



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



DISCENTE: WEMERSON DIASCANIO OLIVEIRA

ORIENTADOR: EDSON SOARES FIALHO

LINHA DE PESQUISA: DINÂMICA DOS TERRITÓRIOS E DA NATUREZA

**CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: DA
ZONA CLIMÁTICA AO TOPOCLIMA**

**WEMERSON DIASCANIO OLIVEIRA
wemersonoliveira.geo@gmail.com**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

WEMERSON DIASCANIO OLIVEIRA

**PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO: DA ZONA CLIMÁTICA OU TOPOCLIMA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de doutor em Geografia sob orientação do Prof. Dr. Edson Soares Fialho.

D541c Diascanio Oliveira, Wemerson, 1989-
Classificação climática do Espírito Santo : da zona climática
ao topoclima / Wemerson Diascanio Oliveira. - 2023.
188 f. : il.

Orientador: Edson Soares Fialho.
Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do
Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Climatologia. 2. Classificação climática. 3. Escalas
climáticas. 4. Espírito Santo. I. Soares Fialho, Edson. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 91

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: DA ZONA CLIMÁTICA AO TOPOCLIMA

**Wemerson Diascanio Oliveira – Doutorando
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES**

**Professor Doutor Edson Soares Fialho - Orientador
Universidade Federal de Viçosa - UFV**

**Professor Doutor André Lopes Faria - Examinador
Universidade Federal de Viçosa – UFV**

**Professor Doutor Eberval Machioro - Examinador
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES**

**Professor Doutor Giuliano Tostes Novais – Examinador
Universidade Estadual de Goiás - UEG**

**Professor Doutor Vinícius Machado Rocha - Examinador
Universidade Federal do Recôncavo Baiano - UFRB**



Secretaria Integrada de Pós-Graduação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ATA DE DEFESA DE TESE DO CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - ATA Nº 42 - 13/07/2023.

Em sessão pública ocorrida no dia treze de julho de dois mil e vinte três, por webconferência, procedeu-se a avaliação da tese do aluno **Wemerson Diascanio Oliveira**. Às 14h, o Prof. Dr. Edson Soares Fialho (UFES), Orientador e Presidente da Comissão Examinadora de Defesa de tese, deu início aos trabalhos, convidando a compor à mesa os seguintes Professores(as) Doutores(as): Eberval Marchioro (UFES) examinador interno; Giuliano Tostes Novais (UEG), Vinícius Machado Rocha (UFRB) e André Lopes Faria (UFV) – examinadores externos. A seguir, o presidente solicitou ao doutorando que fizesse uma explanação de seu trabalho intitulado “CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: DA ZONA CLIMÁTICA AO TOPOCLIMA”. Terminada a apresentação, o presidente passou a palavra aos examinadores, que procederam à arguição do candidato. Ao final, a Comissão, em sessão reservada, deliberou pela **APROVAÇÃO** da referida tese nos termos do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Geografia e alertou que o aprovado somente terá direito ao título de Doutor após entrega da versão final de sua Tese, em meio digital, à Secretaria do Programa. Encerrada a sessão, eu, Prof. Dr. Edson Soares Fialho, presidente da Comissão Examinadora, lavrei a presente ata que vai assinada digitalmente por mim e pelos demais componentes da Comissão.

Documento assinado digitalmente
 EDSON SOARES FIALHO
Data: 28/07/2023 13:22:34-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>
Prof. Dr. Edson Soares Fialho (UFES)
Orientador e Presidente da Comissão Examinadora

Documento assinado digitalmente
 EBERVAL MARCHIORO
Data: 24/07/2023 17:28:54-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>
Prof. Dr. Eberval Marchioro
Examinador Interno

Documento assinado digitalmente
 ANDRÉ LUIZ LOPES DE FARIA
Data: 28/07/2023 08:53:15-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>
Prof. Dr. André Lopes Faria (UFV)
Examinador Externo

Prof. Dr. Giuliano Tostes Novais (UEG)
Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
 VINÍCIUS MACHADO ROCHA
Data: 25/07/2023 08:22:39-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>
Prof. Dr. Vinícius Machado Rocha (UFRB)
Examinador Externo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
RAFAEL DE CASTRO CATAO - SIAPE 1416049
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG/CCHN
Em 29/07/2023 às 11:53

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/760657?tipoArquivo=O>

Agradecimentos

Onde um menino nascido no interior de Bom Jesus do Itabapoana, filho de borracheiro com empregada doméstica pode chegar? Pois é, muitas vezes eu desacredite.....mas o impossível era apenas uma opinião.

Em primeiro lugar agradeço a todas as forças divinas, Deus e os orixás que andam em minha companhia por me darem força, sabedoria e resiliência para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também aos meus pais Tedson e Edina por terem suportado esse tempo de ausência sempre me dando força e sendo compreensivos.

Dedico a minha irmã Jéssica por ter dado todo o suporte necessário aos meus pais enquanto estive ausente.

Ao meu irmão Rodson agradeço por ter caminhado junto comigo desde o início, sempre disponível para as trocas de ideias e lamentações. Iniciamos a nossa trajetória juntos em 2009, e agora finalizamos também juntos em 2023.

Agradeço ao meu tio Edson e minha vó Maria que estiveram presentes em forma de espírito me apoiando e não deixando que a fraqueza me dominasse.

Ao meu professor orientador e sofredor Botafoguense Edson Fialho o meu muito obrigado por ter me orientado desde a disciplina de climatologia lá no início da graduação.

Ao professor Giuliano Novais eu agradeço por ter ajudado na construção da tese desde a concepção até a versão final.

Ao grupo de whatsapp “Os calvos sem tese” que é formado por três carecas desesperados por concluírem suas teses. Obrigado por terem me feito rir nos momentos mais inesperados.

Aos meus amigos e parentes que torceram e oraram por mim ao longo de toda a minha trajetória acadêmica, o meu muito obrigado.

Resumo

A classificação climática fornece uma organização dos elementos climáticos em diferentes escalas, delimitando os diferentes tipos de clima na superfície da Terra. Este estudo propõe uma nova classificação climática para o estado do Espírito Santo, associando variáveis climatológicas, como a temperatura média do mês mais frio (TMMMF), o número de meses secos e a precipitação, com a influência dos sistemas atmosféricos e seus efeitos no clima. A classificação climática utilizada nesta tese delimita unidades climáticas do estado do Espírito Santo em escalas superiores, indo desde a escala global com o Clima Zonal até a escala local com o Topoclima. Para a delimitação das unidades climáticas, foram utilizados dados climatológicos do algoritmo Chelsa. Os estudos foram incluídos em dois modelos cartográficos gerados no software livre Dinamica EGO, que consiste em uma plataforma de modelagem de dados que permite a associação de dados espaciais e não espaciais, utilizando condicionais. O estado do Espírito Santo possui todo o seu território localizado na Zona de Clima Quente. Em relação aos Climas Zonais, foram identificadas três unidades, a saber: Clima Zonal Tórrido, Clima Zonal Quente e Clima Zonal Moderado. No que diz respeito ao Domínio Climático, foram delimitados quatro, a saber: Temperado, Subtropical, Tropical Ameno e Tropical. Os tipos climáticos delineados no estado do Espírito Santo foram dez, sendo quatro úmidos, três semiúmidos, dois semissecos e um seco. A partir da associação entre Domínios, Subdomínios e Tipos Climáticos, foi possível delimitar 46 subtipos climáticos diferentes no estado do Espírito Santo. As classes climáticas até o nível de subtipo não possuíam seu principal fator diferenciador. O mesoclima superior e o topoclima foram delimitados apenas no município de Serra-ES, permitindo que as características climáticas do município do Espírito Santo permanecessem em escalas geográficas menores, tornando a climatologia local mais detalhada e promissora para o planejamento de atividades humanas, sejam urbanas ou rurais.

Palavras Chave

Unidades Climáticas do Espírito Santo, Temperatura média do mês mais frio, Quantidade de meses secos, Sistemas Atmosféricos.

Abstract

The climate classification system organizes climate elements at various scales, defining different climate types found on the Earth's surface. This study proposes a new climate classification for the state of Espírito Santo by associating climatological variables such as the average temperature of the coldest month (TMMMF), the number of dry months, and rainfall with the influence of atmospheric systems and their impact on climate. The climate classification used in this thesis delineates climatic units in Espírito Santo, ranging from the global scale with Zonal Climate to the local scale with Topoclimate. Climatological data from the Chelsa algorithm were used to determine these climatic units. The analysis was conducted using two cartographic models generated in the free software Dinamica EGO, which is a data modeling platform enabling the association of spatial and non-spatial data using conditionals. The entire territory of Espírito Santo falls within the Hot Climate Zone. Three Zonal Climates were identified: Torrid Zonal Climate, Hot Zonal Climate, and Moderate Zonal Climate. Additionally, four Climate Domains were delineated: Temperate, Subtropical, Tropical Mild, and Tropical. Within the state of Espírito Santo, there are ten distinct climatic types: four humid, three semi-humid, two semi-dry, and one dry. By considering the associations between Domains, Subdomains, and Climate Types, a total of 46 different climate subtypes were identified in Espírito Santo. The climatic classes, up to the subtype level, did not have a significant distinguishing factor. The upper mesoclimate and topoclimate were only delimited in the municipality of Serra-ES. This allowed the climatic characteristics of the municipality to be analyzed at smaller geographic scales, providing more detailed local climatology that can be beneficial for planning both urban and rural activities.

Keywords: Climate Units of Espírito Santo, Average temperature of the coldest month, Number of dry months, Atmospheric Systems.

FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo	18
Figura 2: Temperatura média anual no Estado do Espírito Santo.....	23
Figura 3: Precipitação anual média acumulada no Estado do Espírito Santo entre 1979 e 2013	24
Figura 4: Morfoestruturas do Espírito Santo.....	32
Figura 5: Unidades Geomorfológicas do Espírito Santo.....	34
Figura 6: - Características topográficas do Estado do Espírito Santo, através de mosaico LANDSAT 5 sobreposto ao relevo com escala exagerada em 10 vezes.	37
Figura 7: Modelo Digital de Elevação do estado do Espírito Santo	39
Figura 8: Classificação climática do Brasil a partir de Straller e Atuação das massas de ar no Brasil	58
Figura 9: Classificação climática de Nimer para o território brasileiro	62
Figura 10: Zonas Naturais do Espírito Santo.....	65
Figura 11: Parâmetros, indicadores e peculiaridades utilizados na definição das Zonas Naturais	66
Figura 12: Unidades Naturais do Estado do Espírito Santo	68
Figura 13: Sítios ambientais definidos para o Estado do Espírito Santo	70
Figura 14: Características dos Sítios Ambientais Homogêneos.....	71
Figura 15: O planisfério terrestre e as divisões das Zonas Climáticas segundo Novais (2019)	74
Figura 16: Domínios, subdomínios e tipos climáticos.....	80
Figura 17: Localização das Estações Meteorológicas com normais climatológicas entre 1981 e 2010 – Espírito Santo	83
Figura 18: Correlações de Pearson entre os dados das normais climatológicas e do algoritmo Chelsa	85
Figura 19: Temperatura média dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril no estado do Espírito Santo	88
Figura 20: Temperatura média dos meses de maio, junho, julho e agosto no estado do Espírito Santo	89
Figura 21: Temperatura média dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro no estado do Espírito Santo	90

Figura 22: Sistemas atmosféricos atuantes no Brasil segundo Borsato e Massoquin (2020).....	91
Figura 23: Espírito Santo: quantidade de meses secos	93
Figura 24: Zonas Climáticas do território brasileiro segundo Novais (2019) ...	96
Figura 25: Climas Zonais do Espírito Santo	98
Figura 26: Domínios Climáticos do Espírito Santo	101
Figura 27: Subdomínios Climáticos e Tipos Climáticos do Espírito Santo	105
Figura 28: Exemplo de codificação dos subtipos climáticos.....	109
Figura 29: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo.....	111
Figura 30: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Norte.....	114
Figura 31: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Centro.....	118
Figura 32: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Sul	122
Figura 33: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais e a classificação climática de Koppen para o Espírito Santo	127
Figura 34: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais (2019) e a classificação climática do IBGE para o Espírito Santo	130
Figura 35: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais (2019) e a classificação climática de Cerqueira (1999) para o Espírito Santo	133
Figura 36: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais (2019) e a classificação climática de Feitoza et al (2010) para o Espírito Santo	136
Figura 37: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais (2019) e a classificação climática de Rody et al (2010) para o Espírito Santo	139
Figura 38: Localização do município de Serra-ES	141
Figura 39: Unidades Geomorfológicas do município de Serra-ES	142
Figura 40: Hipsometria do município de Serra-ES	144
Figura 41: Normal climatológica da estação UFES, Vitória-ES	145
Figura 42: Clima Zonal do município de Serra-ES	147
Figura 43: Domínio Climático do município de Serra-ES	148
Figura 44: Subdomínios Climáticos e Tipo Climático do município de Serra-ES	149
Figura 45: Subtipos Climáticos do município de Serra-ES	152

Figura 46: Maciço Mestre Álvaro - Serra/ES	153
Figura 47: Mesoclimas do município de Serra-ES	155
Figura 48: Maciço Mestre Álvaro em três dimensões.....	163
Figura 49: Localização da APA do Maciço Mestre Álvaro	164
Figura 50: Modelo Digital de Elevação da APA do Maciço Mestre Álvaro	165
Figura 51: Orientação das vertentes da APA do Maciço Mestre Álvaro	166
Figura 52: Radiação Solar na APA do Maciço Mestre Álvaro	167
Figura 53: TMMMF na APA do Maciço Mestre Álvaro	168
Figura 54: Pluviosidade na APA do Maciço Mestre Álvaro	169
Figura 55: Balanço hídrico na APA do Maciço Mestre Álvaro	170
Figura 56: Topoclimas da APA do Maciço Mestre Álvaro	171

QUADROS

Quadro 1: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano.	41
Quadro 2: - As principais hierarquias climáticas do Brasil e a classificação climática de Novais (2019)	47
Quadro 3: Tipos Climáticos de Thorntwaite (1949)	50
Quadro 4: Grandes grupos climáticos de Köppen-Geiger	52
Quadro 5: Subgrupos climáticos de Köppen-Geiger	52
Quadro 6: Subdivisões climáticas de Köppen-Geiger	52
Quadro 7: Zonas Naturais do Estado do Espírito Santo segundo Feitoza et al (2010).....	67
Quadro 8: Zonas Climáticas definidas por Novais (2019) e critérios de suas delimitações	74
Quadro 9: Climas Zonais definidos por Novais (2019) e critérios para a sua delimitação	75
Quadro 10: Domínios climáticos definidos por Novais (2019) e seus critérios de delimitação	77
Quadro 11: Subdomínios climáticos definidos por Novais (2019) e seus critérios de delimitação	78
Quadro 12: Tipos climáticos definidos por Novais (2023) e seus critérios de delimitação	78

Quadro 13: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo.....	112
--	-----

TABELAS

Tabela 1: Diferença de temperatura registrada entre as estações do INMET e o Chelsa	84
Tabela 2: Diferença de Pluviosidade registrada entre as estações do INMET e o Chelsa	85
Tabela 3: Dados mensais das estações meteorológicas e do Chelsa.....	87
Tabela 4: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Norte	115
Tabela 5: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Centro	119
Tabela 6: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Sul.....	123
Tabela 7: Subtipos climáticos do município de Serra-ES	153
Tabela 8: Mesoclimas do município de Serra-ES	156
Tabela 9: Topoclimas do maciço do Mestre Álvaro	172

GRÁFICOS

Gráfico 1: Temperatura Média Mensal nos municípios de São Mateus, Vitória e Colatina – 1981 - 2010	103
Gráfico 2: Precipitação Média Mensal e Acumulada nos municípios de São Mateus, Vitória e Colatina – 1981 – 2010	104

SIGLAS

APA - Área de Proteção Ambiental
ASAS - Alta Subtropical do Atlântico Sul
CHELSEA - Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas
FPA - Frente Polar Atlântica
FF - Frente Fria
IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

JBN - Jato de Baixos Níveis

LCGGEO - Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias

mTa - Massa Tropical Atlântica

mPa - Massa Polar Atlântica

RMGV - Região Metropolitana da Grande Vitória

SAHs - Sítios Ambientais Homogêneos

SEPLAM - Secretaria de Estado de Planejamento

TMMMF - Temperatura Média do Mês Mais Frio

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS E HIPÓTESE	17
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.1	A GEOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO	19
3.2	O CLIMA DO ESPÍRITO SANTO	22
3.3	A GEOMORFOLOGIA E TOPOGRAFIA DO ESPÍRITO SANTO	30
4	REVISÃO DE LITERATURA	40
4.1	CLIMA E ESCALA.....	40
4.2	HISTÓRICO DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS	48
4.2.1	<i>As classificações climáticas analíticas (ou empíricas).....</i>	<i>49</i>
4.2.2	<i>As classificações climáticas Genéticas</i>	<i>55</i>
4.2.3	<i>Os principais sistemas de classificação climática realizados para o Brasil</i>	<i>59</i>
4.3	AS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DO ESPÍRITO SANTO	62
5	METODOLOGIA	73
5.1	DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES CLIMÁTICAS SEGUNDO NOVAIS (2019).....	73
5.2	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS.....	81
5.2.1	<i>Dados de temperatura e precipitação de reanálise do algoritmo Chelsa.....</i>	<i>81</i>
5.2.2	<i>Validação dos dados de temperatura e precipitação de reanálise do algoritmo CHELSA.</i>	<i>82</i>
5.2.3	<i>Verificação e espacialização da temperatura média do mês mais frio (TMMMF)</i>	<i>86</i>
5.2.4	<i>Verificação dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo.</i>	<i>91</i>
5.2.5	<i>Delimitação da quantidade de meses secos</i>	<i>91</i>
5.2.6	DELIMITAÇÃO DOS MESOCLIMAS E TOPOCLIMAS.....	94
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	96

6.1	PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA APLICADA AO ESTADO DO	
	ESPÍRITO SANTO.	96
6.1.1	<i>Zona Climática</i>	96
6.1.2	<i>Clima Zonal</i>	97
6.1.3	<i>Domínio Climático</i>	100
6.1.4	<i>Subdomínio Climático e Tipo Climático</i>	104
6.1.5	<i>Subtipo Climático</i>	109
6.2	A COMPARAÇÃO ENTRE A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE NOVAIS (2019) PARA	
	O ESPÍRITO SANTO E OUTRAS JÁ EXISTENTES.....	125
6.2.1	<i>A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019)</i>	
	<i>e segundo Koppen</i>	126
6.2.2	<i>A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019)</i>	
	<i>e segundo o IBGE</i>	128
6.2.3	<i>A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019)</i>	
	<i>e segundo Cerqueira (1999)</i>	131
6.2.4	<i>A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019)</i>	
	<i>e segundo Feitoza et al (2010)</i>	134
6.2.5	<i>A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019)</i>	
	<i>e segundo Rody et al (2010)</i>	137
6.3	PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA APLICADA EM ESCALA LOCAL ..	140
6.3.1	<i>Caracterização da área de estudo</i>	140
6.3.2	<i>Classificação Climática do município de Serra-ES: do clima zonal ao</i>	
	<i>topoclima</i>	146
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	174
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181

1 INTRODUÇÃO

As características climáticas são de fundamental importância para a organização da sociedade. Segundo Pinto (2002), desde a antiguidade o clima já é considerado fundamental para a configuração da paisagem e para o comportamento e distribuição da população sobre o planeta.

Compreender a variabilidade dos elementos do clima, assim como a sua relação com outros atributos naturais compõe um arcabouço de conhecimentos indispensáveis no desenvolvimento de diversas atividades econômicas, no planejamento de políticas públicas sociais e ambientais, no entendimento de endemismos e em diversas outras demandas científicas.

Além na importância secular dos estudos climáticos para a população em geral, atualmente estudos voltados para a gestão de políticas públicas, planejamento urbano, desenvolvimento agrário, área médica, dentre outras vem demandando cada vez mais informações a respeito do comportamento dos elementos climáticos, sejam eles em escala local ou regional.

Na produção agrícola por exemplo, o clima influencia em diversas etapas da produção, desde o preparo da terra, passando pela semeadura e crescimento, até a colheita e armazenamento (JURCA, 2005).

Neste contexto, as classificações climáticas assumem um importante papel, uma vez que permitem a compreensão sintética das principais características climáticas de um determinado espaço, possibilitando análises de climas de diferentes regiões considerando uma diversidade de aspectos climatológicos e otimizando trocas de informações (NÓBREGA, 2010).

Para Pitton (1985), a classificação climática proporciona uma organização dos elementos climáticos em diversas escalas, delimitando os diferentes tipos de clima sobre a superfície terrestre.

Os importantes avanços tecnológicos ocorridos nos últimos anos, como o desenvolvimento de satélites meteorológicos, o acesso mais facilitado a bancos de dados e a utilização de softwares de geoprocessamento possibilitam a compreensão cada vez mais detalhada das características climáticas.

Neste contexto, Novais (2019) propôs um sistema que classificação climática desenvolvido a partir de uma grande quantidade de dados de reanálise disponíveis gratuitamente, e também por modelagem.

Os limites das unidades climáticas no sistema desenvolvido por Novais (2019) podem ser ajustados de acordo com a escala climática a ser estudada. Este detalhamento das unidades climáticas é um grande avanço para novos estudos regionais dentro da Climatologia Aplicada.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESE

Mediante ao exposto, o objetivo principal deste estudo é realizar uma análise geográfica do clima do estado do Espírito Santo, propondo uma nova classificação climática a partir da delimitação de unidades climáticas desde a escala zonal até a escala topoclimática.

A hipótese deste trabalho é que a aplicação de uma metodologia que se baseia em critérios genético e empíricos de classificação climática resultará em uma classificação climática do Espírito Santo de maneira mais detalhada em comparação as outras classificações existentes, e em várias escalas geográficas abrangendo a climatologia do detalhe até atingir a escala topoclimática

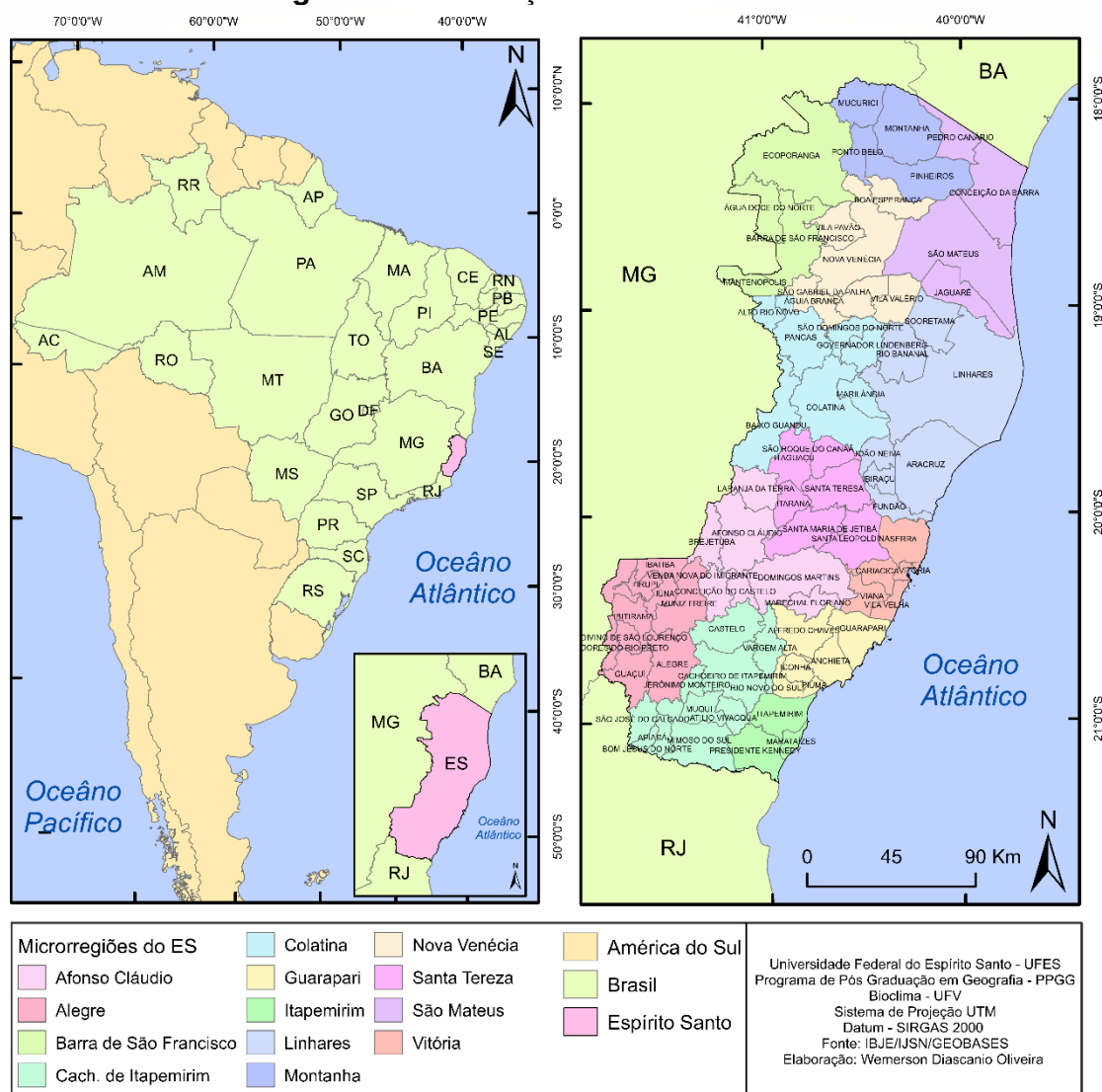
Como objetivos específicos pretende-se:

- Analisar os fatores estáticos e dinâmicos que influenciam no comportamento dos elementos climáticos no estado do Espírito Santo;
- Caracterizar e analisar o regime pluviométrico no estado do Espírito Santo entre o período de 1979 a 2013 a partir de dados de reanálise;
- Caracterizar e analisar os valores de temperatura média e mínima do Espírito Santo entre os anos de 1979 a 2013 a partir de dados de reanálise;
- Delimitar a distribuição da quantidade de meses secos no território do estado do Espírito Santo;
- Delimitar unidades climáticas no estado do Espírito Santo em vários níveis escalares, desde a escala zonal até a microescala.
- Comparar os resultados obtidos através da metodologia de classificação climática de Novais (2019) com outras classificação climáticas já realizadas no estado capixaba.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Espírito Santo é uma das unidades da federação que compõem a região Sudeste do Brasil. O estado capixaba localiza-se entre os paralelos $-17^{\circ}52'$ e $-21^{\circ}19'$ e os meridianos $-39^{\circ}38'$ e $-41^{\circ}50'$, e possui área territorial de 46.078km². Limita-se a Leste pelo oceano atlântico, ao Norte pelo estado da Bahia, ao Sul pelo Rio de Janeiro e a Oeste pelo estado de Minas Gerais. O Espírito Santo é estruturado em 13 microrregiões e conta atualmente com 78 municípios e uma região metropolitana, a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). (Figura 1)

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: Autor

A capital do estado é a cidade de Vitória, porém a mais populosa é a cidade de Serra, localizada na RMGV. O Espírito Santo possui aproximadamente 3.973.697 habitantes, sendo o décimo quarto estado mais populoso do Brasil. A densidade demográfica no estado é de 76,23 hab/km², sendo a sétima maior do Brasil. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010) o grau de urbanização do estado é de 85,0%.

Na economia do Espírito Santo têm destaque a mineração, além da agricultura e pecuária. Na mineração há reservas importantes de granito e mármore para fins ornamentais, além da extração de gás natural e petróleo. O parque industrial do Espírito Santo abriga indústrias químicas, metalúrgicas, alimentícias e de papel e celulose (CUNHA, 2018).

A região norte do estado se destaca pelos relevos mais suaves e tendo como principais atividades a pecuária e a silvicultura; a região central pela alta concentração urbana, e a principal atividade econômica é a industrial (CUNHA, 2018).

Apesar de sua pequena extensão territorial o estado do Espírito Santo possui uma grande diversidade natural. Apresenta em seu interior áreas de relevo acidentado e planos; continentais e costeiras, acarretando em uma gama variada de ambientes e de usos da terra (FEITOZA, 2010).

A seguir serão apresentadas as principais características naturais do estado capixaba, especialmente a geologia, a geomorfologia e o clima do estado do Espírito Santo.

3.1 A Geologia do Espírito Santo

O estado do Espírito Santo apresenta em seu território dois grandes compartimentos geológicos, o embasamento pré-cambriano que está disposto na porção oeste do estado, ocupando a maior área territorial e constituído por rochas metamórficas e ígneas plutônicas; e os depósitos sedimentares localizados na porção oriental, representados pelos depósitos quaternários (fluviais e/ou marinhos) e pela Formação Barreiras (GATO *et al*, 1983).

Embasamento pré-cambriano

O estado do Espírito Santo está localizado na porção setentrional do domínio estrutural da Província Mantiqueira. Seus terrenos são compostos por uma associação de rochas ígneas e metamórficas associadas aos Orógenos Araçuaí e Ribeira (GATO *et al*, 1983; CPRM, 2015).

Segundo Heilbron *et al* (2004), a faixa de dobramentos Orógeno Araçuaí foi edificada ao longo da orogênese Brasileira. Está localizada entre os paralelos 15° e 21° sul, delimitada a noroeste pelo Cráton do São Francisco, a leste pelo oceano atlântico e ao sul pela faixa Ribeira. Divide-se em três compartimentos tectônicos principais, sendo eles:

Domínio tectônico externo: localizado no limite sudoeste do Cráton do São Francisco, é caracterizado pelo metamorfismo da fácies xisto verde a anfibolito baixo nas rochas supracrustais, ausência de magmatismo orogênico e transporte tectônico contra o Cráton de São Francisco. Neste domínio estão esculpidos segmentos da Serra do Espinhaço e chapadas do norte-nordeste de Minas Gerais.

Domínio tectônico interno: este domínio é caracterizado pela presença de rochas graníticas derivadas de diferentes estágios da Orogenia Brasileira, incluindo a zona de sutura com remanescentes oceânicos e o arco magmático cálcio-alcálico. Possui relevo do tipo “mar de morros” com a presença de “pães de açúcar”.

Inflexão setentrional: este compartimento possui características do domínio externo em sua porção norte e do domínio interno ao sul. Corresponde a grande curvatura do Orógeno Araçuaí onde sua maior inflexão se caracteriza por empurrões com transporte para o norte.

O Orógeno Ribeira está presente na porção sul do Estado do Espírito Santo. Segundo Heilbron (2004), esta faixa apresenta *trend* estrutural NE-SW e é resultado da interação entre o Cráton do São Francisco e outra(s) placas e/ou microplaca(s) e/ou arco de ilhas localizadas a sudeste deste cráton, e com a porção sudoeste do Cráton do Congo. Ainda segundo Heilbron (2004), a faixa Ribeira é dividida em cinco terrenos tectono-estratigráficos, sendo eles: Ocidental, Paraíba do Sul, Embu e Oriental, amalgamados há ca. 580 Ma., e o terreno Cabo Frio, colado aos demais há ca. 520 Ma.

Depósitos Quaternários.

A sedimentação quaternária no estado do Espírito Santo é formada por sedimento de origem marinha e continental, composta por terraços arenosos pleistocênicos e holocênicos, pântanos e mangues holocênicos, depósitos flúvio-lagunares holocênicos e depósitos aluvionares holocênicos, associadas, principalmente, à desembocadura do rio Doce (GATO *et al*, 1983).

Terraços arenosos pleistocênicos: São compostos por sedimentos arenosos, escuros e coesos. Estes terraços se referem a penúltima transgressão e ocorrem na porção setentrional do estado do Espírito Santo, nas áreas internas da planície costeira (GATO *et al*, 1983; MARTIN *et al*. 1997).

Terraços arenosos holocênicos: apresentam idades inferiores a última transgressão e são compostos por areias mais claras, de baixa coesão e com presença de conchas. Estes terraços encontram-se na parte externa da planície costeira (GATO *et al*, 1983; MARTIN *et al*. 1997).

Pântanos e mangues holocênicos: constituem-se de sedimentos ricos em matéria orgânica, siltes argilosos, areias silticas e arenosas, quartzosas finas e grossas, mal a moderadamente selecionadas. A maior representatividade ocorre na região de Linhares e é constituída a partir de sedimentos de planícies deltaica, incluindo pântanos, lagos, diques naturais e canais fluviais (GATO *et al*, 1983).

Depósitos flúvio-lagunares holocênicos: são formados a partir da mistura de depósitos fluviais e antigas lagunas e mangues. Localizados nas calhas dos rios Itaúnas, São Matheus e Doce, além de afluentes próximos as suas desembocaduras, são compostos essencialmente por areias e siltes argilosos ricos em matérias orgânica (GATO *et al*, 1983).

Depósitos aluvionares holocênicos: são formados, essencialmente, por sedimentos arenosos. Em menor quantidade estão presentes também sedimentos siltoso, argilosos e cascalho. Sua origem está relacionada aos sedimentos fluviais (GATO *et al*, 1983).

Geologia Estrutural, Neotectônica e Lineamentos

O Estado do Espírito Santo possui importantes estruturas regionais, com destaque para o conjunto de lineamentos com orientação NNW e NW conhecido

como Alinhamento Vitória-Ecoporanga, Zona de Cisalhamento Colatina ou Faixa Colatina (GATO *et al*, 1983).

Segundo Novais *et al.* (2004), sua origem está associada a um processo de deformação dúctil junto a borda sul do Cráton do São Francisco. E sua formação remonta o ciclo Tranzamazônico e a orogenia Brasileira, além de eventos tectônicos posteriores. Associadas à Faixa Colatina, os mesmos autores apontam a existência de um conjunto de falhas transcorrentes de orientação NW-SE e E-W reativadas durante o terciário tardio e quaternário.

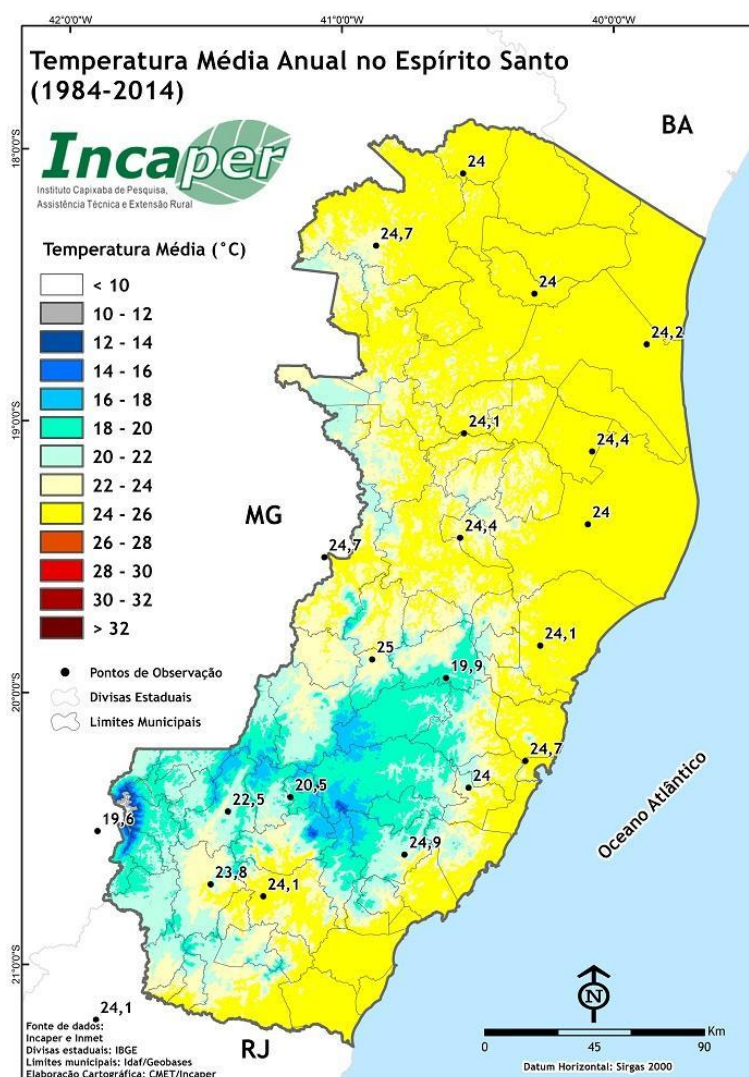
3.2 O clima do Espírito Santo

O Espírito Santo, com uma área de 46.078 km², representa apenas 0,54% da superfície do Brasil. Caracteriza-se por uma ampla extensão latitudinal e grande variação na compartimentação do relevo, indo desde as planícies costeiras de baixas altitudes margeando o oceano atlântico, até áreas serranas elevadas e com relevo acidentado, como o planalto da Pedra Azul e a serra do Caparaó que atinge quase três mil metros de altitude.

Além disto, o estado capixaba sofre influências de diversos sistemas atmosféricos da alta troposfera e também da baixa troposfera. Estes fatores geram uma grande diversidade agroclimática no estado do Espírito Santo, evidenciada através de sua agricultura complexa que apresenta culturas dos tipos tropical, subtropical e até mesmo temperado (FEITOZA, *et al.*, 1999).

De maneira geral, as temperaturas mais baixas são observadas a oeste do estado, enquanto as temperaturas máximas nas planícies costeiras a leste. A média térmica anual é superior a 18°C durante todos os meses do ano. No entanto, nas partes mais elevadas da região serrana as temperaturas atingem médias inferiores a 10°C nos meses mais frios (AMARANTE, 2009). (Figura 2)

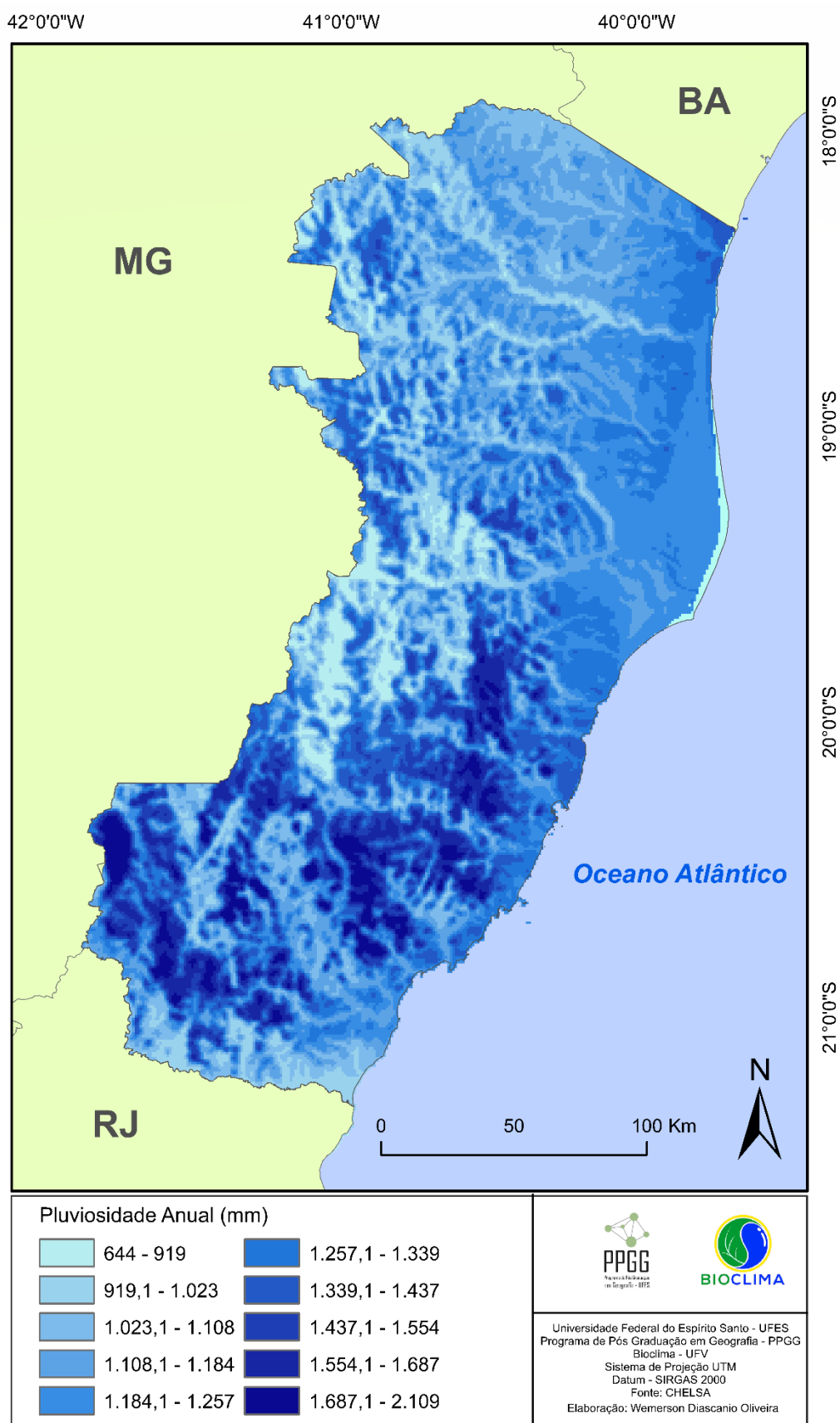
Figura 2: Temperatura média anual no Estado do Espírito Santo



Fonte: INCAPER

Quanto a pluviosidade, o estado capixaba apresenta estação seca no outono/ inverno, sendo atenuada no litoral por frentes frias provenientes do sul do continente. Seguindo a tendência do Sudeste brasileiro (maiores precipitações e temperaturas médias mais baixas nas áreas de maior altitude), observa-se um aumento das chuvas na região das serras capixabas, notadamente no verão. Na primavera e no verão as chuvas são mais abundantes, variando entre 350mm e 600mm acumuladas (AMARANTE, 2009). (Figura 3)

Figura 3: Precipitação anual média acumulada no Estado do Espírito Santo entre 1979 e 2013



Fonte: CHELSA **Elaboração:** Wemerson Diascanio Oliveira

Segundo Silva *et al.* (2011), as precipitações no estado capixaba sofrem grande influência da maritimidade/continentalidade, do relevo e das linhas de instabilidades (IT), sobretudo no período do verão.

Segundo os dados do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), a instabilidade termodinâmica acarreta a formação de nuvens conectivas e chuvas intensas, especialmente nas porções noroeste, serrana e Caparaó que chegam a atingir 500mm de chuva acumulada no verão, enquanto no litoral o quantitativo é entre 300mm e 400mm (INCAPER, 2013).

Os meses de novembro a janeiro são os que apresentam maiores índices pluviométricos no estado. As áreas mais altas do estado recebem até cerca de 300mm de chuva mensais, enquanto nas áreas mais baixas a precipitação gira em torno de 200mm (SILVA *et al.*, 2011).

No inverno o Espírito Santo é caracterizado pelo período mais seco do ano, apresentando em média volume pluviométrico abaixo dos 100mm por mês na porção oeste, e 200mm e 300mm na porção sudeste e em torno dos 100 mm e 200mm nas demais regiões. Neste período o principal sistema meteorológico que atua sobre o estado são as Frentes Frias e a Massa de ar Polar Atlântica (mPa) diminuindo as precipitações (INCAPER, 2013).

Para o melhor entendimento dos fatores controladores do clima capixaba, a análise discorrerá diferenciando os fatores estáticos e dinâmicos, lembrando que todos atuam simultaneamente e em constante interação.

Fatores dinâmicos

A caracterização climática do território capixaba é baseada na atuação de diversos sistemas atmosféricos, sendo os principais: as linhas de instabilidade, a Frente Polar Atlântica (FPA), a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), a Massa Polar Atlântica (mPa), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Massa Tropical Atlântica (mTa) e os movimentos de Brisas marinhas/oceânicas e as de montanha.

A massa polar (mPa) possui grande atuação entre os meses de maio e agosto, contribuindo para a redução das temperaturas na região sudeste como um todo, e no Espírito Santo em particular. A influência da mPa na redução das

temperaturas é ainda mais proeminente nas áreas mais altas do estado capixaba (NIMER, 1972).

O deslocamento das correntes de Sul, em especial o anticiclone polar atlântico, forma extensas zonas de frontogênese, ou linhas de instabilidade, quando encontram as massas tropicais equatoriais e tropicais. A formação destas zonas de perturbação frontal é particularmente importante na conformação do clima capixaba, uma vez que são responsáveis pela gênese de cerca de 2/3 da pluviosidade na região Sudeste do Brasil (SANT'ANNA NETO, 2005).

