

## **Análise da distribuição da temperatura de superfície em relação ao Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, em estação seca e chuvosa, no município de Teixeiras- MG.**

Analysis of the surface temperature distribution in relation to Normalized Difference Vegetation Index, in dry and rainy season, in the municipality of Teixeiras-MG.

**Larissa Galvão Fontes dos Santos<sup>1</sup>, Edson Soares Fialho<sup>2</sup>**

**RESUMO:** O emprego do sensoriamento remoto nos estudos do clima das cidades tem sido cada vez mais frequente, em razão da facilidade de aquisição das imagens orbitais, além da possibilidade de análises temporais e espaciais, que permite se fazer abordagens em diferentes escalas de análise. Por essas propriedades, tem sido utilizado não só para monitoramento de processos ambientais, como também suas respectivas respostas térmicas. Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo analisar o padrão da distribuição da cobertura vegetal no município de Teixeiras- MG por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e suas respectivas interferências na Temperatura de Superfície em dois períodos, estação seca e chuvosa. Para tal, foram utilizadas imagens do *Landsat 8*, sensor TIRS/OLI nas datas de 22/12/2018 e 04/09/2019. Na estação chuvosa foram encontradas temperatura mais a menos no ambiente rural e valores mais altos de NDVI quando comparados a estação seca, diferente da área urbana, em que a temperatura se mostrou mais elevada no verão. Com tudo, concluiu-se que a vegetação possui grande interferência na TST e a sua implementação de forma expressiva nos ambientes urbanos podem ser essenciais para amenização de desconfortos futuros.

**PALAVRAS CHAVE:** Temperatura de Superfície; NDVI; Sensoriamento Remoto.

**ABSTRACT:** The use of remote sensing in studies of the climate of cities has been increasingly frequent, due to the ease of acquisition of orbital images, in addition to the possibility of temporal and spatial analysis, which allows approaches to be made at different scales of analysis. For these properties, it has been used not only for monitoring environmental processes, but also for their respective thermal responses. In this sense, the present study aims to analyze the pattern of vegetation cover distribution in the municipality of Teixeiras-MG using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and their respective interferences in the Surface Temperature in two periods, dry season and rainy. For this, images of Landsat 8, TIRS / OLI sensor were used on the dates of 12/22/2018 and 9/4/2019. In the rainy season, milder temperatures were found in the rural environment and higher NDVI values when compared to the dry season, unlike the urban area, which was higher in the summer. However, it was concluded that vegetation has great interference in TST and its expressive implementation in urban environments can be essential to alleviate future discomfort.

**KEYWORDS:** Surface Temperature; NDVI; Remote Sensing.

1 Bolsista PIBIC/CNPq (2020/2021). Discente da Graduação em Geografia da Universidade Federal de Viçosa. Membro Laboratório de Biogeografia e Climatologia (Bioclima). ORCID id: 0000-0001-8787-2255. E-mail: larissa.galvao@ufv.br.  
2 Professor Associado II do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa. Coordenador do Laboratório de Biogeografia e Climatologia (Bioclima). Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Viçosa e Universidade Federal do Espírito Santo. ORCID id: 0000-0002-1162-632X. E-mail: fialho@ufv.br.

## INTRODUÇÃO

O processo de urbanização é marcado pelo intenso movimento migratório de pessoas aos aglomerados urbanos, reconfigurando a dinâmica e geometria do espaço. Nesse sentido, o uso intenso do território pelas atividades humanas reverberam em uma série de transformações, sobretudo, nos padrões de uso e cobertura da terra, marcado pela supressão da cobertura vegetal, a impermeabilização da superfície, a verticalização dos grandes centros e que, somado aos demais fatores dessa antropização, podem vir a desencadear mudanças nos elementos do clima.(OKE,1987; FIALHO, 2010 e CORREA, 2014).

De acordo com Dorigon e Amorim (2017), aspectos como a rugosidade, a retirada da vegetação e a geometria dos ambientes urbanos podem interferir de forma direta no balanço de energia padrão entre superfície e atmosfera, afetando os componentes climáticos e, condicionando nesses locais, a formação do que se denomina clima urbano.

Landsberg (1956) denomina clima urbano como a condição em que as características do clima local se diferenciam do espaço circunvizinho, apresentando maior quantidade de calor, modificando elementos como a temperatura, umidade e a ventilação. O aumento de tais variáveis da atmosfera urbana, se torna preocupante por influenciar de forma direta na qualidade de vida da população. Por esse aspecto, a comunidade científica tem desenvolvido técnicas de análise dos ambientes urbanos e, o sensoriamento remoto tem sido cada vez mais requisitado (PORONGABA; AMORIM,2019).

Desde a década de 1970, o imageamento terrestre provenientes de satélites, como a série Landsat, tem sido empregado para obter dados da Temperatura de Superfície (ALMEIDA et al., 2015). O aprimoramento e a acessibilidade as imagens orbitais impulsionaram a sua utilização, além de contar com alta resolução espacial e fornecer análises em diferentes escalas, possibilita a utilização dos dados espectrais na faixa do infravermelho termal dentro da janela atmosférica (DELGADO et al., 2012). A Temperatura de Superfície Terrestre (TST), pode fornecer importantes informações sobre as especificidades físicas do clima local, o que a torna fundamental para o estudo e entendimento das variáveis ambientais dentro de ambientes urbanos, dentre elas, a vegetação.

O sensoriamento remoto além de permitir medições da Temperatura de Superfície radiante, fornece medições de energia refletora nas faixas do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético, possibilitando a detecção da vegetação (YUE et al., 2007; PESSI et al., 2019). A energia refletora nas faixas do vermelho e infravermelho próximo é diretamente ligada a atividade fotossintética (FERREIRA, 2008), a clorofila presente nas folhas absorve a luz visível enquanto a estrutura celular da vegetação reflete o infravermelho próximo (PAULA, et al.,2016).

Entre os índices utilizados para a análise da cobertura vegetal, temos o Índice de Vegetação

por Diferença Normalizada (NDVI). Além de mapear a existência de cobertura vegetal, o NDVI exibe uma medida de quantidade ou condição da vegetação dentro de um pixel, possibilitando a compreensão dos impactos de mudanças de cobertura em relação a temperatura na superfície terrestre (ORHAN, 2014 e SANTOS et al, 2019). Paralelamente, cidades de pequeno porte vem sendo estudadas por observações móveis, acitar, Porto Firme (PRADO et al, 2018), Cajuri (FIALHO et al., 2016) Viçosa (FIALHO, 2015), Ponte Nova (ALLOCCA; FIALHO, 2019) e Ervália (SANTOS et al, 2019) já através do sensoriamento remoto.

Com esse enfoque, o presente trabalho tem como objetivo analisar o padrão espacial da distribuição da Temperatura de Superfície Terrestre no município de Teixeiras – MG em relação a sua cobertura vegetal, através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) por meio dos produtos do Landsat 8, em dois períodos, seco e chuvoso.

