






CLIMA, CIDADE E CRESCIMENTO: UMA INVESTIGAÇÃO DA EXPANSÃO NORTE DA CIDADE DE VIÇOSA-MG, POR MEIO DA TERMOGRAFIA DE SUPERFÍCIE (2000-2019)

Climate, City and Growth: a investigation of northen expansion of tower Viçosa-MG, by means or surface thermography (2000-2019)

Clima, Ciudad y Crecimiento: una investigación sobre la expansion septentrional de la ciudad de Viçosa-MG, por medio de la termografia de superficie (2000-2019)

Edson Soares Fialho  

Professor de Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa - Coordenador do Laboratório de Biogeografia e Climatologia – BIOCLIMA/UFV
fialho@ufv.br

Larissa Galvão Fontes dos Santos  

Bacharel e Licenciada em Geografia, Universidade Federal de Viçosa - Membro do Laboratório de Biogeografia e Climatologia – BIOCLIMA/UFV
larissa.galvao@ufv.br

Resumo: A expansão da malha urbana pode gerar uma piora nas condições ambientais de um dado lugar. No Brasil, nas últimas décadas do século XXI, as cidades de pequeno e médio porte foram as que mais aumentaram o seu percentual de população urbana em um ritmo maior do que as grandes cidades. Conseqüentemente, a área construída, muita das vezes, sem levar em consideração as limitações impostas pelo sítio e características fisiogeográficas, podem agravar situações de desconforto térmico, alagamentos, enchentes, movimentos de massa, chuva ácida, poluição do ar, da água e sonora. Nesse sentido, o presente trabalho analisar a relação entre o crescimento urbano na cidade de Viçosa-MG com a espacialidade do campo térmico de superfície. Como grande parte destas cidades não tem um monitoramento das condições socioambientais, optou-se pelo uso de imagens de sensoriamento remoto, obtidas para o uso e cobertura da terra (que foram baixados da plataforma MapBiomas) e as imagens termais (baixadas no site do INPE), para a estação de inverno entre os de 2000 a 2019. Dentre os resultados obtidos por meio deste recorte temporal, pode-se destacar que as áreas de solo exposto e edificadas foram as que apresentaram as maiores

temperaturas de superfície, em contraponto com as áreas florestadas, como também a expansão da área urbana também permitiu um acréscimo da temperatura de superfície da área de estudo.

Palavras-chave: Expansão urbana. Temperatura de superfície. Sensoriamento Remoto. Zona da Mata Mineira.

Abstract: The transformation of the landscape, through the expansion of the urban network, can generate a worsening in the environmental conditions of a given place. In Brazil, in the last decades, small and medium-sized cities have increased their percentage of urban population at a greater rate than large cities. Consequently, the built area, many times, without taking into account the limitations imposed by the site and physiogeographic characteristics, can worsen situations of thermal discomfort, flooding, among other problems. As most of these cities do not have a monitoring of social and environmental conditions, this work uses remote sensing image data, obtained for land use and land cover, (removed from the MapBiomias platform) and the hot springs images (removed from Landsat 8), for the winter season. The purpose of this information is to investigate the relationship between urban growth in the city of Viçosa-MG, in the period 2000-2019, with the surface thermal field and its relationship with changes in land use and land cover. Among the results obtained through this time frame, it can be highlighted that the areas of exposed and built soil were those with the highest surface temperatures, in counterpoint with the forested areas, as well as the expansion of the urban area also allowed for an increase in the surface temperature of the study area

Keywords: Urban expansion. Surface temperature. Remote sensing. Zona da Mata Mineira.

Resumen: La expansión de la red urbana puede generar un empeoramiento de las condiciones ambientales de un lugar determinado. En Brasil, en las últimas décadas, las ciudades pequeñas y medianas han aumentado su porcentaje de población urbana a un ritmo mayor que las grandes ciudades. En consecuencia, la zona edificada, a menudo sin tener en cuenta las limitaciones impuestas por el lugar y las características fisiogeográficas, puede agravar situaciones de incomodidad térmica, inundaciones, entre otros obstáculos. Como la mayoría de estas ciudades no cuentan con un seguimiento de las condiciones socio-ambientales, el presente trabajo utiliza datos de imágenes de teledetección, obtenidos para el uso del suelo y la cobertura (tomados de la plataforma MapBiomias) e imágenes térmicas (tomadas de Landsat 8), para la temporada de invierno. La conjugación de esta información tiene como objetivo investigar la relación entre el crecimiento urbano de la ciudad de Viçosa-MG, en el período 2000-2019, con la dinámica del campo térmico superficial y su relación con las modificaciones de uso y cobertura del suelo. Entre los resultados obtenidos a través de este corte temporal, se puede destacar que las zonas de suelo expuesto y las zonas edificadas fueron las que presentaron las mayores temperaturas superficiales, en contraste con las zonas boscosas, así como la expansión de la zona urbana también permitieron un aumento de la temperatura de la superficie de la zona de estudio

Palabras clave: Expansión urbana. Temperatura superficial. Teledetección. Zona da Mata Mineira.

Submetido em: 25/03/2022

Aceito para publicação em: 27/02/2023

Publicado em: 28/02/2023

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população urbana, os problemas de infraestrutura e de acesso limitado aos recursos em diversas cidades ao redor mundo, conduziu a uma piora na condição de vida de milhares de pessoas (DREW, 1998). Esse cenário de intensa urbanização acarretou perdas de funcionalidades básicas, afetando o modo de vida e a mobilidade urbana, dentre outros óbices, principalmente, nas áreas centralizadas, que tem papel importante na transformação da paisagem natural, já que passa a ficar carregada de significações. Tal paisagem engendra modificações significativas, que vão se alterando ao longo dos anos, à medida em que se desenvolvem as técnicas, as ideias e as intenções.

Neste caso, as cidades de pequeno e médio porte, como destaca Gomes e Matushima (2015), começaram a possuir certas condições de produção e reprodução de processos, espaços, sujeitos e fenômenos, que até então eram comuns às cidades metropolitanas. As cidades passaram também a serem capazes de receber novos empreendimentos econômicos destinados aos três setores econômicos, com ênfase à prestação de serviços e ao comércio em geral, que podem estar articulados por capitais nacionais ou internacionais.

Fato este que chama a atenção de investidores, possibilitando a expansão de negócios. Considerando as ações do processo de urbanização sobre o meio, Santos (2013, p. 43) relata que ele produz em cada local um *meio geográfico artificial*, no qual se desenvolve “[...] um quadro de vida onde as condições ambientais são ultrajadas, com agravo à saúde física e mental das populações [...]”.

E sendo o clima um indicador da qualidade de vida ambiental urbana (MONTEIRO, 1975), o estudo do clima urbano deve oferecer um grau de detalhamento capaz de possibilitar uma intervenção mais consciente na gestão da cidade, uma vez que, conforme afirma Carlos (1989, p. 121), o processo de produção do espaço ao ser desigual, acaba por criar paisagens com usos, formas e funções desiguais.

Com base na apropriação desigual do espaço, compreender a configuração do campo térmico, no espaço urbano, é mais do que relatar quantitativamente as diferenças de temperatura mensuradas. Os dados registrados são indícios das interações entre sociedade e natureza impressas na baixa atmosfera e na superfície. Assim, os parâmetros climáticos



quantificados e interpretados à luz dos conceitos da ciência geográfica são lentes que permitem ao pesquisador compreender a organização do espaço.

Na busca de compreender o campo térmico de Viçosa, enquanto uma cidade capaz de atrair agentes econômicos e sociais, que modificam espaços, nota-se a incorporação de novas áreas na dinâmica urbana. Viçosa, por sua vez, apresenta uma expansão de sua mancha urbana em se expande direção ao distrito de Silvestre e Novo Silvestre, por meio do eixo que interliga a Avenida Castelo Branco à Rodovia Federal BR-120, com o surgimento de novas construções, como instituições de ensino superior privado, moradias (para atender estudantes universitários) e comércio, conforme corroborado por Melo (2021).

Esse movimento também é resultado da saturação da área central, que apresenta deficiências na gestão de resíduos; má gestão dos recursos naturais; restrições nos sistemas de saúde, educação e segurança pública; limitações nos sistemas de mobilidade urbana e de transportes. Em razão da expansão da mancha urbana, o presente trabalho procura analisar o processo de crescimento da área construída e sua influência na condição da temperatura de superfície. E para isto, as geotecnologias serão utilizadas, para assim obter uma melhor visualização espacial do campo térmico de superfície, como também do mecanismo de crescimento do processo de ocupação entre 2000 e 2019.

O processo de urbanização, característico de países em desenvolvimento, vem ocasionando um agravamento das demandas ambientais urbanas, principalmente em relação às questões de desconforto térmico, enchentes, inundações e alagamentos, decorrentes da intensificação dos eventos pluviiais extremos verificado em diferentes regiões do Brasil (GIULIO *et al.*, 2019). Nesse contexto ambiental, os estudos de sítios urbanos necessitam ser resgatados em função de modificações ocorridas com a produção do espaço e com as perspectivas de planejamento territorial e urbano.

Cabe destacar, que o primeiro estudo sobre a influência do sítio sobre o clima foi desenvolvido por Ary França (MOREIRA, 2021, p. 64). Nos estudos climáticos, a influência do sítio também é importante, pois pode explicar as diferenças elevadas em determinados momentos do dia, uma vez que, a cidade, segundo Jardim e Ferreira (2005), deixa de ser um receptáculo de energia e passa a atuar como uma forma de controle, em maior ou menor grau, dos elementos climáticos.

Ainda segundo Jardim e Ferreira (2005, p. 7100):

“[...] as modificações oriundas do quadro de relações, refletem a maior ou menor derivação do ambiente natural e traduz a interação entre os fatores ou controles de superfície com os elementos ou atributos do clima [...]”.

Em outras palavras, o sítio urbano traduz as características do ambiente ao nível da superfície terrestre e, ao mesmo tempo, localiza o objeto de análise. A situação refere-se às qualidades e ao comportamento dos elementos, de forma momentânea ou ao longo de um recorte temporal. Uma parcela de ar, naquilo que diz respeito ao seu conteúdo de umidade e a temperatura do ar, assume uma enorme variação, conforme manifestam-se as diversas formas de combinação dos fatores ou controles da superfície terrestre (orientação, forma, exposição do relevo; tipos de uso terra; dimensão, densidade, cor e geometria dos edifícios, a disposição e largura do arruamento numa cidade).

E ao assumir que o espaço urbano comporta-se como um sistema (MONTEIRO, 1975), a interação entre os elementos no meio urbano faz com que emergam novas possibilidades, fruto de uma organização complexa, que pode gerar benefícios (agregação de valores culturais, econômicos etc.) e malefícios (enchentes, poluição do ar, dentre outros) no funcionamento do sistema.