A Frente Polar Atlântica (FPA) é representada pela invasão de anticiclones polares (frentes frias) que ocorrem no Espírito Santo principalmente nos meses de outubro a março. Nestes meses o choque da FPA com o ambiente quente e úmido traz chuvas mais ou menos abundantes para o estado. Durante a primavera e verão a FPA pode provocar chuvas no Norte e interior do Estado.

Já no inverno esta frente polar consegue atingir com mais frequência a porção litorânea (NIMER, 1972). Esse sistema também é responsável por fortes chuvas orográficas que ocorrem na região serrana do estado em decorrência do encontro dessas massas polares com o relevo presente na fachada atlântica da Região Serrana.

Segundo Nunes et al. (2009) o impacto das frentes úmidas nos índices pluviométricos no norte do estado é reduzido em virtude do domínio de situações anticiclônicas que ocorre a partir da região central. Nestas áreas, segundo os autores, o principal fator responsável pelas chuvas na região são as linhas de instabilidade tropicais, sendo uma das principais justificativas para a baixa precipitação anual na região norte do estado do Espírito Santo.

Este fato foi confirmado por Uliana et al (2013), no estudo os autores apontaram que os municípios das regiões norte e nordeste do estado do espírito dando apresentam os menores índices pluviométricos, enquanto os do sul, região serrana e Caparaó os maiores. Ainda segundo os atores, além do relevo, a atuação dos sistemas atmosféricos explica essa heterogeneidade na distribuição pluviométrica no território capixaba.

As correntes de Leste, materializada na baixa troposfera pela massa tropical atlântica (mTa), possui maior atuação ao longo do litoral no verão. Este sistema provoca estabilidade atmosférica e elevação das temperaturas. Em

função da rugosidade do relevo, a atuação deste sistema provoca chuvas relativamente abundantes no litoral, com diminuição da umidade à medida que transpõem as vertentes penetrando para o interior, contribuindo para um aumento da umidade nas encostas a barlavento, enquanto acarreta ressecamento adiabático nas encostas a sotavento (SANT'ANNA NETO, 2005).

A ASAS, localizada na costa oriental da América do Sul, exerce influência decisiva sobre o tempo e o clima no Brasil e no Espírito Santo, tanto no inverno quanto no verão. No inverno, ela inibe a entrada de frentes e causa inversão térmica e concentração de poluentes nos principais centros urbanos das regiões sudeste e sul. No verão o transporte de umidade nos baixos níveis troposféricos ao longo da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A dinâmica desse sistema também favorece a formação de nevoeiros e geadas no sul e sudeste do Brasil (BASTOS; FERREIRA, 2000).

A ZCAS caracteriza-se por ser uma banda de nebulosidade de orientação Noroeste-Sudeste que ocorre sobre a América do Sul principalmente no verão. Este sistema é um dos principais responsáveis pela ocorrência de chuvas nos estados da região sudeste (SANTA'NNETO, 2005).

A formação das ZCAS está associada a interação de vários outros sistemas, como por exemplo, o Jato de Baixos Níveis (JBN) e ventos do anticiclone subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (REBOITA et al., 2010).

A duração média das ZCAS é de três ou mais dias, e nos momentos de sua atuação observa-se grande incidência de chuvas, especialmente na porção centro-sul do Espírito Santo (AMARANTE, 2009).

Além dos processos de escala sinótica tratados acima, os mecanismos de mesoescala tais como: brisas marinhas e terrestres, ventos de montanha e de vale, jatos noturnos, entre outros também podem influenciar nos parâmetros climáticos no estado capixaba (AMARANTE, 2009).

As regiões capixabas com incidência de ventos mais intensos são os litorais Sul e Centro-Norte. Essas regiões recebem tanto os ventos de escalas superiores da atmosfera quanto os ventos provenientes de mecanismos de mesoescala, especialmente as brisas marinhas e terrestres.

O movimento de Brisas marinhas e terrestres impactam fortemente no clima da região costeira do estado, influenciando na precipitação e na

temperatura do ar em virtude do transporte de umidade e na regulação térmica exercida pelo oceano (CERQUEIRA, 2016).

Na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) por exemplo, Mattiuzzi e Marchioro (2012) demonstraram que os ventos de brisa ocorrem predominantemente de nordeste. Entretanto, com a incidência de Frentes Frias a direção predominante passa a ser de sudoeste. Já sob influência das ZCAS a direção varia bastante, sendo observados ventos de sul, sul-sudeste, oeste e oeste-noroeste.

Nas regiões serranas também são observados ventos de mesoescala, nesse caso os mecanismos responsáveis são as brisas de montanha-vale e acelerações orográficas (AMARANTE, 2009).

Fatores Estáticos

O clima do estado capixaba é fortemente influenciado pela sua localização geográfica, pela sua diversidade quanto as formas de relevo e altitudes de sua superfície e pelos efeitos da continentalidade maritimidade (SILVA *et al*, 2011).

Segundo Nascimento (2017), em relação a pluviosidade não necessariamente a altitude em si é o fator preponderante na conformação do clima, mas sim a rugosidade e localização. Em seu estudo o autor demonstrou que locais em mesma altitude podem ter quantitativos pluviométricos diferentes quando posicionadas a barlavento ou a sotavento, inclusive quando se analisa as chuvas decorrentes de fatores produtores de tempo em escala global.

A posição geográfica do estado capixaba entre os paralelos 18° e 21° Sul insere o mesmo na zona tropical do planeta. Nas regiões intertropicais a incidência da radiação solar depende especialmente da altura solar sobre o horizonte. Assim, os períodos mais quentes do ano no estado capixaba são observados na primavera e no verão, uma vez que a incidência dos raios solares está em ângulo mais elevado e o tempo de radiação solar é maior (NIMER, 1972).

Já o período com as temperaturas mais amenas vai de maio a agosto, atingindo o mínimo em junho e julho. Durante este período os raios solares incidem sobre o hemisfério sul com máxima inclinação, resultado em um declínio das temperaturas. Associado a isso, têm-se também redução no tempo de radiação com dias mais curtos e noites mais longas (NIMER, 1972).

Um ponto importante a se destacar é o fato de a latitude não influenciar o comportamento da temperatura do ar de maneira homogênea ao longo do ano em todo o território capixaba. No estudo realizado por Pezzopane *et al* (2004) os autores demonstraram que a latitude foi pouco significativa para a diferenciação da temperatura do ar entre as diferentes localidades do estado nos meses de janeiro e dezembro, sendo mais proeminente a sua influência nos meses de inverno.

O principal fator condicionador dos contrastes térmicos no território capixaba é o relevo. Segundo Nimer (1972), a orografia determina nas regiões mais altas períodos de inverno com temperaturas amenas e verões com valores térmicos diários não muito elevados.

A presença da serra do Caparaó disposta no sentido Norte-Sul, além de produzir amenização das temperaturas em algumas regiões também exerce um papel importante na distribuição das chuvas, gerando locais com maiores índices de pluviosidade nas encostas a barlavento e menores totais pluviométricos a sotavento (SANTANANETO, 2005).

Segundo Silva *et al.* (2011), o relevo é o principal fator responsável pela distribuição desigual da pluviosidade no território capixaba. Na porção litorânea as chuvas geralmente são menos abundantes quando se comparada ao quantitativo observado nas regiões serradas do estado. As áreas mais elevadas estão sujeitas à entrada dos ventos alísios e também de massa de ar quente advindas do oceano, e que sob influência da altitude acarretam chuvas nas áreas à barlavento.

As áreas elevadas da região Centro-Sul do estado do Espírito Santo, especialmente no Caparaó Capixaba, recebem mais de 1.800 mm de chuva por ano. Já os municípios da faixa litorânea, sobretudo Vitória, Serra e Linhares e da porção Norte e Oeste do estado recebem as menores quantidades de chuvas. Além de serem regiões de menor altitude, as regiões Norte e Oeste em particular sofrem o fenômeno conhecido como “sombra de Chuva” (SILVA *et al.* 2011).

A influência do relevo no clima capixaba também é notada na temperatura, Segundo Bernardes (1951) a maior parte do Espírito Santo é caracterizada por temperaturas elevadas, alcançando médias superiores a 22°C no mês mais quente e 18°C no mês mais frio. Já nos municípios da região serrana as temperaturas são inferiores a 20°C em quase todos os meses do ano. Nos

meses mais frios as temperaturas podem chegar a menos de 10°C nos pontos mais altos do estado (AMARANTE, 2009).

3.3 A Geomorfologia e Topografia do Espírito Santo

A caracterização geomorfológica do estado do Espírito Santo que será apresentada neste capítulo é baseada no projeto “Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo”. Os produtos deste mapeamento foram elaborados em parceria pelo Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias (LCGGEO) do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e equipe técnica da Coordenação de Geoespacialização do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). O objetivo do estudo foi de realizar um refinamento sobre o mapeamento Geomorfológico realizado pelo Projeto Radambrasil (COELHO *et al*, 2012).

Para o mapeamento realizado no projeto foram utilizados produtos do Projeto Radambrasil, como os mapas Geomorfológicos em escala de 1:250.000, Mapas Geomorfológicos e Geológicos em escala de 1.000.000 nos volumes 32 e 34; Relatórios dos Volumes 32 e 34 no formato analógico e digital (RADAMBRASIL, 1983 e 1987) e consulta no Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009). Em algumas situações foram feitos alguns detalhamentos a partir de fotografias aéreas ortorretificadas com resolução espacial de 1 x 1m do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA/ES (2007/2008), além do mapa de declividades e rede de drenagem derivados dos dados da Missão SRTM (COELHO *et al*, 2012).

O Estado do Espírito Santo apresenta em seu território quatro compartimentos geomorfológicos principais, sendo eles: I- Serras e Morros; II- Colinas e Maciços Costeiros; III- Tabuleiros Costeiros; IV- Planícies Costeiras (GATTO *et al*, 1983).

Serras e Morros: as Serras e Morros correspondem a unidade geomorfológica denominada de Patamares Escalonados do Sul Capixaba. Alicerçada sobre rochas do embasamento pré-cambriano, esta unidade apresenta diferentes níveis topográficos e sua morfoestrutura é caracterizada

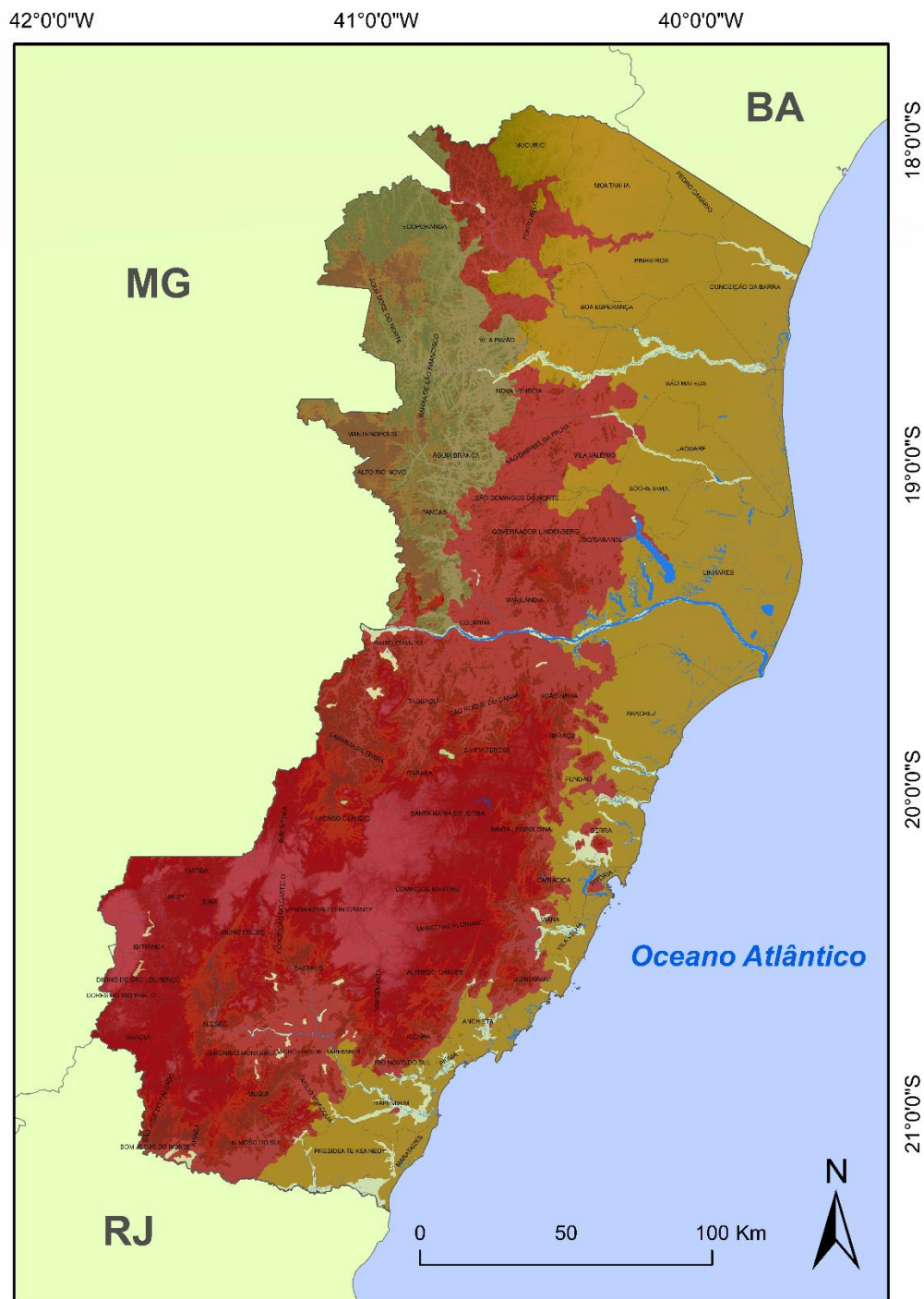
pelo basculamento de blocos, presença de sulcos estruturais, relevos alongados e rios encaixados e encachoeirados (GATTO et al, 1983).

Colinas e Maciços Costeiros: este compartimento é caracterizada por apresentar baixos valores altimétricos e topografia deprimida resultante de dobramentos e fraturamentos de sua estrutura. Sua presença é mais predominante na porção sul do estado, sendo marcada na paisagem através de colinas baixas e dissecadas (GATTO et al, 1983).

Tabuleiros Costeiros: desenvolvem-se sobre os sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras e são constituídos de relevos dissecadas e topos aplainados e convexizados. Sua altitude varia de 15 a 40 metros e possuem padrão de drenagem subdentrítico com canais largos que formam planícies coluvionadas. Na porção litorânea os Tabuleiros Costeiros apresentam encostas em formato de falésias em contato ou não com o mar (GATTO et al, 1983).

Domínios Morfoestruturais e Regiões Geomorfológicas

O estado do Espírito Santo está inserido em três Domínios Morfoestruturais, sendo eles: os Maciços Plutônicos, a Faixa de Dobramentos Remobilizados e os Depósitos Sedimentares (MENDES et al, 1987). (Figura 4)

Figura 4: Morfoestruturas do Espírito Santo**Domínios Morfoestruturais do ES**

- Depósitos Sedimentares
- Faixa dos Dobramentos Remobilizados
- Maciços Plutônicos
- Acumulação Fluvial
- Corpo d'água

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
 Programa de Pós Graduação em Geografia - PPGG
 Bioclíma - UFV
 Sistema de Projeção UTM
 Datum - SIRGAS 2000
 Fonte: IBGE/IJSN/GEOBASES
 Elaboração: Wemerson Diascanio Oliveira

Fonte: IJSN Organização: Autor

O *Domínio Morfoestrutural Maciços Plutônicos* ocupa a porção noroeste do estado e caracteriza-se por apresentar compartimentos elevados e deprimidos formados durante a reativação tectônica do Ciclo Brasileiro. Nele estão inseridas duas regiões: a Região Compartimentos Deprimidos e a Região dos Planaltos Soerguidos (GATTO *et al*, 1983).

A *Faixa de Dobramentos Remobilizados* ocupa a maior porção do território espírito-santense. Este domínio apresenta relevo acidentado controlado estruturalmente e marcado por extensas linhas de falha, escarpas de grandes dimensões e relevo alinhado de acordo com os dobramentos originais e com as reativações tectônicas recentes. Neste domínio estão inseridas duas regiões: a Região da Mantiqueira Setentrional e a Região Colinas e Maciços Costeiros (GATTO *et al*, 1983).

O *Domínio Depósitos Sedimentares* presente ao longo da Costa do Espírito Santo caracteriza-se litologicamente pela presença de sedimentos continentais do Grupo Barreiras, além de sedimentação quaternária de origem marinha, fluvial, fluviomarinha, lacustre, eólica e coluvionar. Nesta unidade estão presentes: a Região Planícies Costeiras e a Região dos Tabuleiros Costeiros (GATTO *et al*, 1983).

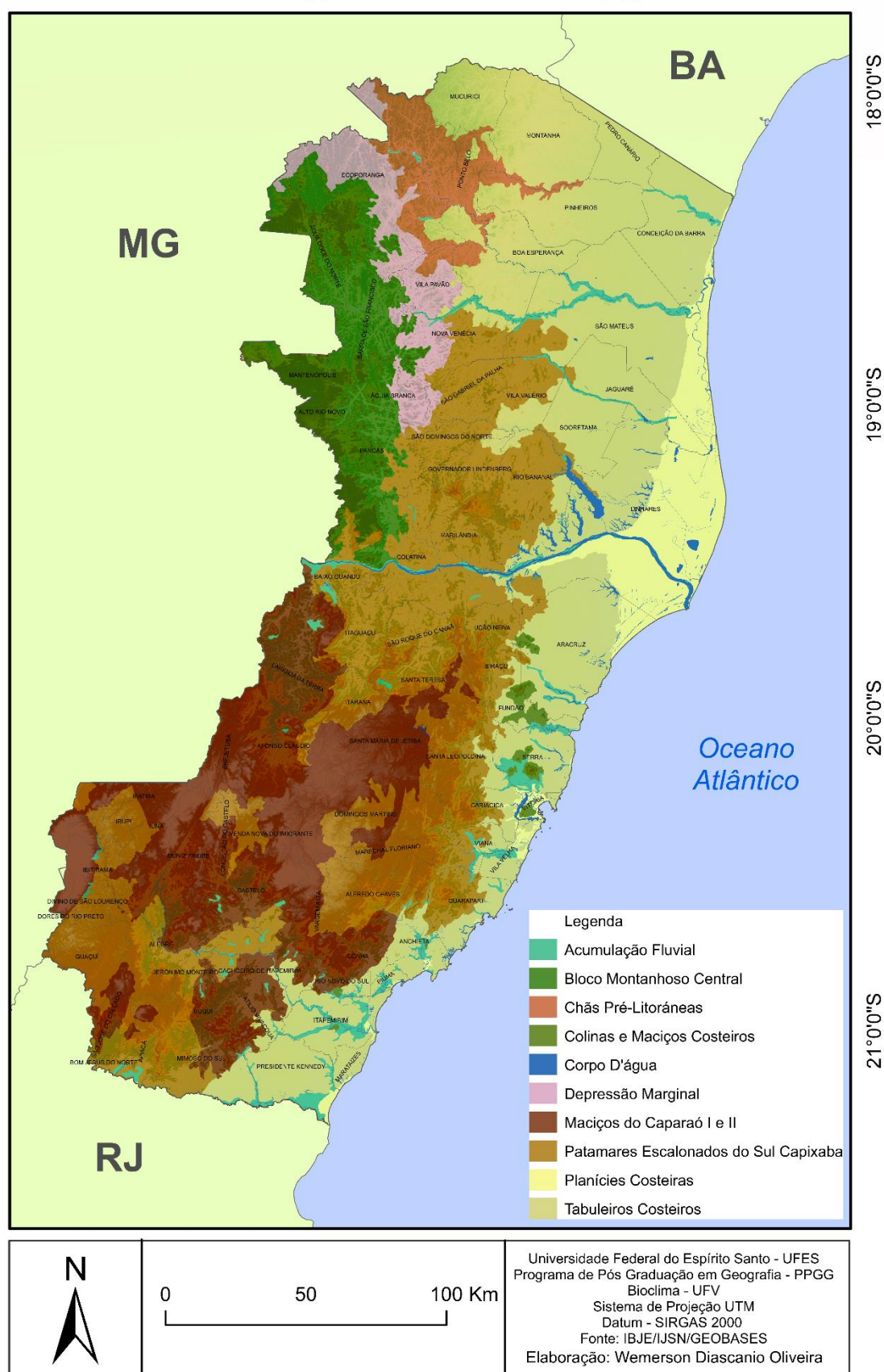
Unidades Geomorfológicas

O território capixaba é classificado em 9 unidades geomorfológicas, sendo elas: Planícies Costeiras, Estuários e Praias; Tabuleiros Costeiros; Colinas e Maciços Costeiros; Chãs Pré-Litorâneas; Maciços do Caparaó I e II; Patamares Escalonados do Sul Capixaba; Depressão Marginal; Bloco Montanhoso Central; (GATTO *et al*, 1983; COELHO *et al*, 2012). (Figura 5)

Figura 5: Unidades Geomorfológicas do Espírito Santo

41°0'0"W

40°0'0"W



Fonte: IJSN Organização: Autor

Planícies Costeiras, Estuários e Praias

Essa unidade distribui-se na porção nordeste do território capixaba entre o Oceano Atlântico e os Tabuleiros Costeiros. Ocupando apenas 5% da superfície do estado, engloba faixas de praias e desembocaduras dos rios que se dirigem sentido ao litoral. Sua característica decorre de ações combinadas das correntes marinhas paralelas à costa, aos aportes fluviais e às ações eólicas (COELHO *et al*, 2012).

Tabuleiros Costeiros

É a maior unidade geomorfológica do estado capixaba, ocupando cerca de 29% da superfície. Distribuem-se principalmente desde o sopé das elevações cristalinas, limitando-se a oeste pelas Unidades Chãs Pré-Litorâneas, Depressão Marginal, Patamares Escalonados e Baixadas litorâneas, até as Planícies Quaternárias. São formadas por sedimentos cenozóicos do Grupo Barreiras, composto de areias e argilas variegadas com eventuais linhas de pedra, disposto em camadas com espessura variada (COELHO *et al*, 2012).

Colinas e Maciços costeiros

São formações dispostas de maneira irregular na porção leste do território capixaba. Segundo Coelho *et al*. (2012) esta unidade ocupa apenas 1% da superfície e caracterizam-se por ser uma área de topografia deprimida, com reduzidos valores altimétricos em relação a outras unidades, refletindo estrutura fraturada e dobrada. Por estarem assentadas sobre o relevo plano dos tabuleiros costeiros, muitas vezes essas formações destacam-se na paisagem, como é o caso do Maciço Mestre Álvaro no município de Serra que possui cerca de 800m de altitude.

Chãs Pré-litorâneas

Esta unidade representa cerca de 3% do território do estado do Espírito Sando. É constituído por uma superfície dissecada e rampeada, partindo das elevações que os cercam em direção a costa (COELHO *et al*, 2012).

Maciços do Caparaó I e II

Esta unidade é a porção mais alta do estado capixaba, possuindo média altimétrica de 600m com elevações que podem atingir mais de 2.800m. Nela encontra-se a 3ª elevação mais alta do Brasil, o Pico da Bandeira com 2.991 metros de altitude. Os maciços do Caparaó I e II caracterizam-se por um modelado intensamente dissecado a partir da conjunção de influências de eventos tectônicos sobre as rochas e de climas predominantemente úmidos. São observadas formas de dissecação orientadas por falhas intercruzadas, escarpas adaptadas e falhas e elevações residuais (COELHO *et al*, 2012).

Patamares Escalonados do Sul Capixaba

Esta unidade, apesar de também apresentar aspecto morfológico acidentado, diferencia-se das demais áreas elevadas do Sul do Espírito Santo por apresentar relevo estruturado em patamares resultantes de níveis diferentes de dissecação. A estruturação e esculturarão do relevo são fortemente controladas por falhas geológicas, em especial as da Faixa Colatina, apresentando estruturas fraturadas e dobradas, rios e vales encaixados, além de serras alinhadas com frentes escarpadas e vertentes longas e íngremes (GATTO *et al*, 1983).

Depressão Marginal

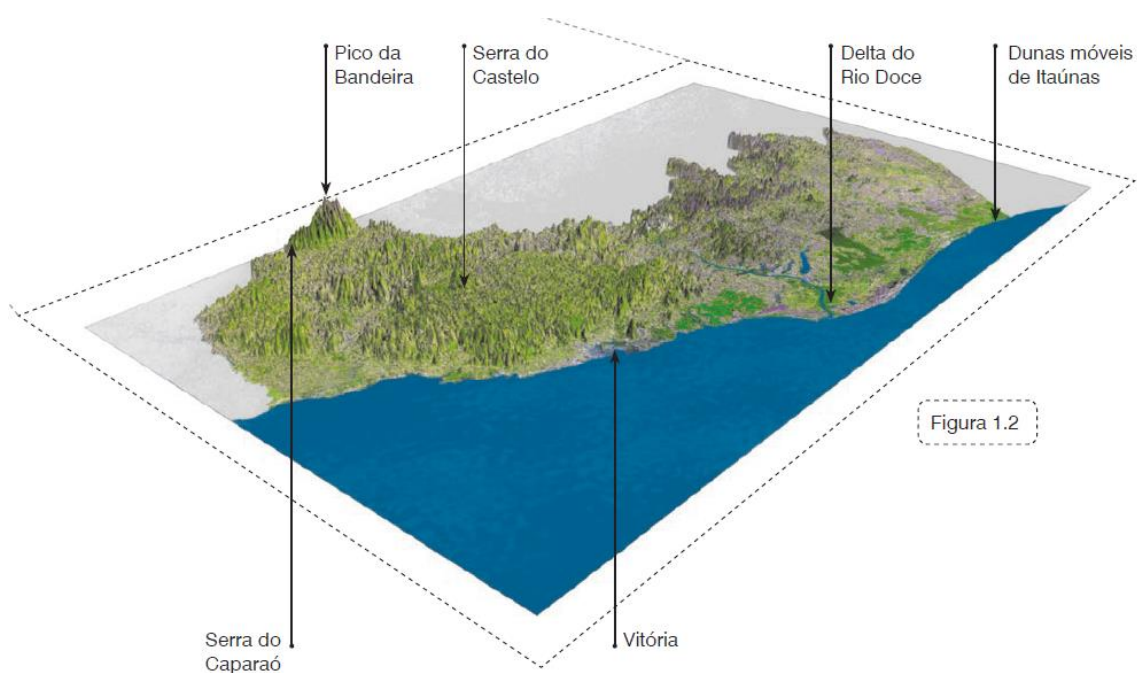
Ocupa 4% do território capixaba limitando-se a oeste pela unidade Bloco Montanhoso Central e a leste pelos Tabuleiros Costeiros, Planaltos Escalonados do Sul Capixaba e Tabuleiros Costeiros. Possuem uma configuração irregular, marcada por reentrâncias, decorrentes de sua evolução geomorfológica controlada pela dissecação fluvial, propiciando a sua penetração entre as encostas íngremes das elevações que o rodeiam (COELHO *et al*, 2012).

Bloco Montanhoso Central

Esta unidade está disposta na porção Noroeste do estado do Espírito Santo e apresenta aspecto acidentado. Sua morfologia é realçada pelos núcleos plutônicos originados a partir de retomadas erosivas decorrentes do abaixamento dos níveis de base da drenagem em consequência de oscilações climáticas e movimentações estruturais (COELHO *et al*, 2012).

O Espírito Santo pode ser dividido basicamente em duas regiões topográficas distintas. A região costeira formada por tabuleiros e a região serrana formada por planaltos. (Figuras 6 e Figura 7)

Figura 6: - Características topográficas do Estado do Espírito Santo, através de mosaico LANDSAT 5 sobreposto ao relevo com escala exagerada em 10 vezes.



Fonte: Amaranto (2009)

Os tabuleiros representam cerca de 40% do território capixaba excedendo-se por aproximadamente 436 km² e possuem altitude média de 50m. Ocupam toda a baixada litorânea se alargando a partir da capital Vitória em direção ao norte do estado (CUNHA, 2018). (Figura 6)

Já a região de relevo acidentado ocupa 60% do território do estado e está disposta na porção oeste e sul do, sendo mais proeminente a sua presença ao sul da capital capixaba. É formada por maciços montanhosos de até 2 mil metros de altitude, apresentando alguns pontos extremos com quase 3 mil metros, como o Pico da Bandeira presente na unidade geomorfológica do Maciço do Caparaó (CUNHA, 2018). (Figura 6)

Na faixa costeira estão presentes afloramentos e promontórios cristalinos pré-cambrianos, tabuleiros terciários da Formação Barreiras e planícies costeiras quaternárias. Nesta porção do estado destaca-se, o delta do rio Doce, as dunas móveis de Itaúnas e a Ilha de Vitória.

No centro-norte do estado observa-se um relevo com características peculiares, caracterizador pela presença de “pontões” e “pães-de-açúcar”, esculpidos em rocha nua e formando um “mar de morros” bastante homogêneo, decorrentes das características dos granitoides megaporfíricos existentes na região (CUNHA, 2018).

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Clima e Escala

Na Grécia antiga afirmava-se que, quando o tamanho muda, as coisas mudam (CASTRO, 2000). Esta afirmação foi corroborada por Lacoste (1985) em sua obra *“La Géographie, Ça sert d’abord, pour faire la guerre”*. O autor aponta que os fenômenos se manifestam qualitativamente e quantitativamente de maneiras diferentes em decorrência do tamanho das superfícies (CASTRO, 2000).

De fato, os fenômenos meteorológicos e o comportamento dos elementos climáticos observados em uma praça podem ser díspares aos manifestados em um bairro, uma cidade, um estado ou um continente. No entanto, a hierarquização e a definição taxonômica das escalas do clima não se limitam à extensão do terreno analisado, uma vez que, para a climatologia, a cada escala horizontal, ou seja, área de abrangência da superfície, há uma escala vertical na qual os processos e dinâmicas dos elementos climáticos irão se manifestar (OLIVEIRA, 2018).

Maciçoiro (1999) em sua discussão sobre as bases da climatologia geográfica utiliza três exemplos de fenômenos climáticos conhecidos no meio científico para demonstrar que os fatores responsáveis pela caracterização climática variam conforme a escala de abrangência e a escala de análise. O autor parte do nível de maior generalização, no caso o El Niño/La Niña, passa por um fenômeno de mesoescala, as secas no Nordeste brasileiro, e conclui com tema em microescala sobre as enchentes em áreas urbanas.

A complexidade dos fenômenos meteorológicos são, por natureza, contínuos e indivisíveis. Assim, inevitavelmente qualquer proposta de fragmentação da atmosfera será feita impondo limites artificiais (ASSIS, 2010).

Entretanto, como apontado por Castro (2000), tão importante quanto entender que os fenômenos mudam em virtude do tamanho das superfícies, é identificar como mudam e por que mudam. Para obtermos estas respostas, a análise climática necessita de categorias espaciais que auxiliem o entendimento e o mapeamento dos processos que ocorrem entre a superfície e a atmosfera (ASSIS, 2010). Uma vez que todo fenômeno possui uma escala mais apropriada para dimensioná-lo, mensurá-lo, observá-lo e analisá-lo (CASTRO, 2000).

Apesar da questão escalar ser um ponto central na discussão climatológica, a literatura ainda se mostra um pouco confusa, uma vez que encontramos ordens de grandeza diferentes com a mesma nomenclatura, terminologias iguais para diversas extensões horizontais e verticais de abrangência, além de técnicas de análise com aplicações científicas para diversos processos dominantes.

Portanto, neste capítulo iremos tratar das diferentes escalas climatológicas encontradas na literatura, apresentando as divergências entre si, as contribuições dos autores, e por fim a relação entre elas e a metodologia proposta por Novais (2019) que será utilizada no desenvolvimento desta tese.

Nos estudos climatológicos encontramos diversas terminologias para dimensionar a escala na qual seja possível observar e analisar os fenômenos climáticos de maneira mais adequada, como por exemplo: macroclima, mesoclima, topoclima, microclima, clima regional, clima local, entre outros (ASSIS, 2010).

Maciçoiro (2015) elaborou um quadro didático com o intuito de demonstrar as relações taxonômicas das unidades climáticas. Sua sistematização foi elaborada a partir da hierarquia taxonômica das paisagens geomorfológicas de Cailleux e Tricart (1956). O autor relaciona as ordens de grandeza, com as unidades de urbanização e as estratégias de abordagem. (Quadro 1)

Quadro 1: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano.

Ordens de grandeza (Cailleux e Tricart)	Escala de Tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégia de abordagem		
				Meios de Observação	Fatores de Organização	Técnicas de análise
II	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites / Nefanálises	Latitude / Centros de Ação Atmosférica	Caracterização Geral Comparativa
III	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas Sinóticas / Sondagens Aerológicas	Sistemas Meteorológicos (Circulação Secundária)	Redes Transectos
IV	1:1.000.000 1:500.000	Sub. Regional (Fácies)	Megalópole / Grande área Metropolitana	Rede Meteorológica de Superfície	Fatores Geográficos	Mapeamento Sistemático

V	1:250.000 1:100.000	Local	Área Metropolitana / Metrópole	Posto Meteorológico / Rede Complementar	Interação Geológica / Ação Antrópica	Análise Espacial
VI	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade Grande / Bairro ou Subúrbio de Metrópole	Registros Móveis (Episódicos)	Urbanismo	Especiais
VII	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena Cidade / Fácies de bairro ou de Subúrbio de cidade	Detalhe	Arquitetura	
VIII	1:2.000	Microclima	Grande Edificação / Habitação / Setor de Habitação	Baterias de Instrumentos Especiais	Habitação	

Fonte: Maciçoiro (2015)

A proposta elaborada por Maciçoiro (2015) evidencia que para cada objetivo da pesquisa climatológica existe uma escala horizontal de abordagem mais adequada, técnicas de pesquisas apropriadas, fatores condicionantes do fenômeno climático a serem observados e por fim dimensões climáticas que melhor se enquadram à pesquisa.

A relação entre as unidades climáticas propostas por Maciçoiro (2015) e as ordens de grandeza de Cailleux e Tricart (1956) são bem claras nas ordens de grandeza maiores, como os Climas Zonal e Regional, e nas ordens de grandeza menores, como o Mesoclima, Topoclima e Microclima. Já nas unidades intermediárias, segundo Maciçoiro (2015), mais especificamente a Sub-Regional e a Local, a relação torna-se mais discutível.

Segundo Mendonça e Dani-Oliveira (2007) o dimensionamento da área de estudo constitui um dos primeiros passos para o desenvolvimento das pesquisas climatológicas. Nesse sentido, os autores apontam que a escala climática se refere à dimensão espacial e temporal no qual os fenômenos climáticos são estudados.

Entre as escalas espaciais mais conhecidas na climatologia tem-se a macroclimática, mesoclimática e a microclimática. A noção de escala na climatologia implica de certa forma um arranjo hierárquico, visto que o microclima está inserido no mesoclima, que por sua vez está inserido no macroclima (Mendonça; Dani-Oliveira, 2007).

Buscando definir de maneira mais clara e precisa as dimensões para cada uma das categorias de análise climática, porém sem estabelecer limites rígidos entre elas, Mendonça e Dani-Oliveira (2007), categorizam o clima da seguinte forma:

Macroclima: é a maior das unidades climáticas. Compreende os estudos de superfícies muito extensas, das células de circulação geral da atmosfera e dos sistemas atmosféricos de larga escala. Essa escala abrange o clima global, o clima zonal e o clima regional. A extensão espacial dessa unidade escalar é superior a ordem de milhões de km², abrangendo frequentemente áreas continentais. Verticalmente podem atingir mais de 20.000 metros.

Mesoclima: é a unidade intermediária entre as de grandeza superior e inferior do clima, corresponde a influência da cidade, compreendendo vários climas locais. Sua estrutura vertical atinge a *Urban Bondary Layer* (camada limite urbana). São considerados efeitos de mesoescala os fenômenos extra-urbanos, como os sistemas de brisas, as barreiras topográficas, as linhas de instabilidades locais, etc. Apresenta dimensão espacial iguais ou superiores à própria cidade. Horizontalmente pode variar de 100m a 20.000m e verticalmente pode atingir até 6.000m.

Clima Local e Topoclima: estão inseridos no clima regional. Ambas as escalas representam regiões com características microclimáticas semelhantes. O clima local é definido por aspectos específicos, como uma grande cidade, um litoral, uma área agrícola e uma floresta. Já o topoclima é definido pelos aspectos do relevo. Sua estrutura horizontal varia de 100m a 10.000m e verticalmente pode chegar aos 1.000 metros de altitude.

Microclima: é a menor e mais imprecisa unidade climática escalar. Sua extensão horizontal pode ir de alguns centímetros até a dezenas de metros, limitando-se à *Urban Canopy Layer* (camada do dossel urbano). Representa as condições atmosféricas associadas à influência direta de elementos urbanos individuais e de seus arranjos primários (ruas, pequenos jardins, edifícios, etc.).

Nota-se aqui uma diferenciação entre a proposta de Mendonça e Dani-Oliveira (2007) e Maciçoiro (2015). Enquanto para os primeiros o Clima Local e

o Topoclima possuem a mesma extensão horizontal, diferenciando-se pelo fator controlador das características climáticas, para Maciço o Clima Local está na transição entre as grandezas superiores e inferiores de análise climática.

Os esforços para o enquadramento taxonômico dos fenômenos e definições escalares dos processos são complexos, tanto para a climatologia quanto para outras áreas do conhecimento. O alto grau de subjetividade e generalização empregado nos métodos de hierarquização e classificação é apontado como um dos principais complicadores desse processo (ASSIS, 2010).

Segundo Ribeiro (1993), ao definir uma taxonomia de escalas do clima, alguns critérios são comuns na orientação das definições escalares, sendo eles:

- 1- As escalas superiores são aquelas mais próximas do nível planetário, enquanto as escalas inferiores são aquelas mais próximas da superfície da Terra;
- 2- As combinações de processos físicos que ocorrem em uma escala superior impactam em modificações no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores, enquanto que os processos e interações físico-químicas ocorridos nas escalas inferiores possuem repercussão limitada nas escalas superiores.
- 3- O grau de dependências da radiação extra-terrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores;
- 4- Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro;
- 5- A extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional sendo, portanto, volumétrica a noção de extensão, em Climatologia, e tendo como limite superior o próprio limite da atmosfera terrestre.

Nesse sentido, Ribeiro (1993) propõe 5 ordens de grandeza têmporo-espacial para o fenômeno climático, sendo elas:

O Clima Zonal: Abarca fenômenos climáticos com extensão horizontal entre 1000 e 5000 quilômetros e verticalmente atingem toda a atmosfera. A zonalidade resulta da distribuição desigual de energia solar em virtude da curvatura da terra

e inclinação do eixo ao plano da elíptica, produzindo características climáticas em virtude da posição latitudinal

O Clima Regional: A existência de um clima regional no interior do clima zonal se deve a capacidade de fatores da superfície, como a distribuição de áreas continentais e marítimas, rugosidade dos continentes, correntes oceânicas, entre outros de modificar as características climáticas em determinado espaço. Os climas regionais apresentam extensão horizontal entre 150 e 2500 quilômetros e verticalmente estão limitados pelos fenômenos que ocorrem abaixo da Tropopausa. Para a compreensão dos climas regionais sugere-se a utilização de dados anuais, sazonais ou mensais que representem os mecanismos de atuação dos sistemas atmosféricos e da circulação intermediária.

O Mesoclima ou Clima Local: O clima local é derivado das modificações no fluxo energético e na troca de massa ocorrida no clima regional em virtude de feições fisiográficas ou ações antrópicas. No que se refere às características naturais, destaca-se a ação do relevo que cria diferentes climas locais a barlavento e a sotavento, além do papel altimétrico na diferenciação climática. Já a ação antrópica cria climas locais sob dois aspectos: primeiro pela modificação da superfície com a retirada da cobertura natural a inserção de construções, e em segundo lugar com a modificação da composição atmosférica fruto da emissão de gases. A escala horizontal do clima local varia de 15 a 150 quilômetros e verticalmente atinge a Camada Limite Planetária entre 1200 a 2000 metros de altura.

O Topoclima é uma derivação do Clima Local devido a rugosidade da superfície que resulta em uma energização diferenciada do terreno durante o período diurno, para as diversas faces de exposição à radiação solar, ou seja, em uma mesma altitude e latitude as diferentes vertentes podem apresentar características climáticas particulares em virtude da exposição aos raios solares. A extensão horizontal dos topoclimas restringe-se à forma do relevo ou ao tamanho da vertente que lhe dá origem, podendo variar entre 0,5 e 5 quilômetros e interferir na estrutura vertical da atmosfera em até 50 a 100 metros de altura. Os dados necessários para o estudo dos topoclimas devem ser gerados em estações não convencionais, fixas ou moveis. Este fato dificulta as pesquisas em escala topoclimática.

O Microclima é o nível escalar mais próximo do indivíduo, podem se estender de 0,5m até 100m, 1000m ou 10.000m dependendo do autor. O Microclima deriva das trocas gasosas e energéticas de estruturas e feições particularizadas da superfície. A microrugosidade, a cor e a textura das superfícies, aliadas aos abrigos dispostos junto ao solo, como as edificações e a vegetação constituem-se nos elementos que promovem a diferenciação na magnitude das trocas energéticas e gasosas que irão, por sua vez, modificar o comportamento do ar circundante e gerar os microclimas. Os registros necessários para o estudo dos microclimas devem ser obtidos através de aparelhos de alta sensibilidade e precisão, pois devem ser pesquisadas variações que se projetam em tempo medido em minutos, ou mesmo segundos, a exemplo da determinação de fluxos instantâneos, como as rajadas.

A noção de escala é inseparável ao entendimento dos fenômenos climáticos. As pesquisas em climatologia exigem um referencial espacial como possibilidade metodológica, uma vez que a cada nível escalar tem-se uma abordagem específica, tanto na correlação entre extensão horizontal e cronológica dos fenômenos, quanto nas técnicas de investigação e análise (RIBEIRO, 1993).

Apesar da grande discussão acerca da classificação das escalas de análise climática, infelizmente não existe uma categorização definitiva capaz de gerar consenso entre os autores (FIALHO, 2009).

Podemos notar por exemplo que a escala denominada clima zonal por Ribeiro (1993) faz um paralelo com os climas Zonal e Regional de Maciçoiro (1976) e o Macroclima de Mendonça e Dani-Oliveira (2007). Já o clima Regional de Ribeiro (1993), ainda está em paralelo ao macroclima de Mendonça e Dani-Oliveira (2007), porém em relação a Maciçoiro (1976) ele se relaciona com o clima sub-regional.

Ribeiro (1993) aponta o mesoclima e o clima local como uma mesma escala, enquanto Maciçoiro (1976) as diferencia, sendo o clima local uma escala geográfica maior que o mesoclima. Já Mendonça e Dani-Oliveira (2007), apesar de também diferenciar as escalas de Clima Local do mesoclima, para eles o mesoclima se enquadra em uma categoria de maior abrangência horizontal, enquanto o clima local possui uma escala geográfica menor.

Ribeiro (1993) e Mendonça e Dani-Oliveira (2007) concordam quanto à extensão territorial dos fenômenos topoclimáticos e também em relação ao fator climático relacionado aos fenômenos dessa escala, no caso o relevo. Já em Maciçoiro (1976), apesar do topoclima também possuir paralelo com os autores citados anteriormente quanto à dimensão horizontal, se diferem quanto ao fator controlador.

O microclima é a única escala de análise que coincide nos três autores, tanto na extensão horizontal quanto nos fatores controladores dos fenômenos climáticos. O microclima em sua essência está associado a trocas energéticas nas superfícies e feições particularizadas.

