



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**LARISSA GALVÃO FONTES DOS SANTOS**

**O CLIMA URBANO POR MEIO DO SENSORIAMENTO REMOTO:**

O campo térmico de superfície do município de Viçosa (MG).

**VIÇOSA (MG)**

**2022**

**LARISSA GALVÃO FONTES DOS SANTOS**

**O CLIMA URBANO POR MEIO DO SENSORIAMENTO REMOTO:**

O campo térmico de superfície do município de Viçosa (MG).

Monografia, apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Soares Fialho

**VIÇOSA (MG)**

**2022**

**LARISSA GALVÃO FONTES DOS SANTOS**

**O CLIMA URBANO POR MEIO DO SENSORIAMENTO REMOTO:**

O campo térmico de superfície do município de Viçosa (MG).

Monografia, apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Soares Fialho

**APROVADA:**

---

**Dra. Erika Collischonn (UFPEL)**

---

**Dr. André Luiz Lopes de Faria (UFV)**

---

**Dr. Edson Soares Fialho**  
**(Orientador)**  
**(UFV)**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por iluminar o meu caminho e guiar minhas escolhas, me dando sabedoria para conseguir trilhar esse caminho de forma leve e finalizar de forma tão gratificante este ciclo em minha vida. A minha família, em especial minha mãe, meu pai e irmão, não tenho palavras para agradecer e descrever a força e tudo que significaram e significam pra mim, sendo, incansavelmente, meu alento em dias difíceis e a minha felicidade, vibrando junto em todas as nossas conquistas. Nossas, pois, todas as conquistas até aqui, tive o estímulo, o apoio e o amor, de cada um deles, que me fizera mais forte para enfrentar qualquer adversidade.

Ao meu companheiro de vida, Rafael, agradeço por ser meu braço direito, por acompanhar e dar suporte em cada momento de angústia, por buscar soluções quando muitas vezes a vontade desistir rodeava o espaço, e por ser, ao mesmo tempo, o admirador, incentivador e torcedor de carteirinha que dá o gás para sempre buscar mais desafios.

Agradeço as minhas amigas irmãs, Júlia e Ana Clara, que mesmo com a distância e a correria do dia a dia, sempre estiveram presentes para ser o ombro que acalenta e a alegria na comemoração de cada momento feliz. Aos amigos que fiz nesse processo, em especial, Ana Paula, Maria, Felipe, Tati e Jéssica, agradeço pelo companheirismo, o apoio e a leveza que trouxeram nessa etapa que nem sempre é somente rodeada de bons momentos.

Agradeço ao meu orientador, Edson, que há três anos é professor e amigo, que ensina, ajuda, aconselha, comemora junto cada nova etapa concluída, e que muitas vezes acreditou em mim mais do que eu mesma, admiro e sou imensamente grata. Aos professores e demais funcionários do Departamento de Geografia, orientadores e companheiros de estágio, agradeço pelos ensinamentos que vão sempre para além do acadêmico, são para a vida.

**A todos, o meu muito obrigado!**

## RESUMO

Viçosa é um município que, apesar de ser considerado de pequeno porte, chamou atenção para estudos na temática do clima urbano, devido ao seu intenso e predatório processo de urbanização que culminou em ocupações desprovidas de planejamento, gerando ocupação em encostas e um centro densamente verticalizado. No entanto, os estudos já realizados no município possuem concentração nas variáveis termo higrométricas. O avanço nos métodos de pesquisa em torno do clima urbano ao longo dos anos, propiciou diferentes formas de monitorá-lo, dentre elas, a análise do campo térmico de superfície. O sensoriamento remoto tem cada vez mais feito parte desse escopo, auxiliando análises em locais onde o número de estações meteorológicas é insuficiente, permitindo a visualização em diferentes escalas de tempo e espaço e, a correlação com variáveis importantes, como o uso e cobertura da terra. Para tanto, o objetivo do presente trabalho foi analisar o campo térmico de superfície do município de Viçosa (MG), em situações sazonais de inverno e verão do ano de 2018. Para isso, foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat-8, datadas em 20/01/2018 e 02/09/2018 na elaboração da temperatura de superfície do município e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o mapeamento do uso e cobertura da terra para o município e posteriormente o detalhamento da análise em quatro áreas dentro do ambiente urbano. Diante das análises, foi possível observar que, na análise geral do município tanto no inverno, quanto no verão, as menores temperaturas de superfície se concentram onde há maior proeminência de formações vegetais, enquanto, as maiores, se encontram em áreas de pastagem e área urbana, esta última, sobretudo no verão. Já na análise intraurbana, as variações do comportamento da temperatura de superfície no inverno e verão são maiores, sendo, no verão, áreas de vegetação rasteira em meio ao ambiente densamente urbanizado aquela que apresentou menor temperatura, e no inverno, áreas com vegetação arbórea, enquanto as maiores variaram entre as áreas construídas e solo exposto no verão. Portanto, no município de Viçosa observou-se que as temperaturas mais amenas se concentraram em áreas de formação florestal e silvicultura, enquanto as mais quentes sobre pastagem e área urbana, tanto no inverno quanto no verão; já na análise intraurbana, notou-se que as porções vegetadas, como as praças, na temperatura de superfície não apresentaram temperaturas mais amenas, apenas em locais na qual se possuía uma área maior e contígua coberta pela mesma, sendo esta, a área pertencente a UFV, analisada neste trabalho.

**Palavras – chave:** Clima urbano, temperatura de superfície, uso e cobertura da terra, Viçosa – MG.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Localização do município de Viçosa no Brasil e Zona da Mata Mineira.....	29
FIGURA 2 - Mapa hipsométrico do município de Viçosa – MG.....	30
FIGURA 3 - Unidades mesoclimáticas no município de Viçosa - MG.....	31
FIGURA 4 - Área urbana de Viçosa – MG e a divisão de bairros.....	32
FIGURA 5 - Expansão da mancha urbana da cidade de Viçosa, do ano de 1985 a 2021.....	28
FIGURA 6 - Expansão da mancha urbana do município de Viçosa nos anos de 1985 a 2021.....	40
FIGURA 7 - Uso e cobertura da terra, no município de Viçosa para o ano de 2018.....	44
FIGURA 8 - Temperatura de superfície do município de Viçosa na data de 20/01/2018 em comparação ao uso e cobertura da terra.....	45
FIGURA 9 - Temperatura de superfície por uso e cobertura da terra - verão de 2018.....	46
FIGURA 10 - Temperatura de superfície do município de Viçosa na data de 02/09/2018 em comparação ao uso e cobertura da terra.....	47
FIGURA 11 - Temperatura de superfície por uso e cobertura da terra – inverno de 2018.....	47
FIGURA 12 - NDVI dos dias de 02/09/2018 e 20/01/2018 do município de Viçosa.....	49
FIGURA 13 - Localização das áreas de estudo de acordo com a orientação de vertentes da área urbana de Viçosa – MG.....	51
FIGURA 14 - Localização das áreas de estudo na área urbana de Viçosa – MG.....	52
FIGURA 15 - Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 20/01/2018 na área 1 – Centro.....	53
FIGURA 16 - Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 20/01/2018 na área 2 – UFV.....	55
FIGURA 17 - Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 20/01/2018 na área 3 – Santo Antônio.....	56
FIGURA 18 - Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 20/01/2018 na área 4 – Nova Viçosa.....	57
FIGURA 19 - Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 1.....	59
FIGURA 20 - Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 2.....	60
FIGURA 21 - Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 3.....	61
FIGURA 22 - Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 4.....	61
FIGURA 23 - Uso e cobertura da terra, NDVI e TS no dia 02/09/2018 na área 1 – Centro.....	63

FIGURA 24 - Uso e cobertura da terra, NDVI e TS no dia 02/09/2018 na área 2 – UFV.....	64
FIGURA 25 - Uso e cobertura da terra, NDVI e TS – no dia 02/09/2018 - Santo Antônio.....	65
FIGURA 26 - Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 02/09/2018 na área 4 – Nova Viçosa. .....	65
FIGURA 27 - Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 1.....	66
FIGURA 28 - Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 2.....	66
FIGURA 29 - Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 3.....	67
FIGURA 30 - Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 4.....	68

#### LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Especificações dos produtos Landsat-8.....	34
TABELA 2 – Expansão da mancha urbana de Viçosa, em área por km <sup>2</sup> e porcentagem.....	41
TABELA 3 – Porcentagem por classe de uso e cobertura da terra do município de Viçosa...	44

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	10
1 JUSTIFICATIVA.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 O espaço urbano e o seu clima.....	15
3.1.1 O Clima Urbano.....	16
3.2 O sensoriamento remoto e a aplicação nos estudos de clima urbano.....	18
3.2.1 Sensoriamento Remoto .....	18
3.2.2 Temperatura de superfície .....	20
3.3 A cidade de Viçosa - MG .....	22
3.3.1 A Construção do espaço urbano .....	22
3.3.2 Os estudos de clima urbano de Viçosa.....	25
3.3.3 Aspectos físicos e territoriais.....	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1 Delineamento da pesquisa.....	33
4.2 Coleta de dados.....	33
4.3 Procedimentos metodológicos.....	35
4.3.1 Expansão da mancha urbana.....	35
4.3.2 Temperatura de superfície.....	35
4.3.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.....	36
4.3.4 Uso e cobertura da terra.....	37
4.3.5 Orientação de vertentes.....	37
4.3.6 Elaboração de gráficos.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
5.1 Expansão da mancha urbana de Viçosa.....	38
5.2 O campo térmico de superfície do município de viçosa: uma relação entre temperatura de superfície e uso e cobertura da terra.....	43
5.2.1 Caracterização geral da temperatura de superfície e do uso da terra para o município de Viçosa no verão e inverno de 2018.....	43

5.2.2.	Temperatura de superfície e do uso da terra intraurbana de Viçosa no verão e inverno de 2018.....	50
5.2.2.1	Temperatura de superfície no verão de 2018.....	52
5.2.2.2	Temperatura de superfície no inverno de 2018.....	62
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
	REFERÊNCIAS.....	71

## INTRODUÇÃO

As preocupações com as questões urbanas ambientais começaram a ganhar espaço, quando o processo de urbanização se torna intenso, deixando de ofertar as condições mínimas de infraestrutura da cidade levando ao desenvolvimento de problemas na qualidade de vida urbana. No Brasil, o inchaço urbano em uma realidade de ocupação não planejada, sobretudo a partir da década de 1960, começa a reverberar problemas tais como: a poluição do ar, alagamentos e a degradação do solo (SANT'ANNA NETO, 2002).

Para além desses problemas, autores como Lombardo (1985) e Oke (1987) em seus estudos evidenciam a capacidade das transformações na paisagem, em face a substituição da vegetação e adensamento de materiais construídos, assim como o uso intenso do território, como o fluxo de pessoas, comércio e veículos que são inerentes a vida urbana, de alterar a harmonia das relações entre sociedade e natureza e desencadear, dentre diversas alterações, o aumento da temperatura nas cidades.

Os estudos em torno do clima urbano têm seus primeiros registros em países de clima temperado, como os estudos realizados por Chandler (1965) na cidade de Londres, em que notaram a existência de temperatura do ar mais elevada no urbano, quando comparado ao entorno. No Brasil, dadas as diferentes realidades e condições climáticas, os pesquisadores brasileiros viram a necessidade de realizar estudos de caso considerando as condições de clima tropical e as especificidades urbanas das cidades brasileiras.

Dentre os estudos, os esforços de Monteiro (1976) em realizar uma base teórico metodológica que considerasse a relação entre o clima e o espaço urbano como um sistema integrado, ganhou notoriedade e permanece contribuindo em pesquisas realizadas em torno do clima. Desse período até o presente, houveram notórias evoluções das técnicas de mensuração e estudos das variáveis climáticas aplicada aos estudos do clima das cidades, a contar, as diferentes metodologias utilizadas no monitoramento de fenômenos como as Ilhas de calor, e dentre elas, o implemento de geotecnologias nas pesquisas tem se tornado cada vez mais frequente (DELGADO, 2012).

Por proporcionar análises em diferentes escalas, possibilitar estabelecer relações com demais variáveis, como o uso e cobertura da terra, detecção de vegetação, o monitoramento da temperatura de superfície, o sensoriamento remoto tem contribuído na identificação e monitoramento de espaços da cidade (ORTIZ; AMORIM, 2016). No entanto, os estudos em torno do clima, apresentam maior enfoque nos problemas ambientais nas grandes cidades, enquanto nas de menor porte, ainda possuem menor proeminência, mesmo com o potencial da

destes, auxiliar o planejamento de ações preventivas de desconfortos térmicos em cidades em que estas problemáticas ainda não se desenvolveram (MENDONÇA, 2000).

O município de Viçosa (MG), de acordo com Fialho e Quina (2017) pode ser considerado um município de pequeno porte, sendo aqueles que possuem população inferior a 100 mil habitantes, mas mesmo com essa característica, tem chamado atenção para a realização de estudos com o intuito de verificar se a cidade já possui alterações no clima local.

Essa preocupação se deve ao fato de a cidade ter passado por um processo de urbanização condensado, sobretudo, que visava atender a demanda trazida com a federalização da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que resultou na estrutura verticalizada dos bairros centrais, sobretudo a partir da década de 1990, assim como, um padrão de ocupação não planejado, que deu início sob os fundos de vale, mas logo ocupou encostas e topos de morro (FIALHO; QUINA, 2017).

O município, sobretudo o espaço urbano, possui uma gama de estudos que visam investigar a formação de um clima local, no entanto, grande parte se concentra na análise de variáveis termo-higrométricas, de forma que, análises com a utilização da temperatura de superfície vêm sendo apenas recentemente abordadas.

Ugeda e Amorim (2016), evidenciam a importância de conhecer de maneira integral o meio em que a cidade está inserida e Ortiz e Amorim (2016) atribuem as potencialidades atribuídas a termografia de superfície enquanto indicadora de locais da cidade que merecem atenção, auxiliando no monitoramento a qualidade de vida. Assim, considerando ainda as especificidades do município de Viçosa, indaga-se, como se dá o comportamento do campo térmico de superfície, em relação ao uso e cobertura da terra em situações sazonais distintas, de inverno e verão?

Portanto, a presente pesquisa apresenta a objetivo de analisar o campo térmico de superfície do município de Viçosa (MG), em situações sazonais distintas, levando em conta o sítio em que está inserida, além do contraste de uso e cobertura da terra em espaço urbano e rural, no inverno e verão no ano de 2018.

A pesquisa conta com duas escalas de análise, a primeira, considerando a totalidade do município e, posteriormente, um enfoque para a área urbana, a fim de analisar a relação entre o ambiente artificial da cidade e as diferenças térmicas de superfície do ambiente natural do entorno, em fases com características diferentes do clima, sendo estas, o inverno e o verão do ano de 2018. A escolha do ano, se dá em virtude de ser aquele em que condensava imagens de satélite sem cobertura de nuvens para a área de estudo nas duas estações.

Para o desenvolvimento do objetivo proposto, apresenta como metodologia uma pesquisa quali-quantitativa e experimental, com o mapeamento da expansão da mancha urbana, com vistas a entender a espacialidade desse processo; o mapeamento da Temperatura de Superfície e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada confeccionados com imagens do satélite Landsat-8 para ambas estações; o mapeamento do uso e cobertura da terra e da orientação de vertentes, visando a partir dos dados obtidos, uma análise comparativa e discussão dos resultados a luz da literatura.

## **1 JUSTIFICATIVA**

Ao longo da graduação, mais precisamente, no período de 2019 e 2021, tive a oportunidade de fazer parte do Laboratório de Biogeografia e Climatologia (BIOCLIMA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), primeiro como estagiária voluntária e, posteriormente, como bolsista CNPQ, no projeto intitulado “Monitoramento do Clima Urbano da cidade de Viçosa: uma contribuição para gestão de cidades sustentáveis/inteligentes”. Nele, realizamos com o uso do sensoriamento remoto a elaboração de investigações em torno do clima da cidade de Viçosa, além de cidades vizinhas como, Teixeira e Ponte Nova, ao qual geraram frutos, com a publicação dos trabalhos de Santos e Fialho (2020) e Fialho e Santos (2021). E esse contato com a área, sempre me instigou a buscar conhecer mais.

Cada vez mais tem se utilizado o sensoriamento remoto como aliado em análises da conformidade urbana e sua interação com os elementos do clima (DELGADO, 2012). O aprimoramento nas técnicas e qualidade dos dados, sobretudo em satélites que possuem o infravermelho termal, e as potencialidades da ferramenta como, possibilitar análises em diferentes escalas espaciais e temporais, tem contribuído para essa difusão, levando em consideração que as redes de monitoramento fixas, como por exemplo, as estações meteorológicas, muitas vezes não atendem a espacialidade dos municípios (DELGADO, 2012).

De acordo com Ortiz e Amorim (2011), a realização do mapeamento da temperatura de superfície pode atuar de forma a auxiliar agentes públicos ou mesmo aos moradores na verificação de locais que merecem atenção. Com as contribuições de Monteiro (1976) ao qual atribui ao clima, a qualidade de indicador de qualidade de vida ambiental urbana, é possível notar a importância de buscar compreender a dinâmica e a espacialidade do campo térmico na perspectiva local, tendo em vista a necessidade de conhecer para intervir.

Nesse sentido, cidades de grande porte possuem maior volume de estudos que envolvem a investigação do clima urbano devido a possibilidade de essas já apresentarem agravantes na qualidade de vida, mas para cidades de médio e pequeno porte ainda se mostram incipientes (MENDONÇA, 2000). No entanto, Mendonça (2000) evidencia a importância de se estudar médias e pequenas cidades, que já podem apresentar problemas urbanos-ambientais, além de, devido ao estágio de desenvolvimento da malha urbana, permitir buscar um planejamento e gestão do território, com vistas a evitar desconfortos futuros.

Dentro dessa proposta, a cidade de Viçosa tem sido alvo de estudos em torno do clima local, por apresentar uma estrutura urbana que se desenvolveu progressivamente tanto em expansão, quanto verticalização, sobretudo a partir de 1970, com a institucionalização da UFV, fato que pode ser encontrado em estudos como os de Mello (2002), Pereira (2005) e Silva (2014).

Assim, a cidade possui robustos estudos na abordagem de variáveis termohigrométricas, sendo o sensoriamento remoto utilizado como auxílio, a exemplo, com mapeamento do uso e cobertura da terra. Para tanto, com a temperatura de superfície os estudos foram realizados recentemente no município, a citar, as contribuições Delgado *et al.* (2013) com análise da temperatura da superfície e a mudança no uso da terra de 1994 a 2010, Prado *et al.* (2020), que analisou a espacialização do campo térmico de superfície para os bairros centrais da cidade nos anos de 2014 a 2017 e Fialho e Santos (2021), com análise da temperatura de superfície em função da transformação do uso e cobertura da terra dos anos de 1985 e 2019, mas em caráter monográfico estudos não foram realizados.

De acordo com Ugeda e Amorim (2016), em seu trabalho de análise em torno do Sistema Clima urbano cunhado por Monteiro em 1976, ressalta que compreender de maneira integral o meio em que a cidade está inserida é indispensável para se pensar em planejamento urbano. Dada as importâncias atribuídas aos estudos do clima das cidades de pequeno porte, e a complexidade inerente ao espaço urbano de Viçosa, entende-se que se faz primordial buscar abarcar as diversas variáveis que atuam nesse sistema, assim como, compreender como se interagem com os diferentes espaços da cidade.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Analisar o campo térmico de superfície do município de Viçosa (MG), em situações sazonais de inverno e verão do ano de 2018.

### **2.2 Específicos**

- Cartografar a expansão da mancha urbana de Viçosa entre 1985 e 2021.
- Analisar as diferenças de Temperatura de Superfície para o município no inverno e verão do ano de 2018.
- Cartografar e relacionar a temperatura de superfície com os elementos naturais e antrópicos em área urbana, sob condições de orientação de vertentes e densidades de uso e cobertura da terra distintos.
- Compreender as alterações sazonais na temperatura de superfície.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O espaço urbano e o seu clima

A expansão das áreas urbanas é marcada pelo processo de urbanização iniciado, sobretudo, a partir do final da Revolução Industrial, e esse movimento, nas palavras de Sant'Anna Neto (2002), pode ser considerado um dos fenômenos mais impressionantes já ocorridos no planeta Terra. Em meados de 1940, 20,0% de toda a população do planeta já viviam em aglomerados urbanos, e nos Estados Unidos e em países europeus, esse número vinha a triplicar (SANT'ANNA NETO, 2002).

Na realidade brasileira, Mendonça (2003) evidencia a condição de alto processo de urbanização iniciado nos municípios a partir de 1960, em uma realidade pautada na ocupação rápida e desordenada, onde os processos de ocupação improvisados superavam os planejados. Esse processo, desacompanhado de uma estrutura organizacional adequada vinha a contribuir para a criação de espaços em condições de desequilíbrio urbano ambiental (MENDONÇA, 2003).

A construção do ambiente urbano em uma realidade não planejada implica sobretudo na artificialização dos espaços para acomodar as necessidades do viver humano, sobre isso, Monteiro e Carvalho (2013, p. 98) dissertam:

Para além de um processo de metamorfose profunda do ponto de vista social, a urbanização significa também um processo de grande transformação territorial, já que pressupõe a acomodação, num suporte espacial muito restrito, de um conjunto numeroso e diversificado de pessoas e atividades. Isto, só por si, obriga a artificialização do espaço e cria na escala local um enorme desequilíbrio entre o número de pessoas, atividades e recursos naturais disponíveis [...]. (MONTEIRO; CARVALHO, 2013, p. 98).

Esse movimento de expansão, que não é estático, é acompanhado de transformações significativas na superfície terrestre, de forma que, as paisagens naturais são substituídas pelo adensamento de materiais construtivos, instalações industriais, a pavimentação asfáltica, acoplamento de poluentes e supressão da cobertura vegetal (OKE, 1987).

Esse processo de urbanização, que confere o intenso uso do espaço urbano, com a constante substituição do natural pelo ambiente construído, leva a ser na cidade onde os problemas ambientais mais se agravam, a citar, problemas como a ocorrência da poluição do ar, a degradação do solo, além da possibilidade de alteração do clima local (SANT'ANNA NETO, 2002).

Ainda segundo Santanna Neto (2002), essa modificação no ambiente natural com a condensação de diferentes materiais, somado a traços como a verticalização do espaço urbano interferindo na circulação dos ventos além, da energia antrópica das atividades humanas, podem conferir para o aumento da temperatura das cidades.

Em 1960, a preocupação sobre os efeitos do processo de urbanização na qualidade do ar e a queda na qualidade ambiental urbana, fez com que os estudos voltados a questão ambiental urbana começassem a fortalecer, mas foi a partir de 1970, que no Brasil houve os primeiros registros de estudos de caso em torno especificamente do clima das cidades (MENDONÇA, 2003). Dentre eles, os estudos de Monteiro (1976) em sua tese de livre docência, inspirado em realizar um estudo que partisse de um olhar integrado entre o homem e a natureza, atribuiu as análises do clima das cidades uma dimensão sistêmica, de modo que, formulou um aporte teórico metodológico para análise do clima citadino, e se tornou base de inúmeros trabalhos.

### 3.1.1 O Clima Urbano

O clima urbano pode ser considerado como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95). As modificações nas superfícies como, o adensamento de materiais construídos, a alteração da rugosidade pela presença de edifícios e a supressão da cobertura vegetal, influenciam no balanço de energia incidente que é absorvida, refletida e emitida pela superfície na atmosfera, podendo causar modificações nos elementos do clima local (OKE, 1987; MONTEIRO, 1976).

O início dos estudos em torno do clima urbano não teve sua base marcada sob a realidade de um clima tropical, mas teve inegável contribuição para os estudos desenvolvidos no Brasil. Autores como Luke Howard, com o trabalho *The Climate of London*, cunhado em 1833, Landsberg com a obra *The Climate of Town* em 1956 e Candler com uma releitura do trabalho de Howard, trouxeram importantes contribuições, identificando as especificidades que existiam entre as cidades de maior porte em relação ao clima circundante (SANTOS, 2017).

Trabalho crucial para as pesquisas em torno do clima urbano no Brasil, foi realizado por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, em 1976, que, apesar de reconhecer a importância dos estudos produzidos até o momento, viu a necessidade de considerar suas preocupações geográficas. Assim, atribuiu a caracterização e aos estudos do clima uma análise que considerasse os aspectos físicos e sociais do espaço, diferente dos estudos de

caráter separatista que vinham sendo realizados. Ancorado na Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Bertalanffy (1950), que atribuiu aos seus estudos das Ciências Biológicas a concepção sistêmica, Monteiro instituiu o Sistema Clima Urbano (S.C.U).

O Sistema Clima Urbano, para Monteiro (2003) se constitui como um sistema dinâmico, que está relacionado a todas as variáveis do espaço urbano com a atmosfera, considerando além da interferência do concreto, do material, como a estrutura e a geometria urbana, os fenômenos sociais e econômicos, que contribuem para o aumento do nível de complexidade das cidades.

O S.C.U visa compreender a organização climática peculiar da cidade e como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim, é encarada como *operador*. Toda a ação ecológica natural e as associações aos fenômenos da urbanização constituem o conjunto complexo sobre o qual o operador age. Por isso, tudo o que não é atmosférico e que se concretiza no espaço urbano, incluindo o homem e os demais seres vivos, constitui elementos do sistema, estruturando em partes que, através de suas reações, definem atributos especiais. Assim, esse conjunto complexo e estruturado constitui o *operando* do sistema. Pela sua natureza, é um tipo especial de operando, que não é estático ou passivo. (MONTEIRO, 2003, p. 21).

Dentre os estudos envoltos ao S.C.U, os fenômenos de poluição do ar, ilhas de calor e as inundações, são retratados como eventos de impacto na qualidade de vida urbana, e se enquadram dentro dos canais de resolução do sistema, pois refletem as particularidades do clima da cidade (MONTEIRO, 2003).

Monteiro (1976; 2003) nomeou-os de Canais de Percepção humana, subdivididos em conforto térmico, qualidade do ar e meteoros de impacto:

a) Conforto térmico – Englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.

b) Qualidade do ar – A poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais a atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana.

c) Meteoros do impacto – Aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteóricas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestade), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando lhe a circulação e os serviços (MONTEIRO, 2003, p. 24).

O subsistema Termodinâmico, ligado ao canal de percepção conforto térmico, tem sido o mais citado nos estudos analisando fenômenos como as ilhas de calor. Aos estudos atribuem variáveis de análise como a temperatura, velocidade e direção dos ventos, a umidade relativa do ar, além das modificações no meio físico e a morfologia urbana, que refletem no balanço de energia do sistema (MONTEIRO, 2003).