## MATERIAIS E MÉTODO

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

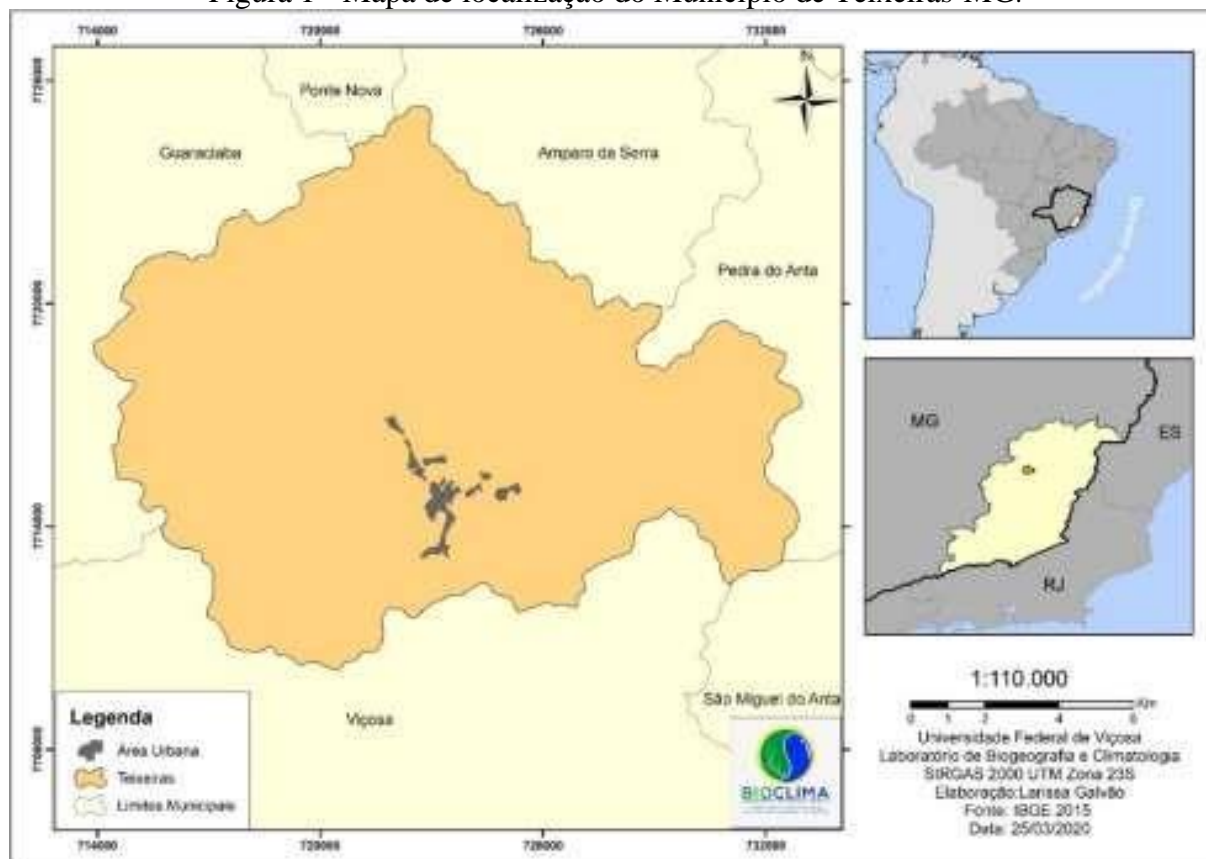
O município de Teixeiras (Figura 1), compreende uma área de 166,74km<sup>2</sup>, localizado na região imediata de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. De acordo com o último censo, apresentava uma população de 11.355 (IBGE, 2010), com estimativas de aumento de aproximadamente 3,0% para o ano de 2019, sendo 67,0% desse total, residente na área urbana.

Segundo Fialho (2012) o sítio<sup>1</sup> do município é predominantemente ondulado, intercalado por áreas montanhosas para a porção noroeste, sentido ao município de Pedra do Anta, onde se encontra o ponto mais elevados com 929 metros de altitude, na proximidade da comunidade rural de Vai e volta. No território do município, as cotas altimétricas variam de 600 a 929m. As porções mais planas do município correspondem as várzeas e baixas vertentes do RibeirãoTeixeiras e seus afluentes, onde a malha urbana está inserida. (ROCHA; FIALHO, 2010), principalmente no trecho que compreende a comunidade rural da Cachoeirinha, local de retirada de água pela Copasa (Companhia de abastecimento de águas de Minas Gerais), local situado antes do último bairro urbano, denominado Progresso até a altura do bairro Osvaldo Amaral, situado na confluência do ribeirãoTeixeiras, como ribeirão da barrinha.

---

<sup>1</sup> Segundo Dolfus (1973) o sítio de uma cidade pode ser entendido como o conjunto de elementos físicos e naturais que possibilitam o assentamento humano e posterior modificação de acordo com as necessidades da sociedade

Figura 1 - Mapa de localização do Município de Teixeira-MG.



Elaborado: Autora (2020).

## AQUISIÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para a elaboração do cálculo e dos mapas da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, foram utilizadas imagens provenientes do satélite *Landsat 8*, disponibilizadas gratuitamente e adquiridas através do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Foram utilizados dados dos sensores *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* e *The Operational Land Imager (OLI)*, com as qualificações inseridas na Tabela 1.

As imagens selecionadas foram dos dias 22/12/2018 e 04/09/2019, no horário de 12:51 UTC (9:51 horário local), órbita 217, ponto 74, banda/canal 10, 4 e 5. A escolha das datas se deve, primeiramente, a ausência de nebulosidade sobre a área de estudo e, as análises de meses predominantemente úmidos e secos, respectivamente, correspondendo as estações de verão e inverno.

Para a elaboração do mapa termal, foi trabalhada a banda 10 (infravermelho termal) em ambiente SIG, sendo primeiramente reprojeta para o *Datum SIRGAS UTM 23S* e, em seguida, para a extração dos dados termais, foram aplicadas duas equações disponibilizadas pela USGS.

Tabela 1. Qualificações dos produtos *Landsat 8*.

Sensor	Banda	Intervalo	Resolução	Resolução	Largura da Faixa	Resolução
		Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Espacial (m)	Temporal	Imageada (Km)	Radiométrica
OLI	1	0,43 – 0,45	30	16 dias	185	16 bits
	2	0,45 – 0,51				
	3	0,53 – 0,59				
	4	0,64 – 0,67				
	5	0,85 – 0,88				
	6	1,57 – 1,65				
	7	2,11 – 2,29				
	8	0,50 – 0,68				
	9	1,36 – 1,38				
TIRS	10	10,60 – 11,19	100			
	11	11,50 – 12,51	Disponibilizadas em 30m			

Fonte: USGS, 2017 Organização: Os autores (2020), AdaptadoUSGS,2017.

A primeira convertendo o valor do pixel para os níveis de refletância obtidos no topo da atmosfera (TOA) (Equação 1).

(Equação 1)

$$L\lambda = M_l * Q_{cal} + A_L$$

Onde:

$L\lambda$  = Radiância espectral do sensor no topo da atmosfera ( $\text{W} / (\text{m}^2 * \text{srad} * \mu\text{m})$ ).

$M L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10.

$A L$  = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10.

$Q_{cal}$  = Valores de pixel do produto padrão quantizados e calibrados (DN).

Em seguida, transformando os valores para brilho de temperatura do satélite, em Kelvin, para por fim, efetuar a transformação para celsius (Equação 2).

(Equação 2)

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} - 273.15$$

Onde:

$T$  = Temperatura efetiva no satélite (K).

$L \lambda$  = Radiância espectral ( $W / (m^2 * srad * \mu m)$ ).

$K 1$  = Constante de conversão térmica específica da banda dosmetadados.

$K 2$  = Constante de conversão térmica específica da banda dosmetadados.

Para o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, foram utilizadas as bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo). Estas duas bandas espectrais são utilizadas por apresentar maior sensibilidade a absorção de clorofila nas folhas da vegetação e na densidade da vegetação na superfície (ALMEIDA et al, 2015). O produto das bandas é gerado a partir da equação3:

(Equação 3)

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Onde:

NIR= Infravermelho próximo. R= Vermelho.

