

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - MG

Instituto de Ciências da Natureza

Curso de Geografia – Bacharelado ou Licenciatura

GABRIEL GOUVEA DA SILVA

**ANÁLISE ESPACIAL APLICADA À DINÂMICA DA
TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E USO E COBERTURA
DA TERRA NA MICRORREGIÃO DE ALFENAS, SUL DE
MINAS GERAIS.**



Alfenas - MG

2024

GABRIEL GOUVEA DA SILVA

**ANÁLISE ESPACIAL APLICADA À DINÂMICA DA
TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E USO E COBERTURA
DA TERRA NA MICRORREGIÃO DE ALFENAS, SUL DE
MINAS GERAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de **Bacharel** em Geografia pelo Instituto de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Alfenas - MG, sob orientação do Prof. Dr. Rodrigo José Pisani.

Alfenas – MG
2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rodrigo José Pisani (Unifal-MG)

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Latuf (Unifal-MG)

Prof. Dr. Diogo Olivetti (Unifal-MG)

Alfenas (MG), __/__/____

Resultado

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos os colegas, amigos e familiares que me deram motivação, apoio e forças necessárias para transformar este sonho em realidade. Um agradecimento especial à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor e confiança. Sem vocês, nada disso teria sido possível!

Agradecimentos

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos à Universidade Federal de Alfenas, que me proporcionou uma formação sólida e me ofereceu todo o suporte necessário ao longo dessa jornada. Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo José Pisani, pela dedicada orientação, que foi fundamental para a realização deste trabalho. Estendo minha gratidão a todos os professores da universidade, cujo conhecimento e apoio foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal durante esses anos.

Resumo

A proposta da pesquisa teve como objetivo, analisar com o auxílio do sensoriamento remoto e das geotecnologias, como as mudanças e os tipos de uso da terra na Microrregião de Alfenas, Sul de Minas Gerais, interagem com as dinâmicas da temperatura de superfície nos municípios. O estudo utilizou da estatística zonal para identificar a correlação entre essas duas variáveis, buscando investigar a relação entre os tipos de uso da terra e as variações da temperatura da superfície ao longo de oito anos. Os resultados destacaram a persistência de certas práticas agrícolas e sua influência nas temperaturas regionais, sublinhando a importância do monitoramento contínuo para o manejo ambiental e a adaptação às mudanças climáticas. Dentre os principais resultados, os dados mostraram que Carmo do Rio Claro teve a maior redução geral da ocorrência média (-4,4), com quedas expressivas em Agricultura (-0,8) e Pastagem (-0,7), indicando que o município possuía uma temperatura superficial maior em 2014. Em contraste, Areado (1,3) e Fama (0,5) destacaram-se com aumentos em Vegetação e Pastagem, refletindo possíveis práticas mais sustentáveis. Já Conceição da Aparecida (-2,5) e Poço Fundo (-1,6) apresentaram reduções significativas, especialmente na classe Água e Agricultura. Por fim, a pesquisa demonstrou que é possível analisar a correlação entre temperatura de superfície e uso da terra por meio das geotecnologias e da estatística zonal. Os dados apresentaram um baixo desvio padrão, consolidando a veracidade e a confiabilidade das informações.

Palavra-chave: Geoprocessamento; Geotecnologias; Sensoriamento Remoto; Análise Espacial; Computação em Nuvem.

Abstract

The research proposal aimed to analyze the aid to remote sensing and geotechnologies, how changes and types of land use in the Microregion of Alfenas, South of Minas Gerais, interact with the dynamics of surface temperature in the municipalities. The study studied zonal statistics to identify clarity between these two variations, seeking to investigate the relationship between land use types and surface temperature variations over eight years. The results highlighted the persistence of certain agricultural practices and their influence on regional temperatures, emphasizing the importance of continuous monitoring for environmental management and adaptation to climate change. Among the main results, the data demonstrated that Carmo do Rio Claro had the greatest general reduction in average occurrence (-4.4), with significant drops in Agriculture (-0.8) and Pasture (-0.7), showing that the municipality had a higher surface temperature in 2014. On the other hand, Areado (1.3) and Fama (0.5) stood out with increases in Vegetation and Pasture, reflecting possible more sustainable practices. Conceição da Aparecida (-2.5) and Poço Fundo (-1.6) had significant reductions, especially in the Water and Agriculture class. Finally, the research demonstrated that it is possible to analyze the difference between surface temperature and land use through geotechnologies and zonal statistics. The data presented a low standard deviation, consolidating the veracity and reliability of the information.

Keywords: Geoprocessing; Geotechnologies; Remote Sensing; Spatial Analysis; Cloud Computing.

Lista de Figuras

Figura 1: Localização da Microrregião de Alfenas, Região Sul de Minas Gerais.	15
Figura 2: Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto.....	17
Figura 3: Flutuações dos campos elétrico e magnético de uma onda.....	17
Figura 4: O espectro eletromagnético e suas principais regiões.....	18
Figura 5: Curvas de Reflectância para alguns recursos naturais.	20
Figura 6: Diagrama da geração dos mapas de uso e cobertura da terra do Mapbiomas.....	23
Figura 7: Interface do Google Earth Engine.....	25
Figura 8: Fluxograma de trabalho	27
Figura 9: Imagem do dia 17-07-2005.	28
Figura 10: Imagem do dia 23-09-1992.	29
Figura 11: Algoritmo para obtenção da estatística zonal de 2014-2022	35
Figura 12: Interface de execução do algoritmo.	36
Figura 13: Uso da terra e temperatura de superfície do ano de 2014 na Microrregião de Alfenas, Sul de Minas Gerais.	37
Figura 14: Classes de temperatura de superfície em hectares no ano de 2014.....	39
Figura 15: Classes de uso da terra do ano de 2014.....	40
Figura 16: Classes de temperatura de superfície por tipos de uso e cobertura da terra (2014)	41
Figura 17: Uso da terra e temperatura de superfície do ano de 2022 na Microrregião de Alfenas, Sul de Minas Gerais	42
Figura 18: Classes de temperatura de superfície em hectares no ano de 2022.....	43
Figura 19: Quantificação das mudanças de temperatura de superfície ocorridas de 2014 a 2022	44
Figura 20: Classes de uso da terra do ano de 2022.....	46
Figura 21: Mudanças em hectares de uso e cobertura da terra ocorridas de 2014 a 2022	47
Figura 22: Classes de temperatura de superfície por tipos de uso e cobertura da terra (2022)	48
Figura 23: Interação da temperatura de superfície por município em 2014.....	50
Figura 24: Interação das classes de temperatura de superfície por município em 2022.	52
Figura 25: Estatística Zonal de 2014 do Município de Alfenas, Sul de Minas Gerais.....	53
Figura 26: Estatística Zonal de 2014 do Município de Alterosa, Sul de Minas Gerais.....	54
Figura 27: Estatística Zonal de 2014 do Município de Areado, Sul de Minas Gerais.	55

Figura 28: Estatística Zonal de 2014 do Município de Carmo do Rio Claro, Sul de Minas Gerais.....	56
Figura 29: Estatística Zonal de 2014 do Município de Carvalhópolis, Sul de Minas Gerais...	57
Figura 30: Estatística Zonal de 2014 do Município de Conceição da Aparecida, Sul de Minas Gerais.....	58
Figura 31: Estatística Zonal de 2014 do Município de Divisa Nova, Sul de Minas Gerais.	59
Figura 32: Estatística Zonal de 2014 do Município de Fama Sul de Minas Gerais.	60
Figura 33: Estatística Zonal de 2014 do Município de Machado, Sul de Minas Gerais.	61
Figura 34: Estatística Zonal de 2014 do Município de Paraguaçu, Sul de Minas Gerais.	62
Figura 35: Estatística Zonal de 2014 do Município de Poço Fundo, Sul de Minas Gerais.	63
Figura 36: Estatística Zonal de 2014 do Município de Serrania, Sul de Minas Gerais.....	64
Figura 37: Estatística Zonal de 2022 do Município de Alfenas, Sul de Minas Gerais.....	65
Figura 38: Estatística Zonal de 2022 do Município de Alterosa, Sul de Minas Gerais.....	66
Figura 39: Estatística Zonal de 2022 do Município de Areado, Sul de Minas Gerais	67
Figura 40: Estatística Zonal de 2022 do Município de Carmo do Rio Claro, Sul de Minas Gerais.....	68
Figura 41: Estatística Zonal de 2022 do Município de Carvalhópolis, Sul de Minas Gerais...69	
Figura 42: Estatística Zonal de 2022 do Município de Conceição da Aparecida, Sul de Minas Gerais.....	70
Figura 43: Estatística Zonal de 2022 do Município de Divisa Nova, Sul de Minas Gerais.	71
Figura 44: Estatística Zonal de 2022 do Município de Fama, Sul de Minas Gerais.	72
Figura 45: Estatística Zonal de 2022 do Município de Machado, Sul de Minas Gerais.	73
Figura 46: Estatística Zonal de 2022 do Município de Paraguaçu, Sul de Minas Gerais.	74
Figura 47: Estatística Zonal de 2022 do Município de Poço Fundo, Sul de Minas Gerais.	75
Figura 48: Estatística Zonal de 2022 do Município de Serrania, Sul de Minas Gerais.....	76
Figura 49: Diferença de 2014 e 2022 da Ocorrência Média e Uso da Terra por Município	78

Lista de quadros

Quadro 1: Regras de reclassificação para o Uso e Cobertura da Terra	33
Quadro 2: Regras de reclassificação da temperatura de superfície.	34
Quadro 3: Diferença da Ocorrências Médias de 2014 para 2022	77

Lista de tabelas

Tabela 1: Dados das classes de temperatura de superfície do ano de 2014.....	38
Tabela 2: Dados das classes de uso e cobertura da terra do ano de 2014.....	39
Tabela 3: Quantificação das classes de temperatura de superfície do ano de 2022.	43
Tabela 4: Uso e cobertura da terra do ano de 2022	45
Tabela 5: Mudanças de uso e cobertura da terra ocorridas de 2014 a 2022	46
Tabela 6: Quantificação das classes de temperatura de superfície por município em 2014	49
Tabela 7: Quantificação das classes de temperatura de superfície por município em 2022	51

Lista de siglas

GEE – GOOGLE EARTH ENGINE

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Sumário

1	Introdução.....	13
2	Objetivos.....	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos específicos.....	14
3	Localização da área de estudo	14
4	Referencial teórico.....	16
4.1	Sensoriamento Remoto.....	16
4.2	Geoprocessamento.....	20
4.3	Ecodinâmica	21
4.4	Uso da Terra	22
4.4.1	Plataforma Mapbiomas Uso e Cobertura da Terra	23
4.5	Google Earth Engine	24
4.6	Estatística Zonal	25
5	Metodologia.....	26
5.1	Processamento no Google Earth Engine	30
5.2	Processamento no Software Qgis	32
5.2.1	Reclassificação do Uso e Cobertura da Terra.....	32
5.2.2	Reclassificação da Temperatura de Superfície.....	33
5.2.3	Algoritmo	34
6	Resultados.....	36
6.1	Análise Geral da Microrregião de Alfenas em 2014.....	37
6.2	Análise Geral da Microrregião de Alfenas em 2012.....	42
6.3	Análise dos Municípios da Microrregião de Alfenas em 2014 e 2022	48
6.4	Estatística zonal da análise de temperatura e uso e cobertura da terra em 2014.....	53
6.5	Estatística zonal da análise de temperatura e uso e cobertura da terra em 2022	64
6.6	Diferença da Estatística Zonal de 2014 para 2022	76
7	Conclusão	78
	Referências	80

1 Introdução

Compreender o uso da terra é essencial para entender como o ser humano ocupa e explora os recursos naturais disponíveis na superfície do planeta. Para Silva (1995 apud Leite 2011) o termo "uso da terra" inicialmente, não abordava as questões ambientais e os impactos futuros desses usos no espaço geográfico. De acordo com Cornelli et al. (2016), para um planejamento territorial eficaz, é fundamental compreender os dados relacionados ao uso e cobertura do solo, que são cruciais para análises socioeconômicas e ambientais. Leite (2011) acrescenta que esses estudos devem considerar a dinâmica das atividades econômicas da região e como elas alteram o espaço.

Em 1990, foi publicado o primeiro relatório do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), que alertou sobre o aumento dos gases de efeito estufa, como CO₂ (30%), CH₄ (145%) e N₂O (15%) desde o século XVIII até a década de 1990. Esses aumentos contribuíram para as mudanças climáticas, com o desmatamento não apenas elevando as emissões de CO₂, mas também aumentando a temperatura da superfície. Efeito (1999 apud Leite, 2011) observa que as transições entre classes de uso da terra, como a conversão de pastagens para agricultura, resultam em alterações no carbono do solo, refletindo as constantes mudanças nas dinâmicas de uso e cobertura da terra e seus impactos no território. Áreas com diferentes tipos de uso agrícola apresentam variações na temperatura da superfície. Por exemplo, áreas de mata nativa tendem a manter temperaturas mais baixas em comparação com pastagens ou áreas cultivadas, devido à sua maior capacidade de refletância da luz. Isso afeta tanto o microclima quanto o macroclima das regiões. O sensoriamento remoto, com dados capturados por sensores orbitais, é fundamental para ajudar os pesquisadores a entender melhor essas dinâmicas. Uma vez que, os satélites desempenham um papel crucial na caracterização detalhada, no mapeamento preciso e na quantificação das mudanças (Leite, 2011).

Atualmente, face ao avanço das geotecnologias e a disponibilidade de diversos softwares capazes de fazer o processamento digital de imagens, obter dados médios anuais de grandes áreas tem se tornado uma tarefa mais viável e otimizada, principalmente quando utilizadas plataformas de computação em nuvem, o qual não exige que o usuário tenha uma máquina de alta capacidade de processamento de dados.

O desenvolvimento da pesquisa, é motivada pela necessidade de compreender alguns problemas inseridos na Microrregião de Alfenas, dentre eles, destaca-se a necessidade de

entender a correlação entre uso e cobertura da terra e temperatura de superfície, tendo em vista que a região é marcada por cultivos agrícolas sobretudo o café, e nos últimos anos houve um avanço significativo das culturas anuais no território em questão.

Isto posto, a pesquisa tem como objetivo, utilizar da estatística zonal, para entender se existe correlação e associação entre as variáveis definidas. Logo, surge o questionamento se a utilização dessa hipótese poderá apontar caminhos para o monitoramento do meio físico para área de estudo, tendo em vista a associação entre as variáveis uso da terra e temperatura de superfície no recorte temporal de 8 anos.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

- Com o auxílio da estatística zonal e por meio das geotecnologias, esta pesquisa, teve como objetivo central, entender as dinâmicas do uso e cobertura da terra e a temperatura de superfície na Microrregião de Alfenas, Minas Gerais. Tendo como recorte temporal o período de 8 anos.

2.2 Objetivos específicos

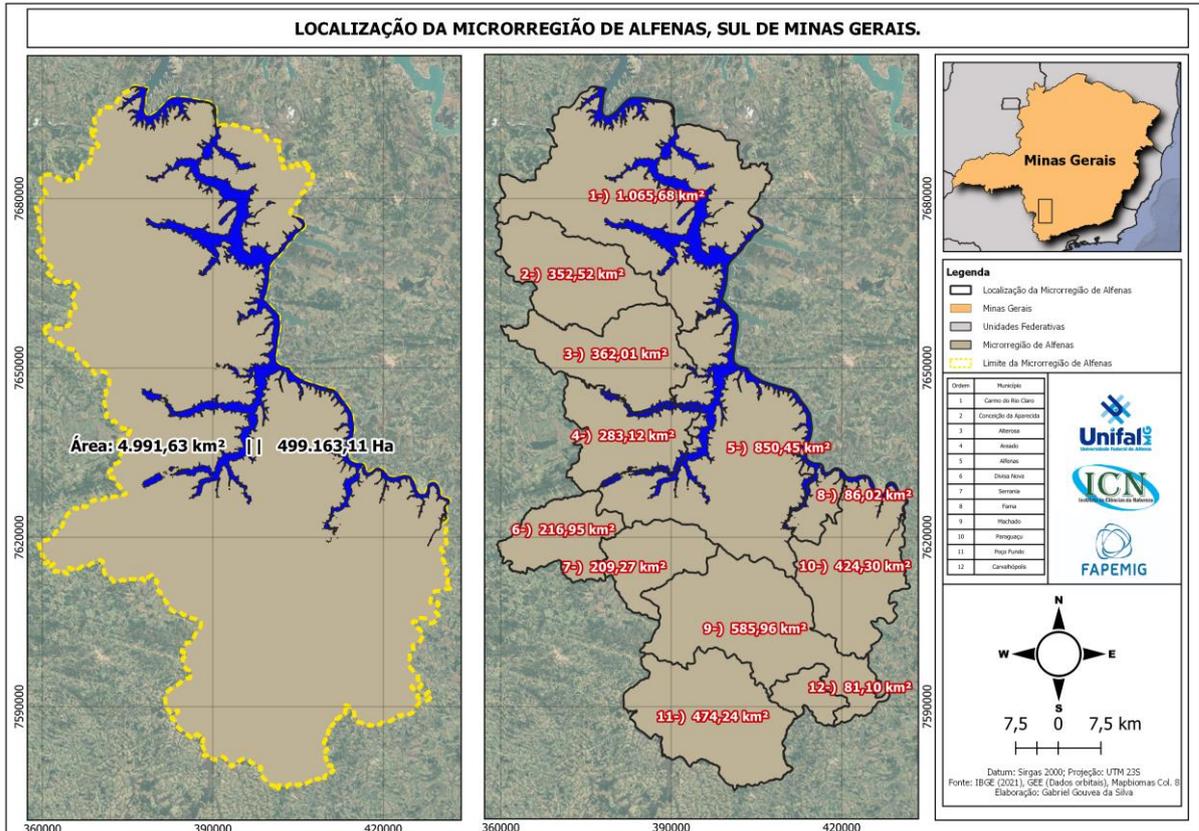
- Entender as dinâmicas do uso e cobertura da terra da Microrregião de Alfenas, MG por meio de séries temporais dos produtos do Map Biomas;
- Entender como as variações no uso e cobertura da terra influenciam a temperatura de superfície na área de estudo decorrer dos 8 anos;
- Realizar todo o processamento digital de imagens na plataforma do GEE para obtenção dos produtos médio anuais;
- Interpretar, quantificar, analisar e elaborar os produtos finais da pesquisa;

3 Localização da área de estudo

A microrregião de Alfenas localiza-se no sul e sudoeste de Minas Gerais, contemplando aproximadamente 300.000 mil habitantes, concebendo 12 municípios (figura 1). Segundo IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, a área de estudo se destaca por ser um setor agrícola com destaque na produção de monoculturas.

Alfenas e Machado são municípios que se destacam devido a presença das universidades (Universidade Federal de Alfenas e Instituto Federal Sul de Minas), além de indústrias e redes de comércios. Já o município de Carmo do Rio Claro se destaca por contemplar um turismo vinculado ao lago de Furnas.

Figura 1: Localização da Microrregião de Alfenas, Região Sul de Minas Gerais.



Fonte: Autor, 2024.

Com aproximadamente 500 mil hectares, a área é marcada por intensas atividades humanas, que incluem agricultura, urbanização e utilização dos recursos hídricos. Essas atividades têm causado transformações significativas no Uso da terra e no meio ambiente, o que pode resultar em consequências como a degradação do solo, alterações nos padrões de uso da terra e impactos na biodiversidade local. O objetivo é entender melhor essas mudanças e seus efeitos, proporcionando análises valiosas para o planejamento e gestão ambiental na região.

4 Referencial teórico

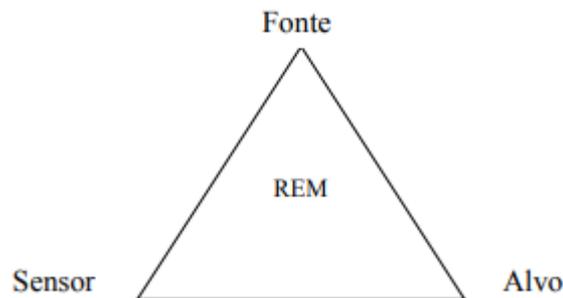
4.1 Sensoriamento Remoto

Ponzoni e Novo (2001), fazem uma breve introdução ao histórico do sensoriamento remoto na obra intitulada “*Introdução ao Sensoriamento Remoto*”. O desenvolvimento inicial do sensoriamento remoto (SR) está diretamente relacionado ao avanço e aprimoramento das fotografias, sobretudo a pesquisa espacial. Os conceitos relacionados a fotogrametria e fotointerpretação são anteriores, sendo recomendado o uso de fotografias aéreas em 1840 para fins topográficos. Devido seu desenvolvimento, em 1858 já se utilizava de fotografias aéreas para mapeamento topográfico de grandes áreas feitas por balões. Os autores ainda relatam que as primeiras fotointerpretações para fins vegetativos datam o ano de 1956 nos Estados Unidos, já no Brasil, as primeiras fotografias aéreas foram feitas na escala de 1:25.000 no Vale do Rio Paraíba a fim de mapear a fisiografia da região.

Segundo Ponzoni e Novo (2001), o sensoriamento remoto caracteriza dois ramos de pesquisa, pois a princípio tem-se como já mencionado, a aerofotogrametria e a fotointerpretação, vem em contrapartida aos avanços tecnológicos que desenvolveram sensores mais precisos, sensíveis e etc. Já na década de 60, o termo Sensoriamento Remoto aparece pela primeira vez, e possuía como significado, aquisição de informação sobre um determinado ambiente, sem estar em contato direto com o mesmo. A partir da década de 70, o projeto RADAM que visava o uso do radar na Amazônia, permitiu o reconhecimento de aproximadamente 8,5 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro pelo sistema GEMS (Goodyear Electronic Mapping System) na banda X já no final de 1980.

A definição tradicional de Sensoriamento Remoto, está relacionada com um conjunto de informações sobre os alvos sem que haja o contato físico, na figura a seguir é possível observar os principais elementos (figura 2).

Figura 2: Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto

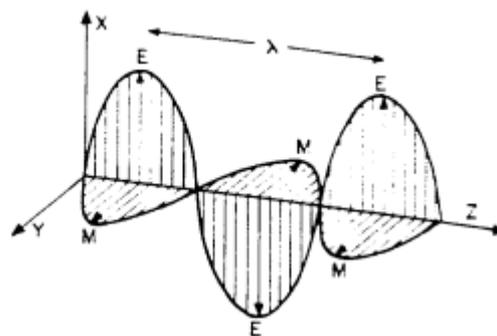


Fonte: PONZONI, F. e NOVO, E., p. 6, 2001.

No centro do triângulo, destaca-se a Radiação Eletromagnética, elemento importantíssimo para que os sensores sejam capazes de coletar e registrar a REM refletida ou emitida pelos alvos de interesse (PONZONI e NOVO, 2001).

Tendo em vista que a REM é um elemento fundamental para identificação dos alvos, a REM emite determinados pulsos, se propagando em ondas geradas por oscilações do campo eletromagnético (PONZONI e NOVO, 2001).

Figura 3: Flutuações dos campos elétrico e magnético de uma onda.



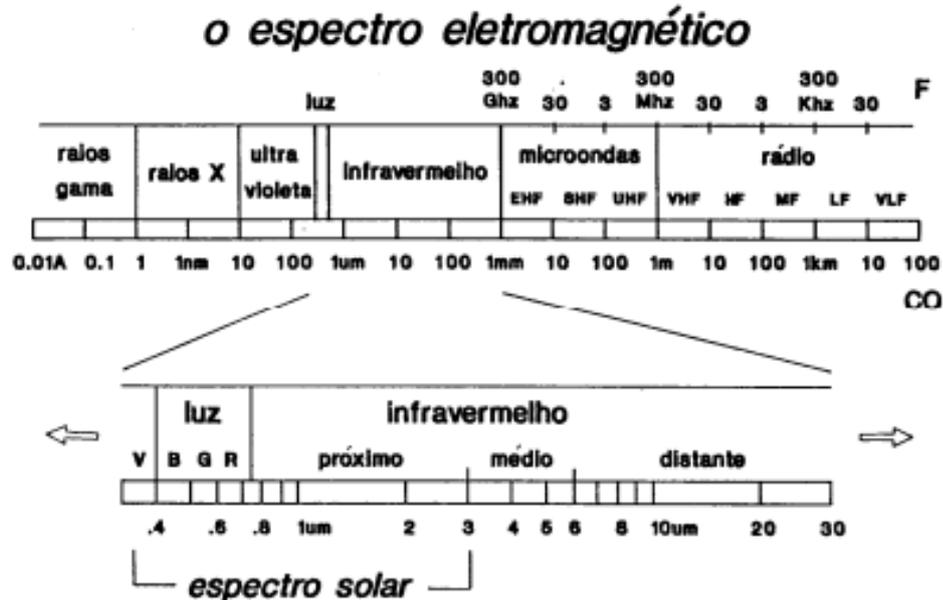
E= Campo Elétrico;
M= Campo Magnético;
XZ= Plano de excitação do campo elétrico;
YZ= Plano de excitação do campo magnético;
Z= Direção de propagação da onda eletromagnética;
 λ = Comprimento de onda;

Fonte: NOVO, 1989 apud PONZONI, F. e NOVO, E., p. 7, 2001.

Portanto, a radiação eletromagnética além de emitir pulsos ondulatórios, é também compartimentada ou subdividida em comprimentos de onda, denominado de Espectro

Eletromagnético, sendo compartimentado por regiões espectrais (PONZONI e NOVO, 2001).

Figura 4: O espectro eletromagnético e suas principais regiões.



Fonte: PONZONI, F. e NOVO, E., p. 8, 2001.

Em relação aos comprimentos de onda (figura 4), os mais utilizados para fins do SR no meio físico são: visível, infravermelho próximo, infravermelho médio e microondas (PONZONI, F. e NOVO, E., p. 9, 2001).

Para Novo (2010) Os sistemas sensores disponíveis atualmente fornecem grande quantidade de dados da superfície da terra, pelo qual é possível utilizar desses dados orbitais para diversas aplicações, dentre elas:

Urbano (Inferências demográficas, cadastro, planejamento urbano, suporte ao setor imobiliário); Agrícolas (condição das culturas, previsão de safras, erosão de solos); Geológicas (minerais, petróleo, gás natural); Ecológicas (regiões alagadas, solos, florestas, oceanos, águas continentais); Florestais (produção de madeira, controle de desflorestamento, estimativa de biomassa); Cartográficas (mapeamento topográfico, mapeamento temático, atualização da terra); Oceanográficas (produtividade primária, monitoramento de óleo, estudos costeiros, circulação oceânica e etc.); Hidrológicas (mapeamento de áreas afetadas por inundações, avaliação de consumo de água por irrigação, modelagem hidrológica); Limnológicas (caracterização da vegetação aquática, identificação de tipos de água; avaliação do impacto do uso da terra em sistemas aquáticos); Militares, e muitas outras (NOVO, p. 31, 2010).

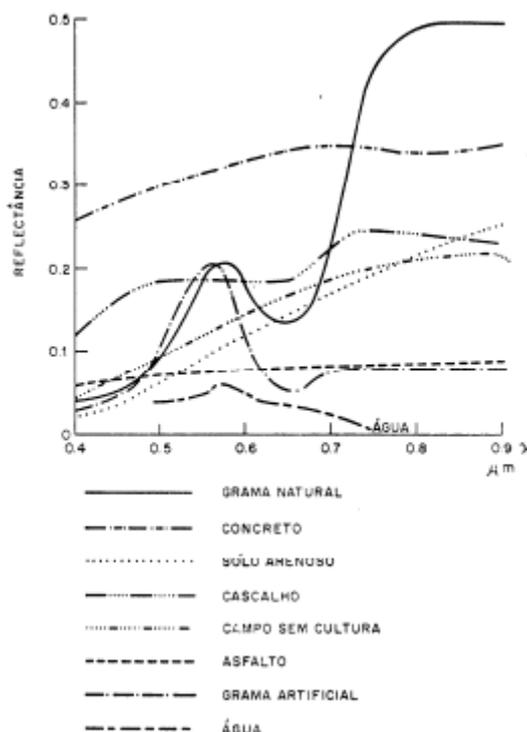
Essas aplicações possuem requisitos que devem ser respeitados, pois cada sensor possui resoluções temporais, radiométricas, espaciais e espectrais diferentes, sendo, portanto, indispensáveis ao analisar o objeto de estudo em questão.

Segundo Novo (2010), o sensoriamento remoto pode ser compartimentado em dois subsistemas, o primeiro seria relacionado a Aquisição de Dados de Sensoriamento Remoto e o segundo voltado à Produção de Informações. Para a autora, o primeiro diz respeito a fonte de radiação, satélites, sensores e centro de dados. O segundo, é composto por informações de solos para calibragem dos dados, processamento de imagens e geoprocessamento.