Com o decorrer dos anos e as evoluções nos métodos de pesquisa, algumas adaptações foram sugeridas e consideradas para as investigações do clima urbano, e até mesmo apontamentos conceituais de fenômenos como a Ilha de Calor.

Segundo Gartland (2010), Ilha de Calor é um fenômeno onde o ar e a temperatura das superfícies do espaço rural e urbano são inversos, de modo que, em áreas urbanas e suburbanas elas se apresentam mais elevadas do que a temperatura do entorno rural próximo, com intensidades que variam conforme o período do dia.

Lombardo (1985) considera ilha de calor o local onde as temperaturas de superfícies são maiores do que as áreas circunvizinhas. Já para Fialho (2012), devido a evolução das técnicas de pesquisa, e conseqüentemente, variadas formas de avaliar a temperatura das cidades, o termo Ilha de Calor já não comporta toda a variedade de resultados encontrados, tornando difícil realizar comparações. Nessa perspectiva, Fialho (2012) apresentou esforços para considerar diferenciações entre as ilhas de calor conforme suas especificidades e o método de pesquisa, sendo elas, ilha de calor atmosférica (atmosfera urbana inferior), ilha de calor vertical (atmosfera urbana superior) e ilha de calor de superfície que se direciona a temperatura dos alvos da superfície terrestre.

## 3.2 O sensoriamento remoto e a sua aplicação nos estudos de clima urbano

### 3.2.1 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto, a partir das contribuições de Novo (2008) é tido como um conjunto de sensores e equipamentos utilizados no processamento de dados que permite o estudo de processos, eventos e fenômenos que ocorrem na superfície terrestre. Estes são captados através de aeronaves e demais equipamentos, que permitem a captura da interação entre a radiação eletromagnética e os objetos do espaço analisado.

Qualquer corpo com temperatura acima de 0 grau absoluto emite energia eletromagnética, podendo assim, ser considerado uma fonte de energia eletromagnética, sendo a Terra e o Sol as principais fontes dessa energia utilizadas no sensoriamento remoto (MORAES, 2008).

A energia eletromagnética ao atingir um objeto sofre interações, de forma que o objeto, reflita, absorva e transmita certa quantidade dessa energia, de forma que essa interação, que se diferencia de objeto para objeto na superfície, o torna passível de ser identificado. Como expresso por Moraes (2008, p. 11):

Os objetos interagem de maneira diferenciada espectralmente com a energia eletromagnética incidente, pois os objetos apresentam diferentes propriedades físico-químicas e biológicas. Estas diferentes interações é que possibilitam a distinção e o reconhecimento dos diversos objetos terrestres sensoriados remotamente, pois são reconhecidos devido à variação da porcentagem de energia refletida em cada comprimento de onda (Moraes, 2008, p. 11).

Por meio da variação espectral dos objetos é possível identificar suas propriedades físicas, químicas e biológicas dando condições para análises e monitoramentos dos elementos do sistema terrestre, se fazendo importantes para os estudos de cunho ambiental (MORAIS, 2008).

Os sensores espectrais acoplados a equipamentos, como os satélites, permitem a combinação de bandas espectrais e geração de produtos comumente utilizados em estudos do clima, como o uso da terra, utilizado para o monitoramento das mudanças ocorridas na superfície terrestre e a sua implicação na temperatura.

O uso da terra identificado pelo sensoriamento remoto, permite a utilização da combinação de diferentes bandas para melhor identificação de determinados elementos por meio das suas diferenças espectrais, como água, ambientes construídos, a vegetação, solo exposto, afloramento de rochas, dentre outros, conforme a resposta espectral captada de cada superfície presente na área analisada (NOVO, 2008).

A combinação de bandas também tem sido utilizada para gerar produtos direcionados a um objeto específico da superfície, como os índices de vegetação.

Os índices de vegetação permitem a identificação da vegetação bem como as suas características, como a espacialização, densidade, vigor e condição. Alguns índices em específico, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, são capazes de dar respostas a espelhos d'água, e ambientes sem a vegetação (LIMA *et al.*, 2013).

De acordo com Rosa (2009), as bandas espectrais no comprimento de onda do Vermelho e Infravermelho Próximo conseguem captar cerca de 90% as variações existentes na estrutura vegetal e são essas portanto, majoritariamente utilizadas nos índices de vegetação.

Alguns satélites permitem, além da observação de variáveis que se encontram na superfície e captada pelos sensores mais usuais, também possuem sensores termais, que trabalham com a faixa do infravermelho termal (VIEIRA, 2016).

A banda do infravermelho termal é a que permite captar a temperatura de superfície terrestre e que tem sido muito utilizada nos estudos do clima das cidades, por possibilitar observações do campo térmico em diferentes escalas temporais e espaciais, diferente dos demais métodos de análise da temperatura de abordagem fixa, como as estações meteorológicas que são medidores locais e possuem limitações espaciais (DELGADO, 2012).

Desde a década de 1970, com os estudos de Rao (1972), o implemento do Sensoriamento Remoto nas análises de variáveis urbanas e climáticas vem apresentado crescente (PRADO *et al.*, 2020). Muito se deve as constantes melhorias técnicas nos satélites e fornecimento de dados de forma gratuita e de fácil acesso nas plataformas digitais, a citar, imagens do satélite NOAA, Landsats, CBERS, Sentinel, dentre outros.

Nas análises do clima urbano, o sensoriamento remoto tem marcado presença em diversos âmbitos, dentre eles, no mapeamento e monitoramento das transformações do uso da terra, sobretudo da malha urbana, mapeamento e densidade da vegetação e a mensuração da temperatura de superfície.

### 3.2.2 Temperatura de superfície

A Temperatura de superfície é uma variável climatológica que consiste da relação entre o balanço de energia considerando a capacidade de um corpo de absorver e refletir a radiação incidente, utilizada para inferir o fluxo de calor da superfície, muito relacionada ao albedo, que se caracteriza como a capacidade da superfície de refletir a energia incidente (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2006; FERREIRA, 2006).

Por ser passível de interferência da emissividade dos objetos da superfície, a temperatura de superfície pode proporcionar a correlação entre os valores de temperatura e o uso e cobertura do solo, podendo estabelecer relações com as características térmicas dos materiais das construções urbanas e auxiliar na identificação de localidades propensas a desconfortos por Ilha de Calor (OKE; VOOGT, 2003).

No entanto, mesmo com as melhorias na qualidade dos dados fornecidos pelo imageamento orbital, a resolução espacial dos pixels das imagens pode acabar por generalizar algumas porções que apresentam mais de um tipo de uso, como apresentado por Fialho (2009, p. 75):

[...] a temperatura de superfície é obtida pela leitura de sensores à distância, que captam a temperatura de superfície dos objetos, em uma área (dependendo da resolução) que corresponde a um pixel na imagem, é a soma das componentes individuais (árvores, vias, edifícios, zonas de sombra, etc.) ponderada por sua respectiva superfície, refletindo, portanto, a temperatura do elemento mais representativo que o compõe.

Muitos estudos como os de Almeida et al. (2015) Ortiz e Amorim (2019) e Paula et al., (2016) tem utilizado também da possibilidade de verificação das áreas vegetadas na temperatura das cidades, correlacionando temperatura de superfície e índices de vegetação de forma a analisar a capacidade da vegetação em proporcionar temperaturas mais amenas nesses ambientes.

A partir da temperatura de superfície é possível correlacionar também fatores topográficos da área de estudo, que compõe o sítio, e são importantes para serem analisados quando se almeja a compreensão da espacialização dessas temperaturas, como por exemplo, a posição das vertentes que podem variar em mais e menos aquecidas conforme o período do dia (JESUS, 2016).

Segundo Fialho (2009) por possuir relação direta com o balanço de radiação incidente da atmosfera na superfície, se torna importante fazer aferições comparando diferentes situações atmosféricas, quando se visa compreender o campo térmico. No entanto, trabalhar com o imageamento orbital, apresenta limitações em localidades nas quais encontrar imagens que estejam com a ausência de nebulosidade em determinadas épocas do ano, acaba por restringir o uso a uma quantidade menor de imagens.

Satélites como a linha Landsat 5, 7 e 8 tem sido bastante utilizada nos estudos de clima urbano, por possuir uma data de revisita de 16 em 16 dias, aumentando as chances de encontrar quantidades significativas de imagens sem nebulosidade, além de possuir resolução espacial na banda do infravermelho termal de 100 e 60 metros reamostrados para 30 metros (EMBRAPA, 2020).

Dentre os trabalhos que vem sendo realizados para a análise da temperatura de superfície, tem-se o trabalho de Jesus (2016) que buscou analisar o comportamento da temperatura de superfície do município de Cariacica (ES), nos anos de 1985 e 2010, a partir de imagens Landsat 5 e 8. O trabalho de Honorato (2015) que aplicou técnicas de sensoriamento para analisar a presença de ilha de calor no município de Aquidauana e Anastácio entre os anos de 2000 e 2010 a partir de imagens Landsat 5.

Vieira (2015) que analisou o fenômeno de ilha de calor no município de Uberlândia (MG), nos anos de 2004 e 2014 também a partir de imagens Landsat 5 e 8. O trabalho de

Paula et al., (2016) que analisou a temperatura de superfície e a correlação com a cobertura vegetal no município de Juiz de Fora (MG), a partir de imagens Landsat 8. Nascimento et al (2021) que analisaram a variação da temperatura de superfície no inverno e verão do ano de 2018 na área denominada Conselho de Coimbra com imagens Landsat 8, dentre diversos trabalhos que vem se apresentando na perspectiva de análise do clima urbano por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

Mendonça (2000) aponta que grande parte dos estudos se concentram em análises de cidades de grande e médio porte, devido a sua possibilidade de possuir fenômenos como ilhas de calor em maior intensidade, no entanto, há a necessidade das análises serem também direcionadas as cidades de pequeno porte, considerando a sua capacidade de ainda em um espaço urbano em formação, condicionar a intervenção precoce dos espaços visando o planejamento urbano ambiental, a evitar, por exemplo, a possibilidade de ocorrências de desconfortos térmicos futuros.

Nessas perspectivas alguns trabalhos tem se prontificado a verificação e compreensão do campo térmico de municípios de pequeno porte, a citar, os trabalhos de Prado *et al.*, (2020), Ortiz e Amorim (2019), Santos e Fialho (2019), Fialho e Santos (2020), Fialho e Santos (2021), dentre outros, o que evidencia a posição de importância das análises de municípios com áreas urbanas de menor expressão.

### 3.3 A Cidade de Viçosa – MG

#### 3.3.1 A Construção do espaço urbano de Viçosa - MG

Viçosa é um município no qual o seu processo de urbanização, deu condicionantes ao desenvolvimento de diversos problemas ambientais na cidade, movidos por uma realidade de ocupação não planejada e tampouco fiscalizada (MELLO, 2002).

A cidade é sede da Universidade Federal de Viçosa, antes com os nomes de ESAV (Escola Superior de Agricultura e Veterinária) e UREMG (Universidade Rural do Estado de Minas Gerais), o que a tornou uma “cidade estudantil”, onde o setor de serviços para atender às demandas universitárias é predominante, e assim como na economia, a universidade teve grande influência na formação do espaço urbano da cidade (MELLO, 2002).

Até os anos de 1920, Viçosa teve um processo de construção do espaço urbano marcado por dois principais eventos, o primeiro, dando início de fato as primeiras aglomerações significativas da época, entorno dos patrimônios religiosos da cidade construídos em terras doadas por constituintes da elite local e, nesse período, a ocupação se

fez sob os vales mais extensos existentes no município, sobretudo, próximos aos córregos São Bartolomeu e Conceição. O segundo marco foi a construção de ferrovias que vinham no intuito de auxiliar na dinamização do transporte e inserção da cidade no contexto regional, responsável por intensificar o processo de urbanização e ampliar para novas áreas o crescimento da malha urbana (MELLO, 2002).

É em 1920, que Viçosa recebe a Escola Superior de Agricultura e Veterinária (ESAV), instalada próxima a porção urbanizada do município, ocupando uma área de extenso terraço. Importante para o desenvolvimento da cidade, foi vetor de novos habitantes da área urbana que se formava, com ocupação das áreas de vale próximas as já ocupadas e intensificação das áreas já consolidadas, no entanto, a população do município ainda se fazia em sua maioria, por população rural (SILVA, 2014).

Em 1948 a até o momento ESAV, se expande e se torna Universidade Rural do Estado de Minas Gerais (UREMG), com a ampliação dos cursos ofertados. Essa expansão implicou em mais cursos oferecidos e mais vagas para estudantes, atraindo mais estudantes e mão de obra para a atender a demanda da universidade, porém, a universidade possuía demasiada independência em relação ao município, com construções em seu próprio território, que atendia parte dos estudantes e professores, o que não implicou em transformações contundentes no espaço urbano, além da intensificação das áreas já consolidadas (SILVA, 2014).

É em 1960, em decorrência, dentre outros fatores, das expansões da universidade, a população de Viçosa passa a contabilizar mais habitantes urbanos do que rurais. Em 1969, a UREMG se torna Universidade Federal de Viçosa (UFV), ampliando rapidamente seu somatório de cursos oferecidos, dessa vez, mais próxima e dependente da infraestrutura da cidade (MELLO, 2002).

É a da federalização da universidade, que as modificações no espaço urbano mudam de cenário. Silva (2014) ilustra a expansão dos cursos e conseqüente aumento de vagas, apontando que, em 1974 a instituição que possuía 19 cursos, passou para 39 em 1975, implicando diretamente, na demanda por moradia que a universidade passa, nesse momento, a depender da cidade.

Sobretudo a partir de 1970, a cidade que não possuía infraestrutura para receber a demanda populacional que se formava, passou por um processo intenso de especulação imobiliária, de forma que o centro da cidade, vinha a se transformar em um local visado devido à proximidade da universidade, e a construção de habitações passou a ser prioridade (SILVA, 2014).

Ainda segundo Silva (2014), junto a essa intensa demanda, Viçosa possuía leis de parcelamento do solo permissivas a situações impróprias, que nesse momento foram muito utilizadas, com o registro de construção de loteamentos em locais irregulares, em encostas íngremes e próximos a leito de rios e, no próprio centro da cidade, as irregularidades eram visíveis, com a demolição de casas antigas para a construção de prédios em locais sem infraestrutura.

Então nesse momento de processo acentuado de expansão, que a cidade passa por uma intensa modificação, de forma que, o centro da cidade passa por um acentuado processo de verticalização. Segundo Mello (2002), toda essa infraestrutura vinha a se destinar a moradia dos estudantes e da população abastada, enquanto a população mais pobre da cidade se direcionava aos loteamentos irregulares que foram construídos nas franjas da cidade, impulsionando a criação de bairros populares. Para além dos bairros populares, a construção de condomínios fechados distante do centro também foi fortalecida.

Mais afastado do centro da cidade, no bairro denominado Silvestre, a instalação em 2001 da Escola de Ensino Superior de Viçosa (ESUV) e 2004 o Centro Universitário de Viçosa (Univiçosa) também foi motor para a ampliação da malha urbana, atraindo estudantes de municípios vizinhos.

A ESUV, localizada no bairro Liberdade a 4 km de distância do centro, teve sua autorização para funcionamento do curso de Direito concedidos pelo Ministério da Educação através da Portaria nº 2.152 de 1 de outubro de 2001. Posteriormente iniciou as atividades do curso de Ciências Contábeis (Portaria de nº 500) em 10 de fevereiro de 2006 e Serviço Social (Portaria nº 980) em 24 de novembro de 2006, perfazendo um total, na época, de vagas de 380 anualmente. A UNIVIÇOSA, localizada no distrito de Silvestre, foi planejada para oferecer um grande número de cursos em todas as áreas do conhecimento, e por isso não havia a possibilidade para que a mesma se instalasse no centro. A escolha foi para instalações de uma antiga fábrica de ração chamada Indumel (na rodovia BR-120). Em 2012, as duas instituições se uniram criando a maior instituição particular de ensino superior da região, oferecendo 3200 vagas nos cursos de graduação e pós-graduação, e 320 funcionários e colaboradores (SILVA, 2014, p. 82).

De acordo com Mello (2002), todo esse processo predatório de espaço construído sofrido por Viçosa, acarretou uma série de problemáticas ambientais para a cidade. Com a ocupação dos fundos de vale, no processo de ampliação forçada da malha urbana, as encostas dos vales passaram a ser ocupados, com construções em áreas com declividade superior a 30%. Além disso, a ocupação próxima aos cursos d'água se tornou realidade, com a supressão da mata ciliar e ocupando áreas destinadas a preservação permanente, importante para a manutenção da qualidade da água.

A supressão da cobertura vegetal foi um forte impacto também sofrido durante a expansão da cidade, como exposto por Mello (2002, p. 78):

“A partir da década de 60, o crescimento acelerado e desordenado acarretou a supressão indiscriminada da cobertura vegetal do solo, não poupando as encostas, topos de morro e margens dos ribeirões. Nesse sentido, a área ocupada pelo campus da Universidade Federal de Viçosa ficou sendo a única dentro do perímetro urbano onde os recursos naturais, principalmente a vegetação, foram razoavelmente preservados.” (Mello, 2002, p.78).

A pavimentação das principais vias de acesso à universidade foi uma demanda que chegou para que pudesse atender ao volume de veículos que também chegava a cidade, mais uma vez, isenta de qualquer planejamento, traz a impermeabilização do solo como consequência desse processo.

Em 2021, com estimativas, segundo IBGE (2021), o município possuía 79.910 mil habitantes, sendo em 2010, data do último censo, 67.337 mil habitantes somente da área urbana. Um contingente populacional em uma cidade em que o processo de urbanização foi desvinculado de qualquer atitude de planejamento, em que, a preocupação com as questões ambientais pouco existira, investigar os indícios de interferência na qualidade de vida da população que a habita, se faz essencial.

#### 4.3.2. Os estudos de clima urbano de Viçosa

Os estudos realizados no Laboratório de Biogeografia e Climatologia, como os de Fialho (2009), Rocha e Fialho (2010), Fialho *et al.*, (2015), Quina (2015), Fialho (2015), Ferreira e Fialho (2016), Quina e Fialho (2017) e Brandão *et al.* (2020), se empenharam em estudar os parâmetros climáticos do município de Viçosa. Esses estudos foram realizados no intuito de compreender como a relação entre o ambiente construído da cidade e clima local, se estabelecia.

Em sua tese de doutorado, Fialho (2009) buscou investigar a partir dos dados da estação meteorológica de Viçosa, durante os anos de 1986 a 2006, junto ao uso da técnica de transetos móveis, se o clima de Viçosa prenunciava diferenças entre rural-urbano e o periférico e centro da mancha urbana, em estações sazonais distintas. Com essa técnica foi possível constatar que, a cidade possuía pontos de maior temperatura durante a noite, mesmo que ainda não se constituísse um clima urbano.

Rocha e Fialho (2010) buscaram analisar a temperatura do ar e a umidade relativa em relação ao uso da terra de Viçosa, com o uso do método de transetos móveis durante a estação

sazonal de primavera do ano de 2006, considerando ao longo do trajeto percorrido, áreas de mata, atividade rural, ambientes esparsos e densamente construídos, com maior e menor atividade antrópica. Os resultados do trabalho evidenciaram que, as áreas de mata possuíam menores temperaturas quando comparado as porções densamente construídas e com maior fluxo de atividade, afirmando ainda que, em noites de céu aberto e pouco vento, a área central da cidade apresentou dificuldade de dissipar a energia que foi acumulada durante o dia.

O estudo de Fialho *et al.*, (2015), utilizaram da técnica de pontos fixos para analisar a temperatura do ar do município de Viçosa em situação sazonal de verão, no ano de 2014, com 14 pontos de monitoramento distribuídos pela área central da cidade e a área rural, por um período de 61 dias. A partir do estudo constataram que no período noturno, assim como os estudos que utilizaram transetos móveis, a mancha urbana obteve temperatura mais elevada que o entorno rural, sendo a área central com as maiores temperaturas, no entanto, durante o período diurno, muitas vezes o campo apresentava registros muito semelhantes a cidade.

Ao buscar compreender como o sistema sinóptico influenciava na temperatura do município de Viçosa, Quina (2015), utilizou 2 pontos fixos de monitoramento, um localizado na área urbana e outro em ambiente rural. Os dias escolhidos estavam sobre influência de distintos sistemas atmosféricos, o primeiro, uma frente fria associada a uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e o segundo, sob a influência de um Sistema Tropical Atlântico (STA). Como resultado obteve-se que, os sistemas atmosféricos analisados apresentam grande diferença nos dados, sendo, com tempo instável as temperaturas entre campo e cidade se fizeram mais amenas enquanto em tempo estável, essa diferença foi maior.

Fialho (2015), analisou parâmetros termo-higrométricos durante o período de inverno de 2014, com registro de 64 dias, com pontos de monitoramento fixo, buscando identificar a existência da influência da mancha urbana na temperatura e umidade relativa do ar do município. De modo geral, os resultados indicaram que a área central da cidade é mais seca quando comparada ao rural, sobretudo, durante o período noturno e durante a tarde, a umidade relativa do ar também se mostrou menor, enquanto nos demais horários foi semelhante. Já em relação a temperatura, Fialho (2015, p. 311) relata:

Em termos espaciais, independentemente do episódio considerado, na parte central da cidade as maiores temperaturas do conjunto de eventos analisados decorrem de suas características de localização, altitude, uso do solo e ocupação. O maior adensamento das edificações, o menor número de áreas verdes, a impermeabilização da superfície por concreto e asfalto, a concentração de veículos automotores e uma cota altimétrica ligeiramente inferior parecem formar um conjunto que conduz a um maior aquecimento da área

central, que tem seu apogeu no horário das 21h00min (Fialho 2015, p. 311).

Ferreira e Fialho (2016) utilizam de 10 pontos de monitoramento fixo, durante 26 dias do período de outono e inverno do ano de 2014 para analisar a relação entre a geometria da cidade, utilizando a técnica do SVF, com a temperatura média do ar e a umidade relativa média do ar da área central da cidade de Viçosa. Os resultados do trabalho mostraram que no inverno, a geometria da cidade possui maior correlação com os elementos analisados, quando comparado ao outono, mesmo assim, essa relação não se expressa sendo forte. Por isso, os autores reforçam que o sítio urbano é uma variável importante nos estudos do campo termo-higrométrico.

Quina e Fialho (2017), de forma semelhante aos estudos realizados em Viçosa, utilizaram de 14 pontos de monitoramento fixo, distribuídos na área urbana e rural do município para analisar as influências da geometria da cidade, a radiação solar, orientação da vertente e a altitude na temperatura ar, durante o período de inverno e verão. Diferente de alguns estudos já realizados em Viçosa, o fator de visão do céu (SVC), apresentou a maior correlação entre os critérios analisados, seguido da altitude, enquanto os demais não apresentaram significativas associações. Em relação a temperatura do ar, tanto no verão quando no inverno, as temperaturas médias mais altas foram na área central.

Diferentes dos estudos já realizados pelo Bioclima, que utilizaram das técnicas de transetos móveis e pontos fixos para o monitoramento termo-higrométrico do município de Viçosa, Prado *et al.* (2020), utilizaram de técnicas do sensoriamento remoto para analisar o campo térmico de superfície da área central da mancha urbana de Viçosa. Nesse estudo foram utilizadas imagens do satélite Landsat-8, sendo, duas do ano de 2014, uma 2015 e uma de 2016. Para entender o campo térmico, somaram as análises, a orientação das vertentes e do uso da terra da área de estudo. Como resultaram puderam observar que as maiores temperaturas seguiram o fundo de vale, sendo, o uso da terra e a orientação de vertentes, influentes na configuração do campo térmico.

A partir dos trabalhos mencionados, é possível compreender que, mesmo se enquadrando como uma cidade de pequeno porte, o município de Viçosa já possui um centro urbano que se diferencia das demais porções do município, sobretudo, em período noturno, com temperaturas ligeiramente superiores. Esse aspecto denota a importância de, mesmo em uma cidade com pequena extensão da malha urbana quando comparada aquelas de grande porte, ao qual os estudos do clima urbano se densificam, analisar e monitorar o desenvolvimento do seu potencial enquanto geradora de um clima local.

Esse fato corrobora com a relevância dada por Mendonça (2003), aos estudos de cidades de médio e pequeno porte.

As cidades de porte médio e pequeno possuem então características geográficas bastante diferenciadas daquelas de porte grande e metropolitanas, e apresentam, portanto, consideráveis facilidades para a identificação de suas paisagens intra-urbanas, estas, previamente identificadas, permitirão uma melhor compreensão da interação sociedade natureza na construção do clima urbano (MENDONÇA, 2003, p. 96).

Ainda sobre os estudos realizados em torno do clima da cidade de Viçosa, é possível identificar que parte majoritária dos estudos no município, foram de monitoramento termo-higrométrico, com enfoque para a temperatura do ar, com destaque para o método de transetos móveis e os pontos de monitoramento fixos. Nesse sentido, agregar estudos com novas técnicas, como o uso do sensoriamento remoto, pode auxiliar na compreensão da conformação do campo térmico de Viçosa.

