

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

JEFFERSON DA SILVA PIMENTA

**CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE NOVAIS PARA MINAS GERAIS:
DO CLIMA ZONAL AO TIPO CLIMÁTICO**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

JEFFERSON DA SILVA PIMENTA

**CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE NOVAIS PARA MINAS GERAIS:
DO CLIMA ZONAL AO TIPO CLIMÁTICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Edson Soares Fialho

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P644c
2023 Pimenta, Jefferson da Silva, 1996-
Classificação climática de Novais para Minas Gerais: do
clima zonal ao tipo climático / Jefferson da Silva Pimenta. –
Viçosa, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (77 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Edson Soares Fialho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Geografia, 2023.

Referências bibliográficas: f. 71-77.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.362>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Classificação climática. 2. Climatologia - Processamento
de dados. 3. Minas Gerais - Clima. 4. Geografia física. I. Fialho,
Edson Soares, 1974-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em
Geografia. III. Título.

CDD 22. ed. 551.698151

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552


JEFFERSON DA SILVA PIMENTA

**CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE NOVAIS PARA MINAS GERAIS: DO CLIMA
ZONAL AO TIPO CLIMÁTICO**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 31 de março de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 JEFFERSON DA SILVA PIMENTA
Data: 06/07/2023 14:35:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jefferson da Silva Pimenta
Autor

Documento assinado digitalmente
 EDSON SOARES FIALHO
Data: 04/07/2023 13:41:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Edson Soares Fialho
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

PIMENTA, J. S., M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2023. **Classificação climática de Novais para Minas Gerais: do clima zonal ao tipo climático.** Orientador: Edson Soares Fialho.

Os dados históricos climáticos auxiliam na elaboração de novas classificações climáticas. Esse trabalho tem como objetivo a espacialização das unidades climáticas de Novais (2019) para Minas Gerais (MG), através da automatização de dados de reanálise climática e da modelagem de dados através das técnicas de funtores da dinâmica EGO. Essas técnicas reclassificam e se adaptam a qualquer escala climática. As unidades climáticas estão delimitadas pelas formas de relevo como, por exemplo; Planalto; Depressão; Planícies Fluviais; Serra e de elementos do clima, como temperatura média do mês mais frio e a quantidade de meses secos. Características que podem estar presentes nas diferentes hierarquias do Novais, entre essas hierarquias temos: os Climas Zonais, que é definido pela (TMMMF), apresentam-se no Estado Mineiro em três tipos de Climas Zonais: (I) Clima Moderado, que foi estabelecido a partir da isoterma de 15°C; (II) Clima Quente, é estabelecido pela TMMMF entre 15°C e 22,5°C; (III) Clima Tórrido, com valores acima de 25°C essa TMMMF e a mais alta na área estudo, compreendendo as regiões mais baixas do relevo ao-norte de Minas; Já os Domínios e os Subdomínios Climático são definidos pelos sistemas atmosféricos e a quantidades de meses secos, sendo eles: Tropical caracterizado, pelo predomínio das zonas de convergência de umidade na primavera-verão e pelo avanço dos anticiclones do Atlântico Sul e Polar Sul quatro Subdomínios possíveis: úmido (zero a 3 meses secos), semiúmido (4 a 5 meses secos), semisseco (6 a 7 meses secos) e seco (8 a 9 meses secos); Tropical Ameno que é caracterizado, pelas temperaturas médias mais baixas em comparação ao Domínio Tropical, nos pontos intermediários e elevados dos Planaltos do sul de Minas; Subdomínio Tropical Ameno também possui quatro Subdomínios climáticos úmido (zero a 3 meses secos), semiúmido (4 a 5 meses secos), semisseco (6 a 7 meses secos) e seco (8 a 9 meses secos). Domínio Subtropical é caracterizado com presenças regulares do ar mais frio da área de estudo; Domínio Subtropical Frio é predominante nas áreas mais altas nos topos dos relevos na divisa dos Estados Mineiro com o Espírito Santo, São Paulo e o Rio de Janeiro, localidades com altimetria acima dos 1900 metros de altitude, localizadas nas serras da Mantiqueira e do Caparaó; Subtropical Frio está presente nas regiões mais úmidas,

aparecem ao Sul da área de estudo, mostrando o avanço das características climáticas extratropicais nas regiões serranas da Mantiqueira e do Espinhaço. Esse SSC de Novais diversificado, pode ser correlacionada na expressão zonal descrita por Nimer (1979), sobretudo em regiões de regime estacional bem definidas. O clima subquente e úmido de Nimer, podem ser correlacionadas ao clima subtropical e Tropical Frio (temperado) do autor Novais. O domínio climático Tropical e semiárido de Novais, correlaciona-se com o clima Quente e semiárido de Nimer (1979). Clima localizado nas regiões de altimetria intermediária e mais baixa de relevo denominado de Planícies, Patamares e Depressões. Essas novas características de climas podem ser usadas em análises ambientais em diversas áreas para a melhor compreensão das características ambientais e climáticas.

Palavras-chave: Classificação Climática. Clima Regional. Functores. Dinâmica EGO

ABSTRACT

PIMENTA, J. S., M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2023. **Climate classification of Novais to Minas Gerais from zonal climate to climate type.** Adviser: Edson Soares Fialho.

The climatic historical data assist in the development of new climate classifications. This work aims: the spatialization of climate units from Novais (2019) to Minas Gerais (MG), through the automation of climate reanalysis data and data modeling through ego dynamics functors techniques. These techniques reclassify and adapt to any climatic scale. The climatic units are delimited by the relief forms, for example; Planalto; Depression; River plains; Serra and climate elements such as average temperature of the coldest month (TMMMF), and the amount of dry months. Characteristics that may be present in different hierarchies of novais, among these hierarchies we have: the zonal climates, which is defined by (TMMMF), present in the state of minas gerais in three types of zonal climates: (I) moderate climate, which was established from the isotherm of 15°C (ii) hot climate, is established by TMMMF between 15°C and 22,5°C; (iii) torritus climate, with values above 25°C and the highest in the study area, comprising the lower regions of the relief north of minas; The climate domains and subdomains are defined by the weather systems and the quantities of dry months, namely: tropical characterized by the predominance of the convergence zones of moisture in spring-summer and the advance of south Atlantic and south polar anticyclones four possible subdomains: humid (zero to 3 dry months), semihumid (4 to 5 dry months), semidry (6 to 7 dry months) and dry (8 to 9 dry months); Tropical amene that is characterized by the lowest average temperatures compared to the tropical domain, in the intermediate and high points of the plains of southern minas; The ameno tropical subdomain also has four climatic subdomains humid (zero to 3 dry months), semihumid (4 to 5 dry months), semidry (6 to 7 dry months) and dry (8 to 9 dry months). Subtropical domain is characterized with regular presence of cooler air in the study area; Subtropical cold domain is predominant in the highest areas in the tops of the relief on the border of the states of (MG) with Espirito Santo, São Paulo and Rio de Janeiro, locations with altitudinal above 1900 meters of altitude, located in the mountains of Mantiqueira and Caparao; Subtropical cold is present in the most humid regions, appear to the south of the study area, showing the advance of extra-tropical climatic characteristics in the mountainous regions of Mantiqueira and Espinhaco. This diverse SSC of

novais can be correlated in the zonal expression described by Nimer (1979), especially in seasonal regions well defined. Nimer's subhot and humid climate can be correlated to the subtropical and tropical cold (temperate) climate of the author novais. The tropical and semi-arid climate domain of novais correlates with the hot and semi-arid climate of Nimer (1979). Climate located in the regions of intermediate and lower altitude called plains, plains and depressions. These new climate characteristics can be used in environmental analysis in various areas for a better understanding of environmental and climatic characteristics.

Keywords: Climate classification. Regional climate. Functors. Dynamic ego

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	14
2.1.1 Aspectos ambientais e atmosféricos do estado de Minas Gerais	16
2.2. SEMIOLOGIA HISTÓRICA DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS	21
2.3. ESCALAS GEOGRÁFICAS DO CLIMA.....	26
2.4. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA NOVAIS	30
2.4.1. Geoprocessamento	33
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	36
3.1. UNIDADES CLIMÁTICAS DE NOVAIS (2019).....	36
3.2 OBTENÇÃO DE DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO	38
3.2.1 Balanço Hídrico climático (BH)	39
3.3.2 Dinâmica EGO	40
4 RESULTADOS/DISCURSÕES	42
4.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA	47
4.1.1 Zonas Climáticas	48
4.2 CLIMAS ZONAIS	49
4.2.1 Domínios Climáticos	51
4.3 SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS	53
4.4 TIPOS CLIMÁTICOS	57
4.4.1 Tropical Semiúmido Central do Brasil (Tr'cbr)	58
4.4.2 Tropical Semiseco Central do Brasil (Tr*cbr)	58
4.4.3 Tropical Seco Central do Brasil (Tr**cbr)	59
4.4.4 Tropical Úmido Nordestino (Tr”neb)	59

4.4.5 Tropical Semiúmido Nordeste (Tr'neb)	59
4.4.6 Tropical Semisseco Nordeste	60
4.4.7 Tropical Seco Nordeste (Tr**neb)	60
4.4.8 Tropical Ameno Seco Nordeste (TrA**neb)	60
4.4.9 Subtropical Semiúmido Nordeste (St'neb)	61
4.4.10 Semiárido Nordeste (SAneb)	61
4.4.11 Tropical Semisseco Oriental	63
4.4.12 Tropical Semiúmido Oriental (Tr'ebr)	63
4.4.13 Tropical Seco Oriental (Tr** ebr)	63
4.4.14 Tropical Ameno Semiúmido Oriental (TrA' ebr)	64
4.4.15 Tropical Ameno Semisseco Oriental (TrA*ebr)	64
4.4.16 Tropical Ameno seco Oriental (TrA** ebr)	64
4.4.17 Subtropical Semiúmido Oriental (St''ebr)	65
4.4.18 Subtropical Frio ou (temperado) úmido oriental (StF''ebr)	65
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

Para estabelecer uma definição de clima, é necessário um acervo de mais de 30 anos de dados meteorológicos históricos e atuais, convertíveis em medidas estatísticas. Esses dados, disponibilizados livre e gratuitamente, auxiliam na elaboração de novas classificações climáticas e são chamados de dados de reanálise, visto que nos ajudam a compreender as características climáticas dos distintos lugares da superfície terrestre.

O desenvolvimento tecnológico na década 1970 e a crise energética de 1973, influenciaram e provocaram mudanças em diversas áreas e setores da sociedade, principalmente no que se refere à acesso Tecnológico da Informação e Comunicação, o que proporcionou uma série de mudanças que construíram o mundo e o conhecimento atual, caracterizado pela facilitação, dentre outras coisas, na difusão de dados meteorológicos e climatológicos.

As tecnologias como satélites, radiossondas e ferramentas computacionais de geoprocessamento contribuíram para estruturar os dados meteorológicos de reanálise, fazendo surgir instrumentos como, por exemplo, o o algoritmo *Chelsa*, que será utilizado para mediar a proposta de trabalho aqui apresentada. Esse algoritmo de dados climáticos de reanálise é de suma importância para a espacialização dos elementos climáticos em regiões que não têm estações de dados na superfície, pois com a utilização de ferramentas computacionais, podemos elaborar e demonstrar virtualmente áreas de estudo não contempladas com a difusão de dados, gerando informações que aproximam o pesquisador das condições da realidade em que não se têm dados em localidades da área de estudo.

Historicamente, os sistemas de classificações (SSC) são elaborados com a relação aos elementos como, por exemplo, as estruturas naturais, a temperatura e a precipitação. Esses conjuntos de elementos podem ter relações diretas com a latitude, tendo, inclusive, sido esses os fatores que levaram à definição das primeiras as zonas climáticas. Vários pesquisadores, como Schelling (1854 *apud* NÓBREGA, 2010) Humboldt (1869 *apud* NÓBREGA, 2010) e Carter (1966 *apud* NÓBREGA, 2010) utilizavam diferentes elementos para definir a sua classificação climática. Schelling (1854 *apud* NÓBREGA, 2010) utilizou as estruturas naturais como base climática de classificação; Humboldt (1869) usou linhas isotérmicas e a espacialização do calor no planeta, considerando a amplitude térmica e suas interações com a cobertura vegetal e a hidrologia, além de correlacionar a topografia, a continentalidade e a disposição do relevo; já Carter (1966) utilizou parâmetros de processos biológicos, principalmente sobre o ponto de vista da agricultura, sendo que tais parâmetros foram

fornecidos através das médias de precipitação e da temperatura a respeito da disponibilidade hídrica durante a época de plantio.

O SSC de Novais (2019) apresentam unidades climáticas que possuem diferentes elementos de análise, contendo uma divisão em hierarquias: a Zona climática é caracterizada pela latitude, com maior ou menor incidência solar; o Clima Zonal é definido com base na temperatura média do mês mais frio; os Domínios Climáticos são determinados através dos sistemas atmosféricos atuantes; os Subdomínios indicam a quantidade de meses secos; os Tipos são estabelecidos por meio da localização das características climáticas no continente através das estruturas geomorfológicas. Essa é a hierarquia climática escolhida para esse trabalho que visa adotar a espacialização das unidades climáticas de Novais (2019) para o Estado de Minas Gerais, através da automatização de dados de reanálise climática e da modelagem elaborada no *software Dinâmica EGO*. As técnicas de funtores da dinâmica EGO reclassificam e se adaptam a qualquer escala climática, utilizando a hierarquias de unidades climáticas adotadas nesta pesquisa. Nesse contexto, a pesquisa nessa dimensão escalar pode concorrer para melhorar o entendimento do clima Zonal ao Regional Mineiro.

É importante pontuar que o SSC de Novais já foi aplicado no território brasileiro feito por Novais e Machado (2023), no estado de São Paulo (NOVAIS; GALVANI, 2022); em Viçosa (Minas Gerais) e na Zona da Mata Mineira (FIALHO; SANTOS, 2022); no estado de Goiás e no Distrito Federal (COLLI; NOVAIS, 2021); na Serra do Espírito Santo (ALLOCA; OLIVEIRA, 2021); e no município de Formosa (NOVAIS ; PIMENTA, 2021; PIMENTA; NOVAIS, 2021. Esse cenário de pesquisa demonstra que há um movimento que perceber a importância de caracterizar e classificar o clima em todo território brasileiro, para evitar impactos das mudanças climáticas locais e globais.

1.1 PROBLEMA

Mendonça e Dani-Oliveira (2007) apontam que, uma boa classificação deve estar baseada em longas séries estatísticas de dados meteorológicos de diferentes localidades. O problema é que esses dados, além de um longo armazenamento, precisam, também, ter uma boa espacialidade. Dessa forma, os dados climáticos precisam contemplar inteiramente todas as localidades da área de estudo uma dificuldade que pode ser solucionada por meio dos dados de reanálise.

Essas tecnologias de dados de boas resoluções espaciais são úteis e facilitam o exercício de mapeamento das regiões climáticas, já que as classificações climáticas resultam

de uma necessidade de sintetizar e agrupar elementos climáticos em classes ou tipos, visto que esse agrupamento permite um olhar da superfície da terra em mosaicos de dados e, através desses mosaicos, são criadas as unidades climáticas que podem ser subdivididas, gerando grupos de características climáticas complementares. Conforme Fialho e Santos (2022), está proposta de classificação possibilita uma melhor análise geográfica do clima, por meio da multiescalaridade e dos dados de reanálise, fator destacado também por Jardim (2015) e Machado (2021). Neste sistema, uma pesquisa em escalas superiores, próxima ao nível planetário, pode ser adotada pelas Zonas Climáticas e pelos Climas Zonais. À medida que o nível se aproxima dos habitantes da superfície da Terra, são adotadas as hierarquias de Domínios, Subdomínios e Tipos climáticos. Isso diferencia-se da maioria das outras classificações climáticas, que generalizam os climas, como as construídas por Köppen (1948) e Strahler (1989).

1.2 JUSTIFICATIVA

Existem diversos métodos de análise climática, os quais apresentam finalidades para mais diversas áreas. É ciente disso que firmamos a justificativa deste trabalho: observar a importância da elaboração de planejamentos ambientais e procurem equilibrar e evitar alterações climáticas locais. Dessa forma, a construção dessa pesquisa pode auxiliar na medição da entrada e saída de água no sistema solo-planta-atmosfera, através do Balanço Hídrico nos Subdomínios, o que permite nortear sistemas de captação e de distribuição de água.

Essas propostas de classificação climática foram desenvolvidas em diferentes formas em Minas Gerais e internacionalmente por Martins, Gonzaga, Santos e Reboita (2021); por Fialho e Santos (2022), na Zona da Mata Mineira; Sá Júnior (2009) e Machado (2014), no estado Mineiro; por Novais (2019), que englobou grande parte de Minas já que se tratava da classificação no bioma Cerrado; por Köppen, aplicada por Álvares e outros (2013) e intitulada de *Köppen's climate classification map for Brazil*; Köppen (1948), que denominou o estudo de *Climatologia: con un studio de los climas de la tierra*; Thornthwaite (1955), que nomeou a pesquisa de *The water balance. Centerton*. Strahler (1989), intitulada de *Geografia Física*,

Para caracterizar e avaliar quais unidades climáticas forneciam subsídios para novos estudos regionais em Climatologia, como a Climatologia de detalhe, por exemplo, as pesquisas das ciências ambientais, principalmente as da climatologia, passaram a ganhar mais

importância (ANDRADE, 2010). As análises desta área fundamentam os aspectos mais relevantes das condições ambientais no planeta, partindo da composição de condições meteorológicas (tempo) e interagindo com outros ramos da ciência.

Para Fialho e Santos (2022), a proposta de classificação permite, por meio de sua hierarquização climática e da utilização dos dados de reanálise, delimitar unidades climáticas em locais com pouca ou nenhuma informação climatológica, o que demonstra a existência de diversos métodos de análise climática, os quais apresentam finalidades entre diversas áreas. Dessa forma, este trabalho tem como justificativa, também, a possibilidade de apresentar uma melhor análise geográfica do clima, por meio de uma multiescalaridade: a da Escala Zonal a Sub-regional do clima. Essa multiescalaridade é importante para hierarquizar o clima de forma detalhada, auxiliando, assim, na elaboração de planejamento ambientais

2 REFERENCIAL TEÓRICO

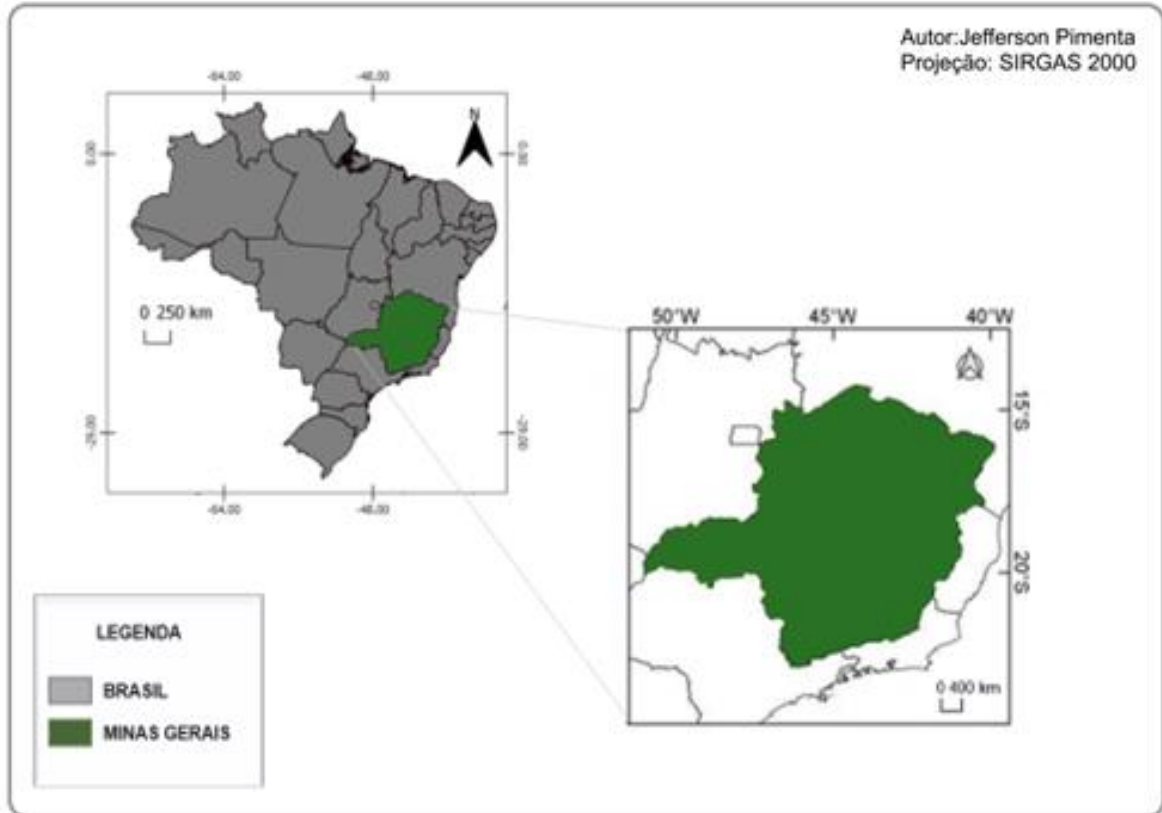
A importância da climatologia aplicada em projetos ambientais vem aumentando significativamente em função de um aumento nos debates relacionados ao equilíbrio ambiental. Columba (1991) comenta que arquitetos e engenheiros vêm sentindo a necessidade do conhecimento de dados climáticos com a finalidade de produzir análises mais sofisticadas e detalhadas da edificação.