Em relação aos sistemas orbitais, o programa Landsat foi de suma importância para o Brasil, pois capacitou uma ampla comunidade de pesquisadores e usuários. Em 1973 esses dados chegam e contam com uma vasta infraestrutura de recepção pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), (NOVO, 2010). A linha Landsat possuía até 2007 uma série de 7 satélites. A partir do quarto satélite, foi planejada uma melhoria na capacidade de aquisição de dados orbitais com a inserção de sensores mais novos e de melhores tecnologias que seriam capazes de fazer processamentos das informações mais rápidas. Os satélites Landsat 4 e Landsat 5, simbolizaram a transição entre a antiga e a nova geração dos sistemas orbitais. Já os satélites Landsat-6 e Landsat-7 diferentes dos antecedentes, esses foram construídos a fim de terem uma carga útil somente um sensor, o ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus (NOVO, 2010). Em 2013 foi lançado o satélite Landsat 8, o qual proporcionou uma melhoria na qualidade radiométrica das imagens. Em 2015, a NASA/USGS com o programa SLI (Sustainable Land Imaging) procurou melhorar as imagens terrestres dos Estados Unidos, sendo o Landsat 9 o primeiro satélite da missão SLI dando continuidade ao Landsat 8 em 2021 fornecendo melhorias na qualidade dos dados (MASEK et al., 2020).

Estudar os alvos na superfície por sensores remotos, exige do pesquisador habilidades de fotointerpretação dos objetos refletidos e capturados pelos satélites. Compreender o comportamento espectral dos objetos, contempla a reflexão, transmissão e absorção (PONZONI, F. e NOVO, E., 2001). A figura 6, contempla a reflectância de alguns alvos, o qual na região do visível (0,4 a 0,7 μm) são mais próximas, diferentemente da faixa do comprimento de onda do infravermelho próximo (0,7 a 0,9 μm).

Figura 5: Curvas de Reflectância para alguns recursos naturais.



Fonte: PONZONI, F. e NOVO, E., p. 42, 2001.

Ao observar a figura 5, é possível compreender a reflectância da forma como os alvos recebem a REM incidentes sobre o mesmo. Esse conceito não deve ser generalizado, pois questões envolvendo a Assinatura Espectral dos objetos (forma geométrica por exemplo) podem modificar tal interação. Logo, o comportamento espectral dos objetos imageados são de suma importância para que o fotointérprete extraia informações sobre determinada área, quer seja por fotografia aérea ou por imagem de satélite (PONZONI, F. e NOVO, E., 2001).

4.2 Geoprocessamento

Segundo Xavier-da-Silva (2016), o Geoprocessamento engloba conhecimentos associados aos desenvolvimentos tecnológicos atuais, sobretudo relacionados ao sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográficos (SIG). O geoprocessamento atua como grande ferramenta de auxílio ao apoio à decisão, quando agregado e associado os devidos procedimentos em SIG. Para o autor, o termo “Geoinclusão”, é a integração de diferentes tipos de dados, o que provê um ganho de conhecimento no apoio à decisão.

O geoprocessamento, transforma dados georreferenciados em informações para estudos em diversos eixos do conhecimento. As pesquisas ambientais para Xavier-da-silva (2016), devem ser acompanhadas de ferramentas capazes de compreender as potencialidades e fragilidades no território. Para o autor, as pesquisas ambientais no Brasil devem ser direcionadas a esse entendimento de geração de mapas e dados de apoio à decisão.

No caso das pesquisas ambientais, existem vários métodos capazes de fornecer esse apoio a gestão ambiental, no âmbito do geoprocessamento, tal opção é compreendida quando exercido em ambiente SIG, agregação de diversas variáveis relacionadas a determinado objetivo demandado pelos gestores, a fim de apoiar decisões (XAVIER-DA-SILVA, 2016).

4.3 Ecodinâmica

A partir da ideia de Tricart (1977), de que o ser humano modifica a paisagem e é modificado pelas condições do ecossistema, podemos observar que as atividades humanas (como agricultura, urbanização, desmatamento, etc.) alteram o ambiente de maneiras significativas, impactando o clima local, incluindo a temperatura de superfície. Quando a terra é usada para agricultura ou urbanização, por exemplo, a temperatura de superfície pode aumentar devido à alteração do uso do solo. O desmatamento reduz a capacidade de absorção de carbono pelas árvores, aumentando o aquecimento global, o que é um reflexo de como as modificações humanas no ecossistema podem alterar o comportamento térmico da superfície terrestre.

Cassetti (2005) discute as abordagens geomorfológicas e as interações entre os seres humanos e o ambiente, o que inclui a influência humana sobre o relevo e os ecossistemas. O uso da terra e suas modificações, como a alteração dos padrões de vegetação (desmatamento, por exemplo), afetam diretamente o microclima local, contribuindo para o aumento da temperatura de superfície. Além disso, práticas como a agricultura intensiva podem modificar as características do solo, alterando a radiação solar absorvida e a quantidade de calor liberado, impactando ainda mais as temperaturas locais.

A ideia de fisiologia da paisagem (Ab'Saber) trata das modificações que os seres humanos fazem no relevo e no ecossistema, incluindo como as ações antrópicas influenciam a temperatura de superfície. Por exemplo, a urbanização provoca a criação de "ilhas de calor" nas cidades, onde a temperatura de superfície é significativamente mais alta devido à grande concentração de concreto, asfalto e a falta de vegetação. O estudo de como esses

modificadores atuam no ambiente é essencial para entender como o uso da terra afeta o clima local (CASSETI, 2005).

4.4 Uso da Terra

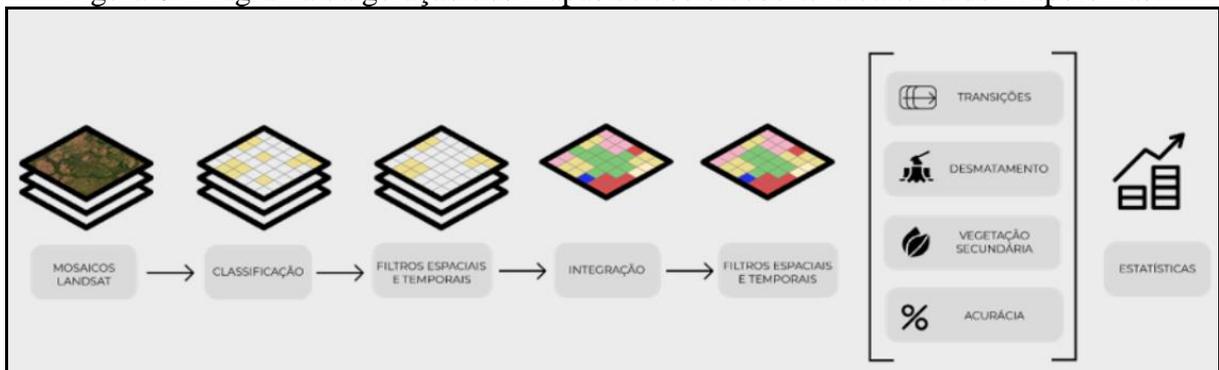
O desenvolvimento dos estudos sobre mudanças no Uso da terra, surgiram das preocupações com o aumento do desmatamento e das intensificações das ações antrópicas a partir de 1970. Inicialmente focada no aumento das causas do desmatamento, essa área agora expandiu-se seu escopo para incluir de forma mais sistemática a perda de biodiversidade, a degradação do solo, a emissão de gases de efeito estufa, e a capacidade biológica dos sistemas naturais, entre outros aspectos. (CALDAS et al., 2003; LAMBIN; GEIST, 2006; URIARTE; SCHNEIDER; RUDEL, 2010 apud Côrtes, J.C. e D'Antona, Á.O, 2014).

Segundo MORAES et al, (2011) a intensificação do uso da terra resulta em um aumento do solo exposto, uma vez que as práticas agrícolas têm se intensificado e se tornado cada vez mais evidentes. Os sistemas agroflorestais podem ser uma alternativa para mitigar o impacto do uso inadequado do solo. Esses sistemas podem ser classificados em três tipos distintos: silviculturais-agrícolas, silvopastoris e agrosilvopastoris (MAY E TROVATTO, 2008; ENGEL, 1999 apud MORAES et al, 2011). O manejo desses sistemas está associado a melhores condições térmicas, qualidade superior dos alimentos por meio da agricultura orgânica, segurança alimentar, regulação hidrográfica e condições microclimáticas aprimoradas (MORAES et al, 2011). Um exemplo desses benefícios é o modelo de agrofloresta estratificada, que, segundo a Embrapa (2011), contempla a estrutura e a diversidade necessárias para a restauração e arborização de ambientes degradados. Ross (1990) destaca a importância da geografia na análise ambiental, afirmando que “[...] é primeiramente um espaço, humano ou não, que é eminentemente geográfico” (p. 16). O autor enfatiza que a geografia precisa da geomorfologia para o estudo da terra, pois a análise do espaço envolve não apenas aspectos físicos, mas também socioeconômicos. Isso confere à ciência geográfica um papel privilegiado nas análises ambientais (ROSS, p. 19, 1990).

4.4.1 Plataforma Mapbiomas Uso e Cobertura da Terra

No âmbito do uso e cobertura do solo, as plataformas Mapbiomas atendem pesquisadores e gestores que buscam trabalhar com grandes áreas, uma vez que a resolução espacial do dado disponibilizado possui 30 metros. Os mapas anuais de cobertura e uso da terra do MapBiomas são produzidos através de classificações supervisionadas de imagens obtidas pelos satélites Landsat. Esse processo é conduzido utilizando algoritmos avançados de aprendizado de máquina na plataforma Google Earth Engine, que oferece uma extensa capacidade de processamento em nuvem, o que viabiliza tal processamento (Mapbiomas, 2024). A figura 6, apresenta as etapas utilizadas pela plataforma para elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra.

Figura 6: Diagrama da geração dos mapas de uso e cobertura da terra do Mapbiomas.



Fonte: Mapbiomas, 2024.

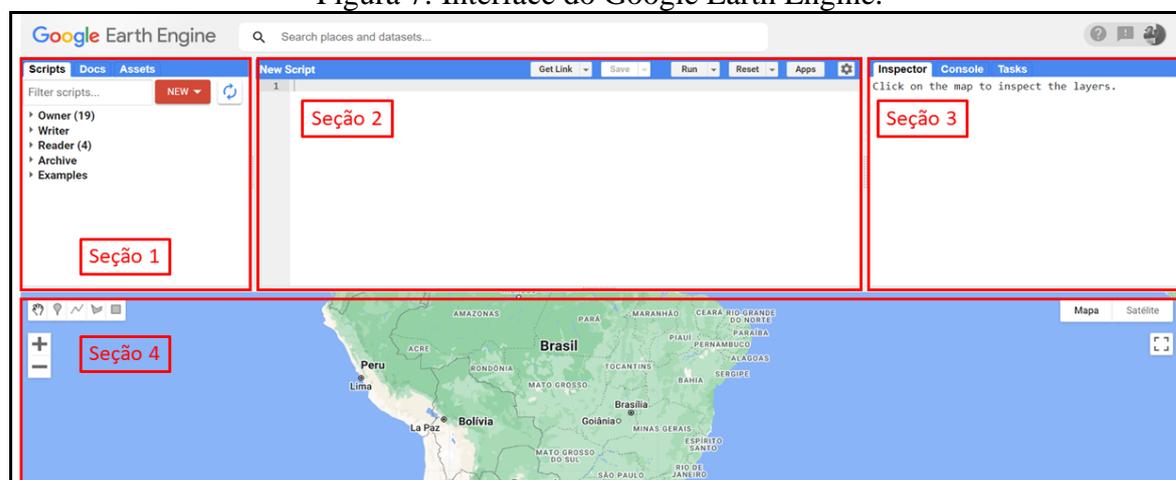
Os analistas do MapBiomas utilizam um algoritmo de classificação supervisionado conhecido como “random forest”, que opera na infraestrutura de processamento em nuvem do Google Earth Engine. Baseado em aprendizado de máquina, o algoritmo é treinado com amostras específicas para cada tema a ser classificado. Essas amostras são obtidas a partir de mapas de referência com composições RGB, mapas de classes estáveis das séries anteriores do MapBiomas e pela interpretação visual direta das imagens do Landsat. A classificação é realizada anualmente, com a possibilidade de consolidar os dados em um único mapa por classe, onde cada pixel da imagem representa a camada correspondente ao número de anos analisados (MapBiomas, 2024).

4.5 Google Earth Engine

A plataforma do Google Earth Engine (GEE) abriga uma vasta gama de dados referentes ao Sensoriamento Remoto, da ordem de Petabytes. É possível nesta plataforma trabalhar com MDE da missão SRTM; séries históricas do Landsat, MODIS, Sentinel-1 e dentre outros catálogos (Cho et al, 2021). A plataforma GEE também viabiliza o processamento de informações em nuvem de seus próprios bancos de dados, além de permitir o upload de shapefiles e dados Rasters, além da exportação em ambos os formatos e até mesmo em CSV. Trata-se de uma ferramenta de programação que possibilita a interação com os usuários por meio do desenvolvimento de scripts em linguagem de programação Javascript. Também é possível se for de preferência do usuário programar Python na plataforma. Além disso, é possível utilizar scripts prontos disponíveis na plataforma ou desenvolvidos por outros pesquisadores (Cho et al, 2021).

O GEE é nos dias atuais uma plataforma gratuita para pesquisa, educação e usos que não visam fins lucrativos. Logo, essa plataforma está inovando a área do sensoriamento remoto e o processamento digital de imagens, pois otimiza o tempo de processamento de dados que em SIGs convencionais demoraria horas ou dias. Com o GEE é possível processar dados de Estados e Países em poucos segundos, escrevendo apenas algumas linhas de códigos, exigindo somente uma pouca conexão com a internet. A plataforma está hospedada na página da web, podendo acessar o code editor pelo seguinte link: (<https://code.earthengine.google.com/>), se estruturando em: (i) Code Editor, onde escrevemos as linhas de códigos; (ii) a janela com três abas à esquerda, scripts, onde salvamos nossos códigos; Docs, é local onde encontramos as ferramentas do GEE; e Assets, que é a aba onde fica hospedados todos os arquivos importados para a plataforma; (iii) a janela à direita: com o Inspector é possível obter informações de um único ponto ao clicar; o Console é onde vemos as informações através da ferramenta `.print()`; e Tasks é a janela que clicamos para exportar nossos dados para o drive. (iv) o GEE usa por padrão a projeção, pseudo-mercator e datum WGS-84. Essas, portanto, são algumas informações necessárias para começar a manipular dados na plataforma (LOBO, 2020). Na figura abaixo, é possível visualizar as estruturas mencionadas (Figura 7).

Figura 7: Interface do Google Earth Engine.



Fonte: Autor, 2024.

Na Seção 1, estão localizados os scripts e as importações que o usuário realiza na plataforma. Em seguida, a Seção 2 é dedicada ao editor de códigos, onde o pesquisador desenvolve e edita seus scripts. A Seção 3 apresenta a janela de visualização das propriedades dos dados, e por fim, a Seção 4 é onde os mapas são exibidos.

Na plataforma, constantemente são implementados novos catálogos de imagens e operações que podem ser utilizadas para mapeamentos de uso e cobertura da terra e classificações orientadas a objetos através de redes neurais e árvores de decisão (Cho et al, 2021).

4.6 Estatística Zonal

O `QgsZonalStatistics` é uma classe do PyQGIS utilizada para calcular estatísticas zonais em camadas vetoriais, sendo amplamente aplicada em análises geoespaciais. Essa ferramenta permite obter média, soma, contagem de pixels, mínimo, máximo, desvio padrão, variância e dentre outras aplicações. A partir de uma camada rasters, o cálculo dos valores mencionados pode ser efetuado dentro de zonas definidas por geometrias de uma camada vetorial (máscaras). O funcionamento do `QgsZonalStatistics` envolve a integração de uma camada vetorial com um arquivo raster. Durante o processamento, as estatísticas são calculadas para cada delimitação da camada vetorial, considerando os valores do raster que se sobrepõem a essa área. Os resultados são agregados como novos atributos na camada vetorial,

sendo possível adicionar um prefixo personalizado aos nomes das colunas geradas, facilitando a identificação das estatísticas calculadas (API Python do QGIS 3.34, 2024).

Essa funcionalidade é especialmente útil em cenários que demandam a análise de informações agregadas sobre regiões específicas, como a média de precipitação em áreas agrícolas, o desvio padrão de elevação em terrenos, ou a soma de valores em zonas de planejamento urbano. Onde a integração de informações vetoriais e raster é essencial para uma compreensão detalhada do território.

5 Metodologia

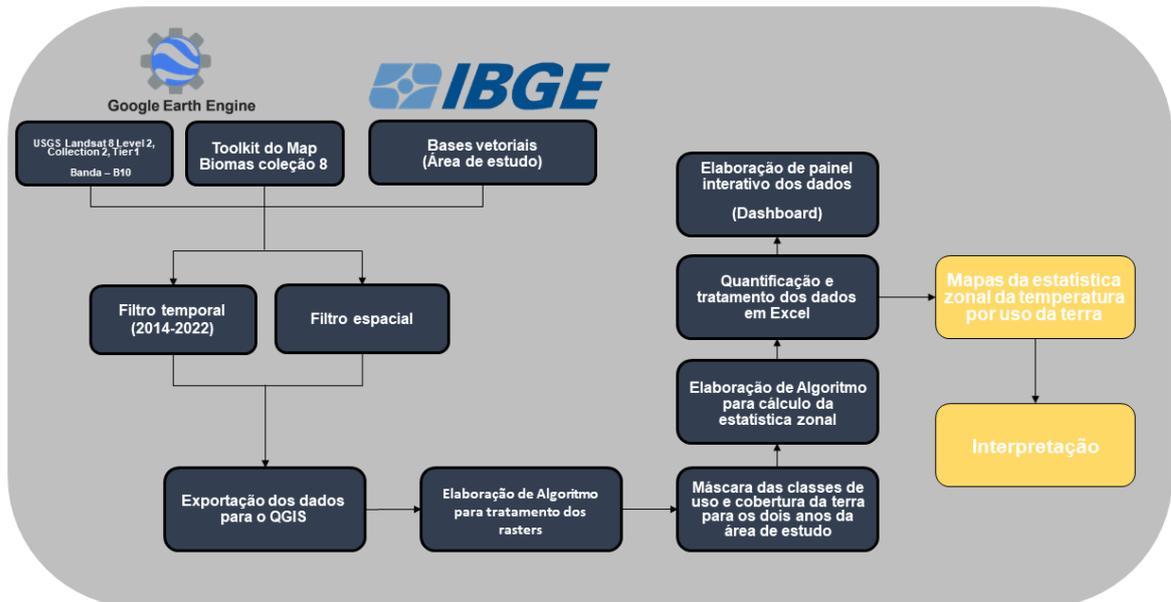
Como já foi previamente mencionado, a presente pesquisa visou, com o auxílio das geotecnologias, estabelecer uma relação entre duas variáveis específicas: o uso e a cobertura da terra e a temperatura da superfície. Este estudo abrangeu um período de 8 anos, com foco na Microrregião de Alfenas, situada no estado de Minas Gerais.

Os dados relativos ao uso e à cobertura da terra utilizados nesta pesquisa foram obtidos por meio do toolkit do Mapbiomas, que oferece um conjunto abrangente e detalhado de informações sobre as mudanças no uso da terra e na cobertura terrestre, o que é essencial para a análise temporal e espacial proposta. Por outro lado, as informações sobre a temperatura de superfície foram extraídas da biblioteca no Google Earth Engine do satélite landsat-8, plataforma pelo qual proporciona acesso a uma vasta gama de dados orbitais, bem como ferramentas avançadas para processamento e análise de grandes volumes de dados geoespaciais.

No Qgis, trabalhou-se com a estatística zonal, que é uma metodologia que faz a média da temperatura por classe de uso da terra. No presente trabalho, como a temperatura foi reclassificada em 5 classes, a estatística zonal irá fazer a média da classe de temperatura por cada máscara de uso da terra para os 12 municípios da microrregião de Alfenas, em 2014 e 2022.

Na sequência, destaca-se o fluxograma de trabalho adotado para realização da pesquisa, tendo como principais fontes de dados a plataforma do Google Earth Engine e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Figura 8: Fluxograma de trabalho

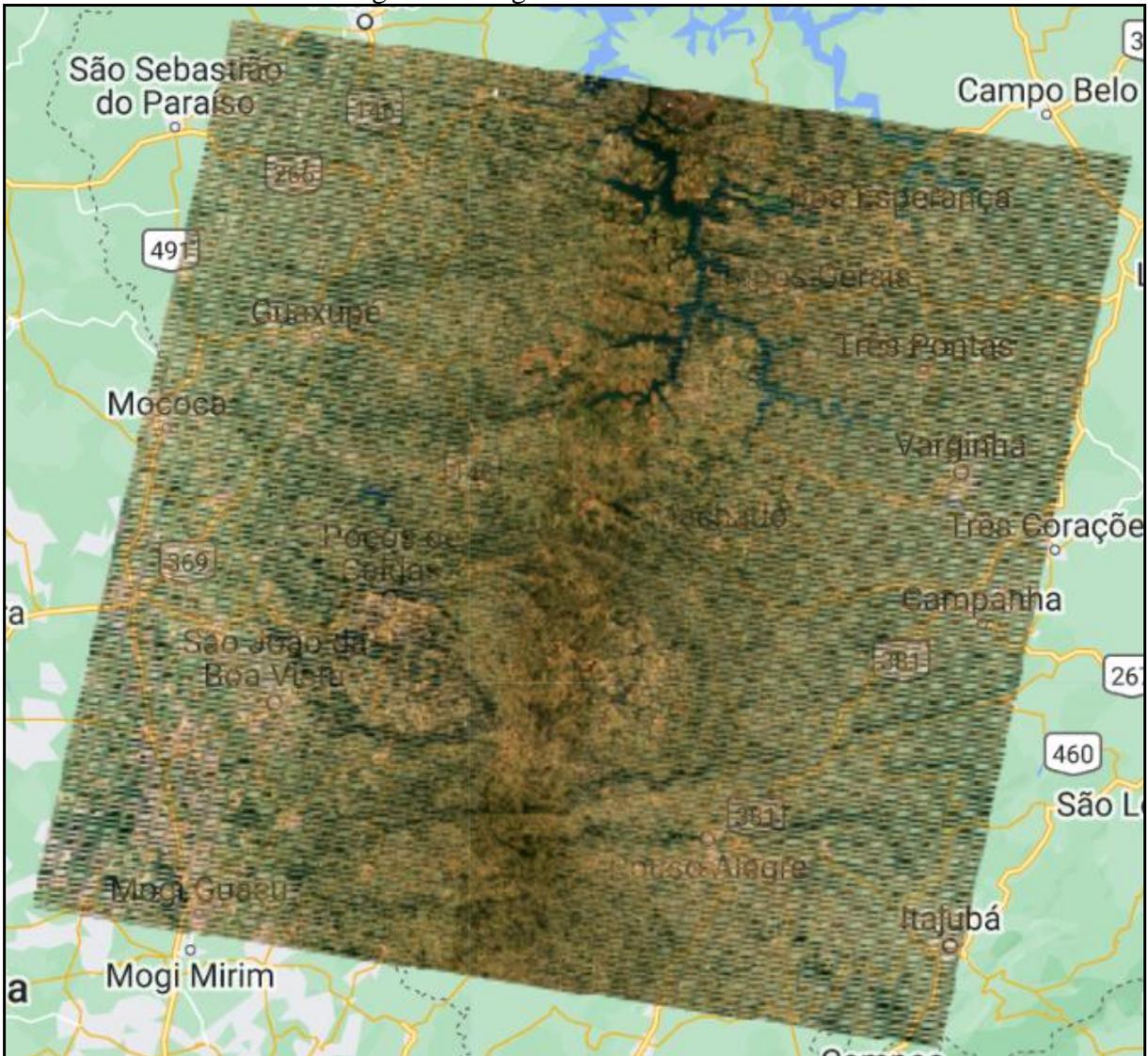


Fonte: Autor, 2024.

A combinação dessas fontes de dados permitiu uma avaliação detalhada das relações entre as mudanças no uso e cobertura da terra e as variações na temperatura de superfície ao longo do tempo. O emprego dessas tecnologias, plataformas e o software QGIS, proporcionaram não apenas a obtenção de uma visão mais precisa e abrangente das dinâmicas ambientais na Microrregião de Alfenas, mas também a contribuição para a compreensão mais profunda dos impactos das alterações na cobertura da terra sobre as temperaturas locais.

A escolha dos anos deu-se devido à disponibilidade de imagens presente na área de estudo. Inicialmente, objetivou-se trabalhar com recorte temporal de 38 anos, porém, os dados disponíveis para os respectivos anos não se apresentaram fidedignos, uma vez que o satélite Landsat-7 apresenta ruídos nas imagens disponibilizadas conforme ilustrado a seguir.

Figura 9: Imagem do dia 17-07-2005.



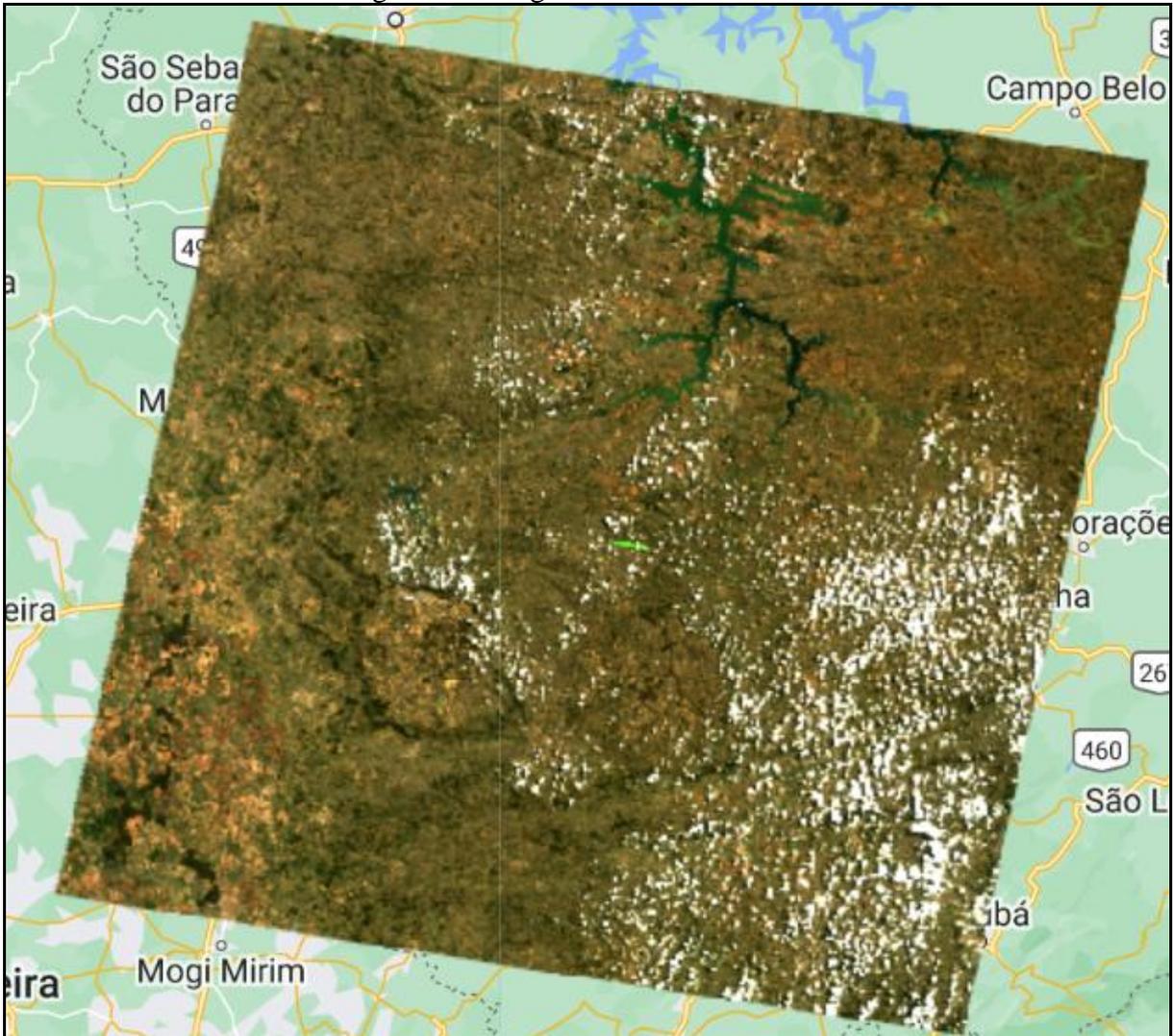
Fonte: Google Earth Engine (USGS Landsat 7)

Segundo CHEN et al. (2011 apud, Mas et al, 2020), destaca que, a partir de 31 de maio de 2003, o satélite Landsat 7 sofreu uma falha técnica no seu equipamento eletromecânico conhecido como Correção de Linha de Varredura (SLC) acarretando em imagens com áreas vazias (sem dados), resultando na perda de aproximadamente 22% das informações coletadas.