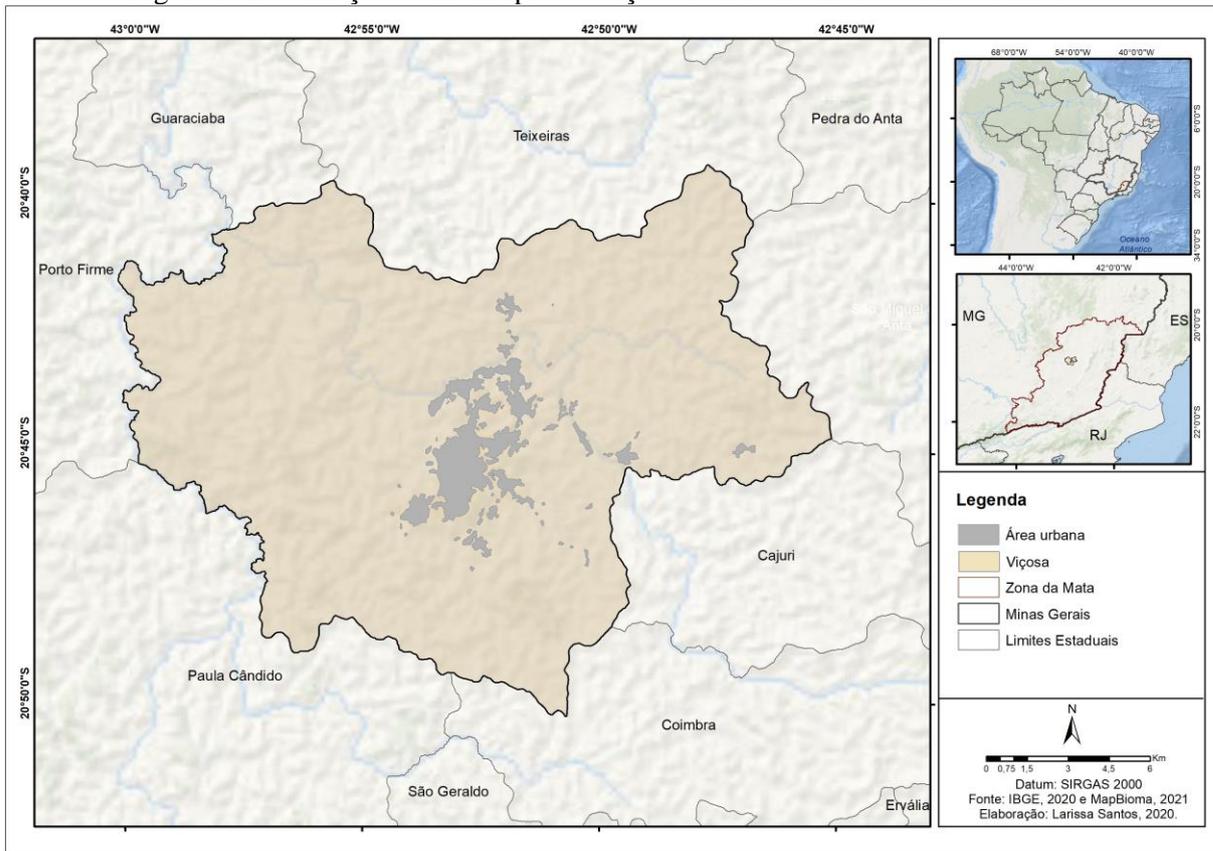
Partindo deste mesmo princípio, Prado *et. al.* (2020), utilizou de técnicas do sensoriamento remoto para analisar o campo térmico de superfície da área central da mancha urbana de Viçosa. Fialho e Santos (2021) analisaram a distribuição da temperatura de superfície em decorrência da transformação do seu uso e cobertura da terra.

Uma das vantagens de se utilizar produtos do sensoriamento remoto, é a possibilidade de se obter uma ampla visão espacial, não se limitando ao estudo de pequenas áreas. Assim, para além da área central da mancha urbana de Viçosa, análises podem ser lançadas sobre sua porção periférica e rural, permitindo estabelecer uma compreensão mais abrangente do campo térmico de superfície, de forma a ampliar as possibilidades de estudos e monitoramento do clima da cidade.

### 3.3.3. Aspectos físicos e territoriais

Localizado na porção Norte da Zona da Mata Mineira (Figura 1), o município de Viçosa possui uma área de 299,418km<sup>2</sup>, com altitudes variando de 592 a 965m (Figura 2).

Figura 1: Localização do município de Viçosa no Brasil e Zona da Mata Mineira.



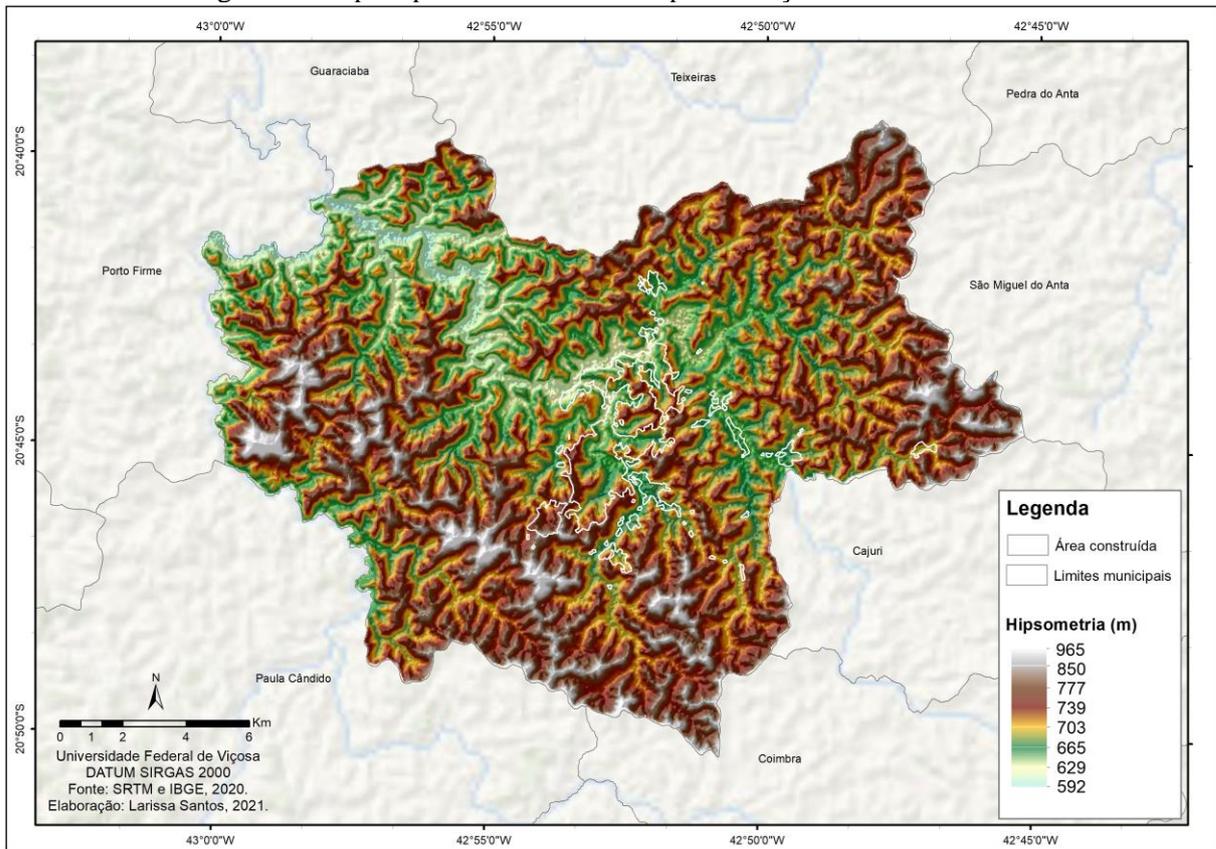
Fonte: A autora.

Viçosa possui um relevo de formato mamelonar, e essa característica deriva da influência do Domínio Morfoclimático de Mares de Morros Florestados, de acordo com a classificação de Ab'Saber (2003), a qual o município pertence. Ainda sobre seu relevo, é possível destacar sua característica de ser dissecada pela ação fluvial, constituindo morros em formato de meia laranja com vales estreitos e diversas colinas (QUINA; FIALHO, 2017).

Em relação a cobertura vegetal, o município de Viçosa possui Mata Atlântica como vegetação nativa, que atualmente, em virtude do processo de ocupação para as atividades humanas, se resumem a fragmentos (ROCHA; FIALHO, 2010).

O município é banhado por cursos d'água pertencentes à Bacia hidrográfica do Rio Doce, que são: o rio Turvo limpo, o rio Turvo Sujo e o Córrego São Bartolomeu, no qual, em seu vale, a urbanização foi iniciada e ao longo do tempo se densificou (FIALHO, 2009; FIALHO; SANTOS, 2022).

Figura 2: Mapa hipsométrico do município de Viçosa – MG.

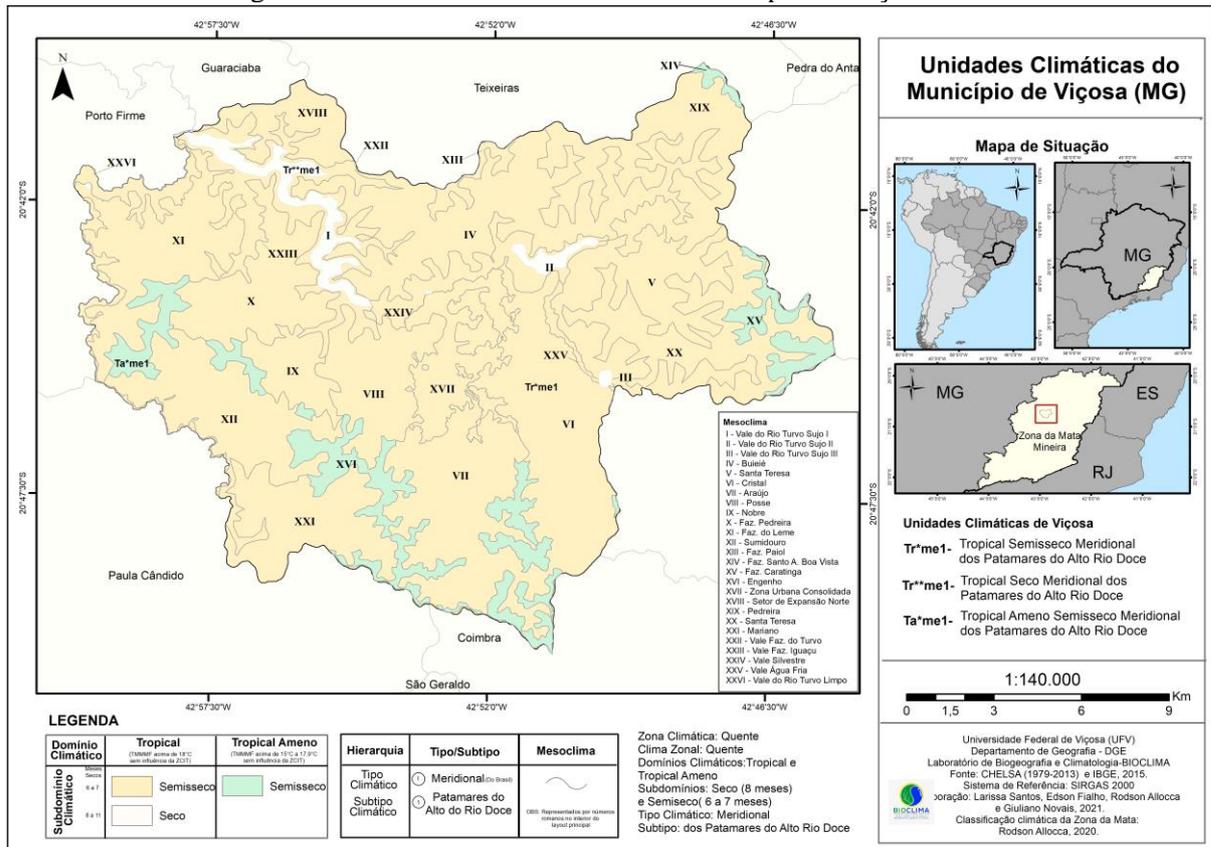


Fonte: A autora.

De acordo com Fialho e Santos (2022), que elaboraram uma classificação climática de detalhe para Viçosa a partir da metodologia cunhada por Novais (2019), Viçosa possui 3 unidades climáticas, Tr\*me1 (Tropical semisseco meridional dos Patamares do Alto Rio Doce); Tr\*\*me1 (Tropical seco meridional dos Patamares do Alto Rio Doce) e Ta\*me1 (Tropical ameno semisseco meridional dos Patamares do Alto Rio Doce).

A primeira unidade climática é denominada Tropical semisseco Meridional dos Patamares do Alto Rio Doce, sendo esta, predominante no município, ocupando áreas entre o vale do rio turvo sujo e as porções de maior altitude (Figura 3). Se caracteriza por ter temperatura média do mês mais frio igual ou maior que 18°C, com influencia da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), Anticiclone Polar Sul (APS), sem a Influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e o subdomínio denominado semisseco caracteriza áreas com 6 a 7 meses secos anuais, que compreendem os meses de abril a setembro/outubro (FIALHO; SANTOS, 2022).

Figura 3: Unidades mesoclimáticas no município de Viçosa-MG.

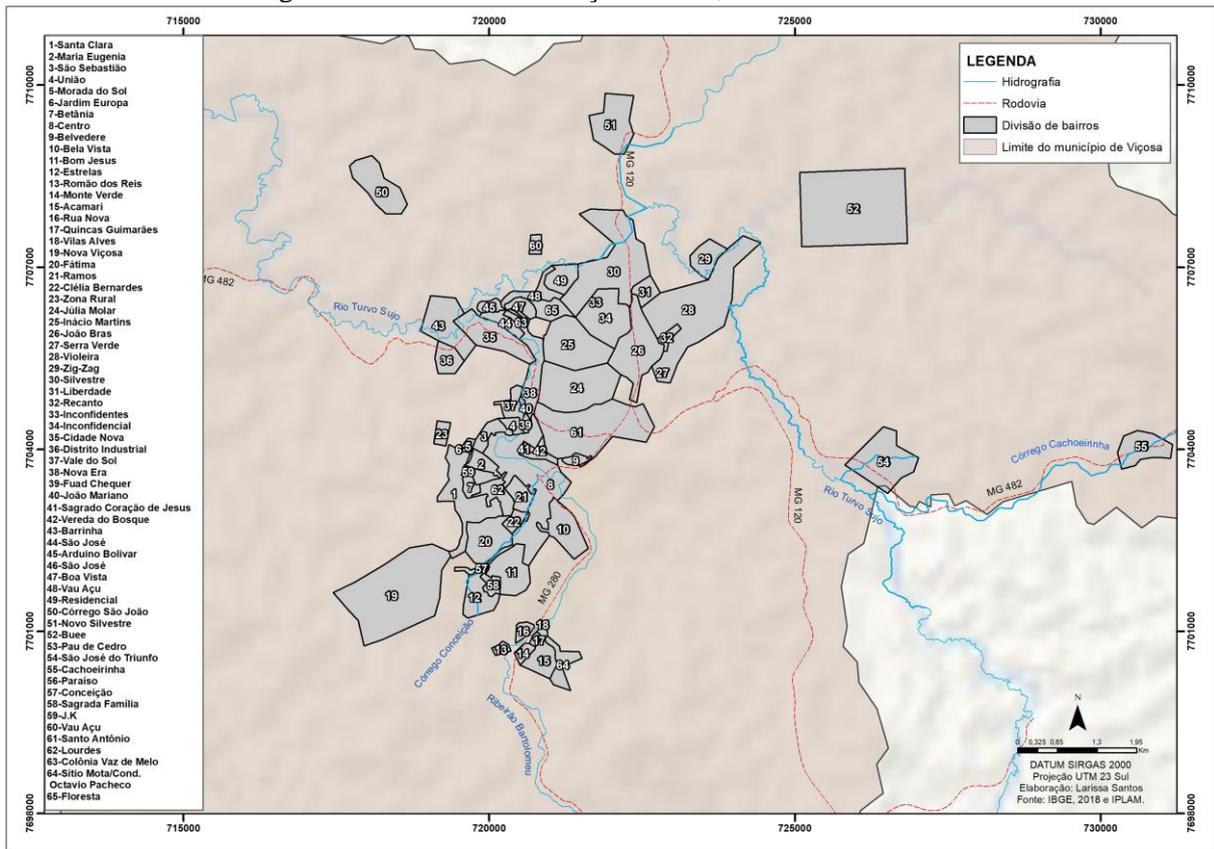


Fonte: Fialho e Santos, 2022.

A segunda unidade climática, Tropical seco meridional dos Patamares do Alto Rio Doce, é encontrada em pequenas áreas dentro do vale do rio turvo sujo, com características semelhantes da unidade descrita anteriormente, se diferenciando pelo subtipo climático, sendo este, seco, o que caracteriza 8 meses secos ao ano nessas áreas. Já a terceira unidade é a Tropical ameno semiseco dos Patamares do Alto Rio Doce, que compreende as porções mais elevadas do município. Diferente das demais áreas, possui Domínio climático denominado Tropical ameno, caracterizando-se por temperatura média do mês mais frio, entre 15°C e 17,9°C. Essa unidade compreende as porções de maior altitude do município, em convergência com as áreas de espigões de maior elevação (FIALHO; SANTOS, 2022).

Em relação aos aspectos territoriais, segundo dados do IBGE (2021), o município de Viçosa possui uma área de 299,418 km<sup>2</sup>, e a sua população estimada para o ano de 2021 era de 79.910 habitantes e conta, atualmente, com 65 bairros (Figura 4).

Figura 4: Área urbana de Viçosa – MG, dividida em bairros.



Fonte: A autora.

De acordo com Fialho (2009), Viçosa se enquadra como uma cidade de pequeno porte, devido ao seu tamanho em termos de área construída e o número de habitantes, no entanto, por Rocha e Fialho (2012), sua dinâmica apresenta características de médio porte, quando comparado as cidades vizinhas.

#### 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Em relação a abordagem metodológica, a pesquisa se enquadra tanto em quantitativa como qualitativa. Atribuo-a como uma pesquisa quantitativa por buscar compreender o comportamento do campo térmico de superfície, trabalhando com a principal variável que é a Temperatura de superfície, buscando a sua quantificação e a distribuição no município de Viçosa. E qualitativa por buscar através das variáveis que aqui serão abordadas, como o potencial da sazonalidade, da vegetação, do relevo e das impressões humanas de influenciar nessa distribuição da temperatura, por meio dos artifícios visuais que serão gerados para a possibilidade de comparação e análise dos dados e resultados alcançados, discutindo-os a luz da literatura existente.

#### 4.1. Delineamento da pesquisa

A presente pesquisa foi realizada dividida em três partes. A primeira contou com a análise da expansão da mancha urbana do município de Viçosa. A segunda com a análise geral da temperatura de superfície do município de Viçosa no inverno e verão do ano de 2018, em função do seu uso e cobertura da terra. Para esta, foi confeccionada imagens termiais utilizando imagens do satélite Landsat 8, nas datas de 20/01/2018 e 02/09/2018, o uso e cobertura da terra realizado pelo Projeto MapBiomias também para o ano de 2018, e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que permite analisar a condição da vegetação e presença de solo exposto que podem apresentar estado diferente nas situações de inverno e verão, confeccionado com as mesmas imagens coletadas para a temperatura de superfície.

A terceira etapa contou com a análise de detalhe para a área urbana de Viçosa. Para isso, foram escolhidas quatro áreas distintas dentro do ambiente urbano, buscando abarcar superfícies com características diferentes.

Para a escolha das áreas foram utilizados dois critérios, o primeiro, a partir do uso e cobertura da terra e o segundo, a partir da orientação da vertente, assim, foram selecionadas duas áreas com usos da terra distintos e com mesma orientação de vertente e duas áreas com uso e cobertura da terra semelhantes e orientação de vertente diferentes.

Para isso foi confeccionado um mapa de orientação de vertentes para a área urbana de Viçosa, o uso e cobertura da terra a partir da vetorização manual com imagens do Google Earth para o ano de 2018, o recorte das imagens termiais realizadas para o município de Viçosa e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para as áreas selecionadas. Os dados coletados e os procedimentos realizados para cada etapa serão melhor descritos a seguir.

#### 4.2. Coleta de dados

Para a análise da expansão da mancha urbana do município de Viçosa foram utilizados dados do Projeto Mapbiomas dos anos de 1985 a 2021. O projeto MapBiomias é desenvolvido pelo Observatório do Clima, co-criada e desenvolvida por uma rede que conta com universidades, ONGs e empresas de tecnologia, com o propósito de mapear ano a ano a o uso da terra do Brasil, além de monitorar as mudanças do território (MAPBIOMAS, 2021). Foram baixados dados de uso e cobertura da terra da última coleção lançada, Coleção 7.0, nos anos

de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021 para o município de Viçosa através do *Google Earth Engine*.

Para a obtenção da temperatura de superfície e NDVI, foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 8. A escolha pelo satélite em questão, se dá em virtude da boa resolução frente aos demais satélites disponíveis para download dos produtos gratuitamente que possuem bandas na região do Infravermelho termal. Ambas as imagens são disponibilizadas e adquiridas gratuitamente através do site Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Esse satélite foi lançado em 2013 com o objetivo de trazer melhorias na qualidade do imageamento, sobretudo no canal do visível e do infravermelho (USGS, 2016). Possui dois sensores, sendo eles o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) responsável pelo imageamento no canal do infravermelho termal, que possibilita o desenvolvimento das imagens termais e o sensor *Operational Land Imager* (OLI) que realiza o imageamento nas demais faixas espectrais, especificadas na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Especificações dos produtos Landsat-8.

Sensor	Banda	Intervalo Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução Espacial (m)	Resolução Temporal	Largura da Faixa Imageada (Km)	Resolução 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				

Fonte: USGS (2017) e Embrapa (2020).

De acordo com o objetivo do trabalho que se dá em analisar o comportamento da temperatura de superfície em situações sazonais distintas, buscou-se selecionar imagens condizentes com a situação de inverno e verão, que não estivessem sob a condição de nebulosidade. De acordo com Santos e Fialho (2020) existe uma dificuldade em adquirir imagens para a região da Zona da Mata, devido aos sistemas atmosféricos atuantes na região, sobretudo no verão, o que torna a disponibilidade de imagens mais restrita. Sob condição de estabilidade atmosférica que proporciona ausência de nuvens, e as imagens mais recentes que estivessem em um mesmo ano em estação de verão e inverno, foram encontradas nos dias de

20/01/2018 e 02/09/2018, com imageamento nos horários de 12:51h e 12:50 UTC, respectivamente.

Para caracterização geral do uso e cobertura da terra do município de Viçosa, também foram utilizados os dados do projeto Mapbiomas, porém, do ano de 2018, em virtude do ano das imagens de satélite encontradas sobre a área.

Já para a elaboração do uso e cobertura da terra de detalhe para a área urbana, foi utilizado o mosaico de imagens de satélite do *Google Earth* do ano de 2018 para a vetorização manual. Para o desenvolvimento do mapa de orientação das vertentes, foi utilizado dado disponível no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), sendo, um *raster* de Modelo Digital de Elevação (MDE) da Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), com resolução(reamostrado) de 30 metros, segundo Rodríguez et al (2004).

#### 4.3 Procedimentos metodológicos

##### 4.3.1 Expansão da mancha urbana

Para a elaboração da área expandida de Viçosa dos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021, após a coleta dos dados que são disponibilizados em formato *raster*, foram levados ao *Software Arcgis Pro*. No software, foram reprojatados para o Datum SIRGAS 2000, projeção UTM fuso 23 Sul, e posteriormente transformado do formato *raster* para vetor. Com os vetores gerados, foi realizada a união de classes para integrar os polígonos que foram formados por cada classe, formando assim, um único polígono para cada classe de uso e cobertura da terra, facilitando o manuseio. Assim, foi, em seguida, separada a classe de área urbanizada respectiva a cada ano e calculada a sua área. Por fim, realizado o layout para o mapa. Cada um desses processos foi repetido para cada ano analisado.

##### 4.3.2 Temperatura de Superfície

Para a elaboração da temperatura de superfície foram utilizadas equações disponibilizadas pela USGS e seguindo os procedimentos adotados por Coelho e Correa (2013). Os procedimentos consistem na utilização da banda 10 do satélite Landsat 8, correspondente ao infravermelho termal, com resolução espacial de 60 metros, mas reamostrados e disponibilizados para utilização em 30 metros. O procedimento parte da conversão de níveis de cinza para radiância, para em seguida a obtenção da temperatura de brilho do sensor em Kelvin, com base nas equações 1 e 2.

Equação 1:

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

Onde,  $L\lambda$  = Radiância espectral do sensor no topo da atmosfera (Watts / (m<sup>2</sup> \* 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).

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 (Watts / (m<sup>2</sup> \* srad \* μm)),  $K_1$  = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados.  $K_2$  = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados (COELHO; CORREA, 2013).

Os dados e valores necessários para a realização das equações descritas, são encontradas nos metadados disponibilizados junto a cada imagem de satélite. Em seguida, o produto gerado a partir da aplicação acima, são subtraídos pelo número 273,15, para a obtenção da temperatura em graus Celsius. Após gerar a imagem termal, foi reprojeto para o Datum SIRGAS 2000, projeção UTM 23 Sul e recortado para o município de Viçosa.

### 5.3.3. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

Para a obtenção do NDVI, que consiste na utilização das bandas 4 (infravermelho) e 5 (infravermelho próximo) do satélite Landsat 8 (Tabela 1), para a obtenção de um índice que apresenta a condição de presença, vigor e adensamento vegetal na superfície, que geram índices variando de 1 a -1, sendo quanto mais próximos a 1 maior vigor e adensamento e -1 menor é a condição da vegetação, e possibilidade de locais com solo exposto, área construída e corpos d'água, este último com valores menores que zero (ALMEIDA *et al.*, 2015). Sendo expresso a partir da aplicação da seguinte equação proposta por Rouse *et al.* (1973):

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

Onde, NIR = infravermelho próximo e R = Infravermelho.

#### 4.3.4 Uso e cobertura da terra.

Após o download como explicitado no item 4.3.1, da mesma forma foi realizada a transformação do formato *raster* para vetor. Essa transformação foi realizada para facilitar o manuseio do dado, como, por exemplo, para realizar os cálculos de área e posterior comparação com os demais dados utilizados no trabalho. Com os vetores gerados, foi realizada a união para integrar os polígonos que foram formados por cada classe, formando assim, um único polígono para cada classe de uso e cobertura da terra e, por fim, calculada a área por cada classe. Para a definição de cores para a legenda, foi utilizada a tabela de cor padrão disponibilizada pelo Projeto Mapbiomas.

Para o uso e cobertura da terra intraurbano, foi utilizado o software Google Earth Pro, com a escolha do mosaico de imagens do ano de 2018, foi utilizada a vetorização manual das classes, e salvo em KML, dentro do próprio Software, separando as camadas de vegetação rasteira, vegetação arbórea, vegetação arbórea isolada, solo exposto, área construída, arruamento, lavoura e água. Após a vetorização, o arquivo KML foi importado para o Arcgis Pro e transformado para o formato *Shapefile*. Após esses procedimentos, foram gerados os Layouts.

#### 4.3.5 Orientação de Vertentes

Para a elaboração da orientação das vertentes da área urbana foi utilizada o comando *Aspect* do Arcgis Pro, que consiste na reorientação das faces obtidas a partir do MDE, essas sendo, oito classes, variando em graus de 0 a 360, gerando as faces de Norte, Nordeste, Leste, Sul, Sudeste, Oeste, Sudoeste, Noroeste e Plano, segundo definição de Cunha e Bacani (2015).