A metodologia utilizada neste estudo possibilita a classificação climática em várias escalas do clima. Assim, faz-se necessário que possamos associar as hierarquias climáticas estabelecidas por Novais (2019) com as principais estratificações escalares da climatologia brasileira. (Quadro 2)

Quadro 2: - As principais hierarquias climáticas do Brasil e a classificação climática de Novais (2019)

Ordens de grandeza (Cailleux e Tricart)	Escalas de Tratamento	Escalas do Clima Segundo Maciçoiro (2015)	Escalas do Clima segundo Mendonça e Dani Oliveira (2007)	Escalas do Clima segundo Ribeiro, (1993)	Hierarquia da classificação climática segundo Novais (2019)	
II	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	Macroclima	Clima Zonal	Zona Climática	
III	1:5.000.000 1:2.000.000.	Regional			Clima Zonal	
IV	1:1.000.000 1:500.000	Sub. Regional (Fácies)		Clima Regional	Domínio Climático	Subdomínio Climático
V	1:250.000 1:100.000	Local	Mesoclima	Mesoclima ou Clima Local	Tipo Climático	Subdomínio Climático
VI	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Clima Local/Topoclima	Mesoclima ou Clima Local	Subtipo Climático	Mesoclima
VII	1:10.000 1:5.000	Topoclima		Topoclima	Topoclima	

VIII	1:2.000	Microclima	Microclima	Microclima	Topoclima
------	---------	------------	------------	------------	-----------

Fonte: autor

Entendendo que os fenômenos climáticos influenciam em diferentes aspectos no meio biótico, no meio físico e nas atividades econômica e sociais, a definição escalar na pesquisa geográfica interessa não apenas às ciências atmosféricas, mas também a todas as ciências ambientais que utilizam os conhecimentos climatológicos (NUNES, 1998).

A discussão teórica a respeito da escala em climatologia possui uma grande importância prática, e por isso deve ser continuamente reelaborada a luz das novas técnicas, do avanço tecnológico e das diversas possibilidades de aplicação nos estudos científicos.

4.2 Histórico das classificações climáticas

Ao longo da história uma série de classificações climáticas foram elaboradas, cada uma com suas especificidades. Segundo El Tom (2003), essa diversidade decorre da complexidade e das dificuldades envolvidas na definição de um tipo climático, fazendo com que várias técnicas e abordagens fossem utilizadas para tentar delimitar os macroclimas.

Segundo Ayoade (2003), as classificações climáticas sustentam-se em duas abordagens principais: uma analítica (ou empírica) e outra genética. A analítica caracteriza-se por descrever os elementos climáticos e suas combinações, especialmente temperatura, pluviosidade, umidade relativa do ar e evapotranspiração. Como exemplo dessa abordagem temos os sistemas de classificação elaborados por Köppen-Geiger (1961), Miller (1965) e Thornthwaite e Matter (1955).

A abordagem genética utiliza o controle dos fatores climáticos e as características das massas de ar para definir os tipos de clima, sendo que os principais fatores controladores do clima nesta perspectiva podem ser: a dinâmica das massas de ar, o regime de chuvas, e o balanço de energia. Esta análise foi empregada nas classificações propostas por Flohn (1950) e Strahler (1951) (MALUF, 2000; NASCIMENTO *et al.* 2016).

Considerando os diferentes sistemas de classificação climática desenvolvidos até o momento, o presente capítulo tem como objetivo principal discorrer a respeito das principais classificações, indicando as abordagens e os critérios empregados em suas metodologias.

4.2.1 As classificações climáticas analíticas (ou empíricas)

Afonso De Candolle

O sistema de classificação climática mais antigo realizado a partir de uma base de dados meteorológicos e de fundamentos científicos estruturados foi elaborado pelo cientista francês De Candolle no ano de 1874. A proposta do autor é pautada nos efeitos do clima sobre a vegetação, identificando assim cinco zonas climáticas: *megatherms*, *xerophiles*, *mesotherms*, *microtherms* e *hekiostherms* (DE CANDOLLE, 1974).

Alexander Supan

Posteriormente, Alexandre Supan propôs no ano de 1879 uma classificação climática do planeta baseada na temperatura média anual e na temperatura média do mês mais frio, definindo assim três zonas térmicas, sendo elas: Zona de Clima Quente, Zona de Clima Temperado e Zona de Clima Frio (NASCIMENTO *et al*, 2016).

As duas propostas de classificação climáticas abordadas acima apresentam certa semelhança. Tanto De Candolle quanto Supan definem regiões climáticas para o globo de maneira bem generalizada e baseando-se em isotermas de médias anuais de temperatura, acompanhando muitas vezes os traçados dos paralelos

Herbertson

No início do século XX Herbertson propôs um sistema de classificação climático baseado em 5 critérios, sendo eles: as idades geológicas, as médias anuais de temperatura, a definição da estação chuvosa, os diferentes tipos de vegetação e a densidade populacional. Para o autor o clima sintetiza várias influências que atuam na superfície terrestre. A sua proposta elaborada em 1905

delimitou seis regiões naturais principais: polar, temperada fria, temperada quente, deserto ocidental, montanhas tropicais ou subtropicais elevadas (tipo tibetano) e planícies equatoriais (tipo amazônico), subdivididas em outras 13 sub regiões climáticas (NASCIMENTO *et al*, 2016).

Hebertson já consegue com seu modelo avançar na escala climatológica, apresentando uma classificação em escala geográfica menor. Em relação à proposta escalar de Maciçoiro (2015), o autor apresenta a sua classificação climática em escala regional.

Thornthwaite

A proposta de classificação climática de Thornthwaite foi elaborada em 1948 e utiliza a Evapotranspiração Potencial (ETP) como um dos parâmetros para a definição dos tipos climáticos a partir da delimitação da quantidade de meses secos (NOVAIS, 2019).

Segundo Nóbrega (2010), Thornthwaite entendia que a umidade é o fator verdadeiramente ativo na caracterização do clima, e por isso usou-a como principal pilar para delimitar a maioria de seus principais tipos climáticos.

Para Rolim *et al* (2007) o sistema proposto por Thornthwaite entende que a análise da flora indica muito mais do que a relação entre os vegetais e os elementos climáticos, uma vez que as plantas transportam água do solo para a atmosfera. Assim, um tipo climático é considerado úmido ou seco dependendo do balanço hídrico e das condições hídricas das plantas.

Em suma, a classificação climática de Thornthwaite consiste na definição do Índice de Umidade Total, que é calculada através de vários índices resultantes da comparação entre dados de Evapotranspiração Potencial (ETP) e de chuva. Com base nesses índices é determinado o tipo climático local, classificando, segundo Vianello & Alves (1991), o clima em nove classes em uma escala de umidade que vai do seco ao muito úmido. (Quadro)

Quadro 3: Tipos Climáticos de Thorntwaite (1949)

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Im)
A – Super-úmido	$Im > 100$
B4 – Úmido	$80 < Im < 100$
B3 – Úmido	$60 < Im < 80$
B2 – Úmido	$40 < Im < 60$

B1 – Úmido	$20 < Im < 40$
C2 – Sub-Úmido	$0 < Im < 20$
C1 – Sub-Úmido Seco	$-20 < Im < 0$
D – Semi-árido	$-40 < Im < -20$
E - Árido	$-60 < Im < -40$

Fonte: Vianello & Alves (1991) **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Nesse sentido, em se tratando de aplicação para o meio e uso agrícola, Trewartha (1954) indica que o Sistema de Classificação Climática proposto por Thornthwaite é mais eficiente do que a classificação de Köppen.

Köppen -Geiger

A classificação climática analítica de W. Köppen é uma das mais utilizadas e conhecidas no mundo, sendo a primeira a utilizar a temperatura do ar e a pluviosidade para delimitar os tipos climáticos, além de ajustar a distribuição dos climas de acordo com os aspectos vegetacionais (NOVAIS, 2019).

O sistema de classificação climática de Köppen foi criado em 1918, e foi sofrendo sucessivas alterações até o ano de 1936. Já na segunda metade do século XX, a proposta de Köppen foi novamente modificada, dessa vez pelo autor Rudolff Geiger, passando então a ser conhecida como classificação climática de Köppen Geiger, sendo largamente difundida em trabalhos científicos e livros didáticos (NASCIMENTO et al., 2016).

O modelo de classificação proposto por Köppen e modificado por Geiger é baseado em um conjunto de letras maiúsculas e minúsculas que são utilizadas para definir os grandes grupos climáticos, os subgrupos climáticos e as subdivisões. (Quadro 4, 5 e 6)

- A primeira letra indica características comuns do clima de uma região, apontando o grupo climático a qual ela pertence. As letras indicativas são: ("A", "B", "C", "D", "E");
- A segunda letra, na maioria dos casos minúscula, mas podendo ser maiúsculas especificamente nos grupos B ou E), são utilizadas para indicar o tipo climático existente dentro do grupo, indicando o regime de chuvas e a distribuição pluviométrica.
- A terceira letra, sempre minúscula, indica o valor da temperatura média mensal do ar nos meses mais quentes ou a temperatura média anual do ar.

Quadro 4: Grandes grupos climáticos de Köppen-Geiger

Código	Descrição
A	- Climas megatérmicos - Temperatura média do mês mais frio do ano $>18^{\circ}\text{C}$ - Estação inverno ausente - Forte precipitação anual (Superior a evapotranspiração anual)
B	- Climas secos (precipitação anual inferior a 500mm) - Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual - Não existem cursos de água permanentes
C	- Climas mesotérmicos - Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C - Temperatura média do mês mais quente $>10^{\circ}\text{C}$ - Estação de verão e inverno bem definidas
D	- Climas microtérmicos - Temperatura média do ar no mês mais frio $<-3^{\circ}\text{C}$ - Temperatura média do ar no mês mais quente $>10^{\circ}\text{C}$ - Estação de verão e inverno bem definidas
E	- Climas polares e de alta montanha - Temperatura média do ar no mês mais quente $<10^{\circ}\text{C}$ - Estação de verão pouco definida ou inexistente

Fonte: Adaptado de Novais (2019) **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Quadro 5: Subgrupos climáticos de Köppen-Geiger

Código	Descrição	Aplica-se ao Grupo
S	- Precipitação anual total média entre 380mm e 760mm	B
W	- Precipitação anual total média $< 250\text{mm}$	B
f	- Clima úmido - Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano - Inexistência de estação seca definida	A-C-D
w	- Chuvas de verão	A-C-D
s	- Chuvas de inverno	A-C-D
w ¹	- Chuvas de verão-outono	A-C-D
s ¹	- Chuvas de inverno-outono	A-C-D
m	- Clima de monção - Precipitação total anual média $> 1500\text{mm}$ - Precipitação do mês mais seco $< 60\text{mm}$	A
T	- Temperatura média do ar do mês mais quente entre 0°C e 10°C	E
F	- Temperatura média do mês mais quente $< 0^{\circ}\text{C}$	E
M	- Precipitação abundante - Inverno pouco rigoroso	E

Fonte: Adaptado de Novais (2019) **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Quadro 6: Subdivisões climáticas de Köppen-Geiger

Código	Descrição
a: verão quente	- Temperatura média do ar no mês mais quente $> 22^{\circ}\text{C}$
b: verão temperado	- Temperatura média do ar do mês mais quente $< 22^{\circ}\text{C}$ - Temperatura média do ar nos 4 meses mais quentes $>10^{\circ}\text{C}$
c: verão curto e fresco	- Temperatura média do ar no mês mais quente $< 22^{\circ}\text{C}$ - Temperatura média do ar $>10^{\circ}\text{C}$ durante menos de 4 meses

	- Temperatura média do ar no mês mais frio > -38°C
d: inverno muito curto	- Temperatura média do ar no mês mais frio < -38°C
h: seco e quente	- Temperatura média anual do ar > 18°C - Deserto ou semideserto (temperatura anual do ar igual ou superior a 18°C)
k: seco e frio	- Temperatura média anual do ar < 18°C - Deserto ou semideserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18°C)

Fonte: Adaptado de Novais (2019) **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Segundo Köppen (1948), um dos principais fatores condicionantes do comportamento dos elementos climáticos é a distribuição desigual de radiação solar decorrente das diferenças latitudinais e dos efeitos da rotação da Terra, uma vez que interferem não somente na temperatura do ar, mas também na pressão atmosférica, nos ventos e nas chuvas, influenciando decisivamente na vida orgânica do planeta

Na zona intertropical observa-se menor variação térmica ao longo do ano. Nesta porção do planeta o sol se posiciona em seu zênite duas vezes ao ano, nos equinócios de primavera e outono. Além disso, a oscilação anual da temperatura é mais influenciada pelas estações secas e úmidas do que propriamente pela posição do sol no céu. Já nas áreas mais distantes da linha do equador em direção aos pólos tem-se mais demarcadas as estações do ano (KÖEPPEN, 1948).

Ainda tratando da influência latitudinal no clima, Köppen (1948) aponta para uma relação entre o comportamento e características dos descendentes europeus e as condições climáticas. Segundo o autor, uma das condições essenciais para o pleno desenvolvimento das energias corporais dos descendentes europeus é a existência de estações mais frias intercaladas às estações quentes.

As principais culturas humanas, segundo Köppen (1948), fixam-se rumo ao equador até a isoterma em que o mês mais frio do ano apresenta média de 18°C, e em direção aos polos até a isoterma em que a temperatura média do mês mais quente não seja inferior a 10°C. Para o autor, nas regiões intertropicais os esforços corporais tendem a causar mais cansaço, uma vez que essas regiões apresentam calor constante.

Após mais de um século de sua elaboração, a classificação climática de Köppen ainda é vastamente utilizada.

Carl Troll e Karl Heinz Paffen

Em 1964, Carl Troll e Karl Heinz Paffen propuseram uma classificação climática baseada em 5 critérios, sendo eles: duração do período de atividade vegetativa, variação sazonal da temperatura média do mês mais quente e do mais frio, amplitude térmica anual e número de meses úmidos (NASCIMENTO *et al*, 2016).

A partir desse critério os autores delimitaram seis grandes zonas bioclimáticas na Terra, sendo elas: zonas polares e subpolares, zonas boreais moderadamente frias, zonas moderadamente frias com climas florestais e climas desérticos e de estepe, zonas temperadas e zonas tropicais. Baseado nos diferentes tipos de formações vegetais, as seis grandes unidades são divididas em subunidades (NASCIMENTO *et al*, 2016).

Miller

Segundo Nóbrega (2010), em 1965 Miller propôs um Sistema de Classificação Climática baseado na distribuição sazonal da temperatura atmosférica e na duração da estação fria. Essa forma de utilização da temperatura do ar para a classificação climática se difere da utilizada por Koppen.

Em sua classificação, Miller definiu a existência de sete tipos climáticos, sendo eles: quentes, temperados quentes, temperados moderadamente frios, frios, árticos, de deserto e de montanha. Os tipos climáticos definidos por Miller são subdivididos em outros 19 tipos, variando de acordo com as características da precipitação e da duração da estação seca (Nóbrega, 2010).

Rivas-Martínez

No início do século XXI, Rivas-Martínez *et al* (2001) propuseram um sistema de classificação climático tendo como base a relação do clima com a vegetação e em diversos parâmetros e índices térmicos, hídricos e de continentalidade. Os autores propõem a divisão do globo em cinco macrobioclimas: tropical; mediterrâneo; temperado; boreal; e polar, subdivididos conforme os índices térmicos e ombrotérmicos criados pelos autores (NASCIMENTO *et al*, 2016).

4.2.2 As classificações climáticas Genéticas

Tor Bergeron

Em 1928 Tor Bergeron propôs uma classificação climática categorizando as localidades de acordo com frequência de atuação das massas de ar e suas características. Assim, ao diferenciar as massas de ar automaticamente se classifica a região em que a mesma ocorre com grande frequência. A sua classificação era feita envolvendo três letras, da seguinte maneira: a primeira era definida pela superfície de origem da massa de ar (*C* para continental e *M* para marítima), essa primeira letra refletia a característica de umidade da massa de ar e, por conseguinte da área de atuação da mesma.

A segunda letra se refere à faixa latitudinal de origem (*E* para equatorial, *T* para tropical, *P* para polar, *A* para ártica ou antártica, *M* para moção e *S* para superior), este segundo elemento refletia as características de temperatura. A terceira letra refere-se à estabilidade da atmosfera (*k* se a massa for mais fria que a superfície e *w* se for mais quente) (NASCIMENTO *et al*, 2016).

H. Flohn

Em meados da década de 90 do século XX o autor H. Flohn propôs uma classificação do clima baseado nos índices de chuva e nas zonas de ventos globais.

A partir desses dois elementos o autor delimitou oito zonas climáticas, sendo elas: I – equatorial, sofre ação de ventos de oeste e com alto índice de chuvas; II – tropical, grandemente afetada pelos ventos alísios de verão e com altos índices de chuva no verão; III – subtropical seca, seca durante todo o ano e sofre com a ação de alta pressão subtropical; IV – subtropical de chuva de inverno, clima de tipo mediterrâneo e concentração de chuvas no inverno; V – extratropical, chuvas distribuídas ao longo do ano todo e sofre com a ação de ventos de oeste; VI – subpolar, baixos índices pluviométricos; VII – continental boreal, baixo índice pluviométrico no inverno e presença de neve no inverno; e VIII – polar alta, clima com baixíssimos índices pluviométricos, concentração de chuvas no verão e neve no inverno.

Budyko

Em 1956 o autor Budyko propôs uma classificação climática baseada nos valores do índice radioativo de aridez, que é o resultado da divisão entre a quantidade de radiação disponível para evaporação, a partir de uma superfície úmida, pelo calor latente de evaporação multiplicado pela precipitação média anual. Em sua classificação foram delimitados cinco diferentes tipos climáticos, sendo eles: desértico, semidesértico, estepe, floresta e tundra (AYOADE, 2003).

Hendl

Hendl propôs em 1963 um sistema de classificação considerando como fator principal a pressão atmosférica. O autor, baseado na distribuição global e variação sazonal das zonas de pressão da camada inferior da troposfera, delimitou três tipos climáticos, são eles: Zonas de Alta Pressão Permanentes, Zonas de Baixa Pressão Permanentes e Zonas Intermediárias de Reversão da Pressão Sazonal (NASCIMENTO *et al*, 2016).

Strahler

No início da segunda metade do século XX, Arthur Newell Strahler publica em seu livro Geografia Física um capítulo em que apresenta um modelo de classificação climática que até hoje é muito utilizado e conhecido, sendo apontada como a contribuição mais significativa na busca de uma classificação climática de base genética e dinâmica (SANT'ANNA NETO, 2001).

Segundo Nascimento *et al* (2016), a classificação proposta por Strahler é baseada na gênese das massas de ar e no comportamento dos elementos climáticos: temperatura do ar e precipitação. Para Strahler a gênese da massa de ar dominante em determinada região é o fator verdadeiramente ativo na caracterização climática (NÓBREGA, 2010).

Nesse sentido, os climas do planeta são divididos em três grupos, sendo eles: os climas de latitudes baixas, controlados por massas de ar equatoriais e tropicais; os climas das latitudes médias, controlados pelas massas de ar tropicais e polares; os climas das latitudes altas, controlados pelas massas de ar polares. Após essa divisão inicial, as regiões são agrupadas de acordo com a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), das células subtropicais

de alta pressão, das tempestades ciclônicas, das zonas frontais de altas latitudes, e áreas-fonte de ar polar/ártico (BARRY; CHORLEY, 2013).

Mendonça (2007) afirma que a classificação de *Strahler* gerou 3 grandes grupos climáticos e 14 classes, além de uma categoria especial em que o relevo é o fator determinante, o clima de montanhas.

Zona Climática das baixas latitudes – É controlada por massas de ar de origens equatoriais e tropicais. Os climas dessa zona são regulados por sistemas de alta pressão (células anticiclônicas). Observa-se também influência da baixa pressão equatorial localizada entre as altas pressões atmosféricas, em que o ar que converge dos ventos alísios está em constante convecção na região de atuação da ZCIT (NOVAES, 2019). Esta zona é subdividida em 5 domínios climáticos, sendo eles: Equatorial Úmido (quente e úmido o ano todo, com predomínio de chuvas convectivas); Litorâneo determinado pelos ventos alísios (quente e úmido, com predomínio da Massa Tropical Marítima); Estepes e desertos tropicais (quente e seco, com irregularidade das chuvas); Deserto da costa ocidental (subsistência do ar – alta pressão); Tropical úmido-seco (quente com chuva de verão e seca de inverno) (MENDONÇA, 2007).

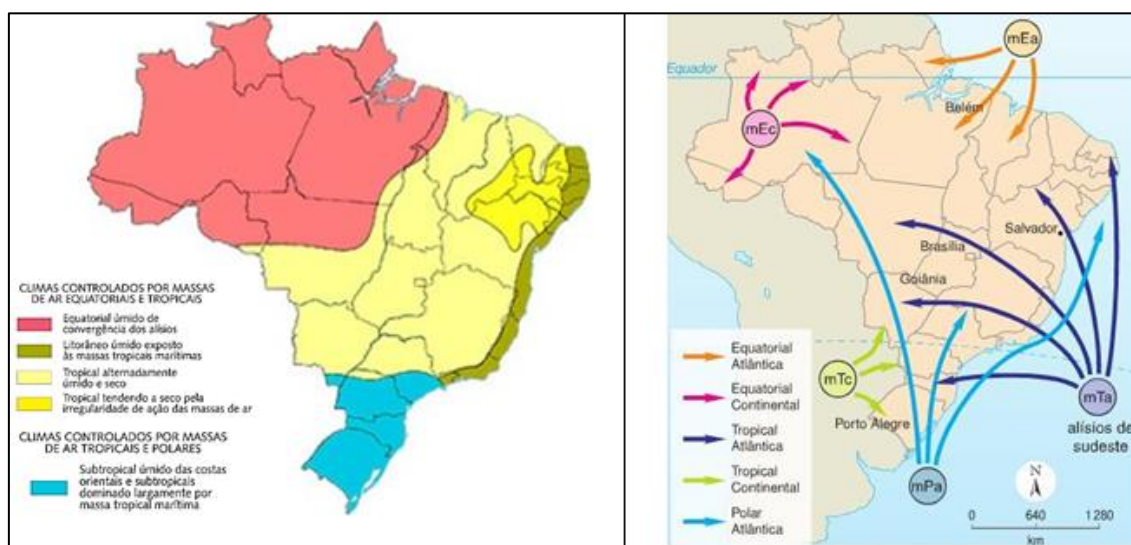
Zona Climática das médias latitudes – Esta zona sofre domínio de massas de ar tropicais e polares. Segundo Mendonça (2007), é subdividida em 5 domínios climáticos, sendo eles: Subtropical úmido (com chuvas bem distribuídas, predomínio da precipitação de origem frontal); Marítimo da costa ocidental (predomínio de chuvas orográficas); Mediterrâneo (seca de verão e chuva de inverno); Desertos e estepes das latitudes médias (localizado no interior dos continentes, protegido das massas de ar litorâneas por montanhas); Continental úmido (clima temperado típico, com influência de massas polares e tropicais).

Zona Climática das latitudes altas – Está localizada entre as latitudes 50° e 90° Norte e Sul e sofre influência das massas de ar de origem polar. Possui valores de temperatura e precipitações baixos, além de pouca evaporação. O domínio climático das terras altas é incorporado por esse grupo para efeito de análise, pois suas características térmicas são parecidas. Segundo Mendonça (2007), é subdividido em 5 domínios: Subártico Continental (origem das massas de ares polares continentais, sendo a região habitada mais fria do planeta);

Marítimo Subártico (pequena amplitude térmica anual, com predomínio de ventos fortes); Tundra (zona de baixa pressão atmosférica, frequente mau tempo); Calotas Glaciais (com predomínio de temperaturas negativas o ano todo – clima do interior do continente antártico; Terras Altas (temperaturas baixas devido ao grande resfriamento adiabático provocado pelas altas montanhas.

Ao compararmos o mapa de classificação climática do Brasil elaborado a partir das premissas de Strahler com o mapa de atuação das massas de ar pode-se observar que o clima Equatorial (em vermelho) é área de mais intensa atuação da massa equatorial, assim como o clima Subtropical Úmido (em azul) é dominado pela atuação das massas de ares Polar Atlântica e Tropical Atlântica. O clima Litorâneo úmido é influenciado pela Massa Tropical Marítima; já os climas tropicais, semiúmido e semiárido, influenciados além das massas de ar, por outros sistemas sinóticos. (Figura 8)

Figura 8: Classificação climática do Brasil a partir de Strahler e Atuação das massas de ar no Brasil



Fonte: Adaptado de (SIMIELLI, 2010)

Terjung e Louie

Terjung e Louie elaboraram no ano de 1972 um modelo de classificação climática baseado no fluxo de energia e umidade. Os autores delimitaram seis grupos climáticos, sendo eles: macrotropicais, subtropicais, continentais de latitude média, mesotropicais, marítimo-ciclônico e polares. Os grandes grupos são ainda subdivididos em 62 subtipos climáticos (AYOADE, 2003).

A complexidade e as dificuldades envolvidas na elaboração de um sistema de classificação climática, associado ao desenvolvimento de novas técnicas e ao acúmulo histórico de conhecimento resultou na existência de diversos sistemas de classificação climática pelo mundo, sejam utilizando variáveis independentes ou combinadas e também em diferentes escalas de abordagem.

4.2.3 Os principais sistemas de classificação climática realizados para o Brasil

As classificações climáticas voltadas para o território brasileiros são, em sua maioria, ligadas a abordagem empírica, como por exemplo: Morize (1889 – 1922), Delgado de Carvalho (1917), Peixoto (1938), Guimarães (1945) e Bernardes (1951) (JURCA, 2005).

Morize

Henrique Morize apresentou em 1889 uma proposta de classificação climática que foi revisada no ano de 1922 baseada nos conceitos de Köppen. Em seu estudo foram observados dados de temperatura média anual e total de precipitação de 106 estações meteorológicas existentes no território brasileiro. Assim como Köppen, Morize utilizou a isoterma de 18°C para delimitar as zonas tropicais e temperadas. A partir desses dados foram delimitados três tipos climáticos: equatorial, subtropical e temperado, sendo estes subdivididos em outros nove subtipos climáticos (SANT'ANNA NETO, 2003).

Delgado de Carvalho

Apresentando um caráter mais meteorológico, Delgado de Carvalho propôs em 1917 uma classificação dos climas do Brasil a partir de dados termopluiométricos e de traços gerais da circulação atmosférica. Em sua classificação foram delimitadas cinco tipologias, sendo elas: equatorial, subequatorial, tropical, subtropical e temperado – além de oito subdivisões (SANT'ANNA NETO, 2003).

Afrânio Peixoto

Afrânio Peixoto propôs uma classificação climática para o Brasil no ano de 1908, que posteriormente sofreu alterações em 1938 e 1942. Sua proposta é baseada nas linhas de latitude como delimitador térmico e segundo condições climáticas de temperatura, distribuição pluvial, e situação marítima ou intra-continental. Em sua proposta o autor distingue três tipos climáticos: equatorial, tropical e temperado, enfatizando o caráter de “tropicalidade” do território brasileiro e doze subtipos climáticos (PEIXOTO, 1938).

Lysia Bernardes

Em 1951 Lysia Bernardes propôs uma classificação climática para o território brasileiro baseada nos preceitos de Köppen e utilizando os critérios de temperatura, precipitação e sua distribuição durante as estações do ano. A partir destes pressupostos a autora delimitou cinco zonas climáticas: equatorial, tropical zona equatorial, tropical nordeste oriental, tropical brasil central e temperado (NASIMENTO *et al.*, 2016).

Rizzini e Pinto

Utilizando o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), Rizzini e Pinto (1964) propuseram um sistema de classificação bioclimática para o Brasil, baseada na correspondência entre os grandes tipos de vegetação com zonas climáticas, delimitando cinco tipologias: úmido-perúmido, úmido, subúmido, seco-semiárido e a área de transição do Pantanal (NASIMENTO *et al.*, 2016).

Andrade

Andrade (1972) elaborou uma classificação do clima brasileiro de base genética. Em sua proposta o autor destaca a atuação das massas de ar e os regimes pluviométricos do país para diferenciação dos climas brasileiros. Apesar de ter utilizado o método empírico de Köppen-Geiger, a proposta de Andrade também inclui a análise de fatores responsáveis pela diferenciação dos climas. Sua classificação delimitou quatro tipos climáticos para o Brasil (NASIMENTO *et al.*, 2016).

Gaussem

A classificação climática de Gaussem para o território brasileiro é baseada no “clima biológico” levando em consideração dois fatores principais: a dinâmica das massas de ar e as características do relevo local, mostrando uma íntima correlação entre as características vegetacionais com o comportamento dos elementos climáticos (GALVÃO, 1967).

Nimer

A classificação climática de Nimer (1972) é primordialmente quantitativa, uma vez que a delimitação dos diferentes tipos de clima se dão a partir dos valores de temperatura do ar e precipitação pluviométrica, entretanto o autor inclui também uma perspectiva qualitativa em sua análise ao considerar a quantidade de meses secos e a circulação atmosférica (TERASSI *et al*, 2013).

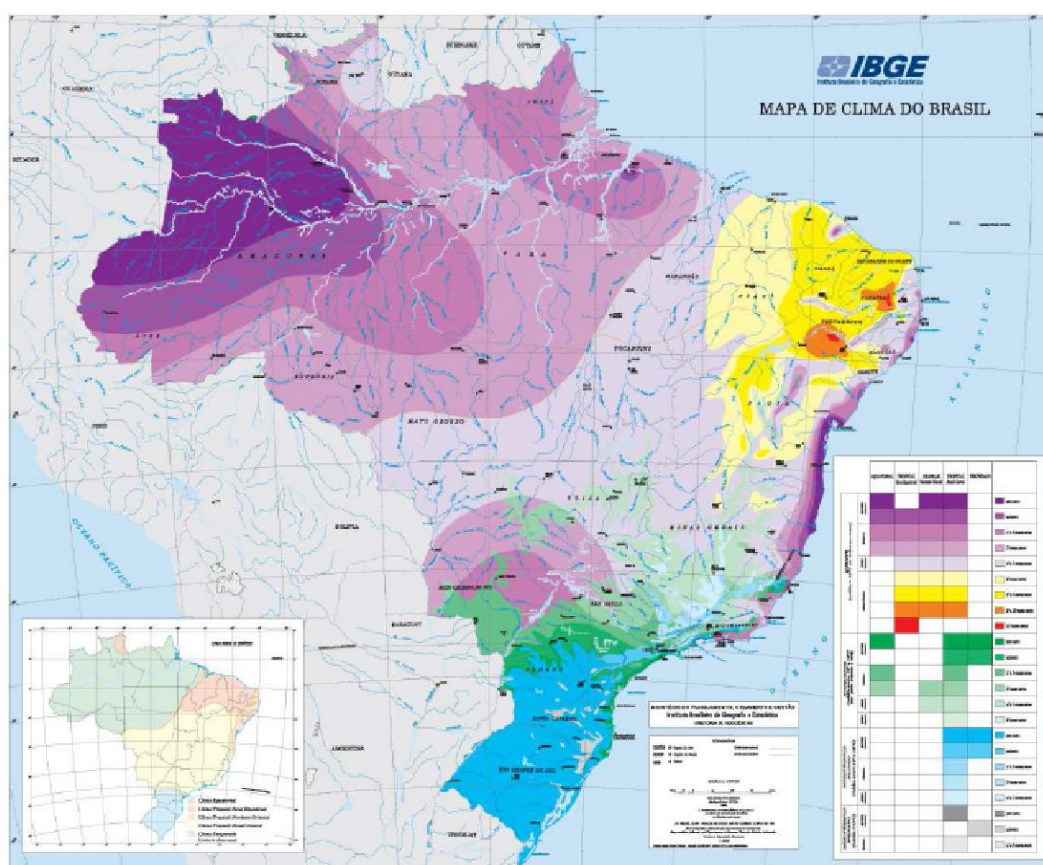
Partindo desses pressupostos, o sistema climático delimitado por Nimer é composto por 3 partes:

Limites de acordo com a temperatura: Definido a partir da variação da temperatura do ar, sendo realizado a partir dos valores médios do mês mais frio, em que são definidos 4 tipos climáticos: Clima quente: os valores médios encontram-se acima de 18°C em todos os meses do ano; Clima subquente: média térmica entre 15°C e 18°C em pelo menos um mês do ano; Clima mesotérmico brando: valores médios entre 10°C e 15°C; Clima mesotérmico médio: temperatura média do mês mais frio menor que 10°C.

Limites de acordo com a quantidade de meses secos: Para ser considerado mês seco, a precipitação total (mm) deve ser menor ou igual ao dobro da temperatura média em °C ($P < 2T$). Nimer também considera uma subseca com fórmula $P < 3T$. Assim, tem-se a delimitação dos seguintes climas: Clima superúmido quando não há seca; Clima superúmido com subseca; Clima úmido com 1 a 2 meses secos; Clima úmido com 3 meses secos; Climas semiúmido com 4 a 5 meses secos; Clima semiárido brando: com 6 meses secos; Clima semiárido mediano com 7 a 8 meses secos; Clima semiárido forte com 9 a 10 meses secos; Clima semiárido muito forte com 11 meses secos; Clima desértico com 12 meses secos.

Limites de acordo com a circulação atmosférica, temperatura e precipitação. A fim de auxiliar na delimitação dos tipos climáticos, Nimer inseriu como terceiro componente em sua análise a circulação atmosférica, analisando a distribuição das chuvas e da temperatura do ar durante as estações do ano (TERASSI et. al., 2013).

Figura 9: Classificação climática de Nimer para o território brasileiro



Fonte: IBGE 2020

4.3 As classificações climáticas do Espírito Santo

Bernardes (1951)

Em 1951 Lysia Maria Cavalcanti Bernardes elaborou a primeira classificação climática específica para o território do Espírito Santo. Em sua proposta, a autora utilizou dados de estações climatológicas existentes no próprio estado, e de localidades de outros estados que eram próximas ao

território capixaba, além de fazer uso de cartas hipsométricas para auxiliar nas definições dos tipos climáticos.

A autora aponta em seu trabalho que a sua proposta de classificação encontrou muitas dificuldades devido à baixa densidade de estações meteorológicas existentes no território do Espírito Santo na época.

De maneira geral, Bernardes (1951) identificou no estado capixaba a existência de dois tipos climáticos: Tropical Quente e Úmido e Tropical de Altitude. O primeiro é determinado principalmente pela sua posição latitudinal ($18^{\circ}05'S$ a $21^{\circ}28'S$) e ocupa a porção ao norte do Rio Doce. Já o clima tropical de altitude se localiza ao sul do mesmo rio, e por estar em uma zona serrana configura-se por ser um clima mais fresco (BERNARDES, 1951).

Bernardes (1951) aponta em sua classificação que o clima Tropical Quente e Úmido ocupa a maior porção do território capixaba, abrangendo principalmente as baixadas litorâneas, os tabuleiros costeiros, as colinas, os vales e as encostas até aproximadamente 250m a 300m.

Neste tipo climático as temperaturas são elevadas durante todo o ano, com médias anuais superiores a $22^{\circ}C$ sendo que no mês mais frio a temperatura média é superior a $18^{\circ}C$. Segundo a autora, esse tipo climático não se apresenta de maneira uniforme. Na região litorânea, por exemplo, observa-se temperaturas mais amenas no verão (BERNARDES, 1951).

Ainda sobre o clima Tropical Quente e Úmido a autora aponta que a precipitação também não se apresenta de maneira uniforme sobre o território, podendo variar entre 1449mm anuais até 1863,3mm (BERNARDES, 1951).

O clima Tropical de Altitude ocupa toda a região serrana do estado. A temperatura média desse tipo climático é de apenas $17,7^{\circ}C$ e mínima de $13^{\circ}C$. O mês mais quente, janeiro, registra uma média de $20,8^{\circ}C$.

A pluviosidade nas regiões abrangidas por esse tipo climático é elevada, sendo superiores a 2500mm anuais. A alta pluviosidade, especialmente no verão, está associada ao relevo, que serve de barreira ao ar úmido vindo do litoral formando as chuvas convectivas (Bernardes, 1951).

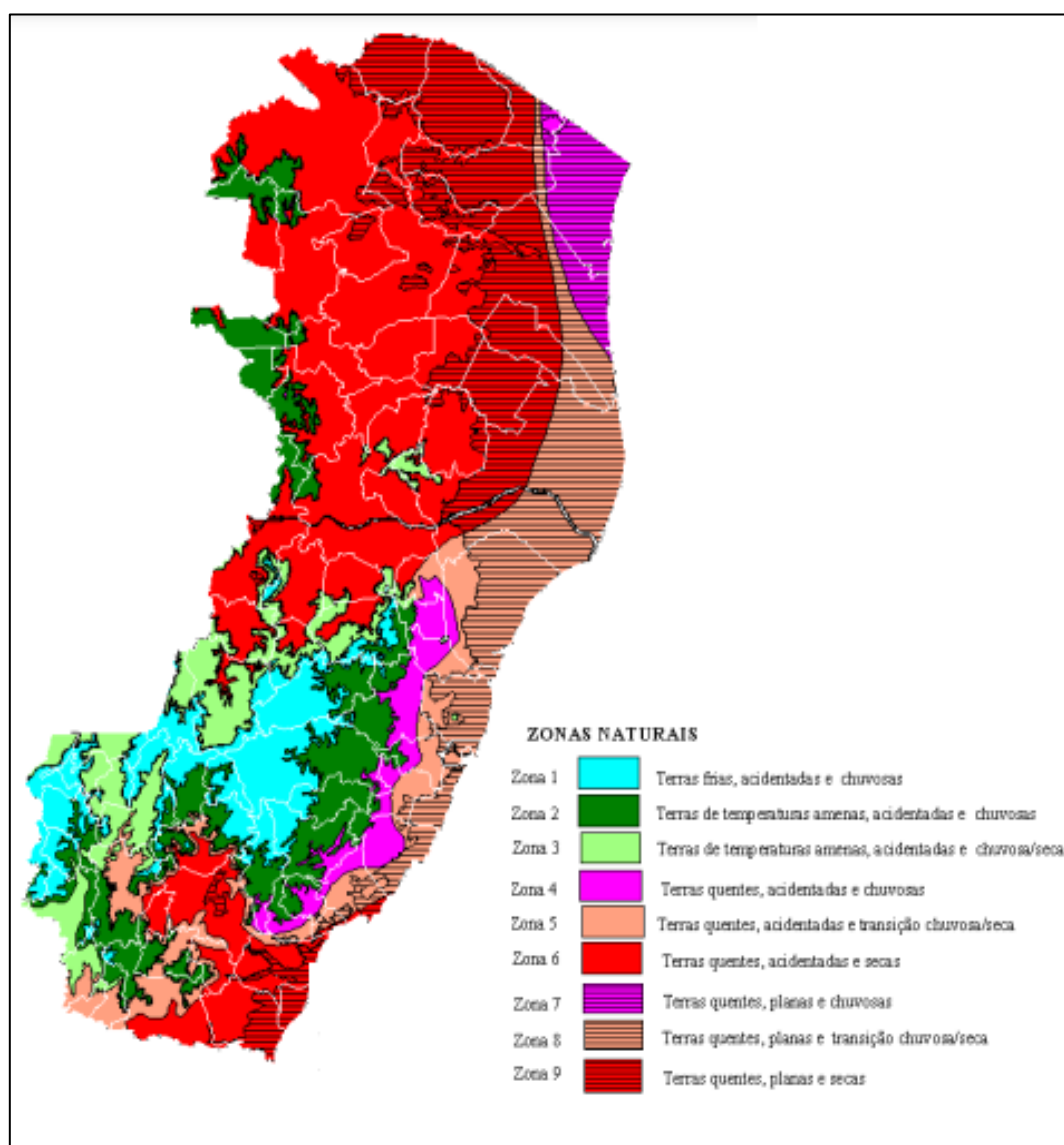
Um apontamento muito importante realizado por Bernardes (1951) se refere aos fatores condicionantes de cada um dos tipos climáticos. Segundo a autora, na região serrana as diferenças existentes no clima Tropical de Altitude estão associadas tanto à variação de altitude existente nessa porção do território

quanto às diferenças de distribuição das chuvas. Já nas regiões de Clima Quente e Úmido as variações estão associadas especialmente a pluviosidades, visto que a temperatura pouco varia nessa porção do território.

Cerqueira et. al. (1999)

No final da década de 90, através da Secretaria de Estado de Planejamento (SEPLAM), Cerqueira *et. al.* (1999) propuseram uma regionalização do estado do Espírito Santo em Zonas Naturais. A proposta dos autores buscou abarcar as características climáticas, relevo, solo, pluviosidade e outras peculiaridades de cada região do estado.

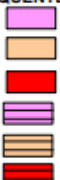
A proposta dos autores classificou o estado em 9 zonas naturais, sendo elas: terras frias, acidentadas e chuvosas; terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas; terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas/secas; terras quentes, acidentadas e chuvosas; terras quentes, acidentadas e transição chuvosa/seca; terras quentes, acidentadas e secas; terras quentes, planas e chuvosas; terras quente, planas e transição chuvosa/seca; terras quentes, planas e secas (CERQUEIRA *et al*, 1999). (Figura 10)

Figura 10: Zonas Naturais do Espírito Santo

Fonte: Cerqueira *et al* (1999)

Ao observarmos o mapeamento realizado a partir da classificação elaborada por Cerqueira *et al* (1999) e a tabela contando os parâmetros, indicadores e peculiaridades utilizados pelos mesmos para definirem as nove Zonas Naturais é possível notar que o relevo é o principal fator que condiciona a diferenciação entre as zonas. (Figura 11)

Figura 11: Parâmetros, indicadores e peculiaridades utilizados na definição das Zonas Naturais

Denominação da Zona	Parâmetros ¹		Indicadores ²	Algumas peculiaridades
-----Temperatura-----				
	Média mínima (°C)	Média máxima (°C)		
FRIA 	7,3 – 9,4	25,3 – 27,8	850 – 1200 m de altitude ² ;	Chuvosa. Quase ausência de solos ricos. Notável presença de solos profundos; elevada densidade de drenagem permanente. Contêm grandes maciços superiores a 1200 metros sem presença de moradores (T. media min Julho < 7,3°C; T media max. Janeiro < 25,3 °C). Pouco café arábica mais localizado nas proximidades da transição para as áreas de temperatura amena e com simultâneo aumento de propriedades dependentes da olericultura.
AMENA 	9,4– 11,8	27,8– 30,7	450 a 850 m de altitude	Abriga a grande maioria dos agricultores de café arábica. Presença notável de solos profundos e elevada densidade de drenagem permanente. Possui 70% de área chuvosa mais localizada em posição frontal ao Atlântico e 30% de área chuvosa/seca em posição mais continental ao interior. Presença de pequenos rios que se tomam caudalosos em trechos curtos. Potencialidade para exploração de quedas d'água por usinas hidroelétricas de pequeno porte nas zonas de temperaturas amenas e nas zona quentes subsequentes.
QUENTE 	11,8– 18,0	30,7- 34,0	0 – 450 m de altitude	Contem a maioria (1) dos solos ricos, (2) das áreas extensivas de terras planas, (3) das terras secas e (4) os grandes rios. Ela contém a maioria das unidades naturais frágeis, afetadas pela conjugação de dois estresses que são (1) as longas estações secas e (2) a baixa fertilidade do solo. A presença do café robusta e culturas tropicais são mais expressivas nessa zona.

Fonte: Cerqueira *et al* (1999)

As Zonas Naturais que apresentam as menores temperaturas estão localizadas na porção sul e extremo oeste do estado capixaba, com valores de altitude superiores a 450m. Essas áreas, segundo os autores, apresentam temperaturas médias de 23,3°C a 30,7°C e chuvas abundantes na maior parte do ano (CERQUEIRA *et al* 1999).

Entre essas zonas podemos destacar a Zona de terras frias, acidentadas e chuvosas que possui as menores temperaturas médias (25,3°C a 27,8°C) e menores médias mínimas (7,3°C a 9,4°C). Esta Zona Natural está localizada sobre a unidade geomorfológica do Maciço do Caparaó, região mais alta do estado capixaba.

Já as Zonas Naturais que apresentam as maiores temperaturas do ar estão dispostas na porção centro-norte do estado e em toda a faixa litorânea. Essas áreas apresentam morfologia mais plana, com valores altimétricos abaixo dos 450m. Nesta porção do território as temperaturas médias, segundo os autores, são superiores a 30,7°C e ocorre variação entre locais chuvosos e secos (CERQUEIRA *et al*, 1999).

As Zonas Naturais quentes diferenciam-se uma das outras pela pluviosidade, uma vez que todas elas possuem temperatura média variando entre 30,7°C e 34°C. As áreas dispostas no litoral são classificadas como zonas chuvosas ou transição chuvosa/seca, enquanto as áreas planas mais interioranas são classificadas como secas.

Feitoza et. al. (2010)

Feitoza et al (2010) realizaram a delimitação de Unidades Naturais no estado do Espírito Santo com o objetivo de mapear a diversidade ecológica do estado capixaba em escala regional a partir dos parâmetros relacionados a temperatura, topografia, número de meses secos, nutrientes, oxigênio e influência marinha.