Outro fator significativo que influenciou a decisão sobre os anos mencionados foi a alta frequência de nuvens observada nas imagens capturadas pelo satélite Landsat-5 na Órbita-Ponto da área de estudo. A imagem com menor quantidade de nuvens mostrou uma cobertura de apenas 4% (Figura 10). Esta condição limitada de visibilidade nítida da

superfície é crucial, pois afeta diretamente a precisão das análises e interpretações realizadas com base nessas imagens.

Figura 10: Imagem do dia 23-09-1992.



Fonte: Google Earth Engine (USGS Landsat 5)

Portanto, a escolha dos anos para análise foi profundamente impactada por essa questão, priorizando períodos em que a interferência das nuvens fosse minimizada, para garantir a qualidade dos dados e a confiabilidade dos resultados obtidos. Com base nisso, entendeu-se que os anos seguintes ofereceram dados com maior acurácia. Assim, esses anos foram priorizados para garantir a qualidade das análises e a confiabilidade das informações derivadas das mesmas, reduzindo o impacto de interferências atmosféricas e melhorando a precisão das avaliações realizadas.

5.1 Processamento no Google Earth Engine

No ambiente do GEE, foram produzidos dois scripts com a finalidade de trabalhar com os anos de 2014 e 2022. Inicialmente para dar os primeiros passos na elaboração do script, as primeiras linhas de processamento correspondem à indicação da área de estudo (linha 15). A partir da linha 18 do código, é fornecido ao sistema, uma função correspondente a criação de uma máscara de nuvem para as imagens da toda a coleção, evitando qualquer tipo de interferência no processamento. Esta função de máscara, pode ser obtida acessando as propriedades da coleção de interesse, ficando disponível aos usuários.

```

14 // ===== Área de estudo =====
15 var roi = ee.FeatureCollection('users/gabrielgouvea/microrregiao_alfenas');
16
17 // ===== Máscara de nuvem - LS8 (Reflectância de Superfície) =====
18 var mask = function maskL8sr(image) {
19   // Bit 0 - Fill
20   // Bit 1 - Dilated Cloud
21   // Bit 2 - Cirrus
22   // Bit 3 - Cloud
23   // Bit 4 - Cloud Shadow
24   var qaMask = image.select('QA_PIXEL').bitwiseAnd(parseInt('11111', 2)).eq(0);
25   var saturationMask = image.select('QA_RADSAT').eq(0);
26
27   // Apply the scaling factors to the appropriate bands.
28   var opticalBands = image.select('SR_B.').multiply(0.0000275).add(-0.2);
29   var thermalBands = image.select('ST_B10').multiply(0.00341802).add(149.0);
30
31   // Replace the original bands with the scaled ones and apply the masks.
32   return image.addBands(opticalBands, null, true)
33     .addBands(thermalBands, null, true)
34     .updateMask(qaMask)
35     .updateMask(saturationMask);
36 };

```

Os passos seguintes, após indicar a área de estudo e a função de máscara, é destacar a coleção que se deseja trabalhar, na presente pesquisa, utilizou as imagens, *USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1*, além disso foram aplicados os filtros de interseção das imagens com a área de estudo; filtro de datas; filtro de nuvens; ferramenta *‘.map’* para aplicar a função de máscara na coleção; e foi utilizado a ferramenta *‘.sort’*, que busca organizar a visualização das informações. Por fim, é necessário visualizar os dados no console através da ferramenta *‘print’*, pois ela auxilia na análise da quantidade de imagens que se encontram disponíveis para serem trabalhadas.

```

38 // ===== Landsat 8 =====
39 var ls8 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")
40   .filterBounds(roi) // Filtro de interseção com a área
41   .filterDate('2022-01-01', '2022-12-31') // Filtro de datas
42   .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_than', 1) // Filtro de nuvens
43   .map(mask) // Aplica a função de nuvens na coleção
44   .sort('system:time_start'); // Organiza a visualização
45
46 print ('2022:', ls8); // Visualiza os dados no Console

```

Na sequência, após processar as imagens e certificar que o processamento foi efetuado com sucesso e segurança. O próximo passo foi transformar a coleção de imagens em uma única imagem, ou seja, com a ferramenta `.mean` a coleção foi submetida a um cálculo de média, e posteriormente foi recortada para área de estudo através da ferramenta `.clip`.

Ademais, como ilustrado abaixo, na linha 52 é indicado o valor da banda do infravermelho termal (ST_B10), ao qual é subtraído 273,15 que corresponde ao zero absoluto. Esse procedimento resulta na determinação da temperatura da superfície em graus celsius.

```

48 // Aplicação da média e recortes da área na coleção
49 var colecao_ls8 = ls8.mean().clip(roi);
50
51 // Seleção da banda thermal
52 var thermal_colecao = colecao_ls8.select('ST_B10').subtract(273.15); // Subtração do zero absoluto

```

Os passos acima, são procedimentos sequenciais que devem ser respeitados, pois, uma inversão de variável, ferramentas ou funções, podem resultar em erros no processamento. Nas linhas subsequentes do código, é realizada uma sequência de operações para visualizar os mapas e exportar os rasters para o Google Drive. Especificamente, a funcionalidade da linha 55 é centralizar a área de estudo no mapa, garantindo que a visualização esteja focada na região de interesse. Em seguida, a linha 58 é responsável pela exibição do mapa de temperatura, permitindo a análise visual das variações térmicas na área estudada. Por último, a linha 59 exibe a média feita da coleção, fornecendo uma visão geral do valor médio para a área de estudo.

```

54 // ===== Centralização da área de estudo =====
55 Map.setCenter(-46.03, -21.3583, 9);
56
57 // ===== Visualização da temperatura média de 2022 =====
58 Map.addLayer(thermal_colecao, vis_thermal, 'Termal - 2022');
59 Map.addLayer(colecao_ls8, imageVisParam, 'Média - 2022');

```

As linhas 62 a 68 do código são responsáveis pelo processamento de exportação dos mapas para o Google Drive. Este processo inclui a configuração e execução das operações necessárias para transferir os arquivos rasters para a nuvem, onde ficam armazenados de

maneira acessível e de fácil acesso. Nesta exibição, as informações são referentes ao ano de 2022, porém, o mesmo código se aplica ao ano de 2014, mudando somente os nomes e a data propriamente dita.

```

61 // Exportar dados
62 Export.image.toDrive({
63   image: thermal_colecao, // Base de dados processada
64   description: 'Temp_media_2022', // Nome de saída do arquivo
65   folder: 'DADOS IC - TEMPERATURA', // Noma da pasta no Drive
66   scale: 30, // Resolução em metros para o arquivo Raster
67   region: roi, // Região de interesse
68 });

```

Uma vez que os arquivos são transferidos para o Google Drive, eles se tornam acessíveis para download e podem ser posteriormente importados para softwares GIS. No presente trabalho, foi escolhido o QGIS versão 3.16 para a realização de análises avançadas das variáveis envolvidas. O QGIS é uma ferramenta de código aberto amplamente utilizada para a análise e visualização de dados geoespaciais, oferecendo uma variedade de funcionalidades para trabalhar com diferentes tipos de dados e realizar análises complexas. Além disso, utilizar diferentes ferramentas é uma abordagem estratégica para maximizar o poder analítico da pesquisa, garantindo uma análise mais abrangente e robusta, aumentando a confiabilidade das conclusões e a profundidade da análise geoespacial.

5.2 Processamento no Software Qgis

5.2.1 Reclassificação do Uso e Cobertura da Terra

Neste tópico, contém os valores usados para reclassificação dos dados provenientes do toolkit (<https://amazonia.mapbiomas.org/pt/ferramentas/>) do Mapbiomas Uso e Cobertura da Terra. No Qgis, através da ferramenta *reclassificar por tabela*, foram inseridas as regras presentes no quadro 1.

As regras obedecem às seguintes categorias:

- Classe 1: Vegetação;
- Classe 2: Silvicultura;
- Classe 3: Pastagem;
- Classe 4: Agricultura;
- Classe 5: Urbano;
- Classe 6: Água;
- Classe 7: Outras Culturas.

Quadro 1: Regras de reclassificação para o Uso e Cobertura da Terra

Mínimo	Máximo	Classe
2.5	4.5	1
8.5	9.5	2
10.5	11.5	1
11.5	12.5	3
14.5	15.6	3
19.5	20.5	4
20.5	21.5	4
23.5	25.5	5
32.5	33.5	6
38.5	39.5	4
40.5	41.5	4
45.5	46.5	7
46.5	47.5	5
47.5	48.5	4

Fonte: Autor, 2024.

5.2.2 Reclassificação da Temperatura de Superfície

Como no tópico anterior, para reclassificar a temperatura, foi usando a ferramenta de *reclassificar por tabela* no Qgis. As regras usadas para a reclassificação do raster referente a temperatura de superfície encontram-se delimitadas no quadro 2. Logo, as regras são referentes as seguintes temperaturas:

- Classe 1: 0-24°C;
- Classe 2: 24-26°C;
- Classe 3: 26-29°C;
- Classe 4: 29-31°C;
- Classe 5: $\geq 31^\circ\text{C}$.

Quadro 2: Regras de reclassificação da temperatura de superfície.

Mínimo	Máximo	Classe
0	24	1
24	26	2
26	29	3
29	31	4
31	99	5

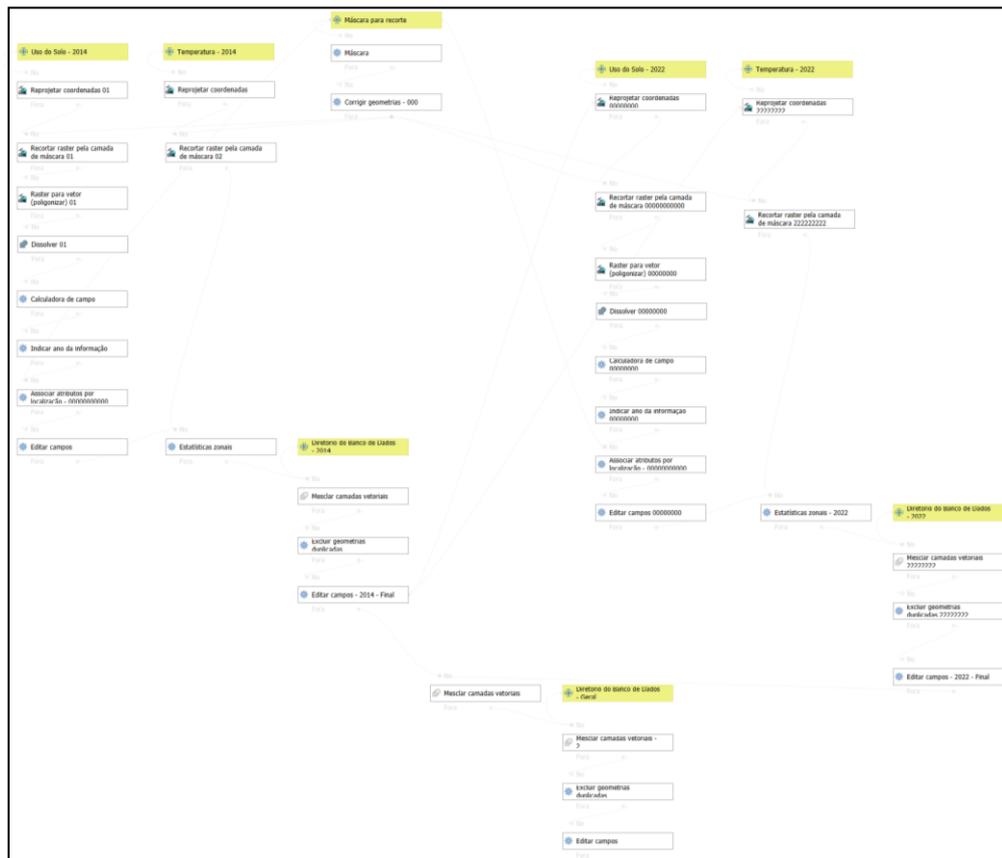
Fonte: Autor, 2024.

Essas regras segue um método de classificação *Quartil*. Os quartis são valores que dividem um conjunto de dados em partes iguais. Após ordenar os dados, o segundo quartil (Q2), que representa a mediana, é o valor que divide o conjunto em duas partes iguais. O primeiro quartil (Q1) corresponde ao valor central da primeira metade dos valores, enquanto o terceiro quartil (Q3) representa o valor central da segunda metade. Esses valores e classificação são úteis para compreender a distribuição dos dados, embora ela comtemple um alto índice de rigorosidade (FERNANDES, PINTO, 2013, p. 1).

5.2.3 Algoritmo

Devido ao grande volume de dados, foi necessário trabalhar com o modelador gráfico do QGIS, que é uma ferramenta poderosa que permite aos usuários automatizar e simplificar fluxos de trabalho complexos, tendo seu foco em análise de dados geoespaciais. Portanto, a sua utilizando foi pensando em otimizar o processamento, tendo em vista que a quantificação dos dados foi executada para os 12 municípios da Microrregião de Alfenas, incluindo os dois anos (2014 e 2022). Como apresentado no fluxograma de trabalho, o modelador gráfico buscou trabalhar realizando a execução da estatística zonal para 2014 e 2022 (figura 11).

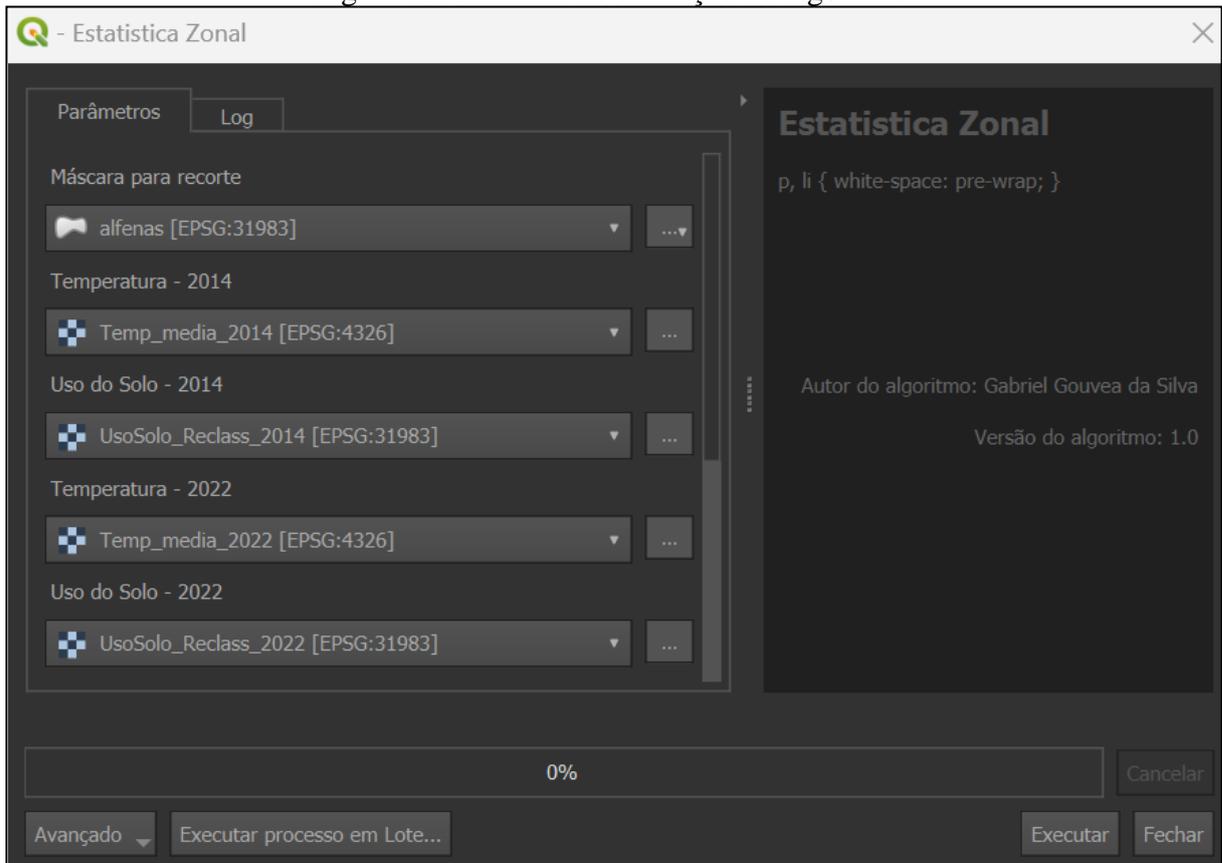
Figura 11: Algoritmo para obtenção da estatística zonal de 2014-2022



Fonte: Autor, 2024.

Como mencionado anteriormente, o modelador gráfico auxiliou na geração e organização do grande volume de dados gerados durante a pesquisa. Na Figura 12, encontra-se a interface de execução do algoritmo elaborado, onde a primeira camada que deve ser fornecida ao algoritmo é o Município de interesse, seguido pelo raster de temperatura e pelo raster de uso e cobertura da terra. Após o fornecimento das camadas, será feito todo um processamento de tratamento dos dados, tendo como resultado final a quantificação em formato .gpkg na pasta previamente programada no código.

Figura 12: Interface de execução do algoritmo.



Fonte: Autor, 2024.

6 Resultados

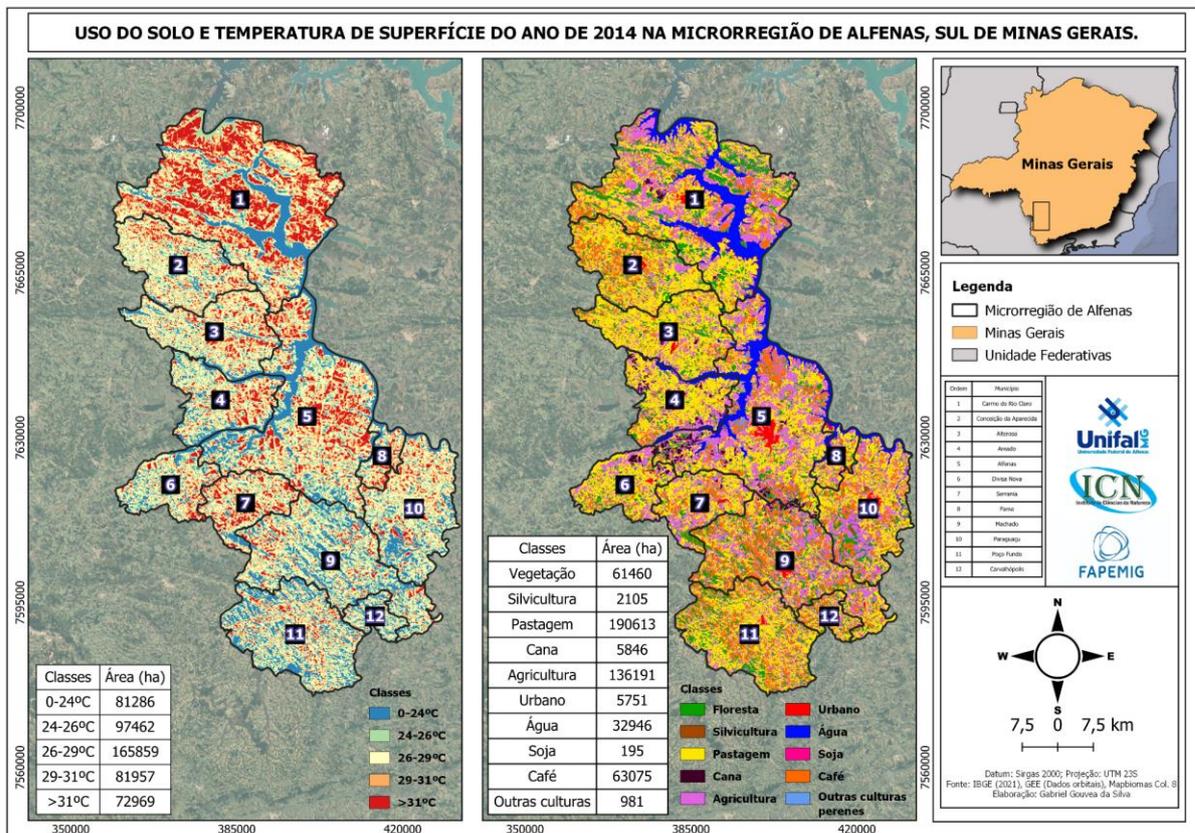
Este tópico aborda os dados obtidos através das etapas delineadas nas seções anteriores. Logo, serão apresentados os mapas finais resultantes do processamento e análise das informações coletadas. Em seguida, será realizada uma discussão detalhada, incluindo interpretações e análises dos resultados, uma vez que este processo visa oferecer uma compreensão abrangente dos dados e explorar suas implicações sobre os achados da pesquisa.

Inicialmente, entendeu-se que seria válido fragmentar a classe agricultura em mais duas classes, sendo elas: Cana-de-açúcar e Soja. Para isso, foi elaborado estudos qualitativos, afim de obter um melhor entendimento e/ou evidenciar dinâmicas na microrregião de Alfenas. Logo, para análises da estatística zonal, essas classes foram agrupadas junto a classe Agricultura.

6.1 Análise Geral da Microrregião de Alfenas em 2014

Ao analisar os resultados obtidos para o ano de 2014, observa-se que os mapas exibem padrões e semelhanças notáveis quando comparados entre si. A relação entre o uso da terra e a temperatura da superfície é particularmente evidente. Em especial, a Figura 13 ilustra que a área com temperatura próxima dos 30°C corresponde de maneira significativa às classes de agricultura. Essa semelhança sugere uma relação estreita entre as práticas de uso da terra e as variações térmicas observadas.

Figura 13: Uso da terra e temperatura de superfície do ano de 2014 na Microrregião de Alfenas, Sul de Minas Gerais.



Fonte: Autor, 2024.

A presença de áreas agrícolas, frequentemente está associada a temperaturas específicas devido a fatores como o tipo de cultivo, o manejo do solo e a cobertura vegetal. As diferenças na temperatura da superfície podem refletir como diferentes tipos de uso da terra influenciam o microclima local. O padrão observado na figura 13 indica que a temperatura da superfície tende a ser mais alta nas áreas de pastagem e áreas agrícolas, possivelmente devido

à exposição direta ao sol e à menor presença de vegetação densa comparada com outras coberturas do solo.

De modo geral, para o ano de 2014, a análise dos dados revela que a classe de uso da terra predominante foi a pastagem, que ocupou uma área significativa de 190.613 hectares. Esta classe de Uso da terra, que abrange áreas destinadas ao pastoreio e outras práticas relacionadas, apresentou a maior área entre as classes avaliadas. Quando observadas as temperaturas da superfície associadas a essa classe, identifica-se que a faixa termal predominante foi de 26 a 29°C, cobrindo uma extensão de 165.859 hectares (tabela 1).

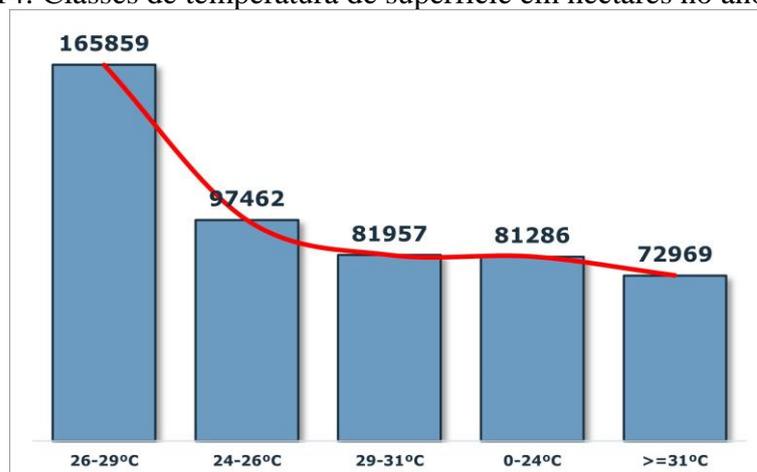
Tabela 1: Dados das classes de temperatura de superfície do ano de 2014

Classe de Temperatura	Área em hectares	Porcentagem
0-24°C	81.286	16,27%
24-26°C	97.462	19,51%
26-29°C	165.859	33,20%
29-31°C	81.957	16,41%
>=31°C	72.969	14,61%
Total	499.533	100,00%

Fonte: Autor, 2024.

Na Figura 14, é apresentada as estatísticas contidas na Tabela 1. Devido ao extenso volume de dados, o gráfico facilita a visualização e torna mais evidente quais são as faixas de temperatura predominantes na área de estudo. As faixas em destaque são: 26-29°C, 24-26°C e 29-31°C. Logo, percebe-se claramente que essas faixas de temperatura tiveram uma presença significativa na Microrregião de Alfenas em 2014, proporcionando uma compreensão mais intuitiva das variações térmicas predominantes na época.

Figura 14: Classes de temperatura de superfície em hectares no ano de 2014



Fonte: Autor, 2024.

Na classe com intervalo de 26-29°C destaca-se uma forte relação entre o uso da terra e as variações térmicas observadas. Esta associação, pode sugerir uma interação significativa entre as práticas de manejo da pastagem e as condições térmicas da superfície, entendendo que as áreas de pastagem podem ter características específicas que afetam a temperatura, como a menor cobertura vegetal comparada a florestas ou áreas agrícolas, resultando em temperaturas mais altas durante períodos de exposição à radiação eletromagnética. Complementando a análise, o mapa de uso e cobertura da terra de 2014 foi plotado em um gráfico e em uma tabela, o qual evidenciou que a classe “Pastagem” é um dos tipos de Uso da terra predominante na região, seguido pela “Agricultura” e “Café” (Tabela 2).

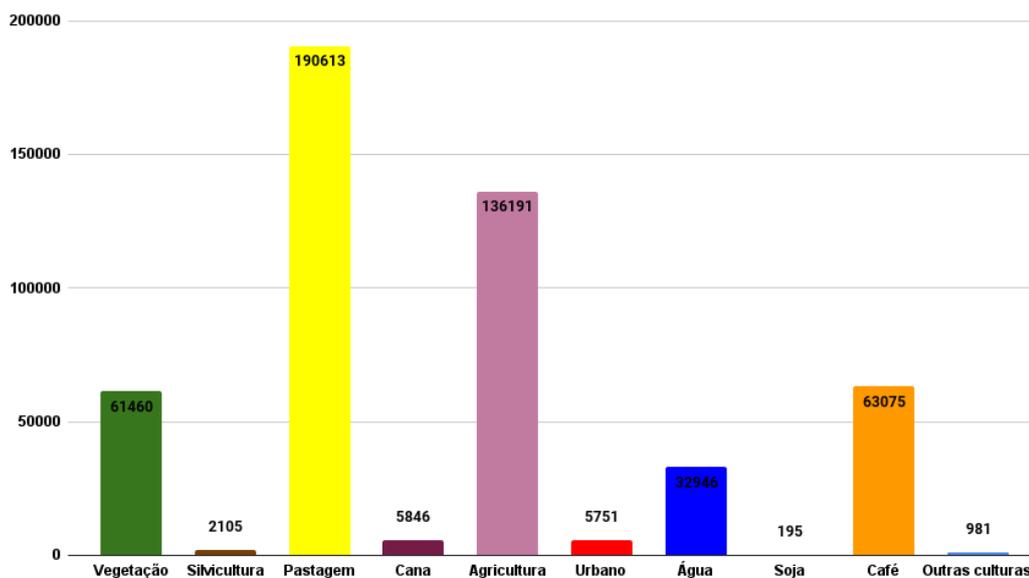
Tabela 2: Dados das classes de uso e cobertura da terra do ano de 2014

Classe de uso da terra	Área em hectares	Porcentagem
Vegetação	61.460	12,31%
Silvicultura	2105	0,42%
Pastagem	190.613	38,19%
Cana	5846	1,17%
Agricultura	13.6191	27,28%
Urbano	5751	1,15%
Água	32.946	6,60%
Soja	195	0,04%
Café	63.075	12,64%
Outras Culturas	981	0,20%
Total	499163	100,00%

Fonte: Autor, 2024.

A Figura 15 utiliza os dados apresentados anteriormente para oferecer uma análise mais temática do uso da terra na Microrregião em 2014. A seguinte figura destaca que as classes de uso da terra mais predominantes naquele ano foram "Pastagem", "Agricultura" e "Café". A visualização proporciona uma compreensão mais clara da distribuição desses usos ao longo da região, evidenciando quais tipos de Uso da terra dominaram o cenário local.