#### 4.3.6 Elaboração de gráficos

Para a análise do valor de proporção da temperatura de superfície por uso, foi reclassificada a imagem termal para os intervalos estabelecidos, respeitando o mínimo e máximo para cada imagem, em seguida, no software livre *Quantum Gis*, foi utilizada a ferramenta *R.report* para calcular os valores de proporção em porcentagem por cada uso e cobertura da terra. Para análise intraurbana, foram retirados por classe de uso e cobertura da terra, as médias tanto da temperatura da superfície, quando do NDVI, no próprio software *Arcgis Pro*. Após a extração de todos os dados, foram organizados em planilha eletrônica e gerado os gráficos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 A expansão urbana do município de Viçosa de 1985 a 2021

Como exposto no item 3.3, Viçosa passou, sobretudo, a partir de 1970, a receber grande aumento na demanda populacional e consequente inchaço da cidade, que, sem nenhuma ação efetiva de planejamento, reverberou em problemas urbanos ambientais. Para compreender os aspectos espaciais desse processo de formação da terra urbano e a complexidade intrínseca a formação de uma cidade em um ambiente de relevo acidentado, foi realizado o dimensionamento e espacialização desse crescimento ao longo dos anos de 1985 a 2021.

Na figura 5, que expõem a espacialização da expansão urbana de Viçosa em um intervalo de 10 em 10 anos, de 1985 ao ano de 2015 e posteriormente, de 2015 ao ano de 2021, é possível observar que, a urbanização de Viçosa seguiu um padrão de adensamento ao longo dos cursos d'água e seus vetores de expansão seguindo as principais rodovias que cortam o município.

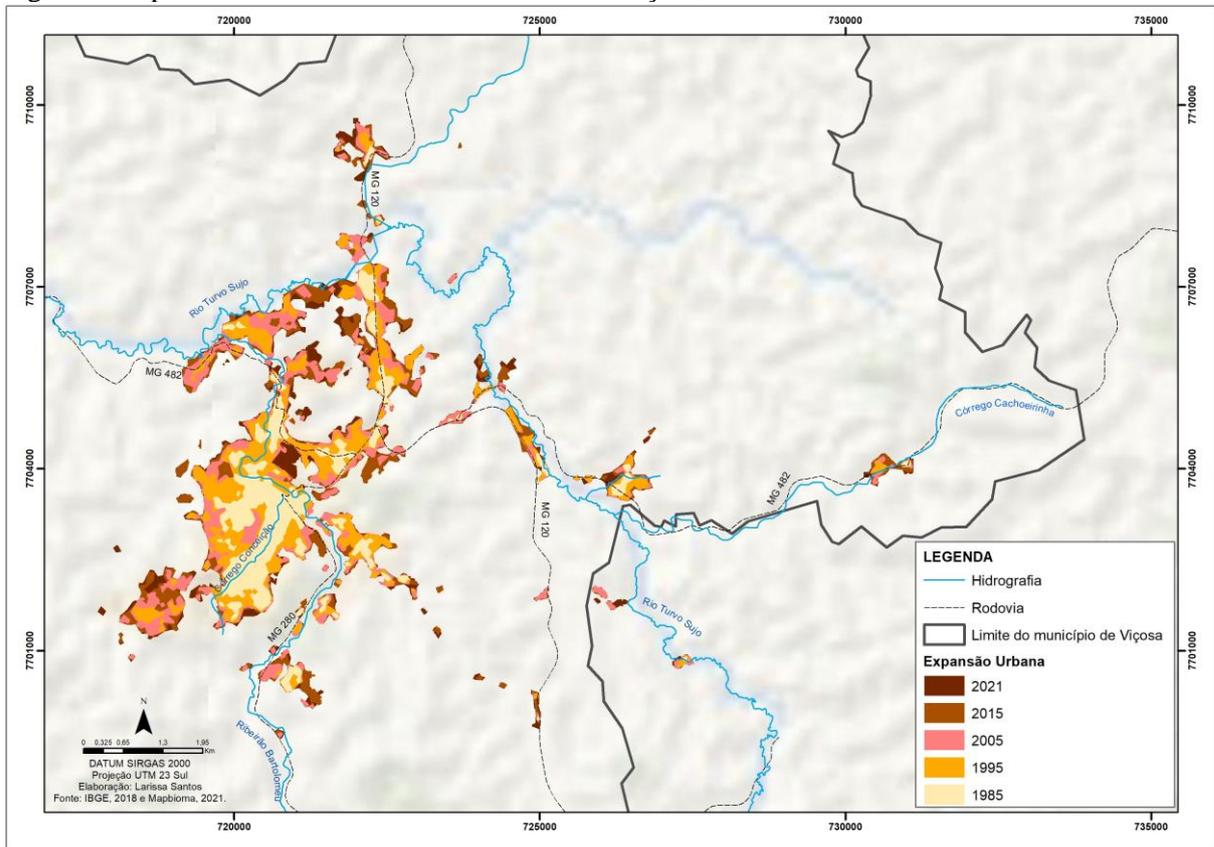
A partir da análise visual da Figura 5, observa-se que, a densificação da mancha urbana de Viçosa se concentra no entorno do Ribeirão São Bartolomeu e no Córrego Conceição, afluentes do Rio Turvo sujo que divide o município. Como descrito ao longo do tópico 3.3, o início do processo de urbanização se deu ao longo do vale desses principais cursos d'água, e no decorrer dos anos, a densificação, sobretudo da área central da cidade, continuou sob esse mesmo percurso.

No ano de 1985, como pode ser visto no mapa, o córrego Conceição já possuía a maior parte da sua extensão ocupada. Para além do centro da cidade, observa-se que, um dos braços de expansão, em sentido leste, seguiu o trajeto do Córrego Cachoeirinha, também importante curso d'água, que derivou um dos bairros pertencentes a Viçosa.

Em sentido Norte, observa-se um expressivo prolongamento da área da mancha urbana, que se constituiu ao longo da BR-120. Segundo Coelho (2020), a construção dessa rodovia foi um passo significativo para a integração de bairros que se formavam desconexos da mancha urbana central. Esse fato pode ser visualizado na figura 6, que apresenta enfoque das áreas mais densificadas da cidade, juntamente com a divisão dos bairros, onde pode ser visualizado que, em 1985, esse setor de expansão ao Norte, ainda possuíam polígonos descontínuos das áreas centrais. Segundo Coelho (2020), foi com a inauguração da BR 120, em 1973, que a cidade se conectava as principais cidades do país, então ao passo que, essa

rodovia conectava bairros isolados ao centro, também se tornava vetor de crescimento urbano por ser uma via de acesso importante também as demais cidades da região.

Figura 5: Expansão da mancha urbana da cidade de Viçosa, do ano de 1985 a 2021.

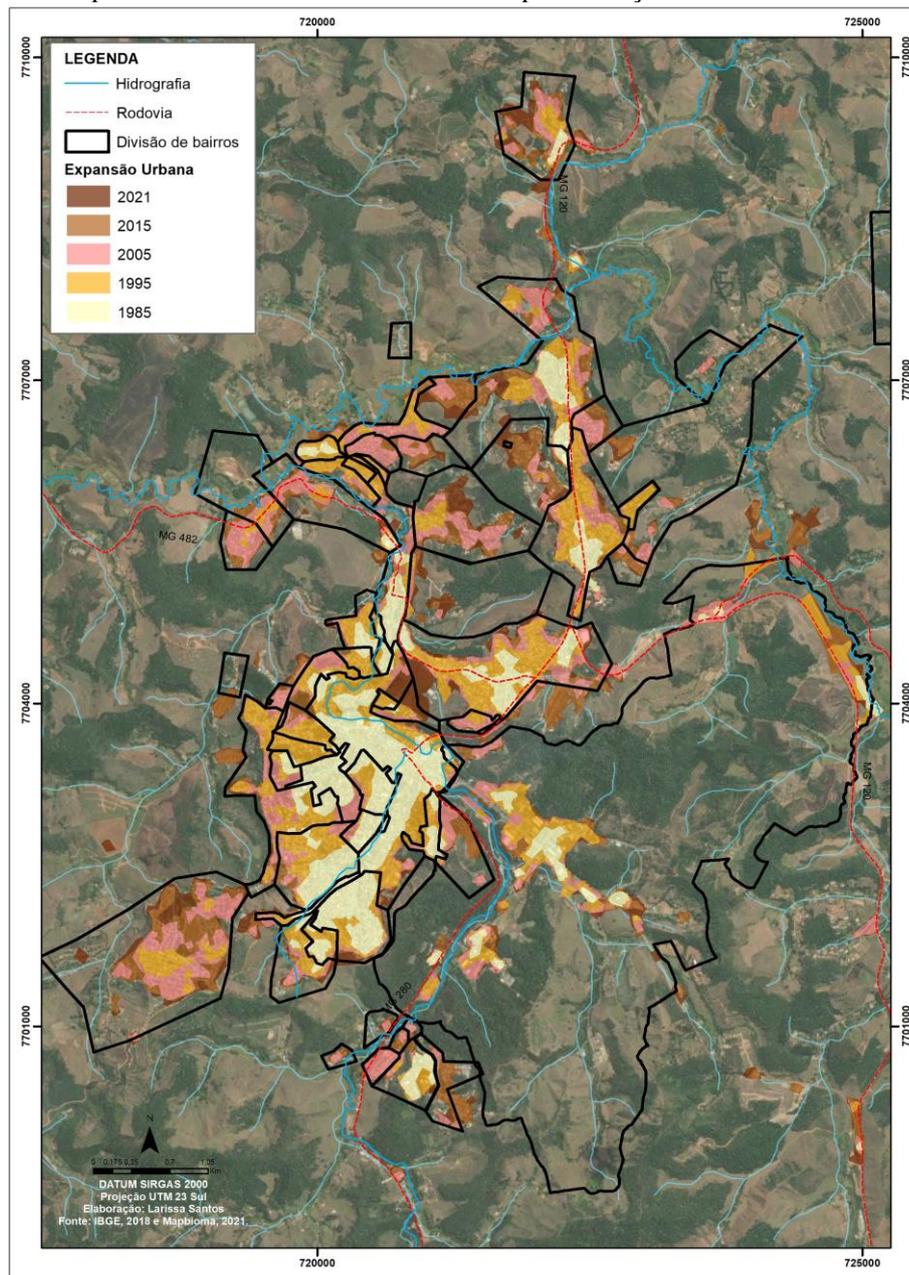


Fonte: A autora.

De acordo com Silva (2014) uma integração e expansão das construções nessa área ainda vinha a se fortalecer a partir dos anos 2000, com instalação de instituições de ensino superior, a ESUV (Escola de Ensino Superior de Viçosa) e a UNIViçosa, que com um amplo catálogo de cursos oferecidos, atraíam habitantes para os bairros circundantes.

Outras vias de acesso importantes do município aparentam orientar o movimento e a expansão horizontal da mancha urbana, como a MG 482 que, pelo sentido Oeste dá acesso ao distrito industrial da cidade e ao município de Porto Firme, e a sentido Leste a distritos como São José do Triunfo e Cachoeirinha, além da rodovia MG 280, que passa por território da Universidade Federal de Viçosa e dá acesso ao município de Paula Cândido.

Figura 6: Expansão da mancha urbana do município de Viçosa nos anos de 1985 a 2021.



Fonte: A autora.

Na tabela 2, é possível visualizar a proporção, em termos de área expandida, por ano, identificadas na Figura 1 e 2.

De 1985 a 1995, Viçosa obteve o seu mais expressivo crescimento, com uma ampliação de quase 4 km<sup>2</sup>, e uma taxa de 123,2 %. Nesse período, a influência da UFV foi marcante para a atração de habitantes para o município e sobretudo para a ocupação da área central, de forma que, existiu um movimento de verticalização dos bairros centrais para sugar essa demanda populacional.

Junto com essa verticalização, havia um movimento de construção de novas habitações nos bairros próximos ao centro, em virtude de, já na década de 90, as áreas ao redor das duas praças principais da cidade já se encontrarem ocupadas, assim os olhares de expansão passavam para as áreas do entorno (SILVA, 2014).

Tabela 2: Expansão da mancha urbana de Viçosa, em área por km<sup>2</sup> e porcentagem.

Ano	Km <sup>2</sup>	%	1985-2021
1985	2,95	-	
1995	6,58	123,19	
2005	9,58	45,44	341,86
2015	11,78	22,97	
2021	13,04	10,69	

Fonte: A autora.

Segundo dados do IPEA DATA (2021), do senso de 1980 ao censo de 1996, Viçosa recebia um total de 18.824 novos habitantes, no entanto, na população urbana esse aumento foi superior, com 21.537, indicando que, além da chegada de novos habitantes ao município, ainda havia um movimento de êxodo rural, com a população rural se direcionando a cidade, intensificando essa demanda por moradia.

Para além dos bairros centrais, é possível observar que houve expansão nas áreas periféricas de Viçosa. Com a demanda de estudantes e professores próximos a UFV, o valor da terra urbana aumentou, de modo que, aqueles com menores condições que chegavam a cidade precisavam se distanciar dessas áreas para conseguir moradia, assim, foram sendo construídos alguns bairros periféricos (HONÓRIO, 2012).

De 1995 a 2005, a área urbana apresentou uma menor proporção de crescimento, porém, ainda expressiva. Espaços antes não identificados como área construída próximos ao centro até o ano 1995, agora apresentaram ocupados, além de se observar grande ampliação nos bairros periféricos. Nesse período, além do aumento de vagas e criação de mais cursos na UFV, Viçosa recebia as escolas de ensino superior ESUV e UNIVIçosa, agregando mais um centro de atenção de estudantes para a cidade (SILVA, 2014).

Nesse período, Viçosa já apresentava o centro densamente ocupado, de forma que, as novas instituições de ensino se distanciaram dessas áreas, se instalando na área Norte de expansão, ao longo da MG 120 (COELHO, 2020). Em termos populacionais, segundo os censos de 1996 e 2007, Viçosa recebeu mais de 12.000 novos habitantes, majoritariamente em sua área urbana.

Nos demais anos aqui colocados em análise, como 2015 e 2021, percebe-se que a mancha urbana continuou a crescer, porém em um menor ritmo, assim como sua população, que do censo de 2007 a 2010 evidenciou um aumento de apenas 2.263 habitantes na área urbana. De 2010 a 2021, não se encontram dados populacionais por censo, no entanto, as estimativas realizadas pelo IBGE (2021) para Viçosa no ano de 2021, é de 72.910 habitantes, que totaliza um aumento de aproximadamente 7.700 novos habitantes para o município.

Analisando as Figuras 1 e 2, com os anos de 2015 e 2021 em cores em tonalidade marrom escuro, observa-se que, o movimento de expansão nesse período se deu nas franjas da cidade e, de acordo com Souza (2014, p. 94), esse movimento teve a dinâmica baseada em duas formas:

^...A expansão para as franjas da cidade produziu duas formas de ocupação principais: condomínios fechados horizontais de alto poder aquisitivo e loteamentos voltados para a população de baixa renda. Percebe-se uma dicotomia, reflexo de um crescimento urbano desigual, que privilegiou a população com faixa de renda mais alta enquanto a população pobre foi delegada aos bairros mais afastados e com infraestrutura precária. Esses têm baixo padrão construtivo aquém dos códigos de postura do município e de forma irregular...^ (SOUZA, 2014, p. 94).

Nota-se assim, que além de uma condição geradora de problemas ambientais, a urbanização de Viçosa, desprovida de planejamento, refletiu no descaso com questões sociais da cidade.

A partir dos dados do Projeto MapBiomias que foram trabalhados para essa análise, percebe-se que, Viçosa se encontra em um processo mais lento de expansão, ao qual, como evidenciado na Tabela 1, a taxa de crescimento dos últimos anos apresentou queda.

Com tudo, os dados expostos, convergem com as informações contidas na literatura que discorrem sobre o processo de crescimento urbano da cidade, evidenciando que, Viçosa apresentou um rápido processo de expansão, triplicando o seu tamanho entre os anos de 1985 e 2021. De forma conjunta a esse crescimento, vale ressaltar, como encontrado na literatura, que houve um rápido e intenso processo de verticalização, em um sistema de construção não planejado, em um sítio urbano acidentado e composto por cursos d'água importantes para o abastecimento da população.

Isso expõem a potencialidade da cidade em apresentar problemas ambientais que afetam a qualidade de vida da população, sendo alguns, já realidade, como constantes alagamentos que ocorrem em períodos chuvosos.

Em virtude dessa rápida e predatória expansão, uma outra preocupação para a cidade se dá em relação ao seu clima. Segundo Sant´anna Neto (2002), o processo de aumento da mancha urbana, que envolve a substituição dos elementos naturais por aqueles construídos, bem como a verticalização, altera o balanço de energia da superfície e isso pode interferir na temperatura local. Assim, a cidade vem sendo foco de estudos em relação a possibilidade de alteração do seu clima, sobretudo, no que tange a temperatura na área central, onde o processo de verticalização ocorreu de forma intensa.

## 5.2. O campo térmico de superfície do município de Viçosa: uma relação entre temperatura de superfície e uso e cobertura da terra.

Em Viçosa, trabalhos com enfoque na temperatura de superfície já foram realizados na perspectiva de avaliar se houve influência da expansão da mancha urbana na temperatura local, sendo eles, a pesquisa realizada por Delgado *et al.*, (2013) comparando o uso da terra e a TST de 1999 a 2010 e Santos e Fialho (2021) no período de 1990 e 2019, nos quais, mesmo com metodologias diferentes, ambos notaram tendências das temperaturas de superfície maiores se concentrarem na área urbana com o aumento da mesma.

Entende-se que esta é uma cidade que possui particularidades, por não se enquadrar como uma cidade de grande porte, nas quais os estudos de clima urbano são mais intensos, mas possuir um histórico de urbanização rápida e não planejado, com intensa verticalização de sua área central, na qual há tendências desse processo já influenciar nas temperaturas locais e, além disso, estar inserida em um local de relevo acidentado.

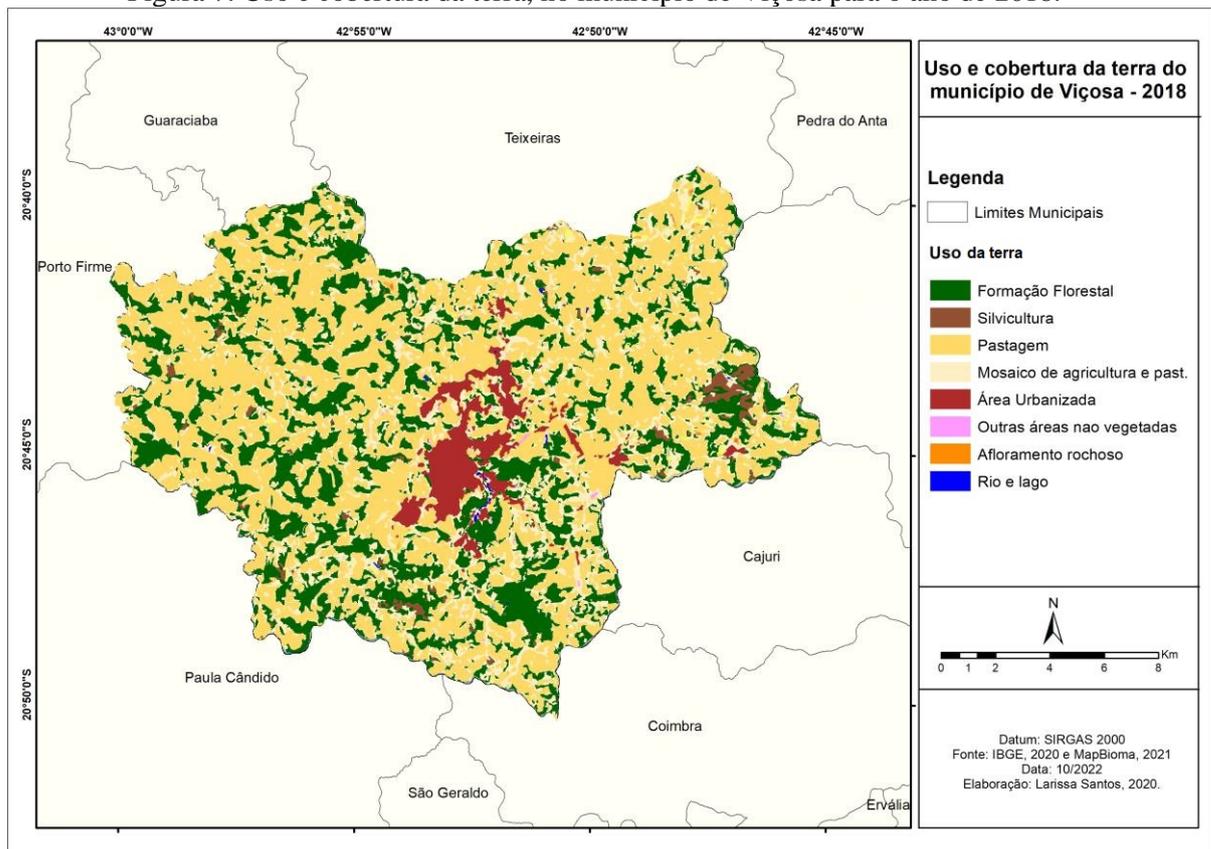
Em virtude desses aspectos, entende-se que, avaliar de forma mais detalhada o campo térmico de superfície de Viçosa é um movimento importante para compreender o comportamento das temperaturas e como essas interagem com o ambiente natural e antrópico presentes no município.

A luz dessa perspectiva, a presente pesquisa visa analisar, primeiramente, a temperatura de superfície e a sua relação com o uso e cobertura da terra do município durante o período de inverno e verão, e posteriormente, um detalhamento em torno dessa relação em ambiente intraurbano, considerando para esta, o relevo no qual está inserida.

### 5.2.1 Caracterização geral da temperatura de superfície e do uso da terra para o município de Viçosa no verão e inverno de 2018.

No ano de 2018, de acordo com os dados do Projeto MapBiomias, o uso e cobertura da terra do município de Viçosa era composto pelas seguintes classes: formação florestal, silvicultura, pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, área urbanizada, afloramento rochoso, outras áreas não vegetadas e rio e lago, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7: Uso e cobertura da terra, no município de Viçosa para o ano de 2018.



Fonte: A autora.

Dentre as classes encontradas, é possível observar que a maior parte do município é composto da classe de uso pastagem, sendo essa, aproximadamente 49% da cobertura de Viçosa, seguido de formação florestal, com 26,0% e mosaico de agricultura e pastagem com 19,2%. A área urbanizada de Viçosa ocupava 4% do território no ano de 2018, com 12,49 km<sup>2</sup> ao todo. Os demais usos, como outras áreas não vegetadas, rio e lago, silvicultura e afloramento rochoso ocupam os demais 1,5, como pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3: Porcentagem por classe de uso e cobertura da terra do município de Viçosa.

Uso e cobertura da terra	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Formação Florestal	7795,33	77,95	26,04
Silvicultura	392,61	3,93	1,31
Pastagem	14685,94	146,86	49,05

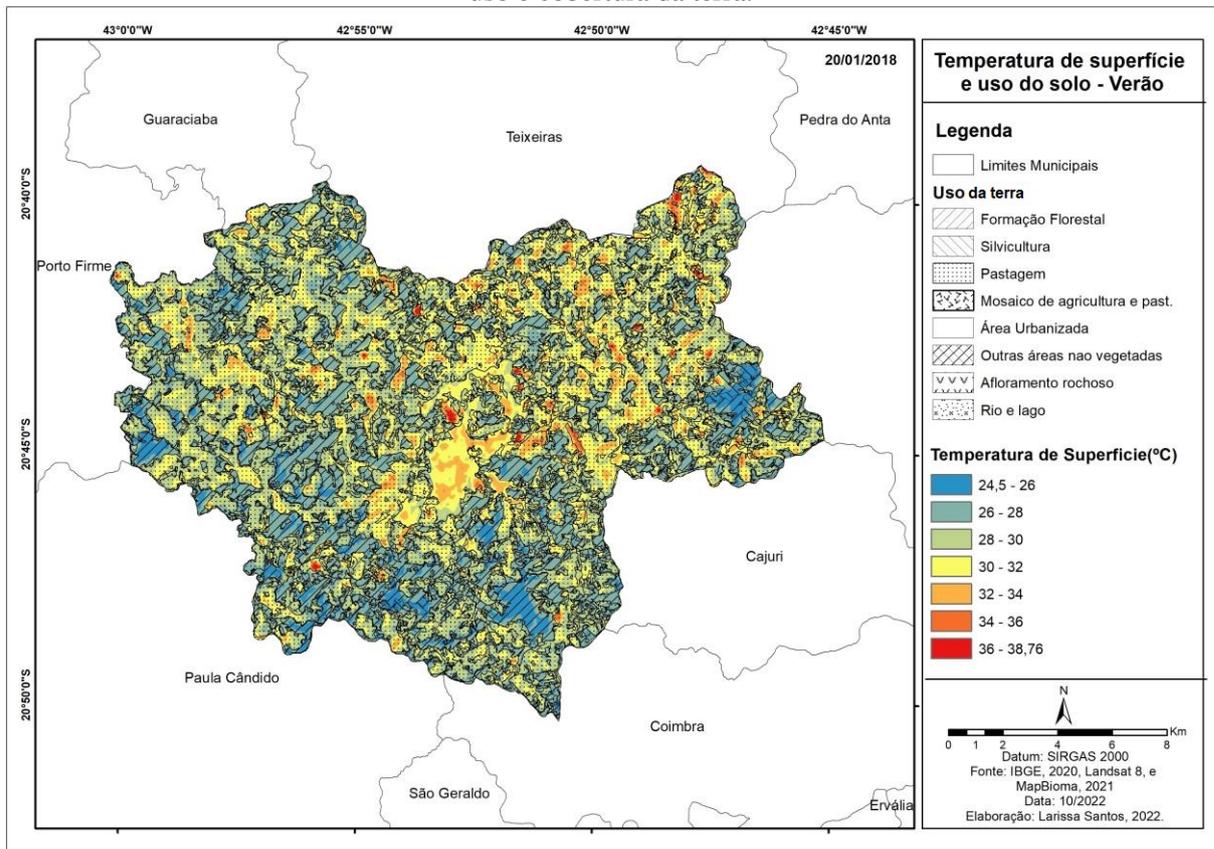
Mosaico de agricultura e past.	5761,26	57,61	19,24
Área Urbanizada	1249,03	12,49	4,17
Outras áreas não vegetadas	27,48	0,27	0,09
Afloramento rochoso	1,90	0,02	0,01
Rio e lago	26,93	0,27	0,09

Fonte: A autora.

Para análise da distribuição da temperatura de superfície em comparação ao uso e cobertura da terra no verão e inverno do ano de 2018, foram elaboradas as Figuras 8 a 11 inseridas abaixo.

Na análise representativa de verão, data de 20 de janeiro de 2018, as temperaturas de superfície apresentaram variação de 24,5°C a 38,8°C, e uma média de 29,0°C. Na Figura 4, nota-se que a sua distribuição, apresenta pontos de maior temperatura em algumas áreas rurais do município, dentro do intervalo de 36,0°C e 38,7°C.