A classificação proposta por Feitoza et al (2010) divide o Espírito Santo em níveis hierárquicos de Zonas, Subzonas e Províncias. As Zonas, em um total de 9, são definidas a partir de informações de temperatura (Zona Fria, Zona Amena e Zona Quente), de relevo (Acidentado e Plano) e de suficiência de água (Chuvosa, transição Chuvosa/Seca e Seca). (Quadro 7)

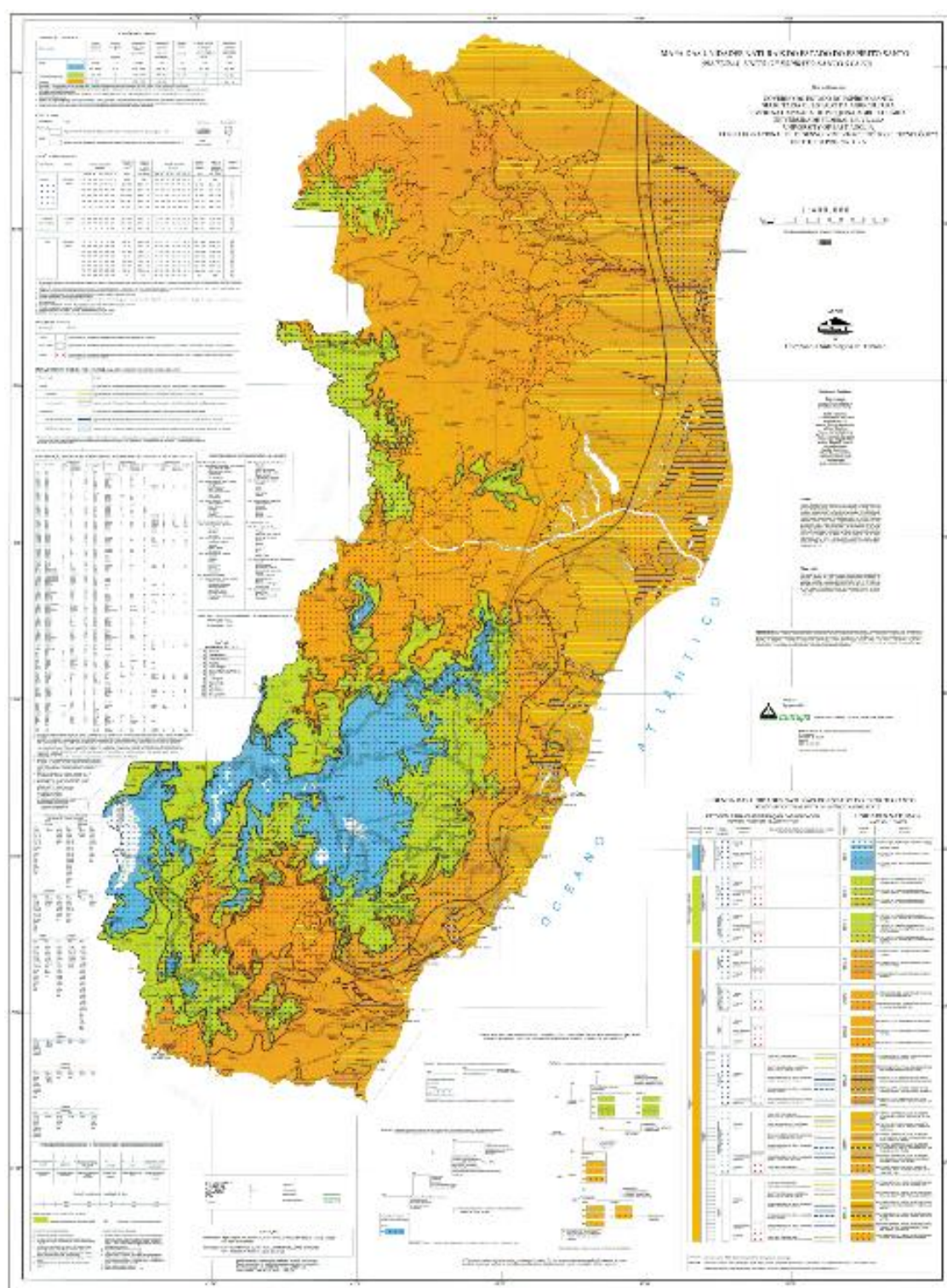
Quadro 7: Zonas Naturais do Estado do Espírito Santo segundo Feitoza et al (2010)

Zona	Características Climáticas e morfológicas
1	Terras frias, acidentadas e chuvosas
2	Terras amenas, acidentadas e chuvosas
3	Terras amenas, acidentadas e transição chuvosa/seca
4	Terras quentes, acidentadas e chuvosas
5	Terras quentes, acidentadas e transição chuvosa/seca
6	Terras quentes, acidentadas e secas
7	Terras quentes, planas e chuvosas
8	Terras quentes, planas e transição chuvosas/secas
9	Terras quentes, planas e secas

Fonte: Feitoza et. al. (2010) **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Cada Zona é composta de 3 a 6 subzonas, totalizando 34 subzonas definidas por parâmetros relacionados à disponibilidade de nutrientes. Inundação por água doce e influência matinha. As subzonas se subdividem em províncias, totalizando 204 tipos (FEITOZA et al, 2010). (Figura 12)

Figura 12: Unidades Naturais do Estado do Espírito Santo



Fonte: INCAPER (2010)

A Zona 1, caracterizada por possuir clima frio e chuvoso e relevo acidentado, está presente na porção sul do estado do Espírito Santo. Esta região é a mais alta do território capixaba, sendo ocupado pela unidade geomorfológica do Maciço do Caparaó, em que as altitudes variam de 600m a 2000m, podendo

atingir quase 3000m nas partes mais altas da Serra do Caparaó (FEITOZA *et al*, 2010).

As Zonas Naturais 2 e 3 também estão dispostas em área de relevo montanhoso, ocupando a porção sul e noroeste do estado. Essas duas zonas fazem a transição para as zonas de relevo mais suave do norte e leste do território capixaba. As duas zonas possuem temperaturas amenas e relevo acidentado, diferenciando-se uma da outra pela disponibilidade de água. Enquanto a zona 2 é classificada como chuvosa, a zona 3 é classificada por ser de transição chuvosa/seca (FEITOZA *et al*, 2010).

A Zona 4 ocupa as terras a leste do Maciço do Caparaó, porém em baixas altitudes. Devido a essas características a mesma é classificada como sendo quente, acidentada e chuvosa (FEITOZA *et al*, 2010).

Já as porções ao sul, oeste e norte do Maciço do Caparaó e as terras acidentadas do norte do estado são classificadas como terras quentes, acidentadas. Nesse caso foram delimitadas as Zonas Naturais 5 e 6, diferenciando-se uma da outra pela disponibilidade de água. A Zona 5 é a transição chuvosa e seca, enquanto a Zona 6 é classificada como seca (FEITOZA *et al*, 2010).

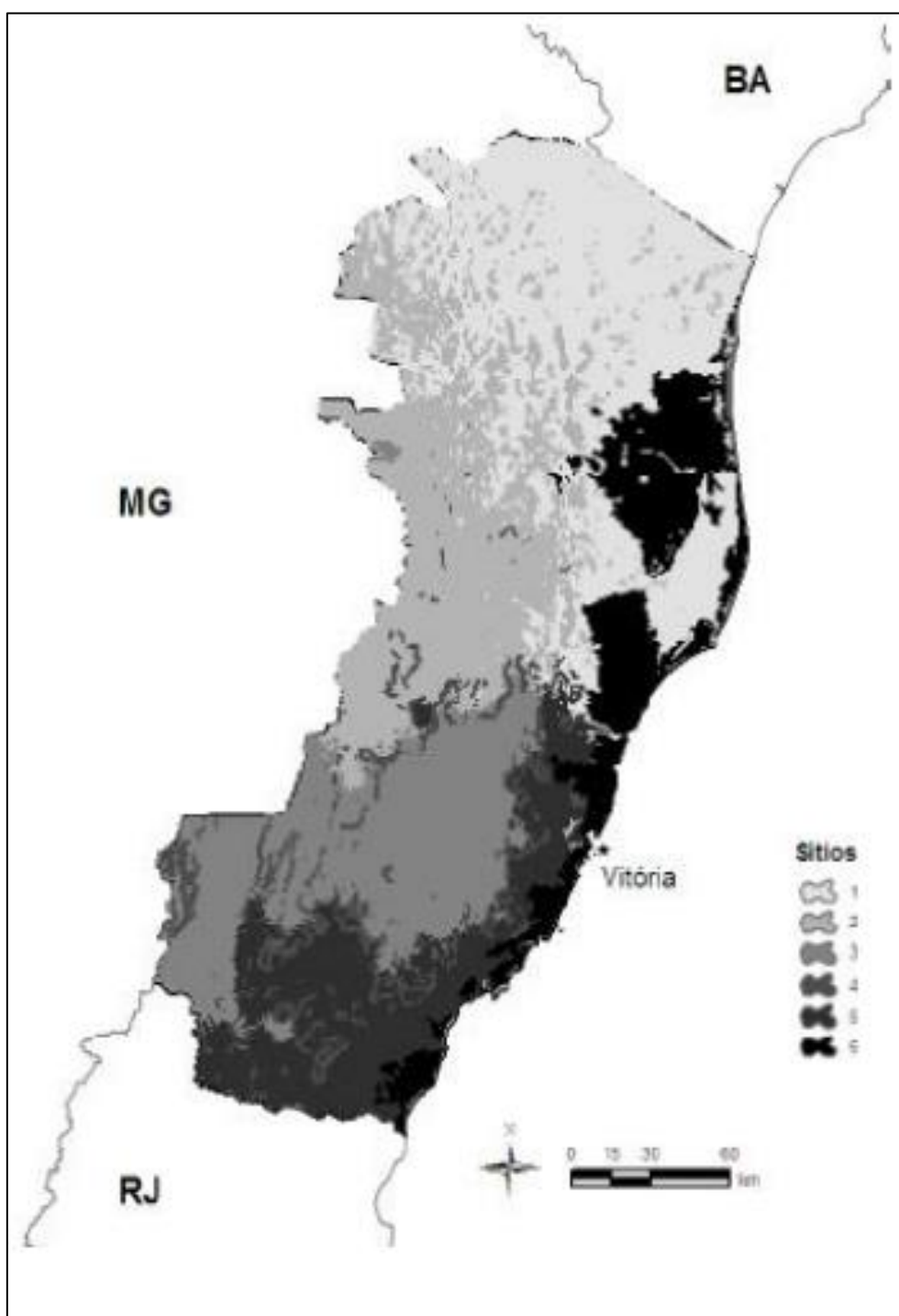
As Zonas Naturais 7, 8 e 9 ocupam a porção norte e litoral do estado. Todas elas são classificadas como sendo terras quentes e planas. O fator que diferencia essas três zonas é a disponibilidades de água. Enquanto as terras litorâneas são classificadas como chuvosas (Zona 7) e de transição chuvosa/seca (Zona 8), as áreas dispostas na região norte do estado são classificadas como secas (Zona 9) (FEITOZA *et al*, 2010).

Rody *et al* (2010)

Rody *et al* (2010) delimitaram sítios ambientais homogêneos no Estado do Espírito Santo com o objetivo de indicar o uso potencial do solo em todo o estado capixaba.

No estudo os autores identificaram seis ambientes homogêneos a partir do emprego de técnicas estatísticas multivariadas utilizando informações do relevo, coordenadas geográficas, dados do solo, temperatura do ar, disponibilidade hídrica e a evapotranspiração real e potencial. (Figura 13)

Figura 13: Sítios ambientais definidos para o Estado do Espírito Santo



Fonte: Rody *et al* (2010)

Os Sítios Ambientais Homogêneos (SAHs) 1 e 2 estão dispostos na porção norte do estado e possuem temperatura média anual de 24,78°C e 23,04°C respectivamente. A precipitação anual nestes dois sítios também é muito semelhante, sendo estimado o valor de 1147,67 (SAH 1) e 1136,59 (SAH 2) (RODY *et al*, 2010).

A diferenciação entre os Sítios Ambientais Homogêneos 1 e 2 se deu por fatores topográficos. Foram encontrados no SAH 1, menores altitudes e declividades em relação ao SAH 2. Segundo os autores, a diferença morfológica entre os dois sítios aparentemente não impactou nos dados climatológicos (RODY *et al*, 2010). (Figura 14)

Figura 14: Características dos Sítios Ambientais Homogêneos

Variáveis	1	2	3	4	5	6
Área (km ²)	12880,36	10357,23	8241,909	2643,631	6404,652	5406,725
Altitude (m)	169,5	370,48	883,7	678,09	246,28	60,93
Declividade (%)	1,16	4,5	4,27	16,41	4,16	0,48
Precipitação anual (mm)	1147,67	1136,59	1379,47	1355,53	1355,28	1245,45
Excedente (mm)	27,94	75,99	416	290,23	216,39	57,01
Deficiência (mm)	285,47	246,87	39,4	77,53	81,89	198,61
Temperatura média anual (°C)	24,78	23,04	18,69	20,06	22,79	24,88
Amplitude térmica anual (°C)	20,28	20,12	19,77	20,02	20,2	20,33
ET potencial (mm)	1423,84	1312,64	1002,9	1144,08	1222,13	1398,6
ET real (mm)	1138,36	1065,76	963,5	1066,55	1140,23	1199,99
Fotoperíodo inverno (horas)	10,87	10,84	10,76	10,76	10,74	10,81
Fotoperíodo verão (horas)	13,12	13,15	13,23	13,23	13,25	13,17
DTA (mm)	0,19	0,21	0,21	0,19	0,20	0,11

Fonte: Rody *et al*. (2010)

O SAH 3 ocupa aproximadamente 17,94% do território capixaba e está assentando na região mais alta do Espírito Santo. Nele foi estimado a menor temperatura média anual (18,69°C) e os maiores índices de pluviosidade anual (1379,47mm). Nessas áreas, encontram-se plantios de espécies típicas de climas mais frios como morango, pêssego e uva (RODY *et al*, 2010).

O SAH 4 foi delimitado nos topos de morro existentes principalmente na porção central e sul do estado do Espírito Santo. Por ser um local de altitude elevada, para esse sítio também foram estimados valores baixos de temperatura média anual (20,06°C) e elevados índices pluviométricos (1355,53mm). O fator que o diferencia do SAH 3 é principalmente a sua acentuada declividade (16,41%) (RODY *et al*, 2010).

Na região litorânea centro-sul do estado do Espírito Santo foram delimitados os SAHs 5 e 6. Os dois sítios possuem extensão aproximadas, entretanto o SAH 6 se estende latitudinalmente na porção litorânea enquanto o SAH 5 está disposto mais no interior do estado. Para o SAH 5 foi estimada

temperatura média anual de 22,79°C e para o SAH 6 de 24,88°C. Quanto a pluviosidade os dois sítios apresentaram valores parecidos, entretanto para o que está disposto no interior foi estimado um valor superior (1355,28mm) enquanto para o sítio litorâneo foi estimado 1245,45mm anuais de chuva (RODY *et al*, 2010).

As diferenças altimétricas foram influentes na diferenciação desses sítios. A presença de locais serranos no interior sul do estado aumentou a altitude média local, levando a temperaturas médias ligeiramente menores no SAH 5 e aumentando a pluviosidade devido ao fator orográfico (RODY *et al*, 2010).

Segundo Rody *et al* (2010) entre as variáveis climáticas utilizadas no estudo, as mais explicativas foram a amplitude térmica, a temperatura média e a evapotranspiração real. Alguns sítios apresentaram similaridades climáticas, indicando que as variáveis topográficas utilizadas atuaram decisivamente na diferenciação deles.

É importante destacar que o objetivo principal deste estudo não foi realizar uma classificação climática, e sim de características homogêneas levando-se em consideração diversas possibilidades de uso e ocupação.

5 METODOLOGIA

A delimitação das unidades climáticas do estado do Espírito Santo foi realizada a partir da proposta metodológica de Novais (2019) e Novais e Machado (2023). A opção pela metodologia se deu em virtude da mesma utilizar dados de reanálise obtidos de a partir de imagens de satélite gratuito disponíveis na internet, sua facilidade de aplicação, sua organização hierárquica que possibilita a delimitação de unidades climáticas em diversas escalas geográficas, pela fato de utilizar parâmetros genéticos e empíricos na definição das unidades e pela sua replicabilidade em qualquer área da América do Sul.

5.1 Delimitação das Unidades Climáticas Segundo Novais (2019)

O Sistema de Classificação Climática proposto por Novais (2019) abarca aspectos já utilizados nos modelos clássicos, mesclando as abordagens empíricas e genéticas juntamente com a influência de outros fatores do clima como: controle astronômico, Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF) e a atuação do relevo (geomorfologia).

A partir da associação dessas informações, é possível delimitar unidades climáticas para escalas geográficas grandes, assim como para uma pequena área, abrangendo a climatologia do detalhe (NOVAIS, 2021).

A primeira hierarquia definida por novais (2019) em seu Sistema de Classificação é a **Zona Climática**. Para o autor, a altura meridiana (incidência) solar impacta diretamente na quantidade de radiação solar recebida pela superfície terrestre. Assim, quanto maior a altura do sol mais concentrada será a intensidade da radiação por área da superfície do planeta.

A região do planeta com a mais alta incidência de raios solares é a intertropical, e a com menor incidência é a polar. Neste sentido, Novais (2019) delimitou as Zonas Climáticas pelos valores de latitude, definindo assim 5 regiões para globo: Zona Tórrida, Zona Quente, Zona Moderada, Zona Fria e Zona Polar. As Zonas Climáticas definidas por Novais (2019) assim como seus limites latitudinais encontram-se sintetizadas no quadro 8 e na figura 15.

As *Zonas Climáticas Moderadas* limitam-se pelos trópicos (23°27' de latitude norte ou sul) e por uma linha imaginária em torno dos paralelos de 46°54' norte e sul (*Linha do Subtropical*). Nas áreas pertencentes a esta zona climática a trajetória do Sol varia em limites amplos, acarretando grandes contrastes na incidência de energia solar ao longo do ano (NOVAIS, 2019).

As *Zonas Climáticas Fria* se estendem desde o *Subtropical Setentrional* ou *Meridional*, até os Círculos Polares (66°33' norte ou sul). Nesta zona observa-se enormes diferenças de duração entre os dias e as noites, e consequentemente de incidência de energia solar, nos períodos de solstício (NOVAIS, 2019).

As *Zonas Climáticas Polares* são as zonas localizadas nos extremos Norte e Sul do globo, compreendendo a porção do planeta entre os círculos polares e os polos. Nesta zona climática predomina o regime solar com seis meses de dia e seis meses de noite, apresentando assim os máximos contrastes possíveis de entrada de energia solar (NOVAIS, 2019).

A partir das Zonas Climáticas são definidas as unidades climáticas da segunda hierarquia, denominada por Novais (2019) de **Climas Zonais**, sendo eles: Tórrido Quente, Moderado, Frio e Polar.

Apesar de possuírem a mesma nomenclatura da Zonas Climáticas, os Climats Zonais são diferentes, uma vez que o critério para a sua delimitação são os valores de temperatura do ar, mais especificamente a temperatura média do mês mais frio (TMMMF). Cada Zona climática possui um intervalo de temperatura para a sua delimitação, como pode ser observado na no Quadro 9.

Quadro 9: Climats Zonais definidos por Novais (2019) e critérios para a sua delimitação

Clima Zonal - O critério dessa divisão é a TMMMF					
Clima Zonal					
Clima Zonal	Tórrido	Quente	Moderado	Frio	Polar
TMMMF	igual ou acima de 22,5°C	15°C a 22,4°C	14,9°C a 0°C	-0,1°C a - 15°C	Inferior a - 15°C
Clima Azonal: Azonal Montanhoso: TMMMF igual ao dos Climats Zonais mais frios					

Fonte: Adaptado de Novais (2019)

É importante destacar que o *Clima Zonal* não é limitado pelas Zonas Climáticas (1ª hierarquia). Assim, um determinado Clima Zonal pode ultrapassar os limites de sua própria *Zona Climática*. Por exemplo: O Clima Zonal Tórrido pode ultrapassar os limites latitudinais da Zona Climática Tórrida e avançar sobre a Zona Climática Quente e vice-versa (NOVAIS, 2019).

O *Clima Zonal Tórrido* caracteriza-se por possuir a temperatura média no mês mais frio (TMMMF) acima de 22,5°C e por temperaturas elevadas ao longo de todo o ano sem apresentar quedas aparentes em nenhuma estação. A região classificada por possuir esse clima zonal é marcada por possuir ascensão de ar úmido por meio de convecção, provocado por baixas pressões atmosféricas equatoriais (NOVAIS, 2019).

O *Clima Zonal Quente* possui TMMMF entre 15°C e 22,5°C. Neste clima zonal as temperaturas são elevadas durante a maior parte do ano, apresentando queda mais evidente apenas no inverno. O clima Zonal Quente avança sobre a Zona Climática tórrida, especialmente nas porções montanhosas e sobre o Clima Zonal Moderado, também nas áreas litorâneas (NOVAIS, 2019).

O *Clima Zonal Moderado* apresenta TMMMF entre 15°C e 0°C. Neste clima as geadas são frequentes no inverno em decorrência da queda da temperatura do ar. Porém, no verão a incidência solar é alta. Este clima zonal pode ser encontrado também nas regiões montanhosas da Zona Climática Quente em decorrência do resfriamento adiabático do ar. Nas regiões litorâneas da Zona Climática Fria este clima zonal também pode ser encontrado devido a menor amplitude térmica provocada pela proximidade com o oceano (NOVAIS, 2019).

O *Clima Zonal Frio* caracteriza-se por possuir TMMMF entre -0,1°C a -15°C. Esse clima zonal é característico da Zona Climática Fria, porém também pode ser encontrado em regiões montanhosas da Zona Moderada (NOVAIS, 2019).

Por fim temos os *Clima Zonal Polar* e o *Clima Azonal*. O primeiro possui TMMMF abaixo de -15°C e é restrito aos polos Norte e Sul do planeta, já o Azonal caracteriza-se por possuir TMMMF igual ao dos Climas Zonais mais frios e por estar presente em diversas Zonas climáticas limitado entre os Subtrópicos, sempre associado a regiões montanhosas (NOVAIS, 2019).

A terceira hierarquia do sistema de classificação climática é o **Domínio Climático**. Na proposta de Novais (2019) foram delimitados 8 domínios climáticos no Brasil, sendo eles: Equatorial, Equatorial Ameno, Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Temperado, Semiárido e Árido.

Esta hierarquia pertence a dimensão da escala regional, que é mais complexa de se classificar pois é resultante de uma combinação de fatores estáticos, dinâmicos e processos atmosféricos de circulação geral e secundária (SANT'ANNA NETO, 2013).

Os Domínios são uma subdivisão dos Climas Zonais e por isso podem pertencer a mais de um Clima Zonal. Neste nível escalar a TMMMF é o principal fator considerado para a delimitação, entretanto os aspectos genéticos associados aos sistemas meteorológicos atuantes são os elementos importante para a delimitação das unidades. A Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT) por exemplo separa o Domínio Equatorial do Domínio Tropical, visto que os dois possuem a mesma TMMMF. Além disso, para a delimitação dos domínios também são considerados a quantidade de meses secos e a precipitação média anual. A sínteses dos Domínios Climáticos definidos por Novais (2019) encontram-se no quadro 10.

Quadro 10: Domínios climáticos definidos por Novais (2019) e seus critérios de delimitação

Domínios Climáticos - O critério dessa divisão é: TMMMF; Sistemas Atmosféricos; Quantidade de meses secos; Precipitação média anual.	
Domínios climáticos	
Equatorial	TMMMF acima de 22,5°C; influência da ZCIT
Equatorial Ameno	TMMMF entre 18°C e 22,4°C; influência da ZCIT.
Tropical	TMMMF igual ou acima de 18°C; atuação de ZCAS, ASAS, APS; sem influência da ZCIT.
Tropical Ameno	TMMMF entre 15°C e 17,9° C; atuação de ZCAS, ASAS, APS; resfriamento adiabático do ar (altitude);
Subtropical	TMMMF entre 10°C e 14,9°C, por influência da passagem de frentes frias; resfriamento adiabático do ar (altitude);
Temperado	TMMMF entre 0° e 9,9°C, por influência da passagem de frentes frias; resfriamento adiabático do ar (altitude);
Semiárido	12 meses secos, com precipitação média anual acima de 500 mm
Árido	12 meses secos, com precipitação média anual abaixo de 500 mm

Fonte: Adaptado de Novais (2019)

A quarta hierarquia na classificação desenvolvida por Novais (2019) são os **Subdomínios Climáticos**. O critério para a delimitação dos subdomínios é a quantidade de meses secos existentes em uma determinada localidade. Assim, Novais (2019) propõe em sua classificação quatro subdomínios, sendo eles: *úmido* (0 a 3 meses secos); *semiúmido* (4 a 5 meses secos); *semiseco* (6 a 7 meses secos) e *seco* (8 a 11 meses secos). Para determinação de mês seco considera-se a diferença entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial (ETP). Quando a precipitação (P) for menor que a ETP, o mês considerado seco (NOVAIS, 2019). (Quadro 11)

Quadro 11: Subdomínios climáticos definidos por Novais (2019) e seus critérios de delimitação

Subdomínio Climáticos - O critério dessa divisão é: Quantidade de meses secos			
Subdomínios climáticos			
Úmido	Semiúmido	Semiseco	Seco
0 a 3 meses secos	4 a 5 meses secos	6 a 7 meses secos	8 a 11 meses secos

Fonte: Adaptado de Novais (2019)

O quinto nível hierárquico definido por Novais (2019) são os **Tipos Climáticos**. Essa hierarquia se manifesta pela localização dos Domínios e Subdomínios dentro do continente, sendo influenciados pelo relevo, grandes áreas de florestais (como a Amazônia, por exemplo), além de condições meteorológicas adversas como registro de geada no período climatológico

Novais (2023) propõe para o território brasileiro 15 tipos climáticos, sendo eles: Amazônico Central, Amazônico Ocidental, Amazônico Oriental, Central do Brasil, Centro do Brasil, Centro-Sul do Brasil, Chaco, Litorâneo Lestes do Brasil, Litorâneo Amazônico, Litorâneo Norte do Brasil, Litorâneo Sul do Brasil, Meridional do Brasil, Nordeste do Brasil, Ocidental do Brasil, Oriental do Brasil e Planalto da Guianas. Os tipos climáticos assim como a síntese dos critérios de delimitação encontram-se no quadro 11.

Quadro 12: Tipos climáticos definidos por Novais (2023) e seus critérios de delimitação

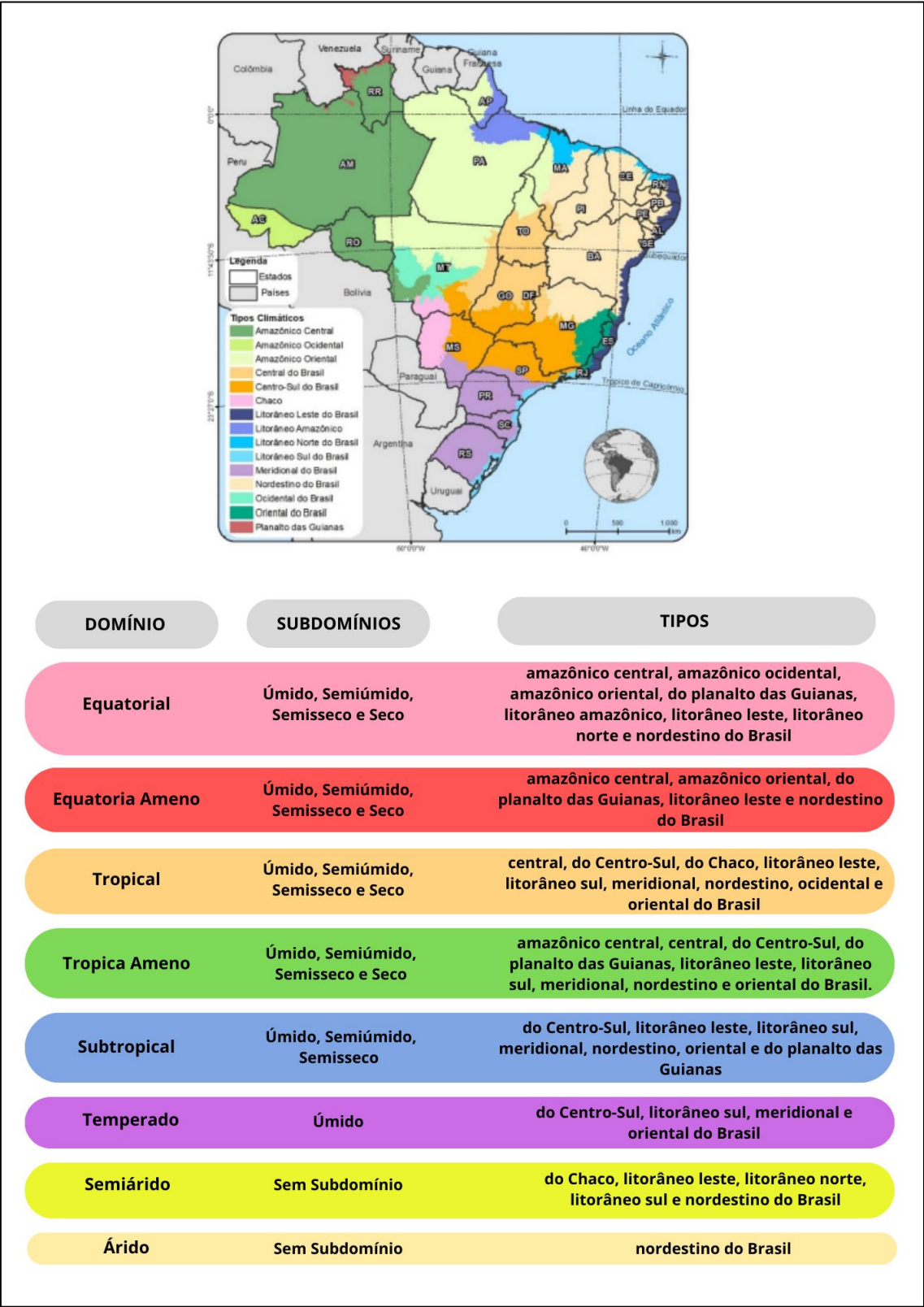
Tipos Climáticos - O critério dessa divisão: Relevo, vegetação, quantidade de Meses Secos e sistemas meteorológicos
Tipos Climáticos

Meridional do Brasil	- Engloba subdomínios mais úmidos, e com influência direta das Massas Polares, o que faz reduzir suas temperaturas do ar, principalmente no inverno
Setentrional	- Alta pluviosidade da porção norte do Domínio Tropical; - Delimitado também pelas escarpas do relevo da Chapada das Mangabeiras e Espigão Mestre (a nordeste) - Localização do Domínio Subtropical ao norte do Trópico de Capricórnio
Central do Brasil	- Anexa os subdomínios semiúmidos e semissecos localizados nessa área. - É delimitado pelo relevo: ao sul pelo Planalto Central, a leste pelo Espigão Mestre/Serra Geral de Goiás, a norte pela Chapada das Mangabeiras, e a oeste pelo Planalto dos Guimarães. - É a área central do Cerrado, onde não há ocorrência de geadas, com exceção de locais pontuais no limite com o tipo Centro-Sul
Litorâneo	- Delimitado pela planície litorânea, até as escarpas dos planaltos. - No Brasil, é dividido em: Litorâneo Amazônico; Litorâneo Norte; Litorâneo Leste; Litorâneo Sul
Ocidental	- Transição entre os tipos Amazônico, Central e Meridional - Aparece exclusivamente no Bioma Cerrado
Amazônico	- No Cerrado, aparece no Domínio Equatorial, onde ocorre a atuação máxima da ZCIT dentro do continente. - Fora do Cerrado, é delimitado pelo bioma da Floresta Amazônica.
Nordestino	- Caracterizado pela vegetação de Caatinga, mas também pelo Cerrado e Mata Atlântica. - Abrange a Região Geoeconômica do Nordeste. - Na transição com os tipos Central e Meridional, aparece sob subdomínio Seco.
Oriental do Brasil	- Transição entre tipos climáticos mais secos (Nordeste), de influência marinha (Litorâneo leste) e com possibilidade de geada (Centro-Sul) - É o mais variado em termos de domínios (Tropical, Tropical Ameno, Subtropical e Temperado) e subdomínios climáticos (úmido, semiúmido, semiseco e seco), mas - A vegetação predominante é a Mata Atlântica
Centro-Sul do Brasil	- Registro de pelo menos uma temperatura do ar mínima absoluta abaixo de 3,5°C (o que possibilita a ocorrência de geada no solo)

Fonte: Adaptado de Novais (2019)

Até a quinta hierarquia a classificação climática proposta por Novais e Machado (2023) propõe os seguintes Domínios, Subdomínios e Tipos climáticos: (Figura 16)

Figura 16: Domínios, subdomínios e tipos climáticos



Fonte: Novais e Machado (2023) Organização: Autor

O sexto nível hierárquico da classificação proposta por Novais (2019) é o **Subtipo Climático**. Essa categoria climática é delimitada por sua localização, mas em escala geográfica sub-regional e recebe a nomenclatura das unidades geomorfológicas que o subtipo está inserido. A estrutura geomorfológica é o fator preponderante para delimitar os subtipos climáticos.

O sétimo nível na hierarquia de classificação climática de Novais (2019) é o **Mesoclima**. Este é delimitado em escala mesoclimática, podendo ser através de vales (abertos ou cercados), maciços, conjunto de serras unidas pela linha de cumeada, topos de planaltos, áreas de mata e zonas urbanas.

O oitavo e último nível hierárquico é o **Topoclima**. Esta unidade restringe-se a vertentes, escarpas e pontos culminantes de relevo acidentado (serras, morros, montanhas, etc) (NOVAIS, 2019).

5.2 Procedimentos Técnicos Operacionais

5.2.1 Dados de temperatura e precipitação de reanálise do algoritmo Chelsa.

O CHELSA - Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas (Climatologia em alta resolução para as áreas terrestres da Terra), foi elaborado por Karger *et al* (2017), e o seu mapeamento baseia-se em um downscaling estatístico da temperatura atmosférica de reanálise climática ERA-Interim.

O CHELSA inclui a temperatura média mensal e padrões de precipitação para o período de tempo de 1979-2018, e em alguns meses disponibiliza os dados para o ano de 2019. Entretanto, este trabalho irá utilizar os dados médios compilados entre 1979 a 2013. Os dados estão disponibilizados para *download* através do endereço eletrônico <https://chelsa-climate.org/>.

Os arquivos com os dados climáticos disponibilizados pelo CHELSA estão em formato raster com pixel de 1km². A manipulação dos arquivos foi realizada no *software* ArcMap 10.8.

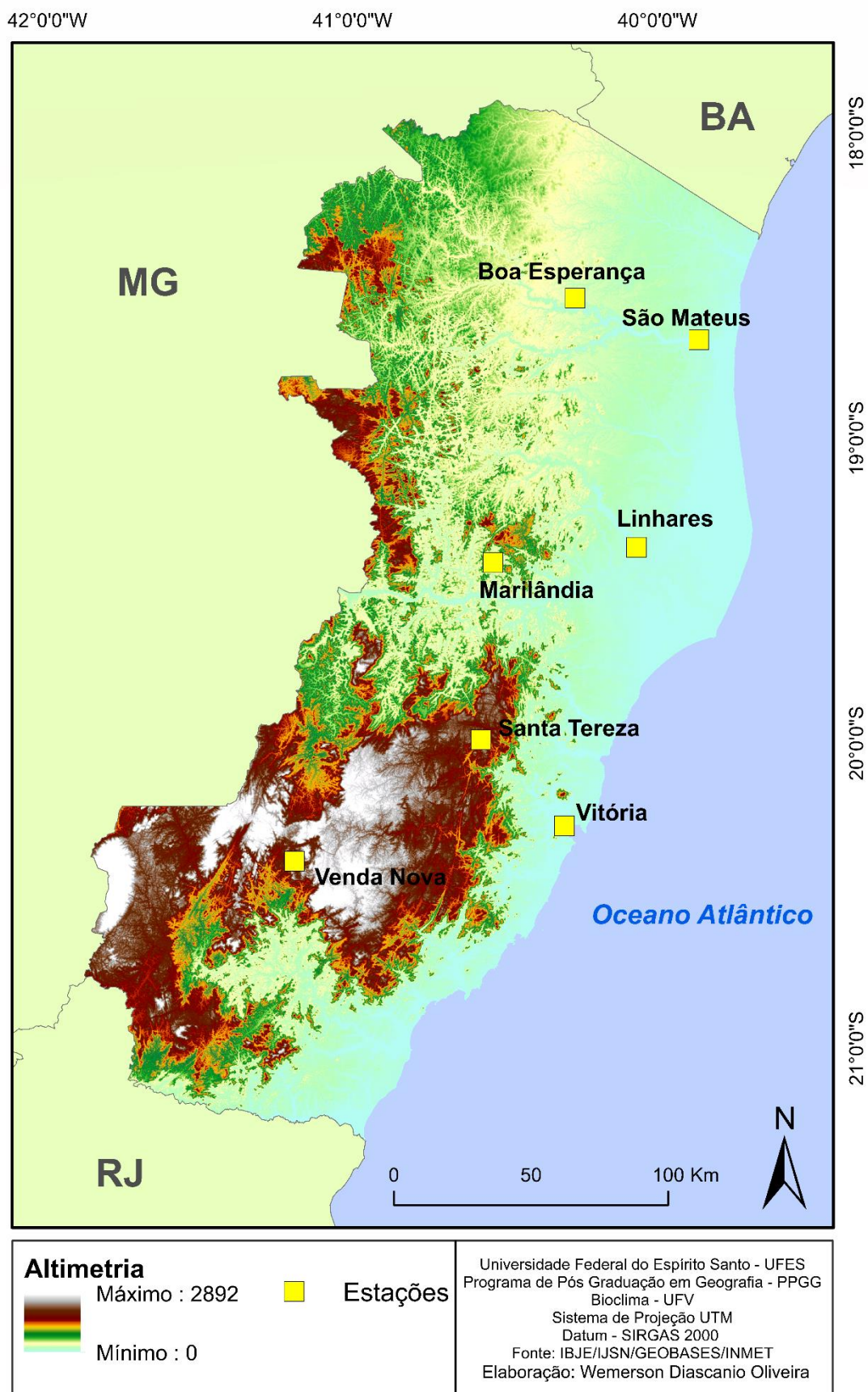
A metodologia de estimativa da temperatura do ar e da pluviosidade do algoritmo CHELSA possui uma correlação direta com os valores altimétricos extraídos de imagens SRTM, resultando em mapas térmicos próximos da

realidade. Nesta metodologia as isotermas acompanham as curvas de nível do terreno (NOVAIS, 2019).

5.2.2 Validação dos dados de temperatura e precipitação de reanálise do algoritmo CHELSA.

Para a validação dos dados de temperatura e precipitação disponibilizados pelo algoritmo Chelsa foram utilizadas sete estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) dispostas no território do Espírito Santo. As estações foram escolhidas por possuírem normais climatológicas entre 1981 e 2010. (Figura 17)

Figura 17: Localização das Estações Meteorológicas com normais climatológicas entre 1981 e 2010 – Espírito Santo



Fonte: INMET **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Os dados de temperatura médias mensais e anual de cada uma dessas sete estações foram comparadas com os dados médios mensais e anuais do raster de temperatura disponibilizado pelo Chelsa, que disponibiliza informações compiladas entre 1979 a 2013.

Através da ferramenta *Zonal Statistics as Tabel* presente no ArcMap 10.8 foi extraído o valor de temperatura de cada pixel em que as estações do INMET estão localizadas. Posteriormente os dados foram planilhados no Excel e em seguida feita a correlação de Person entre os dados das normais climatológicas e do raster de temperatura do Chelsa.

Entre as médias mensais 87% dos dados registraram diferença menor que 1°C entre os registros das estações do INMET e os valores extraídos do Chelsa, sendo que em 56% dos dados as diferenças ficaram abaixo de 0,5°C

Ainda analisando os dados mensais, apenas 6% dos registros apresentaram diferença superior a 1,1°C entre os dados das estações e do raster do Chelsa, e nenhum dado se diferenciou mais do que 1,5°C. (Tabela 1)

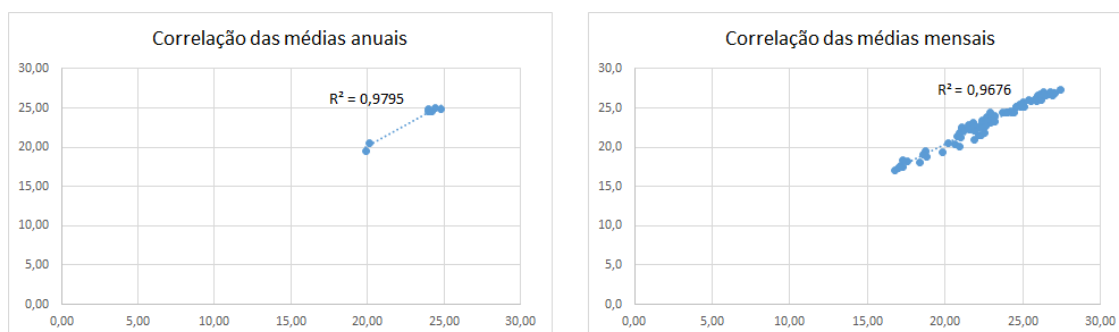
Tabela 1: Diferença de temperatura registrada entre as estações do INMET e o Chelsa

Diferença Térmica	% mensal	% anual
0°C e 0,5°C	56%	71,40%
0,6°C e 1°C	37%	28,60%
1,1°C e 1,5°C	6, %	0%
1,6°C e 2°C	0%	0%

Fonte: INMET e CHELSA **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Este erro pode ser considerado aceitável, uma vez que o coeficiente de determinação (R^2) para os dados médios anuais se ajustou ao modelo linear em 0,9795 e o coeficiente de correlação foi de 98%. Já para os dados médios mensais o coeficiente de determinação entre os dados da normal climatológica das sete estações com os dados do Chelsa foi de 0,9676 e o de correlação de 0,98%. (Figura 18)

Figura 18: Correlações de Pearson entre os dados das normais climatológicas e do algoritmo Chelsea



Fonte: INMET e Chelsea **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Para o teste estatístico da pluviosidade foi utilizado o total acumulado chuvas em um ano disponível na normal climatológica de 1981 a 2010 de cada uma das setes estações climatológicas automáticas do INMET dispostas no território capixaba, e os dados de pluviosidade do pixel em que as estações estão localizadas. (Figura 17)

Em seguida os dados foram planilhados no Excel e feita a correlação de Person entre os dados das normais climatológicas e do raster de pluviosidade do Chelsea.

Na comparação entres os dados pluviométricos coletados na estação do INMET e os dados extraídos no pixel do raster do Chelsea em nenhuma das estações a diferença foi maior que 6%. A menor diferença entre os dados foi de 0,3%, que corresponde a 4,2mm de chuvas anuais. (Tabela 2)

Tabela 2: Diferença de Pluviosidade registrada entre as estações do INMET e o Chelsea

Estação do INMET	Chuva INMET (mm)	Chuva CHELSA (mm)	Diferença (%)
Vitoria	1318,6	1253	5
Santa Teresa	1386,8	1422	3
Linhares	1267,2	1233	3
Sao Mateus	1353,7	1268	6
Marilandia (Colatina)	1129,4	1117	1,2
Venda Nova	1456,6	1382	5
Boa Esperanca	1108,4	1112	0,3

Fonte: INMET e CHELSA **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

Esta diferença pode ser considerado aceitável, visto que o índice de determinação (R^2) para os dados de pluviosidade se ajustou ao modelo linear em 0,8814 e o coeficiente de correlação foi de 94,2%.

Os resultados obtidos para a nossa área de estudo vão de encontro aos obtidos por Novais (2019). O autor comparou, através da correlação de Pearson, a temperatura média anual registrada entre o período de 1979 a 2013 de 41 estações meteorológicas do INMET existentes no Cerrado brasileiro com os dados do pixel do raster disponibilizado pelo Chelsa no qual estava localizada as estações meteorológicas.

Em mais de 90% das análises de Novais (2019) a diferença de temperatura foi menor que 1°C, e em 73% menor que 0,5°C. Esse erro foi considerado aceitável visto que o coeficiente de determinação (R^2) se ajustou ao modelo linear em 0,9595 (NOVAIS, 2019).