O NDVI é produto da diferença entre a refletância no infravermelho próximo e a refletância no visível, gerando valores que variam de 1 a -1, no qual valores mais próximos a 1 representam áreas de maior densidade, vigor e atividade fotossintética da vegetação (SANTOS; NEGRINI, 1997 *apud* PAULA et al. 2016). Valores próximo a 0 geralmente representam solo exposto e valores negativos, corpos d'água (PESSI, 2019). No software QGIS *Noosa* versão 3.6.2 realizou-se uma malha de pontos para extração dos valores de cada pixel das imagens NDVI, submetidos posteriormente a uma planilha eletrônica onde foram realizados os cálculos de proporção dos resultados de cada imagem.

Por fim, em ambiente SIG foram delimitados o perímetro das imagens correspondente a área de estudo trabalhada e adicionada falsa cor para realce e interpretação dos valores adquiridos através do processamento. Para as análises da condição do tempo das datas trabalhadas, foram realizadas consultas aos dados climáticos do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020) para os dias de passagem das imagens *Landsat 8*.

Foram utilizados dados da estação meteorológica mais próxima do município de Teixeira que não ultrapassasse o limite de 25 km de raio utilizadas pelos modelos de previsão do tempo (ROCHA; FIALHO, 2010).

A estação está localizada dentro do Campus Universitário de Viçosa, em um raio de 15km. Além da estação, foram acrescentados dados de precipitação adquiridos no site da Agência Nacional de Águas (ANA) com registros diários e, análises de cartas sinóticas obtidas no site da Marinha do Brasil.

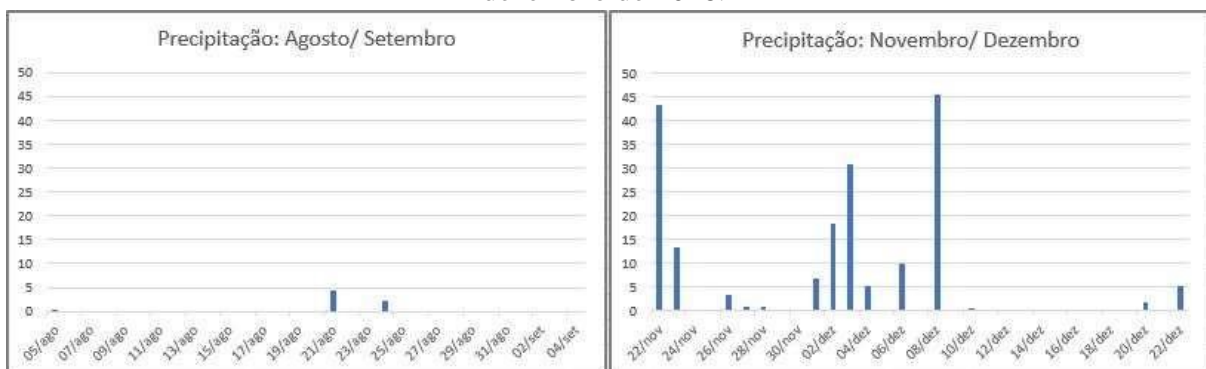
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os dados do Boletim Meteorológico Técnico da CPTEC, nos dois dias da captura das imagens de satélite, nota-se a presença de uma circulação anticiclônica sobre o sudeste do país. Em ambos os dias, representativo da estação seca (04/09/2019) e da estação chuvosa (22/12/2018), esse sistema favoreceu a ausência de nebulosidade significativa e contribuiu para a elevação da temperatura, devido a maior incidência solar.

Dessa forma, mesmo em estações distintas, as condições atmosféricas dos dois dias analisados se mantiveram semelhantes. No dia 9 de setembro, a temperatura do ar, registrada pela Estação Meteorológica de Viçosa (INMET), apresentou máxima de 31,5°C e mínima de 15,0°C, com ventos de baixa intensidade, majoritariamente dos quadrantes nordeste e sudeste e, no dia 22 de dezembro, obteve-se temperatura máxima de 33,7°C e mínima de 16,4°C, com ventos também de intensidade baixa e em sua maioria do quadrante sudeste.

No entanto, as diferenças são significativas quanto a precipitação dos dias que antecederam as imagens. Foram analisados 30 dias que antecedem cada imageamento, e os registros evidenciaram volume total de precipitação dentro da normalidade de cada estação. Entre os dias 05/08/2018 a 04/09/2019, totalizou-se 6,9mm, divididos em 3 dias de precipitação, enquanto do dia 22/11/2018 a 22/12/2018, totalizaram em 14 dias 186,3mm (Figura2).

Figura 2- Distribuição da precipitação em mm entre agosto e setembro de 2019 e novembro e dezembro de 2018.



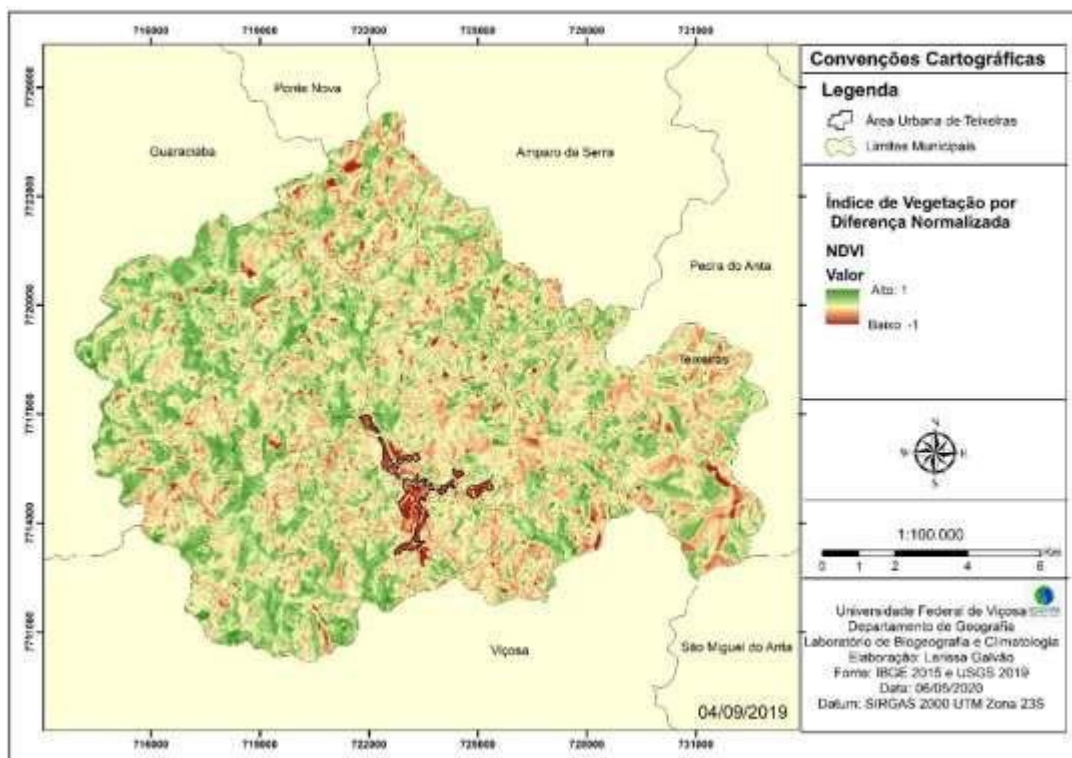
Fonte: ANA(2019) Organização: A autora(2020).