Figura 8: Temperatura de superfície do município de Viçosa na data de 20/01/2018 em comparação ao uso e cobertura da terra.

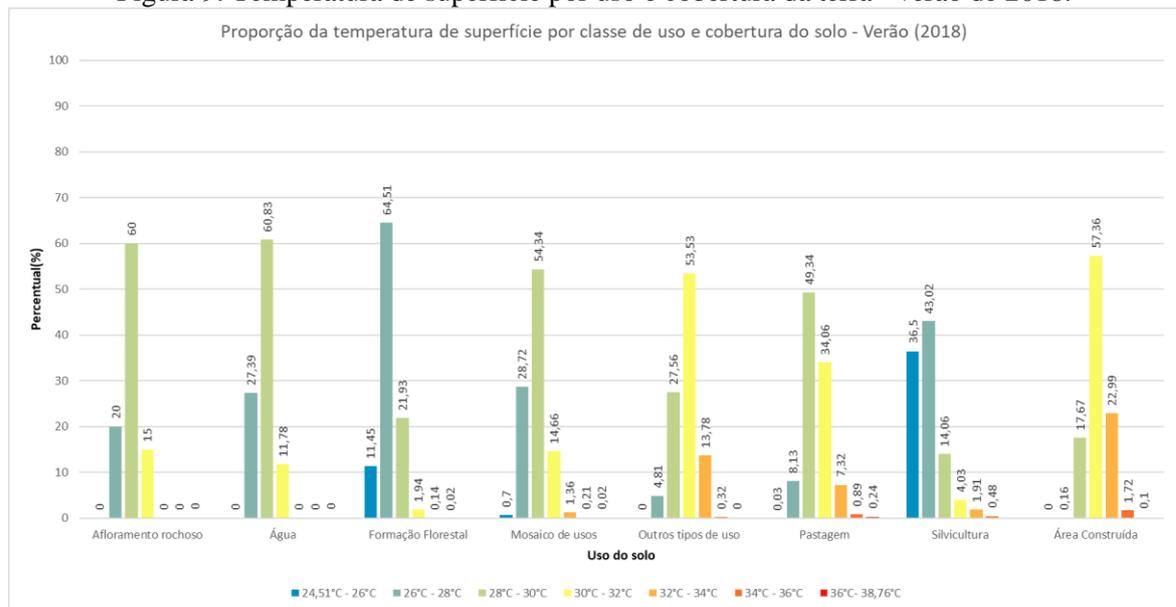


Fonte: A autora.

Porção majoritária dessas áreas se encontram sobre o uso pastagem e mosaico de agricultura e pastagem, dispersas pela extensão rural do município. Já as temperaturas mais

amenas, dentro do intervalo 24,5 a 26°C, pode-se notar, a partir da análise visual, uma relação com a localização da classe de formação florestal e silvicultura. Para melhor retratar essa distribuição entre os intervalos de temperatura de superfície e as classes de uso e cobertura da terra, foi elaborado um gráfico com as proporções para cada classe (Figura 9).

Figura 9: Temperatura de superfície por uso e cobertura da terra - verão de 2018.



Fonte: A autora.

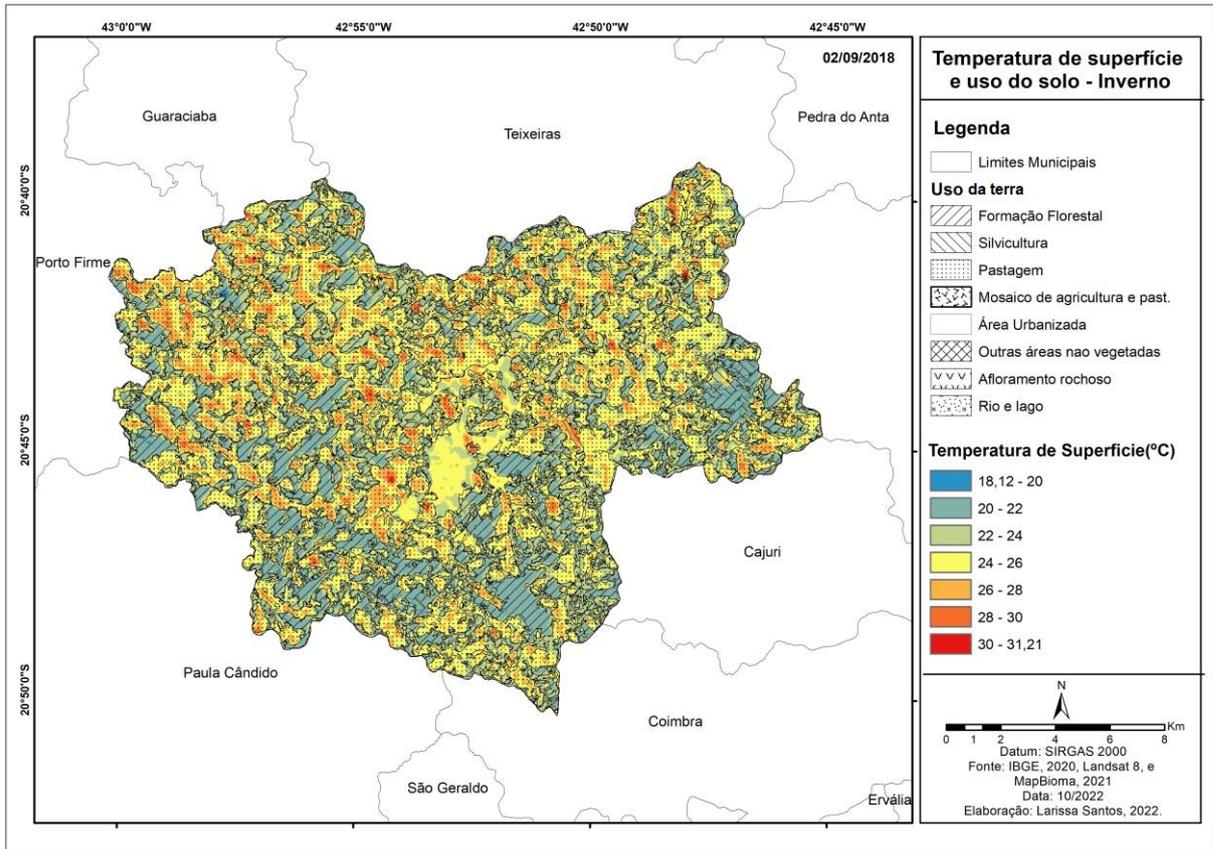
Analisando a Figura 9, observa-se que, as classes de afloramento rochoso, rio e lago, formação florestal e silvicultura apresentam maiores proporções dos intervalos das temperaturas mais baixas encontradas para Viçosa, sobretudo Formação Florestal e Silvicultura, que se encontram majoritariamente sobre as porções Sul, Sudoeste e Noroeste do município, além de uma pequena área na porção Leste. Em contrapartida, as proporções de temperatura mais elevadas são encontradas em três classes de uso, Pastagem, mosaico de agricultura e pastagem e na área urbanizada, sendo, nesta última, onde se observa proporção dos três últimos intervalos com maior proeminência.

No inverno, na data de 2 de setembro de 2018, representativa de inverno, a temperatura de superfície variou de 18,1°C a 31,2°C, com uma média de 24,0°C. Na figura 10, é possível observar a distribuição da temperatura de superfície e do uso e cobertura da terra para o município.

Nota-se que, as porções de maior temperatura, assim como no verão, localizam-se na porção rural do município, sobretudo, sobre o uso pastagem, alcançando temperaturas de 30,0°C a 31,2°C. Já as temperaturas mais amenas estão dispostas majoritariamente sobre a formação florestal e a silvicultura, assim como encontrado para o verão. Na figura 11,

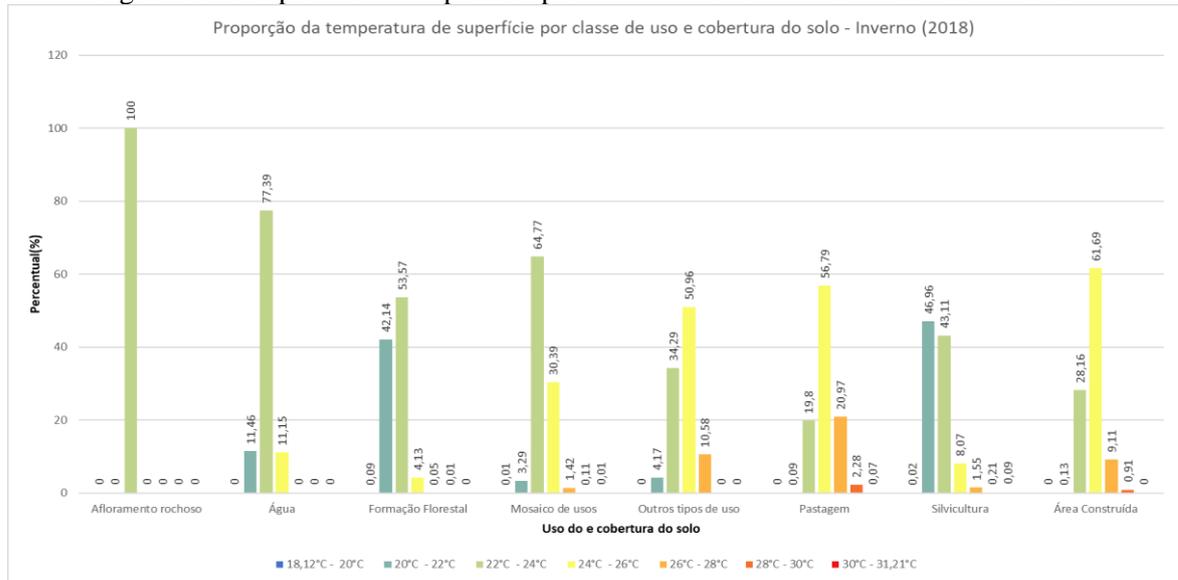
encontra-se a distribuição da temperatura de superfície por classe de uso para melhor compreender a distribuição entre os intervalos.

Figura 10: Temperatura de superfície do município de Viçosa na data de 02/09/2018 em comparação ao uso e cobertura da terra.



Fonte: A autora.

Figura 11: Temperatura de superfície por uso e cobertura da terra – inverno de 2018.



Fonte: A autora.

Nota-se que de forma semelhante ao ocorrido no verão, as temperaturas mais baixas ficaram sobre os usos de rio e lago, afloramento rochoso, formação florestal e silvicultura, porém, os intervalos de 18,1°C a 22,0°C, foram mais proeminentes na formação florestal e silvicultura. Esse fato corrobora com resultados encontrados em estudos como o de Jesus (2016), Fialho e Santos (2021), no qual, as áreas com maior presença de vegetações adensadas, responderam com menor temperatura de superfície.

As classes com maiores temperaturas também se repetiram sobre as mesmas classes encontradas no inverno, como, outros tipos de uso, pastagem e área urbanizada. Porém, diferente dos resultados encontrados para o verão, no inverno é no uso pastagem que se encontram proporções de temperaturas mais elevadas.

Segundo Amorim e Dubreuil (2016), na estação seca, o longo período sem precipitação propicia dois fatores, a diminuição da umidade no solo e conseqüentemente, a deterioração da vegetação, levando a uma diminuição da evaporação e evapotranspiração que auxiliam na redução da temperatura. Assim, a presença da vegetação com menor vigor e maior possibilidade de exposição do solo, podem levar a temperaturas mais elevadas. O solo desnudo, segundo Callejas *et al.*, (2011), possui maior capacidade térmica, o que propicia aquecimento mais rápido da superfície.

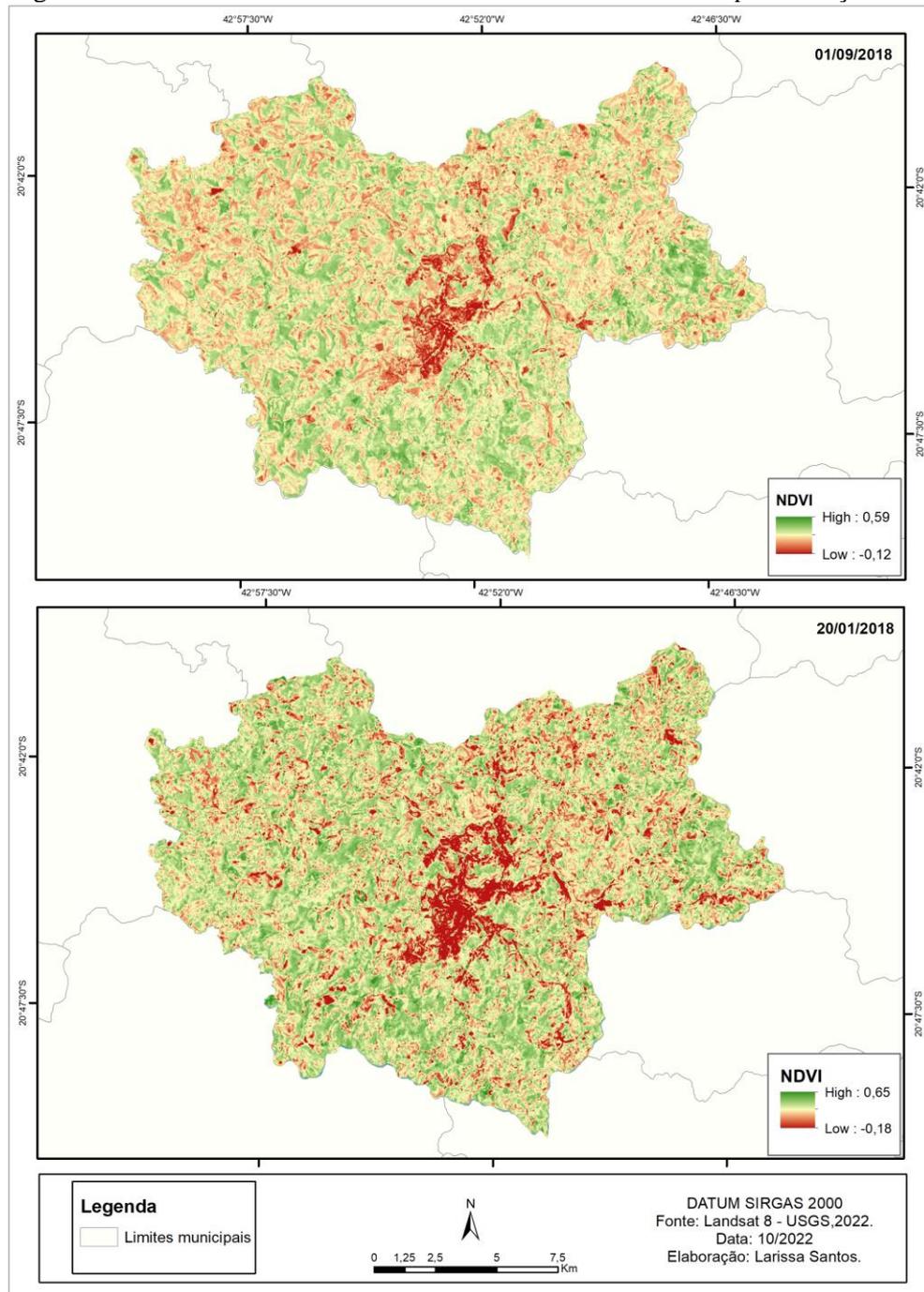
O município de Viçosa é caracterizado por um clima que possui um inverno seco, de modo que, durante toda a estação, há a probabilidade de baixos níveis de precipitação, o que pode, como descrito acima, afetar o estado da vegetação.

Para melhor compreender a possibilidade dessa ocorrência, foi realizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para as mesmas datas de inverno e verão utilizadas na temperatura de superfície, afim de se observar as diferenciações na vegetação (Figura 12).

No NDVI de inverno, observa-se que os valores variaram de -0,12 a 0,59, enquanto no verão, foi -0,18 a 0,65, indicando maior vigor vegetacional. A partir da análise visual, observa-se que, no inverno, as áreas, sobretudo na porção Oeste, local com vários pontos de maior temperatura, identifica-se áreas com indicação de NDVI baixo, representados pela cor avermelhada.

Na área urbanizada é possível notar que no inverno a temperatura de superfície foi semelhante a aquela presente no entorno, no entanto, no verão, temperaturas mais elevadas foram encontradas com maior proporção dentro da classe, realçando a área urbanizada quando comparada ao seu entorno rural. Os trabalhos de Ortiz e Amorim (2019), Santos e Fialho (2020) e Paula *et al.* (2016), também encontraram maior concentração da temperatura de superfície na área urbana quando comparada a um episódio no inverno.

Figura 12: NDVI dos dias de 02/09/2018 e 20/01/2018 do município de Viçosa.



Fonte: A autora.

De acordo com Ortiz e Amorim (2019), que avaliaram a temperatura de superfície em situação de inverno e verão de três cidades do estado de São Paulo, no verão, observaram temperaturas mais elevadas sobre a área urbanizada, devido ao maior saldo de radiação solar que é recebido nessas latitudes. Amorim e Dubreuil (2016) avaliando a temperatura de superfície em período seco e chuvoso de Presidente Prudente, evidenciaram a condição de, no período chuvoso, a área urbana se realçar nas termais, uma vez que o entorno rural há

condição de maior vigor da vegetação e conseqüente redução das temperaturas, enquanto no inverno, as temperaturas do solo exposto e da pastagem se assemelham a encontrada no urbano, resultado similar ao que foi encontrado para Viçosa.

Na perspectiva de compreender de forma mais detalhada como a temperatura de superfície se comporta na área urbana de Viçosa em comparativa ao seu uso e cobertura da terra em situações de inverno e verão, se dá o tópico a seguir.

### 5.2.2 Temperatura de superfície e do uso da terra intraurbano de Viçosa, no verão e inverno de 2018.

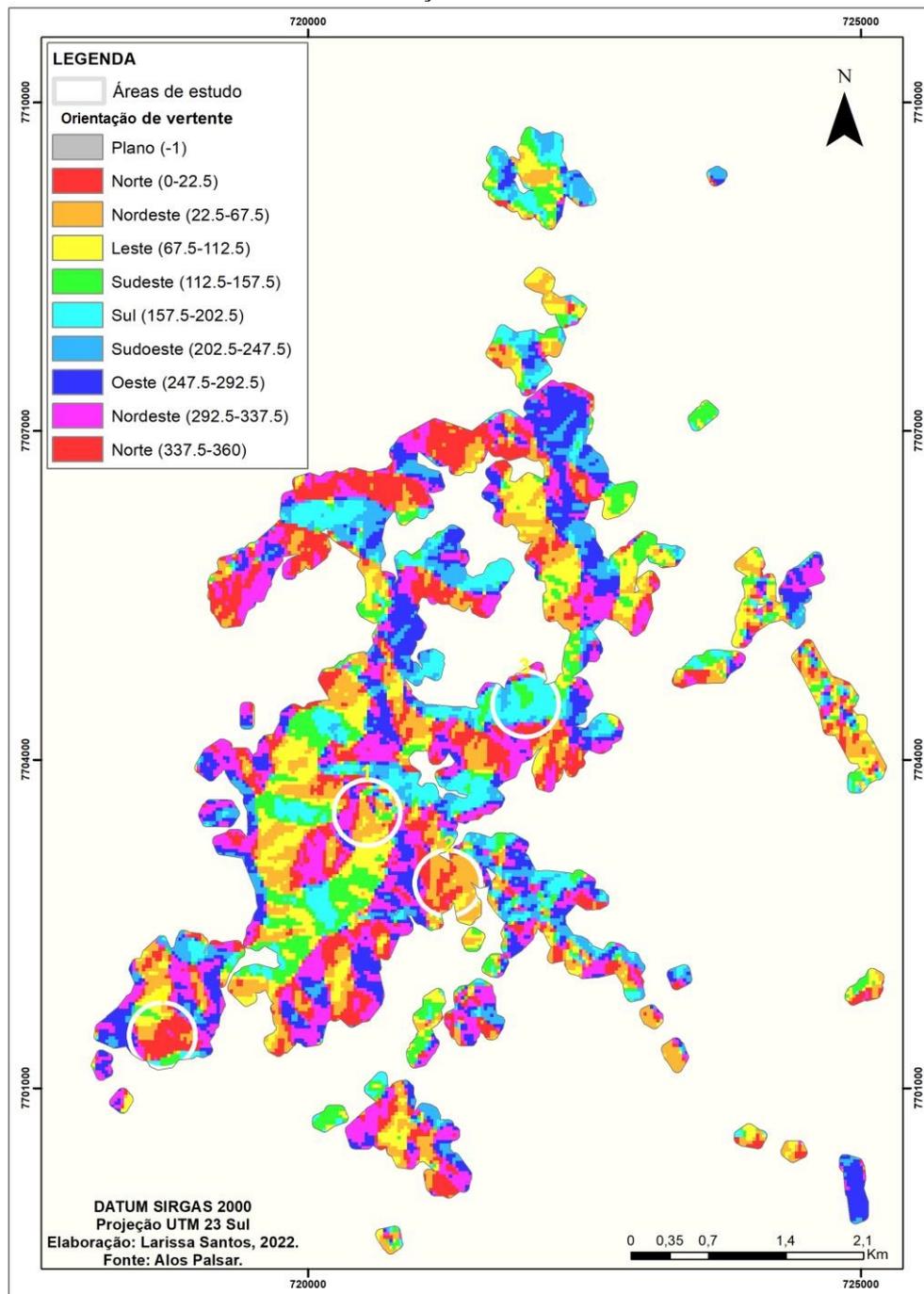
Para a análise intraurbana, buscou-se observar o comportamento da temperatura de superfície e a sua relação com o uso e cobertura da terra de forma a abarcar a heterogeneidade que compõem esse ambiente. Não somente aos aspectos naturais e antrópicos locais, considerou-se analisar de que forma o campo térmico da cidade está sendo influenciado pelo uso juntamente a orientação das vertentes. Assim, foram escolhidas 4 áreas dentro do ambiente urbano de Viçosa.

Para a escolha das áreas foram seguidos dois critérios, o uso da terra e a orientação da vertente. As áreas escolhidas em virtude do padrão de uso, consideraram abarcar áreas de usos distintos. A primeira intensamente urbanizada e verticalizada, a segunda, com menor presença de área construída e maior mesclagem de tipos de uso, mas ambas em uma mesma orientação de vertente, sendo esta, vertentes voltadas para Norte e, duas áreas urbanizadas de usos semelhantes, porém, em vertentes distintas, sendo, uma área em vertentes voltadas para Norte, e a outra para Sul (Figuras 13 e 14). A escolha em função desses critérios se deve primeiro, a intenção de abarcar a complexidade existente na área urbanizada de Viçosa, e segundo, ao fato de, na literatura, encontrar-se indicações do aquecimento diferencial em vertentes que são voltadas para Sul daquelas voltadas para Norte, portanto, para compreender melhor essa relação na área urbanizada, optou-se por verificar a distribuição da temperatura considerando somando aos usos, áreas com diferentes vertentes.

A área 1 contempla o centro urbanizado e intensamente verticalizado de Viçosa, onde está inserida a praça Silviano Brandão e a igreja Matriz, com pouca presença de vegetação, abarcando parte do bairro central e do bairro denominado Ramos. A área 2 está inserida em sua predominância dentro do limite do Campus da Universidade Federal de Viçosa, em um local aberto com pouca presença de áreas construídas e maior misto de usos da terra. A área 3 contempla um ambiente densamente urbanizada, pouco verticalizado e distanciado da área

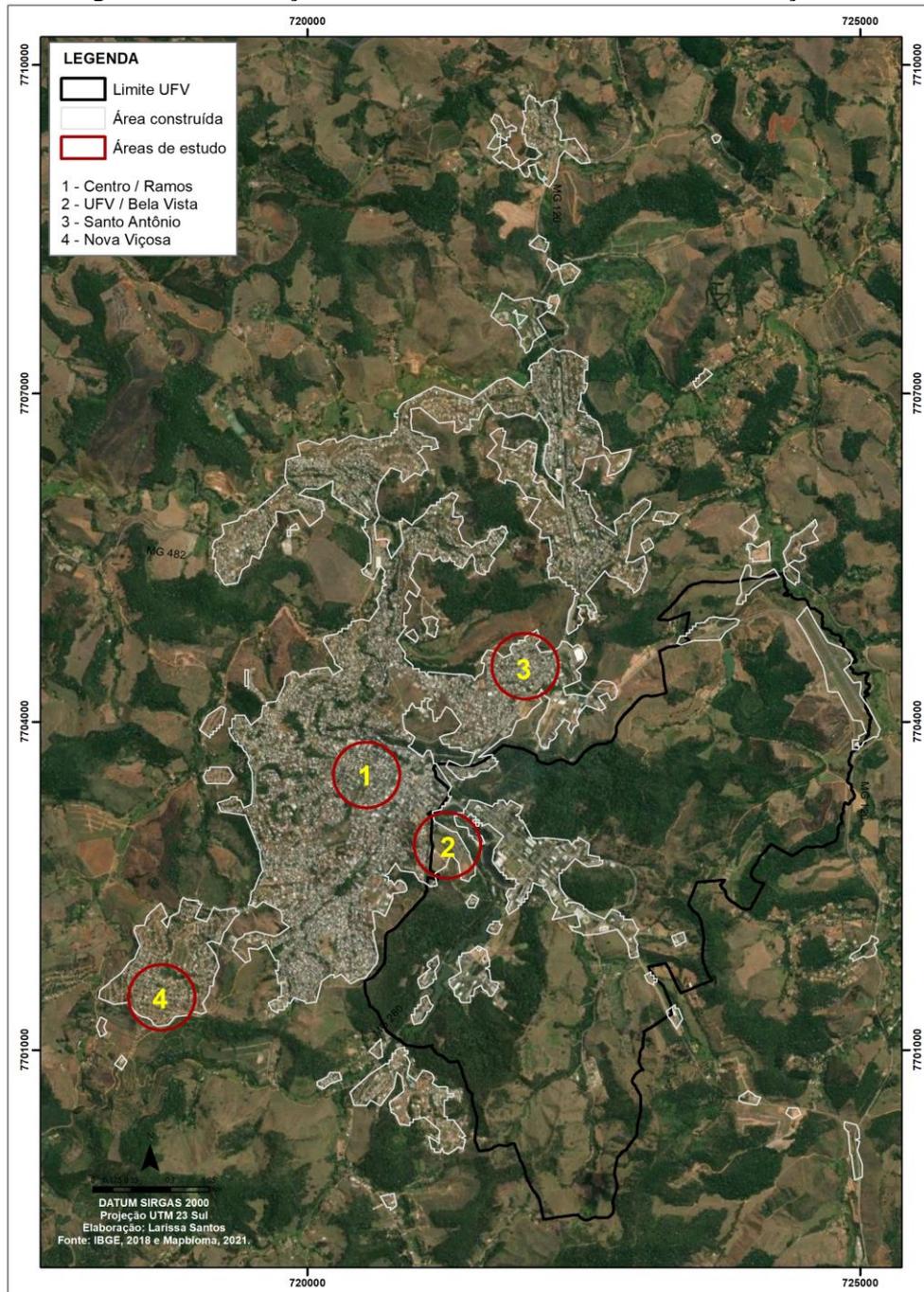
central, localizada no bairro denominado Santo Antônio. De forma semelhante a anterior, a área 4 está inserida em uma área urbanizada não verticalizada, com pouca presença de vegetação e distante da área central, localizada no bairro denominado Nova Viçosa.