Neste sentido, entende-se que os dados de temperatura média anual e mensal disponibilizados pelo Chelsa, assim como os dados de pluviosidade anual acumuladas são seguros para a utilização com parâmetros climáticos de definição das unidades climáticas do Espírito Santo em escalas zonal e local.

5.2.3 Verificação e espacialização da temperatura média do mês mais frio (TMMMF)

Para a verificação da temperatura média do mês mais frio (TMMMF) da área estudada, foram elaborados mapas de temperatura do ar para cada mês utilizando os dados do algoritmo Chelsa. Além disso, foram espacializados os pontos de localização das estações do INMET que possuem normal climatológica.

A partir do shapefile de localização das estações foi extraído para cada mês o valor de temperatura do pixel do raster disponibilizado pelo Chelsa em que estavam distribuídas as estações, e em seguida os dados tabulados em planilha do Excel.

Os dados das normais climatológicas também foram tabulados em planilha, fazendo com que fosse possível verificar tanto os dados primários quanto os dados de reanálise.

Após a análise dos dados foi possível perceber que para o Estado do Espírito Santo o mês de temperatura média mais baixa é o mês de Julho. (Tabela 3)

Tabela 3: Dados mensais das estações meteorológicas e do Chelsa

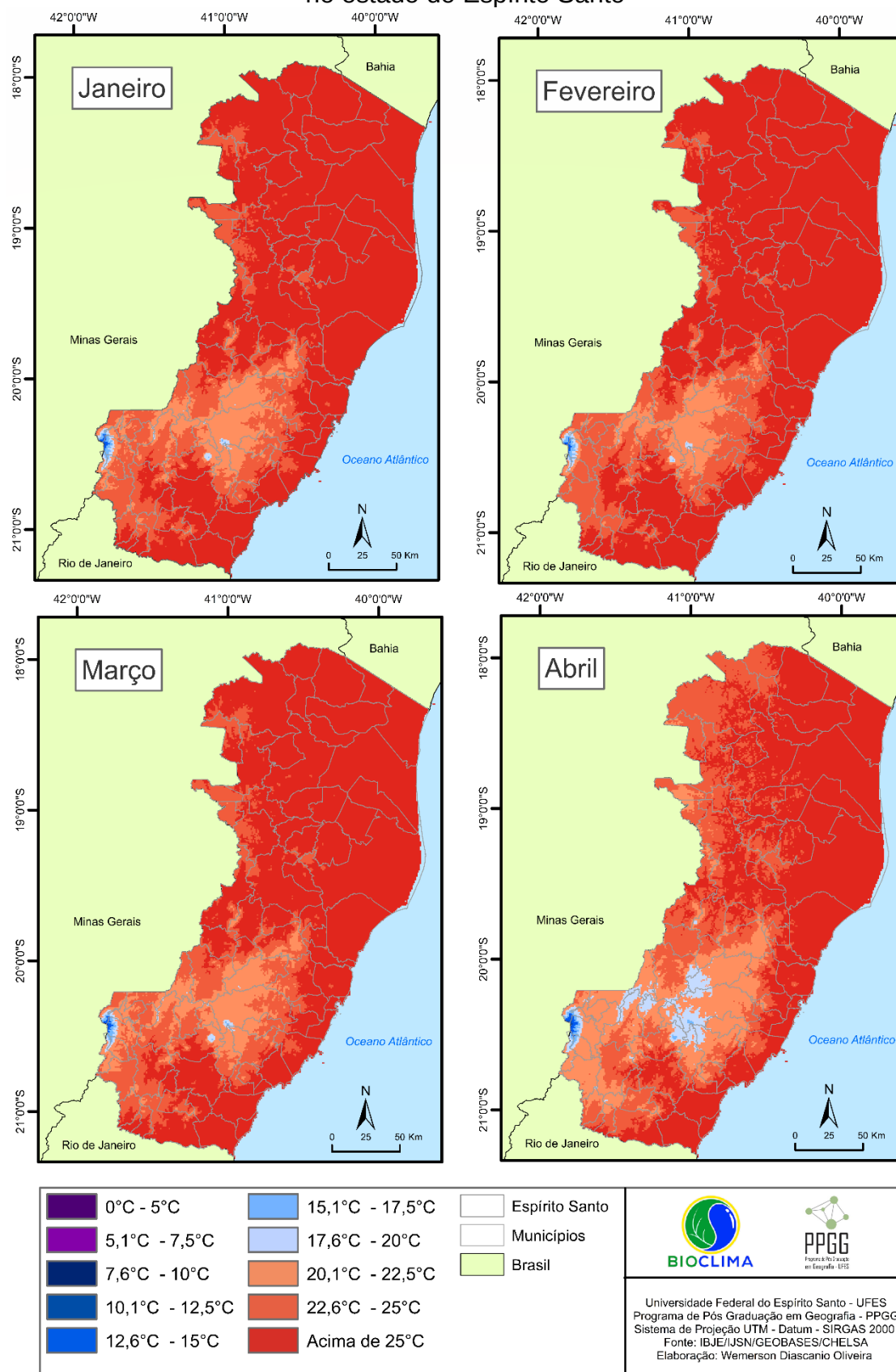
Fonte de dados	Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abril	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out	Nov	Dez
Dados das estações meteorológicas do INMET	Vitoria	26,9	27,4	27,1	25,9	24,0	22,8	22,4	22,6	23,2	24,3	24,9	26,0
	Santa Teresa	22,3	22,5	22,2	20,6	18,8	17,3	16,8	17,0	18,4	19,8	20,9	21,9
	Linhares	26,2	26,3	26,1	25,0	22,9	21,8	21,1	21,5	22,4	23,9	24,6	25,8
	São Mateus	26,4	26,8	26,6	25,5	23,7	22,4	21,8	21,9	22,9	24,2	24,9	25,9
	Marilândia	26,9	27,0	26,5	25,0	22,7	21,1	20,9	21,6	22,9	24,4	25,1	26,2
	Venda Nova	22,6	22,9	22,2	20,8	18,7	17,6	17,1	17,3	18,6	20,2	21,0	21,9
	Boa Esperança	26,0	26,3	26,1	24,8	23,2	21,9	21,2	21,5	22,7	24,0	24,6	25,4
Dados do Chelsa extraídos no pixel onde se localizam as estações meteorológicas do INMET	Vitoria	26,8	27,3	26,9	25,9	24,4	23,1	22,6	22,8	23,3	24,4	25,2	26,2
	Santa Teresa	21,5	21,9	21,6	20,4	18,8	17,5	17,0	17,4	18,1	19,4	20,1	21,0
	Linhares	26,6	27,0	26,8	25,8	24,4	23,1	22,6	22,8	23,4	24,4	25,1	26,1
	São Mateus	26,7	27,0	26,8	25,9	24,5	23,2	22,7	22,8	23,6	24,6	25,3	26,2
	Marilândia	26,6	26,9	26,6	25,4	23,8	22,4	21,9	22,3	23,2	24,4	25,1	26,0
	Venda Nova	22,7	23,1	22,6	21,4	19,5	18,2	17,7	18,3	19,1	20,5	21,2	22,1
	Boa Esperança	26,6	26,9	26,5	25,5	24,0	22,6	22,1	22,4	23,4	24,5	25,2	26,0

Fonte: INMET e CHELSA

Organização: Wemerson Diascanio Oliveira

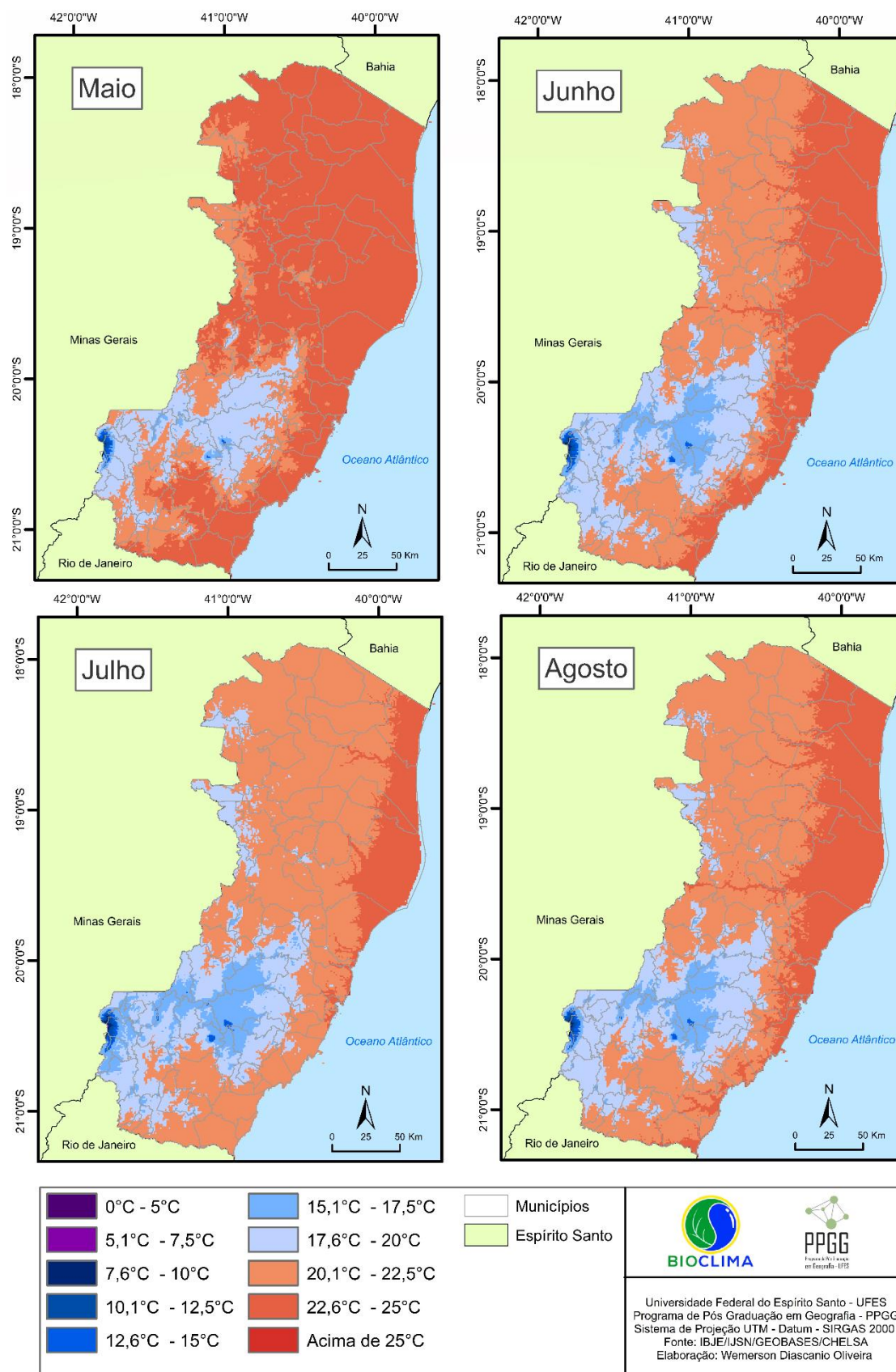
Após a verificação do mês com a temperatura média mais baixa, o raster do mês de julho foi classificado a partir dos limites térmicos definidos por Novais (2019) resultando na delimitação dos Climas Zonais e auxiliando na definição dos Domínios Climáticos.

Figura 19: Temperatura média dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril no estado do Espírito Santo



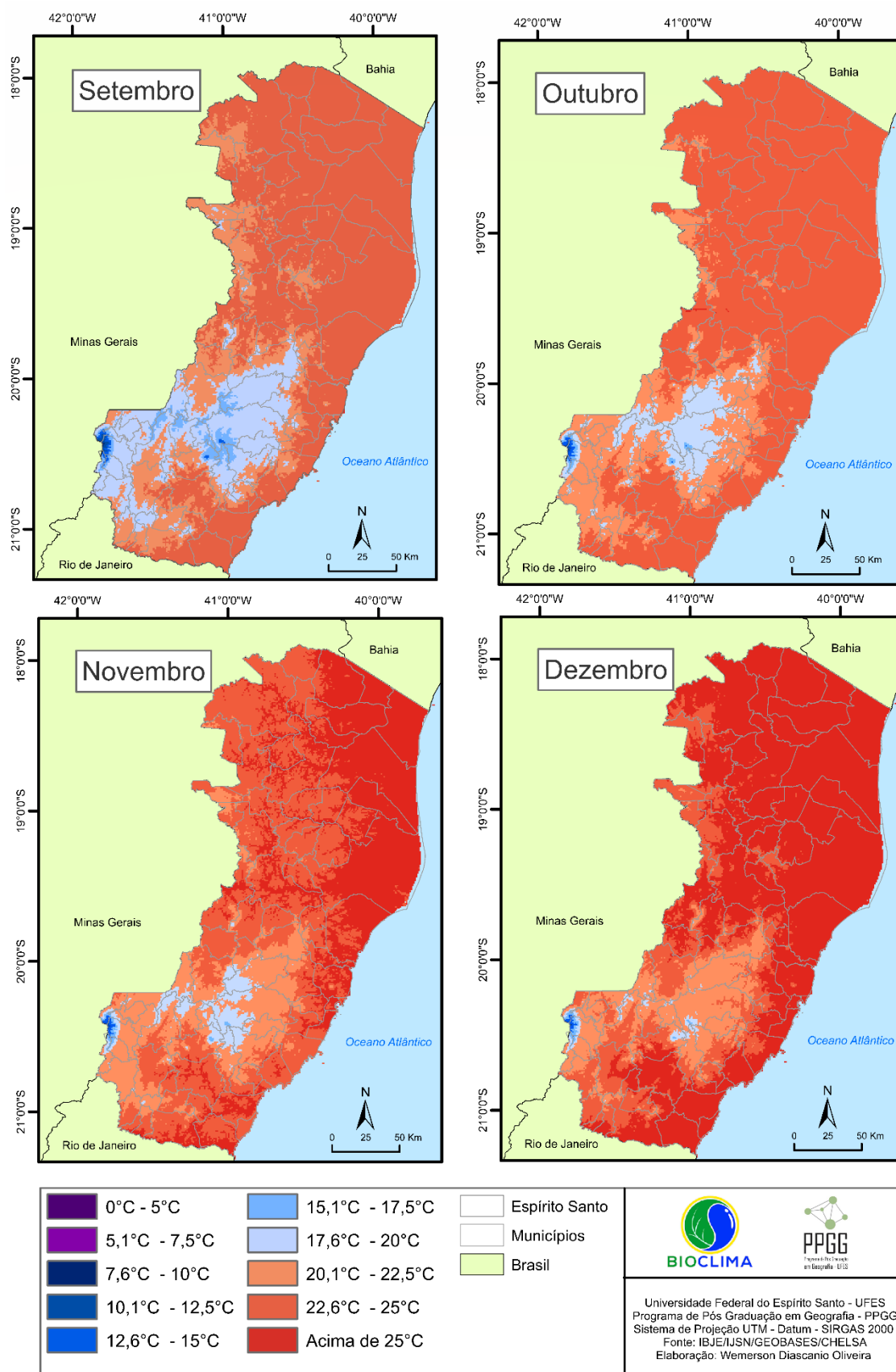
Fonte: Autor

Figura 20: Temperatura média dos meses de maio, junho, julho e agosto no estado do Espírito Santo



Fonte: Autor

Figura 21: Temperatura média dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro no estado do Espírito Santo



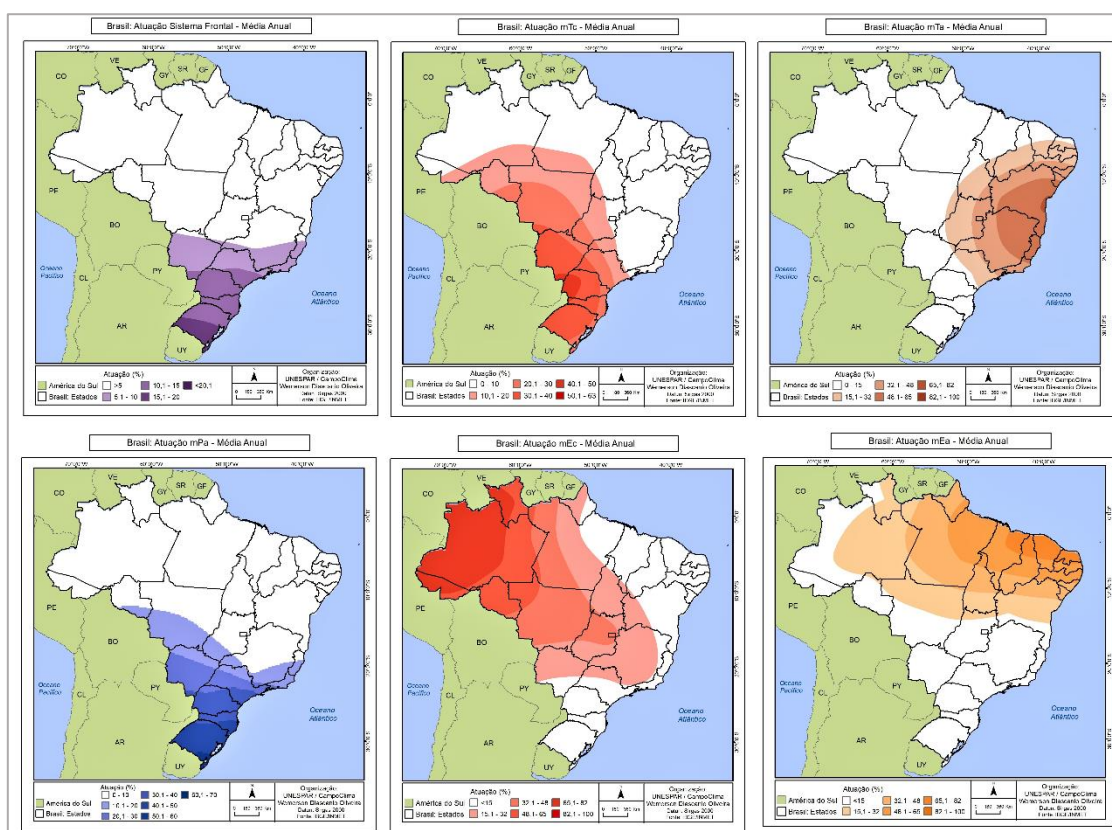
Fonte: Autor

5.2.4 Verificação dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo.

Uma das variáveis dinâmicas observadas na delimitação dos domínios climáticos é a atuação dos sistemas atmosféricos. Nesta etapa foi utilizada a obra de Borsato e Massoquin (2020)

Os autores quantificaram e especializaram para todo o território brasileiro as cinco massas de ar e os sistemas atmosféricos atuantes na produção dos tipos de tempo nas quatro estações, mensal e anual (BORSATO; MASSOQUIN, 2020).

Figura 22: Sistemas atmosféricos atuantes no Brasil segundo Borsato e Massoquin (2020)



Fonte: Borsato e Massoquin (2020) Organização: Wemerson Diascanio Oliveira

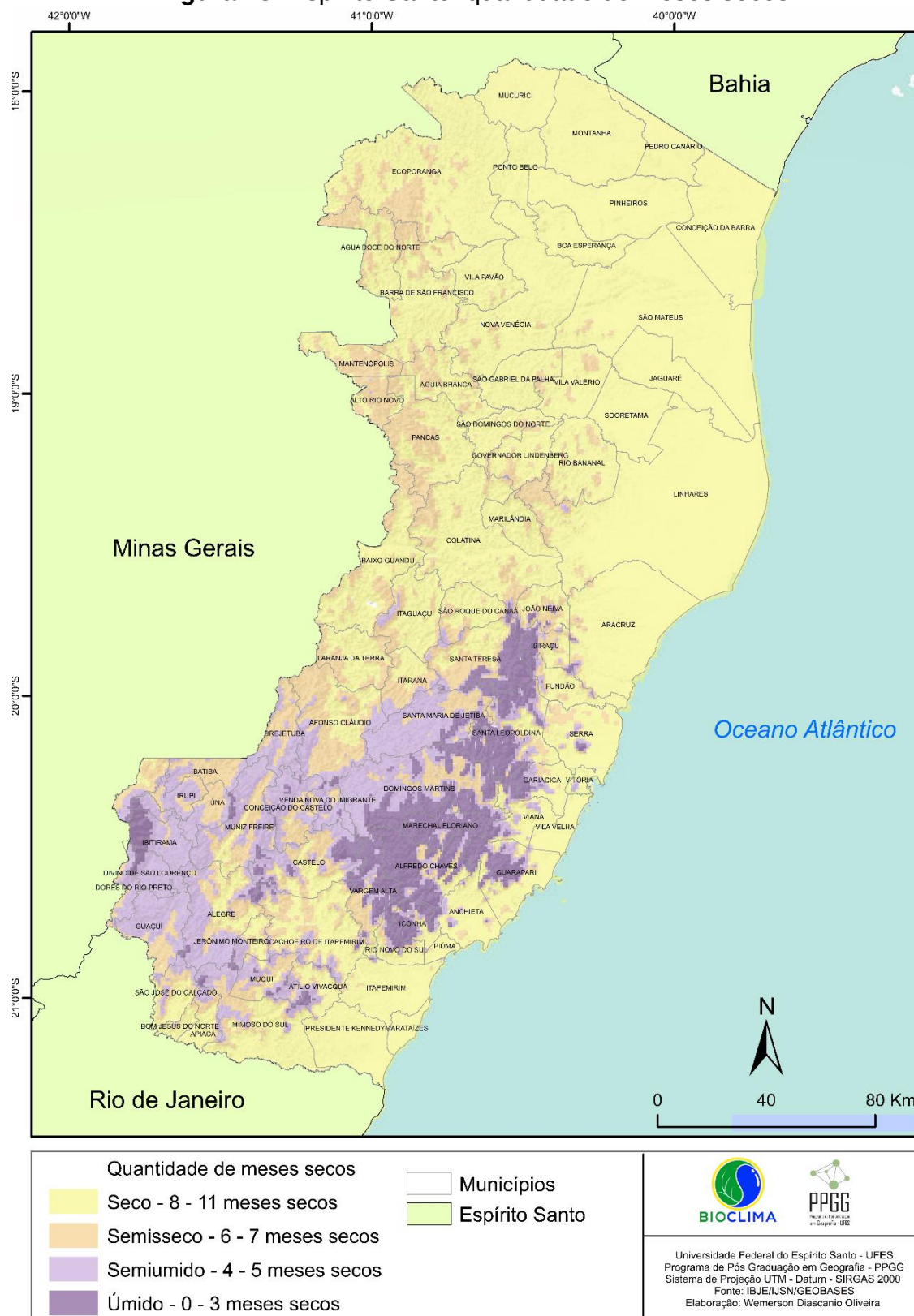
5.2.5 Delimitação da quantidade de meses secos

Inicialmente são calculados os valores de ETP através de um modelo criado por Novais e Machado (2023) baseado em Thorntwaite e Mather (1955). Este processamento é realizado automaticamente no software Dinâmica EGO a partir da inserção dos rasters de temperatura e precipitação. Em seguida a

variável ETP é subtraída dos valores médios mensais de Precipitação (P), também através de modelagem no próprio software Dinamica EGO. Como resultante temos a definição da quantidade de meses secos que são especializadas em um outro modelo no Dinamica EGO e em seguida classificados em ambiente SIG.

A duração dos meses secos é delimitada a partir da diferença da precipitação pluviométrica com a evapotranspiração potencial. Se essa diferença for negativa o mês é considerado seco. Esse parâmetro é essencial para delimitação dos subdomínios climáticos desse trabalho, ou seja: *subdomínio úmido* (de 0 a 3 meses secos), *subdomínio semiúmido* (de 4 a 5 meses secos), *subdomínio semiseco* (de 6 a 7 meses secos) e *subdomínio seco* (de 8 a 11 meses secos). (Figura 23)

Figura 23: Espírito Santo: quantidade de meses secos



Fonte: Autor

5.2.6 Delimitação dos Mesoclimas e Topoclimas

Na classificação climática proposta por Novais (2019) o Mesoclima é a sétima hierarquia de classificação do clima. Na escala climática de Maciçoiro (2015), a hierarquia mesoclimática de Novais (2019) pertence a escala de mesoclima, já segundo as escalas do clima de Mendonça e Dani-Oliveira (2007) a sétima hierarquia pertence a escala de Clima Local.

Para a delimitação dos mesoclimas no município de Serra-ES foram observados os seguintes parâmetros: valores de TMMMF e pluviosidade anual especializados na área de estudo a partir do *raster* disponibilizado pelo Chelsa; altimetria do relevo observado através de imagens SRTM e balanço hídrico especializado na área de estudo a partir da modelagem realizada no dinâmica EGO.

Partindo destes pressupostos, foram delimitados doze mesoclimas a partir da delimitação geomorfológica, de áreas de influência de vegetação, de áreas urbanas, de áreas de proteção ambiental e também por importantes corpos hídricos.

O Topoclima é a oitava e última hierarquia na classificação climática proposta por Novais (2019) e corresponde a uma derivação do Mesoclima. Segundo Ribeiro (1993), a rugosidade do terreno gera energização diferenciada na superfície durante o período diurno dependendo da face de exposição à radiação solar. Essas diferenças de exposição geram contrastes entre as vertentes em uma mesma latitude e altitude.

Por existirem inúmeros locais possíveis para o delineamento de topoclimas, Novais (2019) sugere que sejam desenvolvidos estudos específicos em nível de bacias hidrográficas, sub-bacias e microbacias por exemplo, ajudando a compreender as características climáticas na escala de topoclima e microclima.

Para a delimitação dos topoclimas foi escolhido como área de estudo a Área de Proteção Ambiental do Maciço Mestre Álvaro com 2.461,00ha. O Mestre Álvaro é uma feição granítica que faz parte do conjunto da Serra do Mar, e se destaca na paisagem dos tabuleiros litorâneos e das planícies flúvio-marinhas da Região Metropolitana da Grande Vitória – RMGV (ES), seu ponto mais alto

possui 833 metros de altitude e sua vegetação é constituída de Mata Atlântica de encosta com diversos córregos e nascentes (COSTA, 2013).

Para a delimitação dos topoclimas foram utilizados os seguintes parâmetros: Modelo Digital de Elevação elaborado a partir das imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do projeto TOPODATA disponibilizadas no site do INPE; Mapa de radiação solar elaborado utilizando-se a ferramenta *Solar Radiation* da extensão *Spatial Analyst*. Este modelo estima a radiação solar global, direta e difusa considerando a influência da latitude, altitude e orientação da superfície (declividade e aspecto); Mapa de Orientação das Vertentes elaborado a partir da ferramenta *Surface > aspect* da extensão *Spatial Analyst*, representando a direção angular das vertentes em relação ao norte geográfico. Este mapeamento estabelece oito classes com intervalos de 45°, representando os pontos cardeais e colaterais.

Além dos citados acima, também foram observados os valores de TMMMF e pluviosidade anual especializados na área de estudo a partir do *raster* disponibilizado pelo Chelsa e balanço hídrico especializado na área de estudo a partir da modelagem realizada no dinâmica EGO.

A partir das informações climáticas e geoambientais derivadas de imagens de satélite foram delimitados na Área de Proteção Ambiental do Maciço Mestre Álvaro três topoclimas, sendo eles: o do Topo do Mestre Álvaro, o do Leste do Mestre Álvaro e o do Oeste do Mestre Álvaro.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

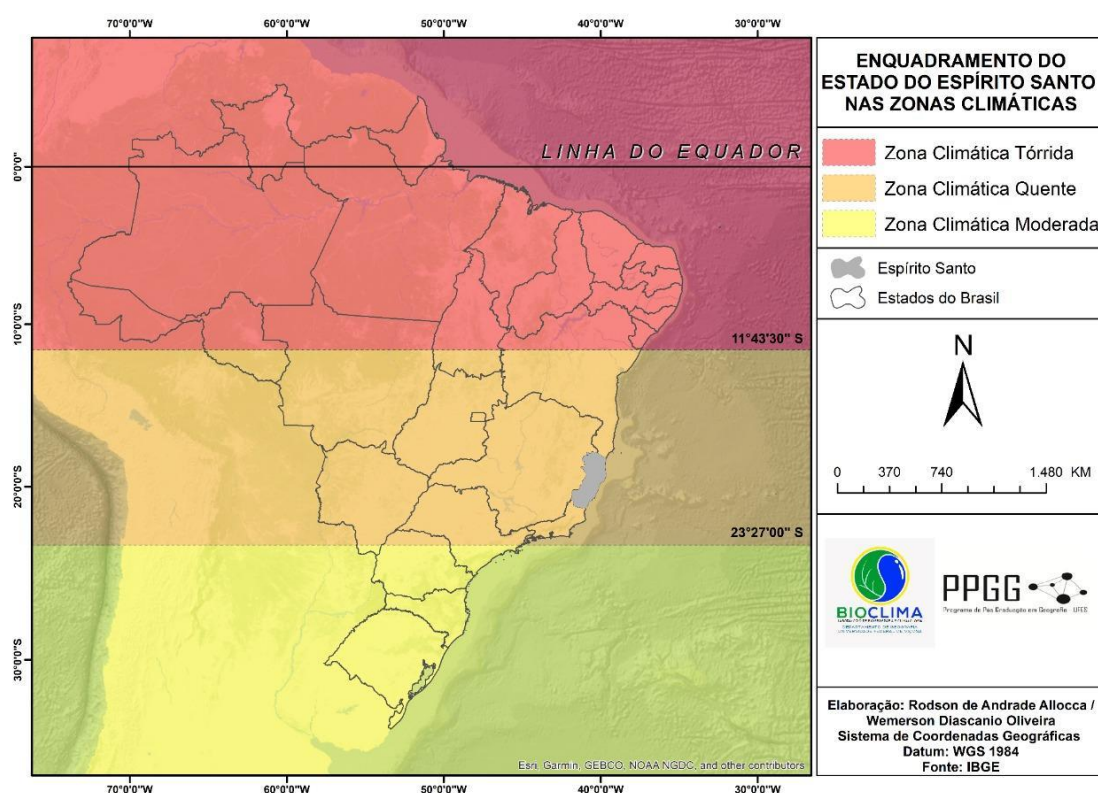
6.1 Proposta de Classificação Climática aplicada ao estado do Espírito Santo.

6.1.1 Zona Climática

O estado do Espírito Santo está localizado entre as coordenadas $-17^{\circ}52'$ e $-21^{\circ}17'$ de latitude e $-41^{\circ}54'$ e $-39^{\circ}38'$ de longitude. Nesse sentido, como pode ser observado na figura 24, todo o seu território está situado na Zona Climática Quente.

Segundo Novais (2019), esta Zona Climática é marcada por uma grande incidência solar no verão e menor no inverno, fazendo com a diferença entre as duas estações seja muito perceptível. Entretanto, a insolação é potencialmente intensa ao longo de todo o ano.

Figura 24: Zonas Climáticas do território brasileiro segundo Novais (2019)



Fonte: Novais (2019)

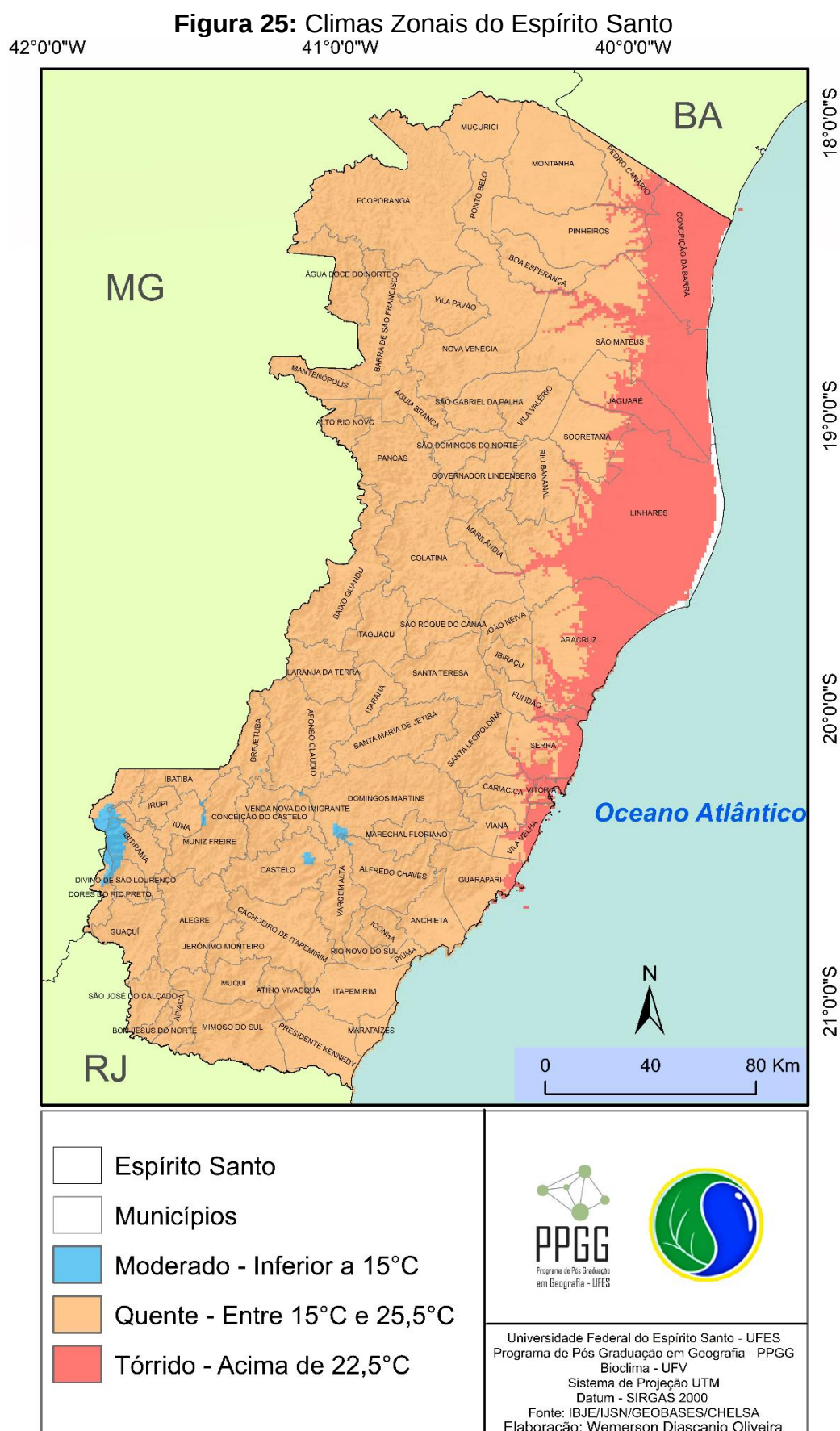
Organização: Rodson de Andrade Allocca e Wemerson Diascanio Oliveira

6.1.2 Clima Zonal

Seguindo na hierarquização da classificação climática proposta por Novais (2019), o segundo nível de delimitação é o Clima Zonal. Para a sua definição o critério utilizado é a Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF).

Apesar do estado do Espírito Santo estar situado em região tropical, classificado com a Zona Climática quente, o seu território apresenta uma grande variação térmica, especialmente relacionada aos seus aspectos morfológicos. Nesse sentido, a delimitação dos Climas Zonais consegue abarcar as diferenças de temperatura presentes no estado em escala regional, além de refinar um pouco mais a classificação dos diferentes tipos de clima.

No estado do Espírito Santo foram identificados três Climas Zonais, sendo eles: Clima Zonal Tórrido, Clima Zonal Quente e Clima Zonal Moderado. (Figura 25)



Fonte: Novais (2019)

Organização: Wemerson Diascanio Oliveira

O Clima Zonal Tórrido apresenta TMMMF acima de 22,5°C. Este clima abrange a porção litorânea do Espírito Santo a partir do município de Guarapari em direção ao norte do estado. A partir de Aracruz o Clima Zonal Tórrido começa a aumentar a sua abrangência longitudinal, especialmente no município de Linhares. No litoral Sul do Espírito Santo esse Clima Zonal não é percebido.

O Clima Zonal Quente caracteriza-se por apresentar a TMMMF entre 15°C e 22,4°C. As temperaturas nas áreas de Clima Zonal Quente são elevadas durante a maior parte do ano, sendo que no inverno é perceptível queda dos registros térmicos.

No Espírito Santo o Clima Zonal Quente ocupa a maior parte do território, indo de Norte a Sul. Da porção central ao norte do estado este clima ocupa apenas a porção interiorana. Já da área central em direção ao sul, o Clima Zonal Quente ocupa tanto áreas do interior quanto o litoral. (Figura 25)

O Clima Zonal Moderado apresenta TMMMF entre 0°C e 14,9°C. É o clima zonal mais frio presente no estado do Espírito Santo. Ocupa as partes mais elevadas da Serra do Caparaó, entre Dolores do Rio Preto e Iúna, e os topos das serras do maciço central do estado, especialmente em Castelo, Marechal Floriano, Domingos Martins, Venda Nova do Imigrante, Alfredo Chaves, e Conceição do Castelo.

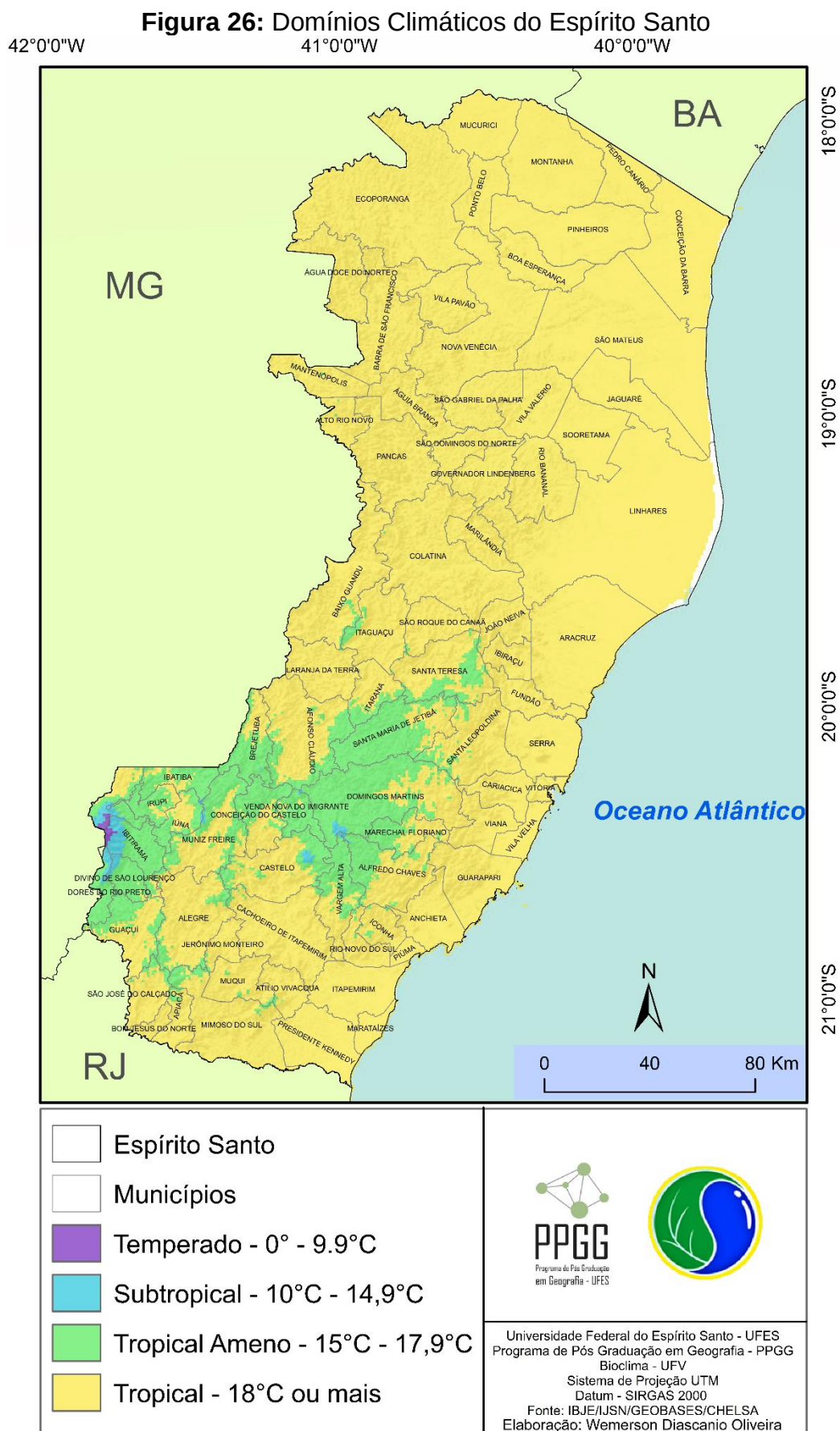
A distribuição dos Climas Zonais está associada, em primeiro lugar, com a altimetria do relevo capixaba. O Clima Zonal Tórrido ocupa a faixa dos tabuleiros costeiros que apresenta altimetria variando até 50m de altitude.

A partir da área costeira em direção ao oeste do estado o relevo começa a ganhar altitude, e o Clima Zonal altera de Tórrido para Quente. A região serrana, disposta na porção oeste e sul do estado, apresenta altimetria de até 3000 metros, fazendo com que o clima ganhe contornos de temperaturas mais amenas.

O Clima Zonal Moderado está situado apenas nas áreas serranas do sul do estado, especialmente na unidade geomorfológica do Maciço do Caparaó, e exclusiva nas áreas acima de 1200m de altitude.

6.1.3 Domínio Climático

O terceiro nível hierárquico de classificação climática proposta nesse estudo para o estado do Espírito Santo é a delimitação dos Domínios Climáticos. Para a delimitação dos domínios o principal atributo analisado é a Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF). Na área de estudo foram identificados 4 Domínios, sendo eles: Temperado, Subtropical, Tropical Ameno e Tropical. (Figura 26)



Fonte: Novais (2019)

Organização: Wemerson Diascanio Oliveira

O Domínio Tropical é delimitado nas áreas em que a TMMMF é igual ou maior que 18°C. Essa classe é a maior presente no estado capixaba, ocupando as porções do território abaixo de aproximadamente 700m. As principais áreas delimitadas pelo Domínio Tropical são: toda a região norte a partir dos municípios de Colatina e Aracruz; na região litorânea ocupa as unidades geomorfológicas das Colinas e Maciços Costeiros e os Tabuleiros Costeiros; e ao sul abrange boa parte do território com exceção do Planalto da Pedra Azul, dos Patamares Escalonados da Serra do Caparaó e da unidade geomorfológica da Serra do Caparaó.

Acompanhado a mudança de altimetria do relevo na porção Centro Sul do estado pode-se observar a delimitação de outro Domínio Climático: o Tropical Ameno. Esse domínio apresenta TMMMF entre 15°C e 17,9°C, e no estado do Espírito Santo ele possui como característica marcante o resfriamento adiabático do ar causado pelo relevo acidentado.

O domínio climático Tropical Ameno é delineado nas porções do território com relevo entre 700m de altitude até aproximadamente 1300m. As unidades geomorfológicas do Planalto da Pedra Azul, a unidade dos Patamares Escalonados da Serra do Caparaó e a unidade geomorfológica da Serra do Caparaó são as principais áreas em que se observa a presença do clima Tropical Ameno.

O Domínio Subtropical apresenta temperatura entre 10°C e 14,9°C. As áreas mais elevadas da porção central do Espírito Santo e a região do Caparaó Capixaba são abarcadas por este domínio, que possui sua ocorrência coincidente coma do Clima Zonal Moderado e com altitude entre 1300m e 2000m

O Domínio Temperado, com TMMMF entre 0°C e 9,9°C, foi a classe com menor área de extensão e restrita as porções do relevo acima de 2000m de altitude. No Espírito Santo este domínio é observado apenas nas porções mais elevadas da Serra do Caparaó.

Assim como nos Climas Zonais, a delimitação dos Domínios Climáticos também foi fortemente influenciada pela conformação do relevo capixaba. As classes climáticas variaram em conformidade com o relevo.