Apesar desta compreensão, os estudos climáticos que consideram o objeto de análise desta obra ainda são poucos, destacando-se: Armani (2009); Assis (2010); Fialho (2012a e 2012b), Sanches *et al.* (2017), Fialho *et al.* (2018), Allocca e Fialho (2019), Assis e Jardim (2020) e Oliveira e Fialho (2020). Mas, dentre os citados, estes não abordaram a termografia da superfície, uma das aplicações do sensoriamento remoto, que de acordo com Dorigon e Amorim (2019, p. 1778) têm como uma das principais aplicações, no estudo de climas urbanos, propiciar examinar as relações entre a estrutura espacial dos padrões térmicos urbanos e as características da superfície urbana.

Além dessas aplicações, conforme Ugeda Junior (2013) permite um maior grau de detalhamento e uma visão espacial das temperaturas de superfícies de uma determinada região com o seu entorno. Todavia, apesar do avanço registrado no uso de novas tecnologias, no estudo do clima das cidades, a maioria das pesquisas, ainda destacam a investigação dos aspectos meteorológicos, dando pouco destaque a degradação ambiental



proveniente da atividade humana, conforme Sant'anna Neto (2022, p. 2) destaca, quando afirma, que:

"...no caso das Ciências Humanas e Sociais, em geral, e na Geografia, em particular, importa atribuir outros valores intrínsecos ao clima, pois, para além de sua existência física, associada ao conceito de sucessão habitual dos tipos de tempo e da dinâmica atmosférica, o clima também revela outras dimensões, como as econômicas, culturais, simbólicas e ideológicas que permeiam as práticas sociais...".

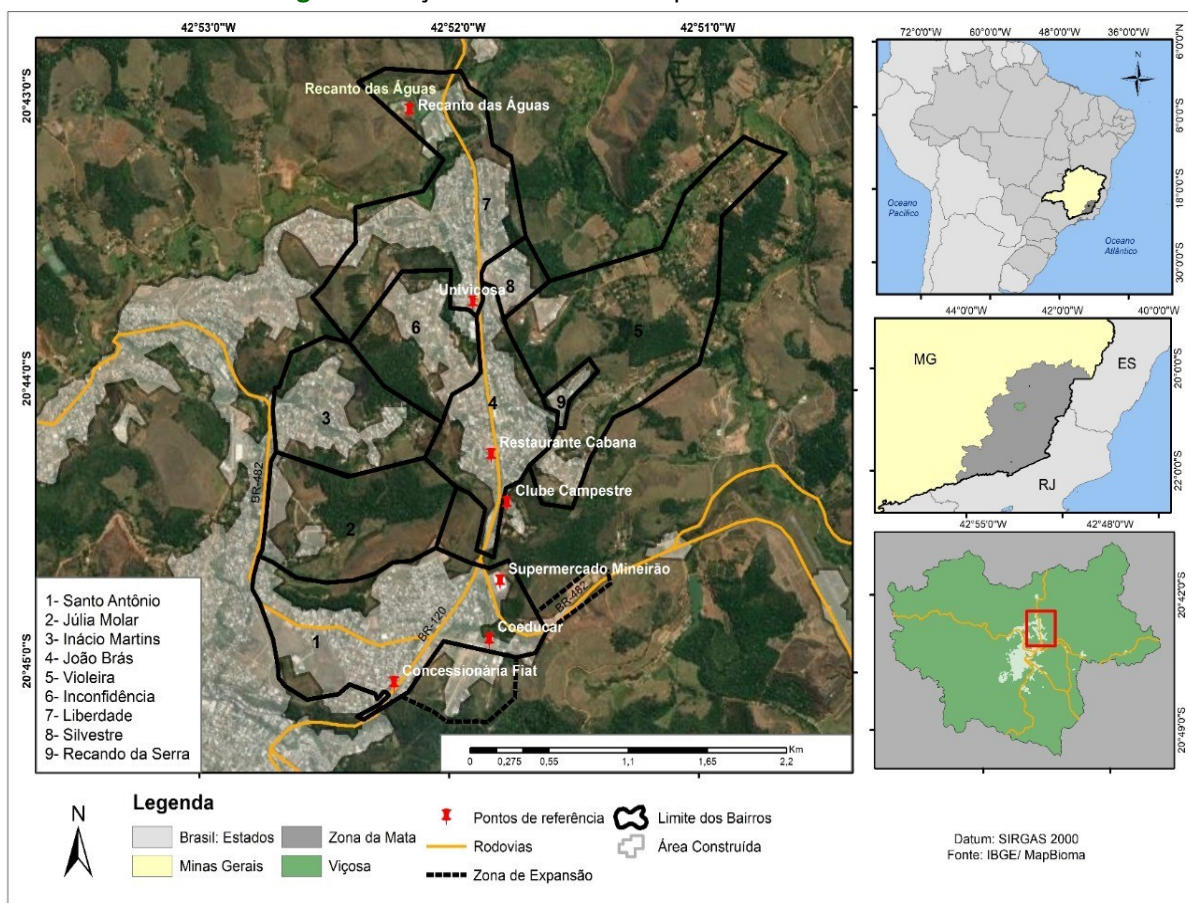
2. ÁREA DE ESTUDO

"...No complexo sistema que constitui o clima urbano, atributos climáticos e qualidade ambiental são componentes intimamente relacionados e dependentes entre si ...". (BRANDÃO, 1996, p. 21)

O sítio urbano de Viçosa apresenta um mosaico de colinas, terraços fluviais e planícies de inundação estreitas, inseridas em formas de bacias hidrográficas dendríticas, característico do relevo planáltico dissecado, mais precisamente, no alto da bacia do Rio Doce. Sobre esta paisagem, o meio urbano se justapõe. Para um observador atento, o núcleo urbano central de Viçosa, ao estar inserido na bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, aparentemente, apresenta uma morfologia plana. Com intuito de interligar a cidade, a rodovia recém inaugurada BR-120 (Trecho Ponte Nova e Viçosa), em 29 de maio de 1973 (UFV INFORMA, 1973), faz ligação do distrito isolado de Silvestre com o recém criado bairro de João Brás, assim, ocasionou na promoção de uma maior integração do mesmo distrito com cidades vizinhas e também com o restante da cidade.

A partir desta rodovia, a malha urbana começa a ser induzida em direção ao município de Teixeiras-MG (Figura 1), onde os bairros de João Brás e Silvestre, antes isolados, interligaram-se, além de surgirem outros bairros, como: Liberdade, Recanto da Serra, Inconfidência, Violeira e Inácio Martins. O sistema de colinas que abriga a *urbe*, direcionou a expansão da malha urbana, definiu o padrão geral da geometria do arruamento (FIALHO; QUINA, 2017). Até a década de 1970, a cidade se restringia a ocupar os terraços e brejos e os leitos menores não eram ocupados na porção central.

Figura 1 - Viçosa-MG: Setor de expansão urbana norte.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Porém, com a abertura da Avenida Marechal Humberto Castelo Branco, que interliga a atual rodoviária ao trevo de saída para as cidades de Juiz de Fora e Ponte Nova, foi promovido o desmonte parcial de um morro, na altura do bairro Santo Antônio, mais precisamente nas proximidades do Posto de Gasolina *Milenium*.

Esta área cresceu muito a partir do ano de 2000 e, por conta disso, o presente trabalho procura analisar a termografia do setor norte da cidade de Viçosa-MG, localidade em expansão, diferente da área central, local analisado por Prado *et al.* (2020), que verificaram o papel do relevo ondulado (orientação das vertentes), associado ao tipo de uso da terra, apresentaram forte influência na configuração do campo térmico superficial, como também observado em Ponte Nova (FIALHO; SANTOS, 2021).

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa, com intuito de alcançar os objetivos propostos, busca comparar o processo de transformação da paisagem, que vem sendo incorporada pela cidade de Viçosa. Para acompanhar a evolução temporal da infraestrutura urbana do setor norte, a partir do bairro de Santo Antônio até Silvestre, para o período de 2000 a 2019, foi utilizada a base de dados da coleção 5.0 do projeto Mapbiomas, que realiza o mapeamento anual da cobertura e uso da terra do Brasil, que fornece dados do período de 1985 a 2019, extraídos no próprio site do Projeto.

Os produtos do Mapbiomas são elaborados a partir de imagens de satélite, com resolução espacial de 30 metros, ao qual permite uma análise das classes de uso e cobertura da terra que envolvem, por exemplo, a vegetação natural (dividida em formações florestais, savânicas e plantadas), as coberturas de uso agropecuário (pastagem, cultura anual, cultural semi-perene, agricultura, mosaico de agricultura e pastagem), e as coberturas para o uso urbano ou de infraestrutura urbana, áreas com solo exposto, mineração, entre outros (MAPBIOMAS, 2020).

Com acesso aos dados adquiridos em formato *raster*, utilizou-se o *software* QGIS versão 3.10 – onde foram extraídas as informações referentes ao município, com uso do polígono contendo os limites do município. Em seguida, os arquivos foram convertidos para formato vetorial. Na sequência, os arquivos de uso e cobertura da terra para os anos de 2000, 2004, 2011, 2014 e 2019, bem como, o arquivo das imagens de satélite obtidas junto a base do INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS), foram redefinidos para projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*), *datum* SIRGAS 2000 – fuso 23S.

Após esse processo, foi realizado a intersecção dos mapas de uso e cobertura da terra com as imagens termais, de modo a relacioná-las de forma conjunta. Por fim, para o cálculo das áreas (tipos de uso e cobertura da terra), utilizou-se a ferramenta Calculadora *raster* do *software* QGIS, em Km^2 (GORELICK *et al.*, 2017). E as planilhas das informações geradas foram exportadas para o *software* Excel para análise. Para os anos 1985, 2000, 2015 e 2019, na escala da cidade, foi calculado o total da mancha urbana para verificar-se a taxa de crescimento. Enquanto, no setor norte de expansão da cidade foi realizado o cálculo para obtenção da área em Km^2 de cada uso para os anos de 2000, 2004, 2011, 2014 e 2019.

Para elaboração dos mapas de temperatura de superfície e dos índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI), foram utilizadas cinco imagens do satélite *Landsat 5* sensor TM (*Thematic Mapper*) e *Landsat 8* sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) / OLI - *Operacional Land Imager*- (Tabela 1), ambas da órbita 217, ponto 74, com resolução de 100 metros, porém, reamostradas e disponibilizadas com resolução espacial de 30 metros, adquiridas através do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Para a seleção das imagens, foi optado pela coleção 2 dos produtos *Landsat*, lançada recentemente. Essa coleção possui melhorias na precisão absoluta da geolocalização dos dados de referência terrestre, com aprimoramento da precisão geométrica, produtos com modelagem digital aprimorada, além de avanços na calibração radiométrica dos satélites *Landsat 5* e 8, incluindo correção radiométrica para efeito da faixa do TIRS, que ao longo da vida de missão do satélite, apresentou deterioração e consequente interferência na qualidade das imagens (USGS, 2021).