Figura 13: Localização das áreas de estudo de acordo com a orientação de vertentes da área urbana de Viçosa – MG.



Fonte: A autora.

Figura 14: Localização das áreas de estudo na área urbana de Viçosa – MG.



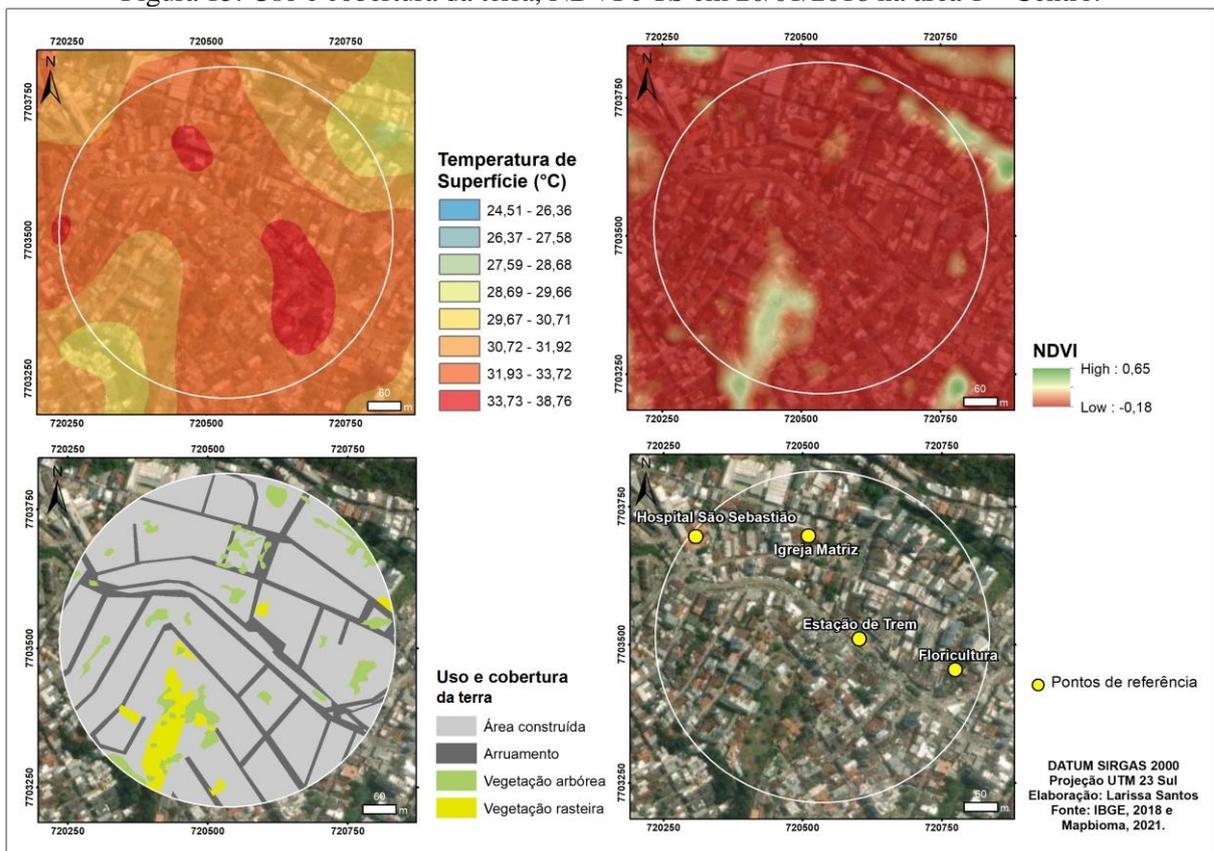
Fonte: A autora.

### 5.2.2.1 Temperatura de superfície no verão de 2018

Na área 1, local que envolve a praça principal da cidade, denominada Silviano Brandão e a igreja Matriz, bem como o ambiente verticalizado do entorno, foram identificados 4 tipos de uso e cobertura da terra, sendo, área construída, arruamento, vegetação arbórea e vegetação rasteira. Dentro dessa área, identifica-se predominância da

classe de área construída, pouca identificação de vegetação arbórea, que apresenta um padrão espacial isolado, como também pequena quantidade de vegetação rasteira, que se encontra condensada em uma encosta não ocupada e demais pequenos fragmentos, correspondente a lotes que ainda não foram iniciadas construções (Figura 15).

Figura 15: Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 20/01/2018 na área 1 – Centro.



Fonte: A autora.

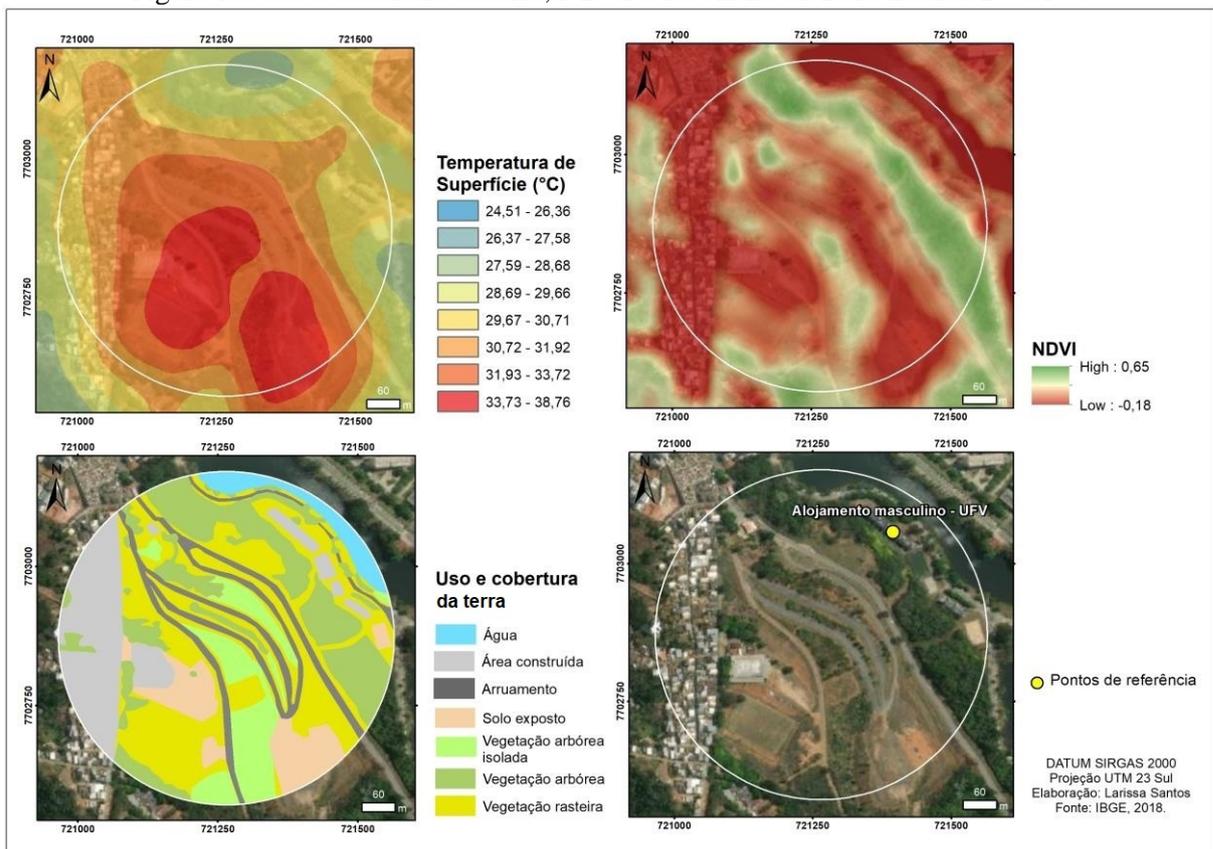
No Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que no verão, variou para o município de Viçosa, entre -0,18 a 0,65, é possível visualizar valores mais altos, correspondendo a coloração verde, em dois pontos principais, na porção referente a vegetação rasteira, e na vegetação ciliar que permeia a área de estudo na porção nordeste.

Nesses mesmos locais onde o NDVI apresentou valores mais altos, observa-se temperaturas mais amenas, como pode ser observado na Figura 15. A área com menor temperatura encontra-se a passagem do Ribeirão São Bartolomeu, com maior agrupamento de vegetação arbórea, como também, no local com maior parte de vegetação rasteira, que se estende para uma área ao qual os edifícios possuem intercalações com construções de poucos pavimentos. Nesses pontos, as temperaturas ficaram entre 29,7°C e 30,7°C aproximadamente.

A partir da análise visual da temperatura de superfície, identifica-se que, na área central as temperaturas variaram entre aproximadamente 29,7°C e 38,7°C, com três pontos de temperaturas mais altas, alcançando valores entre 33,7°C a 38,8°C. A que apresenta maior extensão, está sob um ponto do centro conhecido como antiga estação de trem e se prolonga para uma área denominada Balaústre, ao qual, possui uma avenida central ampla, que abriga grande fluxo de veículos, e uma segunda porção de ruas estreitas, ambas majoritariamente cercadas por edifícios de numerosos pavimentos.

A segunda mancha, está localizada próxima a igreja Matriz, abarcando uma rua estreita e com característica comercial, também composta por edifícios de numerosos pavimentos. A terceira porção de maior temperatura, sendo aquela que possui menor extensão, está localizada sob um pequeno grupo de edifícios.

Figura 16: Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 20/01/2018 na área 2 – UFV.



Fonte: A autora.

Na figura 16, é possível visualizar o uso e cobertura da terra, o NDVI e a temperatura de superfície da área localizada dentro dos limites da UFV, em mesma vertente da área central, Norte.

Nesse ponto observa-se maior diversidade de classes de uso da terra, com menor concentração de área construída, a presença de vegetação arbórea em maior concentração além da presença de solo exposto e água.

As classes identificadas no uso da terra como vegetação, nesta área consegue ser melhor sinalizada pelo NDVI, que mostrou congruência ao expressar valor mais alto, sobretudo, na porção onde há presença de agrupamento de vegetação arbórea, e os pequenos focos de vegetação na área classificada como vegetação arbórea isolada, considerada aquela na qual, apesar de apresentar vegetação arbórea, está intercalada com fragmentos de vegetação rasteira e solo descoberto. A parte da área que apresenta água, sendo esta, a lagoa presente na UFV, também é bem identificada pelo NDVI, expressando valores negativos.

Na temperatura de superfície, observa que os pontos de maior temperatura, mais expressivos que na área anterior, estão sob a porção mais aberta, com menor presença de vegetação e materiais construtivos, com solos descobertos ou pouco cobertos.

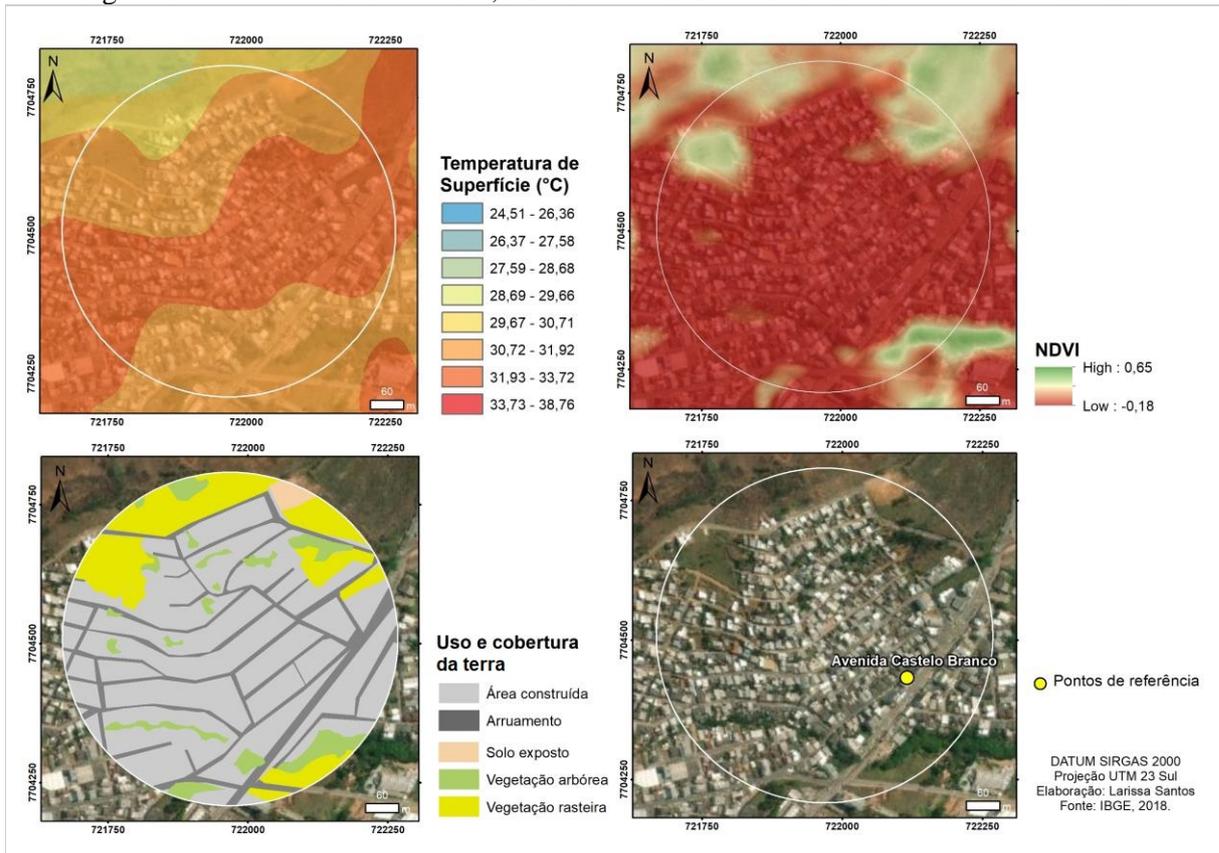
Diferente da área central, a vegetação rasteira não se comportou como um ambiente de temperaturas amenas, e a área construída não concentra altas temperaturas, recebendo influência da mancha de calor que se forma sob a área aberta presente nesta área da UFV. Por outro lado, neste caso observa-se grande influência da vegetação arbórea, que ocupa uma porção maior da área analisada, bem como, da presença da água, que concentra as menores temperaturas. Nesta área as temperaturas também alcançaram o intervalo de 33,7°C a 38,8°C, porém, obteve maior amplitude, com temperaturas de 26,4°C a 38,8°C.

Na área 3, localizada no bairro denominado Santo Antônio (Figura 17), observa-se grande concentração de área construída, com vegetação rasteira ocupando parte das encostas, vegetação arbórea fragmentada com pouca aglomeração sob o córrego que perpassa sobre a área, além de uma pequena porção de solo exposto que corresponde ao local utilizado como campo de futebol.

Neste ponto, o NDVI apresenta expressividade sobre a vegetação mais vigorosa da área, que é no entorno do curso d'água, e apesar de não identificar os menores fragmentos que estão dispersos em meio a área construída, é identificado a vegetação rasteira que está para fora da porção densamente construída.

Na temperatura de superfície observa-se um padrão diferente das demais áreas analisadas. Neste ponto não se encontraram focos de calor e as temperaturas não alcançaram a casa dos 33,8°C.

Figura 17: Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 20/01/2018 na área 3 – Santo Antônio.



Fonte: A autora.

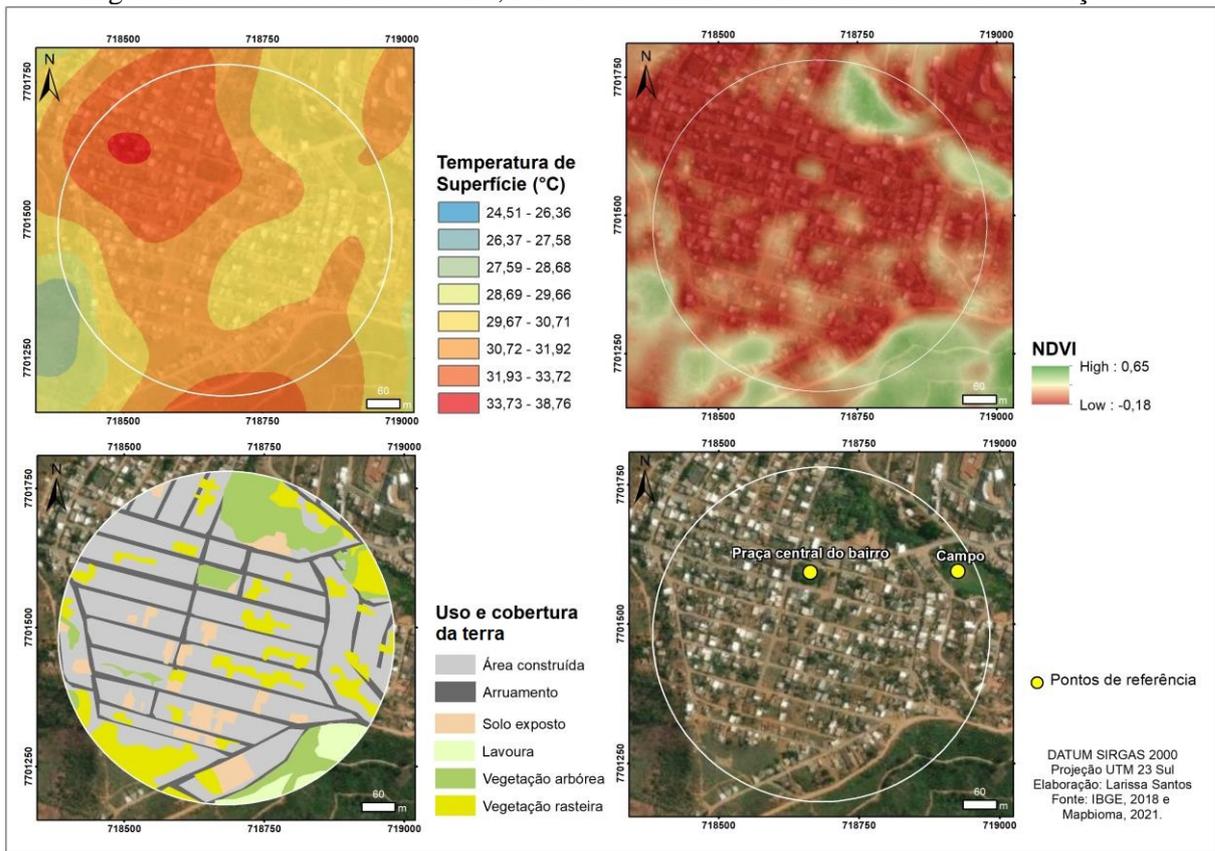
A espacialização da temperatura de superfície neste caso apresentou demasiada uniformidade, com as maiores temperaturas que estão entre o intervalo de 31,9°C a 33,7°C, estão sob a área densamente construída.

Na figura 18, é possível visualizar a temperatura de superfície, o NDVI e o uso e cobertura da terra para a área 4, localizada no bairro denominado Nova Viçosa.

Esta área é composta por edificações de poucos pavimentos, assim como no bairro Santo Antônio. Um diferencial entre elas é a situação do arruamento, que, no bairro Santo Antônio possui maior parte asfaltada, enquanto, no Nova Viçosa, predomina a pedra fincada, além de ser possível visualizar no meio construído, lotes descobertos ou com vegetação rasteira.

A vegetação arbórea neste ponto de análise, se encontra mais concentrada sobre uma pequena porção a Noroeste e, em meio a área densamente construída há uma pequena praça arborizada. Diferente das demais áreas, se encontra também uma pequena porção de lavoura, que foi realçada com o NDVI.

Figura 18: Uso e cobertura da terra, NDVI e TS em 20/01/2018 na área 4 – Nova Viçosa.



Fonte: A autora.

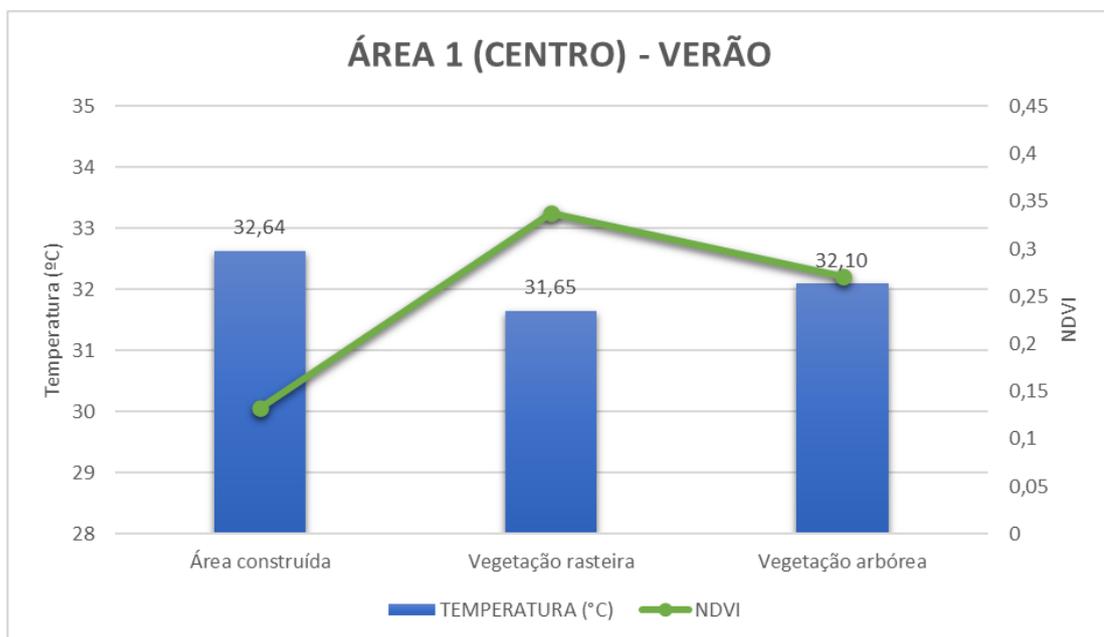
Na temperatura de superfície percebe-se que assim como nas demais áreas que estavam voltadas para Norte, as temperaturas alcançaram o último intervalo de temperatura. Para Nova Viçosa, é possível visualizar que a área de maior temperatura apresenta uma condição de menor misto de usos, predominando o ambiente construído, no entanto, áreas que apresentam característica semelhante não se comportaram da mesma forma, apresentando até mesmo temperaturas mais amenas, entre 29,7°C e 30,7°C. Da mesma forma, áreas de lavouras que, de acordo com o NDVI, apresentavam condição de vigor, no verão, apresentaram temperaturas relativamente altas, entre 31,9°C e 33,7°C.

Para melhor compreender como se deu a relação entre o uso da terra, a condição da vegetação e a temperatura de superfície, foram elaborados gráficos dispondo da média de temperatura por classe de uso e cobertura da terra, bem como da média de NDVI em cada classe.

As duas primeiras áreas, sendo, a que corresponde ao centro e a área da UFV, apresentam a mesma orientação de vertente, ambas voltadas para o sentido Norte, e possuem usos distintos, o que permite visualizar a resposta do uso na temperatura de superfície, considerando homogeneidade em relação a vertente ao qual estão inseridas.

Para o centro, no verão (Figura 19), a área construída obteve a maior média de temperatura de superfície entre os usos da área, atingindo 32,6°C. De acordo com Coelho et al (2015), nos ambientes artificializados, como o densamente urbanizado, as estruturas apresentam um baixo calor específico, logo, possuem dificuldade em dissipar calor, confluindo para a probabilidade de áreas mais aquecidas. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Nascimento et al (2021), no qual, para a área de Conselho de Coimbra, foram encontradas temperaturas mais altas que aquelas do entorno.

Figura 19: Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 1.



Fonte: A autora.

Diferente do esperado, em relação a vegetação, observa-se que, a vegetação rasteira apresentou tanto as menores temperaturas, 31,6°C, como o maior NDVI, indicando uma vegetação mais adensada ou vigorosa que a vegetação arbórea encontrada na área central, que apresentou média de 32,1°C.

A vegetação arbórea em meio ao ambiente urbano analisado se encontrou fragmentada, sem presença de área contínua significativa, e mesmo através da análise visual da temperatura de superfície (Figura 15), não foi possível notar alguma relação identificando compatibilidade com temperaturas amenas em decorrência das mesmas, quando essas inseridas no meio densamente urbanizado.

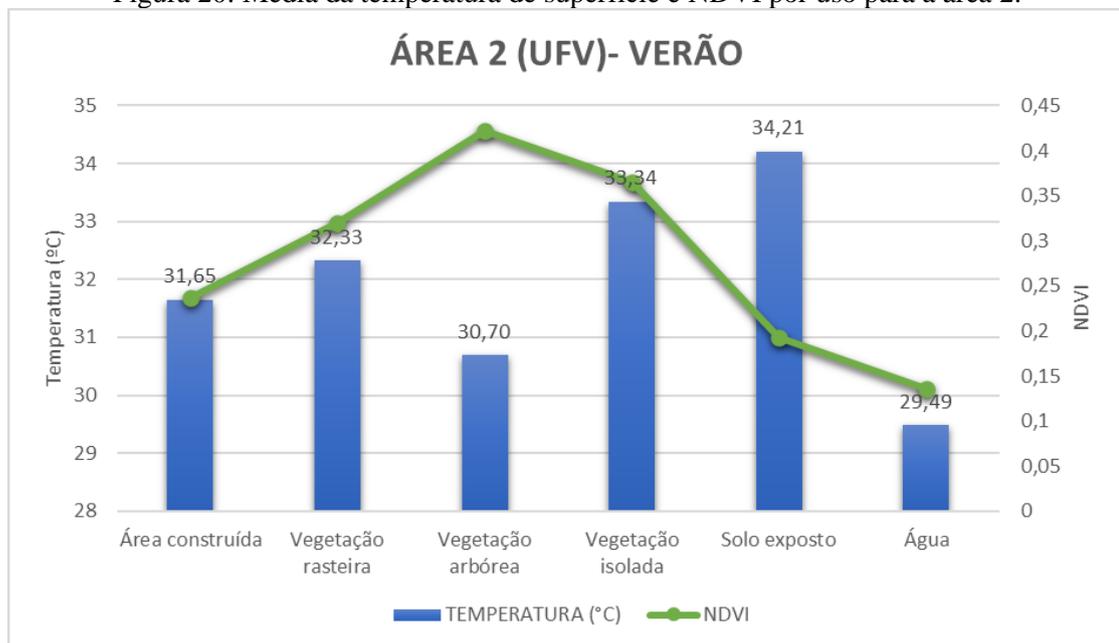
Sobre esse aspecto, Jardim (2010), em seu estudo aludindo o papel das áreas verdes na climatologia urbana, argumenta que nem sempre é possível notar a influência das áreas verdes

no meio urbano, quando essa se encontra fragmentada ou exígua em relação ao tamanho da cidade, vindo a não cumprir o seu papel enquanto atenuadora de calor.