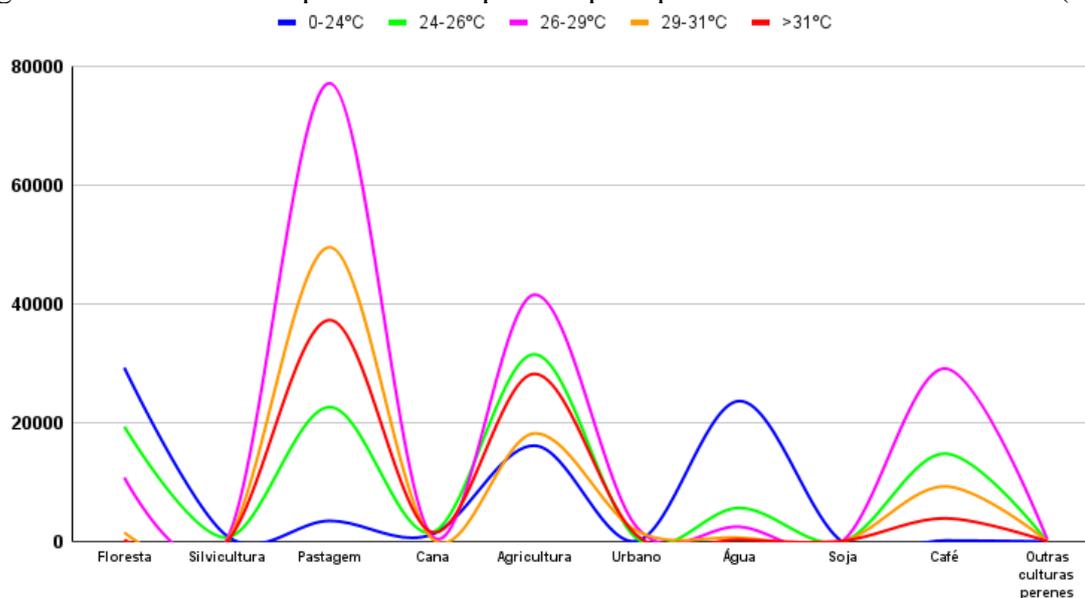
Figura 15: Classes de uso da terra do ano de 2014.



Fonte: Autor, 2024

Para analisar de forma mais detalhada a interação entre as duas variáveis, foi necessário combinar os dados em uma única Figura. Essa abordagem permite uma visualização mais clara e comparativa das informações, cujo objetivo é entender como o uso a terra varia em relação às faixas de temperatura. Na Figura 16, é possível observar os resultados da proposta implementada.

Figura 16: Classes de temperatura de superfície por tipos de uso e cobertura da terra (2014)



Na Figura 16, observa-se que a classe "Pastagem" se destaca como o Uso da terra predominante nas três maiores faixas de temperatura propostas na pesquisa, que são: 26-29°C (77.249 ha), 29-31°C (49.613 ha) e $\geq 31^\circ\text{C}$ (37.342 ha). Essa predominância sugere uma relação significativa entre o aumento da temperatura e o destaque da pastagem, indicando que as áreas de pastoreios tendem, de fato, a contribuir com as temperaturas mais elevadas.

Outro comportamento térmico que entra em evidência é o da classe de "Agricultura". Classe pelo qual também se mostra preponderante nas faixas de temperatura: 26-29°C (41.616 ha), 24-26°C (31.570 ha) e $\geq 31^\circ\text{C}$ (28.271 ha).

A classe "Café" ocupa a terceira posição e é um dos destaques. Essa classe de uso da terra se evidencia por apresentar três faixas de temperaturas predominantes: 26-29°C, com uma área de 29.174 hectares; 24-26°C, com 14.833 hectares; e 29-31°C, com 9.306 hectares.

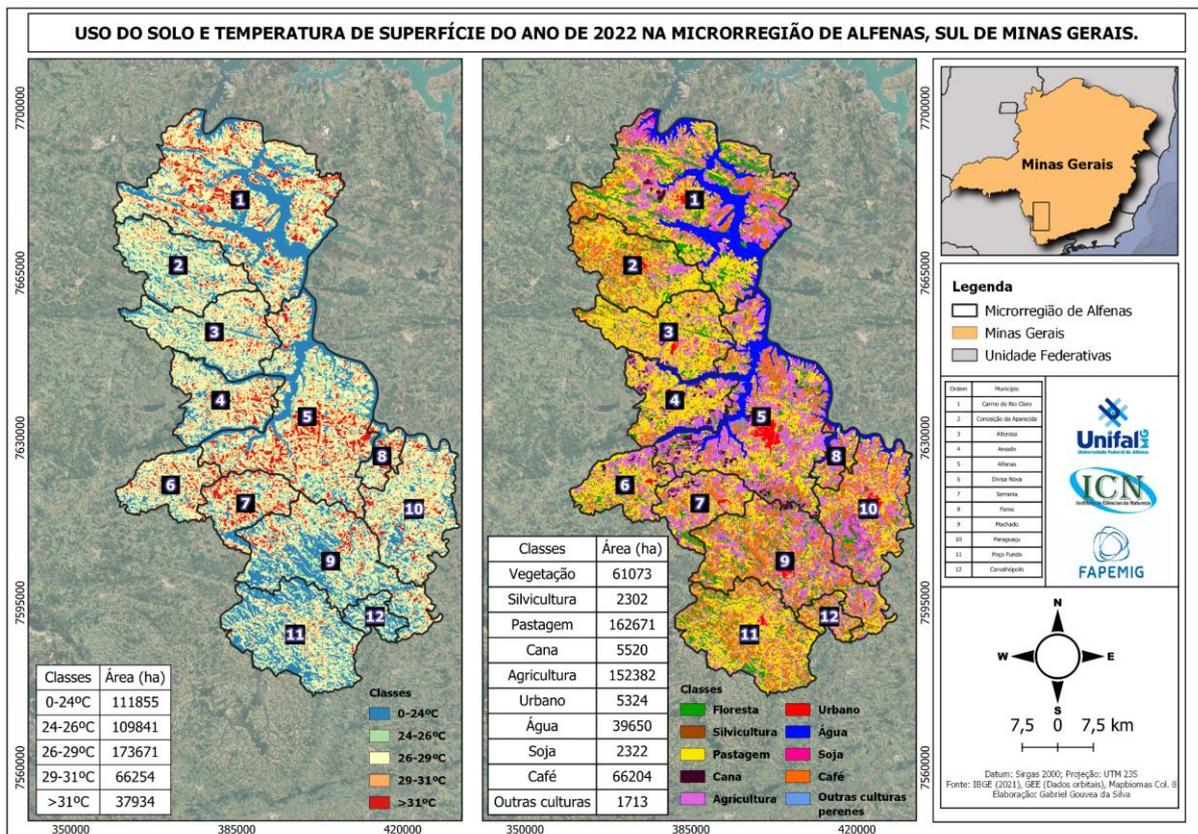
Nota-se nos dados, sobretudo das classes "Pastagem" e "Agricultura", que nessas áreas ocorrem as formações das altas temperaturas (Ilhas de calor), seguido pela classe "Café". Em contrapartida, quando mudamos o foco para "Floresta", "Água" e a própria "Agricultura", visualizamos um comportamento de baixas temperaturas (Ilhas de frescor). Cabe ressaltar, que na faixa termal de 0-24°C, a classe "Agricultura" totaliza 16.181 hectares, apresentando 21,52% do total. Logo, pretende-se entender melhor quais são esses tipos de Uso da terra que se apresentam nesta categoria, atuando como amenizadores termais.

Essas informações são importantes para entender a relação entre o Uso da terra e o microclima, pois permite concluir que a vegetação e os corpos d'água desempenham um papel significativo na redução do calor.

6.2 Análise Geral da Microrregião de Alfenas em 2012

Para analisar as mudanças ocorridas durante o período de 2014 a 2022, o presente tópico buscará apresentar por meio de mapas e gráficos, as principais diferenças ocorridas nas classes de uso e cobertura da terra e na temperatura de superfície durante o intervalo de 8 anos. Intervalo pelo qual, registra uma explosão de cultivos para commodities no sul de Minas Gerais. Na figura 17, inicialmente, observa-se uma diminuição na área classificada como $\geq 31^{\circ}\text{C}$, especialmente no município de Carmo do Rio Claro. Além disso, há uma redução visível e considerável de pastagem no mapa de uso e cobertura da terra.

Figura 17: Uso da terra e temperatura de superfície do ano de 2022 na Microrregião de Alfenas, Sul de Minas Gerais



Fonte: Autor, 2024.

Para compreender melhor as mudanças ocorridas durante esses anos, serão discutidas as principais alterações identificadas. A Tabela 3 apresenta os dados de temperatura de superfície para o ano de 2022, destacando que a faixa de temperatura predominante foi a de 26-29°C, com uma área total de 173.671 hectares, o que representa 34,77% da área analisada.

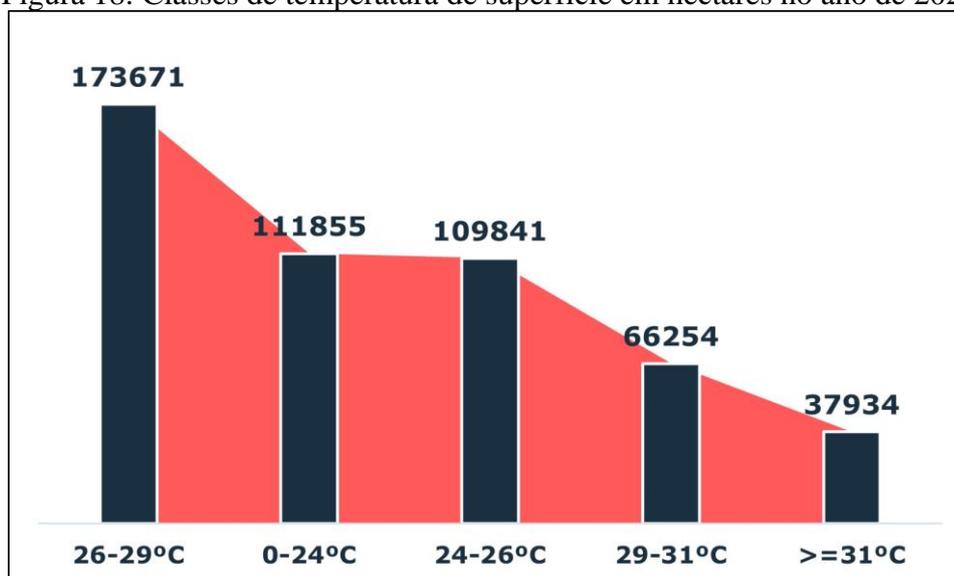
Tabela 3: Quantificação das classes de temperatura de superfície do ano de 2022.

Classe de Temperatura (°C)	Área em hectares	Porcentagem
0-24°C	111855	22,39%
24-26°C	109841	21,99%
26-29°C	173671	34,77%
29-31°C	66254	13,26%
>=31°C	37934	7,59%
Total	499555	100,00%

Fonte: Autor, 2024.

Na Figura 18, observa-se claramente a predominância da faixa de temperatura de 26-29°C, que ocupa a maior parte da área analisada. Além disso, os dados revelam um aumento significativo na faixa de temperatura de 0-24°C. Esse acréscimo é significativo, e totaliza um aumento de 30.569 hectares, conforme ilustrado na Figura 15. Este crescimento na área de temperatura mais baixa pode sugerir mudanças no padrão climático ou um aumento na massa d'água tendo em vista que houve um acréscimo de 6.704 hectares da classe água em 2022, ou seja, um aumento de aproximadamente 20%.

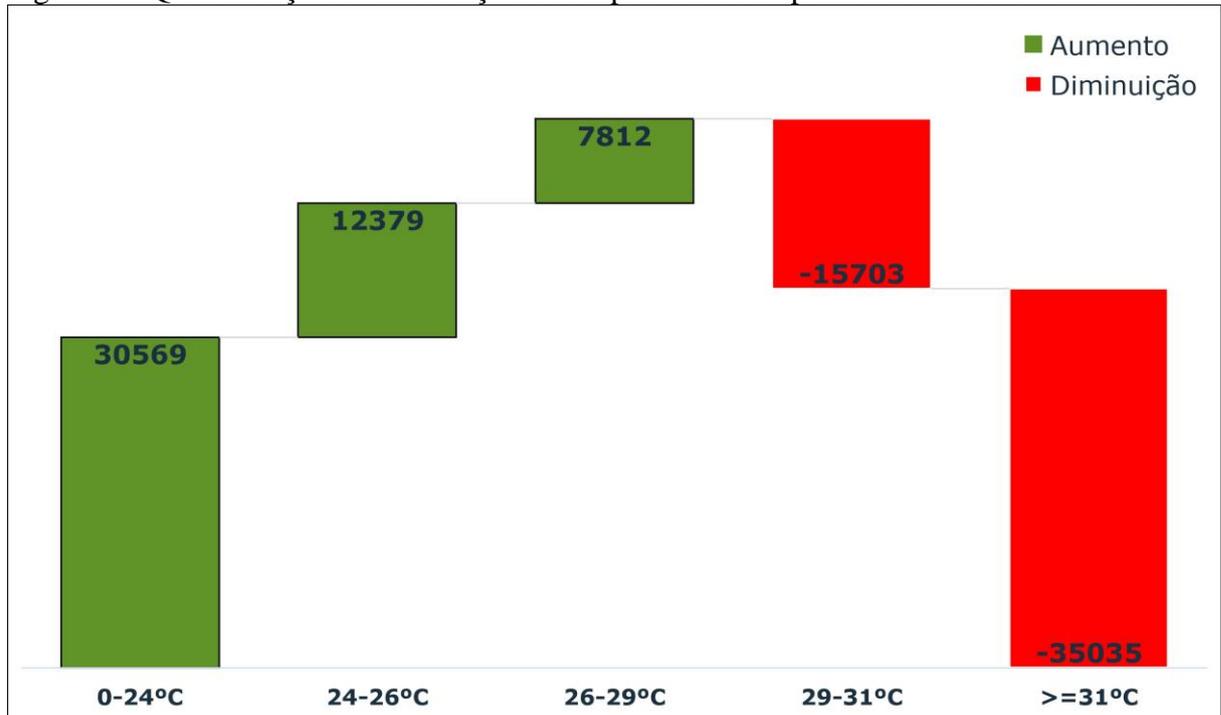
Figura 18: Classes de temperatura de superfície em hectares no ano de 2022



Fonte: Autor, 2024.

Como já abordado, a temperatura de superfície aparece em 2022 com algumas mudanças, muito influenciada pelo aumento e diminuição de algumas classes de uso da terra, como por exemplo a classe Água, que teve um aumento de 23,33%, e isso refletiu significativamente no aumento da classe 0-24°C, representado 38%.

Figura 19: Quantificação das mudanças de temperatura de superfície ocorridas de 2014 a 2022



Fonte: Autor, 2024.

Em contrapartida, a classe de temperatura que mais diminuiu foi a classe $\geq 31^{\circ}\text{C}$, representando uma diminuição de 35.035 hectares, ou seja, um decréscimo de 48% quando comparado a 2014. Se confrontado com o mapa de uso e cobertura da terra, nota-se que a classe Pastagem teve uma redução considerável, totalizando uma área de 27.942 hectares. Logo, entende-se que a redução da classe de temperatura $\geq 31^{\circ}\text{C}$, esteve diretamente relacionada à diminuição da classe Pastagem.

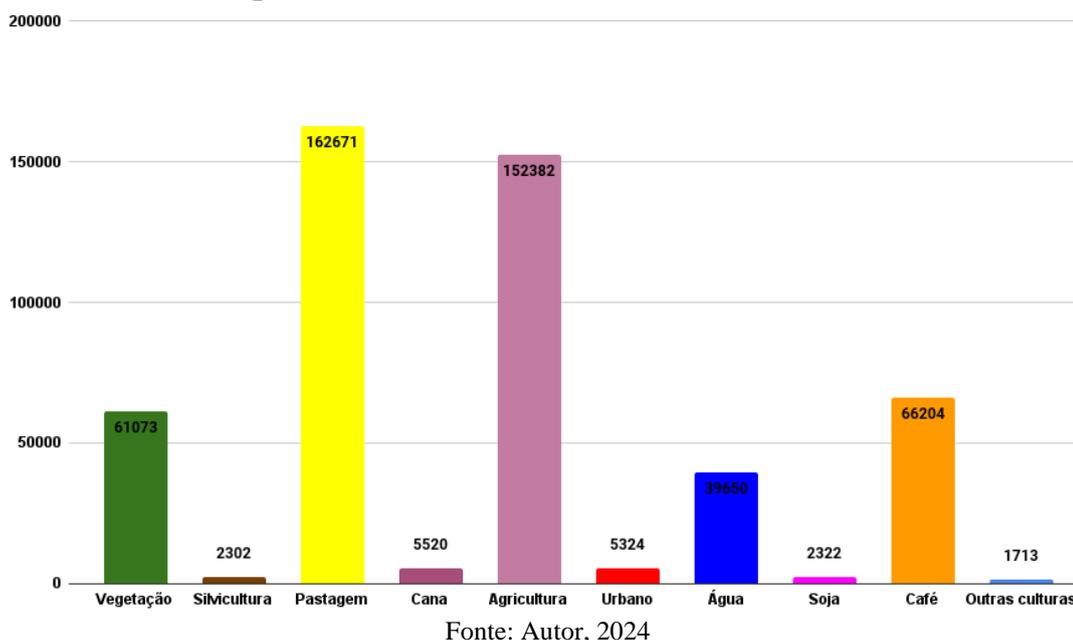
Tabela 4: Uso e cobertura da terra do ano de 2022

Classe de uso da terra	Área em hectares	Porcentagem
Vegetação	61073	12,24%
Silvicultura	2302	0,46%
Pastagem	162671	32,59%
Cana	5520	1,11%
Agricultura	152382	30,53%
Urbano	5324	1,07%
Água	39650	7,94%
Soja	2322	0,47%
Café	66204	13,26%
Outras Culturas	1713	0,34%
Total	499161	100,00%

Fonte: Autor, 2024.

No que se refere aos dados de uso e cobertura da terra, a tabela 4 apresenta as quantificações das diferentes classes identificadas no ano de 2022. As maiores proporções são observadas nas classes Pastagem (32,59%), Agricultura (30,53%) e Café (13,26%). A representação gráfica desses dados na Figura 20, que utiliza um gráfico de barras, oferece uma visualização temática das informações e permite uma interpretação mais detalhada dos padrões de uso da terra. A figura facilita a comparação direta entre as diferentes classes, destacando a predominância das áreas propriamente ditas. Essa representação gráfica não só evidencia as proporções relativas de cada classe de uso, mas também possibilita a análise de variações e possíveis tendências ao longo do tempo.

Figura 20: Classes de uso da terra do ano de 2022.



Para obter uma compreensão mais detalhada das principais mudanças ocorridas durante o período proposto, a tabela 5 apresenta as classes de uso da terra e a quantificação dessas mudanças em hectares e porcentagem. A tabela revela que as classes que apresentaram os maiores aumentos em relação a 2014 foram: Soja, Outras Culturas e Água.

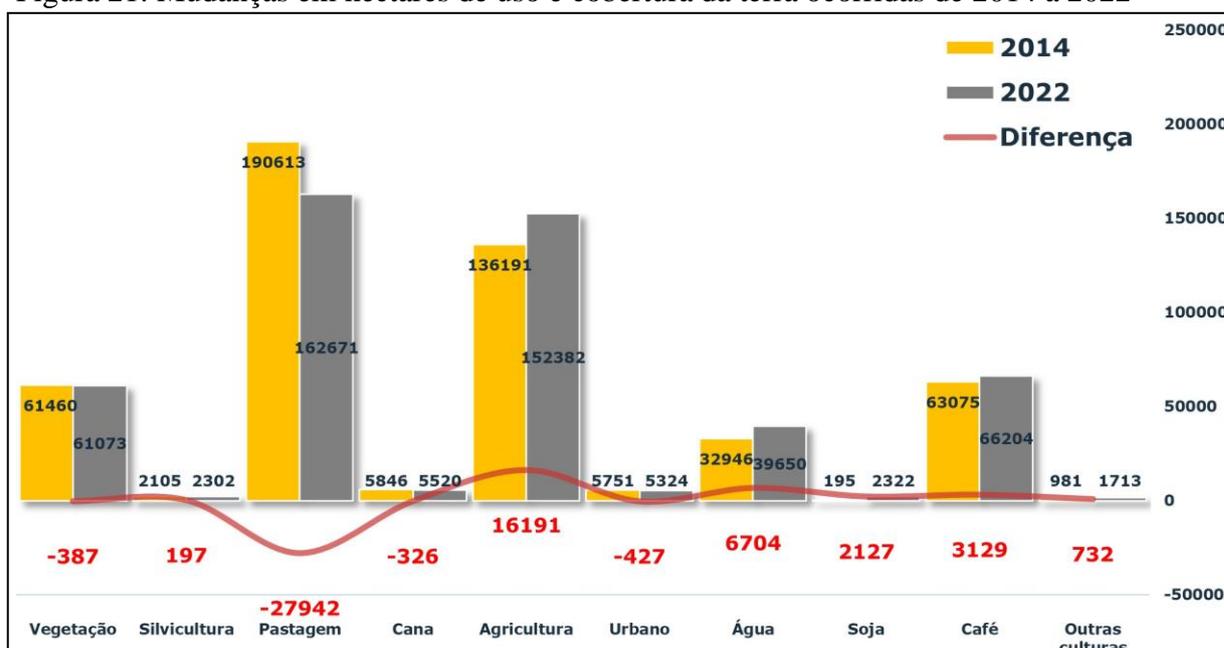
Tabela 5: Mudanças de uso e cobertura da terra ocorridas de 2014 a 2022

Classes	Hectares	Porcentagem
Vegetação	-387	-0,63%
Silvicultura	197	9,36%
Pastagem	-27942	-14,66%
Cana	-326	-5,58%
Agricultura	16191	11,89%
Urbano	-427	-7,42%
Água	6704	20,35%
Soja	2127	1090,77%
Café	3129	4,96%
Outras Culturas	732	74,62%

Fonte: Autor, 2024.

Por outro lado, as classes que tiveram as maiores reduções foram: Pastagem, Urbano e Vegetação. Especificamente para a classe Urbano, os dados mostram uma diminuição significativa. Em 2014, a área urbana cobria 5.751 hectares. No entanto, em 2022, os dados do Mapbiomas indicaram que essa área foi reduzida para 5.324 hectares, ou seja, redução que representa uma diminuição de 7,42%. Na Figura 21 essas informações foram organizadas a fim de melhor representar as mudanças ocorridas durante o recorte temporal proposto.

Figura 21: Mudanças em hectares de uso e cobertura da terra ocorridas de 2014 a 2022



Fonte: Autor, 2024.

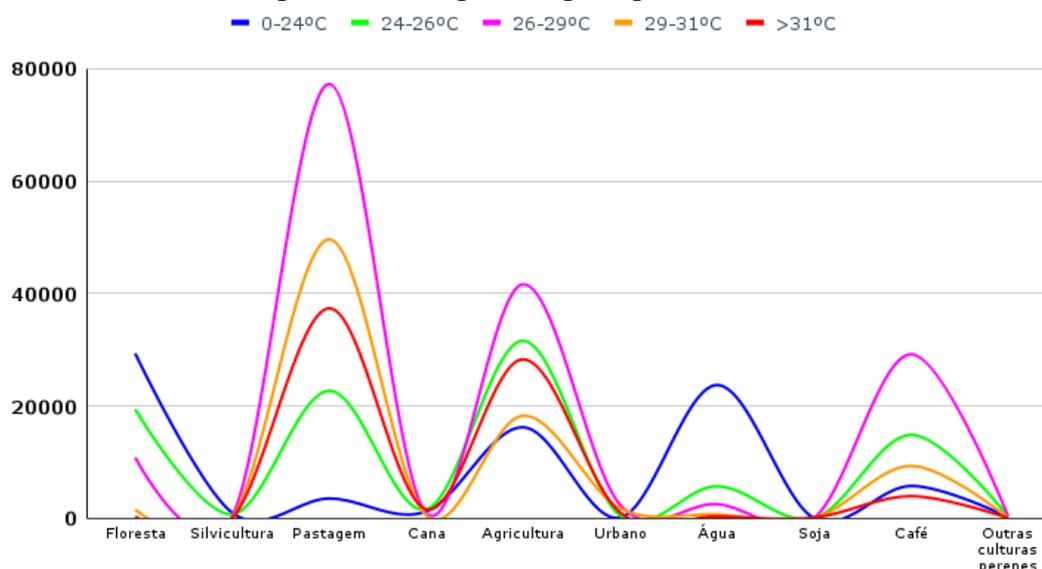
Para compreensão das classes de uso e cobertura da terra que mais exerceram influência na temperatura de superfície, a figura 22 tem a finalidade de representar essas interações em 2022.

A classe Pastagem, assim como em 2014, continua a ser a principal responsável pelo aumento da temperatura de superfície em 2022. Esta classe não só mantém sua posição como a mais predominante em termos de impacto térmico, mas também destaca nas dinâmicas da temperatura da região, liderando as classes: 26-29°C, 29-31°C e $\geq 31^\circ\text{C}$.

As interações observadas são consistentes com as apresentadas na figura 16, destacando as classes de uso da terra como Pastagem, Agricultura, Café e Água. Essas classes demonstram uma predominância clara tanto em 2014 quanto em 2022, uma vez que a análise revela que essas categorias de uso da terra têm um papel crucial e contínuo no contexto das

mudanças de temperatura de superfície e outras dinâmicas ambientais, principalmente quando analisadas no contexto do Sul de Minas Gerais.

Figura 22: Classes de temperatura de superfície por tipos de uso e cobertura da terra (2022)



Portanto, para compreender as classes de uso e cobertura da terra que mais influenciam a temperatura de superfície, a figura 22 ilustra essas interações em 2022. Essa consistência abordada nos dois anos, destaca a predominância da Pastagem na dinâmica térmica da região. Além disso, as interações observadas são coerentes com as apresentadas na figura 20, evidenciando que Pastagem, Agricultura, Café e Água são classes de uso da terra influentes tanto em 2014 quanto em 2022.

6.3 Análise dos Municípios da Microrregião de Alfenas em 2014 e 2022

A análise dos registros de temperatura de 2014 (Tabela 6) revela informações detalhadas sobre a distribuição de dados nos diferentes municípios da Microrregião de Alfenas. A faixa de temperatura de 26-29°C é a mais predominante, com um total de 163.522 registros, representando aproximadamente 33,4% do total geral de 488.360 registros. Em contraste, a faixa de $\geq 31^\circ\text{C}$ possui o menor número de registros, com 71.113, o que corresponde a cerca de 14,6% do total. As faixas de 0-24°C e 24-26°C possuem 78.278 e 94.378 registros, respectivamente, correspondendo a 16,0% e 19,3% do total. A faixa de 29-31°C conta com 81.069 registros, ou 16,6% do total.

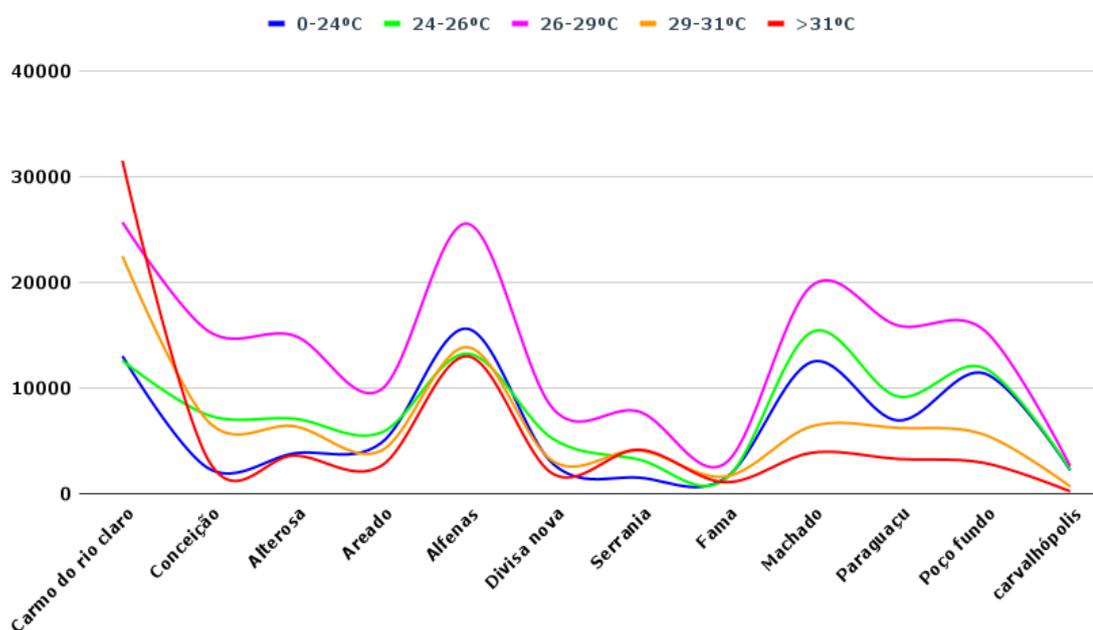
Tabela 6: Quantificação das classes de temperatura de superfície por município em 2014

Município	0-24°C	24-26°C	26-29°C	29-31°C	>=31°C	Total
Carmo do rio claro	13006	12575	25661	22458	31484	105184
Conceição	2378	7404	15348	6785	3121	35036
Alterosa	3814	7077	14922	6365	3602	35780
Areado	4767	5757	9815	4040	2602	26981
Alfenas	15594	13233	25529	13848	12985	81189
Divisa nova	2798	5156	8011	3046	1854	20865
Serrania	1508	3207	7744	4086	4144	20689
Fama	1467	1371	2884	1610	1073	8405
Machado	12444	15265	19645	6363	3859	57576
Paraguaçu	6915	9183	15898	6213	3276	41485
Poço fundo	11375	11879	15463	5582	2902	47201
Carvalhópolis	2212	2271	2602	673	211	7969
Total	78278	94378	163522	81069	71113	488360

Fonte: Autor, 2024.