As datas das imagens selecionadas correspondem à estação de inverno, conforme presentes na Tabela 1. Critérios como a ausência de nebulosidade sobre a área de estudo, fator favorecido pelo inverno seco da região, foram considerados para a seleção das imagens, garantindo maior visibilidade, além da busca por imagens que não apresentassem grande distanciamento entre as datas, de forma a buscar por uma menor discrepância nas condições atmosféricas entre os dias de imageamento. Para o processamento digital das imagens e elaboração dos mapas de temperatura de superfície, foram trabalhadas as bandas correspondentes a banda 6 do *Landsat 5* e a banda 10 do *Landsat 8*.

Tabela 1 - Viçosa-MG: Datas de passagem do satélite.

Data das imagens	Satélite	Horário (UTM)
27/06/2000	<i>Landsat 5</i>	12:27:51.4
22/06/2004	<i>Landsat 5</i>	12:32:51.6
12/07/2011	<i>Landsat 5</i>	12:40:21.6
04/07/2014	<i>Landsat 8</i>	12:51:00.4
02/07/2019	<i>Landsat 8</i>	12:51:06.6

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).



Em ambiente SIG, as bandas foram reprojctadas para o *datum* SIRGAS UTM 23S e realizado o recorte para a área de estudo, em seguida, para a extração dos dados termais, foram submetidas a duas equações disponibilizadas pela USGS seguindo as considerações de Chandler *et. al.* (2009) e a metodologia utilizada por Steinke *et al.* (2010) e Coelho e Correa (2013). Primeiramente, foram convertidos o valor do pixel para os níveis de reflectância obtidos no Topo da Atmosfera (TOA) (Equação 1 e 2) e, em seguida, transformados os valores para brilho de temperatura do satélite (Equação 3), em Kelvin, para por fim, efetuar a transformação para Celsius (Equação 3). Para obter a radiância espectral, foram utilizadas a equação 1 para o *Landsat 5* e a equação 2 para o *Landsat 8*.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right) (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + L_{min\lambda} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

L_{λ} = Radiância espectral do sensor no topo da atmosfera (Watts / (m² * srad * μm)).

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).

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} - 273.15 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

T = Temperatura efetiva no satélite (K).

L_{λ} = Radiância espectral (Watts / (m² * srad * μm)).

K_1 = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados.

K_2 = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados.

Por fim, para a obtenção da Temperatura de Superfície Terrestre (Equação 4), foi utilizada a equação inversa de Planck, de forma que, a emissividade da superfície terrestre deixa de ser considerada um corpo negro de valor 1 e assume novo valor. Para esse trabalho foi considerado o valor 0,986, seguindo considerações de Santos *et al.* (2017).

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda b T_b}{\alpha}\right) \ln \varepsilon} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde,

T_s = Temperatura da superfície.

T_b = Temperatura de brilho.

λb = Comprimento de onda médio da radiação da banda termal.

$\alpha = hc/\sigma$ (2 1.438x10⁻ mK).

\ln = Logaritmo natural.

ε = Emissividade da superfície.

Ao fim da operação do cálculo da temperatura de superfície, os dados termais foram extraídos em conjunto para cada tipo de uso e cobertura, pixel a pixel, específico para as datas presentes na Tabela 1, na escala do setor norte da cidade, por meio da ferramenta *r.report*. Estes dados foram elaborados gráficos *Box-plot*, também conhecido como “gráfico de caixa” (MAROCO, 2007), é um gráfico estatístico que possibilita representar a distribuição de um conjunto de dados com base em alguns parâmetros descritivos foi construído no *software livre Past* (HAMMER *et al.*, 2001).

Para obtenção do índice NDVI (Equação 5) foram utilizadas as bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo) do *Landsat 5* e bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo) do *Landsat 8*. Estas bandas espectrais são utilizadas por possuir 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 Equação 5:

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

(Eq. 5)

Onde:

NIR= Infravermelho próximo.

R= Vermelho.

De acordo com Santos e Negrini (1997), o NDVI se caracteriza como o 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 e vigor da vegetação. Os valores próximos de 0 a -1 são superfícies caracterizadas como solo exposto e corpos d'água (SANTOS; FIALHO, 2020).

No *software* QGIS versão 3.6 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. O NDVI foi utilizado para verificar a condição da vegetação e possibilidade de solo exposto de forma a auxiliar na interpretação da temperatura de superfície de forma conjunta aos dados de uso e cobertura do solo do projeto Mapbiomas. E por fim, para elaboração do mapa de exposição das faces das vertentes do relevo, foi utilizado um *raster* MDE SRTM, trabalhado na ferramenta “*Surface*” do QGIS. As classes de orientação de vertentes utilizadas foram os pontos Cardeais (Norte, Sul, Leste, Oeste) e Colaterais (Nordeste, Noroeste, Sudeste, Sudoeste).

Ainda em relação aos dados pluviométricos, a serem utilizados, os mesmos foram obtidos na página do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV para o período de inverno 2000-2019), que é o guardião dos dados climatológicos da Estação Meteorológica da UFV, operada pelo INMET.

E em relação as cartas sinóticas, que foram selecionadas para os anos utilizados as imagens termais, teve como objetivo verificar as condições do tempo presente nos dias de observação orbital dos sensores termais do *Landsat*. Esclareço, que o banco de imagens das cartas sinóticas, obtidas no DHN (Diretoria de Hidrologia e Navegação) não estavam disponíveis na plataforma, sendo necessário contato via e-mail, disponibilizado na página.

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

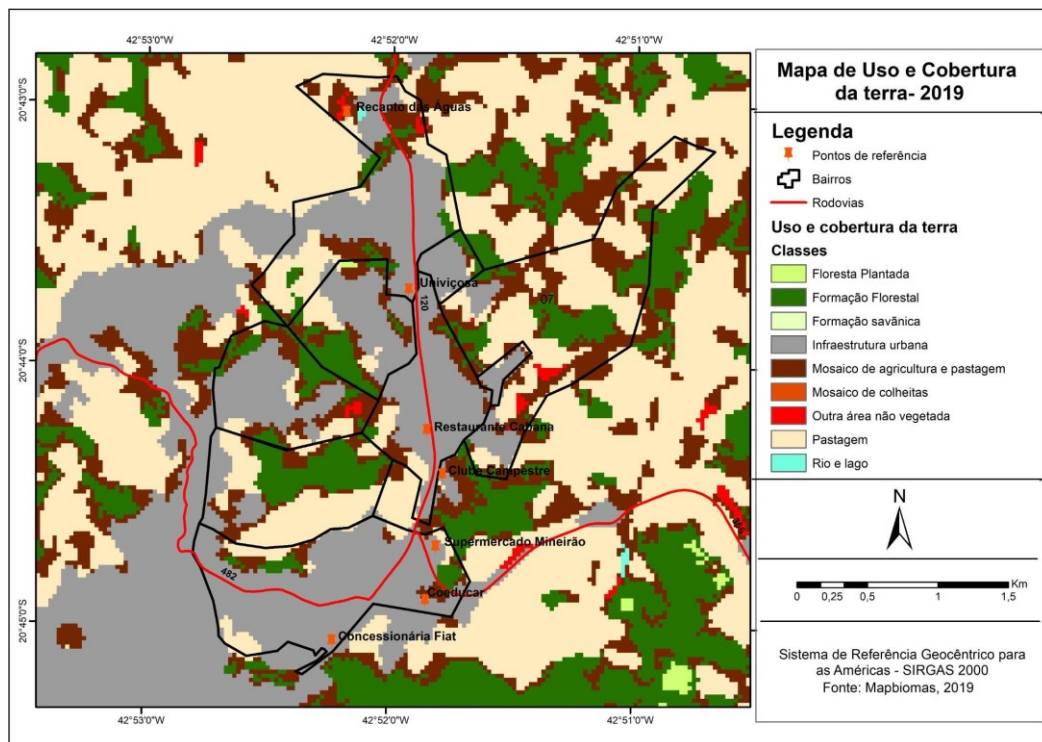
Analisando, inicialmente, o processo de expansão da mancha urbana de Viçosa, verificou-se que a mesma cresceu 256,6% entre 1985 e 2019 (Tabela 2). E ao se observar os eixos de expansão, identifica-se que existe o vetor, que se destaca, é da porção norte da cidade, que acompanha as margens da rodovia BR-120 (Figura 2), em direção ao distrito de Silvestre, a partir do trevo de entrada da cidade, onde se localiza, atualmente, o Mineirão Atacarejo, inaugurado no ano de 2019.

Tabela 2 - Viçosa-MG: Taxa de crescimento da área construída da área urbana -Km²- (1985 e 2019).

Município	Anos								
	1985	2000	Tx.Crs.(período)	2000	2015	Tx.Crs.(período)	2015	2019	Tx.Crs.(período)
Viçosa	2,9	7,7	165,50%	7,7	10,5	36,30	10,5	12,3	17,10%
Tx.Crs. Total (entre 2019 - 1985)									
324,10%									

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 2 - Viçosa-MG: Uso e cobertura da Terra para o setor norte de expansão da cidade, 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

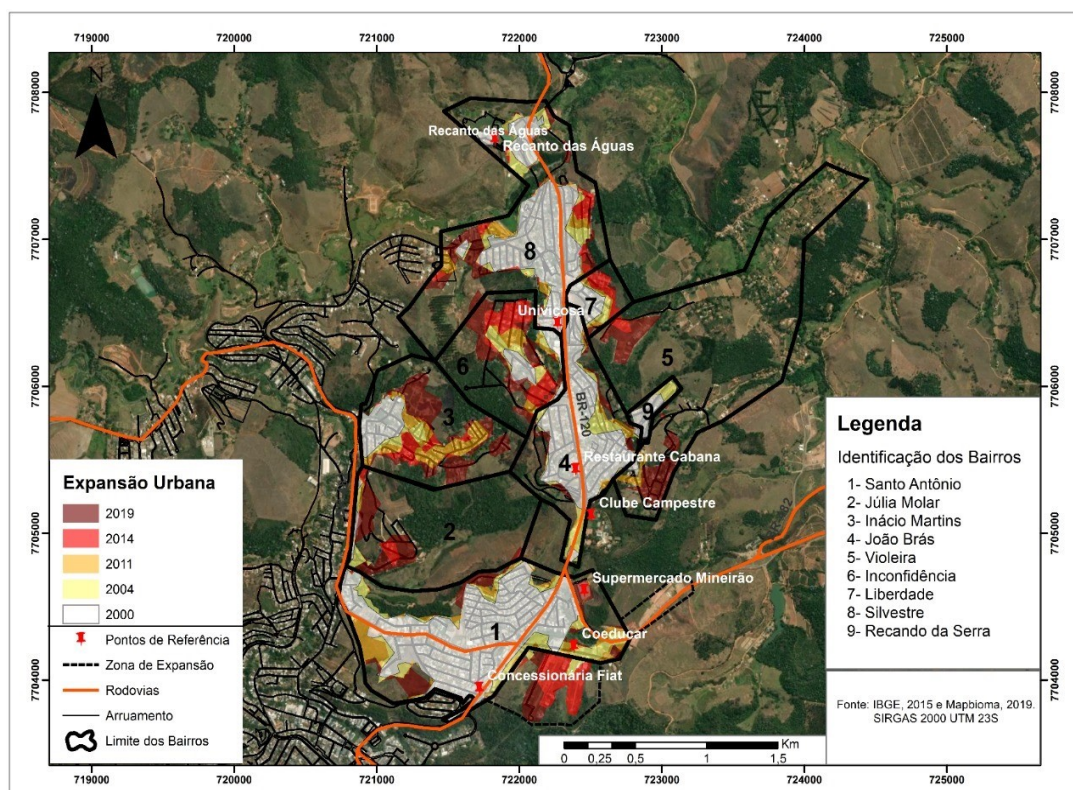
O trecho compreendido entre o trevo de entrada da cidade (ao lado do Mineirão Atacarejo) e o distrito de Silvestre, surgiram algumas instituições de ensino superior, como a

Univiçosa e a ESUV (Escola de Estudos Superiores de Viçosa), além da construção de postos de gasolina e mercados de pequeno e médio porte, a fim de atender a nova demanda de residentes, que começaram a ocupar os bairros de Silvestre e Liberdade.