Já a vegetação rasteira possui uma área contínua significativa dentro da área analisada, o que, seguindo essa lógica, e considerando o horário no qual a imagem de satélite é captada, sendo próximo as 10:00h da manhã, pode não apresentar aquecimento como as demais áreas do entorno. Amorim e Dubreuil (2016), apresentam que, mesmo uma vegetação que seja predominantemente rasteira, a temperatura pode apresentar-se menor quando comparada a outras superfícies, na medida em que a troca de calor com o ambiente, ao mesmo tempo em que há energia sendo recebida, também há energia sendo liberada, por meio da evaporação e evapotranspiração, dificultando o aquecimento.

Na área 2, UFV (Figura 20), houve um comportamento diferente da área central. A vegetação arbórea obteve a menor média de temperatura, com 30,7°C. Na área 2, observa-se por meio do uso e cobertura da terra que há uma extensa e contínua faixa de vegetação arbórea, diferente da área 1 analisada.

Figura 20: Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 2.



Fonte: A autora.

Ferreira (2019), Nascimento et al (2021) e Coelho et al (2017) encontraram resultado semelhante, de forma que, as áreas que apresentavam vegetação em maior expressividade resultaram em temperaturas reduzidas quando comparado ao seu entorno. Assim como, na análise visual da Figura 16, observa-se que o ambiente composto por água, apresentou temperaturas reduzidas em relação as demais classes, com média de 29,5°C.

A área construída obteve temperaturas mais amenas quando comparadas ao ambiente do centro, com 31,6°C. Jardim (2010) aponta que nem sempre a área urbana irá se comportar como um local de maior aquecimento. Para o caso da área 2, UFV, que se constitui em um ambiente aberto, observa-se maior temperatura sobre a classe de solo exposto e vegetação isolada, na qual se constitui de árvores intercaladas de vegetação rasteira e solo exposto. Segundo Oke (1987), a superfície sem cobertura vegetal apresenta menor emissividade, tendendo a armazenar mais energia e portanto, se aquecendo com maior rapidez.

Para o índice de vegetação observa-se que, em ambos os casos a maior média de NDVI, está sob as temperaturas mais amenas, no entanto, esse não é um padrão linear, como pode ser visto através do valor, por exemplo, por meio do valor médio de NDVI da classe de vegetação isolada na Figura 11, que se mostra como a segunda maior média do índice, porém, também é a segunda maior média de temperatura.

Nas áreas 3 e 4 (Figura 21 e 22), que se constituem em usos da terra semelhantes em orientações de vertente distintas, pode-se atribuir alguns apontamentos. Em ambos os casos a temperatura de superfície da área construída obteve maior média, com 31,4°C para a área situada no Nova Viçosa e 32,0°C aproximadamente para a área situada no bairro Santo Antônio. Outra semelhança se dá sobre a vegetação rasteira, que assim como no centro urbanizado, se comportou como a menor média de temperatura, sendo, respectivamente, 31,0°C e 30,8°C para Santo Antônio e Nova Viçosa.

Casos atípicos ocorrem nas duas áreas. Em Nova Viçosa, percebe-se que, apesar da classe lavoura apresentar a maior média de NDVI, obteve quase mesma média de temperatura que aquela encontrada na área construída. Para o ponto analisado no Santo Antônio, observa-se que a classe de vegetação arbórea apresentou temperatura maior até mesmo com o solo exposto.

Em ambos os casos é possível notar, pela análise visual das Figuras 17 e 18, que tanto as classes de lavoura como de solo exposto são pequenas e centralizadas em um único local, podendo, o ambiente do entorno influenciar nos resultados.

Ponto importante a se mencionar, se dá sobre a orientação das vertentes. Como mencionado, Armani (2009) indica que, vertentes voltadas para Norte, Nordeste e Noroeste tendem a apresentar maiores temperaturas que aquelas de Sul, Sudeste e Sudoeste.

No entanto, a partir da análise visual das figuras da área 3 e 4, assim como dos gráficos, é possível notar que, apesar da área com vertente voltada para Norte apresentar maior amplitude térmica, alcançando os últimos intervalos, as maiores médias de temperatura foram encontradas sobre a área com vertentes voltadas para Sul.

Figura 21: Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 3.

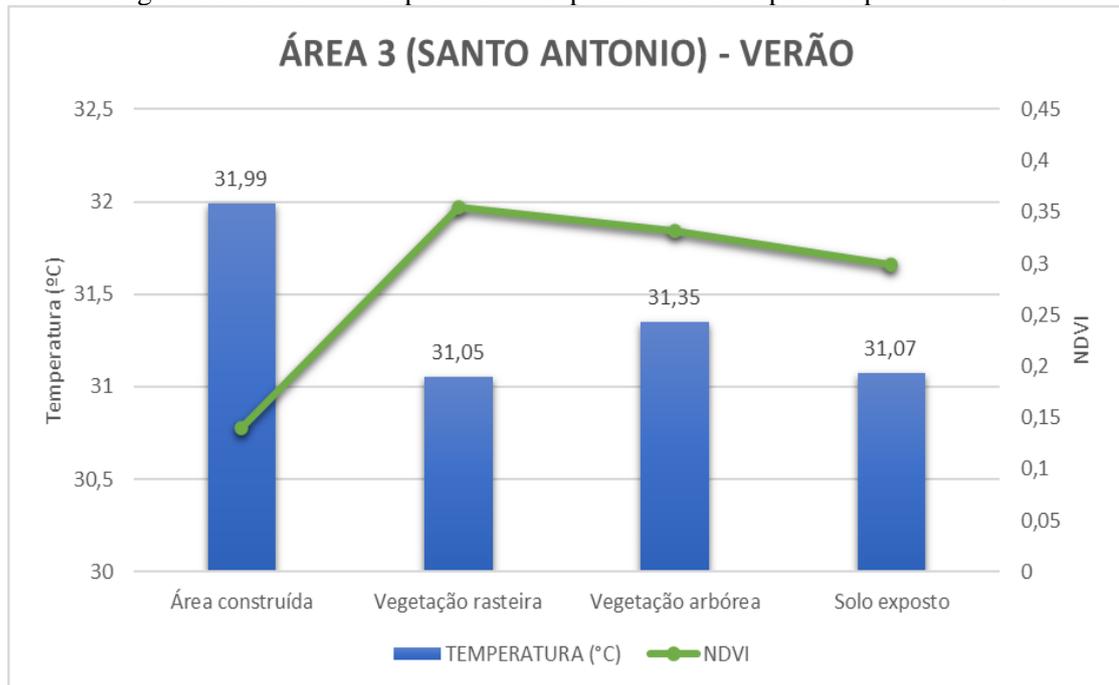
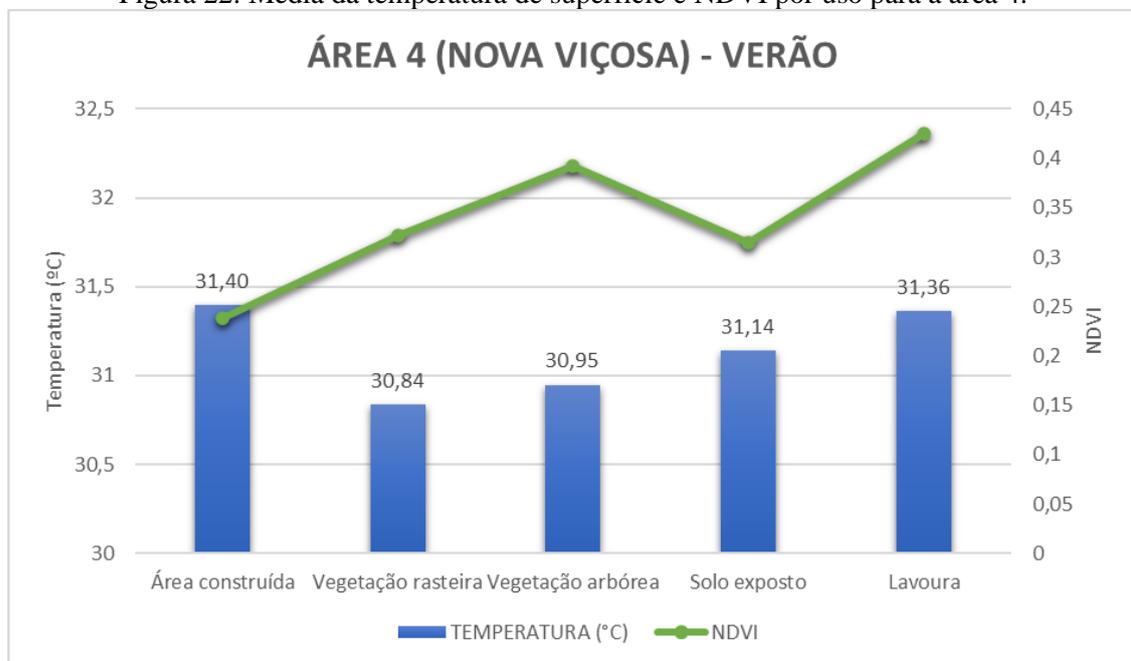


Figura 22: Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 4.

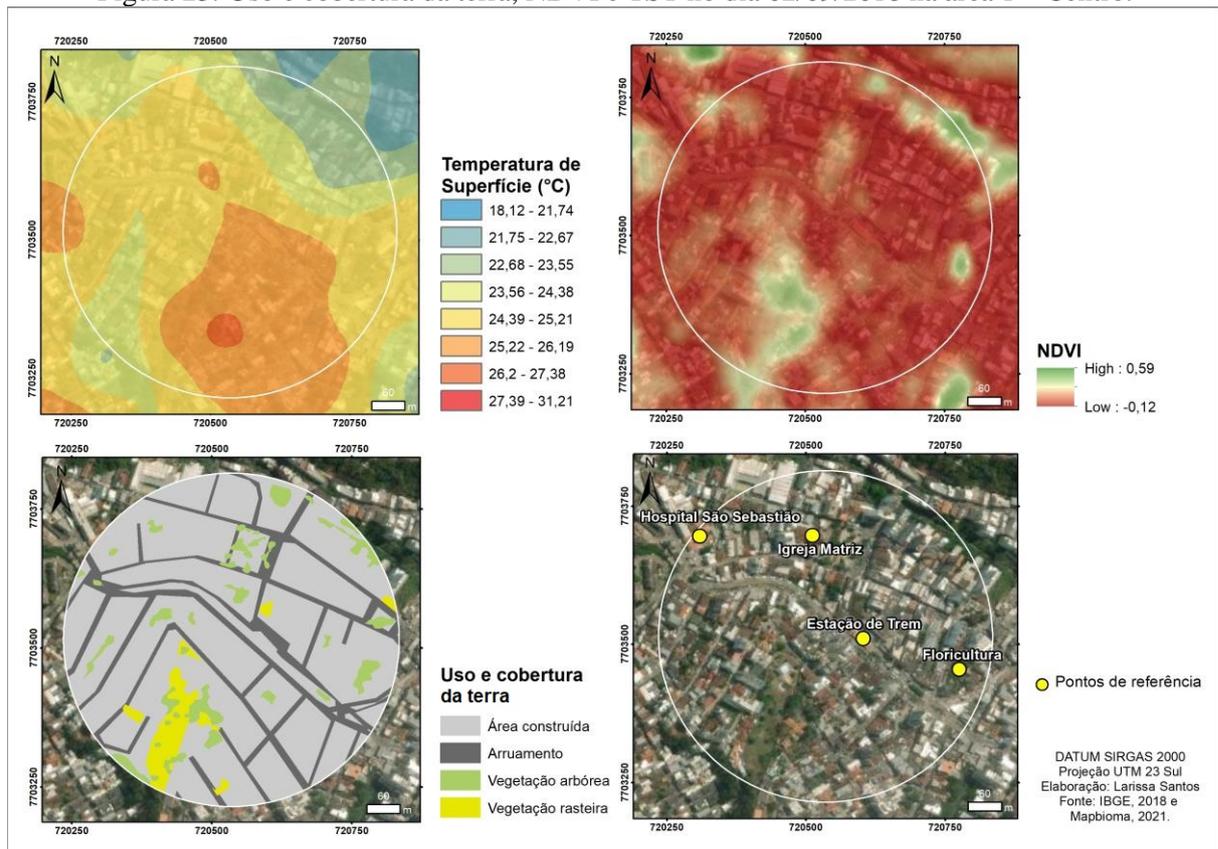


Esse fato destoa também, de Jardim (2010), ao inferir que, áreas com vertentes voltadas para Norte, independente do uso da terra, sempre apresentarão valores mais altos de temperatura.

### 5.2.2.2 Temperatura de superfície no inverno de 2018

No inverno, como pode ser observado na Figura 23, a distribuição da temperatura de superfície de inverno para a área central apresentou algumas mudanças. Percebe-se que, as áreas que no verão eram mais quentes, continuaram no inverno, porém, com espacialização diferente. Nota-se uma tendência de aquecimento para as mesmas áreas, bem como para as porções mais frias.

Figura 23: Uso e cobertura da terra, NDVI e TST no dia 02/09/2018 na área 1 – Centro.



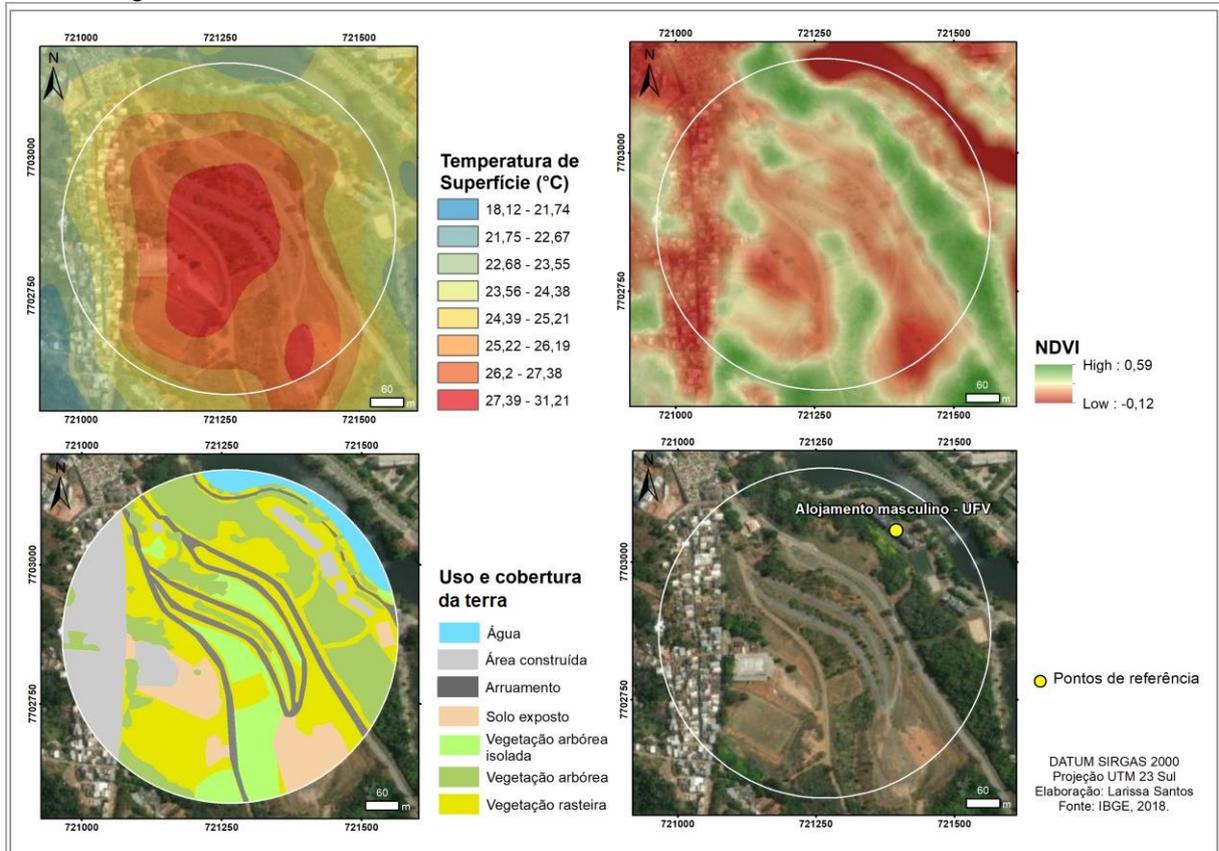
Fonte: A autora.

No inverno, as temperaturas da área variaram entre 21,7°C e 27,4°C aproximadamente. Para o NDVI, é possível visualizar modificação na identificação das áreas que são respectivas as áreas construídas, na qual houveram maior difusão de valores mais altos em meio ao ambiente urbano.

Para a área 2, o mesmo fato pode ser observado (Figura 24). Não houve tamanha modificação na distribuição da temperatura de superfície. Como no verão, a temperatura mais altas continuaram sobre os usos antrópicos concentrados no centro da área, correspondendo a área de vegetação rasteira, solo exposto e vegetação isolada, enquanto as mais amenas

continuaram, sobretudo, no uso água e vegetação arbórea, e a porção de área construída, também se mantiveram amenas.

Figura 24: Uso e cobertura da terra, NDVI e TST no dia 02/09/2018 na área 2 – UFV.



Fonte: A autora.

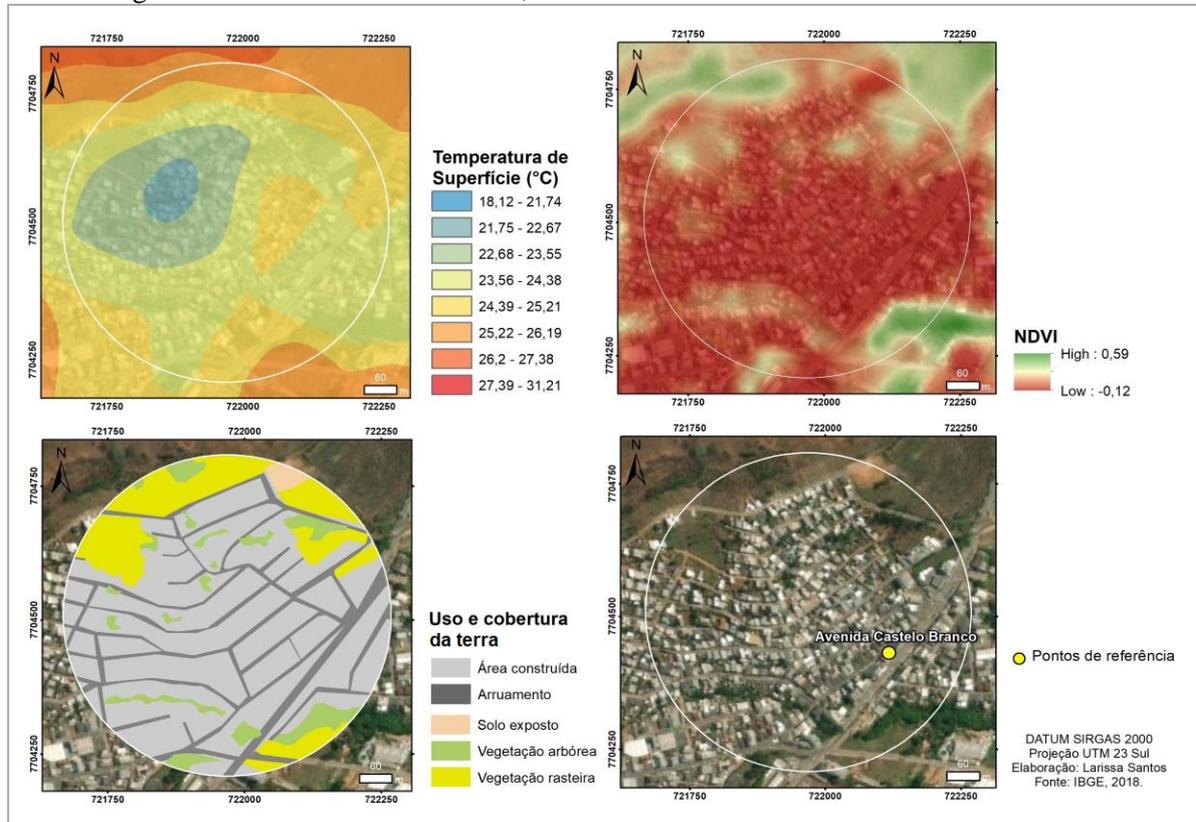
Para esta área, no entanto, a intensidade foi semelhante a ocorrida no verão, e não apenas a sua distribuição, com temperaturas variando de 21,7 a 31,2. O NDVI, de modo geral obteve valores mais baixos, porém, a sua espacialização se fez semelhante, com valores mais expressivos sobre as áreas de vegetação arbórea, e boa identificação da água, com os valores mais baixos.

Na área 3 (Figura 25), se observa a maior variação entre o ocorrido durante o verão e inverno. No verão, houve distribuição da temperatura diferente da conformação encontrada para o inverno, no qual, pontos mais amenos em áreas antes aquecidas é possível ser visualizado. Em ambos os casos, tanto inverno, como verão, não foi possível notar uma confluência entre as temperaturas de superfície e o uso e cobertura da terra.

A temperatura de superfície para esta área, variou entre 21,7°C e 26,2°C. No que tange ao NDVI, nota-se que as áreas de uso vegetação rasteira não apresentam NDVI expressivo

como em alguns locais do NDVI de verão, porém, no inverno há um leve realce em relação a identificação da mata ciliar que atravessa a área de estudo.

Figura 25: Uso e cobertura da terra, NDVI e TST – no dia 2/09/2018 - Santo Antônio.



Fonte: A autora.

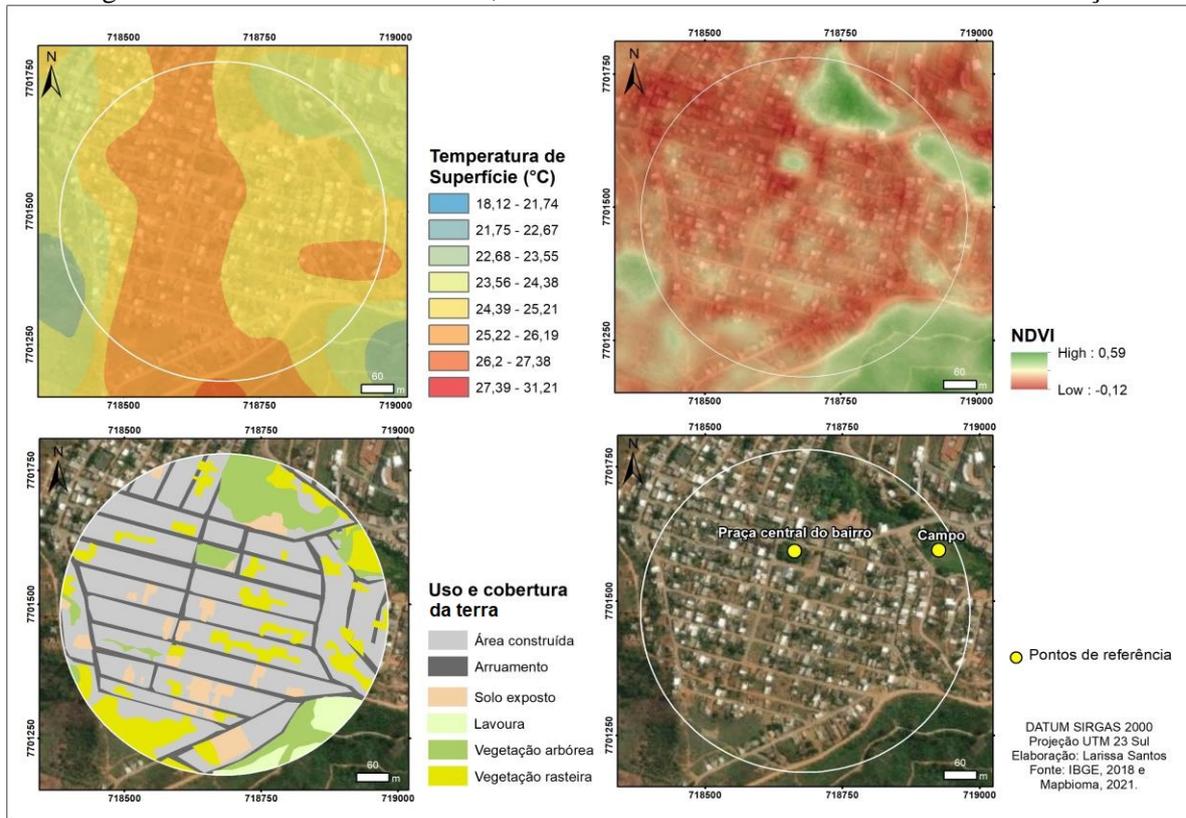
Na área 4 (Figura 26), situada no bairro Nova Viçosa, há semelhanças e diferenças a se pontuar em relação ao verão. No verão, nesta área se percebe maior intensidade em relação as temperaturas mais altas, no entanto, no inverno não há a presença de pontos de calor acentuado, mas uma maior homogeneidade.

Uma mudança ocorre em relação a porção noroeste da área, ao qual, no verão se pronunciava temperaturas ligeiramente elevadas mesmo sob a vegetação arbórea, enquanto, no inverno esse local obteve temperaturas mais amenas. Nesta área a temperatura de superfície apresentou variação de 21,7 a 29,2°C, com as maiores temperaturas ficando entre 25,2 a 26,2°C. Por outro lado, o NDVI não conseguiu distinguir com precisão as áreas que não são vegetação, refletindo em áreas mais homogêneas.

Assim como no verão, foram elaborados gráficos com a média de temperatura e NDVI por classe de uso e cobertura da terra, para as 4 áreas em análise.