O problema é que grupos confiáveis de dados meteorológicos estão disponíveis somente para um número muito limitado de lugares, principalmente pertencentes a países industrializados. Nos países em desenvolvimento, a climatologia tem se desenvolvido mais em função da aviação e da agricultura. Isto explica a localização das estações meteorológicas e a natureza dos parâmetros médios e pontuais no território brasileiro. Entretanto, esse cenário vem mudando através dos contatos da informatização dos dados e da globalização, posto que, com esses processos, há disponibilização e aquisição de diferentes meios de informações e essa busca integrar os diferentes elementos climatológicos em todos os níveis de projetos, exigindo um tratamento específico destes elementos, voltado para o uso dos projetos dos gestores ambientais. No trabalho aqui apresentado, toma-se o estado de Minas Gerais como área de estudo para constituição de um projeto que pode melhorar o planejamento ambiental da região.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Minas Gerais é o quarto maior estado brasileiro, com mais de 586 mil km² e 21 milhões de habitantes (IBGE, 2022), sendo uma das principais economias da região Sudeste do Brasil. Este estado é o nono no índice de desenvolvimento humano e sua receita orçamentária também é a segunda maior do território brasileiro. Belo Horizonte é a capital do estado e hoje, segundo dados do IBGE (2022), é a sétima maior cidade na região geográfica, com mais de 2 milhões de habitantes, tendo também a sétima maior Produto Interno Bruto (PIB) da região. A **figura 1** apresenta as divisões regionais do estado de Minas Gerais.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: IGTEC/IBGE (2020)

Frente a importância social e econômica da região, a criação de unidades climáticas que abrangem essa área é de grande relevância para o entendimento do clima regional e local, servindo de auxílio para projetos ambientais/econômicos na região que apresenta, também, uma considerável distinção biogeográfica, formada pela Mata Atlântica, pelo Cerrado e pela Caatinga.

A divisão regional do Brasil em mesorregiões, partindo de determinações mais amplas em âmbito conjuntura, buscou identificar, em cada uma das Unidades Federadas, áreas individualizadas, tomadas como universo de análise e responsáveis por definir as mesorregiões com base nas seguintes dimensões como: processo social, cultural, aspectos naturais e rede de comunicação.

Os principais aproveitamentos desse processo de divisão inter-regional dão conta de como os órgãos administrativos devem atuar buscando a melhor forma de intervir nos processos produtivos, de acumulação e de valorização do capital, sendo que, nessa valorização regional temos: a elaboração de políticas públicas; o subsídio ao sistema de

decisões quanto à localização de atividades econômicas, sociais e tributárias; o subsídio ao planejamento e outras formas de aglomerações urbanas e rurais.

Para Bandeira (2004), a valorização de escalas menos abrangentes que as tradicionalmente adotadas deve ser entendida como parte de um processo de ajuste das políticas regionais brasileiras ao novo paradigma dominante na área, que passou a enfatizar a importância da dinâmica interna das regiões – inclusive em termos políticos e sociais como um elemento determinante do potencial de desenvolvimento local.

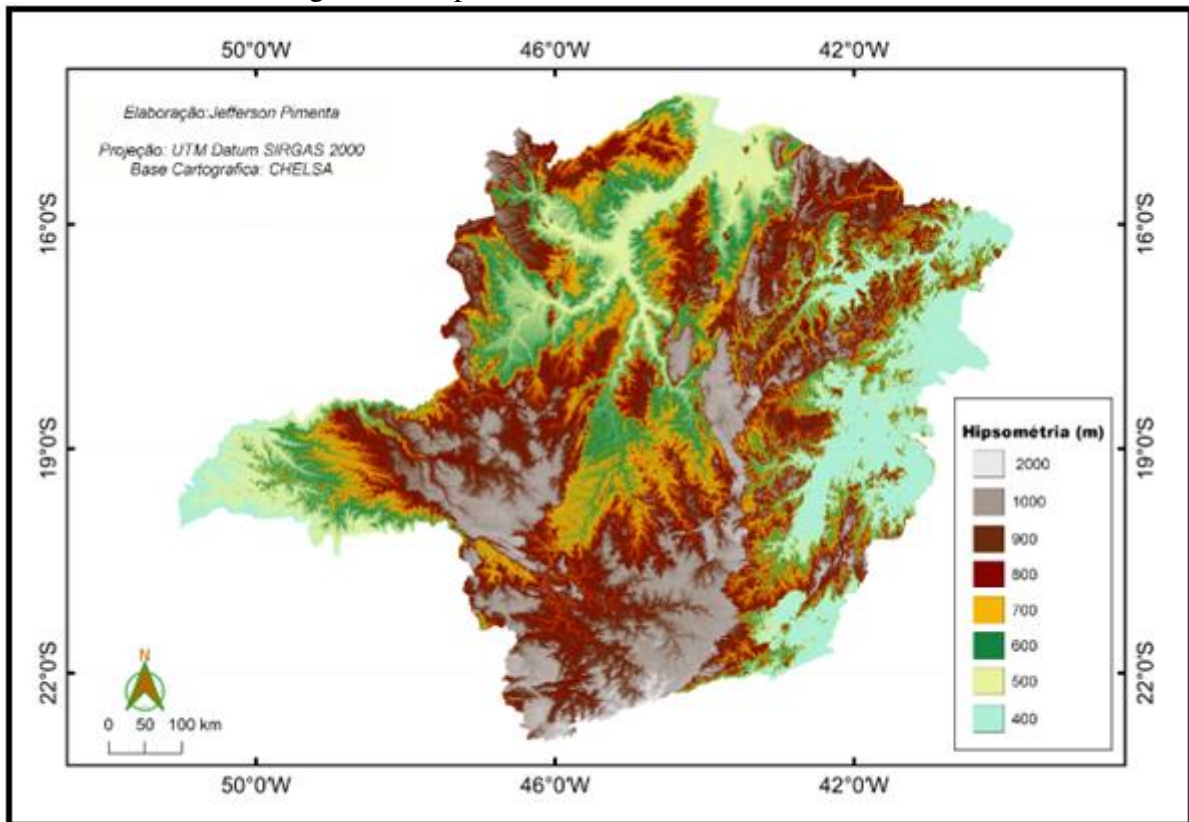
Todas essas regiões apresentam diversidade ambientais como: atmosféricas e altimétricas, esses aspectos são elementos consideráveis, pois são essas diversidades ambientais que interagem com os elementos climáticos como temperatura, precipitação e balanço hidrológico.

2.1.1 Aspectos ambientais e atmosféricos do estado de Minas Gerais

Em uma análise ambiental topográfica, o sudeste do Brasil oferece contrastes morfológicos e altimétricos diversos, embora caracterizado por altas superfícies cristalinas e sedimentares. Entre os contrastes altimétricos, temos os vales amplos e muito rebaixados, como o do São Francisco, o de Jequitinhonha, o vale Doce, o do Paraíba do Sul, o de Paranaíba, Grande e o do Paraná. Sobre aquelas superfícies erguem-se numerosas serras onde são comuns os níveis de 1.200 a 1.800 metros, como no Espinhaço, na Mantiqueira e na Serra do Mar, sendo que os pontos culminantes acima de 2.700 metros, estão presentes na Mantiqueira e a 2.200 metros na Serra do Mar, formando um contraste nítido nas amplas baixadas litorâneas do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Esse caráter de topografia favorece as precipitações, uma vez que essa diversidade altimétrica atua no sentido de aumentar a turbulência do ar pela ascendência orográfica, especialmente durante a passagem de correntes perturbadas.

O estado de Minas Gerais está situado no Planalto Atlântico e sua altitude média é de 700 metros, sendo o mais elevado do país, visto que 93% de seu território está acima de 300 metros de altitude; 57% acima de 600 metros; e, praticamente, 20% entre 900 e 1500 metros de altitude (FERREIRA; NERY, 2002). A Figura 2 apresenta, exatamente, as cotas altimétricas do estado de Minas Gerais.

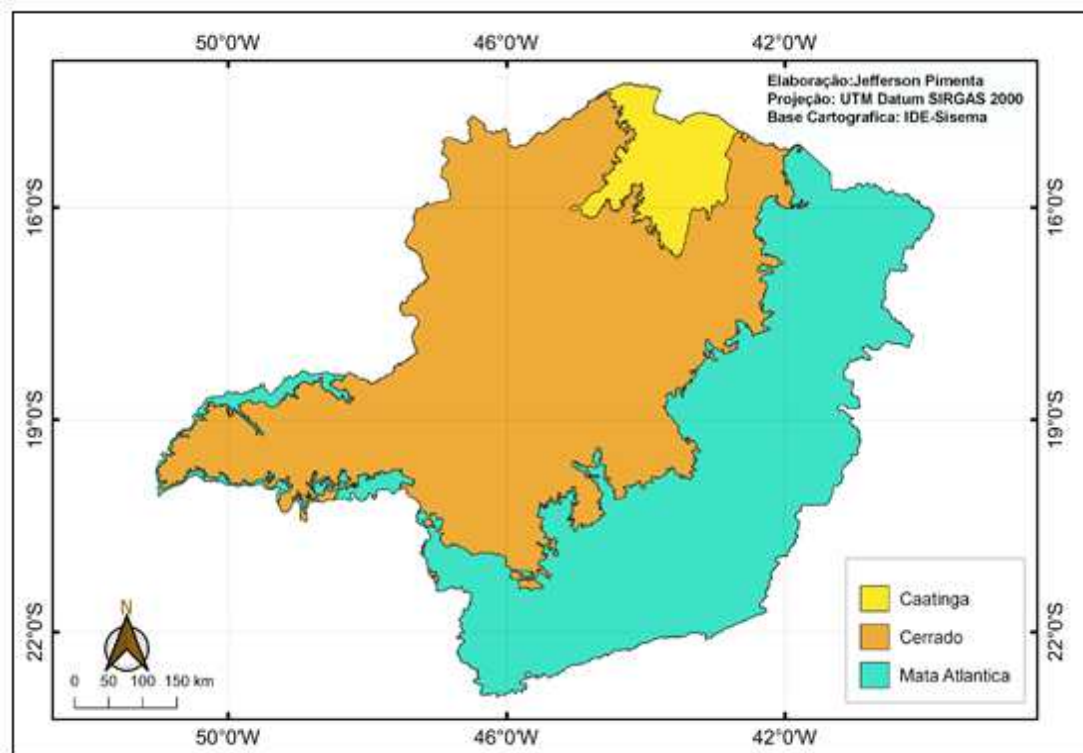
Figura 2 – Hipsometria do estado de Minas Gerais



Fonte: IBGE/UFRGS (2020).

Os aspectos biogeográficos em Minas Gerais são distintos também e essa diversidade está ligada às diferentes formas de relevo citadas anteriormente, somadas a cada solo e clima. Essas diferenças físicas propiciam paisagens muito variadas, já que vegetações e suas características são adaptadas a cada um dos inúmeros ambientes particulares. Dessa forma, as características ambientais mineira está inserida em três domínio de biomas brasileiros que são: o Cerrado, a Mata Atlântica e a Caatinga (MARTINS, 2000). É possível, assim, entender a ocorrência de vegetações distintas em ambientes semelhantes do ponto de vista topográfico e climático, mas com características locais particulares, como visto na Figura 3.

Figura 3 – Biomas de Minas Gerais



Fonte: Minas Gerais (2019).

O Domínio do cerrado localiza-se na porção centro-ocidental e ocupa cerca de 57% da extensão territorial do estado; já o domínio da Mata Atlântica, localizado na porção oriental, perfaz mais de 41% da área da região; por fim, o domínio da caatinga, restrito ao norte do Estado, ocupa menos de 2% do território mineiro. A paisagem caracteriza-se por cerrado de sul a oeste, por região de campos rupestres ao centro e por Mata Atlântica a leste, exibindo, no entanto, fases de transição de difícil caracterização ou de manchas inclusas em outras formas de vegetação. As comunidades hidromórficas, como as veredas e os campos de várzeas, aparecem em menor escala, incluídos nos biomas anteriormente citados (FUNDAÇÃO..., 2004).

Segundo Santos (1988) a vegetação do bioma cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. Em sentido fisionômico, a floresta representa áreas com predominância de espécies arbóreas, em que há formação de dossel, contínuo ou descontínuo. O termo savana refere-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de um dossel contínuo. Já o termo campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem. Em termos espaciais, as savanas tropicais estão em uma zona de transição entre as zonas de floresta úmida e o deserto e elas têm sua estrutura fisionômica condicionada pelo

gradiente climático, com aumento da densidade de árvores à medida que os índices pluviométricos aumentam.

Para Rizzini (1997) a expressão *Mata Atlântica*, semelhante à Floresta Amazônica, designa um complexo vegetacional que, embora dominado pela floresta pluvial montanhosa, engloba vários tipos díspares. Na área de mapeamento, os ambientes de floresta ombrófila densas apresentam chuvas bem distribuídas, com médias anuais em torno de 1.500 mm, havendo estações sem seca ou mesmo com grande disponibilidade de umidade. Enquanto a floresta hileiana é de planície, a atlântica é de altitude e se localiza sobre imensa cadeia montanhosa litorânea, que corre ao longo do Oceano Atlântico. Sua área principal ou central reside nas grandes serras do mar e da Mantiqueira, e abarca os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia. Nas serras, ela ascende até 1.500-1.700 metros, na sua forma típica. Já nas fases de transição, temos um exemplo (campo de altitude), dotado de características dos campos Rupestres, que aparece como formações bem individualizadas, geralmente em altitudes superiores a 900 metros, de distribuição descontínua.

Nos relevos de altitudes maiores do que 1.500 metros, nas altas superfícies modeladas em rochas arqueozóicas e proterozóicas, as florestas e os campos cerrados vão, progressivamente, diminuindo de porte, até serem substituídos pelas bromeliáceas, musgos, líquens e gramíneas que, aos poucos, vão ganhando desenvolvimento sobre os solos rasos e úmidos. Como exemplo, podem ser citados o maciço do Itatiaia ou sobre solos profundos de decomposição de rochas cristalinas da Serra da Bocaina, do alto Rio Grande e do alto maciço do Caparaó. Os climas extratropicais apresentam médias de temperatura anuais compreendidas entre 18° e 20° C, sendo que, no período invernal, a média fica inferior a 15° C, com dias em que as temperaturas mínimas atingem 0°C e há a ocorrência de geadas (RADAMBRASIL, 1983).

Apesar da aparência pobre e árida, a caatinga se revela como um ecossistema complexo, apresentando, em alguns trechos, uma mata rala ou mais arbustiva; e, em outros trechos, o solo aparece quase descoberto, possuindo arbustos isolados (RIZZINI, 1997).

O aspecto geral da vegetação, na seca, é de uma mata espinhosa e agreste, recebendo, assim, a nomenclatura de floresta seca. Algumas poucas espécies da caatinga não perdem as folhas na época da seca. Ao caírem as primeiras chuvas no fim do ano, a caatinga perde seu aspecto rude e torna-se rapidamente verde e florida.

Além de cactáceas, como ocereus (mandacaru e facheiro) e o pilocereu (xiquexique), a caatinga também apresenta muitas leguminosas (mimosa, acácia, emburana etc.). Quanto às condições climáticas, temos uma região com reflexo direito de temperaturas mais elevadas:

estação chuvosa de mais ou menos 1000 mm, concentrada em até 5 meses do ano; e uma estação seca rigorosa. As caatingas e florestas semidecíduas marcam, no sudeste, as transições para os modelados semiáridos situados mais ao norte da região, de características tipicamente nordestinas (MOREIRA; CAMELIER 1977).

A dinâmica climática do estado está fortemente ligada aos principais componentes de circulação atmosférica, como é o caso do anticiclone do Atlântico Sul e do Pacífico Sul, que tem um papel importante no regime de chuvas em Minas Gerais na medida em que influencia o escoamento médio da superfície sobre a América do Sul, afetando a penetração das massas de ar tropicais úmidas e das massas polares que são atuantes na região sudeste do Brasil. As especificidade climática da região estão relacionadas às características térmicas e pluviométricas, especificamente no estado mineiro, e essa particularidade climática deriva da conjugação entre suas dinâmicas atmosféricas e seus aspectos geográficos

Para Fonseca *et al.* (2006), a climatologia do estado de Minas Gerais é complexa e ainda pouco conhecida em função das especificidades da dinâmica da atmosfera na porção sudeste do país e dos múltiplos fatores presentes no território mineiro. Segundo o autor Sá Júnior (2009), Minas Gerais apresenta três classes climáticas, com base na Classificação Climática de Koppen-Geiger, a primeira: Cwb, referente ao Clima temperado úmido, com inverno seco e verões moderadamente quente, inferior a 22°C, e com temperatura média mínimas superior a 10°C. O segundo Cwa, corresponde ao clima temperado quente com inverno seco e com temperatura média mínimas inferiores a 18°C e verão quente, com média de temperaturas acima de 22°C. Já o terceiro, intitulado aw, corresponde ao clima tropical savânico brasileiro, com estação seca no inverno, em que a média das temperaturas mínimas é maior que 18°C.

O período chuvoso em Minas Gerais contém influência de dois sistemas atmosféricos de grande escala: a Alta da Bolívia e o Cavado Compensador Leste. Segundo Jones e Horel (1990), a Alta da Bolívia é uma circulação anticiclônica, nos altos níveis da troposfera, que atua no verão do hemisfério sul, com forte atividade convectiva e intensas precipitações na região tropical da América do Sul. Nos anos em que a Alta da Bolívia se encontra mais a leste, em torno de 50° W, verifica-se a ocorrência de verões chuvosos no estado de Minas Gerais; enquanto nos casos em que domina o Cavado Compensador Leste, mais especificamente sobre o Brasil Central, observamos verões anormalmente secos na região.

Essas nuvens que transportam umidade para o interior do continente favorecem a formação do Jato de Baixos Níveis (JBN) a leste dos Andes que, por sua vez, transportam umidade para os subtropicais. Ainda no verão no estado de Minas Gerais, forma-se uma Zona

de Convergência do atlântico sul (ZCAS) e a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e essas zonas de convergência de umidade são marcadas por nebulosidade e por precipitações intensas, porém há diferenças no padrão de escoamento, principalmente em médios e baixos níveis, que desfavorecem a persistência e a formação do JBN (SILVA, 2013).

A ZCAS é responsável pelas chuvas prolongadas que ocorrem no sudeste do Brasil e, por assim, em Minas Gerais. Esse fenômeno, que é popularmente conhecido como invernadas, segundo Abreu (1998), são decorrentes de uma atuação e duram, em média, sete dias, mas podendo perdurar até 10. Essa precipitação da ZCAS, formada com participação da frente fria, concentra-se ao longo da trajetória do JBN e excede 40 mm, no sul de Minas Gerais, além das Zonas de convergências. É importante lembrar que temos, também, atuação de sistemas frontais como a (fPa) acompanhada na retaguarda, pela Massa Polar do Atlântico (mPa). Em termos de variáveis de Pressão Atmosférica ao Nível Médio do Mar (PNMM), há um ciclone em 50° S e 40.º com um ramo frontal frio que se estende até o Uruguai.

Já sobre a ocorrência do período seco, ele é um reflexo do caráter tropical, influenciado pelos anticiclones, um fenômeno de circulação de vento em larga escala sob alta pressão atmosférica, circundando regiões de baixa pressão atmosférica. No Brasil, a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), quando avança para o continente, é responsável por provocar o período de seca de inverno. Como sabemos, quase todo território regional do Sudeste do Brasil está localizado na zona intertropical, possuindo, por isso mesmo, máximos pluviométricos no verão e mínimos no inverno. Com exceção das áreas meridionais e litorâneas, estes mínimos são tão baixos que determinam uma estação seca e essa exceção pode extravasar o inverno, isto é, prolongar-se até o início da primavera ou iniciar-se no fim do outono; ou, ainda, iniciar-se no fim do outono e estender-se ao início da primavera, porém, em qualquer destes casos, o aprofundamento da seca se dá no solstício de inverno.

Através das apresentações desses elementos físicos podemos caracterizar o clima de determinada região, seguindo conhecimentos sistematizados de algumas classificações climáticas e esses sistemas de classificação são importantes na divisão e estruturação das principais características climáticas presentes na área de estudo sendo aperfeiçoados através da estruturação científica, principalmente, nos parâmetros da Geografia do Clima.

2.2. SEMIOLOGIA HISTÓRICA DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS

A ciência geográfica, enquanto conhecimento sistematizado, consolida-se na Alemanha, em meados do século XIX, pela influência principal de pensadores como Schiller,

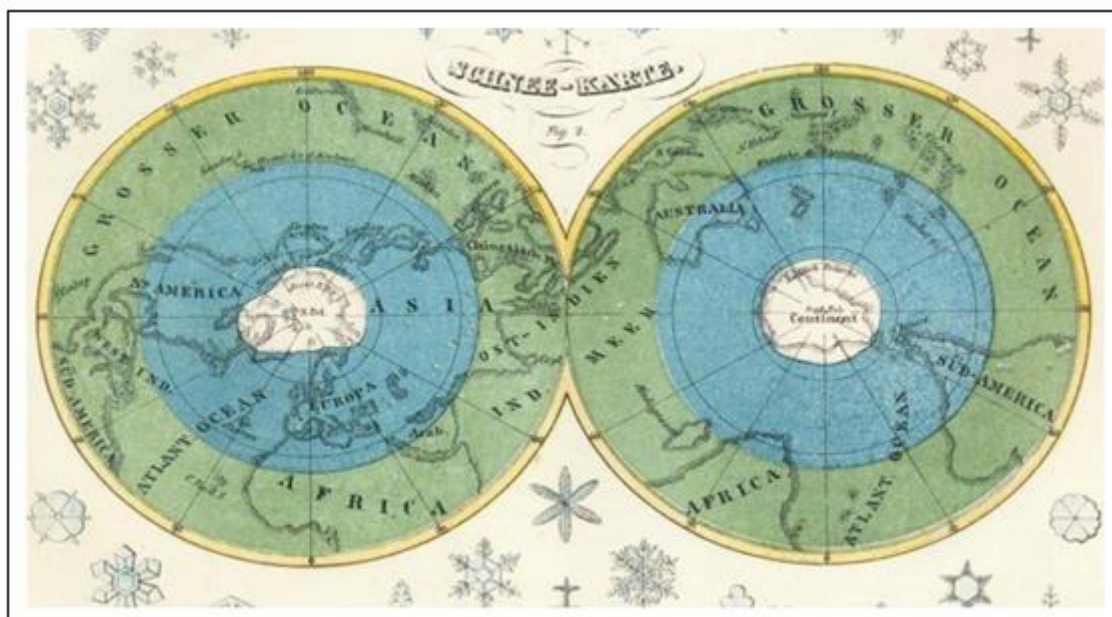
Schelling, Göthe e Fichte; pelo positivismo de Bacon, Descartes, Newton; e por ideais imaginários políticos e econômicos como, por exemplo, o nacionalismo, o expansionista, o colonialismo e o capitalismo). De acordo com Mendonça (1998), na Geografia as características deste início da produção científica refletem os princípios básicos da concepção positivista da realidade. Logo mais, para Vesentini (1989), essa ciência teria nascido por meio de interesses específicos: conhecimento de território, ideologia do sistema escolar de patriotismo e nacionalismo.