O processo de alargamento da cidade em direção ao setor norte, se inicia na década de 1970, com a abertura de novas vias urbana, com a inauguração da rodovia BR-120, em 1973, o que permitiu a valorização e a possibilidade de incorporação de novas áreas, que vem sendo ocupadas, na medida em que, a área central, não mais comporta o crescimento do contingente populacional e a necessidade de área para novos empreendimentos do setor terciário. O vetor de crescimento atual (setor norte), em direção ao município de Teixeiras, atravessa os bairros Silvestre, Novo Silvestre, Liberdade e Violeira. Este último, embora tenha iniciado sua ocupação na década de 1980, foi o que apresentou menor expansão da área construída (PINHEIRO *et al.*, 2013).

Uma característica observada ao longo do período de expansão urbana, que é observado na Figura 3, se refere a forma de crescimento, em saltos ou dispersa, conforme Ojima (2007, p. 285) define para as aglomeração urbanas brasileiras.

Figura 3 - Viçosa-MG: Expansão urbana do setor norte da cidade, 2000-2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Mas, apesar disso, as taxas de área construída, observadas na Tabela 3, demonstram valores elevados, o que denota o interesse e a tendência de consolidação do processo de ocupação, principalmente, no período entre 2011 a 2019, onde apresentou a maior taxa de crescimento com 37,5%. Neste último período de 2011 a 2019, o bairro de Santo Antônio se destaca, como o local de maior transformação (Figura 4).

Tabela 3 - Viçosa-MG: Taxa de crescimento da área construída (Km²), no setor norte da cidade.

Município	Anos									
	2000 (T ₁)	2004 (T ₂)	Tx. Crs. (T ₂ -T ₁)	2004 (T ₃)	2011 (T ₄)	Tx. Crs. (T ₄ -T ₃)	2011 (T ₅)	2019 (T ₆)	Tx. Crs. (T ₆ -T ₅)	Tx. Crs. Total (T ₆ -T ₁)
Viçosa	1,8	2,1	16,6%	2,1	2,4	14,3%	2,4	3,3	37,5%	83,3%

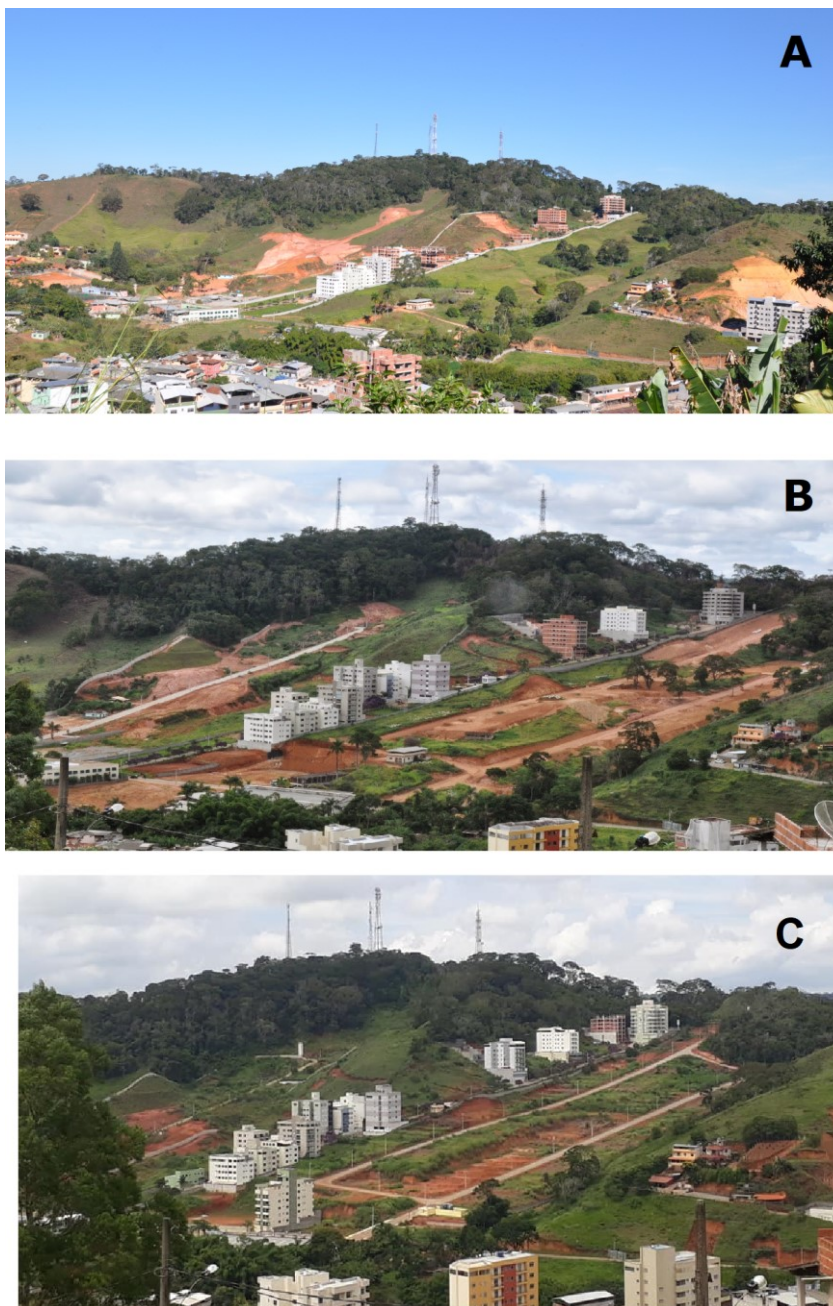
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Antes disso, a rua Antônio Lopes Lélis (Estrada antiga de Coimbra), que dá acesso aos novos loteamentos, apenas abrigava casas de festas e dança (Coliseu, *Buffet Pathernon*, Rancho do Célio), esporte (Centro de Esporte e Lazer) e residências com quintais. Depois da instalação da Escola Coeducar, por volta de 2009, começou a se observar um incremento da área construída, com abertura de novas ruas, que permitem o acesso aos loteamentos, situados na vertente da encosta, conforme a evolução do processo de ocupação, que vem sendo acompanhado desde 2013. Os dados da publicação Retrato Social de Viçosa V revela que, no ano de 2013, a população estimada seria de 9.180 habitantes para o setor 8 e de 5.586 habitantes para o setor 11, totalizando cerca de 15 mil habitantes, o que representaria cerca de 20,0% da população da área urbana de Viçosa.

Por fim, a área de estudo em questão, por apresentar uma nova dinâmica econômica, começou a atrair um fluxo de pessoas em busca de instrução, que não se restringem apenas aos moradores de Viçosa. Porém, os números referentes à população residente no setor norte obtidos de maneira indireta, considerando a soma das populações dos bairros divididos em setores, que seriam o 8 (Santo Antônio – Bairros: Julia Molar e Santo Antônio) e 11 (Silvestre – Bairros: Liberdade, Violeira Recanto da Serra, João Brás, Inconfidência, Parque do Ipê, Silvestre e Novo Silvestre (Este último desconsiderado por não fazer parte da área de estudo), observa-se um crescimento de 83,3% entre 2000 e 2019 do contingente

populacional. Este valor é superior à taxa de crescimento da cidade para o mesmo período, que foi de 59,7%.

Figura 4 - Viçosa-MG: Transformação no bairro de Santo Antônio.



A – Data de 6 de julho de 2013. B – 13 de maio de 2015 e C – 12 de março de 2019.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para demonstrar a mudança impingida pelo crescimento da cidade, a Tabela 4 corrobora as transformações na superfície, conforme a observação dos tipos de uso e cobertura da superfície. Cabe destacar, que a área urbana (infraestrutura urbana), que

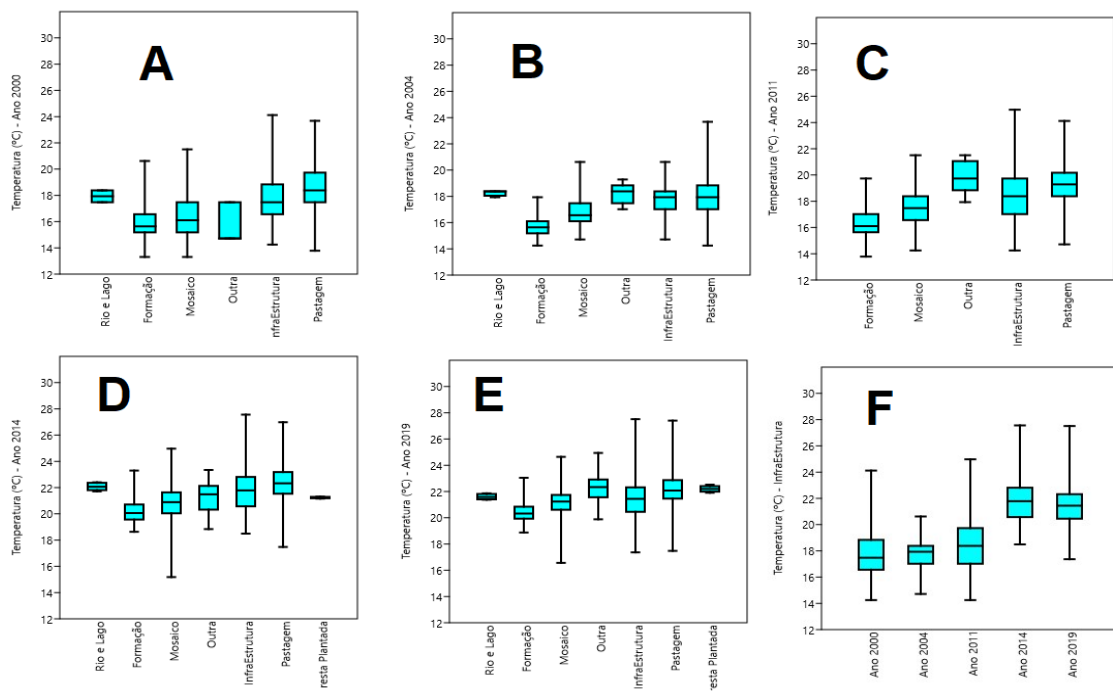
apresentava uma área de 1,79km² em 2000 aumentou para 3,28km² em 2019, em contrapartida a área de pastagem diminuiu de 3,85km² em 2000 para 2,39km² em 2019. Enquanto o mosaico de agricultura e pastagem saiu de 0,86km² para 1,29km². A alteração dos usos da superfície, geraram um impacto sentido no aumento dos registros da temperatura de superfície, que podem ser vistos na Tabela 4, como também na Figura 5.