No inverno, de modo geral observa-se uma diferença significativa nas médias de temperatura em comparação ao verão, ao qual, as médias se mantiveram aproximadamente 25,0°C, enquanto no verão, se obteve médias mais próximas a 30,0°C.

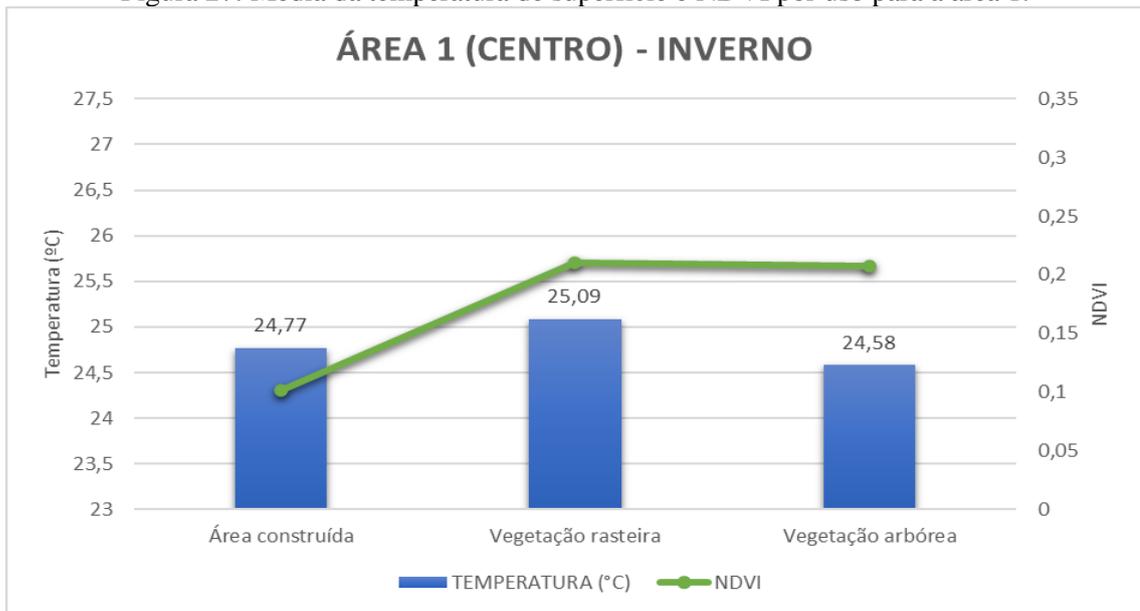
Figura 26: Uso e cobertura da terra, NDVI e TST em 02/09/2018 na área 4 – Nova Viçosa.



Fonte: A autora.

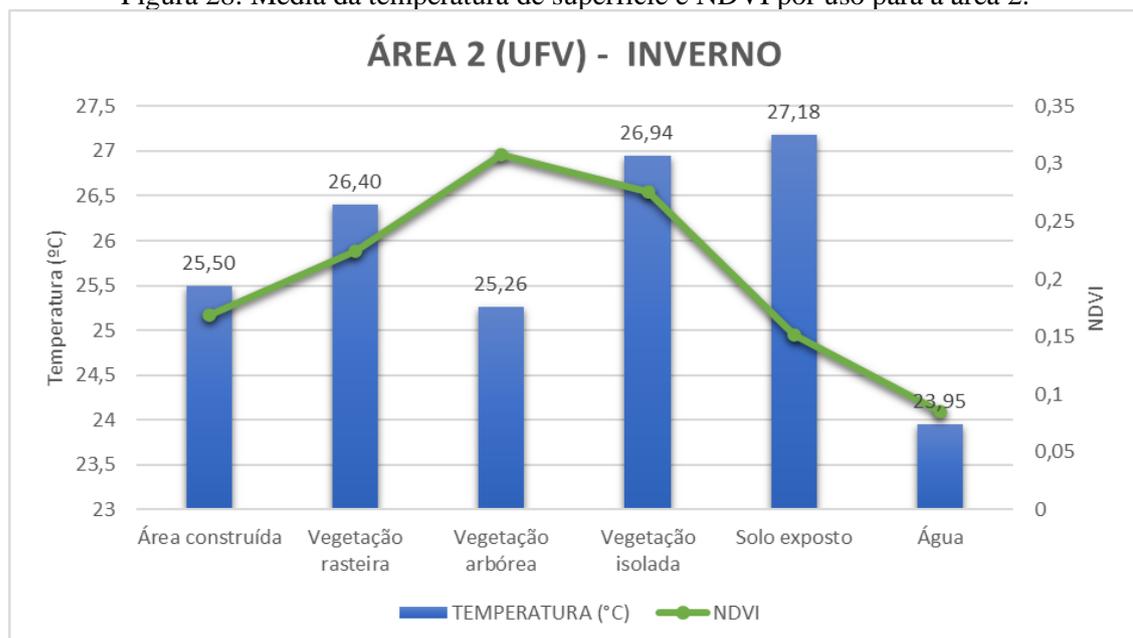
Nas áreas 1 e 2, Figuras 27 e 28, nota-se algumas diferenças entre elas e quando comparadas ao verão. Na área central observa-se que, no inverno a classe de uso de vegetação rasteira apresentou a maior média de temperatura de superfície, com 25,1°C, enquanto no verão, esta foi a menor. Ortiz e Amorim (2016) apontam a possibilidade de, no inverno, com a ausência prolongada de precipitação, o que condiciona ambientes mais secos, a vegetação apresentar declínio com maior probabilidade de solo exposto, resultando em menor evaporação e evapotranspiração, conseqüentemente, temperaturas mais elevadas, sendo, em alguns casos até maior que a infraestrutura urbana, como ocorrido para a área central.

Figura 27: Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 1.



Fonte: A autora.

Figura 28: Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 2.

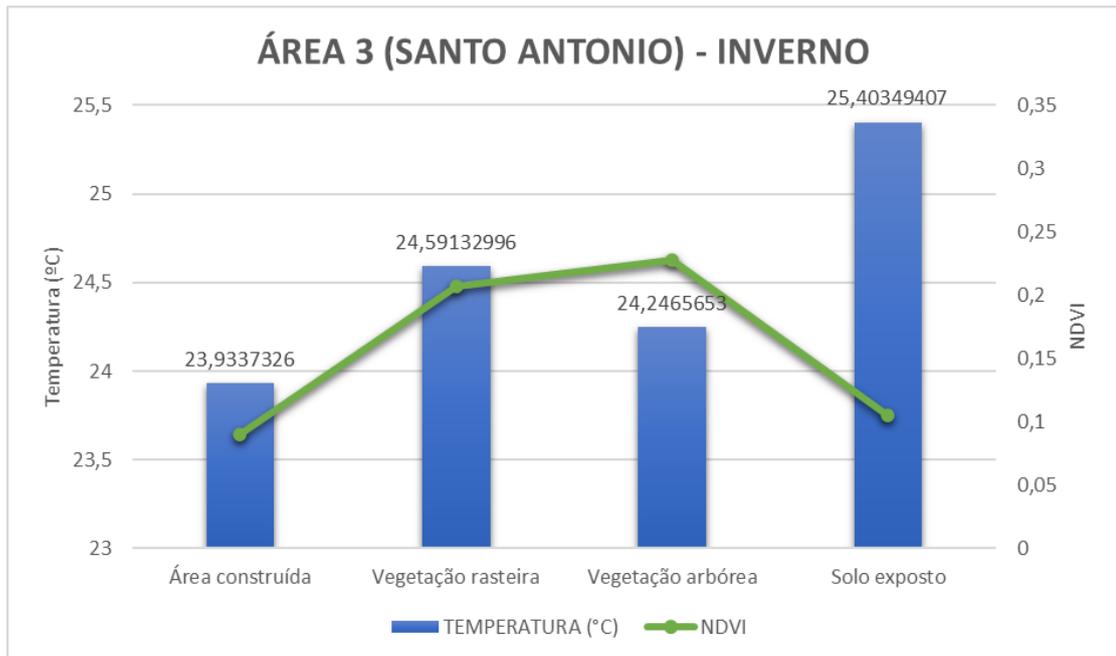


Fonte: A autora.

O NDVI médio para esta classe evidencia o declínio da vegetação, que passou de 0,33 no verão, para 0,2 no inverno. Para a área da UFV, nota-se que não houveram modificações entre as classes em relação ao verão, se mantendo, as mesmas variações. Contudo, observa-se que, as médias de temperatura, como esperado, foram menores que aquelas encontradas no verão, bem como no NDVI, consequência do período seco característico do inverno que caracteriza o clima de Viçosa.

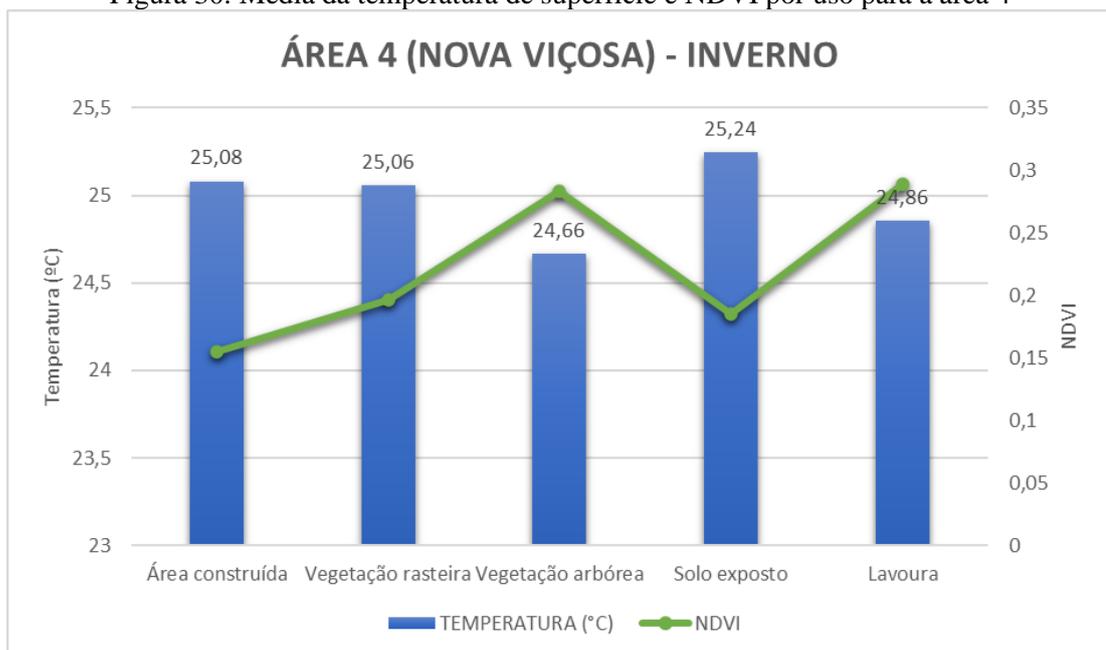
Para a área 3 e 4 (Figuras 29 e 30), alterações mais significativas foram encontradas. Na área localizada no Santo Antônio observa-se que os usos de solo exposto e vegetação rasteira obtiveram as maiores médias de temperatura, sendo, 24,6°C e 25,4°C respectivamente.

Figura 29: Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 3.



Fonte: A autora.

Figura 30: Média da temperatura de superfície e NDVI por uso para a área 4



Fonte: A autora.

Para ambas as classes, observa-se a queda no NDVI, indicando áreas em que, a cobertura da terra apresentou degradação. Por outro lado, a área urbana se comportou como a menor média entre os usos na área, seguido de vegetação arbórea, em que, o NDVI apresentou a maior média.

Na área 4, nota-se maior homogeneização das temperaturas por uso e cobertura da terra, assim como, foi percebido na análise visual da figura 26. As médias de temperatura entre todas as classes se mantiveram próximas, variando entre 24,6°C e 25,2°C, sendo, solo exposto a classe que apresentou maior valor e a vegetação arbórea a menor.

Diferente do ocorrido no verão, no qual a área localizada na vertente Sul apresentou maior média que a área de uso semelhante voltada para norte, no inverno, as menores médias se destinaram a mesma, corroborando, desta vez, com o que se espera de temperaturas nessas áreas, indicadas pela literatura.

No entanto, é importante evidenciar que, observou-se, como esperado no período de inverno, temperaturas mais baixas, porém a sua espacialização só se manteve semelhante ao verão na área central (área 1) e área da UFV (área 2), sendo uma densamente construída e verticalizada, e a outra área sem grande presença da área construída, constituindo um local sem grandes rugosidades. Porém, as áreas de usos semelhantes, área 3 e 4, apresentaram significativas diferenciações, tanto entre elas, quanto ao comparar as duas estações, e não apresentando grande conformidade com a espacialização dos usos, o que leva a indagar a influência do relevo nessas áreas, sendo pertinente, para estudos futuros, se considerar as variações de altitude e orientação de vertentes com dados de melhor resolução.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O impacto da federalização da Universidade de Viçosa e o seu constante crescimento foi sentida pela malha urbana da cidade de Viçosa, que ao buscar suprir a demanda habitacional, deixou de lado questões sociais e ambientais que se tornaram problemática na cidade (MELLO, 2002). A expansão da malha urbana de 1985 a 2021, evidencia a condição de crescimento crescente ocorrido sobretudo entre os anos de 1985 a 1995, em que a malha urbana aumentou aproximadamente 123%, e no decorrer dos anos, esse aumento continuou positivo, porém, com um menor percentual, sendo, de 1985 a 2021, 341,86%.

O impacto que esse crescimento pode ter exercido no clima local vêm sendo estudado desde 2009, ao qual, indícios já foram encontrados de que, alterações podem estar em curso, dentre elas, a alteração da temperatura da área central já se diferenciando do seu entorno. Para

tanto, objetivou-se, com a presente pesquisa, analisar o comportamento do campo térmico de superfície do município em relação ao seu uso e cobertura da terra, considerando período de inverno e verão do ano de 2018.

A partir dos resultados, foi possível observar que, no município, tanto na estação de inverno, quanto no verão, usos como a formação florestal e a área de silvicultura concentram as temperaturas mais baixas, enquanto pastagem e a área urbana, possuem proporções de temperatura mais altas quando comparadas as demais classes de uso encontradas no município, sendo que, no verão, a área urbana concentra temperaturas mais altas que no inverno, e as áreas de pastagem, no inverno, concentram mais pontos de calor, que podem estar relacionados a condição de seca que ocorre no município de Viçosa em virtude do seu clima.

Na análise intraurbana, concluiu-se que, quando relacionado a temperatura de superfície com o uso e cobertura da terra, observa-se variações significativas entre as áreas analisadas. Enquanto no verão, para as áreas densamente urbanizadas se encontraram temperaturas mais amenas na classe de vegetação rasteira, no inverno, as menores temperaturas se voltaram para as porções de vegetação arbórea. No NDVI, foi possível observar a relação de queda no valor do índice para as áreas de vegetação rasteira no inverno, indicando uma deterioração da vegetação, que, com ausência da precipitação, apresentam vegetação rala, solo mais propício a exposição, e conseqüentemente, maiores temperaturas.

No ambiente construído, no verão, observa-se que, nas áreas densamente urbanizadas de Viçosa a média da temperatura de superfície foi maior quando comparada as outras classes, exceto na área 2, designada UFV, na qual as maiores temperaturas foram encontradas sobre o solo exposto, a densidade das porções construídas dentro da UFV era irrisória quando comparada as demais áreas analisadas. No inverno, as maiores temperaturas se direcionaram as classes de vegetação rasteira e solo exposto, enquanto a área urbana obteve temperaturas médias mais baixas ou intermediárias.

Outro ponto importante está relacionado ao comportamento da vegetação arbórea quando esta apresentada de forma mais proeminente no uso e cobertura da terra. Quando distribuída de forma fragmentada em meio as áreas analisadas, não se encontraram mudanças significativas enquanto atenuadora da temperatura, até mesmo, as áreas identificadas como praça, que possui uma pequena aglomeração arbórea. Na área 2, na qual a vegetação estava disposta de forma densa e contígua, tanto no inverno como no verão, foi possível visualizar a sua possibilidade de influência para temperaturas de superfície mais amenas.

Em relação a orientação das vertentes, foi possível observar que, no verão, apesar da área com orientações voltadas para Sul não formar pontos de calor que alcançassem temperaturas mais altas dos intervalos estabelecido, a média da temperatura foi maior do que a área com uso semelhante e orientação voltada para Norte, discordando da literatura apresentada. Porém, no inverno as médias de temperatura de superfície da área voltada para Sul, foi menor que a vertente voltada para Norte. Assim, sugere-se que, para próximos estudos que visem analisar a influencia do relevo no campo térmico de superfície, além da orientação das vertentes, inclua a variação da altitude e um maior número de áreas.

Contudo, deve se levar em consideração que, apesar das vantagens de se utilizar de ferramentas como o sensoriamento remoto para os estudos do clima urbano, as desvantagens como, as resoluções dos materiais disponíveis gratuitamente podem interferir para análises que acabam por causar generalizações, influenciando nos resultados. Para tanto, para análises mais detalhadas, a utilização de materiais de melhor resolução, que conferem maior detalhamento, e portanto, maior flexibilidade para trabalhar também em escala local, podem ser importantes para respostas mais contundentes no tocante as relações entre as temperaturas e a complexidade inerente a superfície urbana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editora, 2003p.
- 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 de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. **Anais [...]** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, 2015, INPE.
- AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. As diferenças das temperaturas dos alvos diagnosticadas por meio de imagens termais do satélite landsat 8 em período seco e chuvoso em ambiente tropical. In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: Gráfica UFG, 2016. v. 1. p. 1034-1046.
- ARMANI, G. **Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude**. 2009. 123 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - USP, 2009.
- CALLEJAS, I. J. A., DURANTE, L. C., DE OLIVEIRA, A. S., NOGUEIRA, M. C. D. J. A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. **Mercator**, v. 10, n. 23, p. 207-223, 2011.
- CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London, Hutchinson e Co. Publishers, 1965. 252p.
- COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**. Boa Vista-RR, v.7, n.1 p.31-45, 2013.
- COELHO, D. D. A transformação do espaço urbano na cidade de Viçosa, Minas Gerais entre 1964-1980. Estudos Geográficos: **Revista Eletrônica de Geografia**, 18(1), p.1-18, 2020.
- CORREA, W. S. C.: **Campo térmico e higrométrico da Regional Praia do Canto no Município de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.
- CORREA, W. S. C.; COELHO, A.L.N.; VALE, C.C. Influência de distintos sistemas atmosféricos na temperatura de superfície do município de Vitória (ES). **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 16, n. 53. p. 37-54, 2015.
- 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.
- 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.
- EMBRAPA. LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite. Satélites de monitoramento. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 15 abr 2022.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

FERREIRA, G. R.; FIALHO, E. S. Campo térmico x fator de visão do céu: estudo da área central do município de Viçosa-mg em episódios de outono e inverno/2014. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre-RS, v. 34, p. 1-25, 2016.

FERREIRA, L. S. **Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana: um retrato da região metropolitana de São Paulo**. 2019. 197p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Faculdade de arquitetura e urbanismo, São Paulo, 2019.

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, p. 301-321, 2015.

FIALHO, E.; 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**, Lisboa, n. 17, p. 127-151, 2017.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R.; ALVES, R. S.; MIRANDA, J. D. E. C. O campo térmico em situação sazonal de verão, no município de Viçosa-MG. **GEOGRAFIAS (UFMG)**, v. 1, p. 80-98, 2015.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. 2009. 279p. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FIALHO, E. S. Ilhas de Calor: reflexões acerca de um conceito. **Acta Geográfica**, Boa Vista-RR, Edição Especial de Climatologia Geográfica, p. 61-76, 2012.

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, p.13-35, 2017.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R.; ALVES, R. de S.; MIRANDA, J. D. E. C. O campo térmico em situação sazonal de verão, no município de Viçosa-MG. **Revista Geografias, [S. l.]**, p. 80-98, 2019. DOI: 10.35699/2237-549X.15836.

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. **Geografia**, Rio Claro-SP, v. 46, p. 1-28, 2021.

FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. Unidades Mesoclimáticas de Viçosa-MG, na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, v. 31, p. 230-258, 2022.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248 p.

HONORATO, A. A. **O sensoriamento remoto aplicado aos estudos de ilhas de calor na cidade de Aquidauana e Anastácio – MS 2000 – 2010**. 2015. 91p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul, 2015.

HONÓRIO, L. M. **A produção do espaço em uma cidade universitária: o caso de Viçosa, MG.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2012.

**IBGE.** Questionário Censo 2010. Características gerais da população Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/questionarios.php>>. Acesso em 5 abr 2022.

**IPEADATA.** Banco de Dados do Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada. Macroeconômico. 2012. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: jan. 2022.

JESUS, R. J. de. **Avaliação do comportamento da temperatura da superfície terrestre do município de Cariacica (ES) em 1985 e 2013.** 2016. 177 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2016.

LIMA, G. C., SILVA, M. L. N., CURI, N., SILVA, M. A., OLIVEIRA, A. H., AVANZI, J. C., UMMUS, M. F. Evaluation of vegetation cover using the normalized difference vegetation index (NDVI). **Revista Ambiente & Água**, São Paulo-SP, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles:** o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

**MAPBIOMAS** - Projeto de mapeamento anual da Cobertura e uso do solo no Brasil. Coleção 7.0. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MELLO, F. A. O. **Análise do processo de formação da paisagem urbana do município de Viçosa, Minas Gerais.** 2002. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

MENDONÇA, F.A. Geografia, planejamento urbano e ambiente. In: SOUZA, Á. J.; SOUZA, E.B. C.; MAGNONI JÚNIOR, L. (orgs.) **Paisagem território região:** em busca da identidade. Cascavel: EDUNIOESTE, 2000.

MENDONÇA, F. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.): **Clima Urbano.** São Paulo: Oficina de texto, 2003, 175-192p.

MONTEIRO, A.; CARVALHO, V. Clima e planejamento regional. In: AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (orgs.) **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso.** São Paulo: Outras Expressões, v.1. ed. p. 93-116, 2013.

MONTEIRO, C. A. F; Teoria Clima Urbano. Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.): **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano.** São Paulo: IG06-USP, 1976. (Série Teses e Monografias n.25).

MORAES, E. C. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto.** In: Formação Continuada de Professores - Sensoriamento Remoto. Brasília: AEB, 2008 (Apostila AEB Escola). Apostila AEB Escola, 2008.

NASCIMENTO, F. H. JARDIM, C. H., RANGEL, S. D. A. S. Variação da temperatura de superfície através de técnicas de sensoriamento remoto: análise de dois episódios para o Concelho de Coimbra, Portugal/2018. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, v. 28. p.118 – 137, 2021.

NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. 2019. 184 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. Ed. São Paulo: Blücher, 2008. 363p.

OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**, 2nd Edition. Methuen, London, 1987, 435 p.

ORTIZ, G. F.; AMORIM, M. C. 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, p. 2041-2050, 2019.

PAULA, I. F. M. OLIVEIRA P.L; FERREIRA F., MARTINS C. C. Correlação entre a Temperatura de Superfície e o Índice Vegetativo no Perímetro Urbano de Juiz de Fora-MG. Juiz de Fora. **Revista de Geografia**. Juiz de Fora-MG, v.6, n.4, p. 339-351, 2016.

PEREIRA, M. F. V. Contradições de uma cidade científica: Processo de urbanização e especialização territorial em Viçosa – MG. **Caminhos da Geografia**. Uberlândia-MG, v. 18, n. 16, p. 197-206, 2005.

PRADO, L. B.; FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. Sensoriamento remoto e o clima urbano: uma perspectiva de investigação através do campo térmico de superfície, na área central do município de viçosa. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 27, p. 919-946, 2020.

QUINA, R. R. Influência de sistemas sinóticos na diferença térmica entre campo e cidade, estudo de caso de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 15, n.2, p. 324-337, 2015.

RAO, P. K. Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. In: **Bulletin of the American Meteorological Society**, New York-EUA, n, v. 53, n. 8, p. 647-648, 1972.

ROCHA, V. M.; FIALHO, E. S. Uso da terra e suas implicações na variação termo-higrométrica ao longo de um transeito campo-cidade no município de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 10, p. 64-77, 2010.

ROCHA, C. S.; FIALHO, E. S. Perfil termohigrométrico em uma cidade de pequeno porte em situação sazonal de inverno 2011 - o caso de Viçosa. **Revista GeoNorte**, v. 3, n.5, p. 1009-1021, 2012.

RODRIGUEZ, E., C.S. MORRIS, J.E. BELZ, E.C. CHAPIN, J.M. MARTIN, W. DAFFER, S. HENSLEY. An assessment of the SRTM topographic products, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143 pp, 2005.

- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. ed. Uberlândia: Edufu, 2009. 262 p.
- ROUSE, J. W.; HAAS, H. R. SCHELL, J. A. DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. **Proceedings**, v.1, n. 3, p.309-317, 1973.
- SANT'ANNA NETO, J. L. **Os climas das Cidades Brasileiras**. 1. Ed. Presidente Prudente: Programa de Pós Graduação em Geografia da FCT/UNESP, 2002. 227p.
- SANTOS, E. C. A. D. **Clima urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo na cidade de Bayeux-Paraíba: Subsídio ao planejamento e a gestão ambiental**. 2017. 134p. Dissertação (Mestrado em Gestão ambiental) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Paraíba – UFPB. 2017.
- SANTOS, L. G. F.; FIALHO, E. S. Análise comparativa da temperatura de superfície, no município de Viçosa (mg), nos anos de 1985 e 2019: primeiros resultados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14., 2021, João Pessoa. [...]. *Anais*. João Pessoa: [s. n.], 2021. 603 - 618 p. v. 1
- 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, p. 1-17, 2020.
- SANTOS, M. N. **Utilização de software livre na análise de temperatura e uso do solo, para região de Ribeirão Preto**. 2017. 48 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas, Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.
- SILVA, M. L. **Expansão da cidade de Viçosa (MG): a dinâmica centro-periferia**. 2014, 149p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo. ES, 2014.
- UGEDA JÚNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. de C. T. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], n. spe, p. 160-174, 2016. DOI: 10.11606/rdg.v0ispe.119402.
- USGS. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook - Section 1**. 2016. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/l8handbook\\_section1.php](http://landsat.usgs.gov/l8handbook_section1.php)>. Acesso em: 25 mar 2021.
- VIEIRA, M. G. **Caracterização do Fenômeno ilhas de calor na cidade de Uberlândia – MG nos anos de 2004 e 2014 por meio de técnicas de sensoriamento remoto**. 2016. 160 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, 2016.
- VOOGT, J. A.; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing Of Environment**, London, v. 81, p. 370-384, dez. 2003.