Ao analisar os dados por município, observamos que Carmo do Rio Claro se destaca como o município com o maior número total de registros, totalizando 105.184, um número que pode refletir devido a ser o município de maior área. Neste município, a distribuição de registros é relativamente equilibrada, mas se destaca na faixa de $\geq 31^{\circ}\text{C}$, com 31.484 hectares, representando 29,97% do total. Carvalhópolis é o menor município da microrregião, e, portanto, tem como classe de temperatura predominante 26-29°C.

Figura 23: Interação da temperatura de superfície por município em 2014.



Fonte: Autor: 2024.

Na Figura 23, buscou-se representar de modo mais temático os dados da tabela 6. O gráfico nos permite ter uma melhor interpretação dos dados. Carmo do Rio Claro, Alfenas e Machado, são os municípios destaques em 2014. Alfenas, como já discutido, possui maiores registros na classe 26-29° com 25.529 ha.

Ainda nesse sentido, Machado destaca-se na faixa de 24-26°C (26,56%). Fama, com a segunda menor área, exibe uma distribuição relativamente uniforme, mas com menos ocorrência nas faixas extremas. Carvalhópolis como município que possui menor área, revelou predominância nas faixas de 0-24°C e 24-26°C, e a menor presença na faixa de $\geq 31^{\circ}\text{C}$.

No contexto da análise dos registros de temperatura por município, em 2022, Carmo do Rio Claro emerge como o município com o maior número total de registros, atingindo 103.932 (Tabela 7), juntamente com Alfenas e Machado, ainda são os municípios destaques.

Tabela 7: Quantificação das classes de temperatura de superfície por município em 2022

Município	0-24°C	24-26°C	26-29°C	29-31°C	>=31°C	Total
Carmo do rio claro	20847	25624	35204	15429	6828	103932
Conceição	8492	10914	12680	2451	495	35032
Alterosa	5261	8394	14831	5196	2129	35811
Areado	4148	6148	10133	4256	2170	26855
Alfenas	10414	15233	26515	15261	13796	81219
Divisa nova	1499	3804	9480	4324	2029	21136
Serrania	1403	2286	7669	4913	3660	19931
Fama	234	1587	2670	1992	1930	8413
Machado	7425	12816	24066	9029	4162	57498
Paraguaçu	2600	6066	18401	8991	4965	41023
Poço fundo	9868	11916	19018	5189	1167	47158
Carvalhópolis	589	2080	3896	1123	284	7972
Total	72780	106868	184563	78154	43615	485980

Fonte: Autor, 2024.

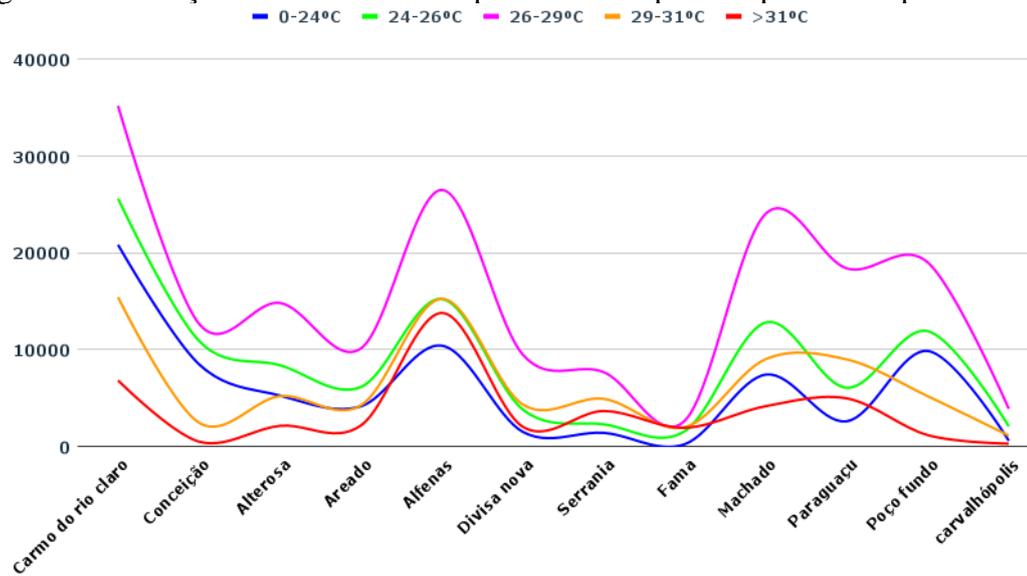
Na figura 24, fica nítido algumas mudanças que ocorreram no Uso da terra e consequentemente causou alterações na temperatura da superfície. Em 2014 Carmo do Rio Claro tinha como temperatura destaque a faixa $\geq 31^{\circ}\text{C}$, já em 2022, esta foi a última e a faixa $26-29^{\circ}$ assumiu sua posição.

Alfenas, teve um aumento da faixa $24-26^{\circ}\text{C}$ (2000 ha) e uma diminuição da faixa $0-24^{\circ}\text{C}$, somando aproximadamente 5.180 ha. Essa mudança, se deve provavelmente, devido as dinâmicas ocorridas na classe Água, onde houve um aumento e diminuição da mesma para essas classes de temperatura.

Carmo do Rio Claro em 2022, teve um aumento da classe $24-26^{\circ}\text{C}$ assumindo a segunda posição no gráfico. Classe que em 2014 ocupava a quinta posição. Essa inversão, se deve provavelmente ao aumento da classe “Água”, que de 2014 para 2022 teve um aumento de aproximadamente 5 mil hectares para o município de Carmo do Rio Claro.

Outro detalhe importante para o Município de Carmo do Rio Claro, é sobre a diminuição da classe $\geq 31^{\circ}\text{C}$, uma vez que em 2014 esta classe de temperatura estava em primeira posição e para 2022 esta classe já passou a ocupar a última posição. Esta inversão se deve provavelmente, devido a diminuição da classe Pastagem (-12.780 hectares) e da classe Agricultura (-8942 hectares).

Figura 24: Interação das classes de temperatura de superfície por município em 2022.



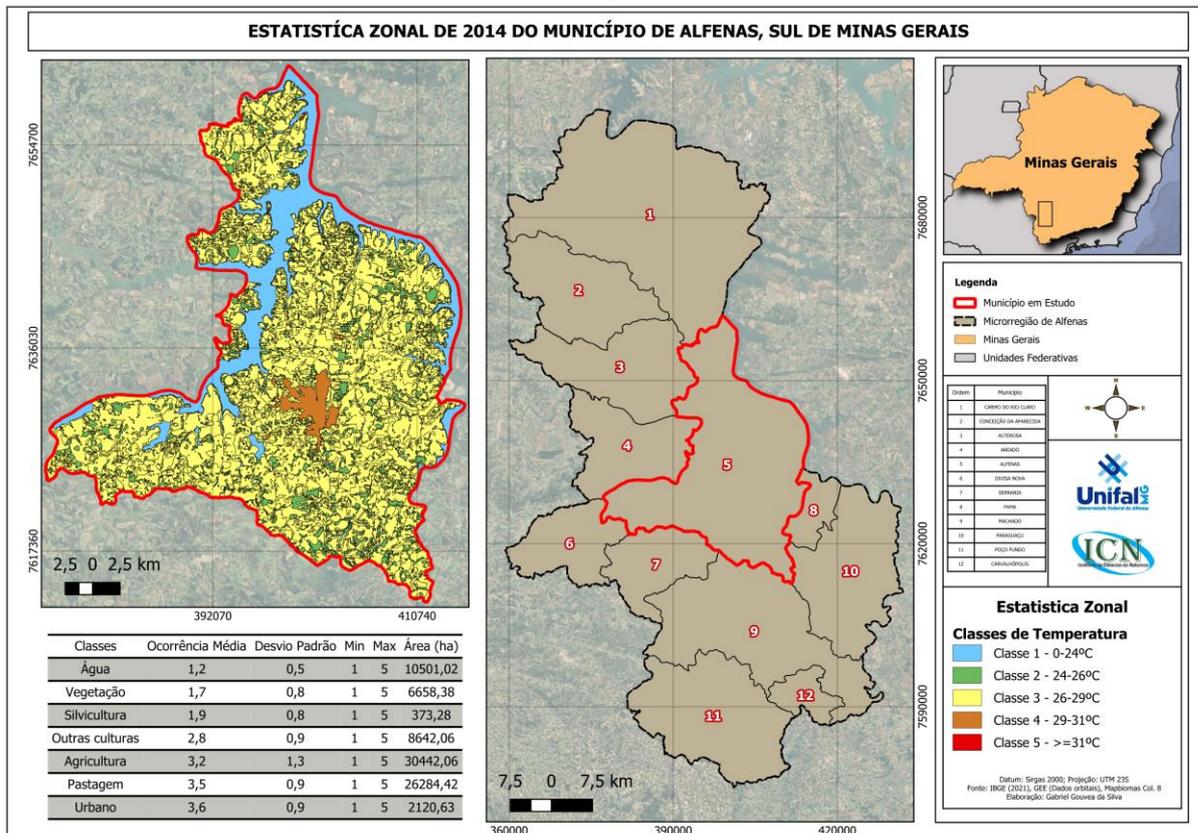
Fonte: Autor, 2024.

Na Figura 24, destaca a cima, podemos retirar informações e insights valiosos sobre a variabilidade dos registros em diferentes condições de temperatura, ajudando a identificar os municípios onde as condições climáticas são mais ou menos severas. Logo, a análise das discrepâncias nos registros pode ser crucial para compreender as necessidades específicas de cada município em termos de infraestrutura e planejamento urbano.

6.4 Estatística zonal da análise de temperatura e uso e cobertura da terra em 2014

Para o município de Alfenas, a estatística zonal evidenciou que Urbano teve como temperatura média a classe 4 (29-31°C), sendo o registro de temperatura mais elevado. Já a classe de uso da terra Água, teve com temperatura média a classe 1 (0-24°C), sendo o registro de temperatura mais ameno. Outra informação relevante para a análise diz respeito ao desvio padrão do conjunto de dados, que apresentou consistência e baixa variabilidade, evidenciando alta concentração em torno da média (Figura 25). No mapa portanto, é evidenciado a cor das classes de temperatura mais predominante de acordo com a ocorrência média da mesma.

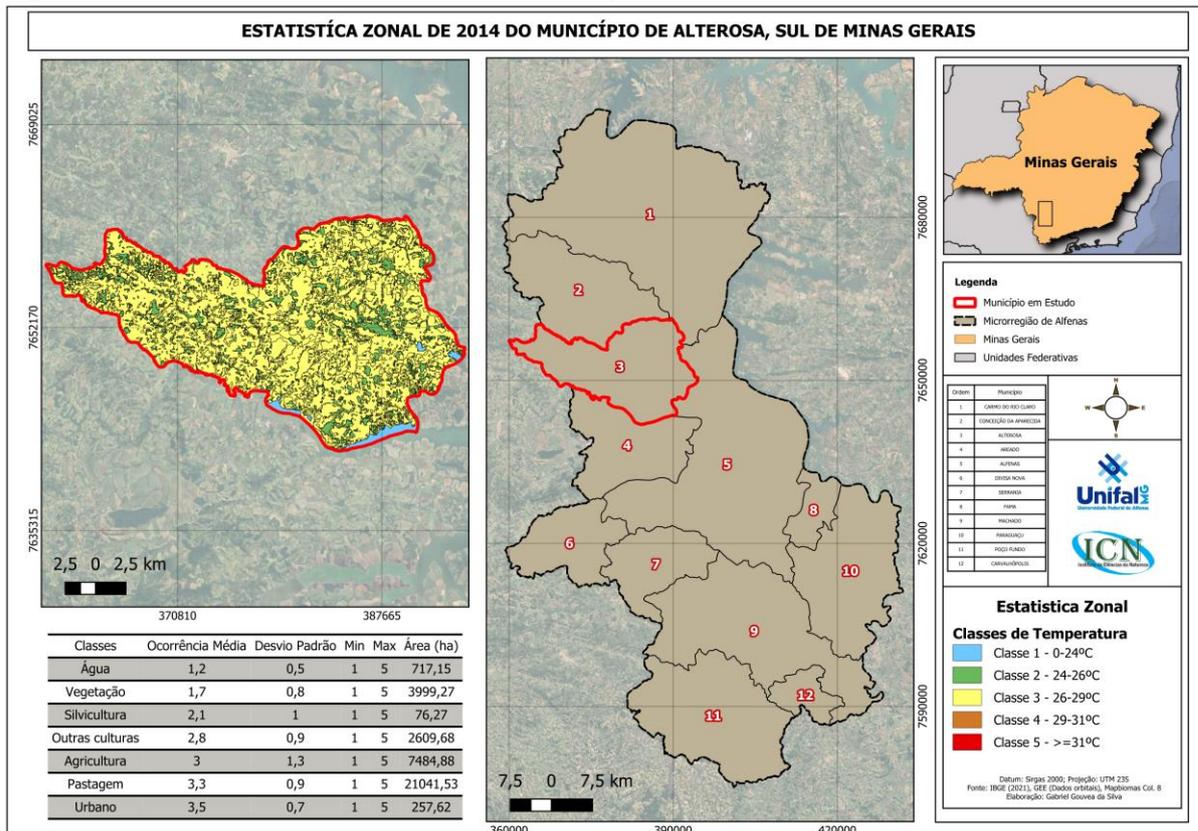
Figura 25: Estatística Zonal de 2014 do Município de Alfenas, Sul de Minas Gerais.



Fonte: Autor, 2024.

Para o município de Alterosa, Urbano pertenceu a classe 3 (26-29°C), sendo essa faixa de temperatura 26-29°C, predominante para as classes: Urbano, Pastagem, Agricultura e Outras Culturas. Logo, a classe de uso da terra com temperatura mais amena, foi Água, ocupando a classe 1 de temperatura (0-24°C) com aproximadamente 717,15 hectares.

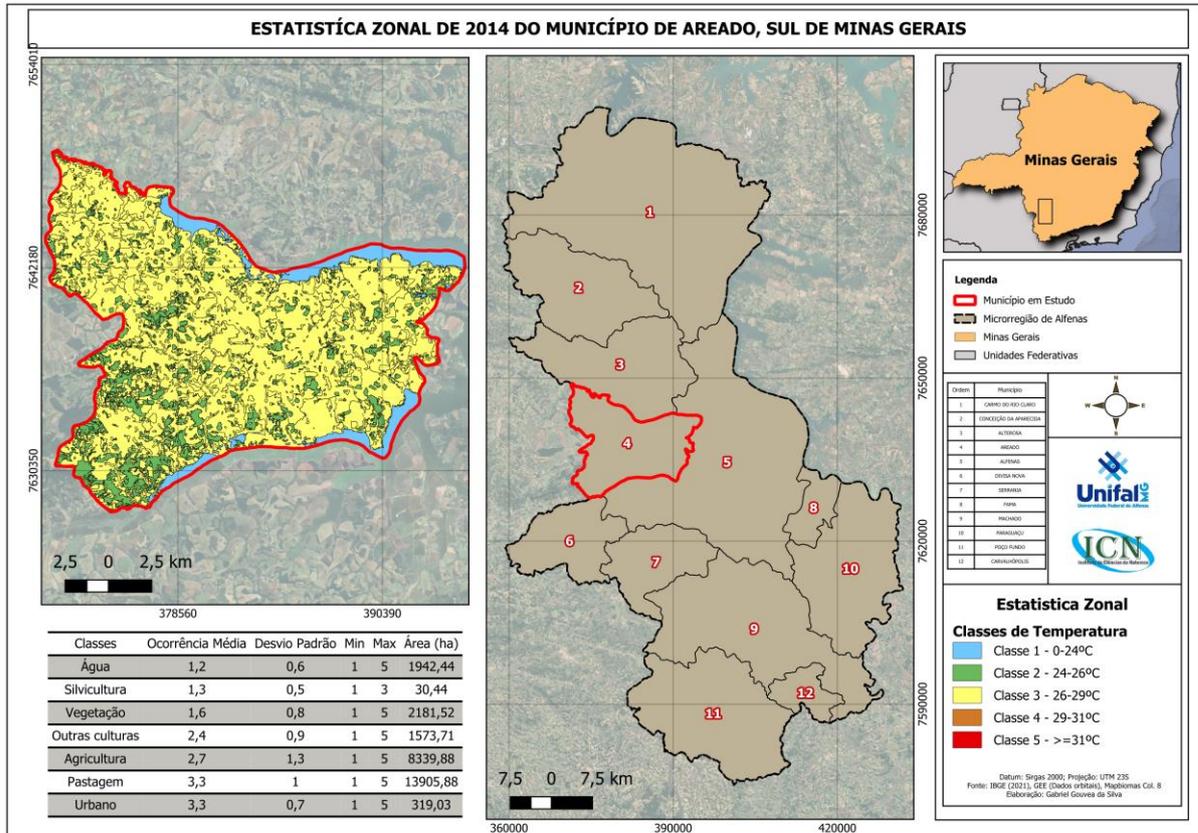
Figura 26: Estatística Zonal de 2014 do Município de Alterosa, Sul de Minas Gerais.



Alterosa apresenta um padrão semelhante ao de Alfenas, com Urbano liderando a Classe 4 (3,5) e desvio padrão mais baixo (0,7). Pastagem (3,3) e Agricultura (3,0) também são relevantes, mas com maior variação (desvio padrão de até 1,3).

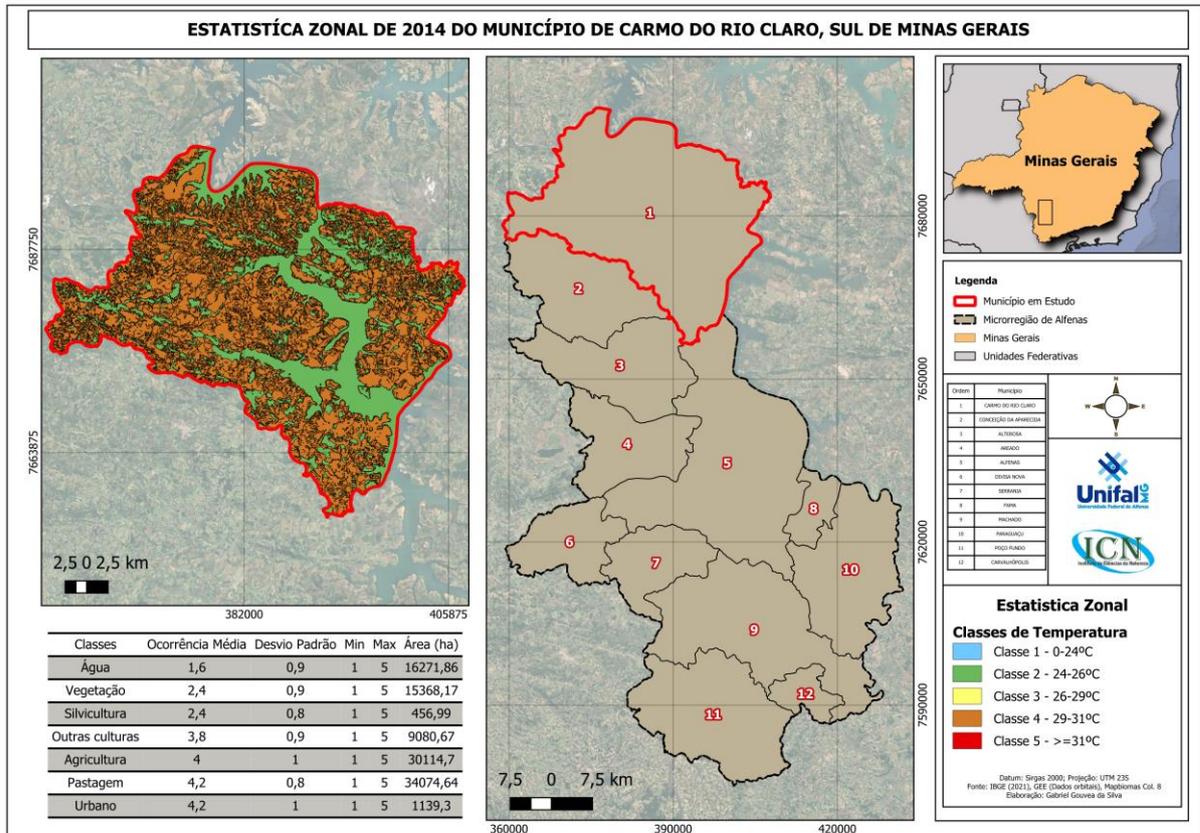
Em Areado, as classes destaque foram: Pastagem e Urbano, que dominam na Classe 3 (26-29°C), ambas com médias de 3,3. Agricultura segue com 2,7 se enquadrando na classe 26-29°C, e um diferencial importante é a relevância de Outras Culturas (2,4), que supera Silvicultura (1,3). Novamente, Água e Vegetação ocupam as menores temperaturas (0-24°C), conforme a figura 27.

Figura 27: Estatística Zonal de 2014 do Município de Areado, Sul de Minas Gerais.



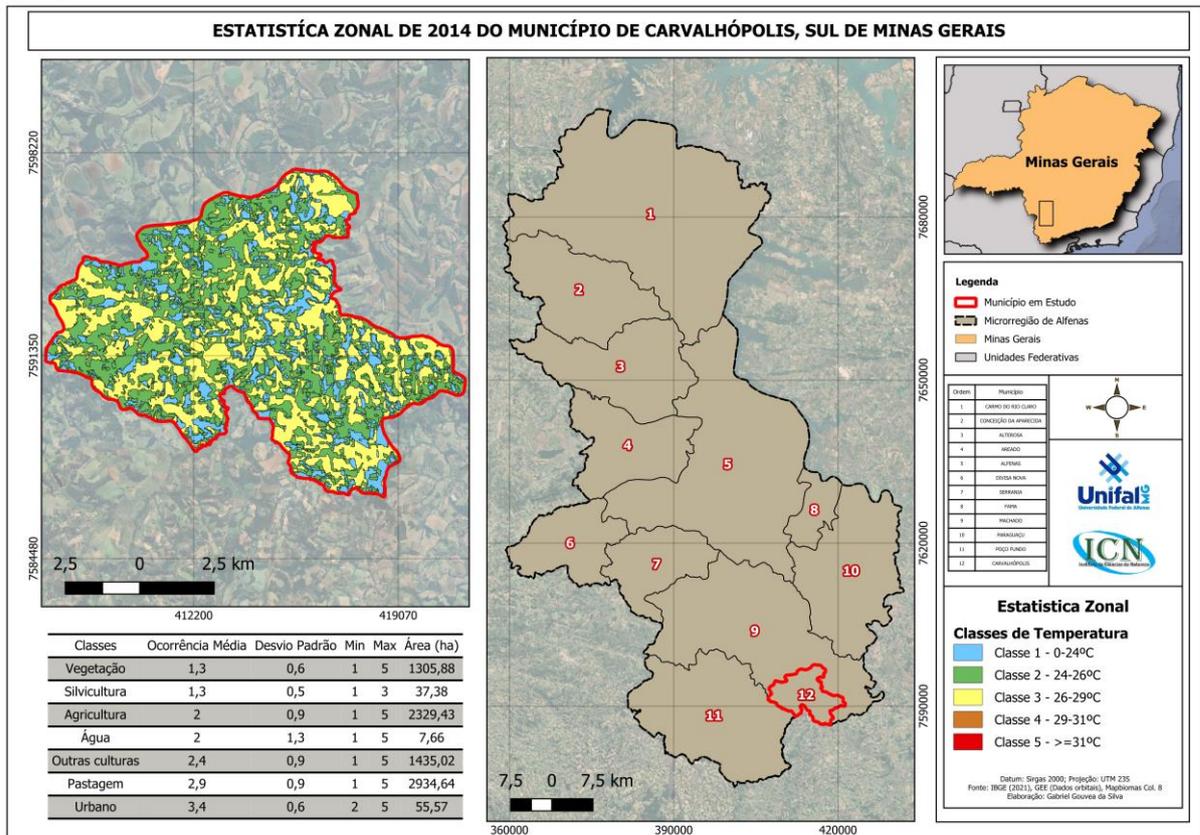
Para o município de Carmo do Rio Claro, é válido destacar que ocorre de certa forma uma predominância da classe de temperatura 4 (29-31°C), onde o uso da terra nessa faixa de temperatura foi: Urbano, Pastagem, Agricultura e Outras Culturas. Vegetação e Silvicultura apresentam equilíbrio, ambas com médias de 2,4, enquanto Água mantém uma média mais baixa (1,6), isso quer dizer que a faixa de temperatura predominante para Água, Silvicultura e Vegetação, foi a faixa de temperatura 24-26°C, assumindo uma coloração verde no mapa (figura 28). Carmo do Rio Claro, demonstrou uma concentração significativa em atividades agrícolas e agropecuária em 2014.

Figura 28: Estatística Zonal de 2014 do Município de Carmo do Rio Claro, Sul de Minas Gerais.



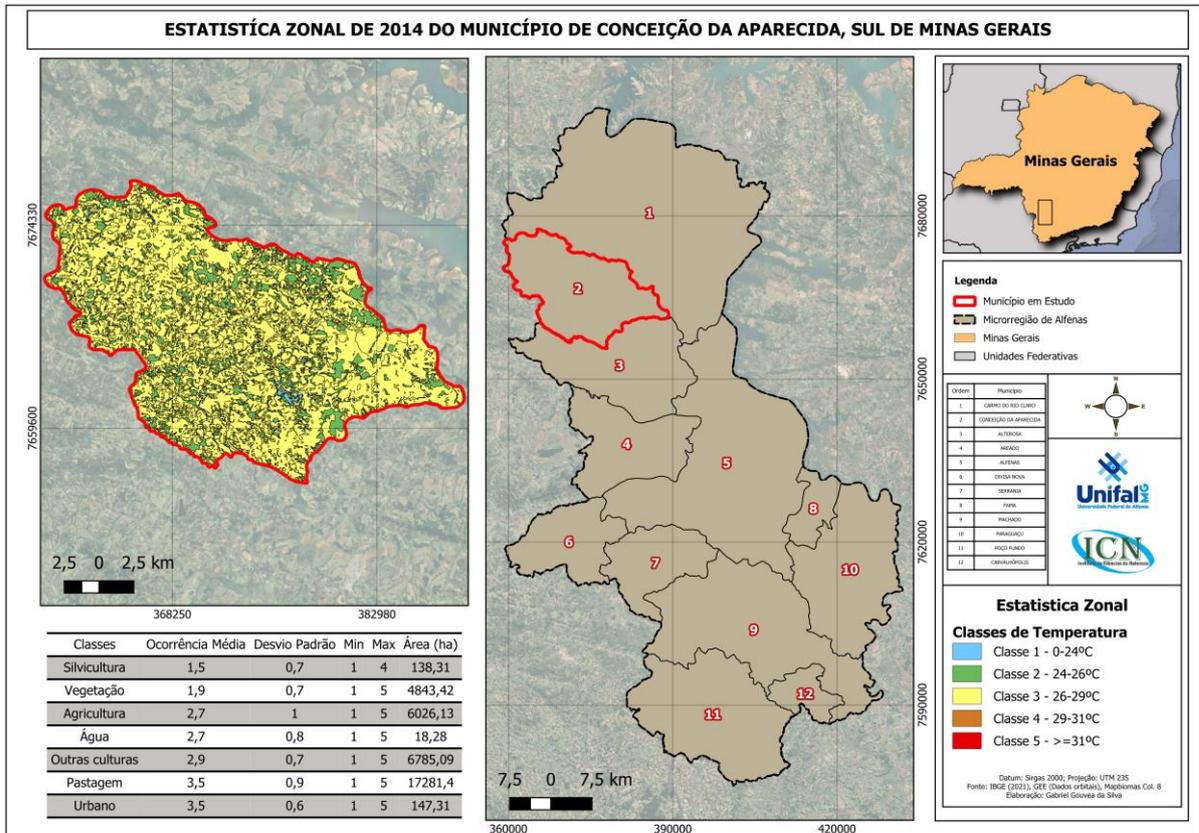
Carvalhópolis por ser o menor município da microrregião de Alfenas, também apresentou o Urbano como uso da terra de temperatura mais elevada, categorizando-se na classe de temperatura 3 (26-29°C) tendendo a classe 4. Logo, este município apresenta um cenário mais equilibrado, com Urbano liderando na Classe 3 com média de 3,4, seguido de Pastagem (2,9). Outras Culturas (2,4) e Água (2,0) também têm relevância sendo evidentes na faixa de temperatura 24-26°C. Nas classes de temperaturas amena, Silvicultura e Vegetação possuem médias mais baixas, próximas (1,3), os resultados podem ser visualizados no mapa abaixo, (Figura 29).