Tabela 4 - Viçosa-MG: Evolução da área de expansão (setor norte), segundo os tipos de uso e cobertura da superfície.

Tipos de uso e cobertura da superfície	2000		2004		2011		2014		2019	
	Área (km ²)	T(°C)	Área (km ²)	T(°C)	Área (km ²)	T(°C)	Área (km ²)	T(°C)	Área (km ²)	T(°C)
Formação Florestal	0,89	16,6	1,07	16,5	1,00	17,1	1,02	19,9	0,91	18,79
Flóresta Plantada	-	-	-	-	-	-	0,0058	21,0	0,0053	20,67
Infraestrutura Urbana	1,79	18,5	2,11	18,5	2,42	19,3	2,76	21,5	3,28	19,87
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,86	16,2	0,96	17,6	1,31	18,2	1,18	20,8	1,29	19,61
Pastagem	3,85	19,3	3,24	18,4	2,62	20,1	2,39	22,2	1,85	20,56
Outra Área Não Vegetada	0,0056	16,3	0,0128	19,2	0,0349	20,7	0,0313	21,3	0,0589	20,70
Rio e Lago	0,0055	18,3	0,0041	19,1	-	-	0,0041	21,9	0,0032	19,97

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 5 - Viçosa-MG: Box Plot das Temperaturas de superfície para o uso e cobertura da superfície para as imagens termais de 2000 (A), 2004 (B), 2011 (C), 2014 (D), 2019 (E).

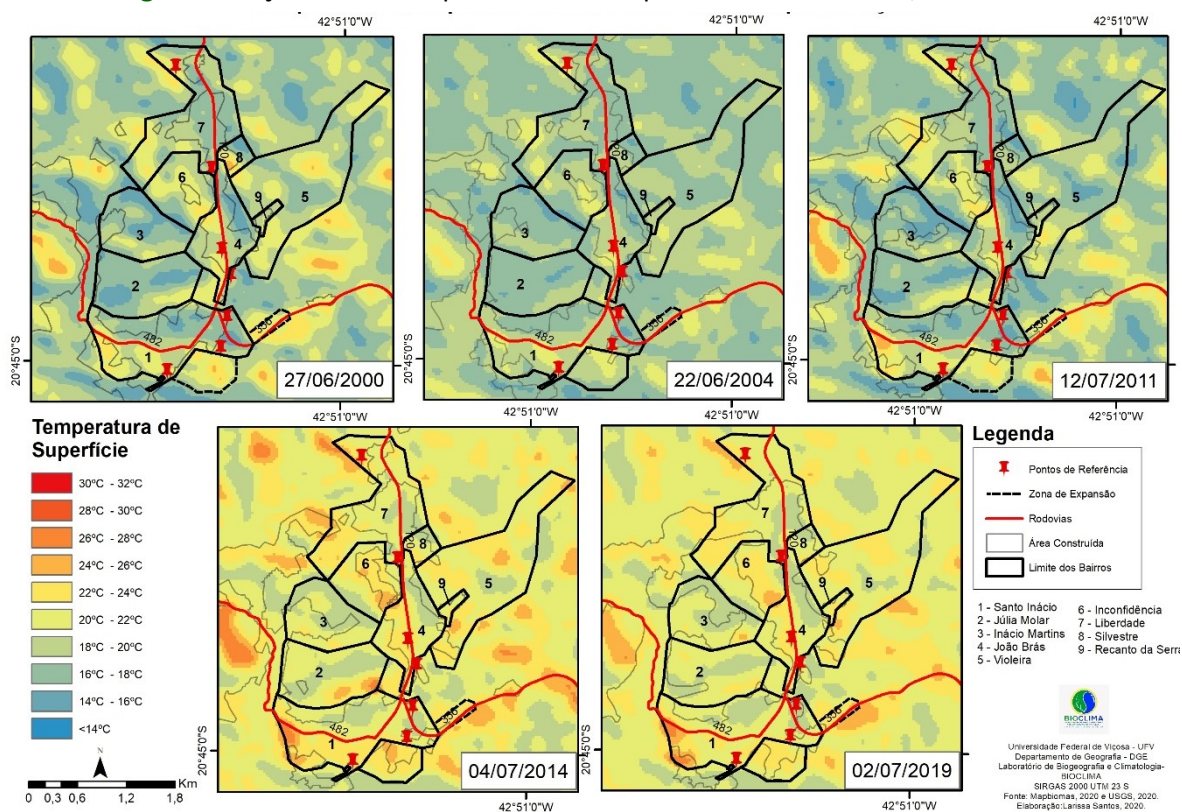


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ao acompanhar a variabilidade espacial do campo térmico de superfície, é possível identificar, que as áreas mais quentes, conforme Fialho (2009) e Fialho e Quina (2016), localizam-se na classe de urbanização (representam áreas de estacionamento e de telhados metálicos nas residências), como também no uso de mosaico de agricultura e pastagem.

Estes dois últimos são predominantes no bairro da Violeira, localidade pouco urbanizada, porém, nas imagens termais dos anos de 2000, 2011, 2014 e de 2019 (Figura 6) apresentam valores semelhantes e até superiores a área urbana.

Figura 6 - Viçosa-MG: Campo térmico de superfície no setor norte, 2000-2019.



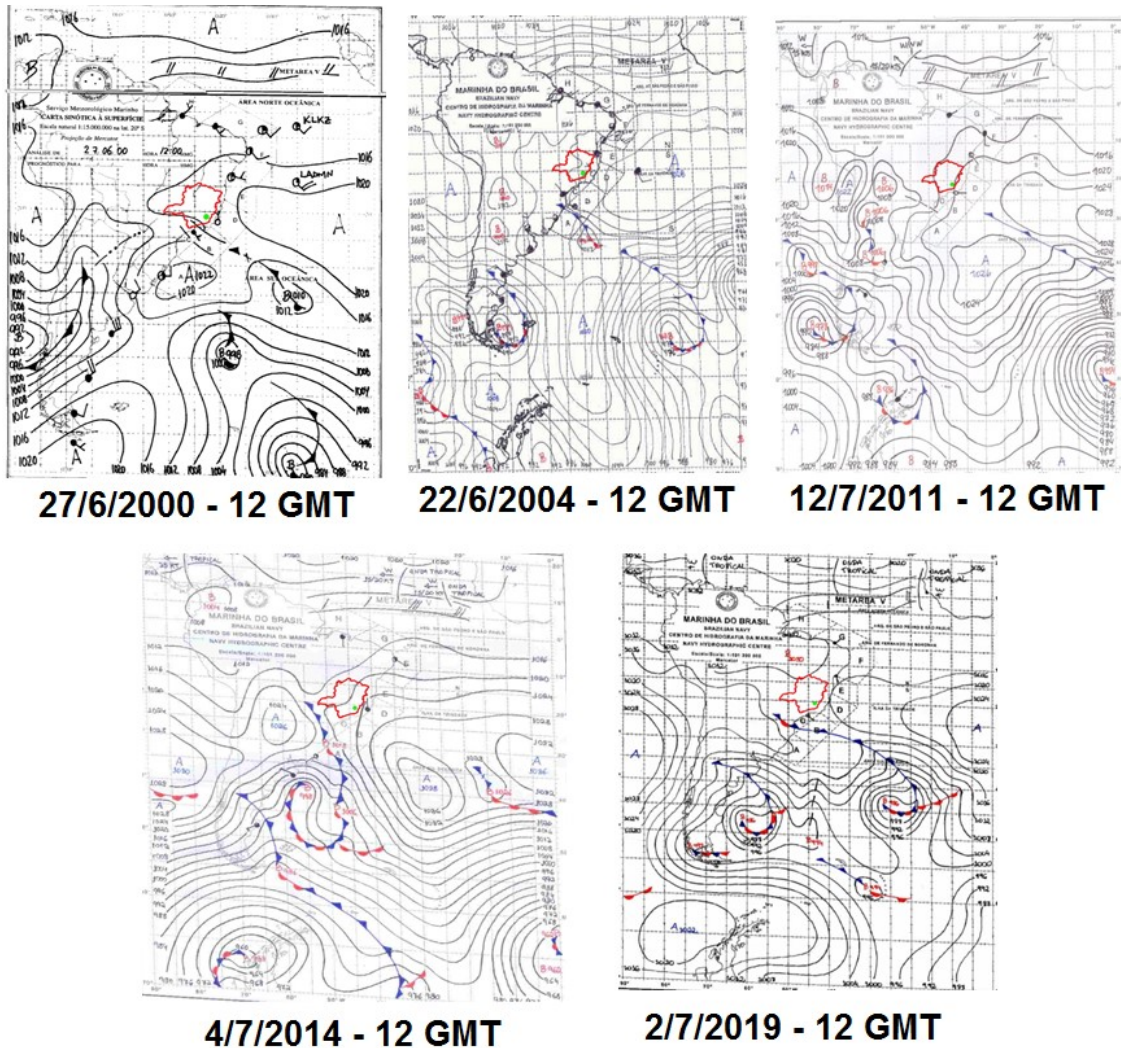
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Isto se deve ao fato da identificação do tipo de uso de pastagem, que durante o período de inverno, se apresentam mais secos. Cabe destacar, que no período de inverno, em razão da maior estabilidade atmosférica, produzida pelo predomínio de sistemas anticiclônicos, as chances de obtenção de imagens com ausência de nuvens é maior.

No caso das datas analisadas, como pode ser observado na Figura 7, as condições meteorológicas no município de Viçosa, foram marcadas por atmosfera estável, com pouca

nebulosidade e ventos fracos. As características do tempo nesse período, foram marcadas pelo domínio da ASAS (Anticiclone subtropical do Atlântico Sul).

Figura 7 - Viçosa-MG: Cartas sinóticas dos dias de passagem dos sensor termal do Landsat.