Foi nesse contexto que Alexander von Humboldt, naturalista e viajante, surgiu como o responsável pela sistematização do conhecimento geográfico adotando, ao mesmo tempo, um caráter romântico e positivista. Em um contexto fragmentado que interage com a ideia romântica da natureza e do homem em sua busca pela libertação que era necessária, a liberdade em forma individual e social é a recuperação do *Eu* individual.

O projeto central de Humboldt foi o resultado da união do empirismo de Bacon com a filosofia da natureza de Göethe e Schelling, em uma tentativa de descobrir a concordância e a beleza das estruturas cuja partes estariam equilibradas em harmonia. Assim, nesses aspectos, relacionados os métodos utilizados pelo autor, se destacaria futuramente, dentro da perspectiva geográfica, como a descrição e a comparação de áreas. Esse processo foi a incorporação de uma perspectiva histórica que, muitas das vezes, fez com que as ideias de Humboldt fossem posteriormente classificadas como ideias geográficas relacionadas, em particular, com o campo da Geografia Física. Frente ao exposto, os estudos do autor abrangem vários sub-ramos como: geomorfologia, biogeografia, cartografia, climatologia, entre outros. Assim, além de ser um visionário na sistematização, foi também na meteorologia, principalmente com a invenção das isotermas, um conceito que modificou a ciência, posto que introduziu os perfis geográficos, retratando a altitude relativa de terras vizinhas.

No processo de firmação dos estudos climáticos, Humboldt identificou e mapeou correntes marítimas medindo e monitorando as pluviosidades e as temperaturas do ar e da água, fazendo relações entre umidade do ar e pressão atmosférica e desenvolvendo o isogramas capaz de especializar os dados coletados e relacionar latitude, tipos climáticos e temperatura. Assim, surgiu as representações, escritos e descritos em mapas com detalhes, e, entre elas, constitui-se uma representação denominada de *Carta de Neves* (Figura 4);

Figura 4 – Representação das zonas climáticas na *Carta das Neves*



Fonte: Feisst (1978, p. 15).

O propósito de qualquer sistema de classificação climática (SCC) é obter um arranjo eficiente de informações de forma simplificada e generalizada. As estatísticas climáticas podem ser organizadas para descrever e delimitar os principais tipos de climas em termos quantitativos. Logicamente, qualquer SCC servirá especificamente a um propósito, portanto foram desenvolvidas diversas classificações que têm como seu principal condicionante os fatores temperatura, precipitação, massa de ar, balanço hídrico e a vegetação.

A precipitação serviu, para muitos autores, como base para o SCC em todo o mundo. Esse fator determina e expressa a relação entre ganho e perda de água com o objetivo de avaliação de disponibilidade hídrica relacionada ela e ao tipo de vegetação. Os primeiros que usaram essa técnica foram Brooks (1948) e Carter (1967), mas foi Köppen (1936), que sugeriu fórmulas em que o fator de precipitação era utilizado, em vez da evaporação, pela dificuldade de obtenção desses dados, que eram insuficientes na época.

As massas de ar formam a base do SCC de Strahler, numa classificação chamada de genética, pois tenta identificar as variações climáticas com base nas causas dessas variações. Essa metodologia requer uma compreensão detalhada dos tipos e características distintas das massas de ar de diferentes partes do globo. Logicamente que uma massa de ar deve possuir características básicas da sua origem, no entanto não há uma garantia que os efeitos reais dela seja identificada ao longo do seu percurso, uma vez que as massas são dinâmicas e variáveis, dependendo do local em que ela se desloca.

Na mesma linha de elemento de massa de ar, temos o autor Nimer (1979), que analisa elementos atmosféricos como por exemplo, ciclones e anticiclones. Resumidamente o teórico relaciona a circulação atmosférica com fatores do tempo e do clima e suas características físicas locais, como as formações uniformes de relevo. Essas formações podem ser consideradas marítimas ou continentais e o autor diz que a relação da massa de ar se altera ao longo da superfície sobre qual ela passa, além do que as informações do relevo, da latitude e da continentalidade são cruciais, pois elas agem sobre o clima. Essas relações são determinantes para compreender as características climáticas de uma região, porém Nimer (1979) reforça que essas não são as únicas.

O fator vegetação foi iniciado por Köppen (1936) quando ele supôs que a vegetação é bastante exigente em relação ao clima, de maneira que os grupos distintos vegetais tendem a se desenvolver diferentemente de suas condições restritas. Assim, o autor começou com o reconhecimento de principais vegetações e, em seguida, ele trabalhou as condições climáticas em cada grupo principal de cada vegetação, gerando informações que poderiam ser utilizadas para definir os limites climáticos diferente de Thornthwaite (1955), que utilizou da vegetação como guia para localizar os limites climáticos, determinando a sua eficiência térmica e definindo-a, em seguida, com base na distribuição vegetal. Dessa forma, podemos afirmar que os autores que são a base dos diferentes tipos de SCC, levando em consideração diversos fatores, são: Strahler, Nimer, Köppen e Thornthwaite.

A gênese da climatologia no Brasil, segundo Sant'anna Neto (2001), é difícil de ser determinada em seu exato momento, porém, no Brasil, há marcos históricos que podem ser relacionados com início da ciência nacional. Um desses marcos é a criação, em 1827, do *Observatório Astronômico do Rio de Janeiro*, dando início aos procedimentos científicos de pesquisa meteorológica o que, décadas mais tarde, proporcionaria o nascimento da climatologia no território brasileiro.

Segundo Ferraz (1934), apenas em 1844 quando o observatório estava sobre a direção de Soulier Sauve, que as primeiras observações meteorológicas foram transformadas em arquivos de informações no qual ocorreram avanços nas áreas do conhecimento científico intelectual e imperial. Desde a década de 30 do século XIX, vários artigos sobre a climatologia do estado do Rio de Janeiro foram publicados na *Revista Médica Carioca*. Tanto a climatologia como a meteorologia, em um contexto mundial, tiveram evoluções paralelas, mas, em determinado momento, se distinguiram em seus métodos de análise. Segundo Sant'anna Neto (2001), com o extraordinário avanço da física e com a aparecimento das

primeiras cartas sinóticas, os estudos climáticos científicos ganham um avanço de qualidade e de quantidade.

Os pioneirismos da abordagem mais geográfica da Climatologia no Brasil estão em dois cientistas que procederam à sistematização geográfica do clima: Henrique Morize e Carlos Delgado de Carvalho. O primeiro, Henrique Morize, foi um engenheiro que se dedicou a Geografia e, por muitos anos, dirigiu o Observatório Nacional, além de lecionar Física e Meteorologia na Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Sua primeira obra, com poucas alterações, foi republicada em 1922. O *Dicionário Histórico, Geográfico e Etnográfico do Brasil* pontua que há três aspectos que merecem a atenção nesta obra de Morize (1922): as relações do clima com os aspectos humanos, a proposta de classificação climática e o expressivo conjunto de dados. Morize iniciava seus estudos com influência de conceitos adotados por Köppen, no que se refere às médias térmicas, sazonalidade e totais pluviométricos. Além disso, ele utilizava 106 estações meteorológicas e se apoiava nos climogramas para determinar os tipos climáticos no território brasileiro.

Para Sant'anna Neto (2001), Carlos Delgado de Carvalho foi um dos mais brilhantes geógrafos de seu tempo e, talvez, o primeiro geógrafo brasileiro, responsável pela mais densa e completa análise do clima do Brasil do início do século XX. Com uma diversidade de temas geográficos, Delgado de Carvalho viveu a maior parte de sua vida na Europa, tendo publicado seus trabalhos em francês, como *Climatologie du Brésil*, de 1916. Mas, sua principal contribuição veio com a publicação, em Londres, da *Météorologie du Brésil*, editada em 1917. Ainda segundo Sant'anna Neto (2001), considera-se que, em função da longa vivência na Europa, principalmente na França, Delgado de Carvalho obteve várias influências de autores como Paul Vidal de la Blache, Jean Brunhes e o autor Emmanuel de Martonn. Ao contrário de Morize, Delgado de Carvalho buscou uma explicação geográfica do clima admitindo que o campo de estudo da Climatologia seria o da zona de contato entre a atmosfera e o globo sólido e líquido, que se constituiria no domínio por excelência da observação histórica do geógrafo.

Foram esses autores que deram início aos debates climáticos e de metodologias para caracterizar os climas de determinadas regiões, gerando contribuições para o surgimento da categoria de análise que permite uma melhor compreensão do clima através das escalas geográficas do clima.

2.3. ESCALAS GEOGRÁFICAS DO CLIMA

Para compreender e caracterizar um clima de uma localidade, faz-se necessário propor qual seria a categoria de escala climática e, ela tem que ser adequada, pois é dela que podemos alcançar os objetivos da pesquisa. A categoria de análise permite alcançar e avaliar os dados climatológicos, dando clareza para o entendimento atmosféricos atuantes que interferem nos principais elementos climáticos como temperatura, precipitação e relevo. A categoria possui várias ordens de grandeza e configuram-se por meio de de uma complexidade de fatores em diferentes tipos de tempo/clima.

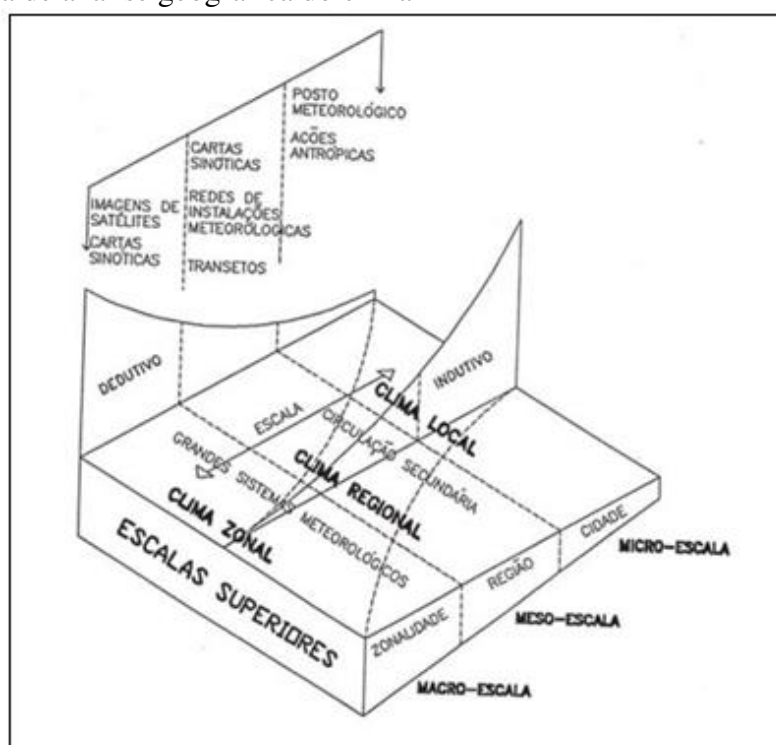
De acordo com Ab'Sáber (2003), a escala dos domínios corresponde a um conjunto espacial de certa ordem de grandeza (de centenas a milhares de quilômetros), em que haja um esquema coerente de feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climático-hidrológicas. Nessa escala, a contribuição climática-hidrológica refere-se, por exemplo, à interação entre a Cordilheira dos Andes e a Circulação de Hadley sobre os alísios (AS), que configuram o Jato de Baixos Níveis (JBN), sistema responsável pela entrada de umidade nas regiões centro-oeste e sudeste, o que contribui para a formação das ZC e a gênese das chuvas no período de verão nessas regiões.

Ribeiro (1993) afirma que a escala climática tem uma taxonomia e hierarquização, que tem os seguintes critérios: as escalas superiores estão mais próximas do nível planetário e as escalas inferiores mais próximas dos indivíduos da superfície terrestre; os processos físicos, nas escalas superiores, alteram sucessivamente o comportamento atmosférico nas escalas inferiores; as interações entre fatores físicos e superfície nas escalas inferiores têm limitada interferência nas escalas superiores; quanto mais extenso o resultado de uma determinada combinação, maior o tempo de sua duração; os resultados de uma determinada combinação são volumétricos, portanto resultam num atributo tridimensional.

Assim, o autor apresenta três níveis de análise primordiais, considerando a primeira a aproximação entre os fluxos de matéria e energia para uma proposta taxonômica; a segunda caracteriza-se em um nível macroclimático, que se refere à interação entre a radiação solar, à curvatura da Terra e aos seus movimentos atmosféricos de larga-escala; já a terceira está no nível mesoclimático, que tem ligação com a interação entre a energia disponível, para a evaporação e geração dos campos de pressão e as feições do meio terrestre.

Segundo Ayoade (1986), a mesoclimatologia está preocupada com estudos de escala geográfica pequena, entre 10 e 100 quilômetros, como clima urbano e sistemas de grande instabilidade atmosférica, como tornados e temporais. Além disso, é importante notar o nível microclimático, que diz respeito a sistemas ambientais particulares, como áreas menores que 100 m de extensão. A Figura 5 representa os métodos de investigação da pesquisa em climatologia geográfica por meio dessas escalas de análise considerando a dimensão tempo-espço.

Figura 5 – Escala de análise geográfica do clima



Fonte: Jesus (2008, P. 174).

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), para facilitar o desenvolvimento de estudos dessa natureza, a delimitação da área (tridimensional) constitui o primeiro passo para o trabalho em climatologia geográfica. Portanto, uma das maiores dificuldades de caracterização climáticas é situar-se na proporção real da área de estudo, de forma que tenha relação concreta com os tipos de dados e fontes necessárias em função dos resultados que se pretende alcançar. Para Nunes (1998), a definição da escala não é somente a definição do tamanho da área e do tempo de duração de um determinado fenômeno atmosférico, mas também os métodos de análise a serem empregados.

Por meio das categorias taxonômicas de Monteiro (1976) e dos níveis de organização de Ribeiro (1993), propõe-se a demonstração do Quadro 1, em que é apresentado uma

classificação sistematizada considerando os fenômenos atmosféricos apresentando semelhanças entre as considerações sobre a escala de análise de Holton (1979).

Quadro 1 - Ordens de grandeza temporal-espacial para fenômeno atmosféricos

Ordem de Grandeza	Escala Horizontal	Escala Vertical	Escala Cartográfica	Escala Temporal	Fonte de dados	Natureza atmosférica
Clima Zonal	Maior de 1.000 Km	>10 Km	1:100.000.000.000 a 1:100.000.000	1 semana a 6 meses	Imagens de Satélite, Cartas Sinóticas e Mapas de campos atmosféricos	Circulação geral da atmosfera
Clima Regional	100 a 2500 Km	<10 Km	1:250.000.000 1:1.000.000 a	1 a 30 dias	Cartas Sinóticas, Imagens de Satélite e Radar Meteorológico	Centros de pressão e sistemas atmosféricos associados
Clima Local ou Mesoclima	1 a 150 Km	< 3 Km	1:15.000.000 a 1: 100.000	< 24 horas	Normais Climatológicas, Estações Meteorológicas e Radar Meteorológico	Circulação de Brisa e/ou Vale Montana. Rajadas de ventos.
Topoclima	0,5 a 5 Km	< 1 Km	1:100.000 a 1:5000	< 24 horas	Estações termoplúviométricas móveis	Pequenas diferenças espaciais no balanço de energia, em função da rugosidade da superfície. Pequenos redemoinhos.
Microclima	Até 100 m	< 100 m	1:2000	< 24 horas	Aparelhos de alta precisão.	Trocas gasosas e energéticas entre tipos de superfícies particularizadas

Fonte: Holton (1979); Monteiro (1976); Ribeiro (1993).

Para a uma caracterização mais próxima da realidade climática no estado de Minas Gerais e do melhor alcance do objetivo de estudo, foi definido a escala regional para esse trabalho de caracterização climática. Segundo Assis (2010), as escalas têm como funcionalidade facilitar a compreensão e mapeamento dos processos que ocorrem entre a superfície e a atmosfera. Contudo, isso não difere dos tipos de procedimentos teórico-metodológico, que são utilizados ou definidos em suas principais terminologias e todos esses processos são arbitrários e artificiais, pois os fenômenos atmosféricos são contínuos e recebem dinâmicas, por muitas vezes, de diferentes localidades, tornando-se sistemas atmosféricos específicos.

2.4. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA NOVAIS

O modelo de classificação proposto pelo pesquisador e geógrafo Novais (2017) possibilitou a delimitação de unidades climáticas para diferentes escalas, possuindo, assim, uma característica da climatologia de detalhe que, em sua tese de doutorado, foi aplicada ao bioma cerrado.

Essa classificação propõe contribuições nos modelos clássicos, mesclando o empírico ao genético, juntamente com a influência de outros parâmetros climáticos, como o controle astronômico, temperatura mínima do mês mais frio e a atuação do relevo. Essa articulação possibilita a aplicabilidade em todo território brasileiro e em seus diferentes biomas isso porque ela utiliza associações de informações tecnológicas, que geram um padrão e abordam tanto os valores observados do tempo e do clima, quanto a influência dos sistemas meteorológicos. Entre essas informações estão os aspectos astronômicos nas Zonas Climáticas, que são a primeira unidade climática dessa classificação

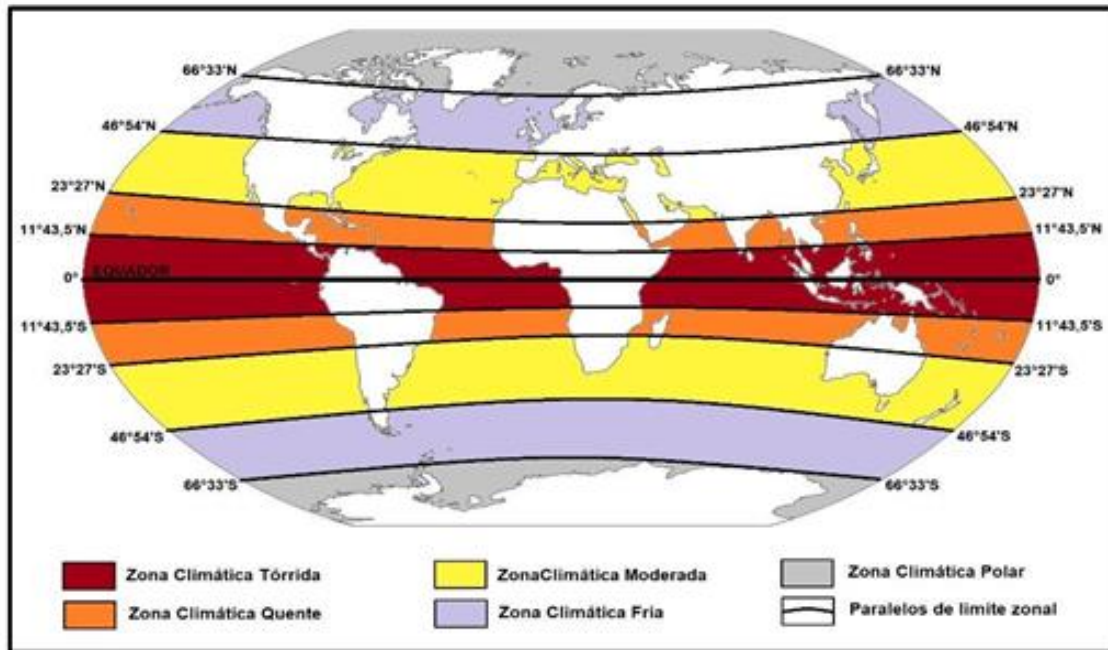
De acordo com Novais (2017), a Zona Climática Tórrida compreende a faixa entre os paralelos de 11° 43 '30" norte e sul (Subequador), com intensa insolação durante o ano. Dos subequadores até os trópicos está a Zona Climática Quente, com uma trajetória solar próxima do zênite no solstício de verão e apreciavelmente mais baixa no solstício oposto. Depois das zonas climáticas quentes tropicais ficam as Zonas Climáticas Moderadas.

Para Novais (2017), a trajetória média do Sol varia amplamente, sendo que ele não atinge o zênite local em nenhuma época do ano, provocando diferenças marcantes durante as estações do ano, duração do dia e da noite comparados com as Zonas Quente e Tórrida.

O autor também criou uma linha de alta incidência solar no verão para as latitudes médias, nos paralelos de 46°54' norte e sul, denominada por ele de Subtrópico (Setentrional no Hemisfério Norte e Meridional no Hemisfério Sul). Essa linha serve de limite entre as Zonas Climáticas Moderada e Fria, determinando a altura solar no verão com afastamento máximo do zênite em 23°27' (alta incidência solar).

Frente ao exposto é possível afirmar que Novais (2019) pontua as Zonas Climáticas como algo fixo e distribuído em faixas latitudinais, determinadas por linhas imaginárias de altura solar, como é mostrado na Figura 6 que exemplifica a Zona Climática.

Figura 6 – O globo e as divisões das zonas climáticas



Fonte: Novais (2019).

Na segunda hierarquia, temos os Climas Zonais, em que são utilizados a temperatura média do mês mais frio (TMMM) e Novais (2017) afirma que no Clima Zonal Tórrido a temperatura de 22,5°C no mês mais frio faria o limite com o Clima Zonal Quente, em função da grande sensibilidade ao frio de populações que vivem nessa região do planeta (uma média dos valores encontrados por Köppen para populações que vivem sobre o clima equatorial). O Clima Zonal Quente tem limites nas TMMM entre 15°C e 22,5°C e o Clima Zonal Moderado fica abaixo de 15°C até a isoterma de 0°C, que o separa do Clima Zonal Frio.

Os Domínios Climáticos fazem parte da terceira hierarquia climática e podem pertencer a mais de um Clima Zonal. A TMMM é de suma importância na sua caracterização, mas também são controlados por sistemas meteorológicos como zonas de convergência de ventos e umidade, atuação de anticiclones, frentes frias e a possibilidade de formação de geada. Como exemplos de interações desses sistemas na formação dos domínios climáticos, temos a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Alta Polar Sul (APS). A primeira, a ZCIT predomina no outono no norte do Brasil, provocando uma maior quantidade de chuva nessas localidades, característica principal do domínio Equatorial e que não atua no domínio Tropical. Já a segunda, a APS, ocorre na porção meridional do país, ajudando na caracterização do Domínio Subtropical.