Figura 29: Estatística Zonal de 2014 do Município de Carvalhópolis, Sul de Minas Gerais.



Conceição da Aparecida apresenta Pastagem e Urbano na Classe 3, ambas com médias de 3,5, situando-se na faixa térmica (26-29°C). Outras Culturas (2,9) e Agricultura (2,7) também têm destaque na Classe 3 (26-29°C), enquanto Água se destaca com média de 2,7, na mesma faixa. Vegetação e Silvicultura, com médias de 1,9 e 1,5, encontram-se nas faixas (24-26°C) e (0-24°C), respectivamente. Portanto, nota-se, a predominância da área urbana e da pastagem nas faixas térmicas mais elevadas em 2014 (Figura 30).

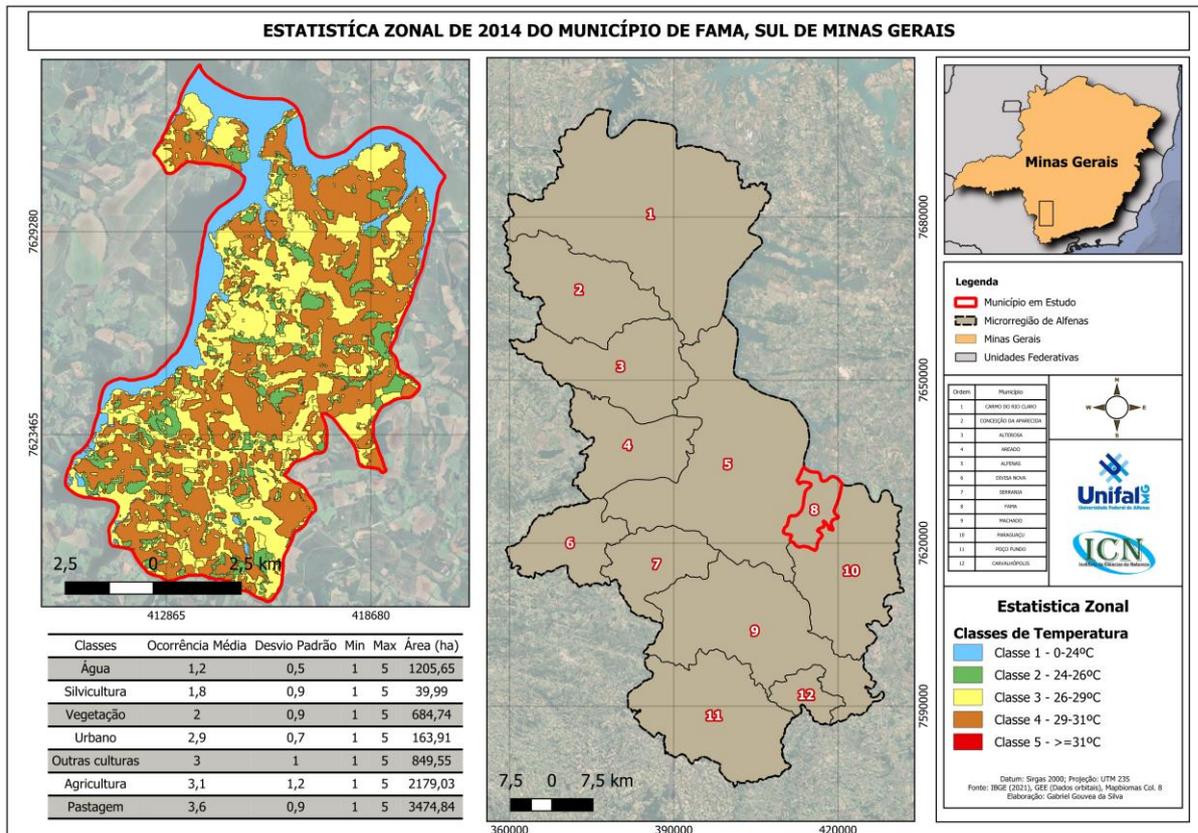
Figura 30: Estatística Zonal de 2014 do Município de Conceição da Aparecida, Sul de Minas Gerais.



Fonte: Autor, 2024.

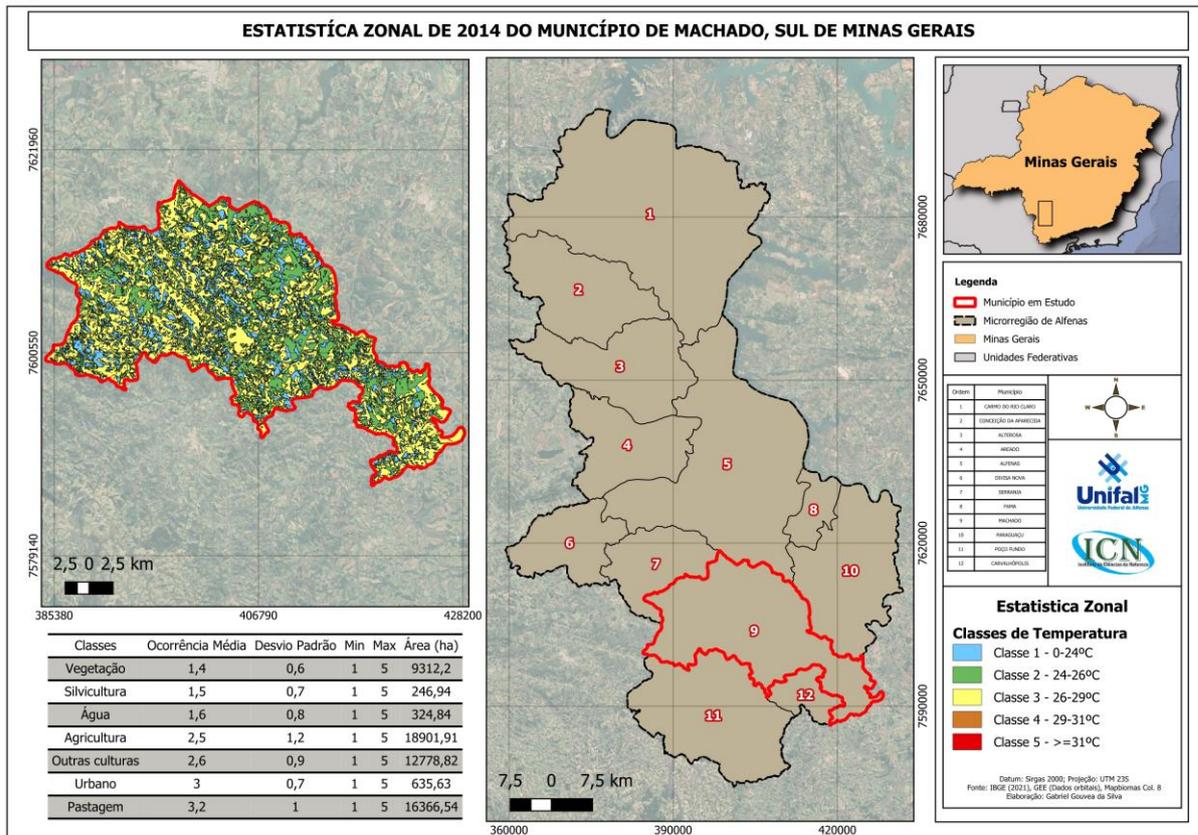
Divisa Nova registra Urbano na Classe 3, com média de 3,5 (26-29°C). Pastagem (3,1) e Agricultura (2,8) situam-se na mesma classe de temperatura. Água (2,0) encontra-se na faixa térmica (24-26°C), sendo mais quente que a Vegetação (1,5), que pertence à faixa mais baixa (0-24°C). O perfil do município combina áreas de intensidade moderada com categorias menos representativas, mantendo equilíbrio térmico em 2014. Detalhe é o desvio padrão da Agricultura que foi 1,3. De todo modo, um baixo desvio padrão, mas o mais alto do conjunto de dados de Divisa Nova, o mapa com as informações pode ser conferido a baixo (Figura 31).

Figura 32: Estatística Zonal de 2014 do Município de Fama Sul de Minas Gerais.



Machado (Figura 33) mostra Pastagem e Urbano como principais categorias na Classe 3, com médias de 3,2 e 3,0 (26-29°C). Outras Culturas e Agricultura, com médias de 2,6 e 2,5, encontram-se na faixa 26-29°C e 24-26°C. Já Água (1,6) na faixa 24-26°C, e Silvicultura (1,5) e Vegetação (1,4) estão na faixa térmica mais baixa (0-24°C). Os dados de 2014 mostram que Machado apresentava um padrão térmico relativamente estável, refletindo um uso da terra menos intenso em comparação a outros municípios. Essa estabilidade é uma oportunidade para fomentar políticas de conservação que possam preservar a moderação térmica e mitigar potenciais impactos, logo, veremos mais a frente se este município seguiu processos mitigadores ou então enfrentou altas temperaturas em 2022.

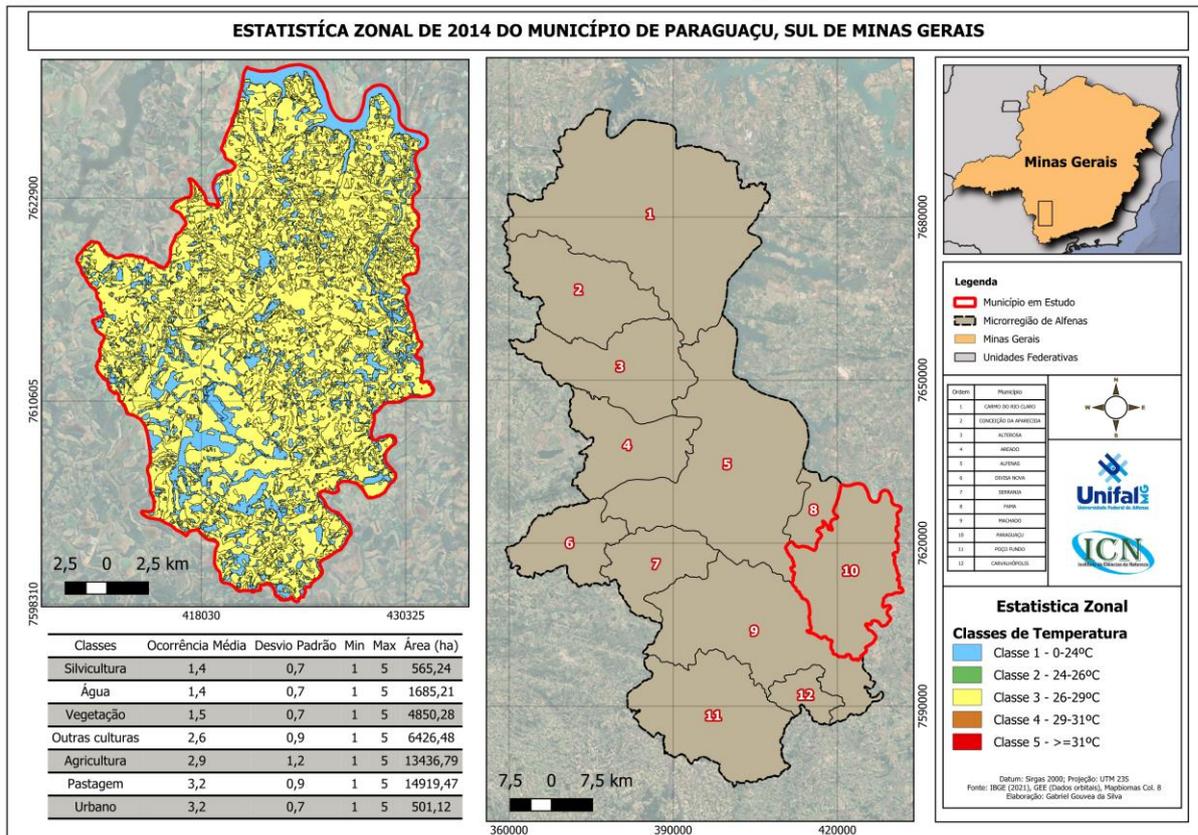
Figura 33: Estatística Zonal de 2014 do Município de Machado, Sul de Minas Gerais.



Fonte: Autor, 2024.

Paraguaçu apresenta maior intensidade nas categorias Pastagem e Urbano, ambas situadas na Classe 3, com média de 3,2 cada. Agricultura também aparece na Classe 3, com uma média de 2,9, seguida de Outras Culturas, com 2,6. Vegetação, Água e Silvicultura possuem as médias mais baixas: 1,5, 1,4 e 1,4, localizadas, respectivamente, na Classe 1. Os dados de 2014 indicam uma predominância de atividades relacionadas a pastagem e agricultura, que contribuem para elevações térmicas na faixa de 26-29°C. A presença de áreas vegetadas e corpos d'água, embora mais escassa, desempenha um papel importante na regulação climática. Paraguaçu enfrentou o desafio de equilibrar esse cenário para os anos seguintes, o qual iremos verificar.

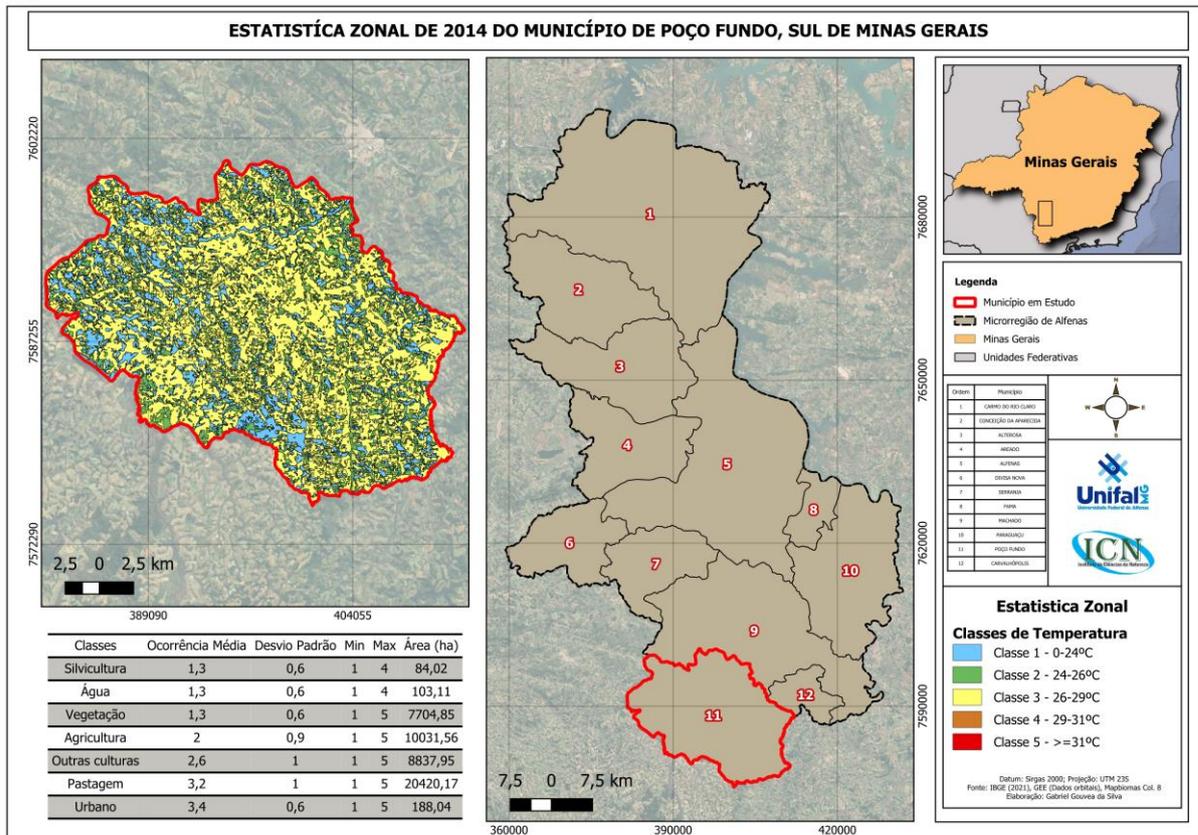
Figura 34: Estatística Zonal de 2014 do Município de Paraguaçu, Sul de Minas Gerais.



Poço Fundo apresenta maior intensidade térmica na categoria Urbano, com média de 3,4, e na Pastagem, com 3,2, ambas classificadas na Classe 3 (26-29°C). Outras Culturas tem média de 2,6, também na mesma faixa térmica. Agricultura aparece na Classe 2, com média de 2,0, enquanto as categorias Água, Vegetação e Silvicultura apresentam médias iguais de 1,3, todas situadas na Classe 1 (0-24°C). Detalhe ao desvio padrão extremamente baixo, levando em consideração que silvicultura e água teve um intervalo menor (3) que as demais classes. Não só isso, mas sua expressão em área por hectare dessas duas classes também fora baixa. Logo, percebemos que mesmo em classes de uso da terra que a área em hectare é menor, e o intervalo, levando em consideração o mínimo e o máximo, o desvio padrão ainda continua coerente e baixo.

O padrão térmico de 2014 reflete o impacto da agricultura e da pastagem, principais usos do solo no município. A representatividade mais baixa de áreas naturais, como vegetação e corpos d'água, evidencia a necessidade de esforços para aumentar a resiliência ambiental e reduzir os efeitos do microclima local.

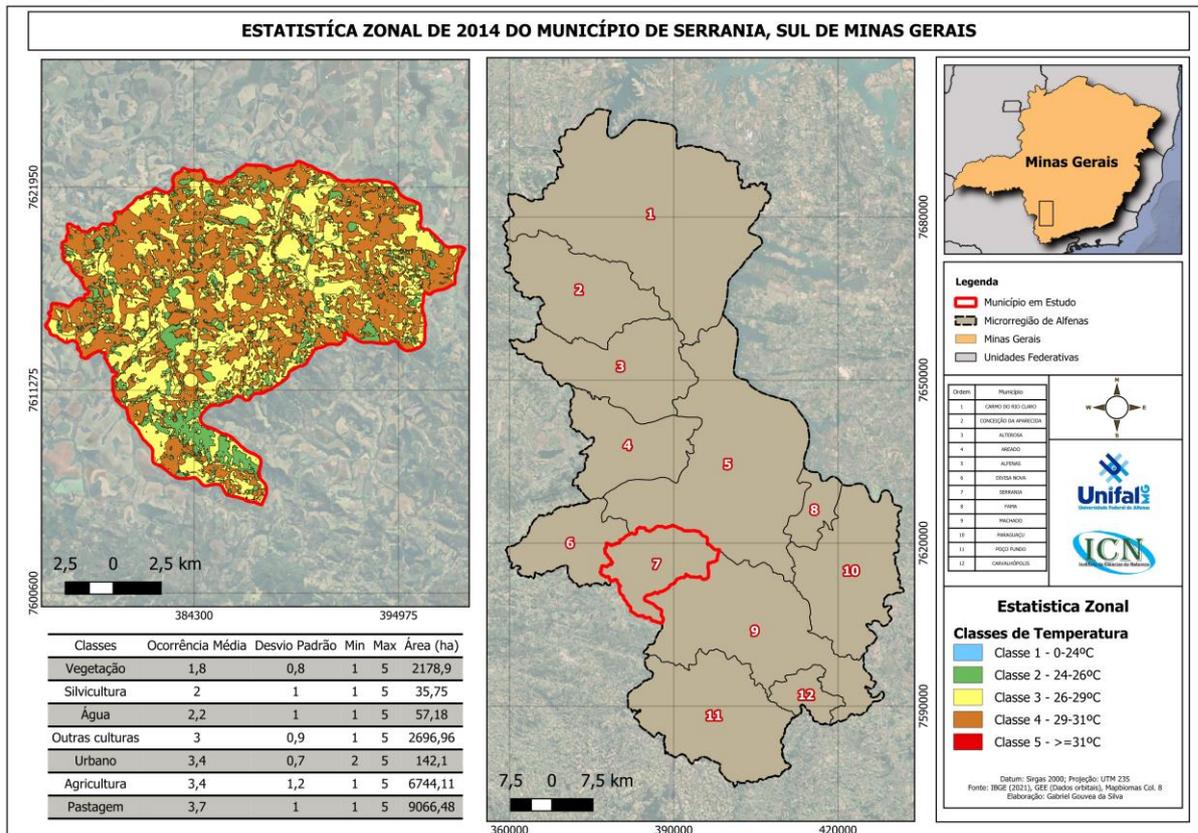
Figura 35: Estatística Zonal de 2014 do Município de Poço Fundo, Sul de Minas Gerais.



Serrania possui destaque em Pastagem, classificada na Classe 4, com média de 3,7, representando as faixas de temperatura mais elevadas (29-31°C). Urbano, Agricultura e Outras Culturas aparecem na Classe 3, com médias de 3,4 e 3. Água, Silvicultura e Vegetação têm médias mais moderadas: 2,2, 2,0 e 1,8, situando-se na Classe 2 (24-26°C).

O município de Serrania em 2014, destacava-se pelo uso intensivo de pastagem, que contribuem para as elevações térmicas mais significativas entre os demais municípios analisados. As categorias relacionadas à vegetação e aos recursos hídricos apresentam potencial para ajudar a regular o impacto térmico, porém, esses usos da terra, acabam sendo engolidos pelas demais classes, uma vez que analisamos do ponto de vista de proporção de área por hectare.

Figura 36: Estatística Zonal de 2014 do Município de Serrania, Sul de Minas Gerais.

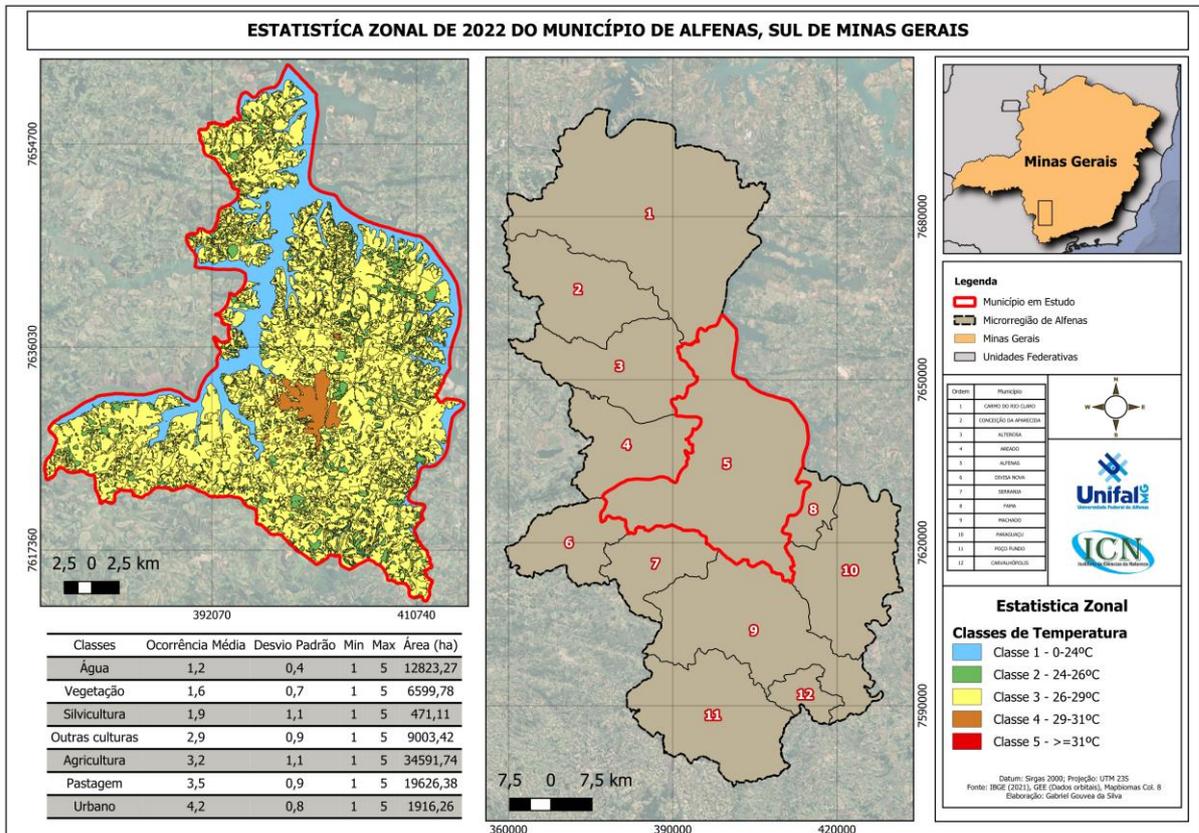


6.5 Estatística zonal da análise de temperatura e uso e cobertura da terra em 2022

Em 2022, Alfenas se destaca pelo Urbano na Classe 4 (4,2), demonstrando uma forte presença de urbanização consolidada. Pastagem também aparece, porém na Classe 3 (3,5), indicando que a pecuária tem importância econômica significativa na região. A agricultura e Outras Culturas estão na Classe 3, com médias de 3,2 e 2,9, respectivamente, evidenciando atividades produtivas relevantes, mas com menor intensidade comparada ao uso urbano e pastagem. Já a silvicultura (1,9) e a vegetação (1,6) estão na Classe 2, mostrando níveis medianos de cobertura vegetal com temperatura amena, enquanto os recursos hídricos permanecem na Classe 1 (1,2), indicando baixa relevância (Figura 37). Em 2014, as áreas urbanas apresentavam médias ligeiramente mais baixas, na faixa de 3,9, indicando um crescimento urbano significativo até 2022. A pastagem também apresentou aumento, saindo de 3,3 para 3,5, o que reforça a intensificação da atividade agropecuária, porém ainda pertencendo a faixa 26-29°C. Em contrapartida, os recursos hídricos, que já estavam baixos

(1,3 em 2014), reduziram ainda mais sua média em 2022, sugerindo maior pressão sobre as reservas hídricas.

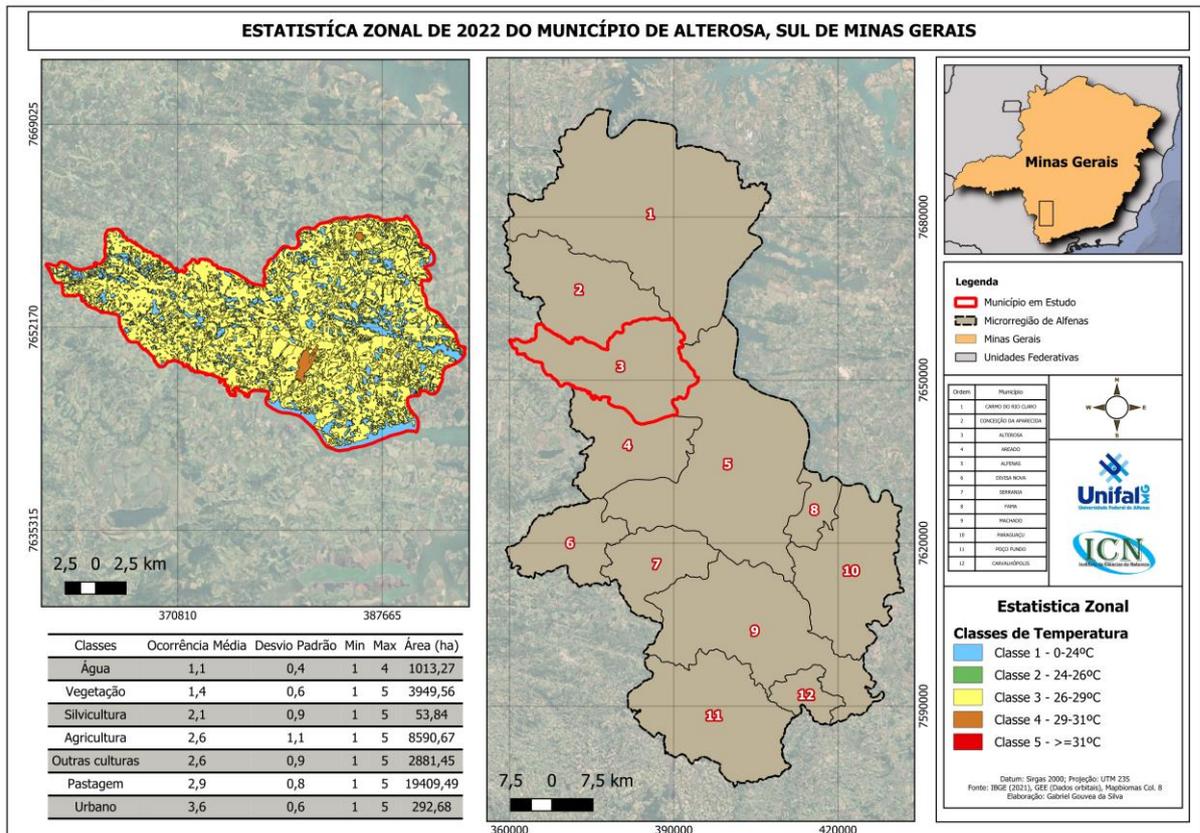
Figura 37: Estatística Zonal de 2022 do Município de Alfenas, Sul de Minas Gerais.