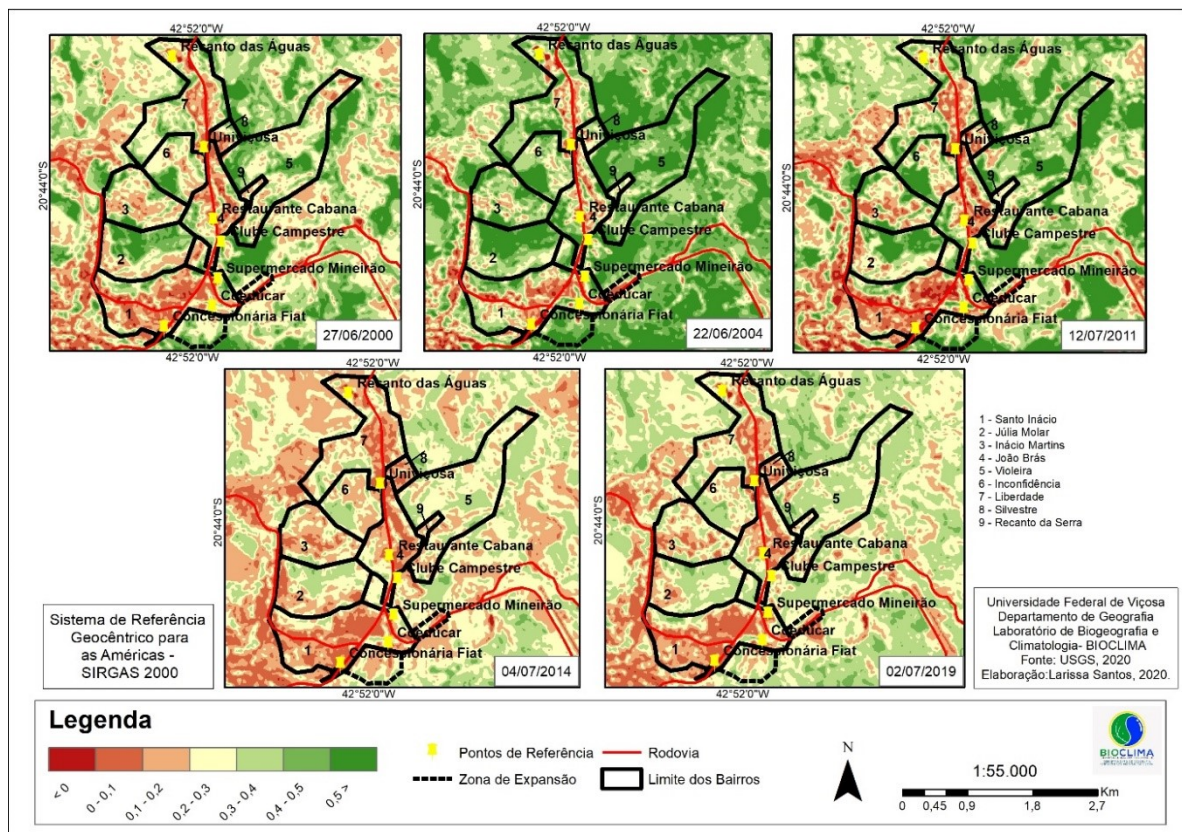
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para confirmar isso, é necessário observar os mapas de NDVI (Figura 8), onde se consegue identificar que, nos meses mais secos (período de inverno), em anos como 2014 e 2019, a pastagem assemelha-se às características de um solo exposto.

O intuito de utilizar o índice NDVI foi de identificar classes de uso e cobertura da terra, conforme Florenzano (2007) é otimizar o processo de identificação de classes da cobertura vegetal e por conseguinte, as mudanças de uso.

Ainda, em relação à Figura 4, cabe destacar a mudança no loteamento do bairro Santo Antônio, que nos anos de 2000, 2004 e 2011, ainda apresentavam um NDVI próximo a 1, indicando a presença de cobertura vegetal, mas nos anos de 2014 e 2019, já apresenta uma modificação, em função do processo de ocupação, que se inicia em agosto de 2011, ano pelo qual ainda não se identifica um NDVI baixo.

Figura 8 - Viçosa-MG: NDVI para o setor norte da cidade, 2000-2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Todavia, o ano de 2004, não corresponde a uma resposta esperada, uma vez que o NDVI foi maior do que o ano de 2000. Então cabe investigar a razão para tal fato. Ponzoni (2002) afirma que o NDVI permite caracterizar e quantificar parâmetros biofísicos em áreas vegetadas, é um modelo resultante da combinação do nível de reflectância em imagens de satélites nas bandas do vermelho e no infravermelho próximo. Porém pode ser diferentemente afetado pela: arquitetura do dossel, as características químicas das folhas, o substrato e a presença de água no sistema.

Ao analisar as condições climáticas regionais dos anos das imagens utilizadas, identificou-se, que o mês de Junho de 2004, o total pluvial foi superior ao dobro da média esperada para o período, conforme se observa na Tabela 5, onde os valores em destaque são referentes ao mês de passagem do satélite. Além disso, o total pluvial anual em 2004 (1737,7mm) foi superior a pluviosidade total média para o período de 1968 a 2021 (1291,6mm).

Apesar do inverno ser um período muito extremo para vegetação, na região, no bairro Julia Molar, que se apresenta o local de maior área de cobertura vegetal, conseguiu influenciar na redução da temperatura de superfície em relação ao seu entorno aumentou de 2,0°C em 2000 para 4,0°C nas imagens de 2014 e 2019, mesmo fortemente impactada pelo período de estiagem, como demonstrado na Tabela 5.

Já no Santo Antônio, na altura da rua Antônio Lopes Lélis, observando-se ao longo das imagens termais, identifica-se aquecimento, corroborado, quando observa-se os dados contidos da Tabela 6, que foram elaborados a partir das temperaturas contidas no bairro de Santo Antônio e no loteamento.

Todavia, ao observar a temperatura média na Tabela 6, os valores iguais. Isso porque no ano de 2004, que apresentou um inverno mais chuvoso, conforme os dados observados na Tabela 5, os valores do NDVI foram maiores, o que repercutiu em valores de temperatura de superfície menor.

Tabela 5 - Viçosa-MG: Precipitação Mensal na Estação Meteorológica Viçosa do INMET.

Ano	Meses												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
2000	290,7	145,2	66,5	77,7	6	14,4	13,6	19,1	82,9	66,7	206,9	229,0	1218,7
2004	406,0	376,4	150,8	134,4	41,6	42,8	33,0	0,2	0,0	80,7	196,2	275,2	1737,3
2011	140,5	119,7	249,2	43,5	2,6	22,7	0,0	4,8	0,2	159,2	297,6	334,5	1374,5
2014	72,2	23,3	182,0	83,0	8,4	2,2	11,1	6,9	18,8	23,6	63,3	167,2	662,0
2019	30,4	155,8	130,8	115,4	52,6	24,0	1,0	7,6	60,4	143,6	331,4	255,2	1308,6
*Média	220,9	136,1	150,0	66,0	41,9	19,2	16,5	16,4	54,0	108,1	205,8	256,8	1291,6

*Média – Considera o período de 1968-2021. Fonte: INMET.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).



Tabela 6 - Viçosa-MG: Comparação entre a Temperatura de Superfície média entre o bairro Santo Antônio e o Loteamento.

Ano	Santo Antônio	Loteamento
2000	20,0	23,2
2004	22,2	18,1
2011	20,2	20,2
2014	22,9	22,9
2019	22,2	23,2
Média	21,5	21,5

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Baseando-se nos dados obtidos para os anos de 2000 (20,0°C a 22,0°C), em 2004 (18,0°C a 20,0°C), em 2011 (20,0°C a 22,0°C), em 2014 (22,0°C a 24,0°C) e 2019 (22,0°C a 24,0°C), conforme a Figura 6, observa-se que a configuração espacial chama atenção, pois a mesma área agora não é mais padronizada em relação ao entorno, mas se destaca por se apresentar na forma de ilhas concêntricas, o que indiretamente responde e confirma o aumento da temperatura da superfície, principalmente a partir de 2011. Porém cabe destacar, que ao longo da série o ano de 2004 é uma exceção, por causa do total pluviométrico mensal superior ao dobro do esperado para o mês de junho, conforme a Tabela 5.

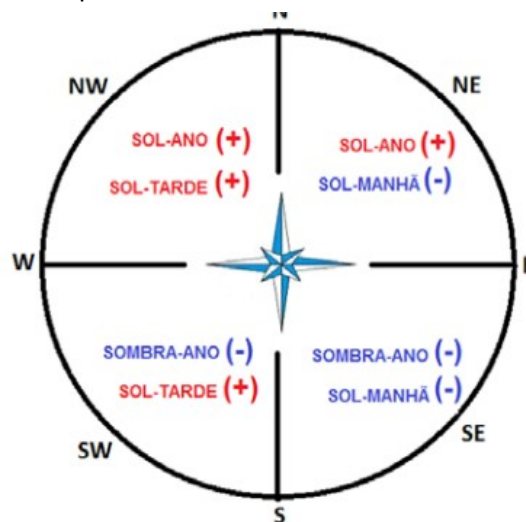
Além disso, cabe destacar que a orientação do loteamento para a direção norte, nordeste e oeste, também favorece a maior incidência de radiação solar ao longo das vertentes, onde se localiza o loteamento, o que nos diz que além do fato da ocupação vir a contribuir para o aquecimento da superfície, a localização geográfica em uma vertente de maior incidência solar durante o dia, também agrava a condição de conforto térmico no decorrer das horas do período diurno.

Por isto, a orientação da vertente, conforme Oliveira (1984) é uma variável importante para o manejo florestal em áreas de parques, pois influencia na redução da umidade do ar e aumentando a temperatura do ar, o que cria microclimas mais secos, por conta da maior exposição aos raios solares, o que por sua vez, além de afetar a questão do conforto térmico, também pode influir na condição de risco de incêndios, na medida em que a baixa umidade dos materiais combustíveis disponíveis na vertente, sob incidência direta da energia solar prolongada, permite o surgimento de locais mais propícios, representando assim, um importante elemento de propagação do fogo.

Na região de Viçosa, segundo Ferreira *et al.* (2013) em estudos sobre a influência da radiação na produção do café em região montanhosa de Minas Gerais, elaboraram um quadro de valores do número de horas de incidência da radiação solar direta, que forma quantificados para as diferentes faces de um morro situado na latitude 20° Sul no Solstício de Inverno e Verão e para os Equinócios de Outono e Primavera.

É possível observar no quadrante (Figura 9) com o sinal (-,-) que o efeito da radiação solar incidente sobre a temperatura do ar indica que nesta face de exposição ocorrem os menores valores médios de temperatura do ar, sendo desse modo a Face Noruega SE a mais fria dentre as quatro. As faces expostas ao sol da manhã, é onde são encontradas as temperaturas mais amenas. Já o quadrante com o sinal (+,+), indica que nesta face de exposição ocorrem os maiores valores médios de temperatura do ar, sendo então a face Soalheira NW a mais quente dentre as quatro, pode se identificar a espacialidade das orientações da vertente, segundo definição de Cunha e Bacani (2015) que as identifica pelo grau de orientação medido em graus: Norte (337,5-22,5), Nordeste (22,5-67,5), Leste (67,5-112,5), Sudeste (112,5-157,5), Sul (157,5-202,5), Sudoeste (202,5-247,5), Oeste (247,5-292,5) e Noroeste (292,5-337,5), como pode ser visto na Figura 10.