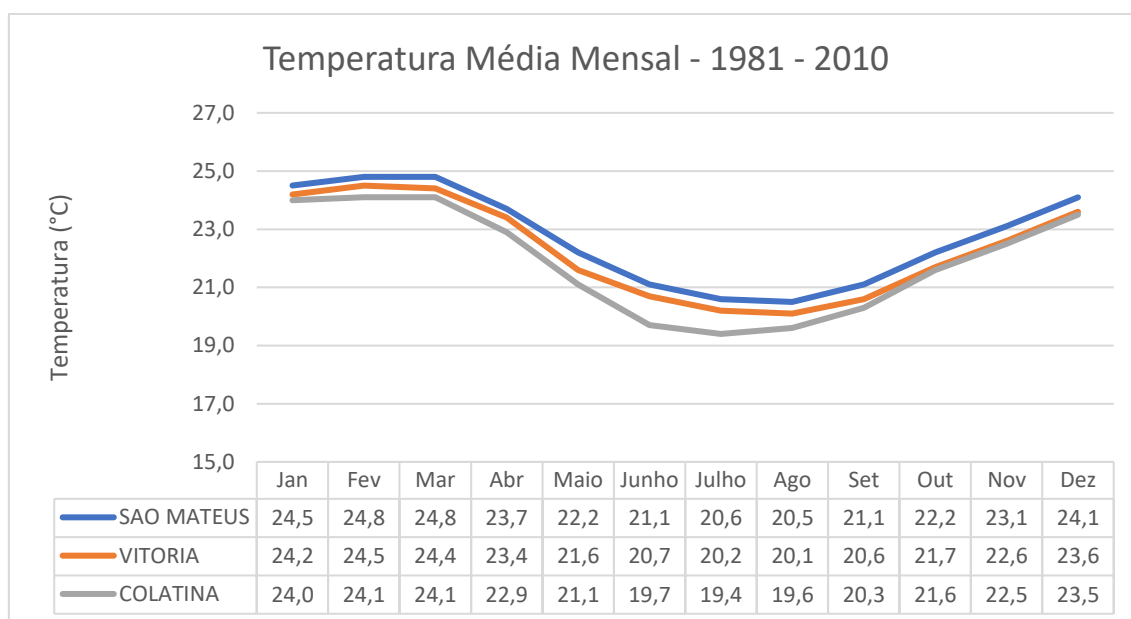
Os domínios que se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas foram delineados nas porções mais baixas do relevo, enquanto os

domínios com TMMMF mais baixas estão dispostos nas áreas de maior altimetria.

A classificação dos Domínios Climáticos leva em consideração principalmente a temperatura do ar. Os dados coletados nas estações automáticas do INMET de três cidades capixabas demonstram que classificação dos Domínios Climáticos realizadas a partir dos dados do Chelsa e a partir do intervalo de temperatura proposto por Novais (2019) estão condizentes.

As cidades de São Mateus, localizada no litoral norte do Espírito Santo, Vitória, localizada no litoral da região Central do estado e Colatina também localizada na região central mas na porção interiorana, apresentam temperatura do ar bem próximas, sendo a maior diferença ($1,2^{\circ}\text{C}$) observada entre a cidade de Colatina e São Mateus no mês de Julho. Porém na maior parte do ano a maior diferença não chega a atingir 1°C entre as três cidades.

Gráfico 1: Temperatura Média Mensal nos municípios de São Mateus, Vitória e Colatina – 1981 - 2010



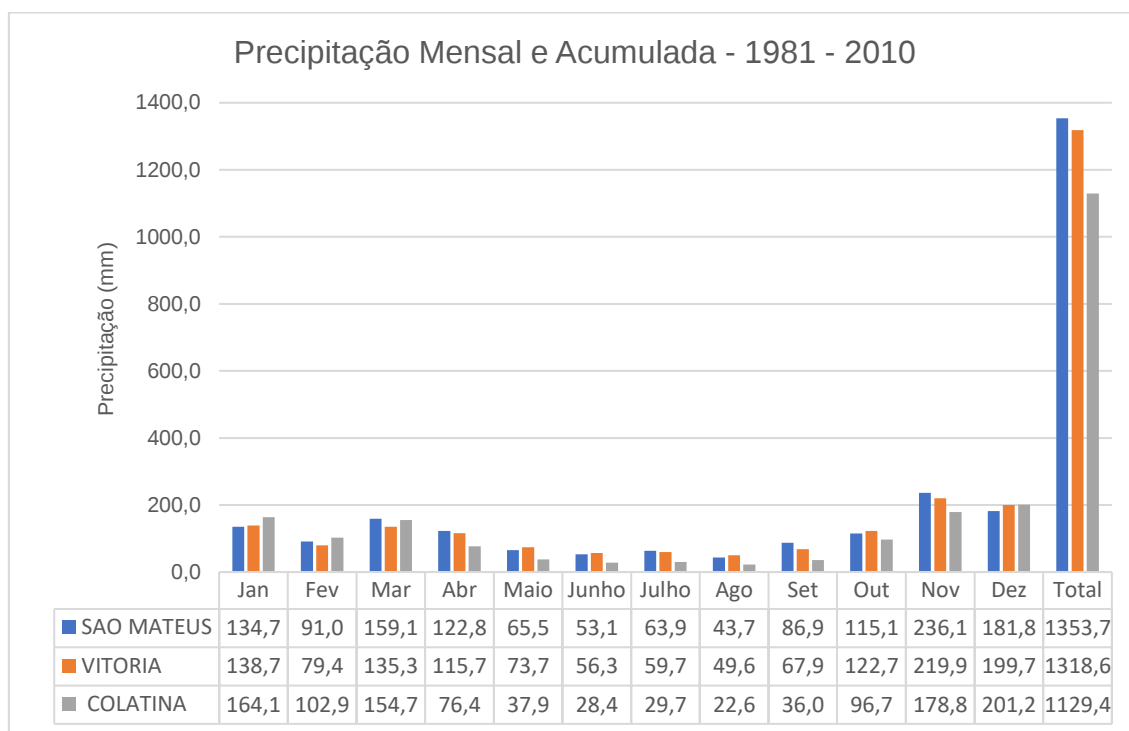
Fonte: INMET Organização: Wemerson Diascanio Oliveira

Porém, ao observarmos os dados de pluviosidade das três cidades mencionadas anteriormente nota-se que as diferenças de clima são mais expressivas, especialmente entre as cidades litorâneas (São Mateus e Vitória) e a cidade interiorana (Colatina).

O total pluviométrico das cidades de São Mateus e Vitória ficam acima de 1310mm anuais, chegando a atingir 1353,7mm anuais na cidade de São Mateus.

Enquanto que a cidade de Colatina apresenta total anual de chuvas 1119,4mm, uma diferença máxima de mais de 220mm de chuva.

Gráfico 2: Precipitação Média Mensal e Acumulada nos municípios de São Mateus, Vitória e Colatina – 1981 – 2010



Fonte: INMET Organização: Wemerson Diascanio Oliveira

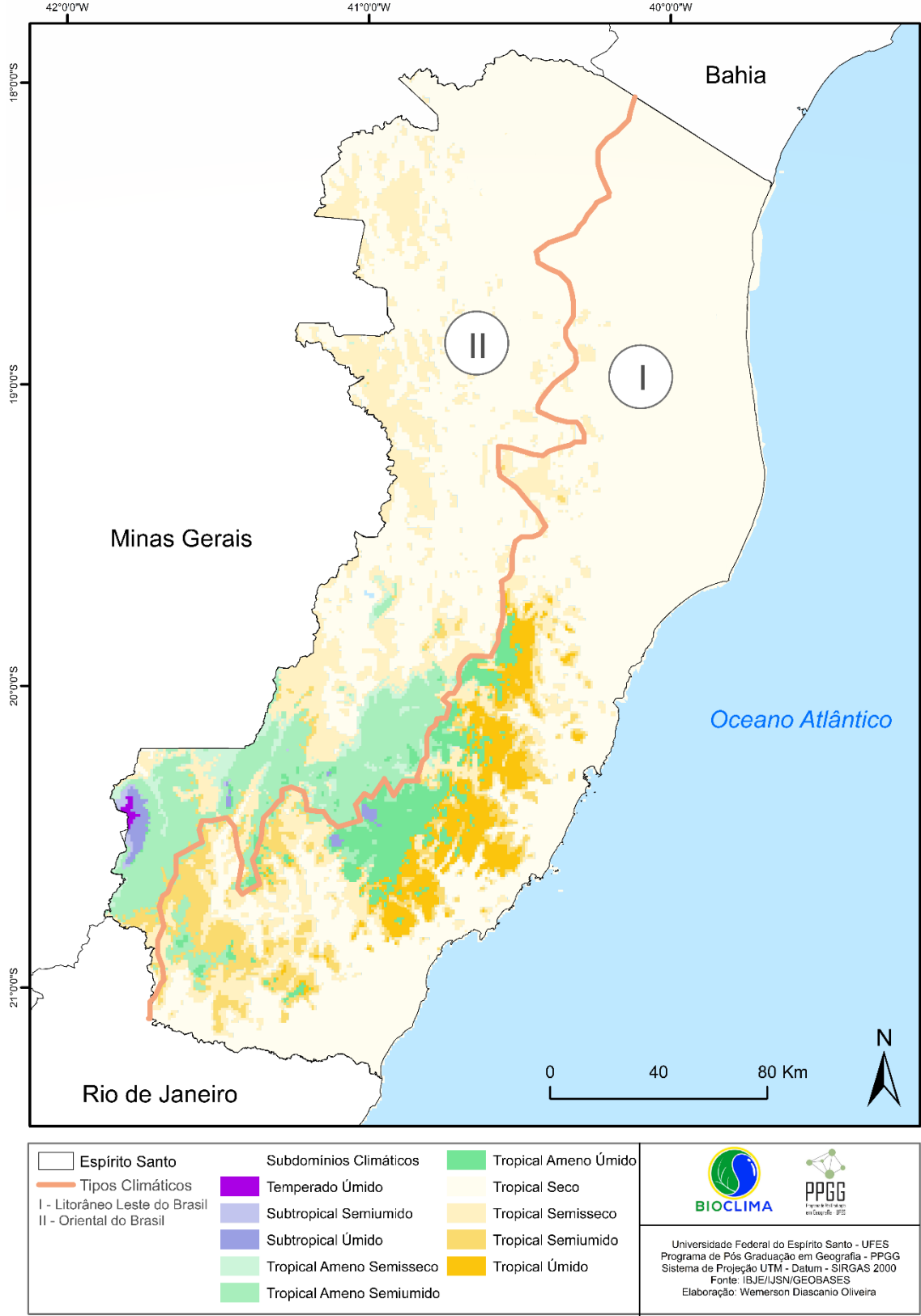
Este fato faz com que seja necessário se aprofundar nas análises climáticas, buscando diminuir a escala geográfica de classificação climática para que se possa obter caracterizações mais completas e reais dos climas.

Nesse sentido, iremos nos aprofundar no próximo sub capítulo na hierarquização da classificação climática, buscando identificar os subdomínios climáticos, os tipos climáticos e os subtipos climáticos do estado do Espírito Santo.

6.1.4 Subdomínio Climático e Tipo Climático

O quarto nível hierárquico da classificação climática proposta por Novais (2019) é o Subdomínio Climático. Esta classificação se dá a partir da quantificação dos meses secos. No estado do Espírito Santo foram delimitados 10 subdomínios climáticos sendo: quatro Úmidos, três Semiúmidos, dois Semissecos e um Seco. (Figura 27)

Figura 27: Subdomínios Climáticos e Tipos Climáticos do Espírito Santo



Fonte: Autor

Os subdomínios úmidos e semiúmidos foram delimitados a barlavento, tanto nas unidades geomorfológicas do Maciço do Caparaó I, quanto na unidade Geomorfológica dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba.

O Subdomínio Úmido possui de 0 a 3 meses secos. Essa unidade climática foi delimitada em três porções do estado capixaba: a barlavento das áreas mais altas na região do Parque Nacional do Caparaó entre os municípios de Dorcas do Rio Preto e Iúna, nas áreas a barlavento da unidade geomorfológica do Planalto da Pedra Azul e também na unidade geomorfológica Morros e Montanhas do Centro-Sul Capixaba.

Os quatro subdomínios Úmidos delimitados no estado capixaba se diferenciam quanto às suas características térmicas. O Tropical úmido apresenta temperatura do ar mais elevada e é encontrado na unidade geomorfológica “morros e montanhas do centro-sul capixaba” no sopé dos planaltos da Pedra Azul.

Apesar das temperaturas altas, esta área é caracterizada por apresentar grande umidade em decorrência do volume de chuvas. Por estar localizada no sopé de um planalto recebe grande quantidade de precipitação decorrente das chuvas orográficas originadas do transporte de umidade do oceano pelos ventos de brisa. Além disso, a rugosidade do relevo influencia na distribuição espacial das chuvas geradas a partir da atuação dos sistemas de média e larga escala, proporcionando maiores volumes de chuva nesta região.

O tropical ameno úmido possui temperatura do ar mais baixa em relação ao tropical em virtude de estar disposto em áreas mais altas do planalto da Pedra Azul. Sua pluviosidade também é influenciada pela rugosidade do relevo que serve de barreira para os ventos úmidos e para os sistemas atmosféricos.

Os outros dois subdomínios úmidos estão dispostos nas áreas mais altas do Espírito Santo. O Subtropical Úmido é delimitado nos topos dos planaltos nos municípios de Domingos Martins e Castelo. Nestes locais observa-se grande influência do relevo, tanto na temperatura quanto na pluviosidade.

O subdomínio Subtropical Úmido também é encontrado na unidade geomorfológica da Serra do Caparaó em suas encostas voltadas para leste, nordeste e sudeste.

O subdomínio Temperado Úmido está delineado na unidade Geomorfológica da Serra do Caparaó. Esta área é a que apresenta a menor ETP

de todo estado, visto que além de possuir elevados índices pluviométricos possui também as menores temperaturas em virtude de sua grande altitude que pode atingir até aproximadamente 2000m.

O Subdomínio Semiúmido com 4 a 5 meses secos foi identificado nas áreas a barlavento da região serrana do estado do Espírito Santo, entre os municípios de Vargem Alta e Santa Tereza localizados nas porções mais altas do relevo, e Guarapari e Cariacica dispostos no litoral.

O subdomínio Tropical Semiúmido é observado em grande medida no tipo Litorâneo. Este subtipo está delineado no sopé dos Planaltos Escalonados do Sul Capixaba e também nas partes mais baixas da unidade geomorfológica dos morros e montanhas do Centro-Sul capixaba. Essas áreas ainda recebem, mesmo que em menor quantidade, chuvas orográficas e umidade advinda do oceano.

O subdomínio tropical ameno semiúmido possui temperatura do ar próxima ao subdomínio tropical ameno úmido. O elemento que diferencia os dois subdomínios climáticos é a pluviosidade. O semiúmido está disposto a sotavento do planalto da Pedra Azul, recebendo menos umidade e chuvas.

O subdomínio tropical ameno semiúmido também é encontrado na unidade geomorfológica dos planaltos escalonados da serra do Caparaó. Apesar de estar disposto a barlavento, sua distância em relação ao oceano faz com que sua umidade seja menor, visto que a rugosidade do planalto da Pedra Azul serve de barreira para os ventos de brisa e diminui a quantidade de chuva originada da atuação dos sistemas atmosféricos.

O subdomínio subtropical semiúmido ocupa uma pequena área da serra do Caparaó localizado a sotavento. A elevada altitude faz com que essa área apresente baixos valores de temperatura. Apesar de alta, sua disposição com vertente voltada para oeste e Noroeste recebe menos volume de chuva em comparação com as vertentes voltadas para leste, sudoeste e nordeste dessa mesma serra.

Nas áreas a sotavento das serras encontradas no sul do estado capixaba foram delimitados os subdomínios Semissecos (6 a 7 meses secos) e Secos (8 a 11 meses secos). Esses dois subdomínios também foram encontrados nas porções do território com relevo baixo, em especial nas planícies costeiras e nos tabuleiros costeiros.

O subdomínio tropical semissecos é um dos climas que ocupam as maiores áreas do território capixaba, especialmente a noroeste do estado, ocupando a unidade geomorfológica do bloco montanhoso dos pontos capixabas e mineiros e ao sudoeste na unidade geomorfológica dos pontões das bacias do rio doce e Itapemirim.

O subdomínio tropical ameno semissecos ocupa pequenas áreas na porção sul do estado, especialmente nas áreas mais baixas e sempre a sotavento dos planaltos.

O subdomínio tropical seco possui de 8 a 11 meses secos é o que ocupa a maior área do território capixaba, distribuindo-se principalmente nas áreas mais baixas do relevo e próximas ao litoral. O Tropical seco litorâneo ocupa especialmente as unidades geomorfológicas do delta do rio doce, dos tabuleiros costeiros e das colinas e maciços costeiros, enquanto o oriental do Brasil ocupa principalmente o patamar do centro norte capixaba.

Nesse sentido, pode-se observar que o mapeamento realizado nesse estudo e a delimitação dos Subdomínios Climáticos estão em consonância com os estudos de Barry; Chorley (2013) e Ayoade (2003) que afirmam que os fatores topográficos interferem fortemente nas diferenças dos totais pluviométricos cumulativos de uma área de barlavento para uma a sotavento.

Este fator ficou evidente quando analisados os subdomínios tropical ameno úmido litorâneo e o tropical ameno semiúmido oriental do Brasil. Enquanto o primeiro está a barlavento do planalto da Pedra azul, acarretando em maior volume de chuvas e menos meses secos, o segundo está a sotavento do planalto recebendo menor quantidade de chuvas e por conseguinte apresentando mais meses secos.

Na figura 27 pode ser observado também os Tipos Climáticos existentes no território capixaba. O estado do Espírito Santo está em uma faixa de transição. Na porção leste do estado é delimitado o tipo climático Litorâneo Leste do Brasil, influenciado fortemente pela distância em relação ao litoral que interfere tanto na distribuição das chuvas e umidade do ar, quanto na amplitude térmica. Enquanto a porção oeste está dentro do tipo climático Oriental do Brasil.

De maneira geral o tipo Oriental do Brasil apresenta subdomínios climáticos mais secos. No Espírito Santo isso se dá principalmente por este clima

estar mais distante da linha de costa e por estar a barlavento das principais serras e planaltos capixabas.

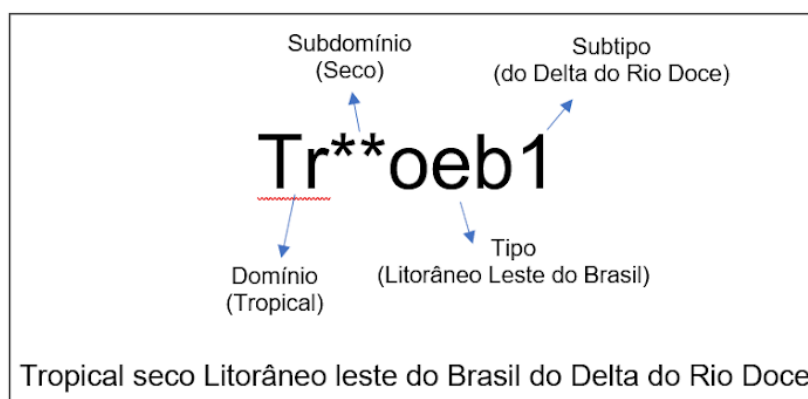
Apesar disso, o tipo Oriental do Brasil possui maior diversidade quanto aos subdomínios climáticos, apresentando desde os secos ao úmidos, e também climas tropical, tropical ameno, subtropical e temperado.

6.1.5 Subtipo Climático

O Estado do Espírito Santo possui uma grande diversidade geomorfológica e altimétrica, o que resulta em uma climatologia bastante complexa.

Para a identificação das unidades climáticas no nível do Subtipo Novais e Machado (2023) elaboraram uma codificação mostrando a interação hierárquica dos climas. Os códigos são compostos por letras e números. As duas primeiras letras designam o Domínio Climático Tr (Tropical), TrM (Tropical Ameno), St (Subtropical) e Te (Temperado). Em seguida são utilizados caracteres especiais para identificar a umidade baseada na quantidade de meses secos, sendo: “ (úmido), ‘ (semiúmido), * (semisseco) e ** (seco). O Tipo climático é indicado pelas letras seguintes, sendo as letras ebr indicando o tipo oriental do Brasil e as letras oeb o tipo litorâneo leste do Brasil. Por fim, Novais e Galvani (2021) sugerem a adição de numerais, que nesse estudo vai de 1 a 16 indicando a unidade geomorfológica do IBGE no qual a unidade climática se localiza. A seguir tem-se um exemplo para ilustrar a codificação dos subtipos climáticos. (Figura 28)

Figura 28: Exemplo de codificação dos subtipos climáticos



Fonte: Novais e Machado (2023) modificado por Wemerson Diascanio Oliveira

Como pode ser observado na figura 29, a partir da metodologia proposta por Novais (2019), foi possível delimitar no estado capixaba 46 subtipos climáticos diferentes.

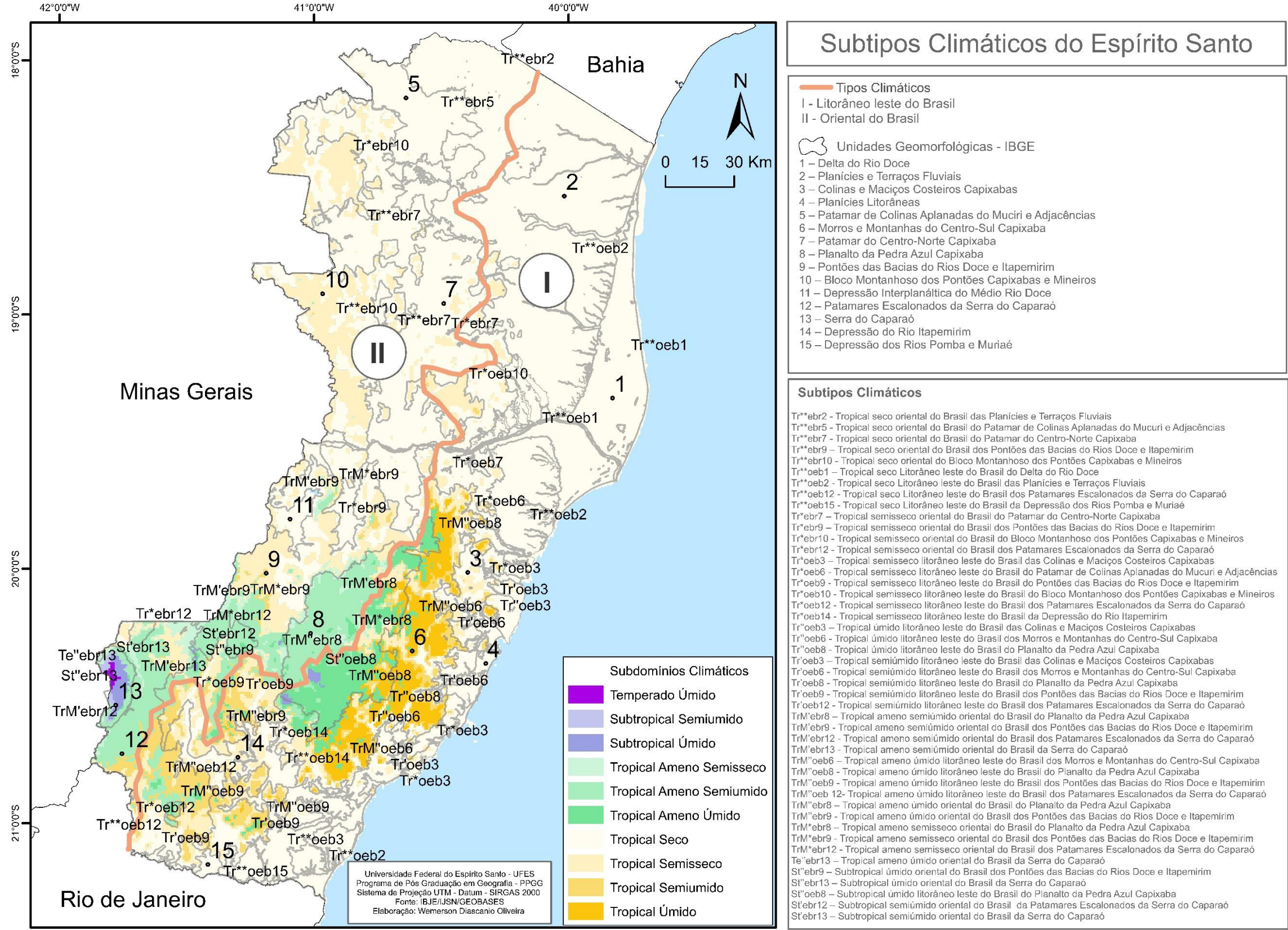
A partir da margem esquerda do Rio Doce até a divisa com a Bahia a quantidade de subtipos climáticos foi menor em comparação com a porção do território capixaba delimitada pela margem direita do Rio Doce em direção a divisa com o Rio de Janeiro.

Este fato está associado à diferença na conformação do relevo e na altimetria. As porções mais planas do estado dispostas no centro-norte apresentaram menor variabilidade climática, enquanto que o centro-sul do estado onde está presente os principais planaltos, como a Serra do Caparaó e o Planalto da Pedra Azul apresentaram maior variabilidade climática, e por conseguinte maior número de subtipos climáticos.

Em relação a umidade também foi possível delimitar duas porções distintas. O Centro-Norte com apenas subtipos climáticos secos e semisecos, e o Centro-Sul com subtipos climáticos variando de seco até úmido.

A temperatura do ar foi outro elemento com comportamento muito relacionado à diversidade geomorfológica. As áreas de clima com temperaturas mais altas, nesse caso o subtipo Tropical, foram delimitadas no centro norte, enquanto na porção centro-sul foram delimitados subtipos tropical, subtropical e temperado.

Figura 29: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo



Fonte: Autor

Quadro 13: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo

Subtipos Climáticos do Espírito Santo
Subtipos do domínio Tropical
Tr**ebr2 - Tropical seco oriental do Brasil das Planícies e Terraços Fluviais
Tr**ebr5 - Tropical seco oriental do Brasil do Patamar de Colinas Aplanadas do Mucuri e Adjacências
Tr**ebr7 - Tropical seco oriental do Brasil do Patamar do Centro-Norte Capixaba
Tr**ebr10 - Tropical seco oriental do Brasil do Bloco Montanhoso dos Pontões Capixabas e Mineiros
Tr**oeb1 – Tropical seco Litorâneo leste do Brasil do Delta do Rio Doce
Tr**oeb2 - Tropical seco Litorâneo leste do Brasil das Planícies e Terraços Fluviais
Tr**oeb15 – Tropical seco Litorâneo leste do Brasil da Depressão dos rios Pomba e Muriaé
Tr*ebr7 – Tropical semisseco oriental do Brasil do Patamar do Centro-Norte Capixaba
Tr*ebr10 - Tropical semisseco oriental do Brasil do Bloco Montanhoso dos Pontões Capixabas e Mineiros
Tr*oeb6 - Tropical semisseco litorâneo leste do Brasil do Patamar de Colinas Aplanadas do Mucuri e Adjacências
Tr*oeb9 - Tropical semisseco litorâneo leste do Brasil do Pontões das Bacias do Rios Doce e Itapemirim
Tr*oeb10 - Tropical semisseco litorâneo leste do Brasil do Bloco Montanhoso dos Pontões Capixabas e Mineiros
Tr*oeb12 - Tropical semisseco litorâneo leste do Brasil dos Patamares Escalonados da Serra do Caparaó
Tr*oeb14 - Tropical semisseco litorâneo leste do Brasil da Depressão do Rio Itapemirim
Tr'oeb6 - Tropical úmido litorâneo leste do Brasil dos Morros e Montanhas do Centro-Sul Capixaba
Tr'oeb8 - Tropical úmido litorâneo leste do Brasil do Planalto da Pedra Azul Capixaba
Tr'oeb6 - Tropical semiúmido litorâneo leste do Brasil dos Morros e Montanhas do Centro-Sul Capixaba
Tr'oeb9 - Tropical semiúmido litorâneo leste do Brasil dos Pontões das Bacias do Rios Doce e Itapemirim
Tr'oeb12 - Tropical semiúmido litorâneo leste do Brasil dos Patamares Escalonados da Serra do Caparaó
Subtipos do domínio Tropical Ameno
TrM'ebr9 - Tropical ameno semiúmido oriental do Brasil dos Pontões das Bacias do Rios Doce e Itapemirim
TrM'ebr12 - Tropical ameno semiúmido oriental do Brasil dos Patamares Escalonados da Serra do Caparaó
TrM'ebr13 - Tropical ameno semiúmido oriental do Brasil da Serra do Caparaó
TrM''oeb6 – Tropical ameno úmido litorâneo leste do Brasil dos Morros e Montanhas do Centro-Sul Capixaba
TrM''oeb9 - Tropical ameno úmido litorâneo leste do Brasil dos Pontões das Bacias do Rios Doce e Itapemirim
TrM''oeb 12- Tropical ameno úmido litorâneo leste do Brasil dos Patamares Escalonados da Serra do Caparaó
TrM''ebr8 – Tropical ameno úmido oriental do Brasil do Planalto da Pedra Azul Capixaba
TrM''ebr9 - Tropical ameno úmido oriental do Brasil dos Pontões das Bacias do Rios Doce e Itapemirim
TrM*ebr9 - Tropical ameno semisseco oriental do Brasil dos Pontões das Bacias do Rios Doce e Itapemirim
TrM*ebr12 - Tropical ameno semisseco oriental do Brasil dos Patamares Escalonados da Serra do Caparaó
Subtipo do Domínio Temperado
Te''ebr13 – Temperado úmido oriental do Brasil da Serra do Caparaó
Subtipo do Domínio Subtropical
St''ebr13 – Subtropical úmido oriental do Brasil da Serra do Caparaó
St'ebr12 – Subtropical semiúmido oriental do Brasil da Patamares Escalonados da Serra do Caparaó
St'ebr13 – Subtropical semiúmido oriental do Brasil da Serra do Caparaó

Fonte: autor

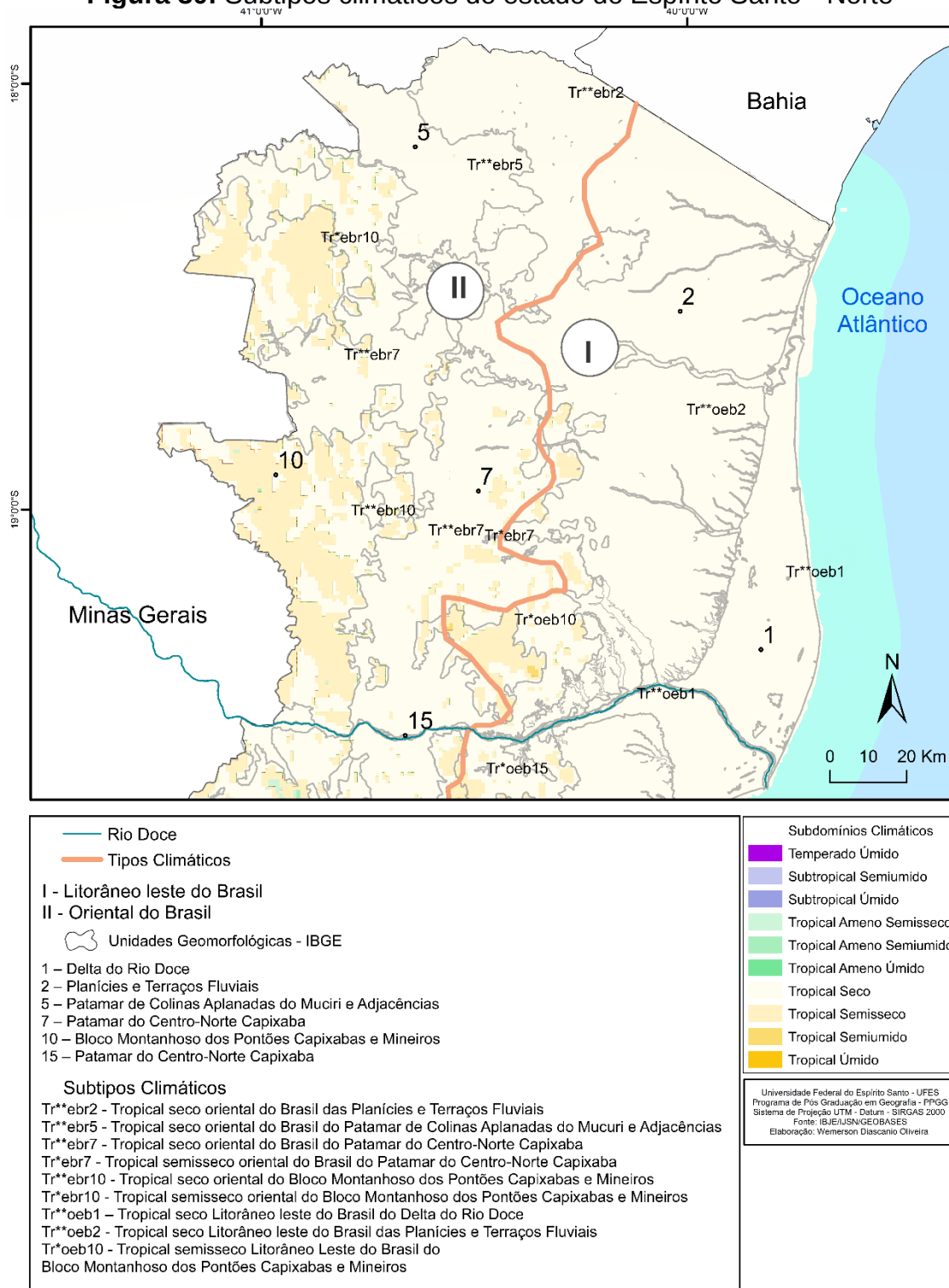
Em síntese, observando o mapeamento climático do Espírito Santo ao nível do subtipo podemos apontar que o Centro Norte capixaba apresenta climas mais secos e quentes, enquanto o Centro-Sul apresenta climas mais amenos e

úmidos. Além disso, a complexidade climática do Centro-Sul é maior, uma vez que nela foram delimitados uma maior quantidade de subtipos climáticos.

Para facilitar a análise dos subtipos climáticos iremos dividir o estado do Espírito Santo em três partes, sendo elas: Norte, delimitada pela margem esquerda do rio doce e a divisa com a Bahia, o Centro que abrange toda a porção do território a partir da margem direita do rio doce até o final da unidade geomorfológica do Planalto da Pedra Azul Capixaba e o Sul que abará toda a área até o limite com o Rio de Janeiro.

A porção norte do estado do Espírito Santo possui nove subtipos climáticos, sendo todos de Domínio tropical. Seis desses subtipos são do subdomínio seco, e três semissecos. (Figura 30) (Tabela 4)

Figura 30: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Norte



Fonte: Autor

No litoral norte encontram-se três subtipos climáticos: Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil do Delta do Rio Doce (Tr**oeb1), Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil das Planícies e Terraços Fluviais (Tr**oeb2) e Tropical

Semisseco Litorâneo Leste do Brasil do Bloco Montanhoso dos Pontões Capixabas e Mineiros (Tr*oeb10).

Tabela 4: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Norte

Unidade Climática	Altitude	TMMMF	Precipitação Anual	Meses Secos
	(m)	(°C)	(mm)	Uni
Tr**oeb1	0 - 200	22 – 22,4	1100 - 1200	8 - 11
Tr**oeb2	0 – 10	22,5 – 22,9	1100 - 1200	8 - 11
Tr*oeb10	137 - 718	19,3 – 22,3	1100 - 1200	6 - 7
Tr**ebr2	114 - 297	21,3 – 22	1000 - 1100	8 - 11
Tr**ebr5	118 - 310	21,3 – 22	1100 - 1200	8 - 11
Tr**ebr7	111 - 614	20,2 - 22	1100 - 1200	8 - 11
Tr**ebr10	120 - 744	20,1 - 22	1100 - 1200	8 - 11
Tr*ebr7	297 - 703	20,9 – 21,5	1100 - 1200	6 - 7
Tr*ebr10	411 - 859	17,8 – 19,9	1200 - 1300	6 - 7

Fonte: Autor

Os dois subtipos climáticos tropicais secos são muito parecidos, possuindo a mesma quantidade de meses secos, temperatura média do mês mais frio aproximadas e precipitação anual entorno de 1200mm. A pequena diferença térmica entre os dois subtipos climáticos pode estar associada ao relevo, uma vez que o subtipo climático Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil das Planícies e Terraços Fluviais é ligeiramente mais alto, atingindo até 200m de altitude.

O subtipo climático semisseco litorâneo já diferencia dos subtipos citados anteriormente, uma vez que já possui menos meses secos (6 a 7) e também temperatura do ar mais amena, atingindo a mínima de 19,3°C. É possível notar que sua altimetria mais elevada acarreta em menor temperatura do ar e por conseguinte menor evapotranspiração, fazendo com que a quantidade de água disponível no solo seja maior em comparação aos subtipos climáticos secos mesmo apresentando o mesmo total pluviométrico anual.

Na porção oriental a variabilidade climática é maior, sendo possível delimitar seis subtipos climáticos.

Os subtipos climáticos Tropical Seco Oriental do Brasil das Planícies e Terraços Fluviais (Tr**ebr2) e o Tropical Seco Oriental do Brasil do Patamar de Colinas Aplainadas do Mucuri e Adjacências (Tr**ebr5) apresentam características similares. A temperatura média do mês mais frio em ambos os climas é de 21,3°C a 22°C e os dois possuem de 8 a 11 meses secos. A diferença

entre os dois é o total pluviométrico anual, o Tr**ebr2 apresenta entre 1000mm e 1100mm de chuvas anuais, enquanto o Tr**ebr5 chega a atingir 1200mm anuais de pluviosidade.

É interessante notar que os climas Tr**ebr2 e Tr**ebr5 apresentam praticamente a mesma altimetria e estão dispostos no extremo norte do estado na mesma posição latitudinal, fazendo com que apresentem características climáticas muito próximas.

Ao deslocarmos a análise mais para a parte oriental do estado observamos uma elevação gradual da altimetria, e por consequência mudanças nas características climáticas dos subtipos.

Os subtipos Tropical Seco Oriental do Brasil do Patamar do Centro-Norte Capixaba (Tr**ebr7) e o Tropical Seco Oriental do Brasil do Bloco Montanhoso dos Pontões Capixabas e Mineiros (Tr**ebr10) estão inseridos em unidades geomorfológicas de superfície mais rugosa e com maior altimetria.

Nesse sentido, observamos que os subtipos climáticos Tr**ebr7 e Tr**ebr10 já apresentam temperatura média do mês mais frio cerca de 1°C menor que os climas Tr**ebr2 e Tr**ebr5. Apesar das altitudes mínimas dos quatros subtipos climáticos serem próximas, observa-se grande diferença nas altitudes máximas, que chegam até 744m de altitude.

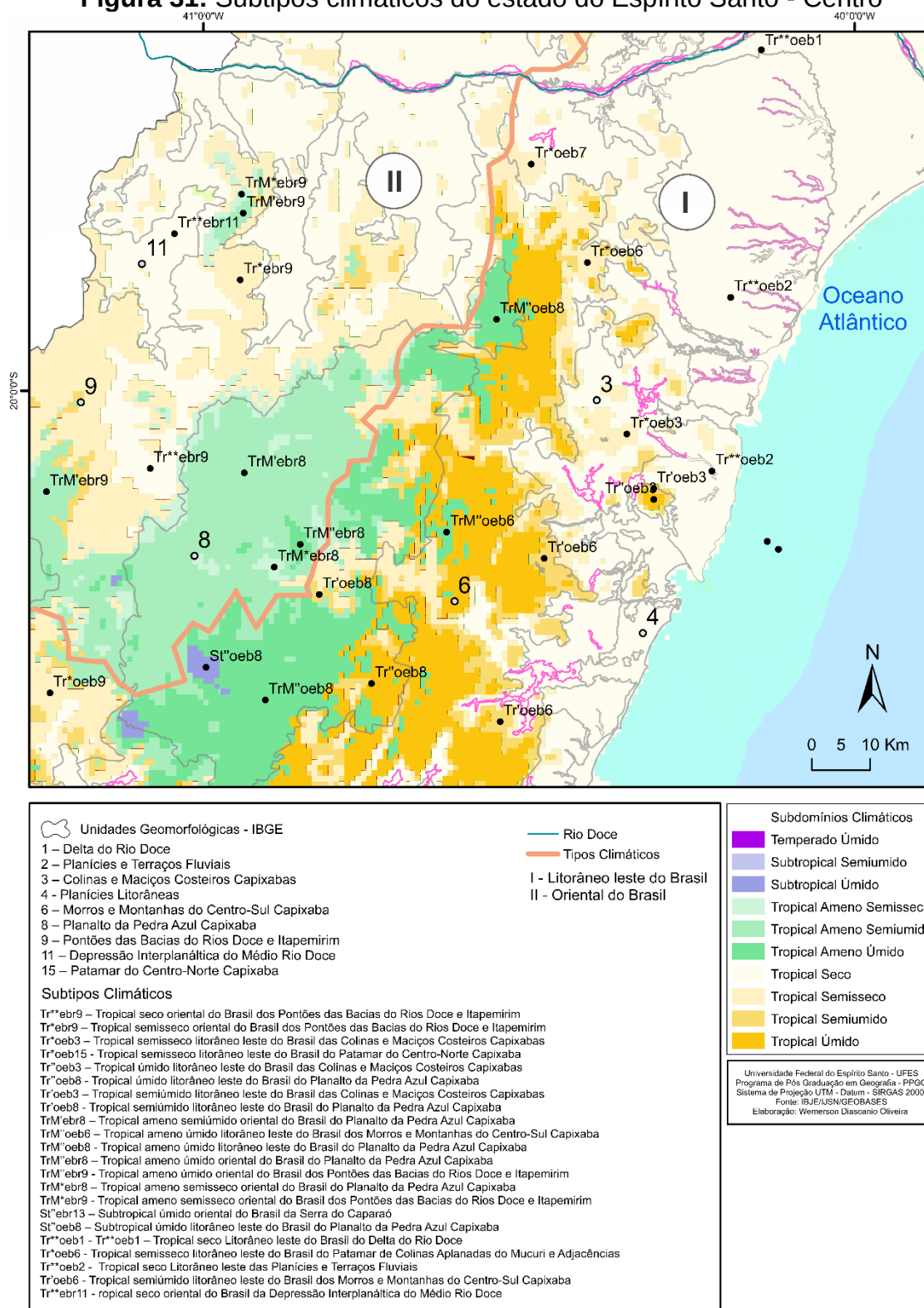
Os outros dois subtipos climáticos da porção norte do estado capixaba são semissecos: Tropical Semisseco Oriental do Brasil do Patamar do Centro-Norte Capixaba (Tr*ebr7) e Tropical Semisseco Oriental do Brasil do Bloco Montanhoso dos Pontões Capixabas e Mineiros (Tr*ebr10).

O subtipo Tr*ebr7 ocupa uma pequena porção mais elevada da unidade geomorfológica Patamar do Centro-Norte Capixaba, e por isso nota-se diminuição da temperatura média do mês mais frio e aumento da pluviosidade associada às chuvas orográficas. Esse fator acarreta em uma maior quantidade de água no solo fazendo com que esse subtipo climático apresenta entre 6 e 7 meses secos.

Já o subtipo Tr*ebr10 ocupa a porção a noroeste do estado na unidade geomorfológica Brasil do Bloco Montanhoso dos Pontões Capixabas e Mineiros. Essa área é a porção mais alta e rugosa do norte capixaba, fazendo com que esse subtipo as menores temperaturas dessa região e também a maior pluviosidade, podendo atingir 1300mm anuais de chuva. Essas características

estão associadas ao relevo o relevo rugoso que além de influenciar na diminuição da temperatura do ar atua como barreira aos ventos úmidos advindo do oceano e dos sistemas atmosféricos, acarretando em maior volume de pluviosidade.

Na porção central do estado capixaba, indo desde a margem direita do Rio Doce até a região serrana central do estado abarcada pelo Planalto da Pedra Azul podemos observar uma variedade maior de climas em comparação ao Norte capixaba. (Figura 31) (Quadro 15)

Figura 31: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Centro

A região central do Espírito Santo, delimitada nesta análise pela margem direita do Rio Doce, pelo Planalto da Pedra Azul Capixaba ao centro e pela

região metropolitana da Grande Vitória a leste, possui maior variabilidade climática em comparação com a porção norte do estado.