De acordo com as considerações de Covele (2011), a vegetação responde de forma diferenciada em estações secas e chuvosas, sendo a precipitação um fator importante para o desenvolvimento das mesmas, de forma que, em períodos de seca, elas tendem a ter seu desenvolvimento afetado.

A resposta a períodos de estiagem pela vegetação pode ser observada no mapa de índice de vegetação da estação seca (Figura 3), comparada as diferenças evidenciadas na Figura 4, em período chuvoso. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Figuras 3 e 4) está representado em uma escala de -1 a 1, com diferenças significativas entre as imagens.

O NDVI de inverno (Figura 3) apresentou resultados -0,23 e 0,55, no qual os valores mais altos, representados pela coloração verde mais intensa, coincidem com porções do município cobertas por fragmentos de formação florestal que mantém mesmo na seca, vegetação densa. Em porção extensa do território há o indicativo de baixo NDVI, representados pela tonalidade avermelhada, interpretados como solos cobertos por culturas esparsas, baixo vigor e a presença de solo exposto. Essa relação de baixo NDVI é ainda mais evidente, quando comparada a Figura 4, representativa do verão, estação chuvosa.

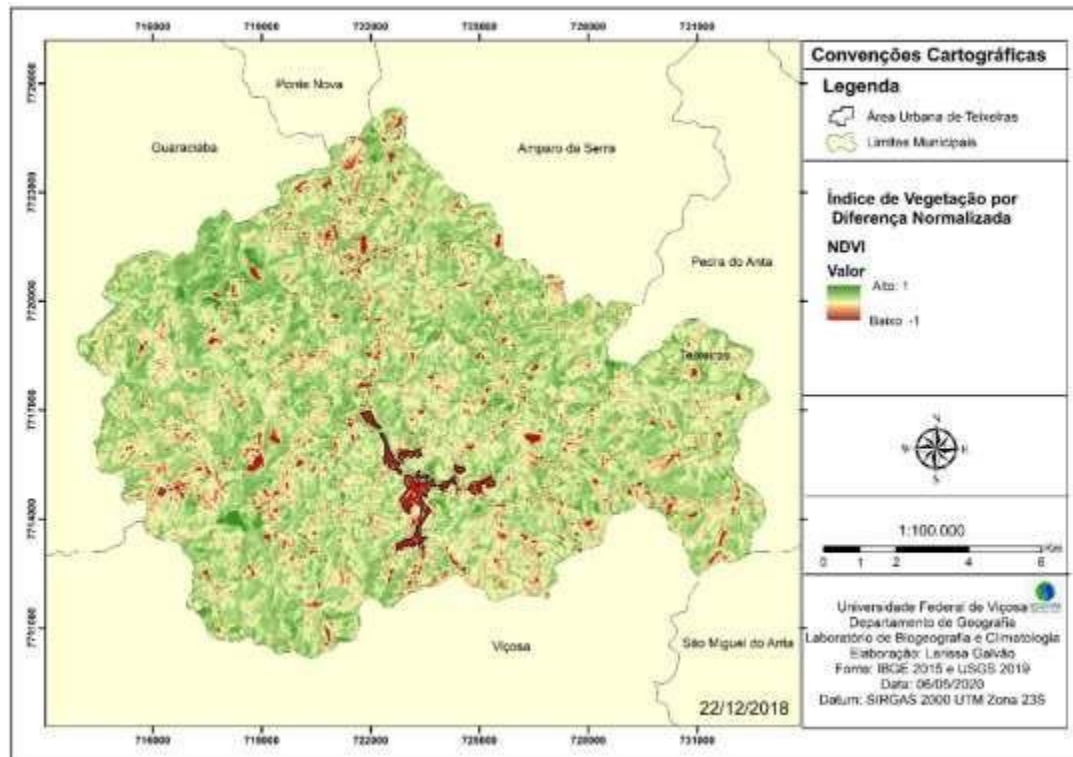
Figura 3- Carta de NDVI representativo da estação seca, na data de 04/09/2019.



Organização: A autora (2020).



Figura 4- Carta de NDVI representativo da estação chuvosa, na data de 22/12/2018.



Organização: A autora (2020).

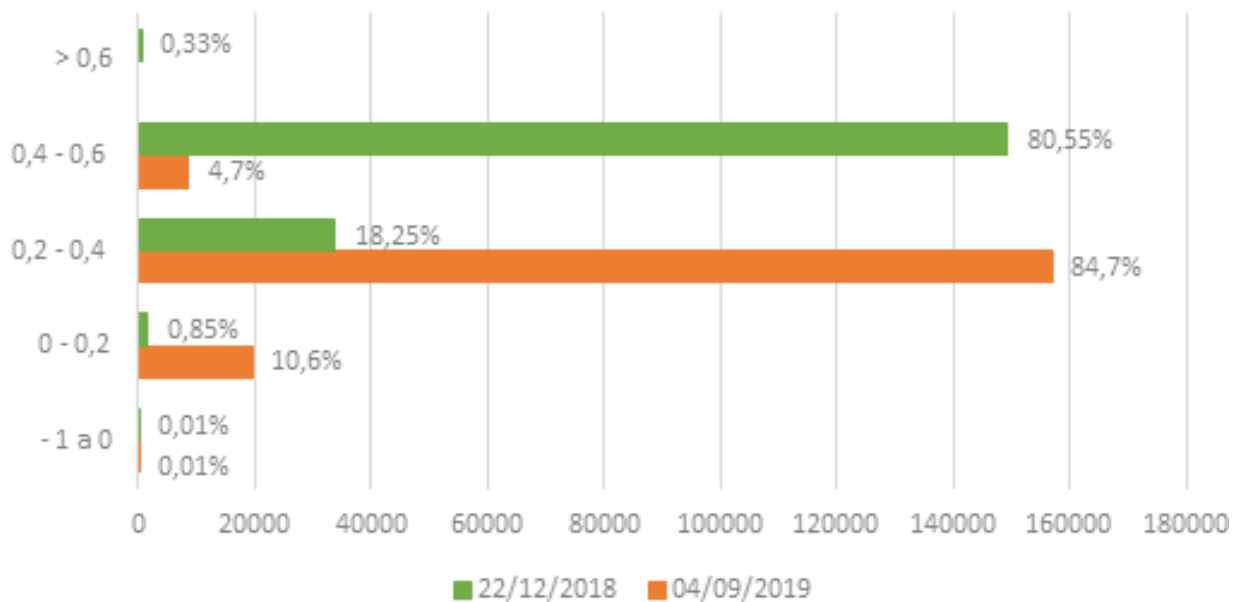
No NDVI de verão (Figura4), os resultados variaram entre-0,16 e 0,64, com a predominância de valores proporcionalmente mais altos, indicando maior vigor e adensamento vegetal, contrastando com a coloração predominante, há pequenos fragmentos de vermelho intenso na imagem, provenientes, em sua maioria, de vertentes com solo exposto, locais com a presença de água represada e ambientes construídos, sendo esse último, localidades que se mostram distribuídas pelo meio rural, assim como há a maior evidência da área urbanizada, que se mostrou bem delimitada.

As diferenças entre as imagens estão melhor retratadas na Figura 5. Para visualização das diferenças em proporção entre as imagens, os resultados obtidos com o processamento das mesmas foram reclassificados em 5 classes, sendo: valores de -1 a 0 (água); 0 a 0,2 (Solo exposto e vegetação pouco pronunciada); 0,2 a 0,4 (moderada vegetação); 0,4 a 0,6 (muita vegetação) e >0,6 (vegetação extremamente pronunciada).