Figura 9 - Viçosa-MG: Posicionamento dos sinais positivos e negativos representando o efeito da radiação solar sobre a temperatura do ar nas diferentes faces de exposição das encostas.

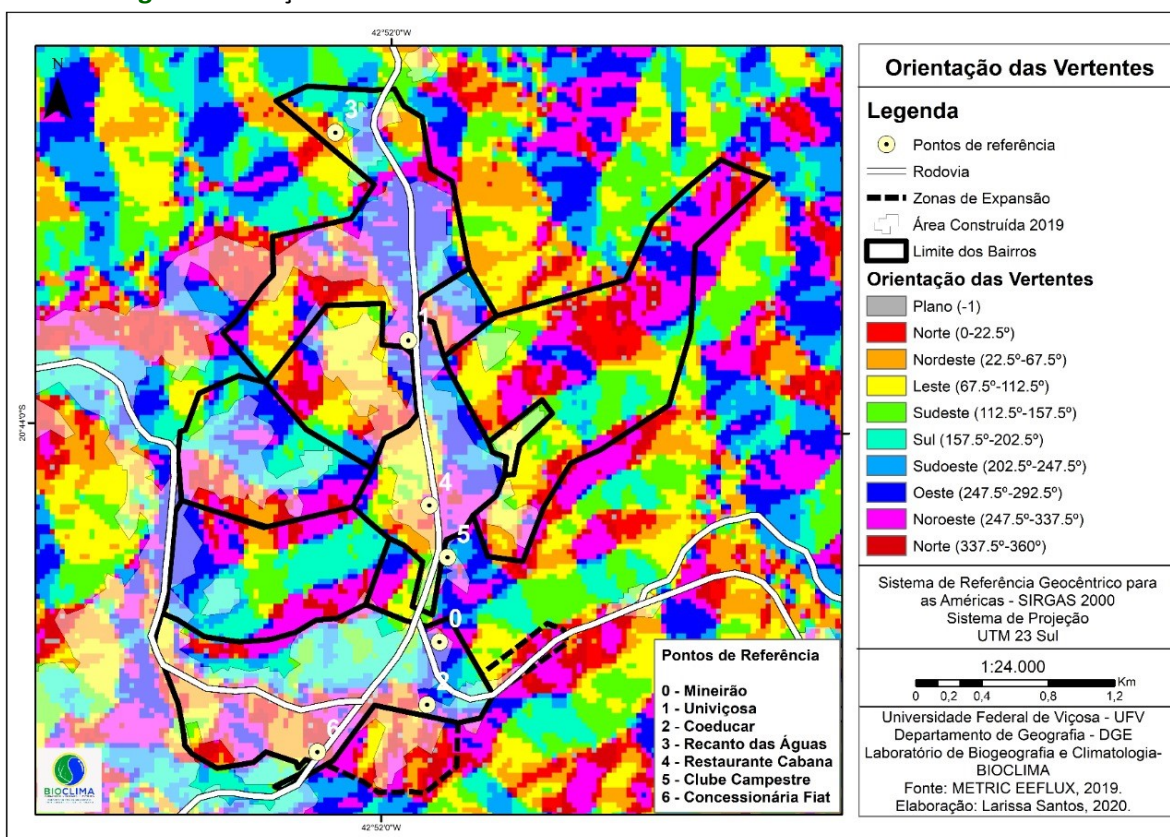


Fonte: Ferreira *et al.* (2013, p. 4).

Com base nesta informação, é possível afirmar que localidades com o mesmo padrão de uso e ocupação de terra em vertentes distintas, podem apresentar variações em suas

temperaturas de superfície, mostrando que os fatores geoambientais, como morfologia da encosta e a orientação das vertentes, também podem influenciar a caracterização com campo térmico de superfície, conforme demonstrado por Oliveira *et al.* (1995) e Armani (2009).

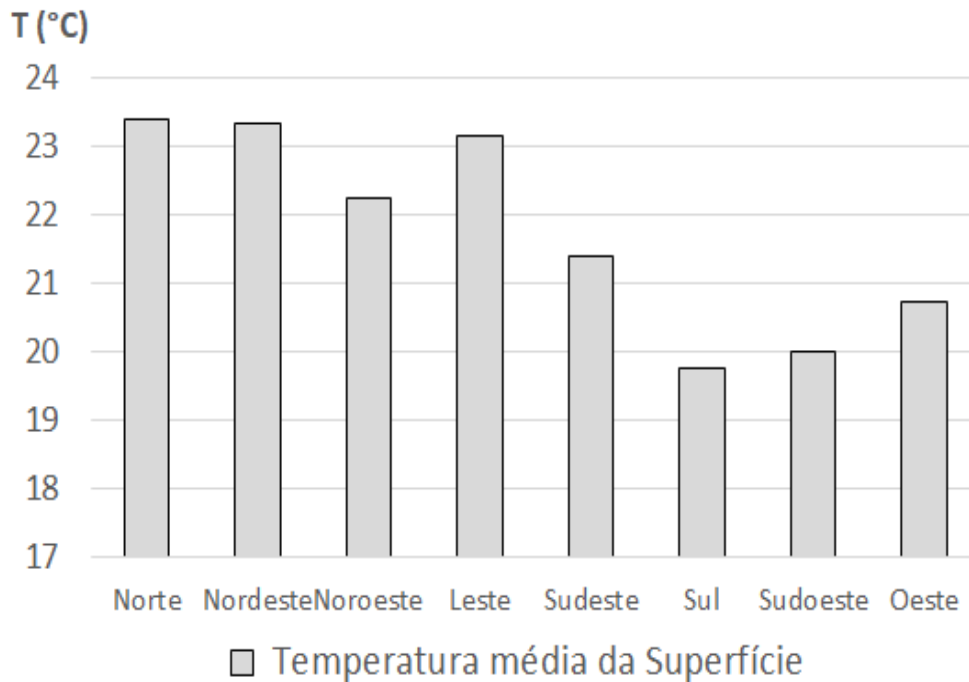
Figura 10 - Viçosa-MG: Carta de orientação das vertentes, no setor norte de Viçosa-MG.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As áreas que possuem vertentes voltadas para o quadrante norte (norte, nordeste, noroeste) e oeste tendem a apresentar temperaturas do ar e de superfície mais elevadas do que as vertentes expostas para o quadrante sul (sul, sudeste e sudoeste), como pode ser visto na Figura 11, que teve como base as temperaturas de superfície segundo a orientação de vertente do dia 2 de julho de 2019 para a área de estudo deste trabalho.

Figura 11 - Viçosa-MG: Temperatura média da superfície, segundo a orientação de vertente, na carta termal de 2 de julho de 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

“...Os cientistas do clima estão presos num paradoxo: criar a visibilidade do aquecimento global ao nível global implica criar invisibilidade ao nível local, nacional e regional...”

Ulrich Beck (2017, p. 145).

As pesquisas sobre as modificações do clima local, em função das preocupações das mudanças climáticas globais, sofrem uma invisibilidade, porém os habitantes, em sua grande maioria residentes em cidades, identificam primeiro as mudanças do clima, na escala local. Mas, como as cidades de pequeno e médio porte não têm em sua maioria uma rede de monitoramento climato-ambiental relacionados as questões climáticas, o aumento da temperatura do ar, muitas vezes, não são identificadas como algo importante.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou analisar, por meio do sensoriamento remoto, a variável temperatura de superfície com o intuito de identificar a influência dos processos de urbanização e de expansão da mancha urbana nas transformações da paisagem. Com base nisto, foi possível identificar que a temperatura da superfície



apresentou os maiores valores em 2019 em comparação ao ano de 2000, cuja média foi de 16,9°C e 21,6°C.

Os maiores valores de temperatura da superfície em todas as imagens analisadas encontram-se em áreas urbanas, pastagem e mosaico de agricultura e pastagem, mas com pequena superioridade para área urbana, que ao longo do período de análise. Em termos espaciais, a Mata do bairro Julia Molar e a Violeira, apresentaram-se como locais de menores registros térmicos em função do tipo de uso e ocupação.

Enquanto isso, os locais de solo exposto e ambientes de urbanização consolidada apresentaram as maiores temperaturas de superfície, que em certos momentos se equiparam com as áreas construídas, quando se associada o pasto degradado com a orientação de vertentes do quadrante norte, que permitia uma maior expansão à radiação solar e, por conseguinte, favorecendo o aumento da temperatura de superfície.

De maneira conclusiva, de acordo com os resultados encontrados para Viçosa, além das condições geoambientais, como orientação de vertente e formação florestal, a expansão da mancha urbana, sem considerar as informações ambientais, podem vir a criar um aumento do desconforto térmico ou até mesmo a criação de ambientes habitacionais inadequados para os indivíduos, como a presença de doenças respiratórias crônicas, principalmente nas áreas sombreadas, com elevados índices de umidade do ar, que favorecem a criação de fungos (mofo). Por fim, a utilização do sensoriamento remoto contribuiu para a apuração da temperatura de superfície, possibilitando uma visão especializada do local em questão e trazendo novas metodologias para esta temática. O método utilizado para a mensuração da temperatura de superfície se mostrou satisfatório, identificando o ritmo e a espacialidade do campo térmico de superfície.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq que financia a bolsa de Iniciação Científica (PIBIC-UFV-CNPq-Edital 2020/2021) do projeto: MONITORAMENTO DO CLIMA URBANO, NA CIDADE DE VIÇOSA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA GESTÃO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS/INTELIGENTES (Número do Projeto: 200773 e registro: 10708274574 no SISPPG-UFV), que vem sendo desenvolvido no



Laboratório de Biogeografia e Climatologia (BIOCLIMA), lotado no Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

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**, Dourados-MS, v. 24, n. 15, p. 300-329, 2019. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14133>>. Acesso em: 13 mar. 2022.

ALMEIDA, A. J. P.; GUIMARAES JUNIOR, S. A. M.; ANDRADE, E. L.; FERREIRA NETO, J. V. Relação entre o índice de vegetação e a temperatura da superfície na estimada e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 2047-2054, 2015. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0406.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

ARMANI, G. **Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude**. 123f. v. 1. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-02022010-145510/publico/GUSTAVO_ARMANI.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.

ASSIS, W. L. **Análise do campo térmico e higrício em Belo Horizonte**. 2001. 170f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

ASSIS, D. C.; JARDIM, C. H. Relação entre componentes naturais e urbanos e características do campo térmico para definição de topoclimas no município de Juiz de Fora. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, Ano 16, v. 26, p. 196-219, 2020. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14207>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

BECK, U. **A metamorfose do mundo**: Como as alterações climáticas estão a transformar a sociedade. Edições 70: Lisboa, 2017, 272p.