Esta área apresenta 22 subtipos climáticos, sendo 4 subtipos secos, 6 subtipos semisecos, 5 subtipos semiúmidos e 7 subtipos úmidos. (Tabela 5)

Tabela 5: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Centro

Unidade Climática	Altitude	TMMMF	Precipitação Anual	Meses Secos
	(m)	(°C)	(mm)	Uni
Tr**oeb1	0 - 200	22 – 22,4	1100 - 1200	8 - 11
Tr**oeb2	10 - 52	20 - 22,5	1300 - 1400	8 -11
Tr*oeb3	53 - 83	20 – 22,5	1300 - 1400	6 - 7
Tr'oeb3	110 - 296	20 – 22,5	1400	4 - 5
Tr''oeb3	319 - 789	17,5 - 20	1400	0 - 3
Tr*oeb6	91 - 249	20 – 22,5	1300 - 1400	6 - 7
Tr'oeb6	252 - 451	17,5 – 22,5	1300 -1500	4 - 5
TrM''oeb6	634 - 1002	15 – 17,5	1300 - 1500	0 - 3
Tr'oeb8	635 - 744	17,5 - 20	1300 - 1400	4 - 5
Tr''oeb8	638 - 740	17,5 - 20	1400 - 1500	0 - 3
TrM''oeb8	807 - 1234	15 – 17,5	1300 - 1600	0 - 3
St''oeb8	1514 - 1698	12,5 - 15	1300 - 1500	0 - 3
TrM*ebr9	834 - 939	17,5 - 20	1000 - 1100	6 - 7
TrM'eb9	835 - 1669	15 – 17,5	1000 - 1100	4 - 5
TrM**ebr11	120 - 443	20 – 22,5	1000 - 1100	8 -11
Tr*ebr9	297 - 544	17,5 - 20	1000 - 1200	6 - 7
Tr**ebr9	169 - 401	20 – 22,5	1000 - 1200	8 -11
TrM'eb8	814 - 1208	15 – 17,5	1200 - 1300	4 - 5
TrM''eb8	945 -1361	15 – 17,5	1300	0 - 3
TrM*eb8	726 - 983	17,5 - 20	1300	6 - 7

Fonte: Autor

A porção abarcada pelo tipo climático Litorâneo Leste do Brasil apresenta maior quantidade de subtipos climáticos úmidos e semiúmidos em comparação com a porção do tipo climático Oriental do Brasil.

O planalto da pedra azul atua como barreira aos ventos úmidos advindos do oceano, seja do movimento de brisas, seja das frentes frias que adentram no território capixaba de sudeste. Esta barreira natural faz com que o volume de chuvas seja maior a barlavento, podendo atingir até 1800mm anuais. Já a sotavento a precipitação ocorre em menor quantidade, entorno de 1000mm a 1300mm.

A região litorânea possui em sua grande maioria subtipos climáticos secos e semissecos. Apesar do volume pluviométrico entorno de 1000mm a 1400mm, a predominância dos climas Tr**oeb1, Tr**oeb2 e Tr*oeb3, caracterizados pela alta temperatura e grande quantidade de meses secos, se dá em virtude das baixas altitudes desta área, característica das unidades geomorfológicas dos tabuleiros costeiros e das colinas e maciços costeiros.

O fator altitude como diferenciador climático da área litorânea é evidenciado pelos climas Tr'oeb3 e Tr''oeb3 que são observados na área mais alta do relevo que pode atingir até 800m de altura no topo do maciço Mestre Álvaro.

Adentrando para o interior do estado no sentido leste-oeste, encontram-se as unidades geomorfológicas “Morros e Montanhas do Centro-Sul Capixaba” e o “Planalto da Pedra Azul Capixaba”. Estas duas unidades possuem elevada altitude, variando de 100m até 1700m de altitude impactando nas características climáticas dos subtipos delimitados na região.

É possível observar que conforme se aumenta a altitude a temperatura apresenta decréscimo considerável e a pluviosidade aumenta. Este fato faz com que os subtipos climáticos destas duas unidades geomorfológicas tenham predominantemente subtipos climáticos semiúmidos e úmidos.

Nesta área também é possível delimitar subtipos climáticos tropicais amenos (TrM''oeb6 e TrM''oeb8) e até subtropicais (St''oeb8) com temperatura média do mês mais frio entre 12,5°C e 15°C.

Na porção abarcada pelo tipo climático Oriental do Brasil foram delimitados oito subtipos climáticos, sendo três semissecos (TrM*ebr9, Tr*ebr9 e TrM*ebr8), dois secos (TrM**ebr11 e Tr**ebr9), dois semiúmidos (TrM'ebr8 e TrM'ebr9) e apenas um úmido (TrM''ebr8).

Os subtipos climáticos secos e semissecos delimitados na área central do estado possuem em comum a característica possuírem menos de 1000m de altitude. Já o úmidos e os semiúmidos possuem acima de 800m de altitude e atingem em seus pontos máximos mais de 1000m.

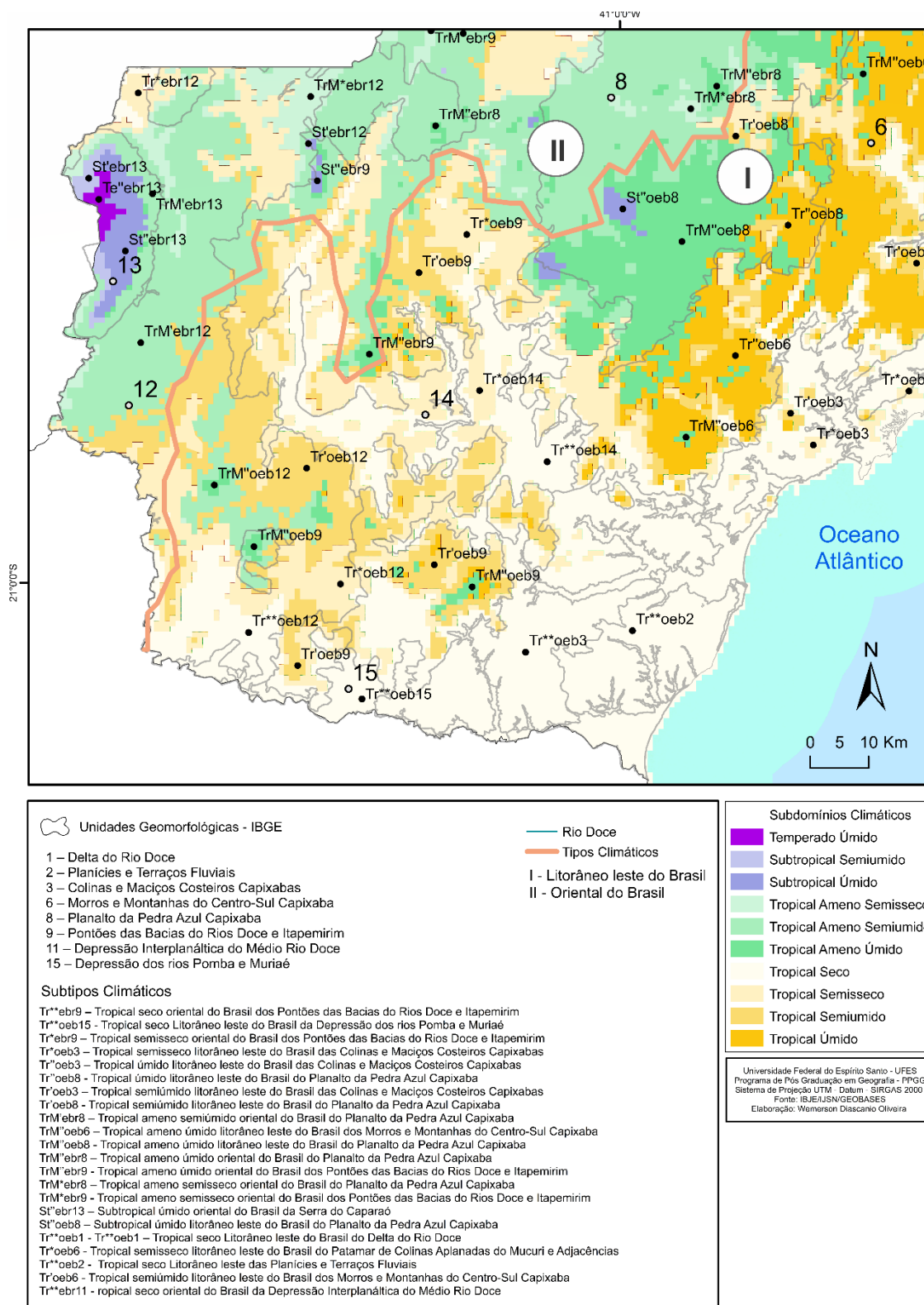
Este fator impacta diretamente na temperatura do ar, uma vez que nos subtipos semiúmidos e úmidos a TMMMF fica entre 15°C e 17,5°C e nos subtipos secos e semissecos a TMMMF oscila entre 17,5°C e 22,5°C.

O único subtipo climático úmido delimitado na área central do estado do Espírito Santo (TrM"ebr8) se localiza na porção mais alta do Planalto da Pedra Azul Capixaba, com altitude superior a 945m, TMMF entre 15°C e 17,5°C e pluviosidade anual de 1300mm. No seu entorno foi delimitado um subtipo climático semiúmido que predomina em quase toda a extensão da parte a sotavento do Planalto da Pedra Azul Capixaba, o TrM'ebr8. Este subtipo climático possui volume de chuvas anuais um pouco menor, e a TMMF levemente superior, fazendo com que apresente mais meses secos em comparação ao TrM"ebr8.

Na unidade geomorfológica "Pontões das Bacias dos Rios Doce e Itapemirim" foram delimitados na área central do estado capixaba quatro subtipos climáticos, sendo um semiúmido (TrM'ebr9), dois semisseco (TrM*ebr9 e Tr*ebr9) e um seco (Tr**ebr9). Os climas tropicais amenos, tanto o semiúmido (TrM'ebr9) quanto o semisseco (TrM*ebr9) foram delimitados nas áreas mais altas desta unidade geomorfológica com altitudes acima de 800m. Já os climas Tropicais, que abrangem a maior parte desta unidade geomorfológica, localizam-se em áreas com altitude abaixo de 550m.

A área do estado do Espírito Santo em que foram delimitados a maior quantidade de subtipos climáticos foi a porção sul do estado. Neste estudo essa área abarca desde o limite estadual com o Rio de Janeiro até aproximadamente a porção sul do Planalto da Pedra Azul Capixaba. (Figura 32) (Tabela 6)

Figura 32: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Sul



Fonte: Autor

Tabela 6: Subtipos climáticos do estado do Espírito Santo - Sul

Unidade Climática	Altitude	TMMMF	Precipitação Anual	Meses Secos
	(m)	(°C)	(mm)	Quantidade
Tr**oeb12	87 - 360	20 - 22,5	950 - 1048	8 - 11
Tr**oeb2	13 - 49	20 - 22,5	1038 - 1291	8 - 11
Tr**oeb3	46 - 137	20 - 22,5	1020 - 1298	8 - 11
Tr**oeb15	23 - 48	20 - 22,5	959 - 1037	8 - 11
Tr*oeb3	19 - 60	20 - 22,5	1372 - 1407	6 - 7
Tr**oeb14	37 - 114	20 - 22,5	1112 - 1193	8 - 11
Tr**oeb16	45 - 167	20 - 22,5	1005 - 1141	8 - 11
Tr*oeb9	511 - 829	17,5 - 20	1032 - 1095	6 - 7
Tr*oeb12	293 - 640	20 - 22,5	1048 - 1270	6 - 7
Tr*oeb14	81 - 117	20 - 22,5	1235 - 1451	6 - 7
Tr*ebr12	612 - 760	17,5 - 20	1200 - 1000	6 - 7
TrM*ebr8	733 - 931	17,5 - 20	1078 - 1110	6 - 7
TrM*ebr9	834 - 939	17,5 - 20	1160 - 1270	6 - 7
TrM*ebr12	793 - 885	15 - 20	1014 - 1205	6 - 7
TrM'ebr12	746 - 1189	15 - 20	1225 - 1585	4 - 5
Tr'oeb9	328 - 631	17,5 - 20	1520 - 1590	4 - 5
Tr'oeb12	302 - 758	17,5 - 20	1707 - 1448	4 - 5
TrM'oeb12	756 - 805	17,5 - 20	1285 - 1687	4 - 5
TrM'ebr13	1103 - 1377	15 - 17,5	1407 - 1570	4 - 5
Tr''oeb6	343 - 813	17,5 - 22,5	1609 - 1766	0 - 3
TrM''oeb9	913 - 1215	15 - 17,5	1645 - 1773	0 - 3
TrM''oeb6	802 - 1020	15 - 17,5	1862 - 1889	0 - 3
TrM''oeb 12	916 - 1145	15 - 17,5	1545 - 1782	0 - 3
TrM''ebr9	833 - 1292	15 - 17,5	1520 - 1822	0 - 3
TrM''ebr8	930 - 1135	15 - 17,5	1376 - 1675	0 - 3
St'ebr12	1248 - 1368	12,5 - 15	1309 - 1586	4 - 5
St'ebr13	1296 - 2096	10 - 15	1131 - 1346	4 - 5
St''ebr9	1391 - 1490	12,5 - 15	1709 - 1824	0 - 3
St''ebr13	1277 - 2040	10 - 15	1597 - 1795	0 - 3
Te''ebr13	2028 - 2784	5 - 10	1261 - 1877	0 - 3

Fonte: Autor

Na porção oeste deste recorte do estado do Espírito Santo está a unidade geomorfológica Serra do Caparaó. Nela foram delimitados os subtipos climáticos mais frios do estado.

O subtipo Subtropical semiúmido oriental do Brasil da Serra do Caparaó (St'ebr13) e o subtipo climático subtropical úmido oriental do Brasil da Serra do Caparaó (St''ebr13) apresentam TMMMF entre 10°C e 15°C e estão assentados

em porções do relevo com elevação semelhantes. O que difere os dois subtipos climáticos é a quantidade de chuva. Enquanto o St"ebr13 recebe até 1795mm de chuvas anuais, o St'eb13 atinge no máximo 1346mm de pluviosidade anuais.

Esta diferença de pluviosidade anual faz com que um subtipo climático tenha sido classificado como úmido e o outro como semiúmido. A explicação para tal fato está na vertente da serra do Caparaó que cada um dos dois subtipos climáticos se encontra. O St"ebr13 que possui maior índice pluviométrico está a barlavento da serra, enquanto o St'eb13 está a sotavento, indicando que a serra do caraparaó, assim como o planalto da pedra azul, atua como barreira ao ar úmido, seja advindo de sistemas atmosféricos de pequena escala ou de grande escala.

Na unidade geomorfológica da Serra do Caparaó foi delimitado o subtipo climático mais frio e mais úmido do estado do Espírito Santo, o Temperado úmido oriental do Brasil da Serra do Caparaó (Te"ebr13), que apresenta TMMMF entre 5°C e 10°C e pluviosidade anual de 1877mm. Esta região do estado capixaba foi a única a apresentar esse subtipo climático.

Fazendo limite com a Serra do Caparaó temos os Patamares Escalonados da Serra do Caparaó. Nesta unidade geomorfológica o subtipo climático predominante é o Tropical Ameno. Nas áreas mais altas desta unidade foram delimitados subtipos climáticos úmidos, como o TrM"ebr12 e o TrM"oeb12. Já nas áreas menos altas há a tendência de diminuição da precipitação, fazendo com que subtipos climáticos sejam de semiúmidos, como o TrM'eb12 e o TrM'oeb12.

No extremo sul do estado capixaba na divisa com o Rio de Janeiro foram delimitados subtipos climáticos tropicais predominantemente secos, como o Tr**oeb12, o Tr**oeb16 e o Tr**oeb3. Esses três subtipos climáticos estão assentados em áreas de relevo baixo, com no máximo 360m de altitude, e apesar de possuírem em torno de 1000mm de chuvas anuais, suas elevadas temperaturas contribuem para que a maior parte do ano o balanço hídrico seja negativo, caracterizando subtipos climáticos secos.

Nesta área evidencia-se o fator altitude na caracterização climática, uma vez que o subtipo climático Tr'oeb9 com apenas de 4 a 5 meses secos fica a aproximadamente 1000m de altitude, havendo uma diminuição da TMMMF e menos evapotranspiração.

Toda a área litorânea deste recorte de análise se caracteriza por subtipos climáticos quentes secos ou semisecos. Na unidade geomorfológica das colinas e maciços capixabas foi delimitados o subtipo Tr**oeb3 e o Tr*oeb3. O fator determinante para a diferença de umidade entre os dois subtipos climáticos é o total pluviométrico anual. O subtipo Tr*oeb3 é semisseco em virtude de um discreto aumento de chuvas em decorrência de sua posição mais próxima a linha de costa em relação ao Tr**oeb3 que se localiza mais no interior do continente.

Na porção sul do estado do Espírito Santo os tipos climáticos Oriental do Brasil tendem a apresentar temperaturas mais amenas em função das maiores altitudes do relevo em comparação aos subtipos climáticos do tipo litorâneo leste do Brasil.

6.2 A comparação entre a classificação climática de Novais (2019) para o Espírito Santo e outras já existentes.

Neste subcapítulo iremos demonstrar as diferenças e semelhanças entre as classificações climáticas já existentes para o estado do Espírito Santo com a classificação climática do estado capixaba segundo a proposta de Novais (2019).

Entendemos que as classificações climáticas possuem diferentes escalas e finalidades. Porém, o objetivo é demonstrar como a classificação climática do Espírito Santo na escala mesoclimática pode proporcionar informações muito mais detalhadas quanto às características climáticas da área de estudo, subsidiando políticas públicas, aplicações agropecuárias e outras demandas diversas que possam ser enriquecidas com informações climáticas.

Para essa comparação iremos utilizar o nível hierárquico de subdomínios climáticos, que se enquadra no nível escalar de Clima Local segundo Maciçoiro (2015), Mesoclima segundo Mendonça e Dani Oliveira (2007) e Mesoclima ou Clima Local segundo Ribeiro (1993).

A opção em utilizar essa escala para a comparação se justifica pelo fato das classificações elaboradas especificamente para o Espírito Santo terem sido feitas nesta escala. Entretanto, vale lembrar que a análise proposta nesse estudo realizou o mapeamento climático do Espírito Santo até o nível de Subtipo

Climático, sendo mais detalhada do que todas as classificações já elaboradas para o Estado do Espírito Santo até o presente momento.

6.2.1 A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019) e segundo Koppen

A classificação climática de Koppen é uma das mais conhecidas e utilizadas em estudos científicos e livros didáticos. Apesar de não ter sido elaborada especificamente para o estado do Espírito Santo, é muito comum a utilização da mesma como informação oficial sobre o clima do estado capixaba. Por esse motivo vale a pena fazermos uma análise comparativa entre a sua aplicação e a classificação proposta nesta tese baseada na metodologia de Novais (2019).

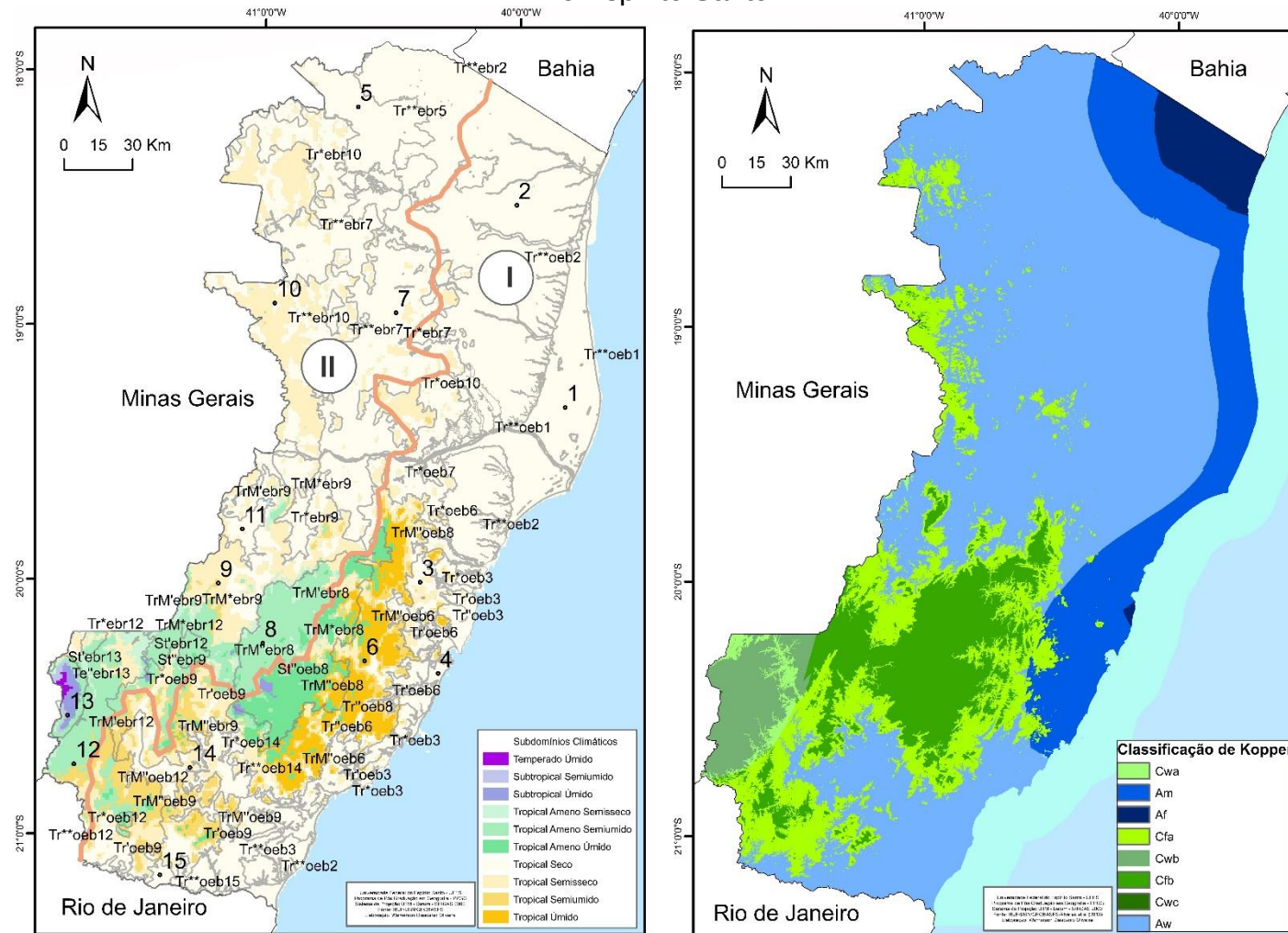
Ao observarmos a figura 33 é possível notar que a classificação climática de Koppen é muito mais generalista que a classificação climática do Espírito Santo baseada na proposta de Novais (2019).

Enquanto segundo Koppen o Espírito Santo possui sete climas diferentes, sendo eles, a classificação climática de Novais aponta 10 subdomínios climáticos diferentes, e quando nos aprofundamos na escala de análise como demonstrado no capítulo anterior, o estado capixaba possui 46 subtipos climáticos.

Na classificação climática do Espírito Santo segundo Koppen a influência do relevo na caracterização climática também é evidente, assim como na proposta elaborada por Novais (2019). Entretanto na classificação de Koppen há maior generalização das áreas altas, tendo diferentes cotas altimétricas sendo classificadas com o mesmo clima. (Figura 33)

Também não foi possível perceber na classificação climática de Koppen a influência do relevo na umidade, visto que as áreas a barlavento e a sotavento apresentam a mesma classificação. (Figura 33)

Figura 33: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais e a classificação climática de Koppen para o Espírito Santo



Fonte: Autor

6.2.2 A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019) e segundo o IBGE

A classificação climática do IBGE para o estado do Espírito Santo em escala de 1:5 000 000 é mais detalhada que a aplicação da classificação de Koppen. (Figura 34)

A classificação proposta pelo IBGE é de base empírica, ou seja, leva em consideração os elementos climáticos (temperatura e umidade) na definição dos principais tipos de clima. Neste ponto já se observa uma diferença entre a classificação climática do IBGE e a de Novais (2019), visto que a metodologia proposta pelo último leva em consideração fatores empíricos e genéticos.

Assim como a classificação de Novais (2019), o IBGE também realiza a classificação em diferentes níveis hierárquicos. Inicialmente divide o Brasil em cinco climas zonais, sendo que o Espírito Santo é classificado em Tropical Brasil Central. Neste nível escalar a classificação utilizada nesta pesquisa já apresenta um grau de refinamento, visto que já é possível observarmos climas tropicais, tropicais amenos, subtropicais e até temperados.

Em relação a umidade também nota-se diferença entre as duas classificações. A região norte do estado capixaba, por exemplo, é classificada pelo IBGE como sendo superúmido e úmido. Já na classificação proposta neste estudo, toda a região entre a margem esquerda do Rio Doce e o limite com a Bahia é classificada como seca e semiseca. Essa diferença se dá em virtude do elemento utilizado para a classificação. Enquanto o IBGE utiliza a pluviosidade a classificação proposta por Novais (2019) é pautada na diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração potencial. (Figura 34)

Em relação a temperatura do ar a classificação climática do IBGE para o Espírito Santo consegue diferenciar as “terras altas” do estado, classificando a área do planalto da Pedra Azul Capixaba e a região do Caparaó como sendo de clima brando e mediando e a região de terras baixas classificadas como sendo de climas quente e subquente. (Figura 34)

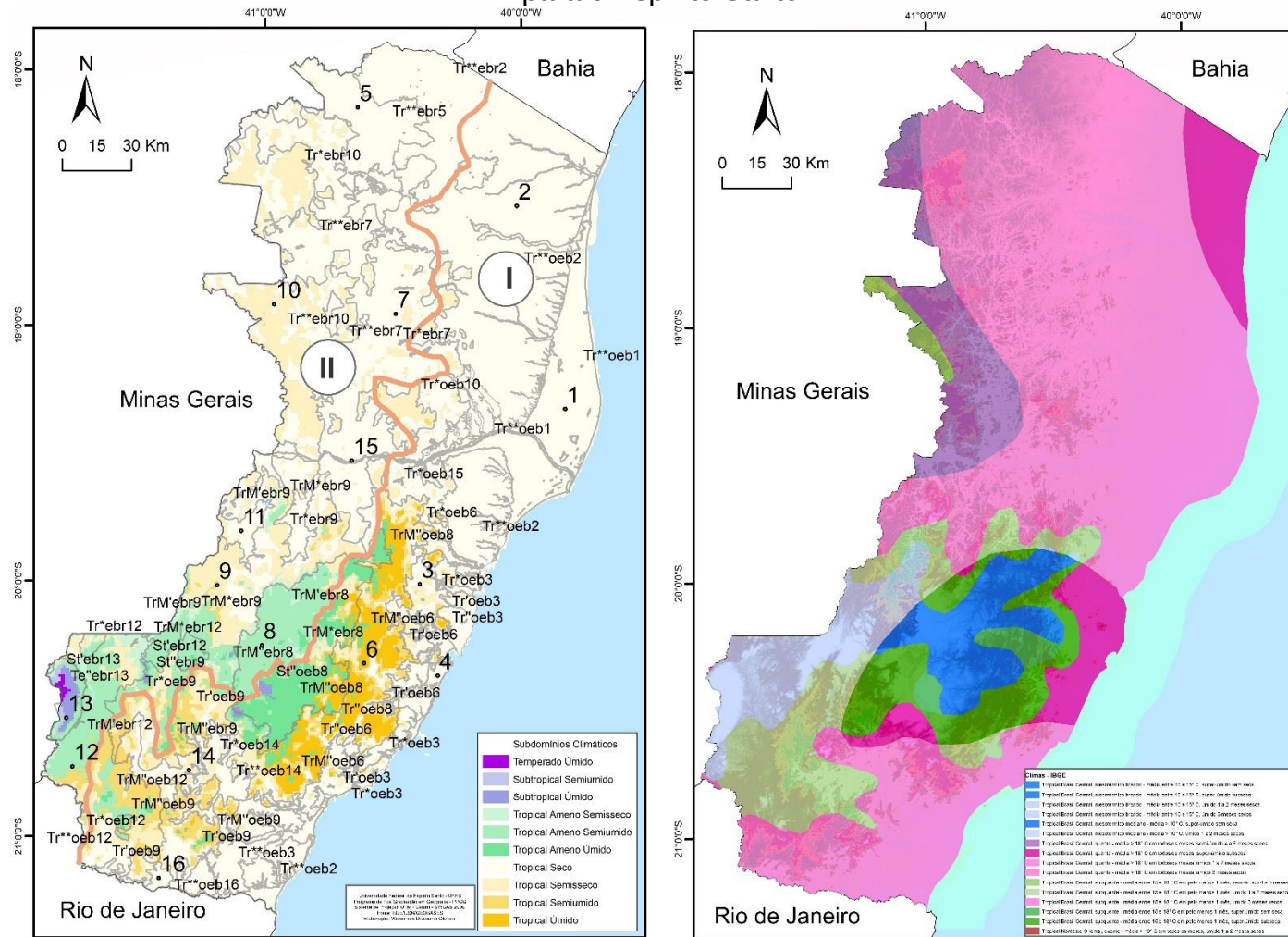
Entretanto, devido a escala de mapeamento não é possível observar na classificação do IBGE as diferenças térmicas no interior das áreas altas. Na classificação utilizada neste estudo é possível, por exemplo, classificar a serra

do Caarapó em quatro climas diferentes: tropical ameno úmido, subtropical úmido, subtropical semiúmido e temperado úmido. (Figura 34)

Outra diferença bastante expressiva entre as duas classificações climáticas é quanto a umidade das áreas a barlavento e sotavento na região serrana central. Segundo o IBGE toda a região, independente da orientação da vertente, é classificada como sendo superúmido ou semi-úmido. Já na metodologia utilizada neste estudo é possível diferenciar as áreas a barlavento como sendo úmido e a sotavento como sendo semiúmido. (Figura 34)

Mais uma vez ressaltamos que as escalas de mapeamento da classificação climática do IBGE e a do estudo proposto nesta tese são diferentes. Entretanto, é importante demonstrar que a proposta deste estudo proporciona maior refinamento das características climáticas para cada região do estado do Espírito Santo, sendo possível a sua utilização para subsidiar diversas demandas científicas, econômicas e agrícolas.

Figura 34: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais (2019) e a classificação climática do IBGE para o Espírito Santo



Fonte: Autor

6.2.3 A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019) e segundo Cerqueira (1999)

A classificação climática do estado do Espírito Santo elaborada por Cerqueira (1999) delimita no território capixaba em nove zonas naturais. Essas zonas são classificadas a partir de suas características de temperatura, precipitação e morfologia. (Figura 35)

Assim como na classificação elaborada por esse estudo, a classificação proposta por Cerqueira (1999) apontou o relevo como principal fator condicionante dos diferentes tipos de clima. Até ao nível de mesoclimático as duas classificações possuem grandes semelhanças.

Na porção norte do estado as duas classificações conseguem delimitar climas com leve diferenciação partindo do litoral em direção ao interior do estado. No extremo oeste capixaba, na área abrangida pela unidade geomorfológica do Bloco Montanhoso dos Pontões Capixabas e Mineiros, as duas classificações diferenciam o clima desta área das demais porções do norte capixaba. Em ambas as classificações o oeste do estado tende a ser mais úmido. (Figura 35)

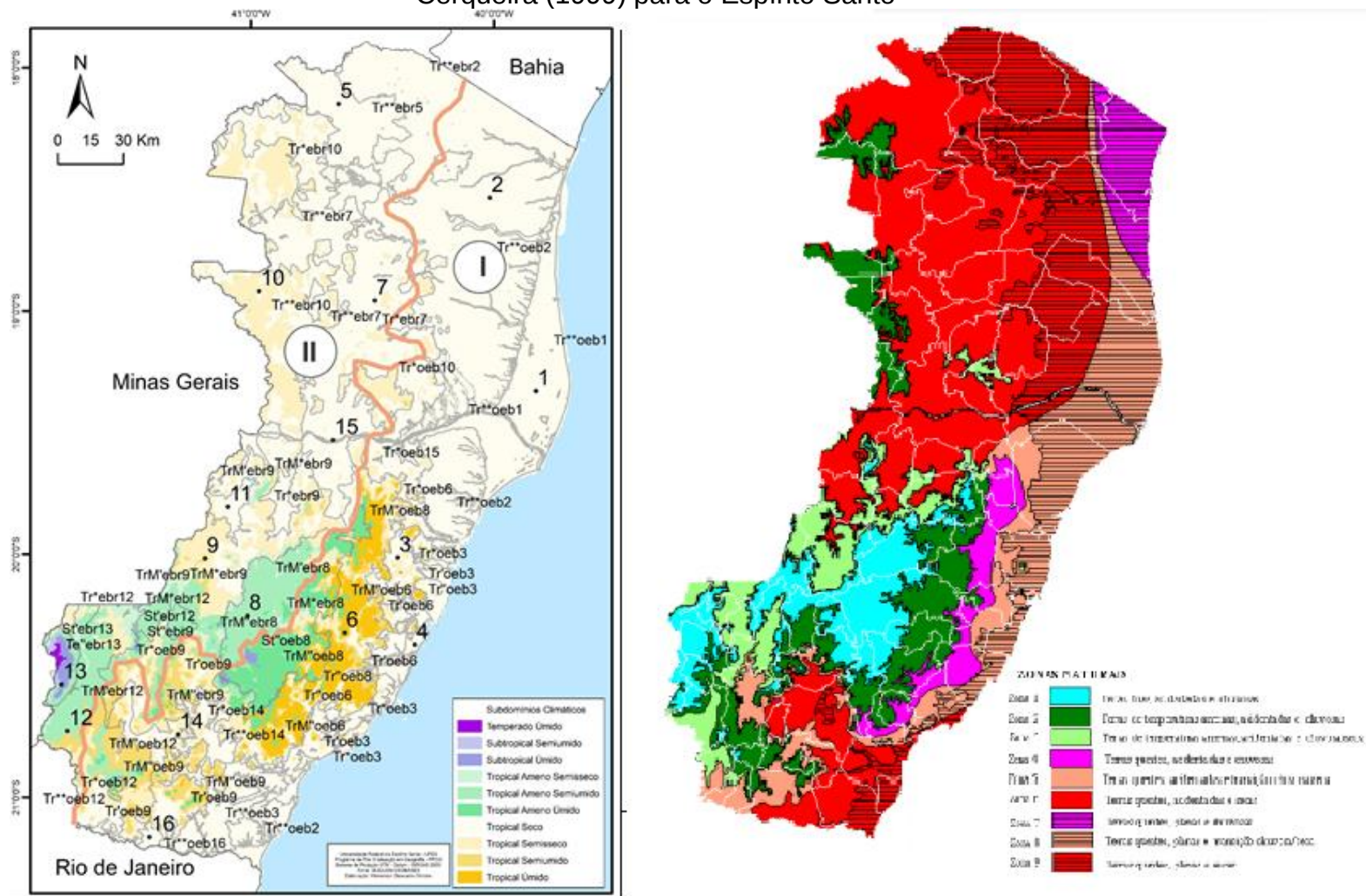
Na área central do estado, nas unidades geomorfológicas do Planalto da Pedra Azul Capixaba e no Morros e Montanhas do Centro-Sul Capixaba, as duas classificações delimitam climas de temperaturas amenas, apesar de nomenclaturas diferentes. Em relação a umidade, a classificação de Cerqueira (1999) identifica tanto as áreas a barlavento quanto a sotavento como chuvosas. Já a classificação proposta neste estudo faz uma diferenciação quanto a umidade das vertentes voltadas para leste em relação a vertente voltada para oeste. (Figura 35)

A principal diferença foi observada na unidade geomorfológica da Serra do Caparaó. Enquanto a classificação elaborada por Cerqueira (1999) classifica toda a área em “Terras Frias, Acidentadas e Chuvosas”, a classificação proposta neste estudo identifica nessa mesma região quatro climas diferentes, sendo eles: temperado úmido; subtropical úmido; subtropical semiúmido e tropical ameno úmido. Esses quatro climas se diferenciam quanto a temperatura e umidade.

Na porção sul do estado as duas classificações climáticas apresentaram semelhanças. Nas áreas mais baixas Cerqueira (1999) delimita a zona climática caracterizada por ser quente e seca. No mapeamento baseado na proposta de Novais (2019) essa área foi delimitada como sendo tropical seco. Já as áreas de maior altimetria do sul capixaba foram classificadas por Cerqueira (1999) como sendo quente e transição chuvosa/seca. Já no mapeamento proposto nesta tese essa mesma área foi classificada como sendo tropical semiúmido. (Figura 35)

Neste sentido, observa-se que apesar das semelhanças entre as duas classificações climáticas, a proposta deste estudo consegue delimitar as diferentes unidades climáticas de maneira mais detalhada. Em algumas situações as classificações foram semelhantes, apesar de utilizarem nomenclaturas diferentes.

Figura 35: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais (2019) e a classificação climática de Cerqueira (1999) para o Espírito Santo



6.2.4 A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019) e segundo Feitoza et al (2010)

O estudo de Feitoza et al (2010) busca delimitar no estado do Espírito Santo unidades naturais em diferentes níveis e escalas. Em mesoescala os autores fazem uma delimitação do estado em nove níveis, relacionando elementos climáticos e morfológicos. No segundo nível de delimitação as nove zonas climáticas são subdivididas em 34 subzonas a partir de parâmetros relacionados à disponibilidade de nutrientes no solo, possibilidade de inundação por água doce e influência marinha. Por fim as subzonas são divididas em províncias, totalizando 204 tipos. A província é o nível hierárquico de menor escala geográfica no estudo de Feitoza et al (2010). (Figura 36)

A comparação será feita apenas em escala mesoclimática, uma vez que é a única que os autores utilizam-se de parâmetros climáticos para a sua definição. As outras escalas do mapeamento utilizam elementos ligados a ecologia visando delimitar unidades naturais em âmbitos mais complexos.

Nas áreas do estado do Espírito Santo em que a morfologia é menos complexa a classificação de Feitoza et al (2010) e a proposta deste estudo foram bem similares. As diferenças são mais proeminentes quando se observam regiões do estado com relevo mais acidentado. Nessas áreas a classificação realizada por Feitoza et al (2010) tende a ser mais generalista, enquanto a proposta deste estudo é mais detalhada. (Figura 36)

A porção norte do estado capixaba foi classificada por Feitoza et al (2010) em terras quentes nas áreas de relevo plano e terras de temperaturas amenas nas áreas de relevo mais acidentado no noroeste do estado. Quanto a umidade houve uma diferenciação partindo do litoral, adentrando no interior do continente e em seguida atingindo as áreas acidentadas a noroeste.

Na classificação proposta neste estudo também foi possível diferenciar unidades climáticas na porção norte do estado capixaba partindo do litoral em direção ao interior até atingir as áreas de relevo acidentado a noroeste. Entretanto essa diferenciação se deu em decorrência especialmente da quantidade de meses secos, uma vez que em relação a temperatura toda a área foi classificado como sendo de clima Tropical.

Na porção central do estado as duas classificações conseguem delimitar a região de temperaturas mais baixas nas áreas acidentadas e de grande altitude do Planalto da Pedra Azul Capixaba. Na classificação de Feitoza et al (2010) essa região é classificada como Terras frias e chuvosas, tendo sido realizadas subdivisões apenas em relação a fertilidade do solo.

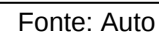
Já na classificação proposta neste estudo essa mesma região foi classificada como sendo de clima tropical ameno. Nas áreas a barlavento tropical ameno úmido e a sotavento tropical ameno semiúmido. Apesar da semelhança em relação a temperatura, a classificação quanto a umidade foi diferente entre as duas classificações, visto que Feitoza et al (2010) não diferencia a umidade no interior da zona climática. (Figura 36)

Outra diferença entre as duas classificações se deu na região da Serra do Caparaó. Segundo Feitoza et al (2010) essa área do estado recebeu a mesma classificação climática que o Planalto da Pedra Azul Capixaba (Terras Frias, Acidentadas e Chuvosas). Já na proposta deste estudo a região do Caparaó foi classificada em quatro subdomínios, sendo eles: tropical ameno semiúmido, subtropical úmido, subtropical semiúmido e temperado úmido. (Figura 36)

Assim como na proposta deste estudo, Feitoza et al (2010) também identificou o relevo como o principal fator na diferenciação entre as unidades climáticas em mesoescala. Entretanto, os autores não levaram em consideração a disposição do relevo e a orientação de suas vertentes, mas sim a altitude.

A maior parte da área delimitada por Feitoza et al (2010) como sendo de terras frias coincidiu com o subdomínio tropical ameno proposto neste estudo. Entretanto, as porções classificadas como sendo de clima subtropical e temperado no estudo proposto nesta tese não foram delimitadas por Feitoza et al (2010). (Figura 36)

Assim, mesmo analisando as duas classificações em mesoescala já se percebe que a proposta metodológica de Novais (2019) aplicada ao estado do Espírito Santo proporciona uma classificação mais detalhada do clima capixaba em comparação com a de Feitoza et al (2010). Ressaltando ainda que a classificação proposta neste estudo ainda delimita o clima em escalas geográficas menores, o que acarreta em um maior detalhamento do clima do estado do Espírito Santo.



6.2.5 A Classificação Climática do Espírito Santo segundo Novais (2019) e segundo Rody et al (2010)

Rody *et al* (2010) delimitaram sítios ambientais homogêneos (SAHs) no Estado do Espírito Santo com o objetivo de indicar o uso potencial do solo em todo o estado capixaba. No estudo os autores identificaram seis ambientes homogêneos a partir do emprego de técnicas estatísticas multivariadas utilizando informações do relevo, coordenadas geográficas, dados do solo, temperatura do ar, disponibilidade hídrica e a evapotranspiração real e potencial.

Em relação ao mapeamento das unidades climáticas proposto neste estudo, foi possível observar semelhanças quando a análise é realizada em áreas de topografia menos complexa. Quando a comparação é realizada na porção centro-sul e na região do Caparaó as diferenças se acentuam.

Na região norte do estado, Rody et al (2010) identificaram dois SAHs com valores de temperatura e precipitação semelhantes. Segundo os autores a diferença entre eles se deu pela altimetria do relevo, sendo o SAH 1 que abarca a porção mais próxima ao oceano com relevo baixo e a porção disposta a oeste com altimetria um pouco mais elevada sendo classificada como SAH 2.

Esta delimitação foi semelhante à proposta deste estudo, uma vez que o norte do estado capixaba foi classificado com dois subdomínios, sendo eles o tropical seco na maior parte da área e o tropical semiseco nas terras mais elevadas a oeste.

O Sítio Ambiental Homogêneo 3 foi delimitado na área central do estado capixaba e na porção sudoeste. Nesta região estão as áreas mais elevadas do estado do Espírito Santo e na classificação de Rody et al (2010) houve uma generalização de toda a região em um único SAH.

Quando se trata de potencial agrícola, por exemplo, essa região apresenta diversas particularidades, principalmente relacionada a temperatura e umidade. Nesse sentido, a delimitação proposta neste estudo foi capaz de demonstrar com maior exatidão as características climáticas tanto da porção central do estado capixaba, quanto das áreas a sudoeste, delimitando cinco subdomínios diferentes, sendo eles: tropical úmido, tropical semiúmido, tropical ameno úmido, tropical ameno semiúmido e subtropical úmido.

A região litorânea Sul está subdividida em duas SAHs no estudo do Rody et al (2010). A diferença entre a SAH 5 que está disposta mais ao interior e a SAH 6 que margeia o oceano atlântico se deve a pluviosidade. Segundo os autores, a SAH 5 apresenta leve aumento da precipitação em virtude da topografia.