De acordo com a Figura 5, ambos os dias tiveram 0,01% para valores negativos. O NDVI da estação seca (Figura 3) apresentou, aproximadamente, 10,0% a mais dos valores no intervalo correspondente a indícios de superfície exposta e vegetação pouco pronunciada, quando comparados ao NDVI da estação chuvosa, além de conter 85,0% dos dados totais dentro do intervalo que corresponde a moderada vegetação. Enquanto, no dia representativo da estação chuvosa, 80,0% dos resultados estão concentrados no intervalo correspondente a muita vegetação, e identifica-se ainda,

0,33 % em vegetação extremamente pronunciada, o que é ausente no NDVI da estação seca.

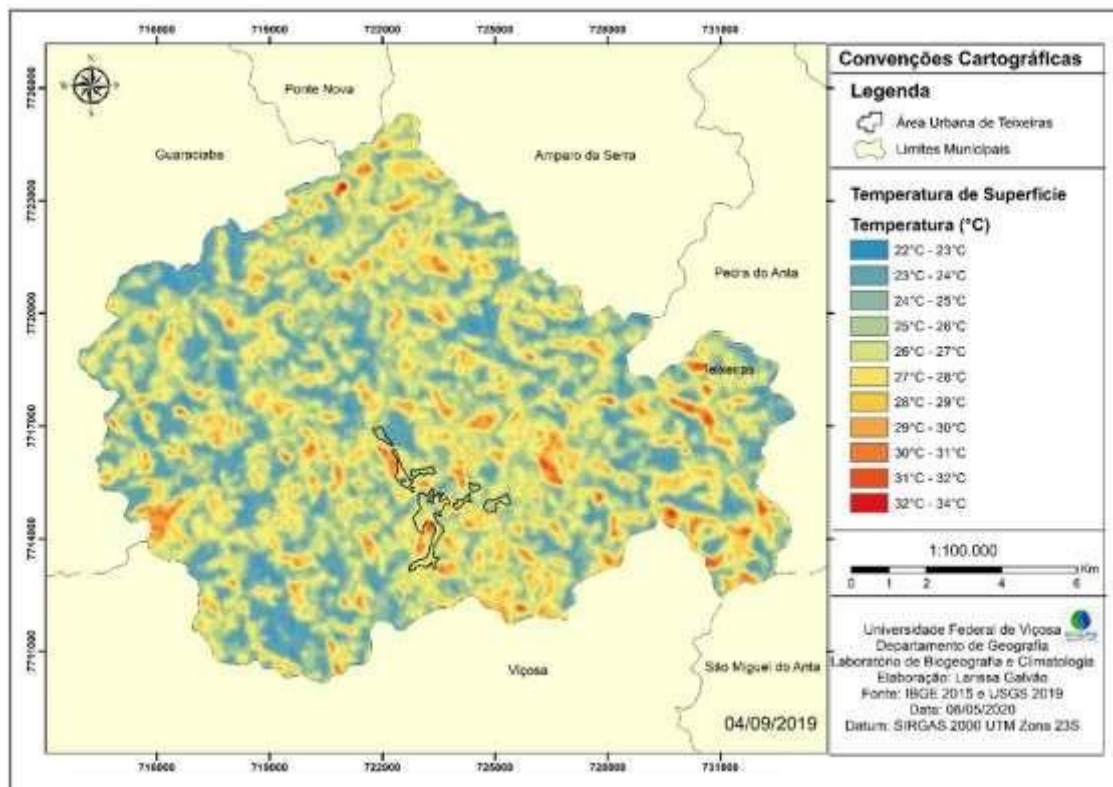
Figura 5- Proporção dos resultados das cartas de NDVI do município de Teixeira-MG.



Organização: A autora(2020).

As respostas térmicas podem ser observadas nas Figuras 6 e 7. A partir da análise visual das imagens é possível observar diferenças significativas, no que tange a espacialização da temperatura de superfície (TST). A TST da estação seca (Figura 6), obteve-se amplitude térmica de 12,0°C, com as temperaturas de superfície mais amenas no intervalo de 22,0°C a 23,0°C e as maiores entre 32,0°C a 34,0°C. As porções mais frias identificadas, apresentaram predominância sobretudo na porção oeste do município, que faz limite com os municípios de Guaraciaba e Viçosa, local onde se observou a presença dos resultados mais altos de NDVI. As temperaturas de superfície mais altas se apresentam de forma dispersa, no entanto, é possível observar concomitância considerável de sua ocorrência sobre áreas que expressaram baixo valor de NDVI. Além disso, também, cabe destacar, que as áreas de maiores valores de temperatura de superfície, abarcam dessa superfície descampada, passando por área agrícolas e áreas de pastagens degradadas, onde o processo erosivo, começa a produzir uma superfície desprotegida de cobertura vegetal rasteira. Por fim, esses ambientes citados, cabe destacar, que apresentam em algumas localidades, temperaturas de superfície superiores ao núcleo urbano, como se observa nas proximidades do entorno imediato, onde se tem cortes de talude expostos e loteamentos urbanos, que estão na fase inicial de preparação do terreno.

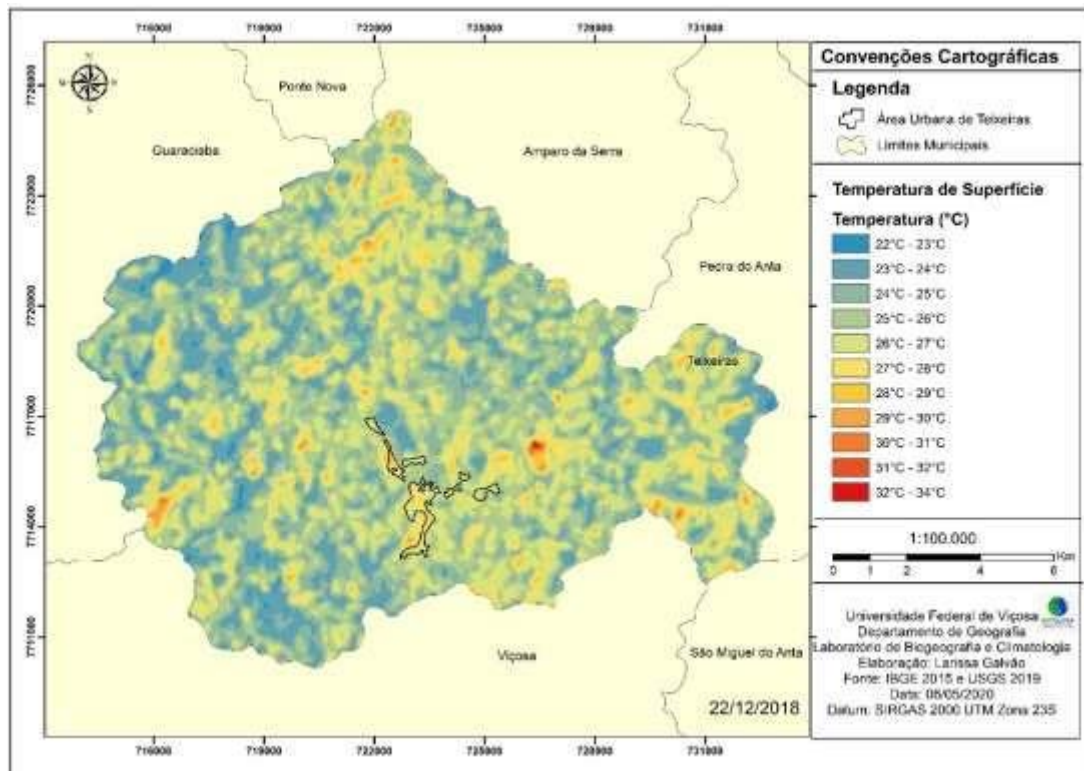
Figura 6 - Temperatura de Superfície Terrestre do Município de Teixeira, no dia 04/09/2019.



