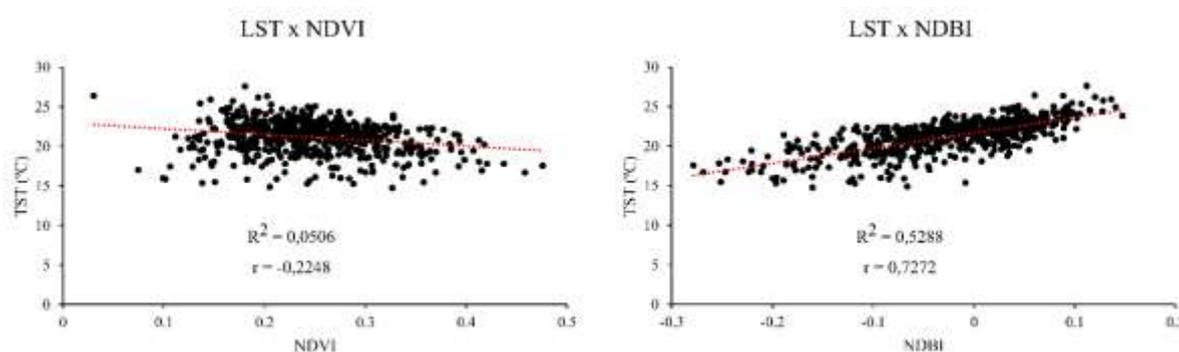


Figura 4. Gráficos de dispersão entre as grandezas de estudo: Temperatura de superfície (TST), NDVI e NDBI.

Apesar das correlações estarem representadas na Figura 4, ao indicar que quanto menor o NDVI, maior a TST e quanto maior o NDBI maior a TST, não é possível elaborar conclusões isoladas com os dados evidenciados. Isso por que esses comportamentos apresentam coeficiente de determinação consideravelmente baixos. Resultados semelhantes foram encontrados por Guilherme et al. (2020), ao analisarem a correlação entre a TST e o NDVI e o NDBI. Os autores também afirmaram que embora haja uma clara tendência de redução de TST com o aumento do NDVI, ao passo que há um aumento do NDBI, o coeficiente de determinação foi muito baixo.

Desta forma, é necessário que haja uma explicação acerca desse baixo coeficiente, principalmente no caso do NDVI. O primeiro ponto a ser considerado é que os pontos amostrais foram aleatórios, ou seja, não foram plotados diretamente em áreas vegetadas, que é o propósito do NDVI. Desta forma, é possível que os valores, quando associados à temperatura da superfície, não apresentem um comportamento padrão. A randomização dos pontos amostrais foi feita devido ao fato que o NDVI é afetado pela cobertura vegetal, ou seja, tanto índices mais altos quanto mais baixos apresentam alterações nessa variável. Assim, analisar locais onde o nível de cobertura da terra é menor é indispensável para evitar subestimações nos padrões de temperatura da superfície.

Além disso, por se tratar de uma região interiorana, em locais onde, teoricamente, deveria ocorrer menores índices de NDVI e maiores de NDBI, como no centro urbano, não é uma regra. Isso porque no município de Jerônimo Monteiro os ambientes antropizados e construídos se misturam à vegetação, seja nas proximidades rurais ou no centro do município (arborização urbana). Desta forma, a principal limitação do presente estudo é a resolução espacial das imagens, ou seja, o tamanho do pixel utilizado (30 m) não apresentou resultados satisfatórios para esta associação. Essas imagens foram utilizadas pelo fato de serem gratuitas e apresentarem uma resolução apropriada para este tipo de estudo em áreas maiores. Por isso, para próximos

estudos, em municípios com área próxima à de Jerônimo Monteiro, indica-se, se possível, a utilização de imagens de melhor resolução.

No entanto, os resultados mostraram a tendência esperada e potencial para aplicação em áreas maiores com os mesmos produtos ou em áreas menores ou de tamanho semelhante, desde que sejam utilizados produtos com resolução espacial melhor.