Os Subdomínios Climáticos fazem parte da quarta hierarquia climática, com critério de duração dos meses secos, podendo variar de: úmido (0 a 3 meses secos), semiúmido (4 a 5 meses secos), semisseco (6 a 7 meses secos) e seco (8 a 11 meses secos). Os domínios Semiárido e Árido são 12. Esses meses secos são determinados pela diferença entre a precipitação e a ETP, por meio do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955). Segundo Novais (2019), a metodologia para determinação de mês seco consiste na diferença entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial (ETP), sendo que se a precipitação for menor que a ETP, o mês é seco.

Seguindo a hierarquia dessa classificação, o próximo denominado de Tipos e caracteriza-se pela transição de uma escala climática superior para uma inferior, mostrando a localização dos Domínios e Subdomínios no continente sul-americano. Nesse nível hierárquico, os fatores geográficos exercem grande influência nas condições climáticas, delimitados pelo relevo e por grandes áreas de vegetação, como, por exemplo a Floresta Amazônica.

Um exemplo da delimitação dessa hierarquia é o conjunto orográfico que faz a divisa entre Tocantins e Bahia (essa orografia faz parte do Tipo Central com Nordeste); planícies litorâneas até escarpas de planalto, com influência da maritimidade (esse faz parte do Tipo Litorâneo); a possibilidade de ocorrência de uma geada (temperatura mínima absoluta 3,5° C) em 30 anos ajuda na delimitação do Tipo Centro-Sul do Brasil

Os Subtipos Climáticos fazem parte da sexta hierarquia climática. Eles também são delimitados por sua localização, mas em escala menor, recebendo, muitas vezes, a nomenclatura de unidades geomorfológicas que modelam o relevo regional e local. O componente estrutural geomorfológico é um fato diretamente ligado à dinâmica climática atual e pretérita, servindo para demarcar essas unidades climáticas e demonstrando, claramente, o papel da superfície topográfica e sua relação com os sistemas atmosféricos.

Nesta Classificação Climática, o Mesoclima não é uma ordem de grandeza intermediária entre o Macro e Microclima, e sim a sétima hierarquia de escala climática local, delimitados por feições geográficas ou antrópicas, de destaque na paisagem, que interferem no fluxo energético (serras, linhas de cumeada, topos de planaltos, vales abertos e encaixados, áreas de mata, zonas urbanas).

Em uma última categoria, temos os Topoclimas, delimitados por elementos geomorfológicos de pequenos táxons (como geossistemas, geótopos e geofácies). O Topoclima tem variação do mesoclima e nele é levado em consideração a rugosidade do terreno local, que tem consequência de energização diferenciada no terreno, durante o período diurno para

as diversas faces de exposição à radiação solar. Um exemplo dessa situação pode ser observado em regiões serranas no centro do Brasil, pois elas têm uma quantidade de energia disponível e diferenciada, isso é mais visível principalmente no inverno, quando, durante a noite, principalmente na influência de anticiclones (céu claro e ausência de ventos), a rugosidade do terreno provoca drenagem do ar frio em direção aos fundos de vale, provocando geadas e nevoeiros, fenômenos de natureza topoclimáticas. Essas características físicas podem muito bem ser representadas com ferramentas computacionais, auxiliando na caracterização mais adequada no sistema de classificação.

Esse sistema de classificação analisa os detalhes de cada hierarquia, através da sistematização e organização dos números de dados meteorológicos e climáticos, transformando-os em medidas estatísticas especializadas, bem como em mapas com uso computacional que, de certa forma, dão parâmetros para o agrupamento das características da atmosfera, orografia e temperatura, sobre os distintos lugares.

Sendo assim os sistemas de classificação climática (SCC) tentam organizar essas diferentes sistematizações estatísticas por tipos e classes geralmente dotadas em forma hierárquica, cada um com sua especialidade, permitindo uma melhor compreensão das características climáticas do local de estudo, esse agrupamento e organizadas através de ferramentas computacionais como o Geoprocessamento.

2.4.1. Geoprocessamento

O uso de dados computacionais na ciência inaugura algumas interseções entre as diversas áreas do conhecimento científico humano, na medida em que essas ferramentas computacionais e aperfeiçoadas, alteram a forma de desempenho humano, bem como a maneira de armazenamento e de processamento de dados provenientes de diversas fontes do mundo real. Esse aprimoramento evolui a percepção que o homem tem sobre o meio/espço.

Desde a década de 1960, a informatização de dados vem evoluindo e essa evolução promove instrumentos necessários para relacionar dados não gráficos e componentes gráficos, através das estruturas de cartas temáticas que possibilitam estudos de distribuição de diferentes temas em um determinado espaço. As informações gráficas descrevem fatos e fenômenos do mundo real de maneira virtual, temporal ou temática, gerando instrumentos que são objetos capazes de representar entidades do mundo real em um plano gráfico. Segundo Novo (2008), é exatamente nos anos 60 do século XX que o termo “SR” é, pela primeira vez,

utilizado nas bibliografias científicas, exprimindo de modo significativo uma conceituação que abrangia a obtenção de informações sem contato físico direto com o objeto.

A implementação de tecnologias computacionais promove algumas facilidades que ampliam vários universos de possibilidades para a pesquisa que, antes desse advento, passava longe do instrumental disponível aos pesquisadores. Essas facilidades computacionais estão disponíveis através de um conjunto de recursos denominado de *Geoprocessamento*, que engloba vários assuntos como: cartografia digital, sensoriamento remoto, estatística espacial e sistemas de informação geográfica.

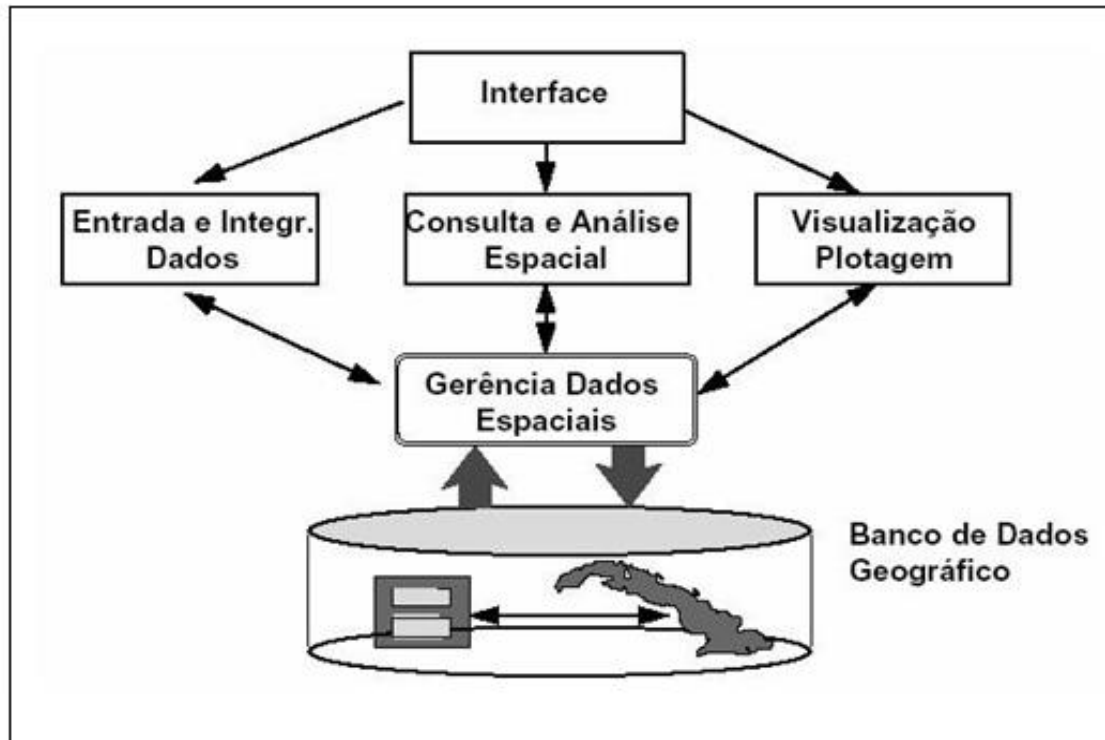
O Geoprocessamento é descrito por Câmara (2001, p. 1) da seguinte maneira:

O termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Através do geoprocessamento que os mapas digitais são construídos e são estabelecidas associações com os dados não gráficos, fazendo com que seja possível utilizar técnicas de estatística espacial que consiste em teste e cálculos para avaliar padrões espaciais. Esses mapas contêm elementos que compõem determinado elementos que são convertidos em pontos, linhas ou polígonos em um plano cartesiano com posições geograficamente georreferenciadas. Esse Georreferenciamento é a operação usada para relacionar registros tabulares a um lugar da superfície da terra. Para que essas posições sejam dispostas nos mapas, cada um dos dados deve ser referenciado a uma unidade de análise geográfica.

Para manter os dados coletados, sejam eles gráficos e não gráficos, adequadamente organizados, é necessária a utilização de sistemas de informação geográfica (SIG), que são *softwares* que possuem recursos para armazenamento de dados relacionados a localizações espaciais, oferecendo suporte suficiente para consultas e indexação com base nessas localizações espaciais (SILBERSCHATZ *et al*, 1999). A Figura 7 demonstra essa a estrutura geral de um SIG, identificando os principais componentes ou subsistemas conectados um ao outro.

Figura 7 – Estrutura geral de um Sistema de Informação Geográfica



Fonte: Adaptado de Câmara (2001).

Esse modelo de componentes pode ser distinto para cada SIG específico, mas, para ser considerado um SIG completo, todos os módulos descritos devem estar presentes, pois são esses componentes que transformam a realidade em mapas e imagens que podem ser analisadas. Inclusive, nessa realidade concreta, estão os aspectos ambientais que podem ser os principais agentes transformadores da paisagem.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Apresentamos, então, a metodologia que mediará a pesquisa aqui apresentada.

3.1. UNIDADES CLIMÁTICAS DE NOVAIS (2019)

A classificação climática adotada para esse trabalho será até a quarta hierarquia (Tipo Climático), que está relacionada à escala climática regional. A hierarquia Zona e Zonal, caracterizada pela latitude com maior ou menor incidência solar e pela temperatura média do mês mais frio refere-se à primeira e à segunda hierarquia de classificação, conforme explicado no Quadro 2.

Quadro 2 – Unidades Climáticas da primeira a segunda hierarquia

Zona Climática	
Zona Climática Tórrida	Compreende a faixa entre os paralelos de 11°43'30" norte e sul (Subequador), com intensa insolação durante o ano.
Zona Climática Quente	Contém uma trajetória solar próxima do zênite no solstício de verão e apreciavelmente mais baixa no solstício oposto.
Zona Climática Moderada	Contém trajetória média do sol, que muda amplamente, sendo que o Sol não chega ao zênite local em nenhuma época do ano, provocando diferenças marcantes de temperatura durante as estações do ano.
Zona Climática Fria	Determinando a altura solar no verão com afastamento do zênite em 23°27' incidência solar das latitudes médias, e nos paralelos de 46°54' sul, em alusão ao Subtrópico Meridional no Hemisfério Sul.
Zona Climática Polar	Contém escuridão de inverno sem o sol durante 6 meses.
Clima Zonal	
Clima Zonal Tórrida	Clima esse estabelecido com base na isoterma de 22,5°C, no mês mais frio.

Clima Zonal Quente	Clima entre as isothermas de 15° e 22,5°C
Clima Zonal Moderada	Clima com TMMMF entre -15°C e 0°C e essa característica climática pode ser correlacionada com, pelo menos, um dia de geada no mês mais frio.
Clima Zonal Fria	Clima estabelecido por meio da isoterma de 0°C da temperatura média do mês mais frio
Clima Zonal Polar	Clima com TMMMF abaixo de -15°C, com baixa incidência solar durante todo ano.

Fonte: autoria própria.

A Hierarquia de Domínios Climáticos traz em consideração os sistemas atmosféricos e, prontamente, a hierarquia de Subdomínios demonstra a quantidade de meses secos. Já os meses de excedentes e déficits hídricos são especializados pela dinâmica EGO. Por fim, temos o Tipo climático como última hierarquia de classificação para esse trabalho. Ele está na localização no continente e sua possibilidade de geada.

A seguir, no Quadro 3, apresenta-se a classificação climática do Novais da terceira a quinta hierarquia:

Quadro 3 – Unidades Climáticas da terceira a quinta hierarquia

DOMÍNIO CLIMÁTICO	SUBDOMÍNIO CLIMÁTICO	TIPO CLIMÁTICO
Equatorial *ZCIT	Úmido *0 a 3 meses secos Semiúmido *4 a 5 meses secos Semiseco *6 a 7 meses secos Seco *8 a 11 meses secos	Amazônico Litorâneo Nordestino
Equatorial Ameno	Úmido Semiúmido	Amazônico
Tropical *ZCAS	Úmido Semiúmido Semiseco Seco	Central *Limite orográfico Bahia/Tocantins Litorâneo *Planícies litorâneas até escarpas de planalto Meridional *Possibilidade de ocorrência de geada Nordestino *Limite orográfico da Bahia

		Ocidental *Serra Contamana Acre Setentrional *Arroio chuí rio grande do Sul
Tropical Ameno	Úmido Semiúmido Semiseco Seco	Central Litorâneo Meridional Nordestino Ocidental
Subtropical * <i>mPa</i>	Úmido Semiúmido Semiseco	Litorâneo Meridional Setentrional
Subtropical Frio * <i>APS</i>	Úmido	Meridional Setentrional
Árido	-	Nordestino

Fonte: autoria própria.

3.2 OBTENÇÃO DE DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO

O *Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas* (CHELSA) é um algoritmo SIG de alta resolução para as áreas terrestres da Terra, sendo utilizado em vários estudos físicos incluindo climatológicos. Elaborado por Karger *et al* (2017), ele contém conjuntos de dados climáticos de alta resolução (30 segundos de arco ~1 km) para as áreas de superfície terrestre, atualmente hospedadas pelo Instituto Federal Suíço de Pesquisa de Floresta, Neve e Paisagem WSL, sendo desenvolvido e atualizado em cooperação com o Departamento de Geografia da Universidade de Hamburgo, a Universidade de Zurique e a Universidade de Göttingen.

O conjunto de dados usado pelo CHELSA foi extraído da Reanálise ERA-Interim, que combina resultados de modelagem e de recuperação de informações coletadas sobre a superfície e os oceanos, por meio de navios, de aviões, de radiossondas e de satélites. Inclui a temperatura média mensal e padrões de precipitação para cada período de tempo. A temperatura média diária deriva de dados sinóticos de seis em seis horas, melhorando substancialmente o desempenho da previsão, especialmente no Hemisfério Sul. (ROCHA *et al*, 2016).

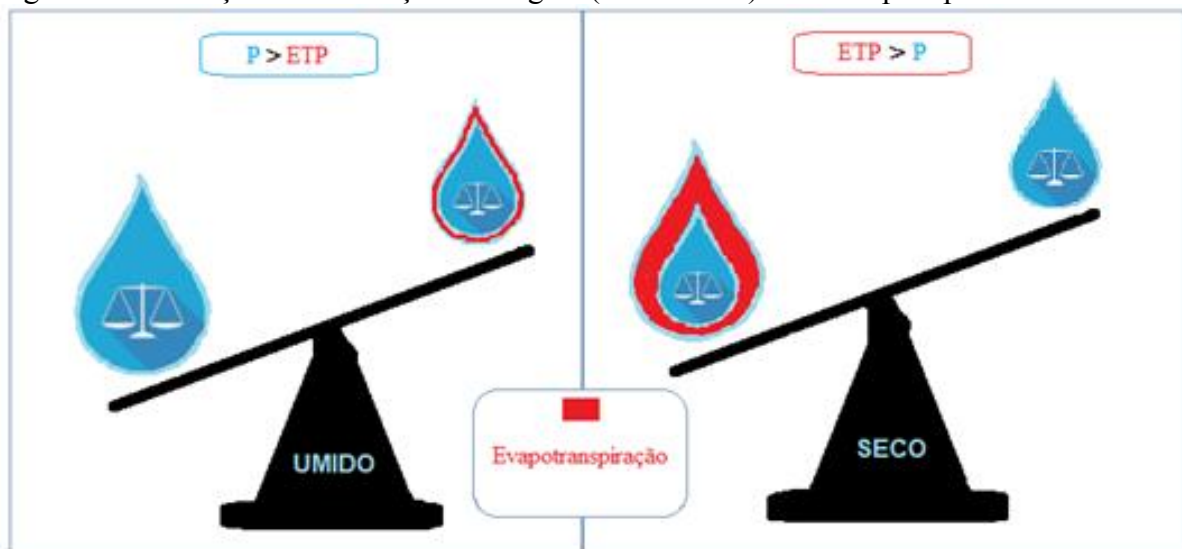
A metodologia de estimativa da temperatura do ar do algoritmo tem uma correlação direta com as imagens SRTM, derivando em mapas mais próximos da realidade, em que as isotermas acompanham as curvas de nível do terreno. Portanto, o padrão de distribuição de

temperatura na atmosfera livre pode ser considerado diretamente ao tipo de elevação altimétrica na localidade específica estudada.

3.2.1 Balanço Hídrico climático (BH)

A determinação de mês seco incide na diferença entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial (ETP). Quando a precipitação for maior que a ETP, indica mês úmido, quando a ETP for maior que precipitação, o mês é considerado seco (Figura 8).

Figura 8 – Ilustração de diferença hidrológica (úmido/seco) indicada pela planilha



Fonte: autoria própria.

A técnica utilizada para analisar os dados e os índices do balanço hídrico será o *software* livre de dinâmica *EGO*. Através dele será calculada a temperatura média do mês mais frio e os níveis de ETP na área de estudo, adquirindo o desenho vetorial das temperaturas e dos meses secos. Esse *software* permite, também, uma análise dos arquivos matriciais, adquiridos e gerados através dos dados climáticos CHELSEA, esses dados serão a base principal para o cálculo do Balanço Hídrico.

De acordo com Rolim (2020), um solo está potencialmente secando, o que mostra uma deficiência de água no sistema solo-planta-atmosfera, gerando uma restrição no crescimento das plantas e diminuindo a vazão da drenagem superficial e subsuperficial. A Figura 8 anteriormente apresentada ilustra essas relações hídricas com a pluviosidade e evapotranspiração.

3.3.2 Dinâmica EGO

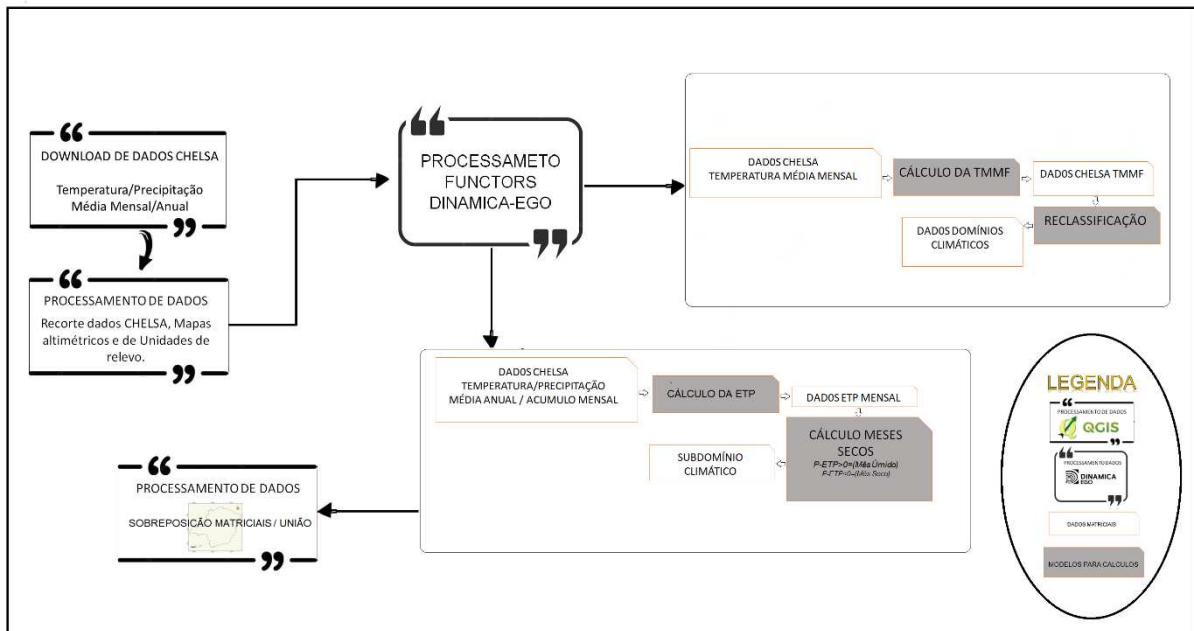
A Dinâmica EGO atua em uma série de operadores chamados de funtores (*functors*), um elemento entendido como um processo que opera sobre um conjunto de dados de entrada e, nesses dados, são aplicados um número finito de operações de comandos que produzem, como saída, um novo conjunto de dados. Segundo (TOMLIN, 1990), um functor é responsável pela execução de uma tarefa específica de um programador e ela pode incluir toda uma gama de operadores de álgebra cartográfica, tais como cálculo de mapa de custo de distância entre polígonos, até mesmo um sorteio de pontos mais prováveis para a ocorrência de um determinado fenômeno específico. Também através dos funtores pode-se fazer operações de álgebras, podendo, assim, ser calculado o caminho de menor custo para entrega de alguma encomenda. Dessa forma, a Dinâmica EGO é usada para cálculo de mapas, valendo-se de expressões lógicas e aritméticas.

Frente ao exposto, afirmamos que funtores podem ser considerados como os elementos básicos de um modelo cartográfico. Até o presente momento, neste trabalho, foram implementados os operadores de análise espacial mais comuns disponíveis em SIG comerciais gratuitamente, mais uma série de operadores especialmente desenhados para simulação espacial, incluindo métodos de calibração e validação de (SOARES FILHO, 2006) um dos principais desenvolvedores da Dinâmica EGO.

Para a elaboração da hierarquia de Subdomínios desse trabalho, foi utilizada a Dinâmica EGO e um *software* de modelagem cartográfica de dados, cuja operação funtores foi desenvolvida por Machado (2021) por meio de uma classificação intitulada de: *Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais*. Nessa classificação são usados funtores para modelar os dados, que em formato *rasters* de temperatura e precipitação do algoritmo CHELSA.