Em Alterosa, área urbana têm média de 3,6 (Classe 4), indicando urbanização moderada. Pastagens (2,9) e agricultura (2,6) situam-se na Classe 3, enquanto silvicultura (2,1) está na Classe 2. Vegetação (1,4) e recursos hídricos (1,1) aparecem na Classe 1. A temperatura predominante na região é da Classe 3 (26-29°C), influenciada pelas médias intermediárias em uso da terra (Figura 38).

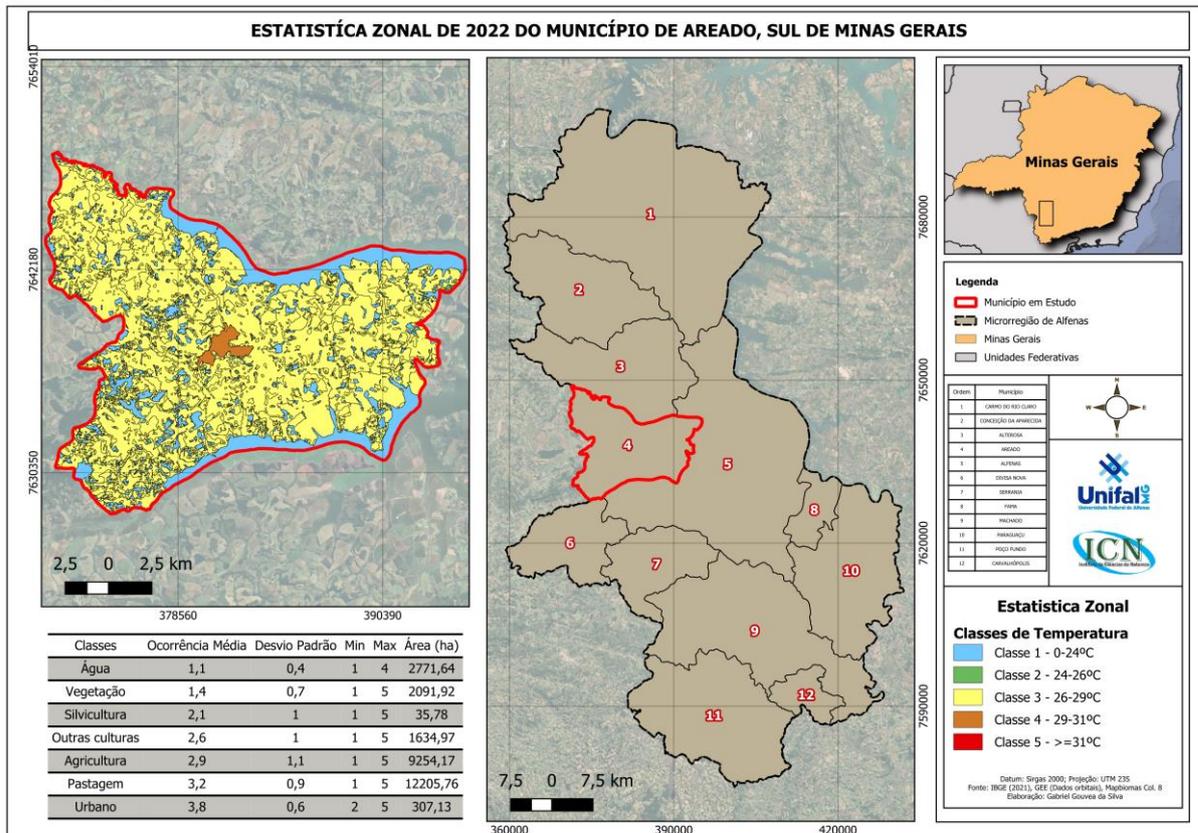
Quando comparada com 2014, a temperatura predominante era da Classe 3 (26-29°C), continuando sem alterações significativas em relação a 2022. No entanto, houve aumento nas áreas urbanas, que cresceram de 3,4 para 3,6, o que sugere maior pressão urbana. A vegetação, por outro lado, reduziu de 1,5 para 1,4, indicando perda de cobertura natural e aumento potencial de ilhas de calor.

Figura 38: Estatística Zonal de 2022 do Município de Alterosa, Sul de Minas Gerais.



Na figura 39, referente ao município de Areado, as áreas urbanas apresentam média de 3,8 (Classe 4), demonstrando que o Urbano é a principal classe de uso da terra responsável pela elevada temperatura (29-31°C), com um desvio padrão de 0,6. Pastagens (3,2) e agricultura (2,9) situam-se na Classe 3, evidenciando relevância agropecuária e revelando que são classes de uso da terra que contribuem com temperaturas elevadas. Outras Culturas (2,6) também estão na Classe 3, enquanto silvicultura (2,1), vegetação (1,4) e recursos hídricos (1,1) têm menor destaque. A temperatura predominante é da Classe 4 (29-31°C), devido à alta média em áreas urbanas. Em 2014, a temperatura predominante também era da Classe 4 (29-31°C), só que distribuída entre Urbano, Pastagem e Agricultura, o que em 2022 ocorre uma concentração somente em Urbano. As áreas urbanas tiveram aumento significativo de 3,5 para 3,8, enquanto a agricultura reduziu ligeiramente de 3,0 para 2,9. A vegetação natural e os recursos hídricos apresentaram queda contínua, contribuindo para possíveis alterações microclimáticas e aumento do calor em áreas urbanas.

Figura 39: Estatística Zonal de 2022 do Município de Areado, Sul de Minas Gerais



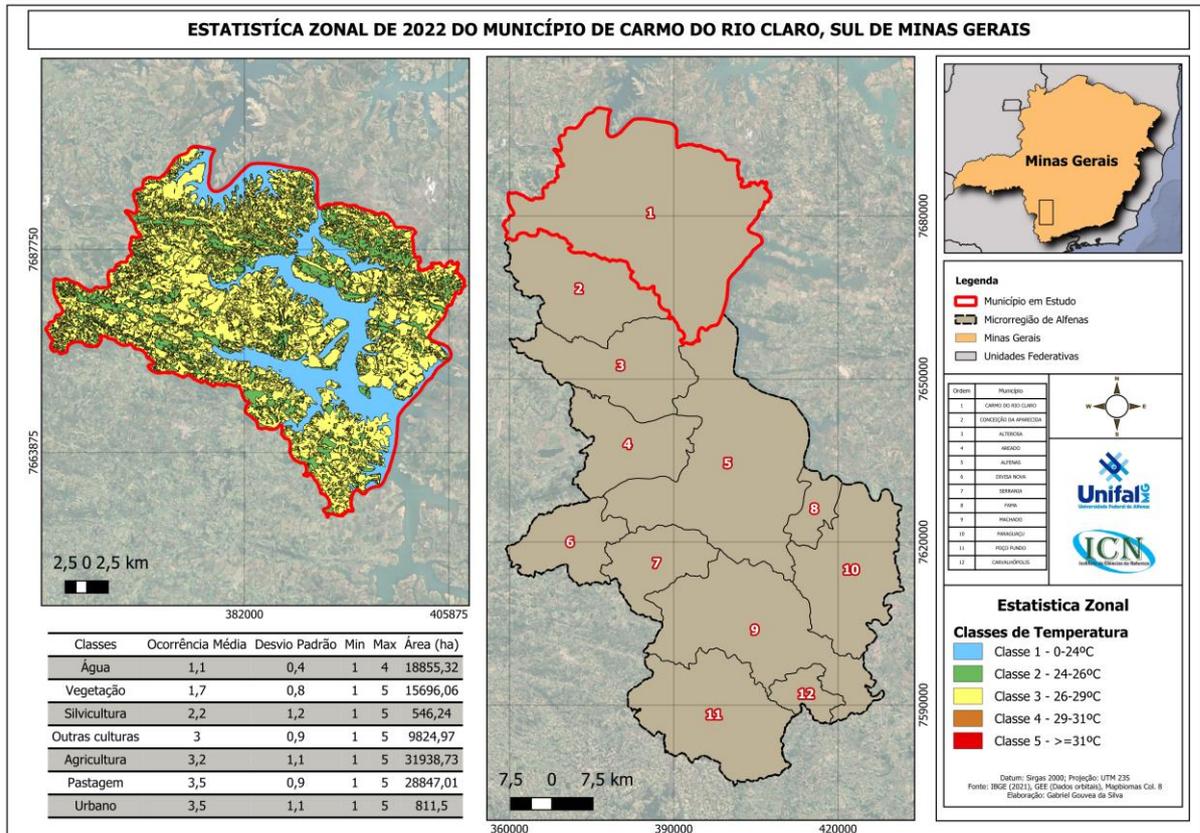
Fonte: Autor, 2024

Seguindo na análise, Carmo do Rio Claro apresentou médias de 3,5 tanto em áreas urbanas quanto em pastagem, ambas pertencentes à Classe de Temperatura 26-29°C, sugerindo aquecimento associado à urbanização e à pecuária. Agricultura (3,2) e Outras Culturas (3,0) também estão na Classe de Temperatura 26-29°C, com impacto significativo das atividades agrícolas. Silvicultura (2,2), Vegetação (1,7) estão na Classe de Temperatura 24-26°C e recursos hídricos (1,1) permanecem em classes mais baixas 0-24°C.

Em 2014, as áreas urbanas e pastagem estavam em 4,2, agricultura com média 4 e Outras Culturas com média 3,8, categorizavam-se na classe 29-31°C. Acontece que para 2022, houve uma diminuição do microclima local, com temperaturas registradas abaixo de 26-29°C.

Carmo do Rio Claro é o maior município da área de estudo e de 2014 para 2022 apresentou mudanças significativas com baixo desvio padrão, indicando que o conjunto de dados se apresentou fidedignos e com baixa variabilidade entorno da média.

Figura 40: Estatística Zonal de 2022 do Município de Carmo do Rio Claro, Sul de Minas Gerais.

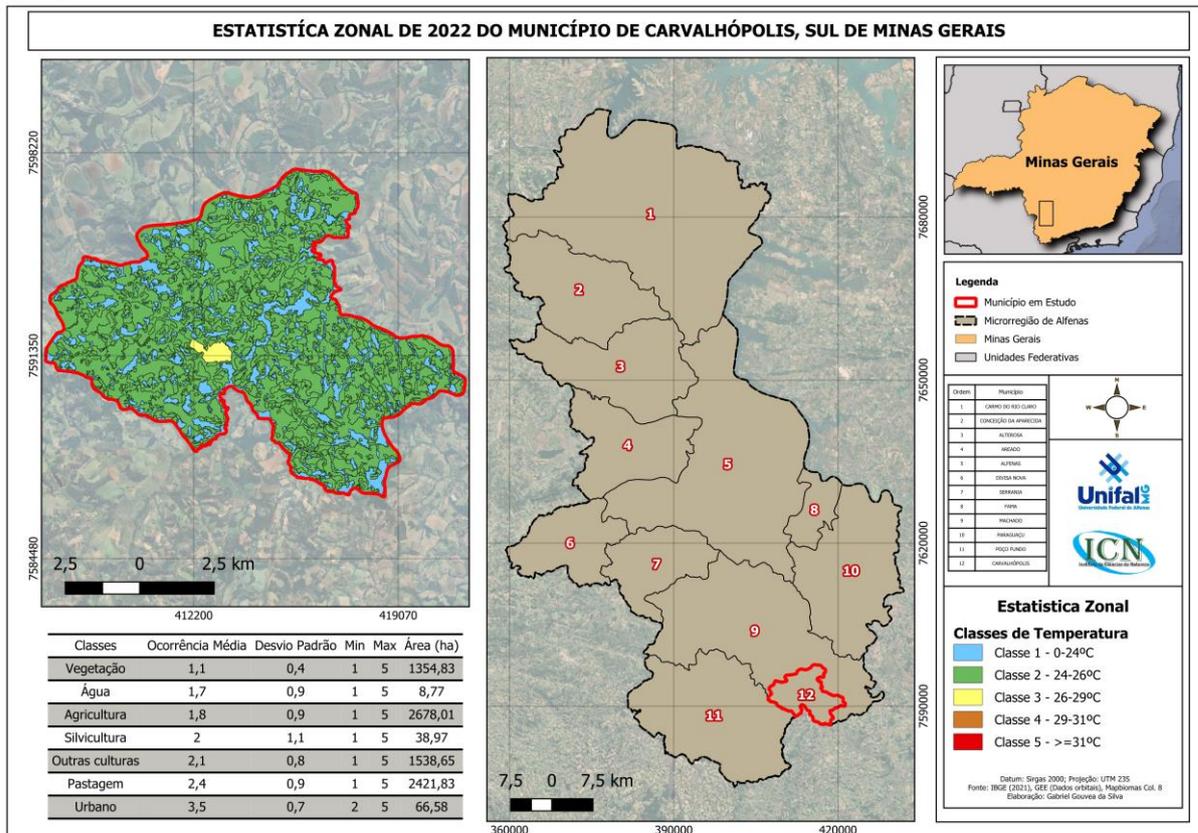


Fonte: Autor, 2024

Carvalhópolis apresentou médias de 3,5 para Urbano, que pertence à Classe de Temperatura 26-29°C, o que destaca o aquecimento urbano em um município menor. Pastagens (2,4) e Outras Culturas (2,1) situam-se na Classe de Temperatura 24-26°C, refletindo áreas produtivas com menor aquecimento. Silvicultura (2,0), agricultura (1,8) enquadrando em 24-26°C e vegetação (1,1) classe de temperatura 0-24°C, enquanto recursos hídricos estão em 1,7, na Classe 24-26°C.

A área urbana permaneceu na Classe de Temperatura 26-29°C, mas houve aumento na média de 3,4 para 3,5, refletindo maior urbanização. No mais, houve uma queda da pastagem e da vegetação. Informação que pode ser visualizada comparando os mapas (Figura 29 e Figura 41). Logo, ao analisar a figura 37, percebe-se que a mancha urbana se destaca no mapa, fato que em 2014 já não era possível de se notar.

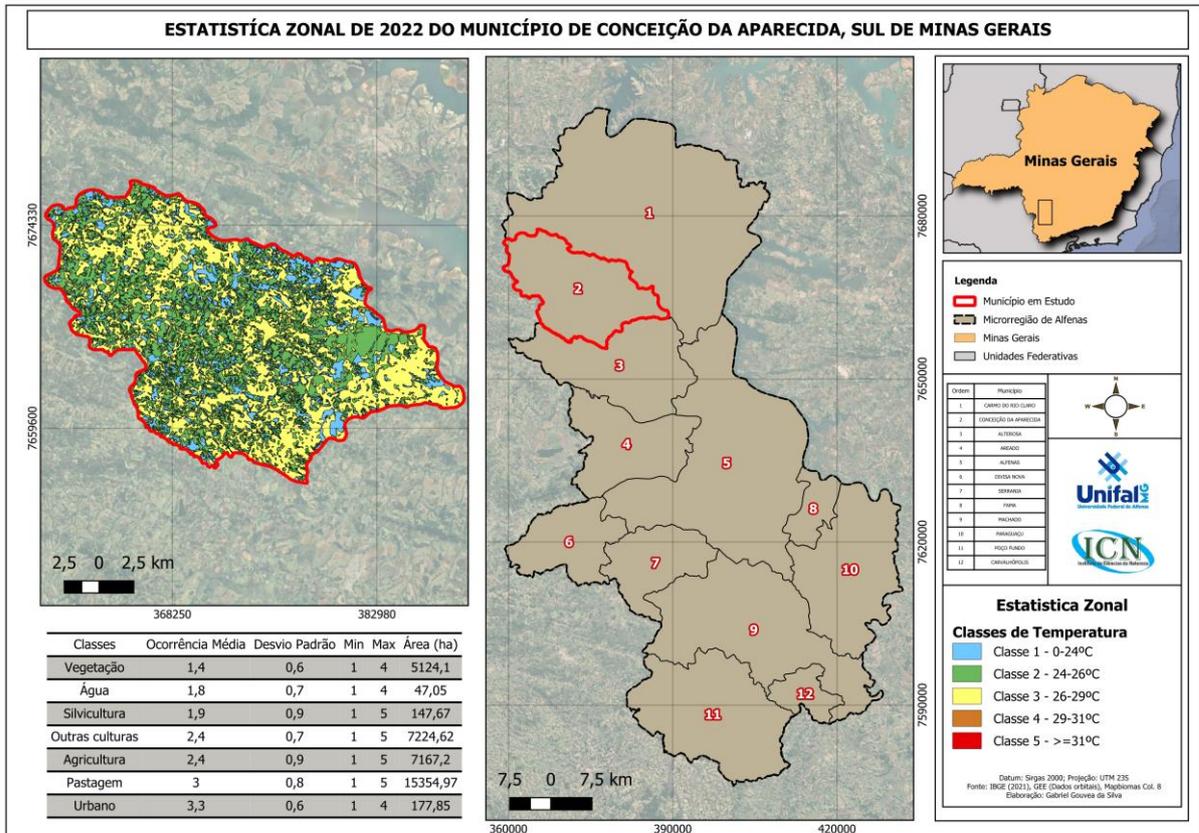
Figura 41: Estatística Zonal de 2022 do Município de Carvalhópolis, Sul de Minas Gerais.



As áreas urbanas de Conceição da Aparecida possuem média de 3,3, pertencente à Classe de Temperatura 26-29°C. Pastagens e agricultura, ambas com médias de 3,0, estão na mesma classe. Outras Culturas (2,4) e silvicultura (1,9) pertencem à Classe de Temperatura 24-26°C. Água com 1,1 e vegetação (1,4) aparecem na classe mais amena: 0-24°C.

As áreas urbanas diminuiram de 3,5 para 3,3, pertencendo a classe 26-29°C, indicando uma estabilidade térmica. As pastagens permaneceram na Classe 26-29°C, enquanto vegetação e recursos hídricos, com médias reduzidas, reforçam a diminuição da capacidade de resfriamento natural, contribuindo para a elevação geral das temperaturas, embora a diminuição pouco expressiva.

Figura 42: Estatística Zonal de 2022 do Município de Conceição da Aparecida, Sul de Minas Gerais.

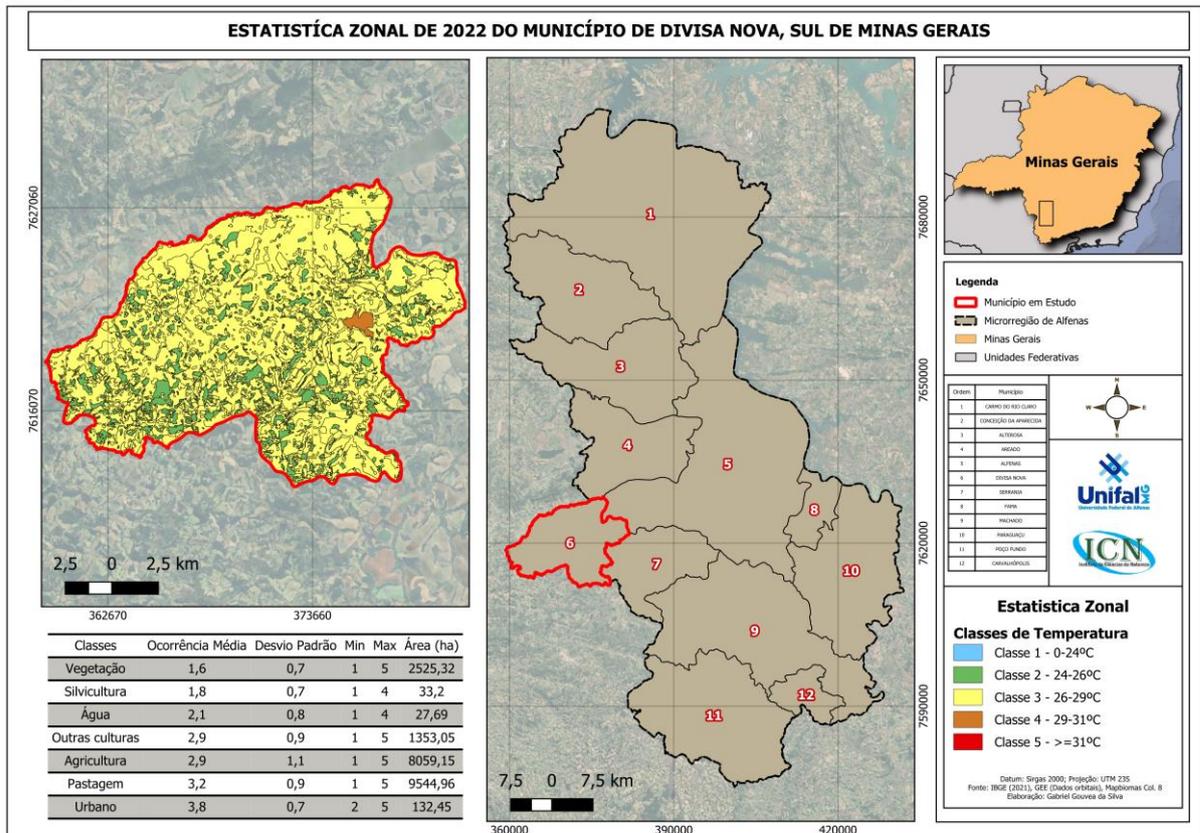


Fonte: Autor, 2024

O município de Divisa Nova, apresenta áreas urbanas na Classe 4 (3,8), enquanto pastagens (3,2), agricultura (2,9) e Outras Culturas (2,9) estão na Classe 3 (26-29°C). Recursos hídricos (2,1), silvicultura (1,8) e vegetação (1,6) estão na Classe 2 (24-26°C).

Fato importante, que de 2014 para 2022, o Urbano apresentou um aumento de 3,5 para 3,8. Ou seja, saiu de 26-29°C para 29-31°C. Informação que se destaca quando comparada os mapas (Figura 31 e Figura 43), onde a mancha urbana se destaca em 2022.

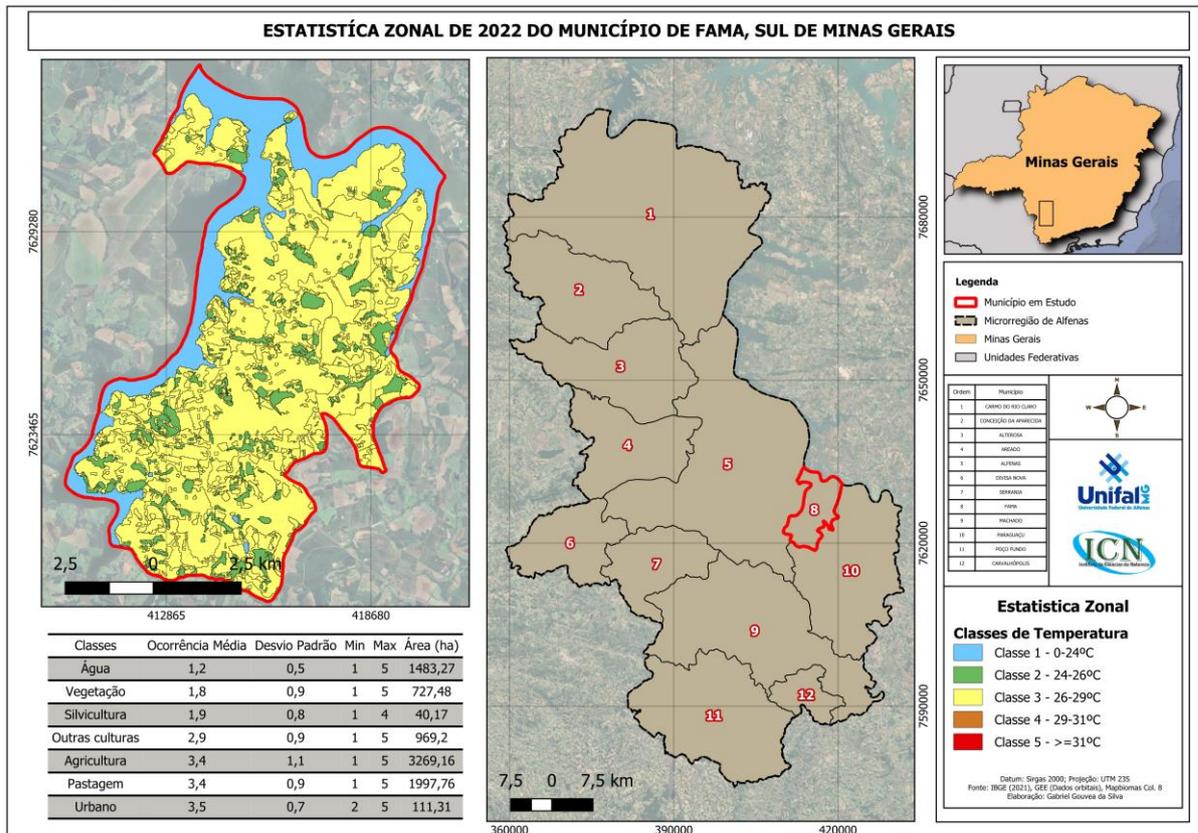
Figura 43: Estatística Zonal de 2022 do Município de Divisa Nova, Sul de Minas Gerais.



Fonte: Autor, 2024

Fama possui áreas urbanas na Classe 3 (3,5). A agricultura e a pastagem, ambas com ocorrência média de 3,4, também se enquadram na Classe 3, assim como Outras Culturas (2,9). A silvicultura (1,9) e a vegetação (1,8) permanecem na Classe 2, enquanto a água está na Classe 1 (1,2). Observa-se, portanto, que em 2022 o município de Fama registrou uma redução na temperatura superficial. Em 2014, a pastagem, que ocupava 3.474 hectares, era a área com maior temperatura, com destaque para a faixa de temperatura de 29-31°C. Em 2022, essa faixa de temperatura diminuiu para 26-29°C, e a área ocupada pela pastagem também foi reduzida para 1.997 hectares.