Organização: Autora (2020).

As respostas térmicas do verão (Figura 7), apresentaram uma amplitude térmica de 10,0°C, com mínima de 22,0°C e máxima de 32,0°C. Diferentemente dos resultados de inverno, na maior parte do território foram encontradas temperaturas abaixo de 27,0°C, com poucas porções de elevada temperatura. Essa diferença pode estar relacionada a predominância na superfície de vegetação, como pastagem e culturas de maior expressividade proporcionada pelo regime de chuvas, que se concentra no período de verão, favorecendo o desenvolvimento das plantas. Áreas cobertas por vegetação apresentam menor capacidade de armazenar calor, quando comparadas a porções de superfícies de terra sem cobertura vegetal e material construído, o que influencia para valores mais amenos de temperaturas de superfície (LIU et al.,2012).

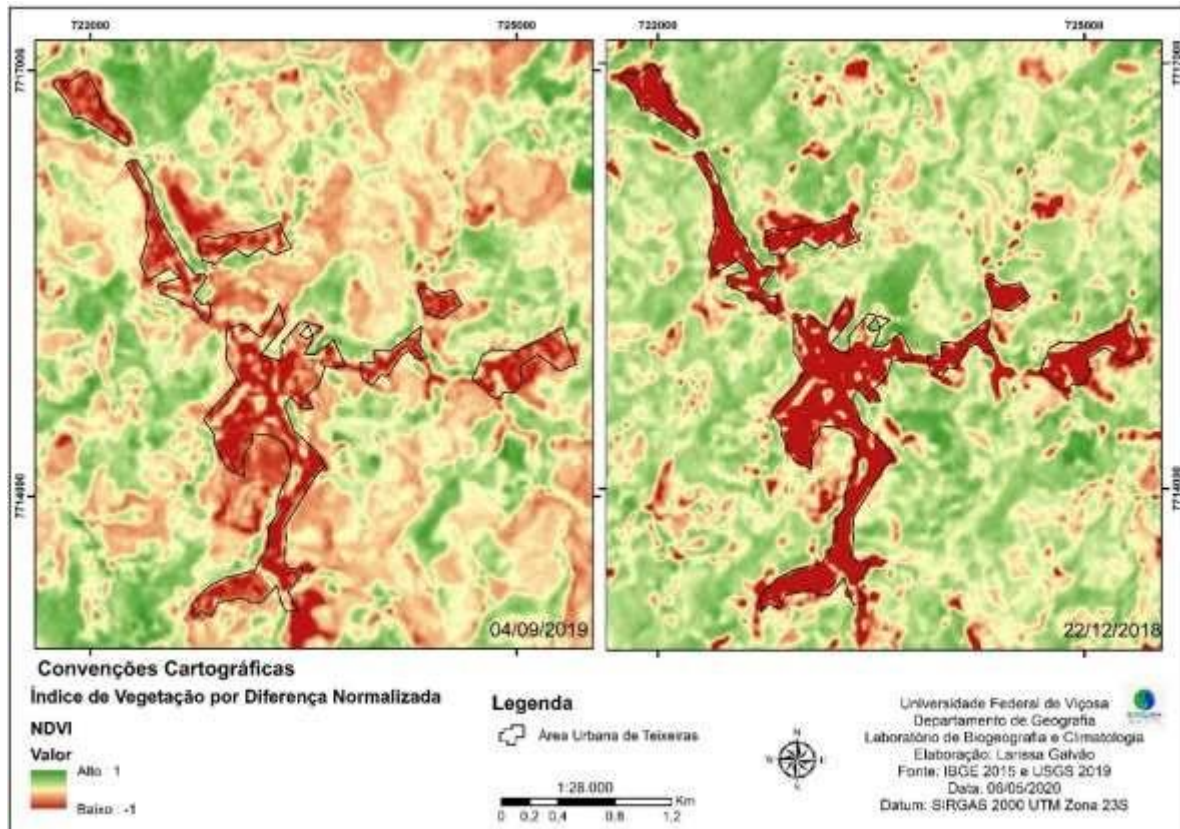
Figura 7- Temperatura de Superfície Terrestre do Município de Teixeiras do dia 22/12/2018.



Organização: Autora (2020)

O NDVI sobre a mancha urbana e o entorno rural próximo (Figura 8) evidenciou no inverno maior diferenciação, no qual, o baixo NDVI se concentrou sobre áreas densamente construídas e pavimentadas, e apresentou aumento conforme áreas próximas de superfície descampada e a presença de vegetação na urbe. No verão, o NDVI urbano se mostrou mais homogêneo, com predomínio de baixo NDVI em quase todo perímetro urbano, apresentando valores mais elevados nas áreas de vegetação mais expressiva na cidade. Isto por que, o NDVI ao buscar mapear a presença ou ausência de vegetação baseado no valor do pixel, também mede a quantidade e condição da vegetação, dando suporte para uma melhor análise dos processos de alteração na cobertura vegetal relacionando a temperatura na superfície terrestre, conforme observado por Orhan et al. (2014).

Figura 8- NDVI da área urbana do município de Teixeira dos dias 04/09/2019 e 22/12/2018.