Segundo Novais e Machado (2023), para definição dos subdomínios são observados e utilizados os dados dos meses secos do ano e estes meses são definidos pela subtração dos valores de precipitação pela evapotranspiração potencial (ETP)). Os valores da ETP são valores estimados pela subtração através do método de planilha de balanço hídrico de Thornthwaite e Matter (1955), obtendo-se, primeiramente, a evapotranpotencial. Na figura 9 é demonstrada toda essa a estrutura geral do funtores e seus principais componentes bem como os sistemas conectados entre eles.

Figura 9 – Estrutura geral dos funtores



Fonte: autoria própria.

Dessa forma, após o cálculo da ETP, os funtores fazem a subtração dos valores mensais de ETP pela precipitação, resultando nos *pixels* que representam meses secos. Os meses secos são aqueles em que a precipitação é positiva em relação a ETP, logo os funtores caracterizam o *pixel* como úmido, se o resultado for ao contrário ETP/ negativa, o *pixel* é considerado como seco.

Por fim, quando há algum *pixel* que atinge 12 meses secos, entra em ação o functor que estima os valores associados à precipitação média anual. Através dos valores de precipitação os *pixels* são reclassificados como domínios climáticos semiárido, quando a precipitação é superior a 500 metros, mas, quando o valor for inferior aos 500 metros, esse *pixel* torna-se árido.

Em seguida, os rasters resultantes dos funtores serão inseridos no *software Qgis*. Esses dados são sobrepostos com as outras hierarquias climáticas, tornando-se um único arquivo contendo subdomínios climático elaborado por Novais. Por fim, é feita a simbologia dos dados, utilizando-se a categorização padronizada pela Machado (2023), sendo que, nessa padronização é permitida a visualização dos dados sobrepostos com que dividem a hierarquização.

4 RESULTADOS/DISCURSÕES

Para a elaboração das unidades climáticas no Estado de Minas Gerais, em primeiro momento, devemos entender as condições que possivelmente propiciam as principais divisões das suas áreas climáticas, já que elas podem estar correlacionadas ou influenciadas pela unidade do relevo, sua altimetria, bem como pela temperatura do ar e a sua precipitação pluviométrica.

Unidades do relevo é o nome dado ao conjunto de saliências e reentrâncias que compõem a superfície terrestre de determinada região. Essa superfície recebe componente da litosfera, que estão relacionados aos conjuntos rochosos subjacente e com os solos que o recobre. Segundo Ross (2011), a noção da estrutura morfoestrutural está vinculada à influência da estrutura geológica na gênese de sua forma, que pode ser endógena e exógena, e aos tipos climáticos atuais e pretéritos. Essas influências são determinantes em um processo morfodinâmicos, pois deixam marcas e formas na paisagem, assinalando, deste ou daquele modo, sua presença nas paleoformas e na macro-compartimentações.

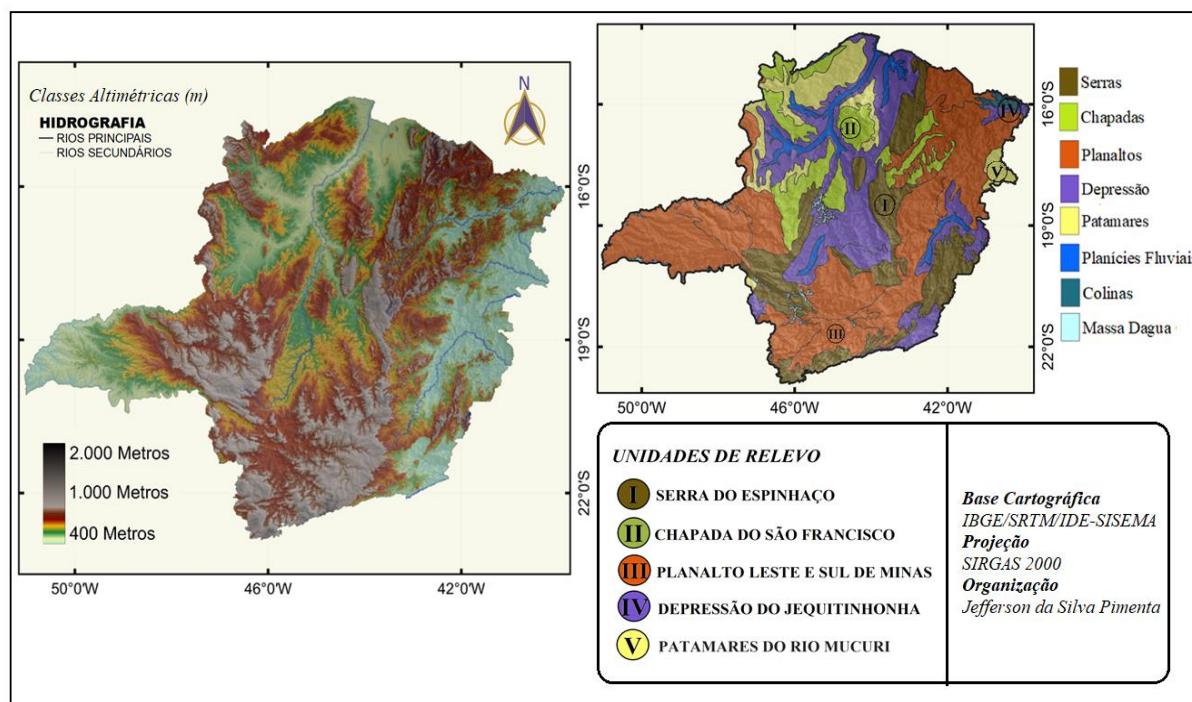
Para Ross (2011), a macro-compartimentação das unidades de relevo são divididas por táxons que levam em consideração seu modelo estrutural e sua macro compartimentação. No primeiro táxon localizamos a geomorfologias representadas pelos planaltos, pelas depressões e pelas planícies. Em um segundo táxon, temos a classificação dos planaltos em função da sua característica estrutural, resultando nos planaltos escupidos com bacias sedimentares, núcleos cristalinos e cinturões orogênicos. No último táxon, encontramos as compartimentações definidas nominalmente e essas se aplicam tanto nos planaltos como também nas depressões e nas planícies como é o caso do Planalto e das Serras de Goiás e Minas Gerais, da Depressão Sertaneja e do São Francisco, e das Planícies Litorâneas.

O relevo do estado de Minas Gerais está localizado na região que predomina a forma compartimentar do Planalto Atlântico, sendo uma área marcadas por terras altas e, ao mesmo tempo, baixas. Essas marcações planálticas são acompanhadas por chapadas, entre elas temos a do São Francisco e a de Patamares que, dentro de si, preserva o Rio Mucuri; nas depressões temos a do Jequitinhonha e de Serras; e em Minas temos a do Espinhaço.

Nessas localidades de Planalto Atlântico predomina-se elevações com relevos de *mares de morros ou ondulados* e altitudes que variam de 400 m a 1000 m, chegando aos picos altimétricos acima dos 2000 m de altitude .Dentre esses locais de destaque, temos a serra que faz a divisão natural entre os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro: a serra da Mantiqueira, com destaque do pico das Agulhas Negras, com 2.787 metros de altitude. Na

divisa entre os três estados está o Pico da Gomeira, com 2.068 m, e Pico dos Três Estados, com 2.665 m. Por último, na divisa com o estado de São Paulo está o Pico Pedra do Selado, com altitude de 2.082 metros. A Figura 10 abaixo localizada, apresenta as Classes altimétricas e as unidades de relevo presentes no estado de Minas Gerais.

Figura 10 – Classes Altimétricas e de Unidades de Relevo em Minas Gerais



Fonte: IBGE/SRTM/IDE-SISEMA (2022).

As informações climáticas, especialmente as informações referentes à distribuição espacial da temperatura e de pluviosidade, proporcionam importantes subsídios à gestão de bacias hidrográficas, como é o caso das informações sobre a disponibilidade hídrica da área de estudo. Esses elementos são a base principal para elaboração da Classificação Climática de Novais. Aliás, as informações sobre a temperatura e pluviosidade descrevem dados de relevância em diversas atividades econômicas, entre elas a agricultura e o turismo. Além disso, eles podem ser utilizados no monitoramento sobre instabilidade de encostas, especialmente em áreas que possuem susceptibilidade erosiva mais elevada.

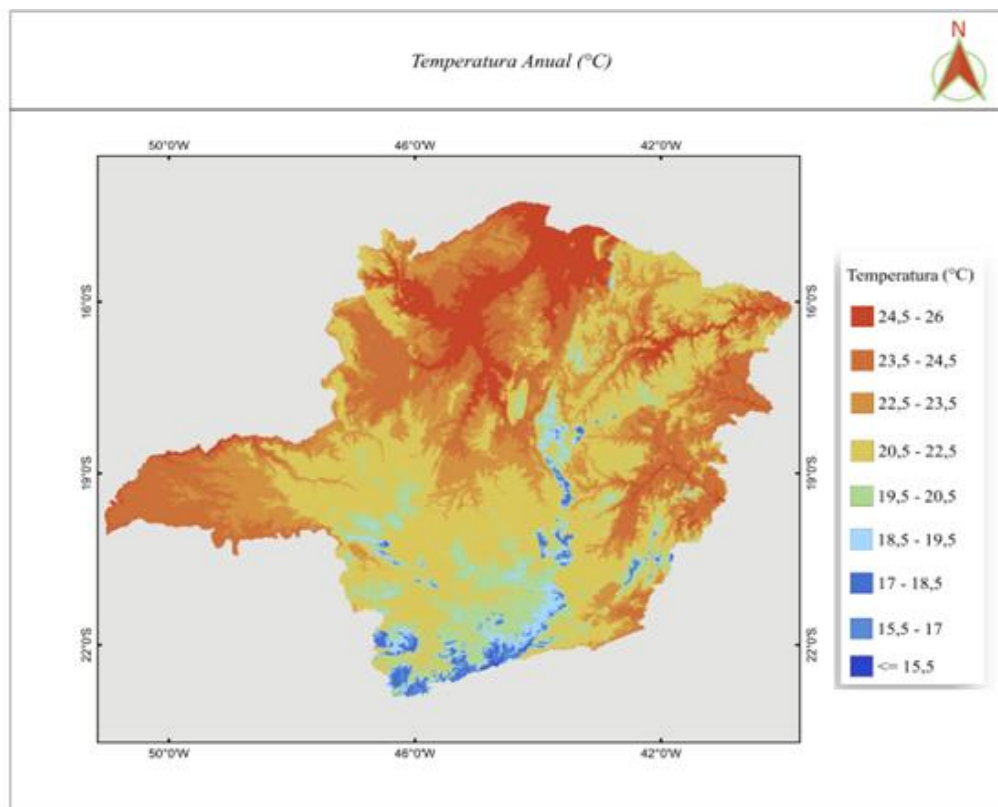
Os dados históricos climáticos anuais de temperatura e precipitação, do ano de 1979 a 2013, foram adquiridos através do algoritmo CHELSA. Foi por meio desses dados que, na Figura 6, apresentamos um mapa em que se verificou que a amplitude dos valores máximos e mínimos de temperatura média anual de Minas Gerais, varia de 15,5° C a 206° C.

Os valores de temperatura mais baixas da região estão presentes na região mais ao sul de Minas no topo da serra da Mantiqueira, acima de 2000 metros de altitude. Nessa localidade, a temperatura do ar é mais baixa em função do resfriamento adiabático do ar causado pela altimetria da localidade. Além disso, também temos a passagens de frentes frias na região, que, segundo Novais (2015), está localizada na área próxima à serra da Mantiqueira, com passagens de frentes frias anuais entre 25 e 30.

Os valores de temperatura mais elevadas, acima de 24,5 °C, estão presentes no norte de Minas, região de unidade de relevo de planícies fluviais nas regiões hidrológicas dos rios, como é o caso do Jequitinhonha e no Mucuri. Já nas regiões de temperatura abaixo de 15°C, podemos afirmar a atuação da massa Polar Atlântica, segundo Borsato (2011), é um esse sistema atmosférico transiente e anticiclônico, mas que invade o território brasileiro pelo sul e impõe sua diversidade nas características dos tipos de tempo, como notamos ao observar a queda na temperatura e na estabilidade atmosférica nos pontos mais altos das serras acima de 1000 metros de altitude, como é o caso da Serra do Espinhaço, próxima da região mais central da área de estudo; e, ao sul de Minas, na serra da Mantiqueira. No restante da área de estudo, regiões de unidade de relevo planáltico entre 600 e 800 metros de altitude, os valores não ultrapassam 22,5°C.

Essa diversidade de temperatura em Minas Gerais pode ser correlacionadas às variáveis físicas, entre elas a hipsometria e a unidade de relevo da área de estudo. Na Figura 11 apresentamos uma explicação referente a Temperatura média anual presentes no estado de Minas Gerais.

Figura 11 – Temperatura média anual presente no estado de Minas Gerais

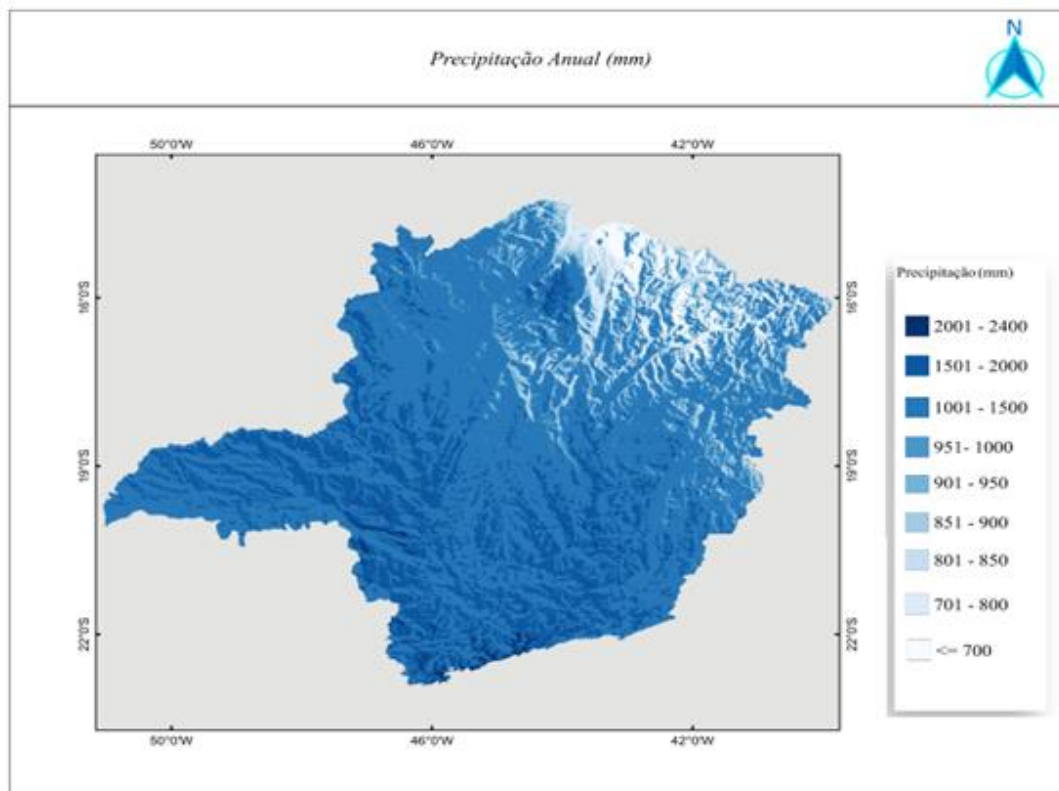


Fonte: CHELSA (1973-2020).

Os índices pluviométricos anuais variam entre 700 e 2400 mm e são irregularmente distribuídos ao longo na área de estudo. Podemos perceber a existência de três padrões de distribuição espacial de chuvas: o padrão “A”, que ocorre no setor Sul da área de estudo, com índices pluviométricos acima de 2000 mm de precipitação, ocorrendo em áreas mais próxima ao litoral e ao sul de Minas e lidando com a presença de uma barreira topográfica, como é o caso da Serra da Mantiqueira, onde temos o pico das Agulhas Negras, com 2.787 metros. É importante pontuar que áreas como essa, de altitude relevante, interfere, significativamente na passagem do ar úmido proveniente do oceano Atlântico, fazendo com que essas chuvas caracterizem-se como orográficas, ou seja, precipitação formadas no momento em que uma massa de ar é forçada a ascender quando há uma barreira natural.

Segundo Borsato (2011), o Sistema Frontal é responsável pelas mudanças do tempo e pelos episódios de chuvas frontais, sobretudo no inverno. No setor sul de Minas há esses sistemas frontais provenientes do contato entre massas de ar frias e quentes e esse tipo de sistema origina a movimentação do ar, bem como a formação de nuvens. A Figura 12, referente a precipitação média anual presentes no estado de Minas Gerais, ilustra bem essa situação.

Figura 12 – Precipitação média anual presente no estado de Minas Gerais



Fonte: CHELSA (1973-2020).

O padrão “B” ocorre em maior parte da área de estudo, com índices pluviométricos acima de 1000 mm de precipitação. Essas regiões são mais próximas da região central, onde a presença de chuvas por convecção se faz mais presente. Podemos observar isso, por exemplo, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), pois lá esse tipo de sistema atmosférico é de grande intensidade, formando as nuvens cumulus e cumulus nimbus, fator proveniente da ascensão do ar e da convergência da massa de ar. Segundo Borsato (2011), a massa Tropical atlântica, principalmente para a borda leste do Centro Sul do Brasil, e também a anticiclônica, frequentemente avança para o interior do Brasil, podendo, inclusive, causar estabilidade atmosférica de precipitação.

Por fim temos o padrão “C” que ocorre mais ao Norte da área de estudo, com índices pluviométricos mais baixos da região precipitação entre os 700 mm. Essa região apresenta a maior distância do litoral e recebe influência do ar úmido canalizado pelo vale do rio Jequitinhonha.

Para Borsato (2011), o sistema Tropical continental se expande a partir do centro de origem chamado de *Grande Chaco* e o estado do tempo desse sistema se caracteriza pelas

elevadas temperaturas e baixa pluviosidade. A massa Equatorial continental, também quente e de baixa pressão, atua mais intensamente no verão. A área ao norte na região do Rio São Francisco está relativamente distante do litoral e o relevo não favorece a ocorrência de chuvas orográficas, pois a amplitude altimétrica não supera os 400 m. Nessas regiões, ao norte, notamos a presença do fenômeno conhecido como *veranico*, esse fato geralmente relacionado com um período de chuva e com as elevadas temperaturas, já que essa localidade apresenta temperaturas anuais acima de 24,5°C, fator esse que condiciona altas taxas de evapotranspiração potencial. Contudo, essa situação se torna mais grave por ocorrer em pleno período das chuvas na região, trazendo consequências trágicas para a agricultura e a vida das comunidades da área, como visto através da análise das características físicas e de dados climáticos, quando notamos que as unidades climáticas no estado de Minas Gerais aparecem com TMMMF acima de 22,5°C e abrangem o centro-norte da área de estudo.

4.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

O algoritmo de dados climáticos CHELSA e as informações das classes altimétricas e da unidade de relevo, juntamente com o *software Dinâmica EGO* de modelagens de dados possibilitaram a demonstração das unidades climáticas em forma detalhada, através das sobreposições de dados.

A metodologia desse trabalho incorpora-se na climatologia de detalhe. O Sistema de Classificação Climática a ser aplicado no estado de Minas Gerais foi fundamentado na classificação adotada pelo autor Novais (2019) que, em sua tese de doutorado, especializou sua classificação no bioma cerrado.

Essa classificação propõe um modelo entre diferentes contribuições de modelos clássicos, mesclando o empírico e o genético, em companhia com outros parâmetros climáticos como, por exemplo, o controle astronômico, a temperatura mínima do mês mais frio e a atuação do relevo e a sua altimetria. Esses parâmetros modelam-se juntamente com a classificação que acompanha várias associações de informações físicas, gerando um padrão que aborda tanto os valores observados do tempo e do clima, quanto a influência dos sistemas meteorológicos e geoambientais.

A classificação climática proposta nessa pesquisa é subdividida em hierarquias, sendo que o Clima Zonal está na primeira delas. Os limites dos Climas Zonais, segunda hierarquia, e de alguns Domínios Climáticos da terceira hierarquia são identificados através da temperatura média do mês mais frio (TMMMF).

4.1.1 Zonas Climáticas

A primeira hierarquia Zonas climáticas é definida por meio da distribuição de energia solar na troposfera, que se diferencia latitudinalmente, tornando a temperatura o principal elemento climático nessa escala. De acordo com Novais e Machado (2023), as Zonas Climáticas do planeta são determinadas pela altura do sol, formando regiões de incidência solar delimitadas por linhas imaginárias. Sendo assim, Minas Gerais está inteiramente na Zona Climática Quente, que se estende desde os $11^{\circ}43'30''$ aos $23^{\circ}27'$ de latitude norte e sul (Figura 13). Em regiões desse tipo de clima zonal, o sol segue uma trajetória próxima do zênite no solstício de verão e mais baixa no solstício oposto.

Figura 13 – Zonas climáticas do Brasil



Fonte: Novais; Machado (2023).