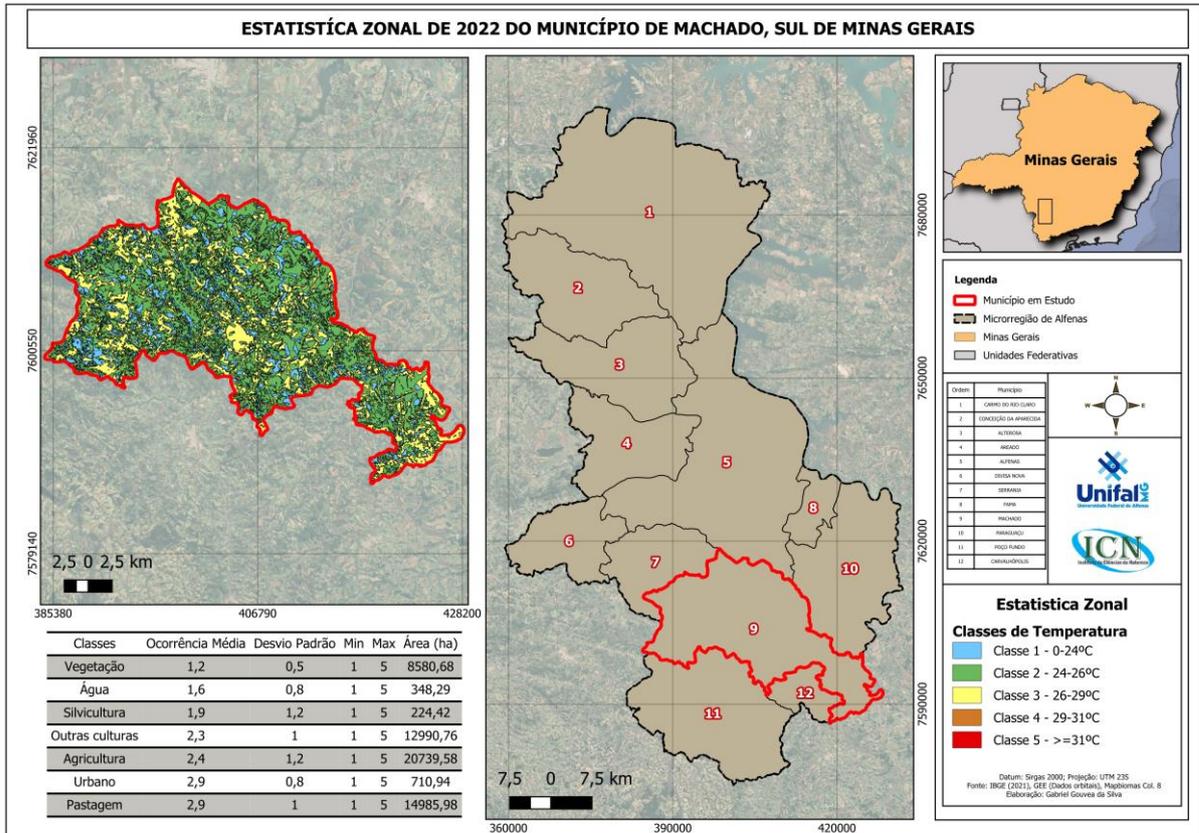
Figura 44: Estatística Zonal de 2022 do Município de Fama, Sul de Minas Gerais.



Fonte: Autor, 2024

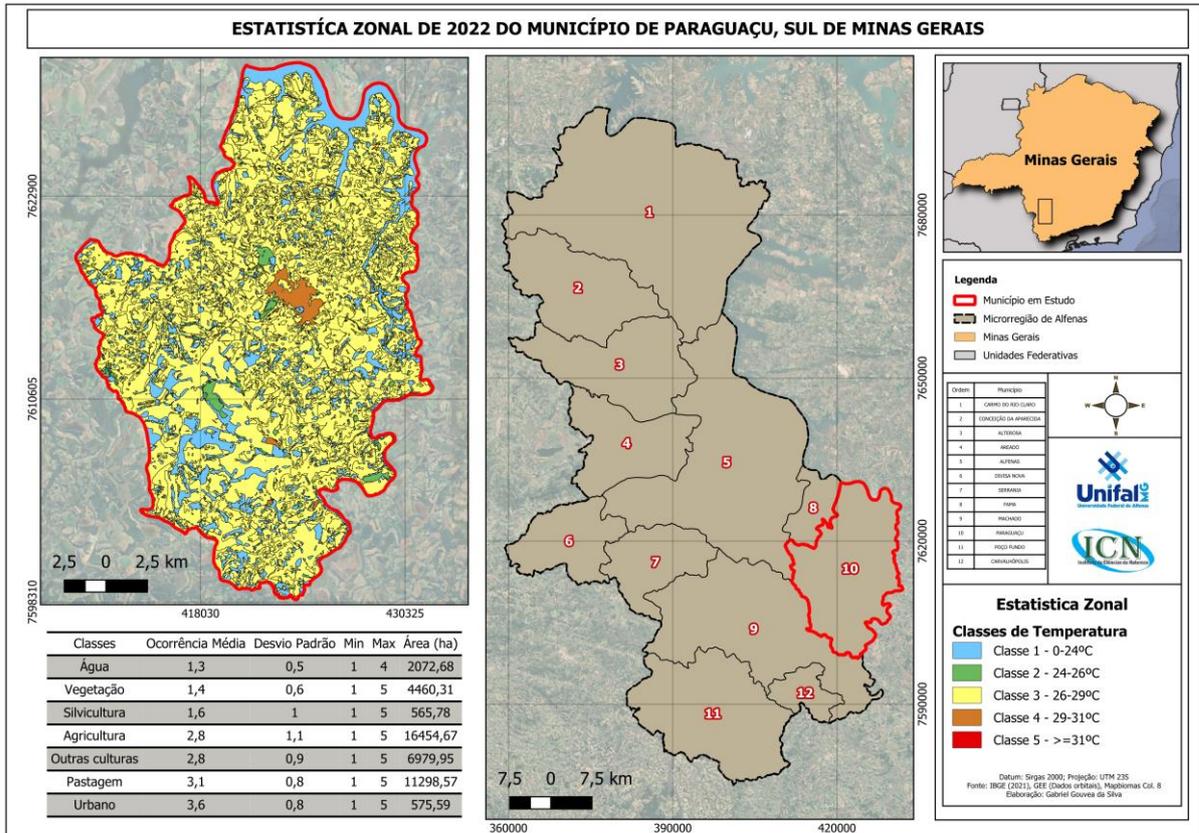
Já no município de Machado, temos a pastagem e áreas urbanas na Classe 3 (2,9), enquanto a agricultura (2,4) e Outras Culturas (2,3) estão na Classe 2. Silvicultura (1,9) e recursos hídricos (1,6) também aparecem na Classe 2, enquanto vegetação está na Classe 1 (1,2). Em 2022, pela análise dos dados, Machado é outro município que registra ocorrência média de temperaturas mais amenas quando comparada a 2014. Essa informação de redução da temperatura superficial se deve muito a diminuição de algumas classes de uso da terra.

Figura 45: Estatística Zonal de 2022 do Município de Machado, Sul de Minas Gerais.



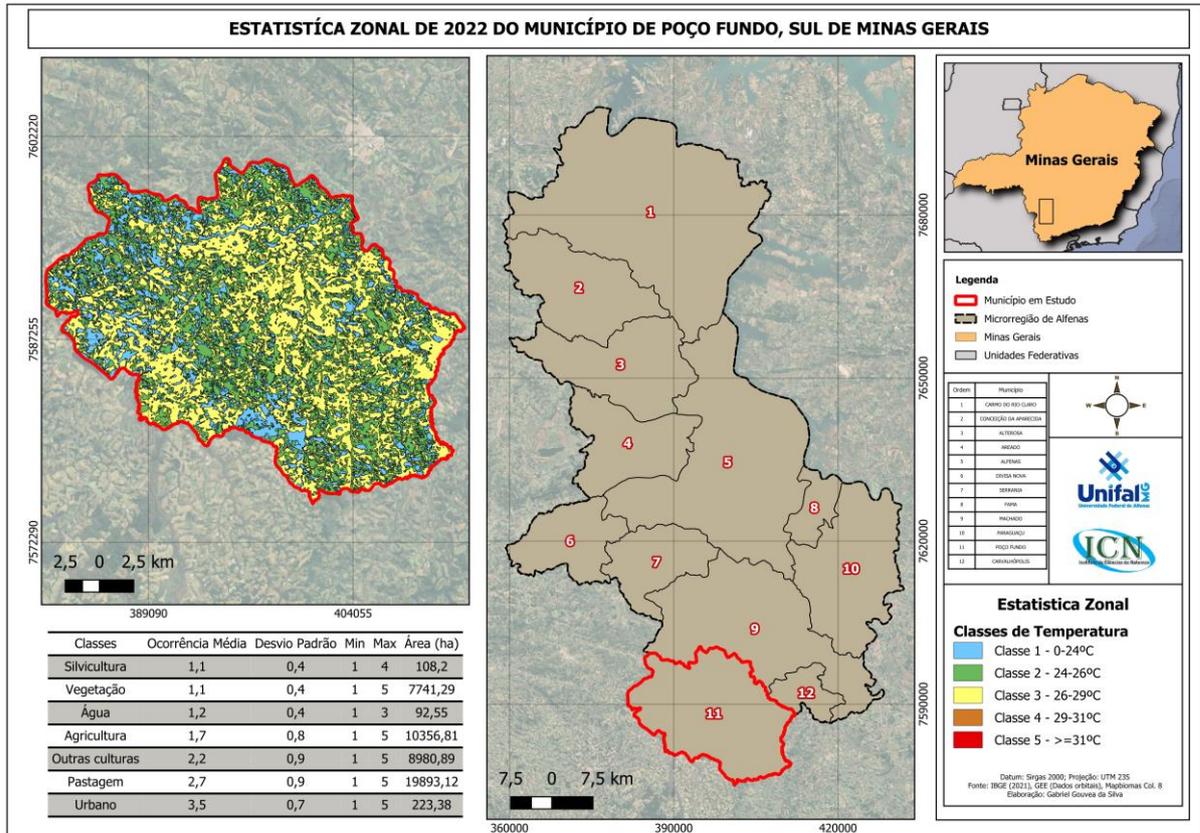
Entre 2014 e 2022, o município de Paraguaçu (figura 46) apresentou mudanças significativas em algumas classes de uso do solo. O destaque foi o aumento no valor associado ao Urbano, que passou de 3,2 para 3,6, ou seja, mudou de 26-29°C para 29-31°C, indicando um crescimento urbano ou intensificação das atividades. Já a Pastagem sofreu redução, de 3,2 para 3,1, possivelmente indicando uma diminuição da área ou da intensidade do uso para pecuária. As categorias Outras Culturas e agricultura mantiveram valores próximos, com uma leve queda de 0,1 e 0,2 em suas médias, sugerindo certa estabilidade, mas com um pequeno decréscimo no uso ou produtividade. Por outro lado, as classes relacionadas à conservação e uso mais restritivo, como Silvicultura, Vegetação e Água, apresentaram pequenas variações. A Silvicultura aumentou 0,2 na média, enquanto a Vegetação teve redução no índice, de 1,5 para 1,4. A classe Água foi a que registrou o menor valor no comparativo, passando de 1,4 para 1,3, o que pode ser reflexo de alterações nos corpos d'água locais ou na qualidade do uso.

Figura 46: Estatística Zonal de 2022 do Município de Paraguaçu, Sul de Minas Gerais.



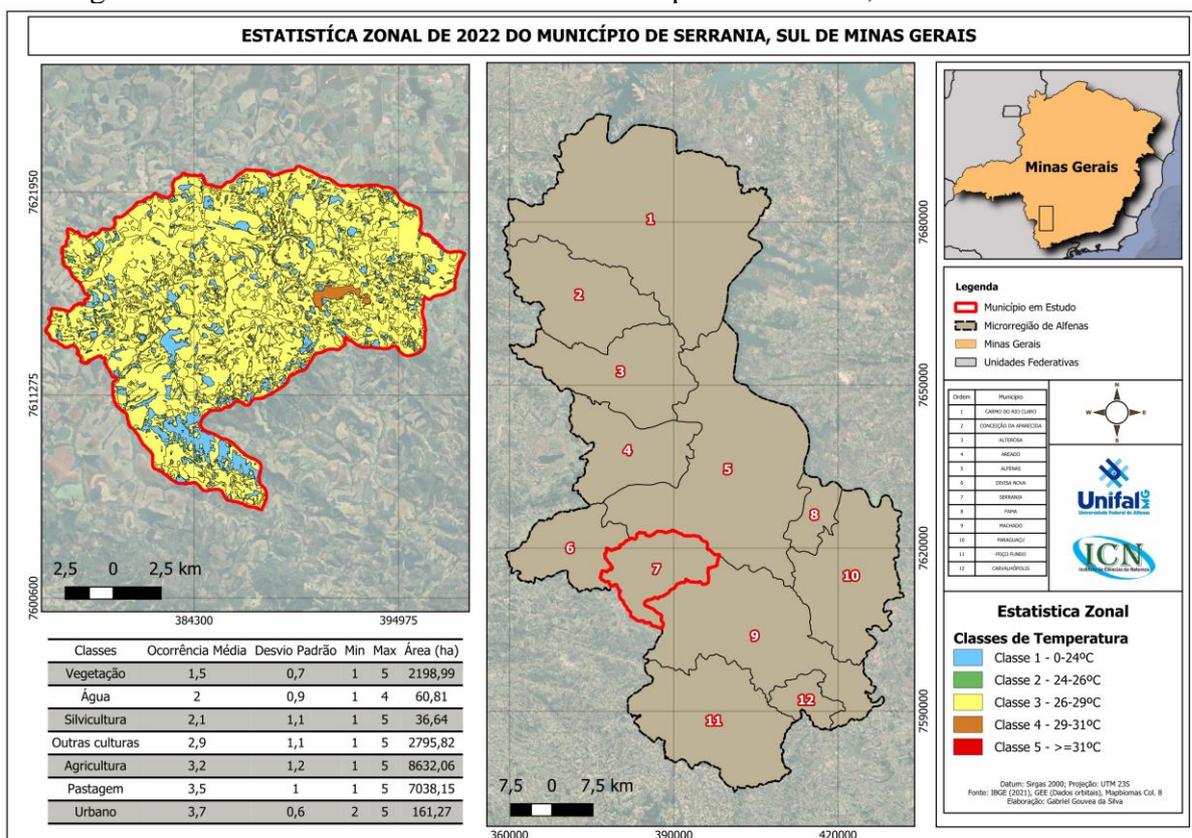
No município de Poço Fundo, os dados de 2014 para 2022 mostram alterações importantes. A classe Urbano teve um leve aumento no valor de 3,4 para 3,5, sugerindo uma maior concentração ou expansão do uso urbano. Já a Pastagem apresentou uma queda mais perceptível, de 3,2 para 2,7, porém ainda continuou pertencendo a faixa de temperatura 26-29°C, o que pode indicar um redirecionamento dessas áreas para outros fins ou uma redução da atividade pecuária. Em Outras Culturas, houve uma mudança de classe, caindo de 3 para 2, o que reflete uma transformação considerável no uso da terra. A Agricultura também apresentou leve redução de 2,0 para 1,7, o que sugere uma menor intensidade ou área ocupada por atividades agrícolas. Nas categorias naturais, a classe Vegetação permaneceu praticamente estável, enquanto Água e Silvicultura registraram valores reduzidos. A classe Água passou de 1,3 para 1,2, uma redução pequena, mas significativa em termos de recursos hídricos, enquanto a Silvicultura manteve valores muito baixos (1,3 para 1,1), ainda mantendo-se dentro da faixa 0-24°C.

Figura 47: Estatística Zonal de 2022 do Município de Poço Fundo, Sul de Minas Gerais.



Por fim, em Serrania, os dados de 2014 para 2022 revelam mudanças notáveis em várias classes de uso da terra. O destaque ficou para a classe Pastagem, que registrou uma diminuição no valor associado, passando de 3,7 para 3,5, ou seja, saindo de 29-31°C para 26-29°C, indicando uma possível diminuição da pecuária na região. Da mesma forma, o valor da classe Agricultura manteve-se próximo, mas com uma leve redução de 3,4 para 3,2. A classe Outras Culturas também apresentaram uma diminuição de 3,0 para 2,9, refletindo alterações menores no uso diversificado do solo. Já a classe Urbano subiu de 26-29°C para 29-31°C, com aumento de 3,4 para 3,7, sugerindo um crescimento urbano moderado. Por outro lado, as classes relacionadas à conservação, como Silvicultura e Vegetação, apresentaram quedas. A Silvicultura caiu de 2,0 para 2,1, enquanto a Vegetação também mostrou redução, de 1,8 para 1,5. Esses números sugerem um declínio na preservação ou manejo sustentável de áreas florestais e naturais. A classe Água manteve uma pequena redução de 2,2 para 2,0. O mapa com os dados discutidos pode ser conferido na figura 36 e figura 48.

Figura 48: Estatística Zonal de 2022 do Município de Serrania, Sul de Minas Gerais.



Fonte: Autor, 2024

6.6 Diferença da Estatística Zonal de 2014 para 2022

Para compreender de forma mais detalhada as transformações ocorridas ao longo dos 8 anos analisados, o Quadro 3 evidencia os municípios que apresentaram as mudanças na estatística zonal entre 2014 e 2022. Carmo do Rio Claro lidera essa lista, com uma redução expressiva de -4,4, refletindo impactos significativos em diversas categorias, como Agricultura e Pastagem. Em seguida, Conceição da Aparecida registrou uma redução de -2,5, destacando-se pelas quedas nas áreas classificadas como Água e Outras Culturas, indicando possíveis pressões ambientais. Já Poço Fundo, com uma redução de -1,6, apresentou quedas significativas em Agricultura e Pastagem, sugerindo desafios na manutenção de sua cobertura vegetal e nas práticas produtivas. Esses resultados destacam a necessidade de ações específicas nesses municípios para mitigar os impactos e promover a recuperação dessas áreas já em 2022.

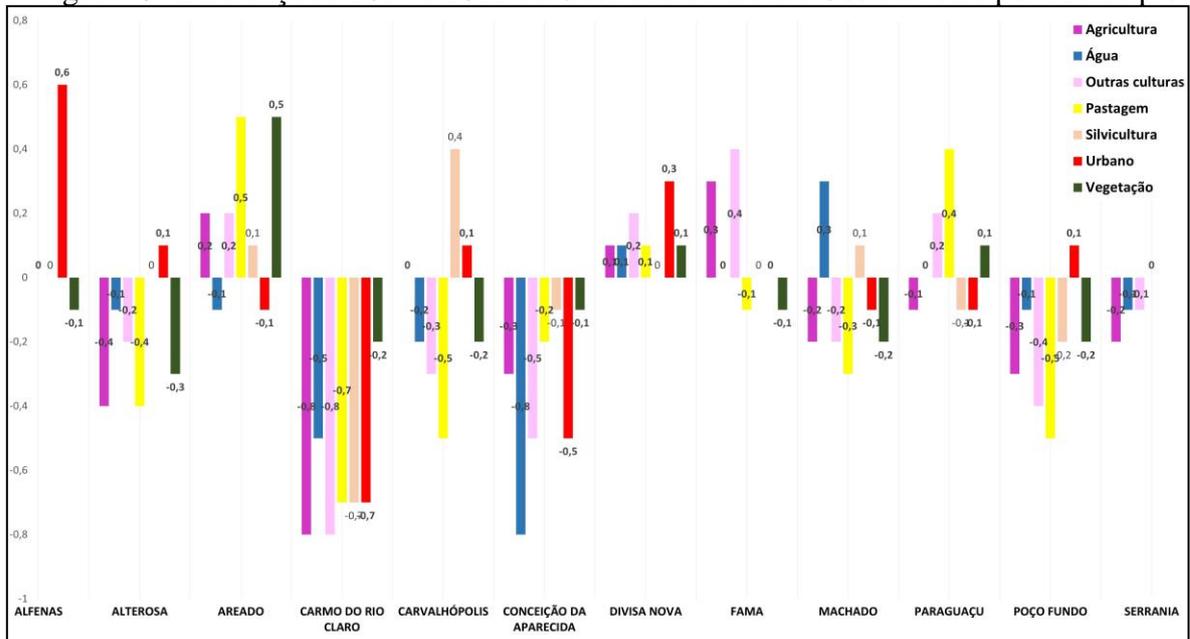
Quadro 3: Diferença da Ocorrências Médias de 2014 para 2022

Municípios	Agricultura	Água	Outras Culturas	Pastagem	Silvicultura	Urbano	Vegetação	Total Geral
CARMO DO RIO CLARO	-0,8	-0,5	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,2	-4,4
CONCEIÇÃO DA APARECIDA	-0,3	-0,8	-0,5	-0,2	-0,1	-0,5	-0,1	-2,5
POÇO FUNDO	-0,3	-0,1	-0,4	-0,5	-0,2	0,1	-0,2	-1,6
ALTEROSA	-0,4	-0,1	-0,2	-0,4	0	0,1	-0,3	-1,3
CARVALHÓPOLIS	0	-0,2	-0,3	-0,5	0,4	0,1	-0,2	-0,7
MACHADO	-0,2	0,3	-0,2	-0,3	0,1	-0,1	-0,2	-0,6
SERRANIA	-0,2	-0,1	-0,1	0	0	0,1	-0,3	-0,6
PARAGUAÇU	-0,1	0	0,2	0,4	-0,1	-0,1	0,1	0,4
FAMA	0,3	0	0,4	-0,1	0	0	-0,1	0,5
ALFENAS	0	0	0,1	0	0	0,6	-0,1	0,6
DIVISA NOVA	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0,3	0,1	0,9
AREADO	0,2	-0,1	0,2	0,5	0,1	-0,1	0,5	1,3
Total	-1,7	-1,5	-1,4	-1,7	-0,5	-0,2	-1	-8

Fonte: Autor, 2024.

Com base no quadro 3, é possível observar uma redução geral na ocorrência média das classes analisadas entre 2014 e 2022, totalizando uma queda de -8 em todos os municípios. As maiores reduções foram observadas nas categorias Agricultura e Pastagem, ambas com -1,7, seguidas de Água (-1,5) e Outras Culturas (-1,4). Essas reduções podem indicar mudanças significativas no uso do solo e na disponibilidade de recursos, possivelmente refletindo a intensificação da urbanização, práticas menos sustentáveis ou mudanças nas condições ambientais, como disponibilidade de água e cobertura vegetal. No gráfico a seguir (figura 49), possui a representação dos dados do quadro 3, onde evidencia essas mudanças discutidas no tópico anterior.

Figura 49: Diferença de 2014 e 2022 da Ocorrência Média e Uso da Terra por Município



Fonte: Autor, 2024.

No gráfico, não só identificamos as principais mudanças negativas, como também as variações positivas. O município de Areado teve o maior aumento total (1,3), impulsionado pelas categorias Pastagem (0,5), Vegetação (0,5) e Outras Culturas (0,2). Além disso, municípios como Divisa Nova e Alfenas também registraram aumento total (0,9 e 0,6, respectivamente), com destaque para o aumento no Urbano em Alfenas (0,6). Esses dados sugerem que, embora a tendência geral seja de redução, alguns municípios estão adotando práticas que aumentam a produtividade ou têm mantido sua cobertura vegetal. A análise destaca a importância de políticas locais diferenciadas para equilibrar o uso sustentável do solo, preservação ambiental e desenvolvimento econômico.

7 Conclusão

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que em 2014, o cenário apresentado pelas classes de temperatura indicava uma predominância das Classes 3 e 4 em categorias como Agricultura, Pastagem e Urbano, representando áreas com maior intensidade de atividades antrópicas e conseqüentemente da temperatura superficial. Por outro lado, as Classes 1 e 2 foram mais comuns em categorias como Água, Silvicultura e Vegetação, refletindo áreas de menor pressão e condições ambientais mais preservadas de temperaturas mais baixas. O domínio das classes de temperatura mais elevadas nas áreas urbanas e

produtivas ressaltava os impactos do desmatamento e das mudanças no uso da terra, que alteraram o microclima local. Isso indica que, já em 2014, era fundamental adotar medidas voltadas à redução da pressão nas áreas mais afetadas, promovendo o uso eficiente e sustentável dos recursos naturais.

Já em 2022, houve uma mudança perceptível na distribuição das classes de temperatura da superfície. Neste ano, houve uma redução significativa da Classe 3 em usos da terra como Agricultura, Pastagem e Outras Culturas, indicando uma possível diminuição da intensidade das atividades ou até mesmo uma migração dessas áreas para outras classificações. Na figura 45, percebe-se bem essa redução principalmente em Carmo do Rio Claro. Por outro lado, a permanência da Classe 4 em algumas áreas urbanas e de pastagem, especialmente em municípios como Serrania e Paraguaçu, reflete a continuidade e expansão das atividades agropecuárias e a necessidade de mitigar os efeitos do aumento da temperatura nessas regiões. Enquanto isso, as Classes 1 e 2 mantiveram-se relativamente estáveis e apresentaram leves reduções em categorias como Vegetação e Água, sinalizando dificuldades na preservação de áreas que contribuem para a baixa temperatura superficial. Esse comportamento reforça a importância de estratégias que ampliem as áreas das classes menos impactadas e mitiguem os efeitos das mudanças climáticas e da intensificação urbana, especialmente nas regiões mais críticas.

A metodologia empregada na pesquisa demonstrou ser altamente eficaz para analisar a correlação entre o uso e a cobertura da terra e a temperatura de superfície. Esse resultado reflete a robustez do método utilizado, especialmente pela consistência observada nas informações, que apresentaram baixos desvios padrão por município. Essa característica reforça a confiabilidade das informações obtidas, proporcionando uma base sólida para interpretar as relações entre o uso e cobertura da terra e as variações térmicas da microrregião de Alfenas. Além disso, o baixo desvio padrão indica uma homogeneidade nos padrões, o que aumenta a precisão das análises e permitiu uma interpretação mais detalhada e assertiva das dinâmicas na área de estudo. Essa abordagem metodológica não apenas contribuiu para identificar áreas críticas de maior impacto ambiental, mas também fornece subsídios importantes para a elaboração de estratégias voltadas à mitigação dos efeitos das mudanças no uso da terra e à preservação de recursos naturais. Ou seja, os mapas da pesquisa podem ser usados para tomada de decisão, a fim de compreender as ilhas de calor e buscar medidas para minimizar tal efeito.

Referências

CASSETI, V. **GEOMORFOLOGIA**. [S.I]: [2005].

CREPANI, E. et al. **SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS AO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO E AO ORDENAMENTO TERRITORIAL**. INPE, São José dos Campos, p. 5-124, jun, 2001.

Cornelli et al. **Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul**. SCIENTIA CUM INDUSTRIA (SCI. CUM IND.), V.4, N. 1, 1 — 14, 2016.

Côrtes, J.C. e D'Antona, Á.O. R. Dinâmicas no uso e cobertura da terra: perspectivas e desafios da Demografia. bras. Est. Pop., Rio de Janeiro, v. 31, n.1, p. 191-210, jan./jun. 2014.

Cho, D.F., Schwaida, S.F., Cicerelli, R.E., Almeida, T., Ramos, A.P.M. & Sano, E.E. 2021. **‘Desempenho do Algoritmo de Classificação de Imagens Random Forest para Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo no Cerrado Brasileiro’**, Anuário do Instituto de Geociências, vol. 44: 37979. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_37979

FERNANDES, Susana; PINTO, Mónica. Afinal o que são e como se calculam os quartis? Universidade do Algarve, Departamento de Matemática. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/entities/publication/8d2f4d05-8ea3-48f3-96f0-6d0b70ce3bb1>. Acesso em: 30 nov. 2024.

LEITE, R. M. **SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À ANÁLISE TEMPORAL DA RELAÇÃO USO DA TERRA / TEMPERATURA E ALBEDO DE SUPERFÍCIE NA BACIA DO RIO VIEIRA NO NORTE DE MINAS GERAIS**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia. p. 13 - 111. 2011.

LOBO, F. L. **INTRODUÇÃO AO GOOGLE EARTH ENGINE**. CURSO DE ENGENHARIA HÍDRICA/CDTec. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS (UFPel) JUN, p. 3 - 85, 2020. disponível em: (<https://wp.ufpel.edu.br/geotechidrica/files/2021/05/ApostilaGEE2020.pdf>)

MAS, J. F. et al **Análise da disponibilidade de imagens Landsat e Sentinel para o Brasil**. Geografia Ensino & Pesquisa. Santa Maria, v. 24 e 47. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/61324>

Mapbiomas. 2024. Visão Geral da Metodologia. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia/>. Acesso em: 05 de Jun de 2024.

MARINO, T. B.; XAVIER DA SILVA, J.; QUINTANILHA, J. A. **METODOLOGIA PARA TOMADA DE DECISÃO NO ÂMBITO DE RISCOS SÓCIO-AMBIENTAIS EM ÁREAS URBANAS: DESMORONAMENTOS E ENCHENTES EM ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS NA BACIA DO CÓRREGO CABUÇU DE BAIXO - SP**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 64, n. 1, 2012. DOI: 10.14393/rbcv64n1-43779. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43779>. Acesso em: 22 nov. 2023

MORAES, Luiz Fernando Duarte de; AMÂNCIO, Cristhiane Oliveira da Graça; RESENDE, Alexander Silva de. *Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4a ed. São Paulo, Edgard Blucher, 2010.

PONZONI, F. J., NOVO, E. M. L. M. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 2001.

QGIS. QgsZonalStatistics. QGIS, 2024. Disponível em: <https://qgis.org/pyqgis/3.34/analysis/QgsZonalStatistics.html>. Acesso em: 23 nov. 2024.

ROSS, J L S. *Geomorfologia , ambiente e planejamento*. . São Paulo: Contexto. . Acesso em: 10 dez. 2024. , 1990

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria técnica, p. 7-97, 1977

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Geoprocessamento no Apoio à Decisão**. , [S.l.], n. 9, p. 105-115, jul. 2016. ISSN 2317-8825. Disponível em: <https://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/106>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Geoprocessamento no Apoio à Decisão**. , [S.l.], n. 9, p. 105-115, jul. 2016. ISSN 2317-8825. Disponível em: <https://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/106>>. Acesso em: 20 nov. 2023.