BRANDÃO, A. M. P. M. As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência. In: Rosa, L. P.; Lacerda, W. L. (orgs.): **Tormentas Cariocas**. Rio de Janeiro: Coppe-UFRJ, 21-38p. 1997. 162p. Disponível em: <https://www.coppe.ufrj.br/sites/default/files/tormentas_cariocas.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

CARLOS, A. F. A. **A (Re)produção do Espaço Urbano**. São Paulo: Contexto, 1989. 272p.

CHANDLER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, New York-EUA, v. 113, p. 893-903, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425709000169>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações surface temperature sensor tirs/landsat-8. **Revista Geográfica acadêmica**, Goiânia-GO v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013. Disponível em <<https://revista.ufrr.br/rga/article/view/2996/1733>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M. Sensoriamento remoto e SIG aplicados ao mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do córrego Indaiá. **Revista Geosp – Espaço e Tempo**, São Paulo-SP, v. 19, n. 1, p. 630-646, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/107612>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. C. Clima urbano através de sensoriamento remoto: evolução histórica da termografia da superfície de Paranavaí/PR – Brasil. SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FISICA APLICADA, 17, **Anais...**, Campinas-SP, 2019, São Paulo. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2382>. Acesso em: 4 jan. 2022.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Traduzido por João Alves dos Santos. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 224p.

FERREIRA, W. P. M.; FERNANDEZ-FILHO, E. I.; RIBEIRO, M. F.; SOUZA, C. F. Influência da radiação solar na cafeicultura de montanha. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Salvador. **Anais...**, 8, Bahia: Embrapa, 2013. 5p. Disponível: <<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95245/1/Influencia-da-radiacao-solar.pdf>>>. Acesso em: 3 fev. 2022.

FIALHO, E. S. Ilhas de Calor: reflexões acerca de um conceito. **Acta Geográfica**, Boa Vista-RR, Edição Especial de Climatologia Geográfica, p. 61-76, 2012a. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1094>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

FIALHO, E. S. Estudos climáticos em sítios urbanos e rurais. In: FIALHO, E. S.; SILVA, C. A. (orgs.). **Concepções e Ensaios da Climatologia Geográfica**. Dourados-MS: UFGD, 2012b, v. 1, pp. 83-114. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/327890815_ESTUDOS_CLIMATICOS_EM_SITIOS_URBANOS_E_RURALS>. Acesso em: 2 mar. 2022.

FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORREA, W. S. C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Edição Especial do Simpósio Brasileiro de Climatologia-SBCG-2018, Dourados-MS, v. 15, n. 2, p. 47-85, 2019. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14137/7370>>. Acesso em: 5 jan. 2022.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. Análise das diferenças térmicas entre o campo e a cidade em situação sazonal de verão, em 2014, no município de Viçosa (MG). **Revista Entre-Lugar**, Dourados-MS, v. 7, n. 14, 2016. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/8145/4505>>. Acesso em: 3 fev. 2022.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. O campo térmico no município de Viçosa-MG, Brasil, durante o período de verão (2014/2015) e inverno (2015). **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, Lisboa-PORT, n. 12, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do



Território, p. 127-151, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/got/n12/n12a07.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

FIALHO, E. S., SANTOS, L. G. F. A Climatologia Urbana e o uso do sensoriamento remoto: Um Estudo de Caso em uma Cidade de Pequeno Porte em Clima Tropical de Altitude. **Revista Geografia**, Rio Claro-SP v. 46. 28p. Disponível: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/16047>>. Acesso: 10 dez. 2022.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 123p.

GIULIO, G. M. D.; TORRES, R. R.; VASCONCELLOS, M. P.; BRAGA, D.R. G. C.; MANCINI, R. M.; LEMOS, M. C. Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no estado de São Paulo. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo-SP, v. 22, p. 12-29, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/asoc/v22/pt_1809-4422-asoc-22-e02771.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2022.

GORELICK, N; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, New York-EUA, v. 202, n, 1, p. 18-27, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900>>. Acesso em: 9 jan. 2022.

GOOGLE EARTH ENGINE: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

GOMES, M. T. S; MATUSHIMA, M. K. Dinâmicas urbanas a partir dos novos agentes econômicos em Uberaba-MG/Brasil. In: BELLET, C; MELAZZO, E.; SPOSITO, M. E. B.; LLOP, J. (Orgs.). **Urbanização, produção e consumo em cidades médias/intermediárias**. 1 ed. Lleida-ESP: Edicions de la Universitat de Lleida, 2015, v. 1, p. 133-156.

HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T, RYAN, P. D. 2001. PAST: Pacote de software de estatísticas paleontológicas para educação e análise de dados. **Paleontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 9pp, 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: 4 jan. 2022.

JARDIM, C. H.; FERREIRA, M. A correlação dos fatos geográficos em climatologia a partir da noção de sítio e “situação”. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 2005. São Paulo, 12, **Anais...**, São Paulo: USP, 2005. Disponível em: <<http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Climatologia/06.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=31>>. Acessado em: 16 mar. 2022.

MAPBIOMAS - Projeto de mapeamento anual da Cobertura e uso do solo no Brasil. Coleção 4.0. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

MAROCO, J. **Análise Estatística com a utilização do SPSS**. 3.ed. São Paulo: Edições Silabo: 2007. 842p.

MELO, G. A. C. **A utilização de SIGS na elaboração de zoneamento urbano**: O caso do trecho Santo Antônio, em Viçosa (MG) – Teixeiras (MG). 30f. Dissertação (Monografia em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, 2021. Disponível em: <<https://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2021/06/Gabriel-de-Almeida-Coutinho-Melo.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima urbano**. IGEOG-USP, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1975. Disponível em: <http://www.abclima.ggf.br/arquivos/obrasclimatologia/29/TEORIA%20E%20CLIMA%20URBANO_LD_1975.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2022.

MOREIRA, R. **O pensamento geográfico brasileiro**: As matrizes brasileiras. São Paulo: Contexto, 2021, 168p.

OJIMA, R. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. **Revista Brasileira de Estudos da População**, São Paulo-SP, v. 24, n. 2, p. 277-300, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepop/a/NyWKBrtfjGzY3WBBdqDXyv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 2 set. 2022.

OLIVEIRA, M. C. Construção de uma carta para determinação de orientação de vertentes. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo-SP, v. 5, n. 1/2, p. 47-50, 1984. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/8770/8037>>. Acesso em: 3 fev. 2022.

OLIVEIRA, R., ZAÚ, A., LIMA, D., SILVA, M., VIANNA, M., SODRÉ, D.; SAMPAIO, P. Significado ecológico da orientação de inclinação no ecossistema da floresta tijuca (Rio de Janeiro, Brasil). **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro-RJ, v. 1, n. 1, p. 523-541, 1995. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8048/6489>>. Acesso em: 3 fev. 2022.

OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. O campo térmico do distrito de Carapina - Serra/ES: Análise de verão em uma cidade litorânea. **Caderno de Geografia**, Coimbra-PORT, v. 41, n. 1, p. 59-79, 2020. Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/cadernosgeografia/article/view/41_5/6507>. Acesso em: 14 jan. 2022.

PINHEIRO, P. B. B.; SANTOS, A. P.; MEDEIROS, N. G.; ABREU, M. V. S. Geoprocessamento aplicado à avaliação do conforto domiciliar urbano e rural do município de Viçosa (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 26, **Anais...**, 2013, Gramado. UFRGS, Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/296994826_GEOPROCESSAMENTO_APLICADO_A_AVALIACAO_DO_CONFORTO_DOMICILIAR_URBANO_E_RURAL_DO_MUNICIPIO_DE_VICOSA_MG_Evaluation_of_household_comfort_urban_and_rural_of_Vicosa_MG_by_geoprocessing_applied>. Acesso em: 27 fev. 2022.

PRADO, L. B.; FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. O sensoriamento remoto e o clima urbano: Uma perspectiva de investigação através do campo térmico de superfície, na área central do município de Viçosa-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourado-MS, Ano 16, v. 17, p. 919-946, 2020. Disponível em: < <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14302>>. Acesso em: 29 mar. 2022.

PONZONI, F. J. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação: diagnóstico da Mata Atlântica. São José dos Campos-SP. INPE, 2002. 25p. Disponível em: http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.11/doc/CAP8_FJPonzoni.pdf. Acesso em: 2 set. 2022.

QUANTUM GIS. QGIS User Guide Release 3.4. Disponível em: <<https://docs.qgis.org/3.4/pdf/en/QGIS-3.4-UserGuide-en.pdf>>. Acesso em 2 jun. 2021.

RETRATO SOCIAL DE VIÇOSA III. Coordenador Geral Tancredo Almada Cruz. - Viçosa, MG: CENSUS, 2009. 90p.

SANCHES, F. O.; FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. Evidências de Mudanças Climáticas em Viçosa (MG). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, v. 34, n. 1, p. 122-136, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/rdg.v34i0.138581>>. Acesso em: 17 mar. 2022.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço e Tempo**: globalização e meio técnico-científico-informacional. 5 ed. São Paulo: Edusp, 2013. 176p.

SANT'ANNA NETO, J. L. As dimensões geográficas do clima como construção social. **Ikara: Revista de Geografias Iberoamericanas**, Toledo, n, 1, 15p. 2022. Disponível em: <<https://revista.uclm.es/index.php/ikara/article/view/3075>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

SANTOS, P.; NEGRINI, A. J. A comparison of the normalized difference vegetation index and rain fall for Amazon and Northeastern Brazil. **Journal of Applied Meteorology**, New York-EUA, v. 36, n. 7, p. 958-965, 1997. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/36/7/1520-0450_1997_036_0958_acotnd_2.0.co_2.xml>. Acesso em: 25 mar. 2022.

SANTOS, L. G. F.; FIALHO, E. S. Análise da distribuição da Temperatura de Superfície em relação ao Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, em estação seca e chuvosa, no município de Teixeira-MG. **Revista Ponto de Vista**, Viçosa-MG, v. 9, n. 3, p. 95-112, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/RPV/article/view/10805>>. Acesso em: 18 mar. 2022.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T., SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimentos em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, Ano 6, v. 6, p. 37-56, 2010. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13547>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

UFV INFORMA. Inauguração da BR-120. Viçosa, n. 293, Junho. 1973. Disponível em: <<http://atom.ufv.br/index.php/edicao-no-293-jun>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

UGEDA JUNIOR, J. C. Correlação entre a temperatura da superfície e temperatura do ar na cidade de Jales-SP. In: AMORIM, M. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (orgs.):



Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 291-316.

USGS. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook - Section 1. 2016. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov//l8handbook_section1.php>. Acesso em: 25 mar. 2022.

USGS. Dados Landsat Collection 2 Nivel 1. 2021. Disponível em: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-collection-2-level-1-data?qt-science_support_page_related_con=1#qt-science_support_page_related_con>. Acesso em: 2 fev. 2022.

USGS. Landsat Collection 2. 2021. Disponível em: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-collection-2?qt-science_support_page_related_con=1#qt-science_support_page_related_con. Acesso em: 2 fev. 2022.