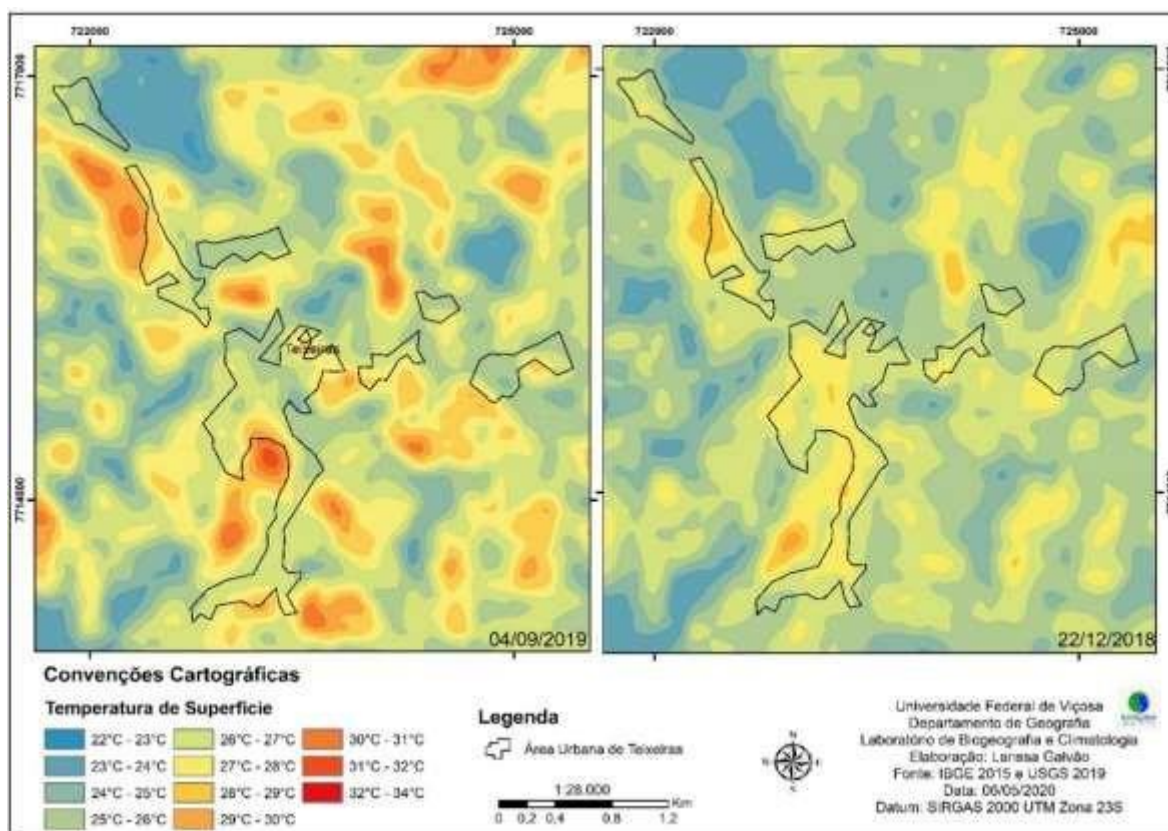


Organização: A autora (2020).

No que diz respeito a TST da área urbana (Figura9), nota-se que no inverno a área densamente construída não é evidenciada com elevadas respostas térmicas, diferentemente do seu entorno rural próximo, que concentraram as maiores temperaturas, com sua máxima em 32,0°C, devido a maior presença de superfície exposta. No verão, a mancha urbana apresenta leve realce, com valores de temperatura maiores quando comparados a maior parte do seu entorno, alcançando 29,0°C.

O realce da área urbana, se deve ao maior recebimento de radiação solar, condição comum desse período do ano. A presença da cobertura por vegetação no entorno próximo, assim como a superfície mais umedecida, em razão do regime de chuvas auxiliam na atenuação da TST, na medida em que há redução do albedo das superfícies e a vegetação fica mais esverdeada, condição favorável a maior absorção de energia solar para realização do processo de evapotranspiração.

Figura 9- Temperatura de superfície da área urbana do município de Teixeiras nos dias 04/09/2019 e 22/12/2018



Organização: A autora (2020).

De acordo com Jensen (2009), quando coberta por vegetação, as superfícies apresentam maior capacidade térmica, necessitando de maior quantidade de energia para que a temperatura eleve 1,0°C, quando se é comparado a materiais do ambiente urbano. As áreas dentro da mancha urbana que mostraram temperaturas mais amenas se devem a bairros com menor aglomeração de casas e com a presença de vegetação rasteira nos demais espaços vagos, que não foi detectado pelo NDVI do episódio de verão, devido a sua maior homogeneização dos espaçosconstruídos.

Por fim, pode-se dizer que apesar da pequena amostragem temporal das imagens, os A correlação entre os dados do NDVI e os dados de temperatura de superfície demonstra que baixos índices vegetativos estão atrelados a intervalos de temperatura mais elevados, que apresentaram melhores respostas no verão do que no inverno, conforme também verificado por Paula et al. (2016) para a cidade de Juiz de Fora.

Apesar da possibilidade de uso da técnica de sensoriamento remoto, que permite abarcar uma área contínua, permitindo uma visão ampla da área em análise. Além da existência de imagens gratuitas disponibilizadas pelos site do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), que permite a condição de monitoramento de processos ambientais, que vem apresentando uma melhora na

resolução espectral nos últimos 20 anos, cabe destacar, que a Zona da Mata Mineira, apresenta certa dificuldade de apresentar um número significativo de imagens em boas condições de uso em função da condição serrana, mais precisamente de divisor de duas grandes bacias hidrográficas, que são a do rio Doce e do Paraíba do Sul, que somada a circulação atmosférica regional e local, produz uma nebulosidade, que pode restringir o uso da imagem, pois o objeto de análise pode estar recoberto de nuvens.

Essa condição somada ao tempo de passagem do satélite de 15 a 16 dias, que permitiria duas imagens por mês, pode não existir, pois muitas das vezes existe uma coincidência no verão de dias nublados com a passagem do satélite. Os meses de agosto e setembro para a região da Zona da Mata Mineira são aqueles em que a condição de nebulosidade baixa favorece a existência de mais de uma imagem por mês, pois coincide com o final do período seco e uma estabilidade atmosférica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados gerados a partir do sensoriamento remoto evidenciaram a intrínseca relação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e a Temperatura de Superfície. Observou-se que nos dados da estação seca, inverno, o longo período sem precipitação favoreceu a condição de superfície exposta, culturas pouco desenvolvidas e vegetação de baixo vigor, o que consequentemente favoreceu a identificação de respostas térmicas elevadas em diversas porções do território rural, sobretudo, quando comparada ao episódio da estação chuvosa, verão.

Em contrapartida, na área urbana a situação se fez inversa, mesmo Teixeira sendo uma cidade de pequeno porte, no verão a área urbana apresentou leve realce quando comparada a maior parte de seu entorno próximo, enquanto no inverno, a temperatura soou inexpressiva. A umidificação da superfície, no verão possibilitou o desenvolvimento da vegetação, sobretudo vegetação rasteira e culturas no entorno rural próximo, enquanto a maior incidência solar da estação, favoreceu o pequeno aumento da temperatura sobre a mancha urbana.

Em virtude dos resultados, estimativas são levantadas sobre a importância da implementação de vegetação de forma expressiva em dados espaços do ambiente urbano a fim de interferir de forma positiva nas respostas térmicas desses ambientes, visto que, no verão, cidades de pequeno porte já mostram indícios de diferenças entre as áreas circunvizinhas e o ambiente densamente construído, tomando, dessa forma, a intervenção precoce desses espaços, como possibilidade de medidas atenuantes de situações futuras, em termos de desconforto térmico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLOCCA, R. A.; FIALHO, E. S. O campo térmico no perímetro urbano de Ponte Nova-MG (Zona da Mata Mineira), em situações sazonais de verão e inverno, no ano de 2017. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v.24, n.15, p.300-329, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revista-abclima/article/view/60753/38885>. Acesso em: 1 de jun. 2020.

ALMEIDA, A. J. P.; GUIMARÃES JR., S. A. M.; ANDRADE, E. L.; FERREIRA NETO, J. V. Relação entre o Índice de Vegetação e a temperatura de superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 17, *Anais...*, João Pessoa-PB, p. 2047-2054, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0406.pdf>. Acesso em: 1 de jun. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Rede higrômetros nacional**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/monitoramento/sala-de-situacao/rede-hidrometeorologica-nacional1>. Acesso em: 15 mai. 2020.

CORREA, W. S. C. **Campo térmico e higrométrico da Regional Praia do Canto no município de Vitória (ES)**. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/3612>. Acesso em: 30 de mai. 2020.

COVELE, P. Aplicação de índices das condições da vegetação em tempo quase real da seca em Moçambique usando NOAA\_AVHRR-NDVI. **Espaço e Tempo**, São Paulo-SP, n. 29, p. 85-95, 2011. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74207>. Acesso em: 2 de jun. 2020.

DELGADO, R. C.; RODRIGUES, R. de Á.; FARIA, A. L. L.; PESSOA, C. S. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, n. 25, p. 69-80, 2012. Disponível em: [http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/25-08\\_Materia\\_6\\_artigos326.pdf](http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/25-08_Materia_6_artigos326.pdf). Acesso em: 30 de mai. 2020.