Por essa razão, existe um ciclo estacional marcante que diferenciava em diferentes localidades e nele há uma insolação anual potencialmente intensa em algumas áreas, principalmente mais ao norte da área de estudo. Em Minas Gerais, o sol fica a pino ao menos uma vez por ano e tem uma distância máxima do zênite de $46^{\circ}54'$ norte ou sul. Nessas condições latitudinais, a incidência solar estacional é alta no Verão e baixa no Inverno

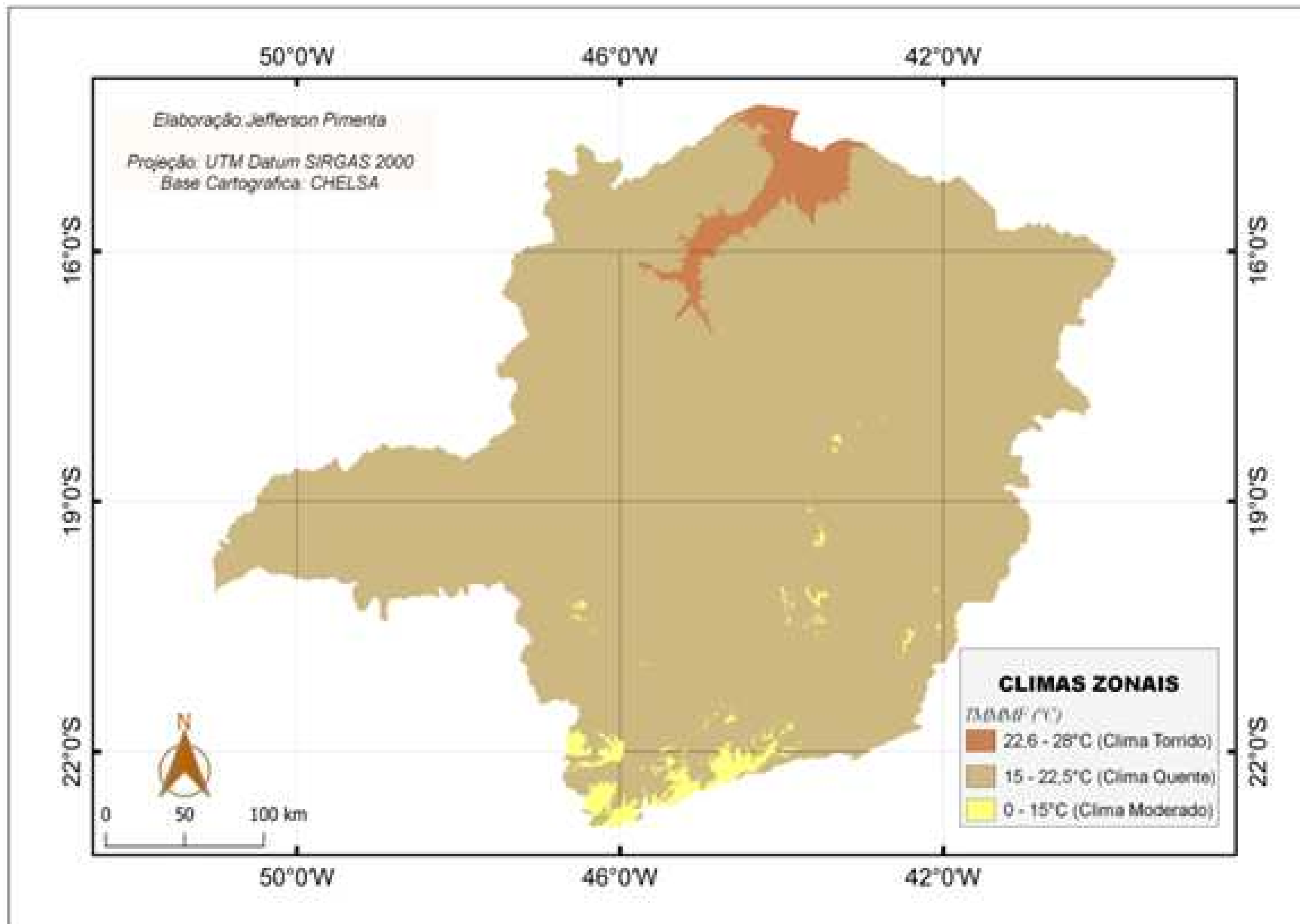
4.2 CLIMAS ZONAIS

Na segunda hierarquia temos os Climas Zonais, que são definidos através da temperatura média do mês mais frio (TMMMMF). A área de estudo contém três tipos de climas zonais: o primeiro é o *Clima Moderado*, que foi estabelecido por meio da isoterma de 15°C, sendo caracterizado pelo aparecimento de pelo menos um dia de geada no mês mais frio. O Clima Moderado, está exclusivamente presentes no alto das serras acima de 1000 metros de altitude da área de estudo. Tal configuração pode ser encontrada em pequenos pontos na Serra do Espinhaço, próxima a região mais central da área de estudo; e em pontos mais marcantes, localizados mais ao sul de Minas, na serra da Mantiqueira, que contém passagens de frentes frias anuais entre 25 a 30.

O segundo clima é o *Clima Quente*, sendo estabelecido pela TMMMMF entre 15°C e 22,5°C e tendo temperaturas elevadas durante a maior parte do ano, com pequena queda na estação de inverno. Essa queda de temperatura é mais perceptível na região próximas aos Climas Zonais Moderados, visto que são regiões que fazem parte da transição entre o clima quente ao moderado, sendo que o clima quente predomina grande parte da área de estudos, pois são regiões de planaltos, chapadas, patamares e depressões.

Por fim, em terceiro na lista dos climas zonais temos o **Tórrido**, com valores acima de 25°C. Essa temperatura do mês mais frio é a mais alta na área estudo, compreendendo as regiões mais baixas do relevo ao-norte de Minas, especificamente na planície fluvial do Rio São Francisco, região de limite com a Bahia. Geralmente nesses locais os meses mais frios não são os do meio do ano, mas sim em janeiro, fevereiro, que são períodos chuvosos com bastante nebulosidade, fatores climáticos que fazem com que a radiação solar não chegue na superfície diretamente e, conseqüentemente, ocorra uma diminuição da temperatura da localidade. A seguir, apresenta-se a Figura 14, com a apresentação dos climas zonais em Minas Gerais.

Figura 14 – Climas Zonais em Minas Gerais



Fonte: CHELSA (2022).

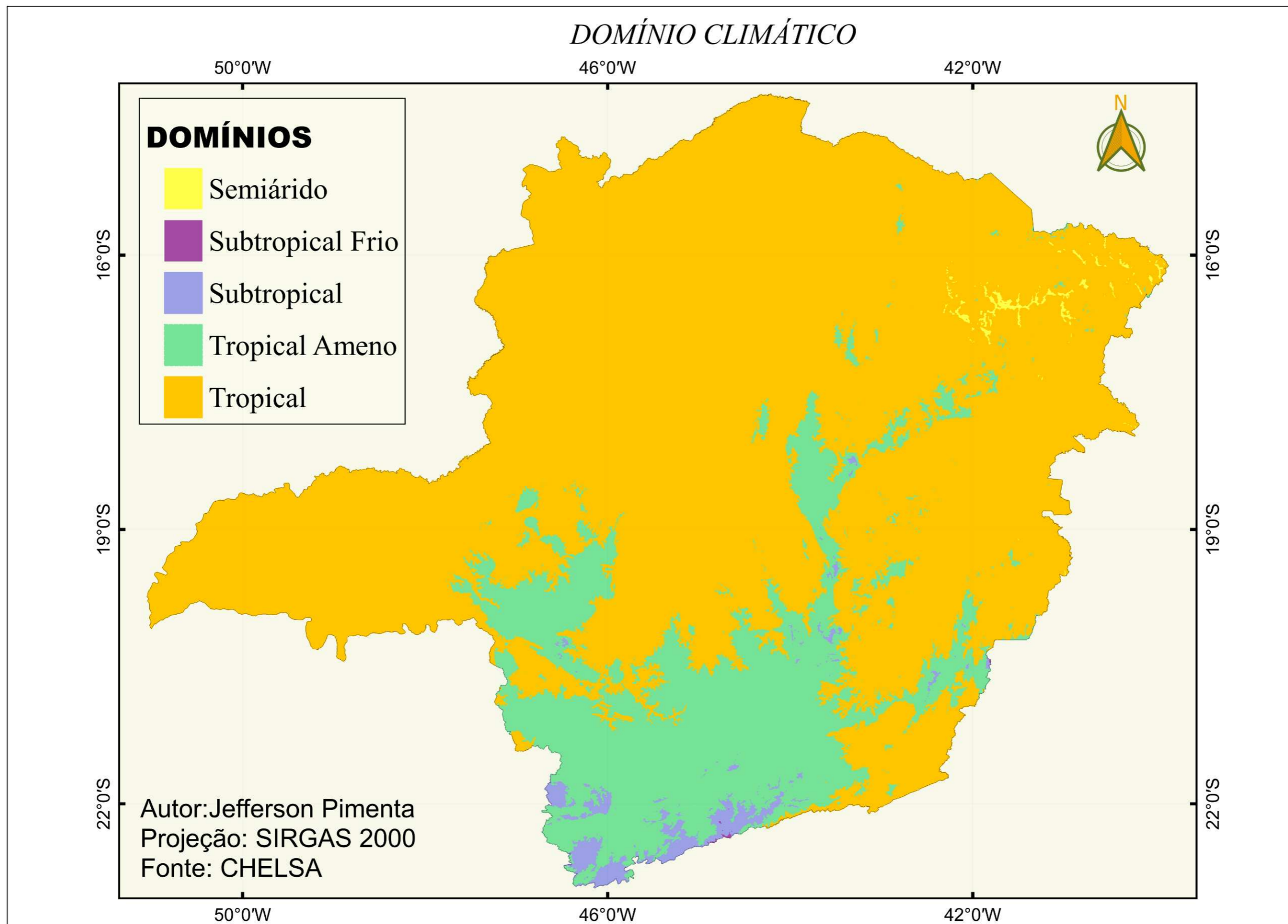
4.2.1 Domínios Climáticos

Os Domínios climáticos são classificados através de três parâmetros do clima: a temperatura média do mês mais frio (TMMMMF), os sistemas atmosféricos atuantes na região e o índice pluviométrico anual. Os domínios climáticos estão em uma escala climática de circulação zonal e regional, tendo sua sua classificação fundamentada na origem dos fenômenos atmosféricos, principalmente na atuação das massas de ar. Por meio desses elementos climáticos foram identificados cinco Domínios no estado mineiro: Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Subtropical Frio ou (**temperado**) e o Semiárido. É importante lembrar que o seminário é o Tropical com TMMMMF acima de 18°C e que apresenta um fenômeno atmosférico atuante a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), caracterizado pelo estabelecimento do período de volume de precipitação alto na região e do Anticiclone ou da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), todos responsáveis por provocar o período de seca.

O segundo domínio é o Tropical Ameno com TMMMMF entre 15° e 18°C, em que não se encontra a influência da ZCIT, mas sim das ZCAS e ASAS. No Tropical Ameno as áreas próximas as grandes elevações podem ter resfriamento adiabático do ar. No terceiro domínio temos o Subtropical com TMMMMF entre 10° e 15°C, em que temos a influência do Anticiclone Polar (APS) e do ASAS, podendo causar o resfriamento adiabático provocado pela altitude. Como quarto domínios temos o Subtropical Frio com TMMMMF abaixo de 10°C, o que ocorre nas áreas mais altas do relevo de Minas Gerais regiões (acima de 1800 metros de altitude), localizadas em pequenos pontos nas serras da Mantiqueira, e sofrendo a influência do Anticiclone Polar, o que aumenta a possibilidades de geadas,. Por fim, temos o Domínio Semiárido com TMMMMF acima de 24°C, com influência dos sistemas ZCAS e ASAS, em que os índices pluviométricos anuais não ultrapassam os 700mm, estando predominante na planície fluvial do Jequitinhonha no estado de Minas Gerais,

A seguir, na Figura 15, expomos os Domínios climáticos presentes na área de estudo.

Figura 15 – Domínios Climáticos no estado de Minas Gerais



Fonte: CHELSA (2022).

O segundo domínio é o Tropical Ameno com TMMMF entre 15° e 18°C. Nele não há a influência da ZCIT, mas sim das ZCAS e ASAS, ocorrendo nas áreas próximas às grandes elevações, podem ter resfriamento adiabático do ar. No terceiro domínio temos o Subtropical com TMMMF entre 10° e 15°C, um cenário marcado pela influência do Anticiclone Polar (APS) e do ASAS, podendo causar o resfriamento adiabático provocado pela altitude. No quarto domínios há o Subtropical Frio com TMMMF abaixo de 10°C, um domínio Climático predominante nas áreas mais altas do relevo de Minas Gerais, especificamente em regiões acima de 1800 metros de altitude, localizadas em pequenos pontos nas serras da Mantiqueira, com influência do Anticiclone Polar e constante possibilidades de geadas . Por fim, citamos o Domínio Semiárido com TMMMF acima de 24°C, com influência dos sistemas ZCAS e ASAS, nos quais os índices pluviométricos anuais não ultrapassam os 700mm e estão predominantes na planície fluvial do Jequitinhonha, no estado de Minas Gerais.

4.3 SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS

Os Subdomínios Climáticos são definidos pela quantidade de meses secos, sendo que a variação de meses úmidos e secos são determinadass pelo balanço hídrico entre precipitação e a ETP, pois quando a precipitação é menor que a evapotranspiração potencial a ETP o balanço hidrológico é considerado seco. O quantitativo de meses secos é adquirido através do balanço hídrico climatológico da modelagem de dados Rastear da Dinâmica EGO. Essa determinação de mês secos podem resultar diferentes subdomínio: úmido (0 a 3 meses secos); semiúmido (4 a 5 meses secos); semisseco (6 a 7 meses secos); seco (8 a 11 meses secos); e semiárido (12 meses secos). É importante dizer que esse método de classificação climática difere de outras, como a do Novais, que utilizava o balanço hídrico do mês através dos pontos de monitoramento climatológico ANA. Contudo, a Dinâmica EGO otimiza e analisa *pixel* por *pixel*, automaticamente, criando um novo rastear com os resultados do balanço hídrico. Inclusive, o *script* foi criado pela pesquisadora Machado (2023), que utilizou a dinâmica EGO para fazer sua tese de doutorado, na qual ela fez uma classificação climática na bacia hidrográfica no Estado de Minas Gerais

O Domínio Climático Tropical é caracterizado, no estado mineiro, pelo predomínio das zonas de convergência de umidade na primavera-verão e pelo avanço dos anticiclones do Atlântico Sul e Polar Sul nas estações de outono-inverno, ocasionando períodos de temperatura mais baixas da região com quatro Subdomínios possíveis: úmido (zero a três

meses secos), semiúmido (quatro a cinco meses secos), semisseco (seis a sete meses secos) e seco (oito a nove meses secos).

Ainda em Minas Gerais percebemos que o Domínio Tropical Ameno é marcado pelas temperaturas médias mais baixas em comparação ao Domínio Tropical. Esse cenário ocupa boa parte do sul do estado, exatamente nos pontos intermediários e elevados dos planaltos do sul. As zonas de convergência de umidade também predominam na primavera e, principalmente no verão, mas o avanço dos APS tem uma grande relevância na baixa da temperatura anual na região de domínio Ameno.

O Subdomínio Tropical Ameno também possui quatro subdomínios climáticos: úmido (zero a três meses secos), semiúmido (quatro a cinco meses secos), semisseco (seis a sete meses secos) e seco (oito a nove meses secos). O Domínio Subtropical é caracterizado com presenças regulares, e até constante, do ar mais frio da área de estudo, uma constância ocasionada pelas altitudes das serras do Caparaó e, principalmente, da Mantiqueira. Além do relevo, temos os avanços constantes do APS, que criam uma área subtropical em meio a Zona Climática Quente e Moderada.

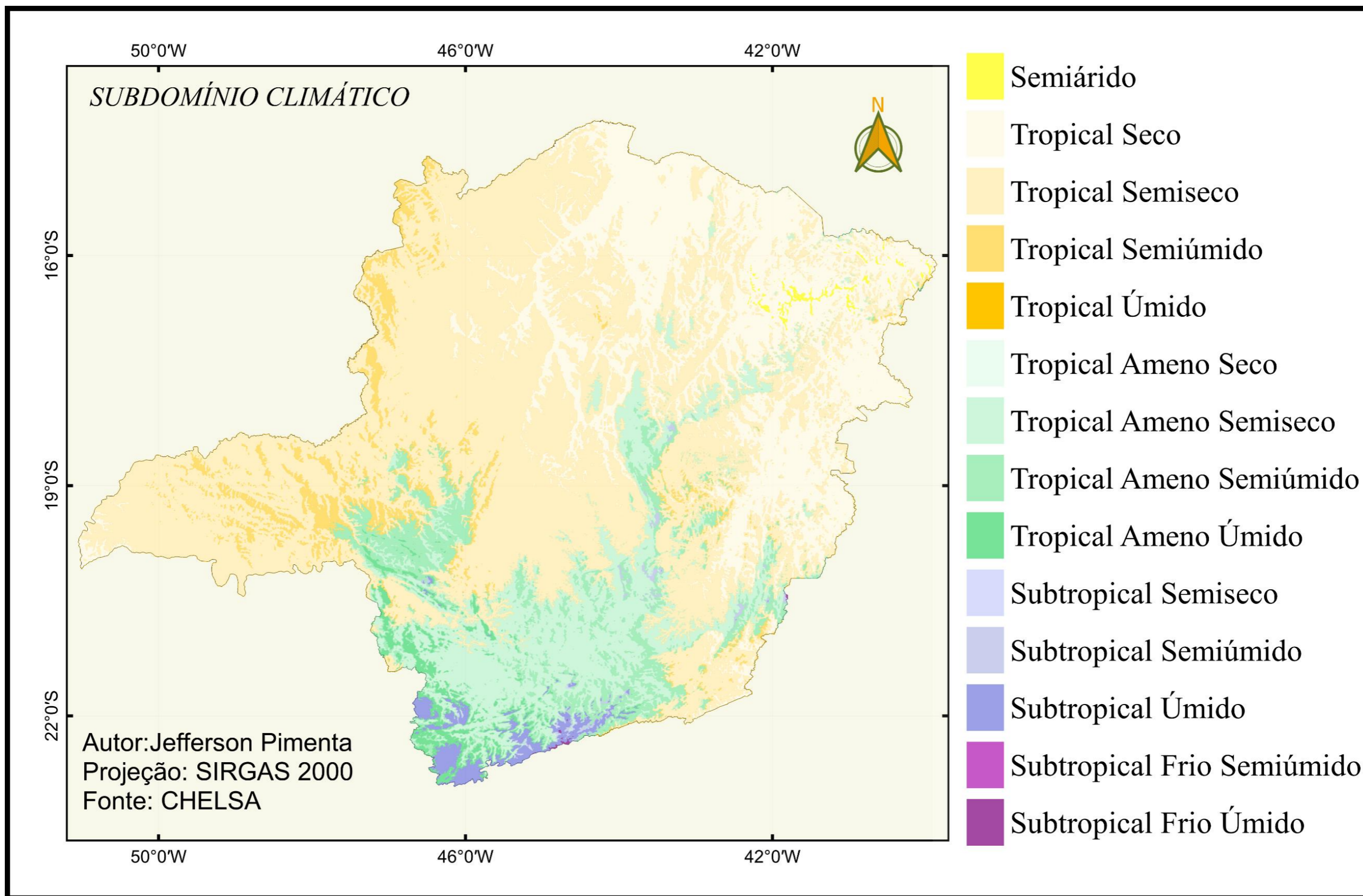
As zonas de convergência de umidade também estão presentes na primavera-verão, bem como no outono-inverno, períodos de temperatura abaixo de 15°C, proveniente pela APS. Algumas das características notadas nesse domínio são a possibilidade de ocorrência de formação de geadas anuais, um reflexo da temperaturas baixa que faz com que o balanço hídrico tenha uma reserva de água constante no sistema, o que resulta em dois Subdomínios: um úmido, de zero a três meses secos, que predomina na maioria absoluta da área subtropical do estado; e outro semiúmido (quatro meses secos), que aparece mais ao topo da serras da região do sul de Minas.

O Domínio Subtropical Frio é predominante nas áreas mais altas nos topos dos relevos na divisa de Minas Gerais com o Espírito Santo, São Paulo e o Rio de Janeiro, localidades com altimetria acima dos 1900 metros de altitude, situadas nas serras da Mantiqueira e do Caparaó. As ocorrências de geadas nesse domínio são semanais no final da estação de outono, em todo o inverno e no início da primavera, geadas ocasionadas pelo sistema atmosférico APS.

A presença da ZCAS na primavera-verão torna as encostas das serras grandes receptoras de precipitação pluviométrica pelo broqueio natural, sendo assim, essas regiões contêm grandes possibilidades de deslizamento de terras saturadas por água e os menores valores de temperatura, ocorrem no mês de julho e ficam abaixo de 10°C, chegando a 3,6°C

no Parque Nacional do Caparaó. A seguir, na Figura 16, apresentamos os Subdomínios climáticos presentes na área de estudo.

Figura 16 – Subdomínios Climáticos no Estado de Minas Gerais



Fonte: CHELSA/Dinâmica EGO (2023)

O conjunto dessas características de encostas de serras faz com que o balanço hídrico tenha uma reserva de água constante no sistema, resultando, assim, em dois Subdomínios possíveis: o primeiro é úmido, com duração de zero a três meses secos, com predomínio na maioria absoluta da área de topo das serras do estado; e outro é semiúmido, com quatro meses secos, que aparecem mais abaixo dos topos das serras.

O domínio Semiárido é predominante nas áreas mais baixas da área de estudo, com relevo do tipo fluvial e localizadas no Rio Jequitinhonha e no Rio Mucuri. Nesse domínio temos a presença dos sistemas ZCAS e ASAS, sendo a principal característica notada nesse domínio é a deficiência hídrica, um reflexo das temperaturas altas e precipitações baixas, o que faz com que o balanço hídrico não tenha uma reserva de água constante no sistema, resultando, assim, em apenas um Subdomínios possível: o semiárido com doze meses secos.

De acordo com os resultados alcançados, podemos verificar que as regiões mais ao norte e de altimetria inferiores aos 600 metros de altitude no estado possuem um clima mais seco do que mostrado em outras classificações climáticas, devido principalmente a metodologia de mês seco utilizada por Novais e da Dinâmica EGO, que faz a ETP ter um grande peso na quantidade de água disponível no sistema solo-planta-atmosfera.

Os Domínios Subtropical e Subtropical Frio, referentes às regiões mais úmidas, aparecem ao sul da área de estudo, mostrando o avanço das características climáticas extratropicais nas regiões serranas da Mantiqueira e do Espinhaço, locais que podem ser relacionados, principalmente, ao sistema atmosférico APS. Vale ressaltar que essas características do Subtropical frio aproveitam a maior elevação do relevo, que provoca o resfriamento adiabático do ar e ocasiona constantemente geadas nas regiões nelas inseridas.