## CONCLUSÕES

A metodologia mostrou-se eficaz na determinação da relação entre a Temperatura da Superfície, o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada e o Índice de Área Construída por Diferença Normalizada;

A resolução espacial das imagens utilizadas para áreas com proporções semelhantes deve ser menor que a utilizada na presente pesquisa;

Houve correlação positiva entre o Índice de Área Construída por Diferença Normalizada e a Temperatura da Superfície Terrestre e correlação negativa entre o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada e a Temperatura da Superfície Terrestre;

Por fim, conclui-se que a antropização está diretamente ligada ao aumento da temperatura da superfície, até mesmo em cidades pequenas, como Jerônimo Monteiro.

## REFERÊNCIAS

- ALHAWITI, R. H.; MITSOVA, D. Using Landsat-8 data to explore the correlation between Urban Heat Island and Urban Land uses. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. v. 5, p. 457-466, 2016.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ARRUDA JUNIOR, E. R. de.; SEOANE, J. C. S.; MENEZES, P. M. L. de. Geotecnologias portáteis e produtos gratuitos ou de baixo custo no auxílio ao mapeamento. *Revista Brasileira de Cartografia*, Edição especial 1, n. 2, p. 269-276, 2010.
- BARROS, H. G.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016.

- BEZERRA, P. E. S.; MORAES, E. T. I. de; SOARES, I. R. da C. Análise da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação no Município de Belém na Identificação das Ilhas de Calor. **Revista Brasileira de Cartografia**, vol. 70, n. 3, p. 803-818, 2018.
- BRÚSSOLO, R. G.; ELY, D. F. O clima e a cidade: ilhas de calor em Assis (SP). **Revista Formação**, v. 2, n. 22, p. 99-127, 2015.
- COSTA, D. F. da.; SILVA, H. R.; PERES, L. de F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira – SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.974-985, 2010.
- GUILHERME, A. P. et al. Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 32, p.539-550, 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE**. Jerônimo Monteiro – ES. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/jeronimomonteiro/p-anorama>>. Acesso em: 23 de nov. 2021
- KALNAY, E.; CAI, M. Impact of urbanization and land-use change on climate. **Nature**, v. 423, p. 528–531, 2003.
- KAZAY, D. F. Mudança no uso e cobertura do solo e sua influência na temperatura de superfície: um estudo na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...**, Curitiba, PR, Brasil, p. 0752, 2011.
- MAPBIOMAS. **Coleções MapBiomias: Coleção 5 (1985 – 2019)**. 2021. Disponível em: <[https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR)>. Acesso em: 22 de jun. 2021.
- MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Spectral characterization of the LANDSAT Thematic Mapper sensors. **International Journal of Remote Sensing**, v. 6, n. 5, p. 697–716, 1985.
- OLIVEIRA, T. H. de. et al. Uso e Cobertura do Solo e Seus Efeitos na Distribuição da Temperatura de Superfície em Área Urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 06, p. 1598-1616, 2013.
- PORANGBA, G. F. O. Análise da temperatura do ar em cidade de pequeno porte. **Geofronter**, v. 2, n. 4, 12 p., 2018.
- PORANGBA, G. F. O. **O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã**. 2015. 354 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.
- SANTOS, A. R. et al. **Sensoriamento Remoto no ArcGIS 10.2.2 Passo a Passo: Processamento de Imagens Orbitais**. v. 1. Alegre: CAUFES, 2014, 107p.
- SCHOTT, J. R.; VOLCHOK, W. J. Thematic Mapper thermal infrared calibration. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 51, n. 9, p. 1351–1357, 1985.
- SILVA, A. G. da; CARDOSO, A. de L.; RAPHAEL, M. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária da cidade de Jerônimo Monteiro, ES. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 1179 – 1188, 2012.
- SILVA, G. M. A. da. et al. Ocupação da Terra e Diagnóstico de Degradação em Município no Sul do Espírito Santo. **ACSA**, Patos-PB, v. 16, n. 1, p. 45 - 51, 2020.
- SOUSA, S. B. de; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **RA E GA**, v. 26, p. 75-99, 2012.
- STATHOPOULOU, M.; CARTALIS, C. Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece. **Solar Energy**, v. 81, n. 3, p. 358–368, 2007.
- TEIXEIRA, D.C F. **O clima urbano de Rancharia (SP)**. 2015. 217 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.
- USGS - United States Geological Survey. **Earth Explorer**. 2021. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 22 de jun. 2021.
- VAN DE GRIEND, A. A.; OWE, M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, n. 6, p. 1119–1131, 1993.