DOLLFUS, O. **A análise geográfica**. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1973.

DORIGON, L. P. AMORIM, M. C. de C. T. Clima urbano através do sensoriamento remoto: Evolução histórica da termografia de superfície de Paranavaí/PR-Brasil. **Os desafios da Geografia Física na Fronteira do conhecimento**, Campinas, SP, 17, *Anais...*, v. 1, p. 1777-1789, 2017. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2017, Unicamp: Instituto de Geociências. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2382>. Acesso em: 1 de jun. 2020.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá-PR, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/5868>. Acesso em: 15 de set. 2020.

FIALHO, E. S. Unidades climáticas urbanas: O caso da Ilha do Governador. **Revista do Centro de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 10, n. 1, p.26-46, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3493>. Acesso em: 2 de jun. 2020.

FIALHO, E. S. Estudos climáticos em sítios urbanos e rurais. In: FIALHO, E. S.; SILVA, C. A.



(Org.). **Concepções e Ensaios da Climatologia Geográfica**. Dourados-MS: UFGD, 2012, v. 1, pp. 83-114. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/327890815\\_ESTUDOS\\_CLIMATICOS\\_EM\\_SITIOS\\_URBANOS\\_E\\_RURAI](https://www.researchgate.net/publication/327890815_ESTUDOS_CLIMATICOS_EM_SITIOS_URBANOS_E_RURAI). Acesso em: 2 de jun. 2020.

FIALHO, E. S. Climatologia: ensino e emprego de geotecnologias. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, ano 9, v. 13, p. 30-50, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33604>. Acesso em: 2 de jun. 2020.

FIALHO, E. S. As repercussões da expansão da mancha urbana na dinâmica climática local de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 324-337, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3095/0>. Acesso em: 5 de jun. 2020.

FIALHO, E. S.; CELESTINO, E. J.; QUINA, R. R. O campo térmico em situação episódica de primavera em uma cidade de pequeno porte, na Zona da Mata Mineira: um estudo de caso em Cajuri- MG. **Revista de Geografia**, Recife-PE, v.33, n. 4, p. 299-318, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229300>. Acesso em: 2 de jun. 2020.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2019**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/teixeiras/panorama>. Acesso em: 1 maio. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia: **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 11 de mai. 2020.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2 ed. São José dos Campos-SP: Parênteses, 2009.

LANDSBERG, H. E. **The climate of towns. Man's Role in Changing the Face of the Earth**. W. L. Thomas, Ed., University of Chicago Press, 1956.

LIU, Y.; SHINTARO, G.; ZHUANG, D. & KUANG, W. Urban surface heat fluxes infrared remote sensing in version and their relationship with land use types. **Journal of Geographical Sciences**, New York-EUA, v. 22, n. 4, p. 699-715, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/257689785\\_Urban\\_surface\\_heat\\_fluxes\\_infrared\\_remote\\_sensing\\_inversion\\_and\\_their\\_relationship\\_with\\_land\\_use\\_types](https://www.researchgate.net/publication/257689785_Urban_surface_heat_fluxes_infrared_remote_sensing_inversion_and_their_relationship_with_land_use_types). Acesso em: 20 de jun. 2020.

ORHAN, O.; EKERCIN, S.; DADASER-CELIK, F. Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. **The Scientific World Journal**, New York-EUA, v. 2014, p. 1-11, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/260448798\\_Use\\_of\\_Landsat\\_Land\\_Surface\\_Temperature\\_and\\_Vegetation\\_Indices\\_for\\_Monitoring\\_Drought\\_in\\_the\\_Salt\\_Lake\\_Basin\\_Area\\_Turkey](https://www.researchgate.net/publication/260448798_Use_of_Landsat_Land_Surface_Temperature_and_Vegetation_Indices_for_Monitoring_Drought_in_the_Salt_Lake_Basin_Area_Turkey). Acesso em: 01 de jun. 2020.

OKE, T.R. **Boundary Layer Climates, 2nd Edition**. Methuen, London, 1987.

PAULA, I. F. M.; PIMENTEL, F. O.; FERREIRA, C. C. M. Correlação entre a Temperatura de Superfície e o Índice Vegetativo no Perímetro Urbano de Juiz de Fora-MG. **Revista de Geografia. PPGeo – UFJF**. Juiz de Fora-MG, v. 6, n. 4, p. 339-351, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18037>. Acesso em: 6 jun. 2020.

PESSI, D. D.; EREIO, P. K. B.; ALVES, G. B. M.; MARTARELLO, A. P.; OLIVEIRA, S. M. L. Qualidade da Cobertura Vegetal em Áreas de Preservação Permanente de Nascentes. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro=RJ, v.41, n.3, p.270-280, 2019. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13061>. Acesso em: 10 de jun. 2020.

PORONGABA, G F O; AMORIM, M C de C. T. Geotecnologias Aplicadas à Análise de Ilhas de Calor de Superfície em Cidades do Interior do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife-PE, v. 12, n. 4, p. 2041-2050, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/240229>. Acesso em: 30 de mai. 2020.

PRADO, L. B.; SILVA, C. S.; SILVA, W. M.; FIALHO, E. S. Análise do comportamento térmico de uma cidade de pequeno porte, um estudo de caso do município de Porto Firme–MG. SIMPOSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 13, *Anais...*, Juiz de Fora. UFJF-, 2018. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/329378302\\_ANALISE\\_DO\\_COMPORTEMENTO\\_TERMICO\\_DE\\_UMA\\_CIDADE\\_DE\\_PEQUENO\\_PORTE\\_UM\\_ESTUDO\\_DE\\_CASO\\_DO\\_MUNICIPIO\\_DE\\_PORTO\\_FIRME-MG](https://www.researchgate.net/publication/329378302_ANALISE_DO_COMPORTEMENTO_TERMICO_DE_UMA_CIDADE_DE_PEQUENO_PORTE_UM_ESTUDO_DE_CASO_DO_MUNICIPIO_DE_PORTO_FIRME-MG). Acesso em: 08 de jun. 2020.

ROCHA, C. S; FIALHO, E. S. Modelando a exceção: a cidade de Teixeira-MG e a enchente de 1975. SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 10, São Paulo, *Anais...*, UNESP-Rio Claro, SP, p. 696-708, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/273774399\\_MODELANDO\\_A\\_EXCECAO\\_A\\_CIDADE\\_DE\\_TEIXEIRASMG\\_E\\_A\\_ENCHENTE\\_DE\\_1975](https://www.researchgate.net/publication/273774399_MODELANDO_A_EXCECAO_A_CIDADE_DE_TEIXEIRASMG_E_A_ENCHENTE_DE_1975). Acesso em: 8 de jun. 2020.

USGS. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook - Section 1**. 2016. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook-section-1>. Acesso em: 20 mai. 2020.

SANTOS, L. F.; FURTADO, J. B.; FIALHO, E. S. Análise da distribuição da temperatura de superfície no município de Ervália – MG. In: SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. 7, Minas Gerais, *Anais...*, Juiz de Fora. p. 192-201, 2019. Disponível em: <https://www.ufjf.br/ppgeografia/files/2019/08/ANAIS-VII-SEMINARIO-DO-PPGEO.pdf>. Acesso em: 02 de jun. 2020.

YUE, W. et al. The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat & ETM+ data. **International Journal of Remote Sensing**, New York-EUA, v. 28, n. 15, p. 3205-3226, 2007. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160500306906>. Acesso em: 28 de mai. 2020.