4.4 TIPOS CLIMÁTICOS

Os Tipos Climáticos e a hierarquia de unidade são os fatores que demonstram a localização dos Domínios e Subdomínios climáticos dentro território mineiro. A metodologia de delimitação dessa unidade climática melhora a diferenciação de climas de mesma nomenclatura, principalmente entre os domínios e subdomínios localizados no mesmo continente, porém com diferentes tipos nas porções na área de estudo. Citamos como exemplo desse cenário um Domínio Tropical Climático, localizado próximo ao estado de Goiás e que pode ter diferenciação do Tipo climático Tropical Oriental, por estar próximo ao estado do Rio de Janeiro e, conseqüentemente, do litoral brasileiro. Essas diversidades de localidades podem trazer características diferentes em função da influência do oceano, dos sistemas

meteorológicos, de correntes marítimas e do relevo que atuam próximas as essas localidades. Se comparado ao Subdomínio localizado na região central da área de estudo, poderá ter outras diferenciações, principalmente pluviométricas.

O Estado de Minas Gerais apresenta quatro principais Tipos Climáticos, entre eles, temos: **Central do Brasil**, localizado próximo ao território central brasileiro de domínio do bioma cerrado; **Nordestino**, situado próximo ao território nordestino brasileiro de domínio do bioma caatinga; **Oriental**, localizado próximo à região sudeste litorânea Brasileira de domínio do bioma Mata Atlântica; **Central Sul**, demarcado próximo ao território sul brasileiro, de domínio predominante do bioma Mata Atlântica e também do Cerrado.

Todos os tipos climáticos são subdivididos entre Domínios Climáticos, que são classificados através de três elementos do clima: a temperatura média do mês mais frio (TMMMF) e o Subdomínio Climático, sendo este classificado através do balanço hídrico estabilizado nas quantidades de meses secos. Dessa forma, os tipos climáticos no Estado mineiro totalizam-se entre mais de trinta.

4.4.1 Tropical Semiúmido Central do Brasil (Tr'cbr)

O Tipo climático Tropical Semiúmido Central do Brasil está presente nas compartimentações de relevo definidas como Chapadas. Elas denominadas de Chamadas do Rio São Francisco por estarem situadas na Bacia do Rio São Francisco. A temperatura média da região fica entre 20°C e 22,5°C e a precipitação está acima de 2000 milímetros anuais, principalmente em regiões que ultrapassam 600 metros de altimetria. O subdomínio Climático da região é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre quatro a cinco meses secos.

4.4.2 Tropical Semiseco Central do Brasil (Tr*cbr)

O Tipo Climático Tropical Semiseco Central do Brasil está presente nas compartimentações de relevo definidas como Patamares, denominadas de Patamares do Rio São Francisco por estarem presentes na Bacia do Rio São Francisco. A temperatura média da região fica entre 22°C e 23,5°C e a precipitação é de entre 1.000 a 1.500 milímetros anuais, sendo a altimetria da região de 400 metros. O subdomínio Climático é o Semiseco, com deficiência hídrica entre seis a sete meses secos.

4.4.3 Tropical Seco Central do Brasil (Trcbr)**

O Tipo climático Tropical Seco Central do Brasil está presente nas compartimentações de relevo definidas como Patamares, denominadas de Depressão do Rio São Francisco por estarem presentes na Bacia do Rio São Francisco. A temperatura média da região oscila entre 24,5 °C a 26°C, com precipitação entre 700 a 800 milímetros anuais. A altimetria da região é de 400 metros nos locais mais baixos, isto é, dentro do Tipo climático Central do Brasil, pois estão próximas das planícies fluviais do Rio São Francisco. O subdomínio Climático é o Semiseco, com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.4 Tropical Úmido Nordestino (Tr”neb)

O Tipo climático Tropical Úmido Nordestino está presente nas compartimentações de relevo definidas como Chapadas e Patamares, denominadas de Chapadas do Rio São Francisco e de Patamares do Rio São Francisco, contendo essa dominação por estarem presentes na Bacia do Rio São Francisco. A temperatura média da região é de 20,5 °C, com precipitação próxima dos 2000 milímetros anuais. A altimetria da região é de acima de 1500 metros de altitude, região de altimetria mais alta dentro do Tipo climático Tropical Nordestino.

A região com esse tipo climático está próxima a serra do Espinhaço Meridional e, por esse motivo, algumas localidades do tipo climático podem atingir valores pluviométricos que ultrapassem os 2000 milímetros anuais, podendo registrar temperaturas anuais abaixo dos 20,5°C. O subdomínio Climático é o Úmido com deficiência hídrica entre zero a três meses secos.

4.4.5 Tropical Semiúmido Nordestino (Tr’neb)

O Tipo climático Tropical Semiúmido Nordestino está presente, em sua maior parte, no compartimento de relevo definido como Serras, denominadas de Serras do Espinhaço Meridional, por estarem presentes na Serra do Espinhaço. A temperatura média da região é de 22,5 °C, com precipitação entre 950 a 1000 milímetros anuais. A altimetria da região é bastante diversificada, podendo atingir níveis mais baixos acima de 800 metros e mais altos acima de 1000 metros.

A região com esse tipo climático está parcialmente inserida na serra do Espinhaço e nas chapadas do Rio Jequitinhonha. Por esse motivo, algumas localidades do tipo climático podem atingir valores pluviométricos que ultrapassam os 1500 milímetros anuais e podem

registrar temperaturas anuais abaixo dos 21,5°C. O subdomínio Climático é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre quatro a cinco meses secos.

4.4.6 Tropical Semisseco Nordeste

O Tipo climático Tropical Semisseco Nordeste está presente nas compartimentações de relevo ao norte definidas como Patamares, denominadas de Patamares do Rio São Francisco por estarem presentes na bacia do Rio São Francisco. A temperatura média da região, está entre 22°C e 23,5°C, com precipitação entre 1.000 a 1.500 milímetros anuais. A altimetria da região é de 400 metros e o subdomínio Climático é o Semisseco com, deficiência hídrica entre seis a sete meses secos.

4.4.7 Tropical Seco Nordeste (Trneb)**

O Tipo climático Tropical Seco Nordeste está presente no compartimento de relevo definido como Planícies, denominadas de Planícies fluviais do Rio São Francisco, por estarem presentes no Rio São Francisco. A temperatura média da região é de 24,5 °C e a precipitação está abaixo de 800 milímetros anuais. Já a altimetria da região é a mais baixa dentro do Tipo Climático Nordeste, com valores que se aproximam dos 500 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida na planície fluvial do Rio São Francisco, localidade com altimetria mais baixa e, por esse motivo, com valores de temperatura, rotineiramente, acima de 25°C. O Subdomínio Climático é o seco, com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.8 Tropical Ameno Seco Nordeste (TrAneb)**

O Tipo climático Tropical Ameno Seco Nordeste está presente no compartimento de relevo definido como Serras, denominadas de Serra do Espinhaço, isso porque estão presentes próximo aos compartimentos denominados Serras. A temperatura média da região é de 15°C, e a precipitação anual é de 1200 milímetros anuais, sendo a altimetria da região diversificada, com valores entre 600 a 800 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida nas depressões do Rio São Francisco, localidades com altimetria altas e mais baixas, sendo o subdomínio Climático Seco, com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.9 Subtropical Semiúmido Nordeste (St'neb)

O Tipo climático Subtropical Semiúmido Nordeste está presente no compartimento de relevo definido como Serras, denominadas de Serra do Espinhaço por estarem presentes na Serra do Espinhaço. A temperatura média da região é de 15°C, com precipitação anual de 1600 milímetros. A altimetria da região é acima dos 1500 metros de altitude.

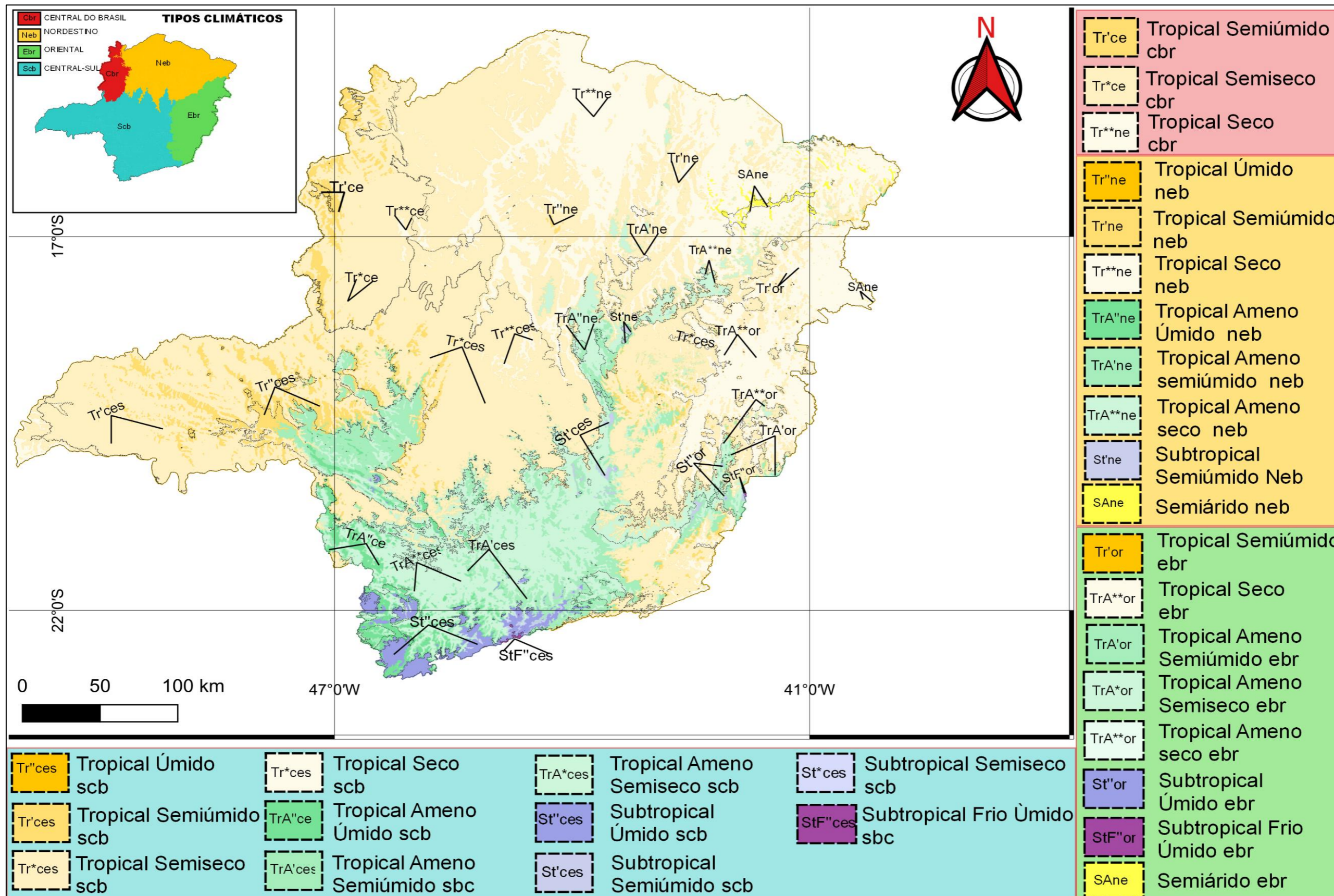
A região com esse tipo climático está inserida no topo das Serras do Espinhaço, na divisa do tipo climático Central Sul do Brasil, sendo que lugares com essa altimetria mais altas como esses podem atingir precipitações acima dos 1600 milímetros anuais, níveis elevados causados pelo broqueio de umidade nas serras, o que gera as chamadas orográficas. O subdomínio Climático é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.10 Semiárido Nordeste (SAneb)

O último Tipo Climático Nordeste é o Semiárido, que está presente no compartimento de relevo definido como Planície Fluvial, denominadas de Planície Fluvial do Jequitinhonha por estarem presentes no Rio Jequitinhonha. A temperatura média da região é de 25°C, com precipitação anual de 700 milímetros anuais, sendo a altimetria da região de 300 metros de altitude.

O tipo climático Semiárido Nordeste está inserido em regiões mais baixas de relevo fluvial de toda a área de estudo, uma área situada no Rio Jequitinhonha, onde a temperatura anual pode atingir acima dos 25°C, níveis elevados de temperatura causados pela altimetria mais baixa e com alto índice de evapotranspiração potencial, um cenário que pode ser relacionado aos altos índices de temperaturas elevadas. Dessa forma, o Subdomínio Climático é o Semiárido, com deficiência hídrica de doze meses secos por ano. A seguir, na Figura 17, apresenta-se os Tipos Climáticos presentes em Minas Gerais, sendo essa a última hierarquia para esse estudo.

Figura 17 – Tipos Climáticos no estado de Minas Gerais



Fonte: CHELSA/Dinâmica EGO (2023).

4.4.11 Tropical Semisseco Oriental

O primeiro tipo climático Oriental é o semisseco, que está presente no compartimento de relevo definido como Serras, denominadas de serras do Caparaó e da Mantiqueira, exatamente por estarem presentes nessas serras. A temperatura média da região é acima 20°C e a precipitação anual é de 700 milímetros anuais, com altimetria de 300 metros de altitude.

4.4.12 Tropical Semiúmido Oriental (Tr' ebr)

O Tipo climático Tropical Semiúmido Oriental está presente, em sua maior parte, no compartimento de relevo definido como Serras, denominadas de Serras da Mantiqueira e Caparaó por estarem presentes na região das referidas serras. A temperatura média da região e de 20°C e a precipitação está entre 950 a 1500 milímetros anuais, com altimetria bastante diversificada, podendo atingir níveis mais baixos, acima de 800 metros, e mais altos, acima de 1000 metros.

A região com esse tipo climático está parcialmente inserida em pequenos pontos nas Serras da Mantiqueira e do Caparaó e, por esse motivo, algumas localidades do tipo climático podem atingir valores pluviométricos que ultrapassam os 1500 milímetros anuais e podem registrar temperaturas abaixo dos 20°C por ano. O subdomínio Climático é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre quatro a cinco meses secos.

4.4.13 Tropical Seco Oriental (Tr ebr)**

O Tipo climático Tropical Seco Oriental está presente no compartimento de relevo definido como Depressão, denominadas de Depressão do Rio Doce por estarem presentes na bacia hidrográfica do Rio Doce. A temperatura média da região e de 24,5 °C e a precipitação está abaixo de 1000 milímetros anuais, sendo a altimetria da região a mais baixa dentro do tipo climático Nordeste, com valores entre 300 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida próxima a planície fluvial do Rio Doce, uma área com altimetria mais baixa dentro do tipo climático Oriental e, por esse motivo, algumas localidades podem atingir valores de temperatura acima de 24,5°C. O subdomínio Climático é o seco, com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.14 Tropical Ameno Semiúmido Oriental (TrA' ebr)

O Tipo climático Tropical Ameno Semiúmido Oriental está presente, em sua maior parte, no compartimento de relevo definido como Serras, denominadas de Serras da Mantiqueira e do Caparaó por estarem presentes nessa área. A temperatura média da região é de 19°C e a precipitação pluviométrica anual é de 1300 milímetros anuais. Já a altimetria da região pode atingir cotas acima de 1000 metros.

A região com esse tipo climático está parcialmente inserida em pequenos pontos nas Serras da Mantiqueira e do Caparaó e, por esse motivo, algumas localidades do tipo climático, podem atingir valores pluviométricos que ultrapassem os 1500 milímetros anuais, bem como podem atingir temperaturas abaixo dos 19° C. O Subdomínio Climático é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre quatro a cinco meses secos.

4.4.15 Tropical Ameno Semiseco Oriental (TrA*ebr)

O Tipo Climático Tropical Semiseco Oriental está presente nas compartimentações de relevo definidas como Serras, denominadas de Serras da Mantiqueira e do Caparaó. A temperatura média da região oscila entre os 20° C, com precipitação entre 1.000 a 1.500 milímetros anuais. A altimetria da região é de 800 metros. O subdomínio Climático é o Semiseco, com deficiência hídrica entre seis a sete meses secos.

4.4.16 Tropical Ameno seco Oriental (TrA ebr)**

O Tipo climático Tropical Ameno Seco Oriental, está presente no compartimento de relevo definido como Depressão, denominadas de Depressão do Rio Doce por estarem presentes na bacia hidrográfica do Rio Doce. A temperatura média da região é de 21°C e a precipitação está abaixo de 900 milímetros anuais. Já altimetria da região é a mais baixa dentro do tipo climático Ameno Nordeste, não ultrapassando os 900 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida próxima à Planície Fluvial do Rio Doce, uma área com altimetria mais baixa da região do tipo climático Oriental. Por esse motivo, algumas localidades desse tipo climático podem atingir valores de temperatura acima de 21°C. O subdomínio Climático é o Seco, com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.17 Subtropical Semiúmido Oriental (St''ebr)

O Tipo climático Subtropical Semiúmido Oriental está presente no compartimento de relevo definido como Serras, denominada de Serra da Mantiqueira, exatamente por estar presente nos topos da Serra da Mantiqueira. A temperatura média da região é de 15°C e a precipitação anual é de 1600 milímetros anuais. A altimetria da região é acima dos 1500 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida no topo da Serras do Espinhaço, na divisa do tipo climático Central Sul do Brasil, uma localidade com altimetria mais alta da área de estudo, podendo atingir precipitações acima dos 1600 milímetros anuais. O subdomínio Climático é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.18 Subtropical Frio ou (temperado) úmido oriental (StF''ebr)

O Tipo Climático Subtropical Frio Oriental está presente no compartimento de relevo definido como Serras, denominadas de Serra do Caparaó, um nome atribuído pelo fato delas presentes na Serra do Caparaó, em Minas Gerais. A temperatura média da região costuma ser abaixo dos 13°C, com precipitação anual de 1800 milímetros anuais e a altimetria acima dos 2000 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida no topo da Serras do Espinhaço especificamente no Parque Nacional do Caparaó, na divisa entre os Estados de Minas e do Espírito Santo, localidades com a maior altimetria da área de estudo. Esses lugares podem atingir precipitações acima dos 1600 milímetros anuais e níveis baixos de temperatura, reflexos diretos da altimetria, dos níveis de precipitação altos e bloqueio de umidade nas serras, um fenômeno chamado de chuva orográfica. O subdomínio Climático é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre zero a três meses secos.

4.4.19 Semiárido Oriental (SAebr)

O último tipo climático Oriental é o Semiárido, que está presente no compartimento de relevo definido como Patamares e Planície Fluvial, denominadas Patamares do Rio Mucuri e Planície Fluvial do Rio Mucuri, nomes dados pelo fato delas estarem localizadas no Rio Mucuri. A temperatura média da região é de 25°C, com precipitação anual de 700 milímetros anuais e a altimetria da região é de 200 metros de altitude.

O tipo climático Semiárido Oriental está inserido em regiões mais baixa de relevo do Tipo Climático Oriental. Tais áreas podem atingir temperatura anuais acima dos 25°C, níveis elevados causados pela altimetria mais baixa e com alto índice de evapotranspiração, sendo assim, o subdomínio Climático é o Semiárido com deficiência hídrica de doze meses secos um ano.

4.4.20 Tropical Úmido Centro Sul do Brasil (Tr''scb)

O Tipo climático Tropical Úmido Centro Sul do Brasil está presente nas compartimentações de relevo definidas como Planalto, sendo denominados de Planalto do Distrito Federal, Planalto de Uberlândia e no Planalto do Rio Paraná, isso por estarem presentes nos planaltos da região do Triângulo Mineiro. A temperatura média da região é de 20°C e a precipitação é acima dos 1800 milímetros anuais com a altimetria acima de 1500 metros de altitude, configurando a área de altimetria mais alta dentro do Tipo climático Tropical Nordestino.

A região com esse tipo climático está próxima a serra da Canastra e a Serra da Saudade e, por esse motivo, algumas localidades do tipo climático podem atingir valores pluviométricos que ultrapassem os 2000 milímetros anuais, podendo registrar temperaturas anuais abaixo dos 20°C, produzindo o subdomínio Climático Úmido, com deficiência hídrica entre zero a três meses secos

4.4.21 Tropical Semiúmido Centro Sul do Brasil (Tr'scb)

O Tipo climático Tropical Semiúmido Centro Sul do Brasil está presente, em sua maior parte, no compartimento de relevo definido como Planalto e nas Chapadas, mais especificamente nas localidades chamadas de Planalto do Distrito Federal, Planalto de Uberlândia e das Chapadas do Rio São Francisco. A temperatura média da região é acima dos 20°C com precipitação entre 950 a 1500 milímetros anuais e altimetria bastante diversificada, podendo atingir níveis mais baixos acima de 800 metros e mais altos acima de 1000 metros.

A região com esse tipo climático está parcialmente inserida nos Planaltos e interligados a chapadas do Rio São Francisco. Por esse motivo alguns lugares do tipo climático, podem atingir valores pluviométricos que ultrapassem os 1500 milímetros anuais, podendo registrar temperaturas anuais abaixo dos 21,5°C. O subdomínio Climático é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre quatro a cinco meses secos.

4.4.22 Tropical Semiseco Centro Sul do Brasil (Tr*scb)

O Tipo climático Tropical Semiseco, está presente no compartimento de relevo definido como Depressão, denominadas de Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco, por estarem presentes na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Esse tipo climático está presente principalmente em regiões baixas tanto das planícies como também das serras regiões de altimetria entre 600 a 800 metros. A temperatura média da região é de 22 °C e a precipitação está abaixo de 1500 milímetros anuais.

A região com esse tipo climático está inserida próxima aos planaltos com altimetria intermediária da região do tipo climático Centro Sul e, por esse motivo, algumas localidades do tipo climático, podem atingir valores de temperatura acima de 22°C. O subdomínio Climático é o Semiseco, com deficiência hídrica entre seis a sete meses secos.

4.4.23 Tropical Seco Centro Sul do Brasil (Tr scb)**

O Tipo climático Tropical Seco Centro Sul do Brasil está presente no compartimento de relevo definido como Massa d'água Continental e esse tipo climático localiza-se próximo das Planícies Fluviais do Rio Paraná. A temperatura média da região é de 24,5 °C, com a precipitação de 1100 milímetros anuais e a altimetria da região é a mais baixa dentro do tipo climático Central Sul do Brasil entre 300 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida próxima a planície fluvial do Rio Paraná regiões de altimetria mais baixas, por esse motivo algumas localidades do tipo climático, podem atingir valores de temperatura acima de 24,5°C. O subdomínio Climático é o Seco, com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.24 Tropical Ameno Úmido Centro Sul do Brasil (TrA”scb)

O Tipo climático Tropical Ameno Úmido Centro Sul do Brasil está presente no compartimento de relevo definido como Serras, denominadas de Serras da Canastra. A temperatura média da região é de 17 °C a precipitação está acima de 2000 milímetros anuais, a altimetria da região é a mais alta dentro do tipo climático Nordeste Ameno acima dos 1000 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida nas Serras do Sul de Minas Gerais, serras com altimetria mais alta da área de estudo, o que faz com que elas atinjam valores de temperatura abaixo dos 17°C anuais. O subdomínio Climático e o Úmido ,com deficiência hídrica de zero a três meses secos.

4.4.25 Tropical Ameno Semiúmido Centro Sul do Brasil (TrA'scb)

O Tipo climático Tropical Ameno Semiúmido Centro Sul do Brasil está presente, em sua maior parte, no compartimento de relevo definidos como Planaltos e em algumas localidades próximas as Serras. A tropicalidade amena do Sul do Brasil está inserida no Planalto Centro Sul Mineiro e nas proximidades da Serras da Canastra. Essa característica climática faz com que a temperatura média da região seja de 19°C com precipitação pluviométrica anual de 1700 milímetros e a altimetria da região pode atingir cotas acima de 1000 metros.

A região com esse tipo climático está parcialmente inserida nas serras, podendo atingir valores pluviométricos que ultrapassem os 1700 milímetros anuais e temperaturas abaixo dos 19°C. O subdomínio Climático é o Semiúmido, com deficiência hídrica entre quatro a cinco meses secos.

4.4.26 Tropical Ameno Semiseco Centro Sul do Brasil (TrA'scb)

O Tipo climático Tropical Semiseco Centro Sul do Brasil está presente nas compartimentações de relevo definidas como Depressão e Planalto, denominadas de depressão de Belo Horizonte e do Planalto Centro Sul Mineiro. Esse tipo climático está presente nas regiões de altimetria mais baixas do tipo climático tropical ameno regiões próximas as serras

A temperatura média da região fica entre os 20°C e a precipitação é abaixo dos 1.600 milímetros anuais, sendo a altimetria da região de 800 metros. O subdomínio Climático é o Semiseco, com deficiência hídrica entre seis a sete meses secos.

4.4.27 Subtropical Úmido Centro Sul do Brasil (St'scb)

O Tipo climático Subtropical Úmido Centro Sul do Brasil está presente no compartimento de relevo definido como Serra, denominadas de Serra da Mantiqueira e de Itatiaia, denominadas assim por estarem presentes nessas serras. O tipo Climático Subtropical está inserido na região do extremo sul mineiro na divisa entre o Rio de Janeiro e de São Paulo. A tem-

peratura média da região e de 15°C a precipitação anual e de 1700 milímetros anuais, a altimetria da região e acima dos 1500 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida no topo da Serras da Mantiqueira e de Itatiaia, localidades essas com altimetria mais altas da área de estudo, regiões essas que podem atingir precipitações acima dos 1600 milímetros anuais. O subdomínio Climático e o Semiúmido com deficiência hídrica entre oito a onze meses secos.

4.4.28 Subtropical Semiúmido Centro Sul do Brasil (St'scb)

O Tipo climático Subtropical Semiúmido Centro Sul do Brasil está presente no compartimento de relevo definido como Planalto e Serras, as chamadas Planalto do Alto Rio Grande e de Serra da Mantiqueira e de Itatiaia, por estarem presentes nos planaltos e serras do Sul Mineiro. A temperatura média da região é de 15°C e a precipitação anual é de 1600 milímetros anuais com altimetria acima dos 1200 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida no topo da Serras e dos planaltos, localidades com altimetria mais altas da área de estudo, o que faz com que elas possam atingir precipitações acima dos 1600 milímetros anuais. O subdomínio Climático e o Semiúmido, com deficiência hídrica entre quatro a cinco meses secos.

4.4.29 Subtropical Semiseco Centro Sul do Brasil (St*scb)

O Tipo climático Subtropical Semiúmido Centro Sul do Brasil está presente no compartimento de relevo definido como Depressão e Planalto, mais especificamente na Depressão Periférica Paulista e de Planalto do Alto Rio Grande, . A temperatura média da região e de 16°C e a precipitação anual é de 1600 milímetros, sendo a altimetria da área acima dos 1000 metros de altitude.

Lugares com esse tipo climático estão inserida nas partes mais baixas das Serras e dos Planaltos, regiões que podem atingir precipitações acima dos 1600 milímetros anuais. O subdomínio Climático é o Semiseco com deficiência hídrica entre seis a sete meses secos.

4.4.30 Subtropical Frio ou (temperado) Centro Sul do Brasil (StF''scb)

O Tipo climático Subtropical Frio Centro Sul do Brasil está presente no compartimento de relevo definido como Serra, denominadas de Serra do Itatiaia, recebendo o mesmo nome

atribuído à localidade. A temperatura média da região abaixo dos 13°C e a precipitação anual é de 2000 milímetros, com altimetria acima dos 2000 metros de altitude.

A região com esse tipo climático está inserida no topo da Serras, especificamente no Parque Nacional do Itatiaia, na divisa entre Minas Gerais e o Rio de Janeiro, localidades com altimetria mais altas da área de estudo, o que faz com que elas alcancem precipitações acima dos 2000 milímetros anuais, níveis baixos de temperatura causado pela altimetria da região e níveis de precipitação altos oriundos do bloqueio de umidade nas serras, fenômeno chamada de chuva orográfica. O subdomínio Climático e o Semiúmido, com deficiência hídrica entre zero a três meses secos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou os principais aspectos ambientais como, relevo e clima, em Minas Gerais, a fim de servir de guia para tomadas de decisão e debates para práticas agrícolas, ensino entre outras áreas de pesquisas científicas.

Essa classificação propõe um modelo, entre as diferentes contribuições de modelos clássicos, mesclando elementos empíricos e, até, o genético, relacionado a outros parâmetros climáticos como, por exemplo controle astronômico, temperatura mínima do mês mais frio e a atuação do relevo e a sua altimetria, o que contrapõe a classificação de Novais (2019), que é dividida em hierarquias e faz uma unidade climática integrar a outra por meio da escala adotada. As hierarquias climáticas têm semelhanças principalmente nas escalas superiores do clima (Zonal e Regional).

Esses parâmetros climáticos modelam-se juntamente com a classificação elaborada por Novais (2019) e essa classificação climática acompanha várias associações de informações físicas, que geram um padrão responsável por abordar tanto os valores observados do relevo do tempo quanto do clima. Porém, a classificação climática de Novais (2019) propõe uma remodelagem na classificação climática para o Brasil, considerando as formas de relevo. A determinação das unidades climáticas neste trabalho mostrou a importância das formas de relevo como por exemplo os planaltos; as depressões, as planícies fluviais e as serras, bem como de elementos do clima com TMMMF, como precipitação pluviométrica e a quantidade de meses secos correlacionados aos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo. A classificação climática adotada nesse trabalho é até o Tipo (5ª hierarquia).

Para definir os subtipos do estado (6ª hierarquia), demandaria um tempo maior de análises de dados, pois seria necessário delimitar as unidades geomorfológicas que cada característica climática interfere, aumentando substancialmente as unidades climáticas para centenas, o que culminaria na formação de uma nova pesquisa. Porém, mesmo assim, algumas variáveis climáticas demonstradas neste trabalho foram diversas, começando pelos domínios climatológicos: , Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Subtropical Frio e o Seminário; e os Subdomínios como: úmido (zero a 3 meses secos), semiúmido (4 a 5 meses secos), semisseco (6 a 7 meses secos), seco (8 a 9 meses secos) e o semiárido (com 12 meses secos).

O componente estrutural geomorfológico pode estar diretamente ligado à dinâmica climática atual e pretérita, dados que serviram para demarcar os limites das unidades

climatológicas dos Tipos Climáticos, por meio das formas de relevo, dos fluxos e do transporte de energia da circulação regional. Isso demonstra que elas são modificadas, destacando variedades nos valores de temperatura e precipitação nas regiões dos Tipos climáticos apresentados anteriormente.

O sistema de classificação climática (SCC) de Nimer (1979) (Classificação climática do Brasil) relacionam-se com o (SCC) de Novais (2019). É plausível correlacionar a expressão zonal descrita por Nimer (1979), sobretudo em regiões de regime estacional bem definidas. As áreas de clima subquente e úmido podem ser associadas ao clima Tropical Frio e temperado do autor Novais (2019). Esse clima está localizado mais ao sul do estado de Minas Gerais e, nos meses de seca, não ultrapassam três, correspondendo aos meses de inverno. O domínio climático Tropical e Semiárido conecta-se com o clima Quente e Semiárido de Nimer (1979), um clima localizado nas regiões de altimetria intermediária e mais baixa de relevo denominado de Patamares, Planícies e Depressões.

Essa classificação climática de Novais (2019) caracteriza maiores quantidade de climas do que os achados por Sá Junior (2009) e Nimer (1979). O trabalho do pesquisador, desenvolvido para o Estado de Minas Gerais, foi aqui aperfeiçoado em função da grande quantidade de fonte de dados históricos utilizados em toda área de estudo, bem como pelo uso de recursos técnicos para sua proposição em um *Software* ambiente SIG, que podem ser usados em análises, em diversas áreas, para uma melhor compreensão das características ambientais e climáticas.

Dentro da diversidade ambiental encontrada na pesquisa ora apresentada temos o bioma Cerrado, que pode ser correlacionado ao Tipo climático do Brasil Central, passando pelo Tipo Climático Nordeste ao bioma Caatinga, e da Mata Atlântica associado aos Tipos climáticos Oriental e do Centro Sul do Brasil. Assim, afirma-se que os escritos aqui presentes podem dar subsídios didáticos e agrícolas, em nível detalhado de escalas Espaciais/Temporais, subsídios amparados aos dados anuais de temperatura e de precipitação e sistemas atmosféricos atuantes.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Geonomos**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p.17-22, dez. 1998.
- AB´SABER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003.
- ALLOCCA, R. A.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. Delimitação de domínios e subdomínios climáticos para o município de Ponte Nova, Minas Gerais. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA*, 14., 2021, João Pessoa, **Anais [...]**. Paraíba: Universidade Federal da Paraíba , 2021, p. 1512-1525.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728. 2013.
- ANDRADE, A. R. **Articulações entre o clima urbano e o clima regional: uma abordagem a partir da análise de Irati e Guarapuava/PR**. 266f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010. Disponível: https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24084/Tese_Aparecido%20Ribeiro%20de%20Andrade.pdf. Acesso em: 26 out. 2021.
- ASSIS, W. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-89XH5T>. Acesso em 15 julho 2022
- AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. São Paulo: DIFEL, 1986.
- BANDEIRA, P. **As mesorregiões no contexto da nova política federal de desenvolvimento regional: considerações sobre aspectos institucionais e organizacionais**. Projeto diretrizes para formulação de políticas de desenvolvimento regional. Brasília, 2004. Disponível em: https://www.ufrgs.br/fce/wpcontent/uploads/2015/02/TD18_2005_bandeira.pdf c. Acesso em: 16 julho 2022.
- BARRY, C.. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BELO HORIZONTE. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Econômico das Mudanças Climáticas no Brasil. Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia mineira**: relatório resumo. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2011.
- BELO HORIZONTE. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Agência Francesa do Meio Ambiente e da Gestão de Energia. Conselho Regional de Nord Pas-de-Calai. **Estudo de vulnerabilidade regional às mudanças climáticas de Minas Gerais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 139 p. Disponível em: <https://clima-gerais.meioambiente.mg.gov.br/vulnerabilidade-territorial>. Acesso em: 13 fev. 2021.

BELO HORIZONTE. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia mineira**: relatório resumo. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2011. p. 46. Disponível em: <https://clima-gerais.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BORSATO, V. A. A dinâmica atmosférica no centro-sul do Brasil no verão e as influências do el niño oscilação sul (enos). **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 22, p. 135-157, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2011.0022.0007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47223>. Acesso em: 4 mar. 2023.

BROOKS, C. E. P. (ed). **Classification of Climate**. Meteorological Magazine. 1948. p. 97-101.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.13.48/doc/cap1-introducao.pdf> Acesso em: 13 mar. 2023.

CARTER, D. B.; MATHER, J. R. Climate classification for environmental biology. **Publications in Climatology**, London, v. 19, n. 4, p. 305-395, 1966.

CARTER, D.B. Farewell to the Köppen classification of climates. **Annals of the Association of American Geographers**, [S. l.]: 1967. p. 779-784.

climático do Estado de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2009 .p. 101

COLUMBA M. Applying Reduced Weather Data to Temperate Climates for Energy Analysis of Buildings. **Annals Proceedings of the Ninth International PLEA Conference**. Seville, 1991. p. 653-658.

FEISST, W. **Alexander von Humboldt 1769 – 1859**: das Bild seiner Zeit in 200 zeitgenössischen Stichen. Dr. Wolfgang Schwarze: Edinburgh, . 1978.

FERRAZ, J. S. **Meteorologia brasileira**. São Paulo: Nacional, 1934. (Série Brasileira, vol. 33) 588 p. Disponível em: <https://bdor.sibi.ufrj.br/bitstream/doc/114/1/33%20PDF%20-%20OCR%20-%20RED.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. dos. Unidades Mesoclimáticas de Viçosa-MG, na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 31, n. 18, p. 230–258, 2022. DOI: 10.55761/abclima.v31i18.15841. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/15841>. em: 09 fev. 2023.

FONSECA, G. O estudo da dinâmica geomorfológica a partir da distribuição pluviométrica no Estado de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. **Anais [...]** Goiânia: UNB 2006, p. 1-9. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/3/131.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2022.

FUNDAÇÃO BIODIVERSIDADE. **Biodiversidade em Minas Gerais** . Belo Horizonte: Fundação Vale do Rio Doce, 2004. (Mapa Topográfico. Escala 1: 250.000).

GAUSSEN, H.; BAGNOULS, F. **Saison sèche et indice xéothermique**. Toulouse: Facultei dès Sciences, 1953.

HOLTON, R. J. **An introduction to dynamic meteorology**. New York: Academic Press, 1979.

HUMBOLDT, A. **Cosmos ó ensayo de una descripción física del mundo**. Tomo I. Tradução de Francisco Diaz Quintero. Córdoba – Espanha: Co-edição das Universidades de Granada, Córdoba, Jaén, Almería e de Huelva. Reprodução Fac-símile da edição de Madrid 1851-1852. [1845], 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área territorial oficial: Minas Gerais**, 2001. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>. Acesso em: 10 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base cartográfica digital**. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html> Acesso em: 30 abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisao regional do Brasil 2002**. Disponível em www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo/ Acesso em: 11 abr. 2021.

INSTITUTO DE GEOINFORMAÇÃO E TECNOLOGIA: **Mesorregiões e microrregiões**. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/conteudo/conheca-minas/geografia/localizacao-geografica>. Acesso em: 27 maio 2021

JARDIM, C. H. Aspectos multiescalares e sistêmicos da análise climatológica. Aspectos multiescalares e sistêmicos da análise climatológica. **Revista Geografias**, [S. l.], p. 40–52, 2015. DOI: 10.35699/2237-549X.13480. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13480>. Acesso em: 18 ago. 2022.

KARGER, C.; BÖHNER, K.; KREFT, S.; ZIMMERMANN, N.; LINDER, H. P.; KESSLER, M. **Data from: Climatologies at high resolution para as áreas da superfície terrestre**. Disponível em: <https://chelsa-climate.org/downloads/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

KOEPPEN, W. **Climatologia: con un studio de los climas de la tierra**. México, DF Editor: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KÖPPEN, W. **Das geographischa System der Klimate**. Gebr. Borntraeger: Berlin, 1936. p. 1-44.

MACHADO, L. A. Classificação climática para minas gerais por meio do método de agrupamento não hierárquico de K-Means. **Cadernos do Leste**, [S. l.], v. 14, n. 14, 2014. DOI: 10.29327/249218.14.14-3. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/article/view/13048>. Acesso em: 25 fev. 2023.

MACHADO, L. A. **Análise das relações superfície-atmosfera na bacia hidrográfica do rio das velhas em uma perspectiva multiescalar: proposta de síntese**. 217f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

MARTINS, C. S. **Caracterização física e fitogeográfica de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Zoo Botânica, 2000. 78 p.

MARTINS, F. B.; GONZAGA, G.; SANTOS, D. F.; REBOITA, M. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 1, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v1i0.60896. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14064>. Acesso em: 25 fev. 2023.

MENDONÇA, F. **Geografia e Meio ambiente**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 1998.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p

MILLER, A. **Climatology**. London: Methuen, 1931. 375 p

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019. Disponível em idesisema.meioambiente.mg.gov.br. Acesso em: 08 maio 2021.

MINUZZI, VIANELLO. Oscilações climáticas em minas gerais. Minas Gerais: **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, 2010. p.227 – 236.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. **1976 Série de Teses e Monografias** n. 25. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1976.

MOREIRA, A.A.N.; CAMELIER, C. Geografia do Brasil - Região Sudeste, *In*: Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Relevo e Vegetação**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 667.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

NIMER, E. Ensaio de um novo método de classificação climática: contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. **Boletim de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 31, 1972. p. 141-153.

NÓBREGA, R. S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 18-22, ago. 2010. ISSN 1984-2295. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/232646>. Acesso em: 19 jun. 2022.

NOVAIS, G. T. Classificação climática aplicada ao estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil: **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 40, n. 01, p. 1–29, 2021. DOI: 10.5216/bgg.v40i01.62297. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/62297>. Acesso em: 15 maio 2022.

NOVAIS, G. T. Classificação climática aplicada ao estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil: **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 40, n. 01, p. 1–29, 2021. DOI: 10.5216/bgg.v40i01.62297. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/62297>. Acesso em: 25 jun. 2022.

NOVAIS, G. T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 42, p. e184630, 2022. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.184630. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/184630>. Acesso em: 19 jun. 2022.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 1–39, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16163. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16163>. Acesso em: 10 Jan. 2023.

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

NOVAIS, G.T. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 10, n. 5, p. 1614-1623, ago. 2017. ISSN 1984-2295. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234104>. Acesso em: 25 jun. 2023. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v.10.5.p1614-1623>. Acesso em: 20 jun. 2022.

NOVAIS, G.T.; PIMENTA, J. S. Unidades climáticas do município de Formosa (GO): climas zonais, domínios, tipos e subtipos climáticos, 14., João Pessoa. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. **Anais [...]**, Paraíba: UFPB, 2021. p. 1228-1241.

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

NUNES, L. H. A escala nas ciências atmosféricas. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 19, p. 71-73, jan./dez. 1998.

PIMENTA, J. S.; NOVAIS, G. T. Sugestões de meso-topoclimas para o município de Formosa (GO): Aplicação da menor hierarquia da classificação climática de Novais. 14., João Pessoa. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa,. **Anais [...]**, Paraíba, : UFPB, 2021. p. 1243-1255.

RADAMBRASIL. **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1983. - Levantamento dos Recursos Naturais v. 32.

REIS DE JESUS, E. F. Algumas reflexões teóricoconceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. **GeoTextos**, [S. l.], v. 4, 2009. DOI: 10.9771/1984-5537geo.v4i0.3301. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/3301>. JONES, C.; HOREL, J. D.. A circulação da Alta da Bolívia e a atividade convectiva sobre a América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 5, 1990. p. 379-387.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teórica**, [S. l.], v. 23, 1993. p.288-294.

RIZZINI, C. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997 .p. 747

ROCHA, F. P. DA .; ARAVÉQUIA, J. A.; RIBEIRO, B. Z.. Estudo de ciclones e de padrões de circulação atmosférica no Oceano Atlântico Sul próximo à costa das regiões sul e sudeste do Brasil usando dados da reanálise do Era-Interim. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, p. 141–156, abr. 2016.

ROLIM, G. **Balanco Hídrico**. Aula da disciplina de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista (UNESP/Jaboticabal), 2020.

ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 4, p. 25-39, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1985.0004.0004. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47094>. Acesso em: 4 fev. 2022.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento**

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima**. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2001. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~feltrim/GB805%20%20Climatologia/Aula%2001%20%20Conceitos%20iniciais/Textos%20de%20apoio/Historia%20da%20Climatologia.pdf>. Acesso em: 4 Jan. 2023.

SANTOS, J. R. **Biomassa aérea da vegetação de cerrado: estimativa e correlação com dados do sensor Thematic Mapper" do satélite Landsat**. 1988. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) –Faculdade de Ciências Florestais, Universidade do Paraná Curitiba, Curitiba, 1988.

SANTOS, J. R. **Biomassa aérea da vegetação de cerrado: estimativa e correlação com dados do sensor Thematic Mapper" do satélite Landsat**. 1988. 130p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba 1988.

SCHELLING, F. W. J. **Dedução geral do processo dinâmico**. Trad. G. Assumpção. São Paulo: LiberArs, 2018.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F. SUDARSHAN, S. **Sistema de Banco de Dados**. 3. ed. São Paulo: Makron Books; 1999.

SILVA, E. D. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 13, jun. 2014. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33345>

SOARES FILHO, B.S. Dinamica project. Disponível em Acesso em 3 set. 2006.

STRAHLER, A. H. **Physical Geography: science and systems of the Human Environment**., New York: Wiley, 2005. p.794.

STRAHLER, A. N. **Geografia Física**. Barcelona: Omega, 1989.

THORNTHWAITE, C.W. **An approach toward a rational classification of climate**. Geographical Review, [S. l.], 38, 1948. p.55-94.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. p. 104.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955.

TOMLIN, C. D. **Geographic information systems and cartographic modelling**.. New Jersey: Prentice-Hall, Inc, 1990. 249 p.

VALADÃO, R. C.; OLIVEIRA, C. V. de; KER, J. C. Compartimentação regional do relevo e cobertura pedológica do centro-norte de Minas Gerais. **Revista Geografias**, [S. l.], p. 93–100, 2008. DOI: 10.35699/2237-549X .13256. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13256>. Acesso em: 4 fev. 2022.

VESENTINI, J. W.. **Geografia, Natureza e Sociedade**. São Paulo: Contexto, 1989.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 1986. 449 p.

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação. Porto Alegre, **UFRGS Centro de Ecologia**. ISBN 978-85-63843-02-9 2004. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acesso em: 20 abr. 2021.