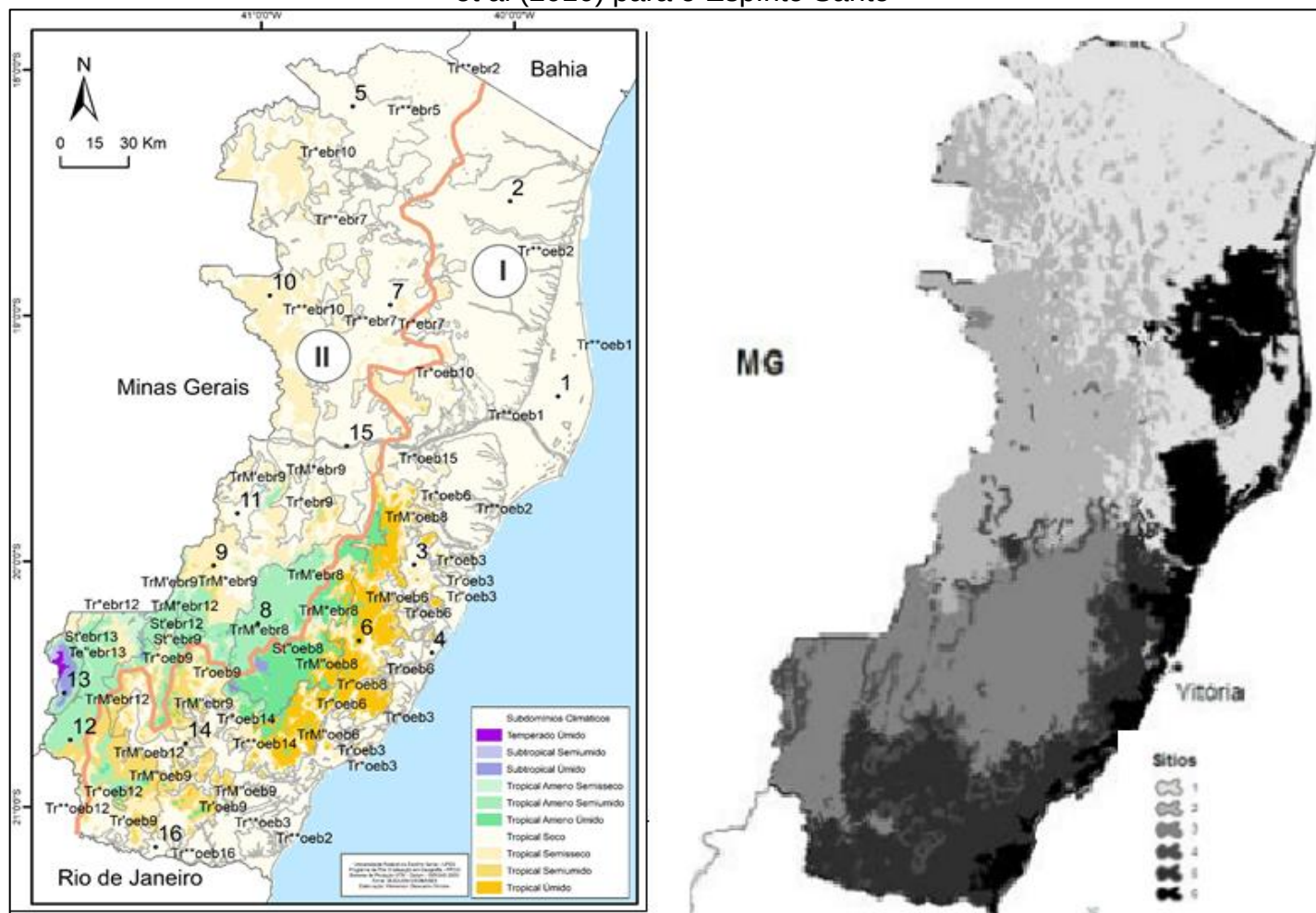
Nesse caso houve uma diferença entre a classificação de Rody et al (2010) e a proposta neste estudo, visto que o subdomínio tropical semiúmido foi delimitado apenas em áreas pontuais de altimetria elevada no litoral sul, sendo a maior parte da região classificada em tropical seco.

Ao contrário dos estudos de Cerqueira (1999) e Feitoza et al (2010), Rody et al (2010) delimitou as áreas mais elevadas dos planaltos da Pedra Azul e do Caparaó como sendo uma unidade independente. Essa diferenciação também foi observada no estudo proposto nesta tese, em que os topos dos planaltos foram delimitados com subdomínios subtropicais e temperados.

Uma semelhança importante entre os estudos de Rody et al (2010) e o mapeamento proposto nesta tese é a influência do relevo como fator fundamental na diferenciação dos climas no estado do Espírito Santo.

A principal diferença entre os dois estudos está no grau de detalhe dos mapeamentos mesmo quando se analisa a mesma escala, no caso a mesoclimática. Quando se adentra em escalas geográficas menores propostas pela metodologia de Novais (2019) as diferenças aumentam substancialmente.

Figura 37: Comparação entre os Subtipos climáticos do Espírito Santo segundo Novais (2019) e a classificação climática de Rody et al (2010) para o Espírito Santo



Fonte: Auto

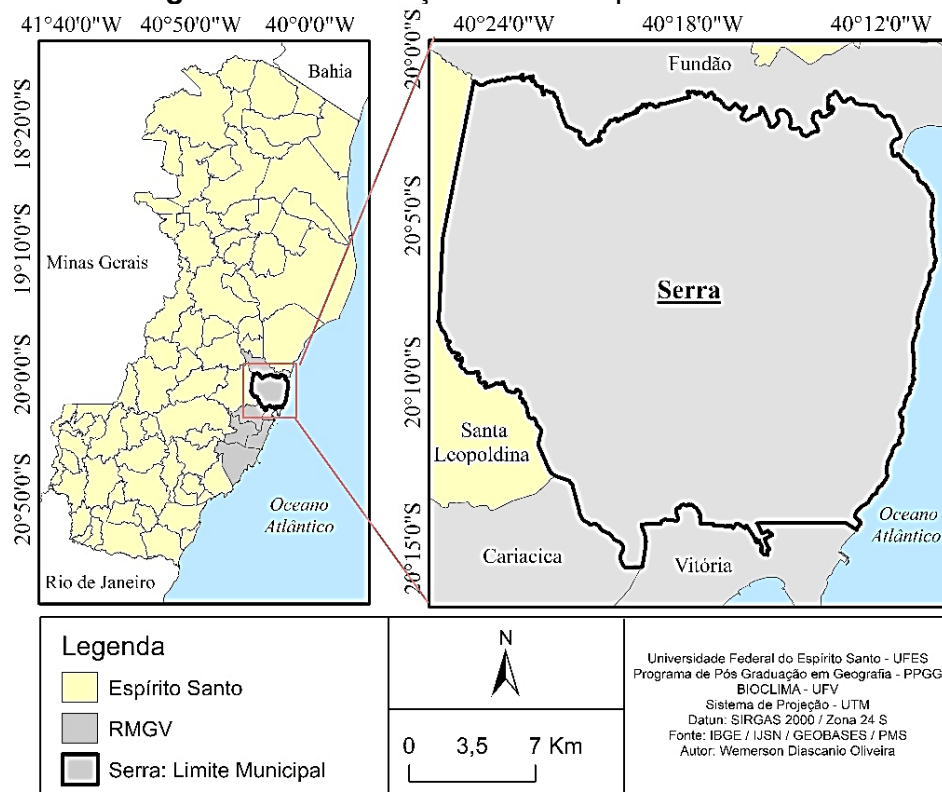
6.3 Proposta de Classificação Climática aplicada em escala local

Um dos principais diferenciais da classificação climática proposta por Novais (2019) é a sua aplicabilidade tanto em escalas geográficas grandes, como um país, região ou estado, quanto em escalas geográficas pequenas, como no caso de um município ou bairro.

Neste estudo iremos aplicar o sistema proposto por Novais (2019) no município de Serra-ES, buscando delimitar as unidades climáticas até a menor escala de topoclima.

6.3.1 Caracterização da área de estudo

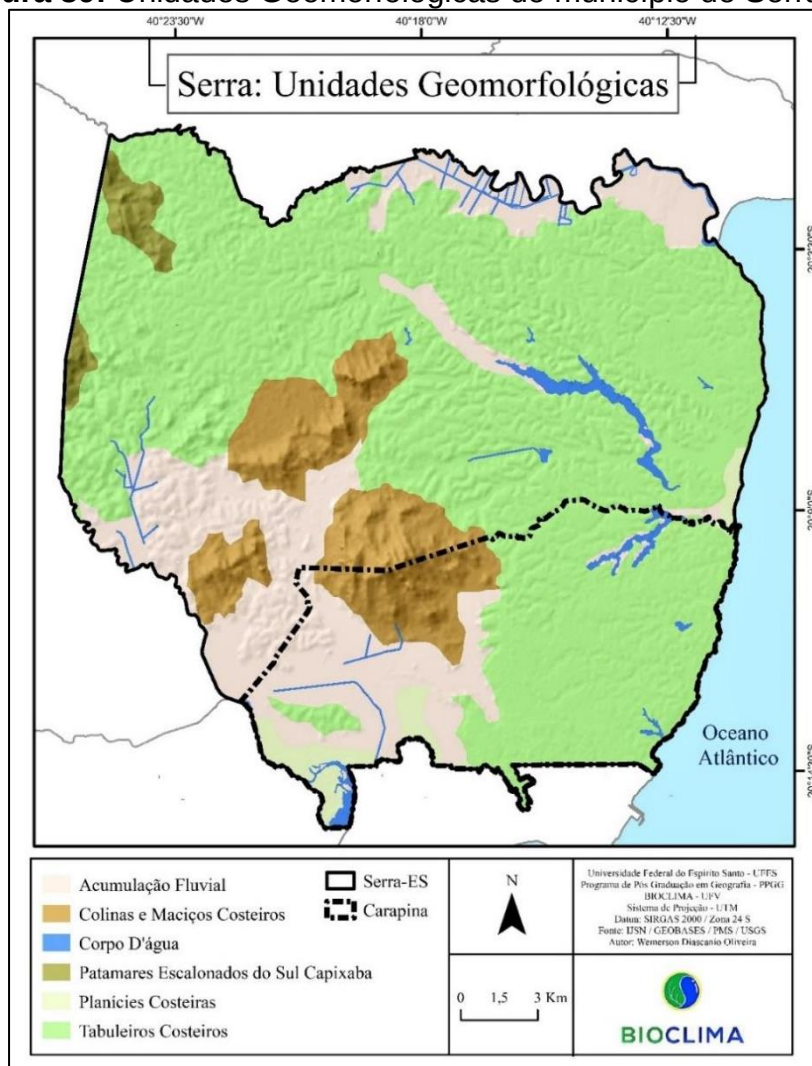
O município de Serra integra a RMGV, está localizado na porção litorânea do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas 20° 08' 45" e 20° 15' 38" Sul e 40° 10' 57" e 40° 22' 10" Leste. Possui área territorial de 554,2 km², sendo 223,7 km² de área efetivamente urbanizada e 28 km de litoral. Limita-se ao norte e ao sul, respectivamente, com os municípios metropolitanos de Fundão, Vitória e Cariacica. A oeste faz divisa com o município de Santa Leopoldina e a Leste com o Oceano Atlântico. (Figura 38)

Figura 38: Localização do município de Serra-ES

Fonte: Autor

O município de Serra está inserido em dois grandes domínios morfoestruturais do Espírito Santo. A maior parte está assentada sobre o Domínio Depósito Sedimentares. Na porção central e a nordeste do município encontramos pequenas áreas do Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados. Dentro destes domínios encontramos quatro regiões geomorfológicas, sendo elas: Região das Planícies Costeiras, Região dos Tabuleiros Costeiros, Região das Colinas e Maciços Costeiros e Região da Mantiqueira Setentrional (GATTO *et al*, 1983).

Conforme pode ser observado na figura 20 o município de Serra é caracterizado pelo predomínio de três unidades Geomorfológicas, sendo elas: a unidade Tabuleiros Costeiros, a unidade Colinas e Maciços Costeiros e a unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba (GATTO *et al*, 1983) (Figura 39).

Figura 39: Unidades Geomorfológicas do município de Serra-ES

Fonte: Autor

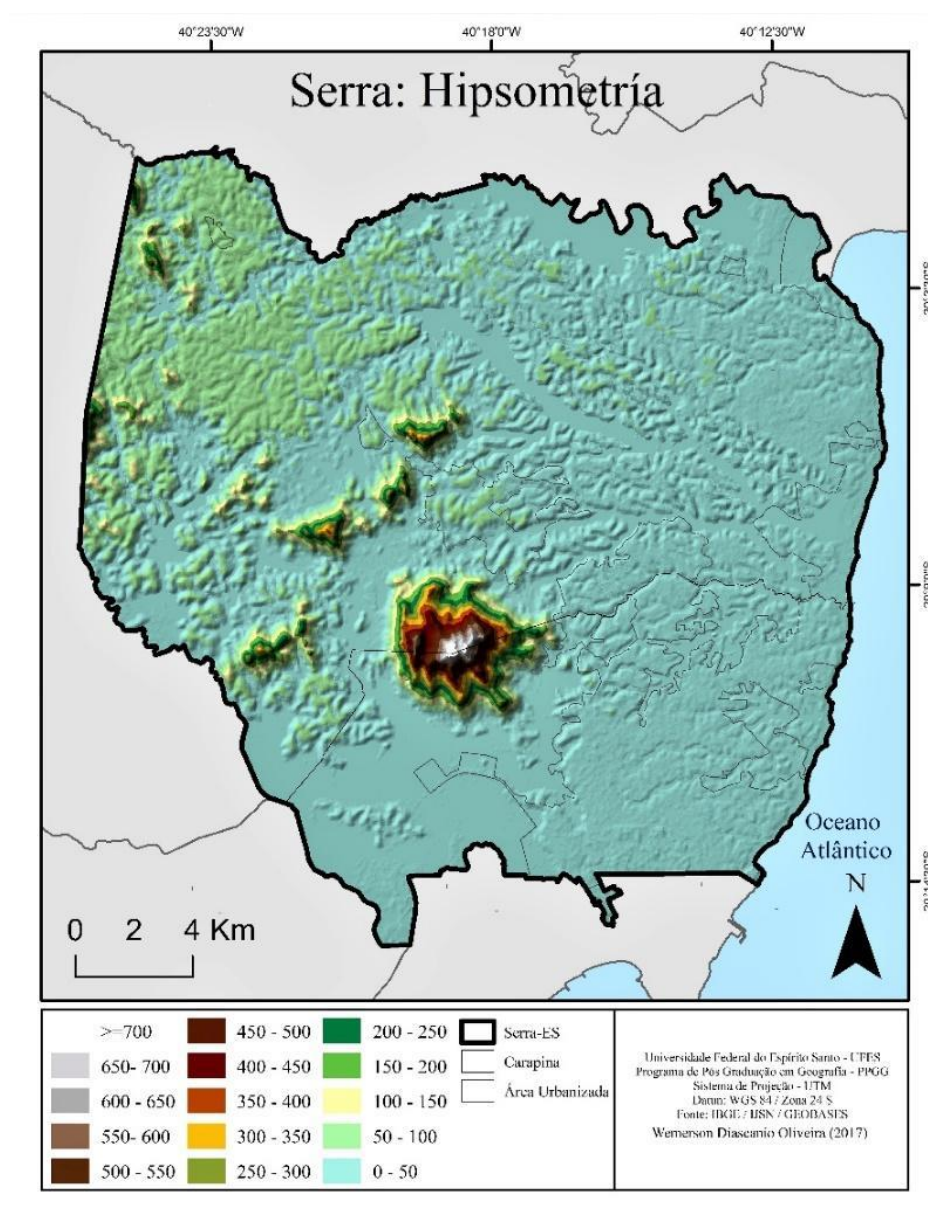
A unidade dos Tabuleiros Costeiros ocupa toda a porção Leste, Norte e Nordeste. É a maior unidade geomorfológica em ordem de grandeza existente no município de Serra. Esta unidade é caracterizada por relevos dissecados com topos aplainados e convexionados. Os processos morfogenéticos denudacionais imprimem ao relevo esculturação das superfícies de erosão. Sua altitude varia de 15 a 40m e apresenta padrão de drenagem do tipo subdentríptico (GATTO *et al*, 1983).

A unidade Colinas e Maciços Costeiros caracteriza-se, principalmente, por ser uma área de topografia deprimida, com reduzidos valores altimétricos em relação a outras unidades, refletindo estrutura fraturada e dobrada; as colinas englobam fácies de dissecação de densidade de drenagem fina e média com incisões entre 23 e 62m". Constitui-se de relevos dissecados de topos aplainados

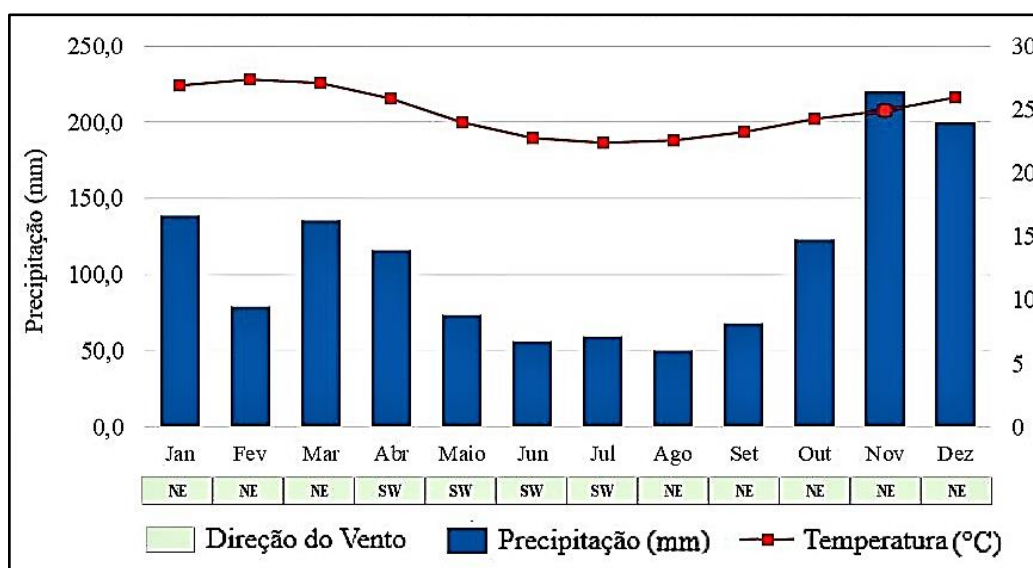
a convexizados com aprofundamento dos vales variando de 21 a 42m em média. As altimetrias variam de 20 a 60m. A área é controlada por um sistema de drenagem com padrão subdendrítico com canais largos e que formam planícies coluvionadas que se estendem por outras unidades geomorfológicas. (GATTO *et al*, 1983). Nesta unidade destaca-se na paisagem o Maciço Mestre Álvaro. Este maciço é um *inselberg* com litologia dominante granítica, mas com sua porção leste gnáissica. Sua origem é intrusão granítica, onde suas bordas foram metamorfizadas. Sua altitude varia de 0 a 833m (BRICALLI, 2011).

A unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba está presente em uma pequena área na porção Noroeste do município. Possui aspecto morfográfico montanhoso e seu relevo é estruturado em patamares resultantes de níveis diferentes de dissecação. A estruturação e esculturação do relevo são fortemente controladas por falhas geológicas, em especial as da Faixa Colatina, apresentando estruturas fraturadas e dobradas, rios e vales encaixados, além de serras alinhadas com frentes escarpadas e vertentes longas e íngremes (GATTO *et al*, 1983).

A hipsometria em Serra varia de 0m nas áreas planas do litoral, até pouco mais de 800m no ponto mais alto do maciço Mestre Álvaro. A maior parte do município, assim como toda sua área urbana, se encontra na faixa de 0m a 100m de altitude. (Figura 40)

Figura 40: Hipsometria do município de Serra-ES**Fonte:** Autor

No município de Serra a temperatura média é de 24,5°C, com mínimas de 21,6°C e máximas de 27,7°C. Os meses de janeiro, fevereiro e março apresentam-se como os mais quentes, enquanto as temperaturas mais amenas são registradas nos meses de junho, julho e agosto. A média anual de chuvas é de 1252,3mm, sendo o período compreendido entre os meses de outubro a dezembro os mais úmidos. Os menores índices pluviométricos são observados no inverno, em especial no mês de agosto. O vento predominante é o nordeste, proveniente do oceano Atlântico. No inverno, com a atuação da Massa Polar Atlântica (mPa), observa-se predominância de ventos de sudoeste. (Figura 41)

Figura 41: Normal climatológica da estação UFES, Vitória-ES

Fonte: INMET

Elaboração: Wemerson Diascanio Oliveira

Em escala sinótica, diversos fenômenos meteorológicos influenciam no comportamento dos elementos climáticos da área estudada. A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) atua provocando estabilidade atmosférica e elevação das temperaturas. As Frentes Frias (FF), geradas a partir da penetração do anticlone polar atlântico, são responsáveis por boa parte das chuvas ocorridas na região. A Massa Polar Atlântica (mPa) atua especialmente no outono e inverno. Sua chegada provoca episódios de temperaturas mais amenas. A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) atua sobre o município, especialmente, no período de outubro a março. Caracterizada como uma banda de nebulosidade orientada no sentido NO-SE, sua presença provoca um grande volume de precipitações (NIMER, 1972; SANT'ANNA NETO, 2005).

O município de Serra, por estar situado em uma região litorânea, sofre os efeitos das brisas marítimas e terrestres. Como o continente e o oceano possuem capacidades térmicas distintas, durante o dia, a superfície continental apresenta maior aquecimento que a superfície oceânica, fazendo com que as brisas soprem do oceano em direção ao continente, este fenômeno é chamado de brisa marítima. Já no período noturno ocorre o inverso. O ar da camada adjacente ao continente se resfria de maneira mais acelerada quando se comparada ao oceano. Assim, os ventos do continente invadem o oceano formando a brisa terrestre (OLIVEIRA e SILVA DIAS, 1982).

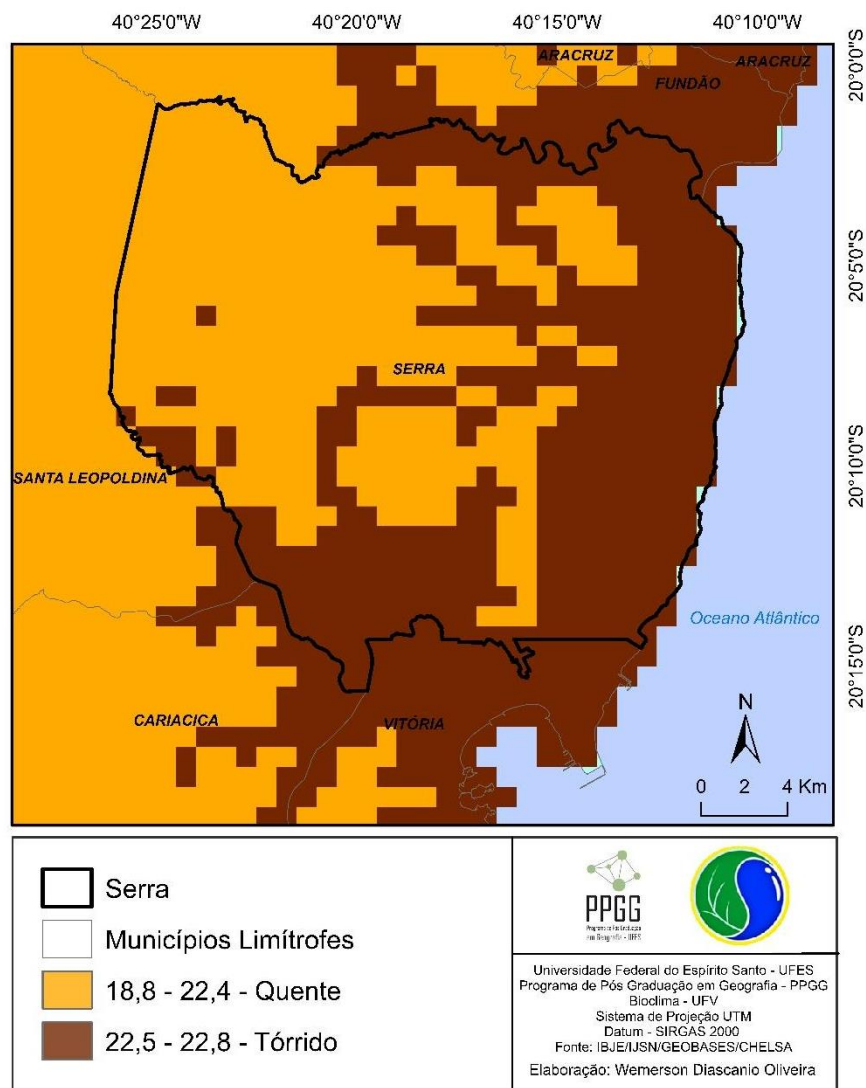
A atuação das brisas, segundo Reboita *et al* (2010), pode gerar instabilidade do ar das camadas mais baixas da atmosfera, propiciando a ocorrência de chuviscos. Além disso, a umidade transportada pelas Brisas, ao interagir com outros fenômenos atmosféricos, pode favorecer a ocorrência de episódios de chuvas intensas. Em relação ao comportamento da temperatura, as Brisas influenciam na diminuição da amplitude térmica, na amenização das temperaturas máximas e no deslocamento das ilhas de calor ao longo do dia (GOMES, 2017).

6.3.2 Classificação Climática do município de Serra-ES: do clima zonal ao topoclima

Segundo a metodologia de classificação climática proposta por Novais (2019), a primeira hierarquia está associada à posição latitudinal da área. Assim, de acordo com localização do município de Serra, entre as coordenadas 20° 08' 45" e 20° 15' 38" sul e 40° 10' 57" e 40° 22', em relação a Zona Climática o município pode ser classificado em Zona Quente.

Seguindo a hierarquia de classificação climática tem-se o Clima Zonal. Nesse nível hierárquico a Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF) é o elemento principal para a delimitação dos diferentes climas Zonais. (Figura 42)

No município de Serra, segundo os dados do CHELSA, a temperatura média do mês mais frio é observada no mês de Julho. Conforme delimitado na figura 23, a área de estudo apresenta dois climas zonais, o clima tórrido, com temperaturas superiores a 22,5°C e o clima zonal quente, que segundo a classificação de Novais (2019) é delimitado pelas isolinhas de 15,0°C até 22,4°C. (Figura 42)

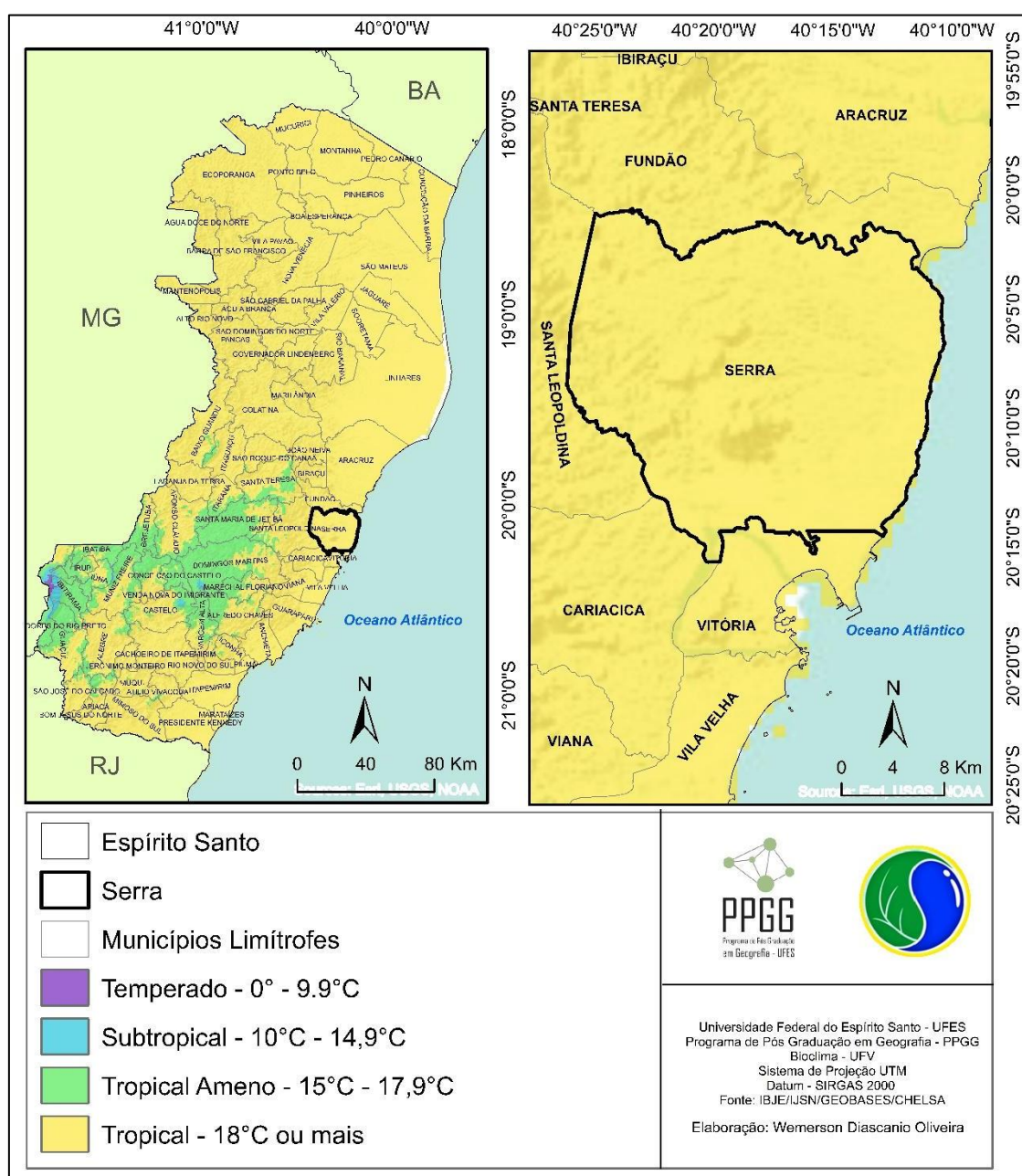
Figura 42: Clima Zonal do município de Serra-ES**Fonte:** Autor

A delimitação do clima zonal está associada, em grande medida, a conformação do relevo, uma vez que as temperaturas mais elevadas, delimitadas pelo clima zonal tórrido, ocupa principalmente a porção leste e sul do município, nos tabuleiros e planícies costeiras, locais de menores altitudes.

O clima zonal quente é observado a leste e nordeste, além da porção central do município. Nestes locais tem-se a transição para feições geomorfológicas mais elevadas, nesse caso os patamares escalonados do sul capixaba, além de planaltos elevados na porção central, como o maciço Mestre Álvaro.

Em relação ao domínio climático, como pode ser observado na figura 43, todo o território do município de Serra encontra-se com TMMMF entre 18,8°C e 22,8°C. Assim, conforme a classificação proposta por Novais (2019), o domínio climático ao qual a área de estudo pertence é o Tropical.

Figura 43: Domínio Climático do município de Serra-ES



Fonte: Autor

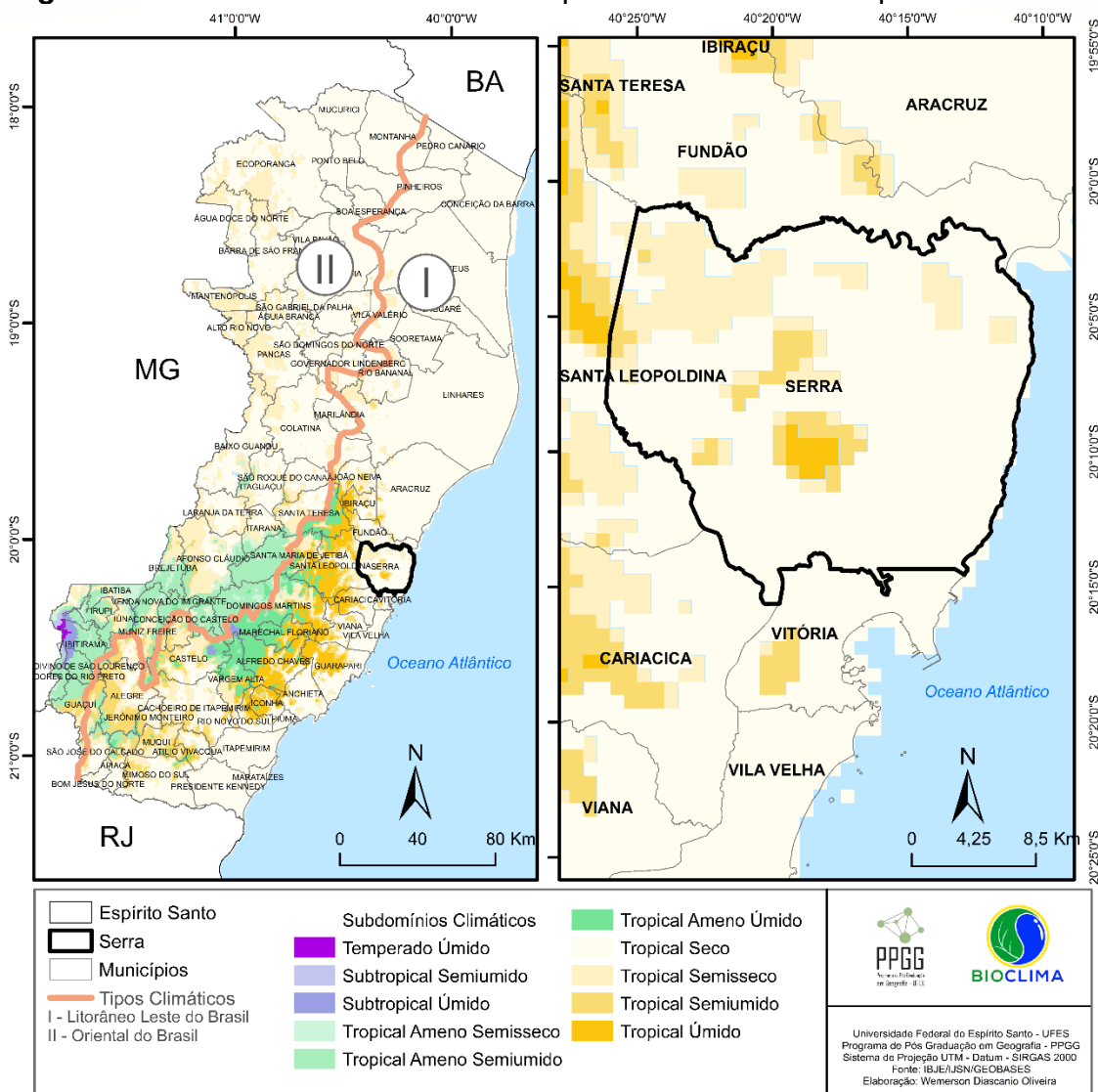
Apesar do clima Equatorial Ameno possuir delimitação térmica parecida com o clima tropical, o diferencial está nos sistemas atmosféricos atuantes. No

município de Serra não é observada a atuação da ZCIT, característica importante na delimitação do clima Equatorial Ameno.

Para a delimitação dos Subdomínios Climáticos, Novais (2019) propõe que sejam observadas a quantidade de meses secos existentes na área de estudos. Os meses secos são classificados do ponto de vista do déficit hídrico.

A maior parte do município de Serra apresenta subdomínio seco, com (8 a 11 meses secos). As partes mais elevadas da área central, assim como a porção noroeste do município possui subdomínios mais úmidos, delimitando mais três subdomínios: Semiseco, localizado a noroeste e nos maciços centrais; semiúmido, localizado no entorno do maciço mais alto do município e úmido, localizado no topo do maciço Mestre Álvaro. (Figura 44)

Figura 44: Subdomínios Climáticos e Tipo Climático do município de Serra-ES



Fonte: Autor

A disposição dos subdomínios está muito influenciada pela altitude, temperatura e precipitação. Como apontado por Novais (2021), os locais de menor altitude e maior temperatura favorecem a existência de meses secos em maior quantidade. Já os locais onde a temperatura média mensal é mais baixa e também onde a precipitação é maior, os valores ajudam a aumentar o excedente hídrico mensal, diminuindo os meses onde a evapotranspiração é maior.

A partir das informações relatadas anteriormente, e tendo como base a proposta de classificação climática de Novais (2019), foi possível delimitar quatro unidades climáticas no município de Serra-Es, sendo elas: Tropical Úmido Litorâneo, Tropical Semiúmido Litorâneo, Tropical Semiseco Litorâneo e Tropical Seco Litorâneo. (Figura 44)

A unidade climática de maior abrangência é a Tropical Seco Litorâneo. Esta unidade ocupa toda a porção leste, sul e parte da oeste do município de Serra. A TMMMF é observada no mês de julho, sendo registrado em 22,5°C e 22,8°C. A quantidade de meses secos gira entorno de 8 a 11. Suas características climáticas estão fortemente associadas a altitude, uma vez que esta unidade está inserida na área mais baixa do município.

A segunda maior unidade climática é o Tropical Semiseco Litorâneo. Com TMMMF em torno de 18,8°C e 22,4°C e registrando de 6 a 7 meses secos, esta unidade está inserida nas áreas em que se começa a observar elevação da altitude, especialmente na base do Maciço Mestre Álvaro e à nordeste quando se inicia os Patamares Escalonados do Sul Capixaba.

O Tropical semiúmido litorâneo e o Tropical úmido litorâneo ocupam uma pequena área do município de Serra. Os dois domínios estão inseridos na área central, mais especificamente na encosta e no topo do monte Mestre Álvaro. A TMMMF das duas unidades gira entorno de 18,8°C e 22,4°C, sendo a quantidade de meses secos que os diferenciam. Enquanto o Tropical Semiúmido Litorâneo possui de 4 a 5 meses secos, o Tropical úmido Litorâneo possui de 0 a 3 meses secos.

As características observadas nos dois domínios citados anteriormente estão relacionadas ao relevo, especialmente as chuvas orográficas e a temperatura mais baixa decorrente do aumento da altitude.

Seguindo na hierarquia de classificação climática e buscando detalhar ainda mais as características climáticas do município de Serra-ES em escala mesoclimática foi elaborada a delimitação dos subtipos climáticos da área de estudo. (Figura 45)

O Município de Serra possui sete subtipos climáticos, sendo eles: *Tr**oeb2* – Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil dos Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental; *Tr*oeb2* – Tropical Semissedo Litorâneo Leste do Brasil dos Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental; *Tr**oeb3* – Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas; *Tr*oeb3* – Tropical Semissedo Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas; *Tr'oeb3* – Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas; *Tr''oeb3* – Tropical Úmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas; *Tr**oeb4* – Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil das Planícies Litorâneas. (Figura 45 e Tabela 7).

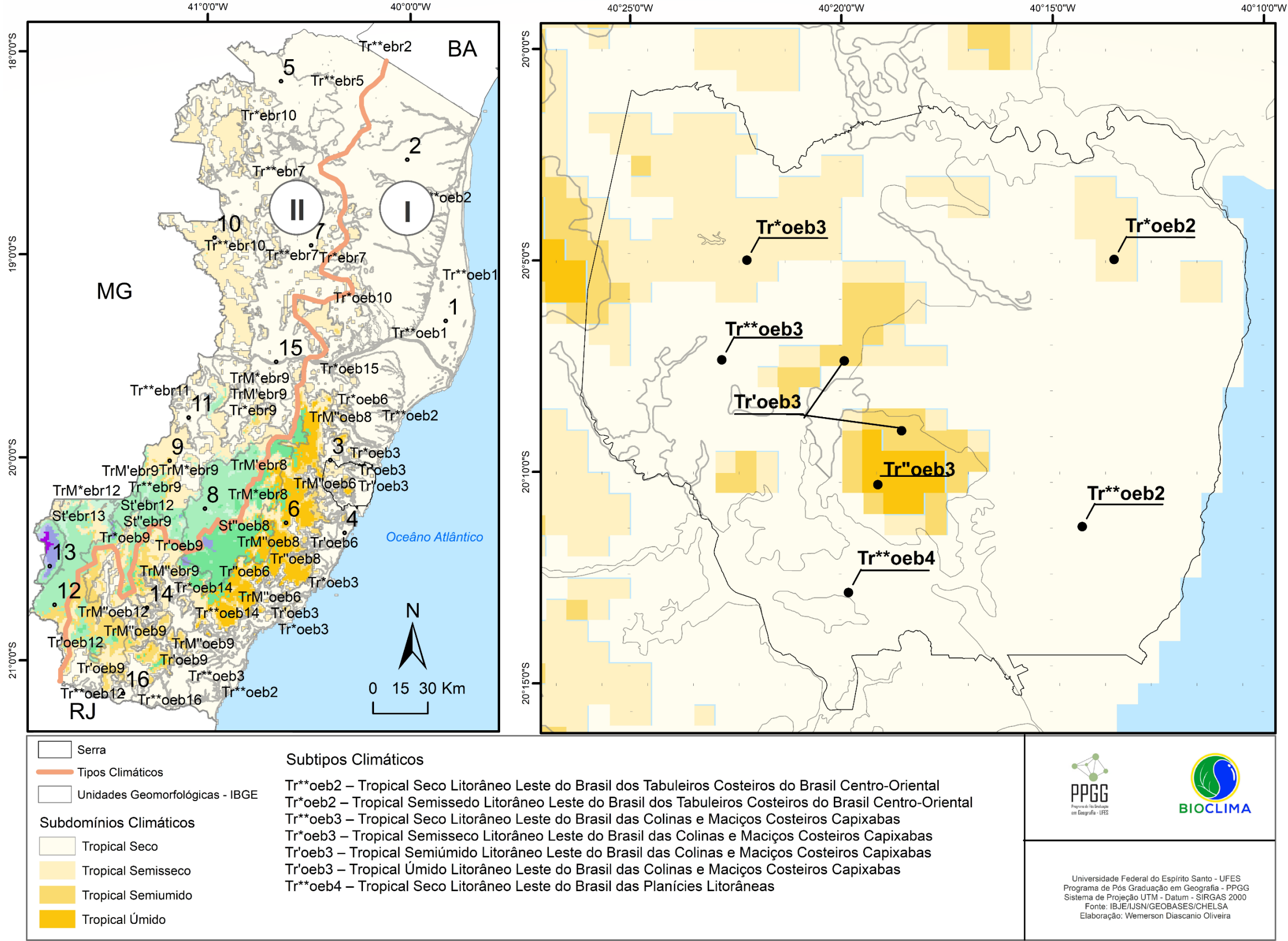
A porção litorânea do município abarca os subtipos climáticos mais secos, como o *Tr**oeb2* e o *Tr*oeb2*. Nesta área não foi delimitado nenhum subtipo climático semiúmido ou úmido. Ao sul do município foi delimitado apenas subtipo climático seco, no caso o *Tr**oeb4*.

Esses três subtipos climáticos foram delimitados em porções do município apresentam as baixas altitudes. Os tabuleiros costeiros em que estão assentados os climas *Tr**oeb2* e o *Tr*oeb2* e as planícies litorâneas em que foi delimitado o *Tr**oeb4* não ultrapassam os 50m de altitude.

Os climas mais úmidos foram delimitados na porção central do município de Serra nos pontos de maior altitude. Nas áreas de relevo de até aproximadamente 400m foi delimitado o subtipo *Tr'oeb3* e nas áreas acima de 400m foi delimitado o subtipo *Tr''oeb3*.

O Subtipo climático mais úmido e com temperaturas mais amenas é o *Tr''oeb3* – Tropical Úmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas. Este subtipo é delimitado no maciço de maior altitude do município, o Maciço Mestre Álvaro. Apresenta TMMMF em torno de 18,8°C e 19,9°C e precipitação média anual de 1602mm a 1771mm.

Figura 45: Subtipos Climáticos do município de Serra-ES



Fonte: Autor

Tabela 7: Subtipos climáticos do município de Serra-ES

Unidade Climática	Altitude	TMMMF	Precipitação Anual	Meses Secos
	(m)	(°C)	(mm)	Quantidade
Tr**oeb2	6 - 47	22,4 – 22,6	1275 - 1320	8 a 11
Tr*oeb2	22 - 46	22,4 – 22,6	1399 - 1433	6 a 7
Tr**oeb3	24 - 141	22,1 – 22,5	1152 - 1302	8 a 11
Tr*oeb3	26 - 241	22,2 – 22,3	1352 - 1421	6 a 7
Tr'oeb3	127 - 419	21,4 – 22,1	1424 - 1720	4 a 5
Tr''oeb3	403 - 769	18,8 – 19,9	1602 - 1771	0 a 3
Tr**oeb4	4 - 37	22,5 – 22,6	1129 - 1215	8 a 11

Fonte: Autor

Apesar de estar localizado em um domínio tropical, sua elevação em relação as áreas ao entorno fazem com que essa área se destaque e se diferencie em relação a temperatura do ar que tende a ser menor em virtude do efeito da altitude. Além disso, o efeito orográfico faz com que nas partes mais altas ocorra maior volume de precipitação.

O efeito orográfico no aumento da pluviosidade neste maciço é tão marcante que, segundo a lenda, o Maciço Mestre Álvaro inicialmente se chamava Maciço Alvo pois é comum olhar para o maciço e ele estar rodeado de nuvens. (Figura 46).

Figura 46: Maciço Mestre Álvaro - Serra/ES

Fonte: Adaptado de A gazeta e de Portal Tempo Novo

O subtipo climático mais seco delimitado no município de Serra é o Tr**oeb4 – Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil das Planícies Litorâneas. A

pluviosidade nesse subtipo climático não ultrapassa os 1215mm anuais e a TMMMF é de 22,6°C. Esse subtipo climático é delimitado na área mais baixa do município com altitudes de 6m a 37m.

No município de Serra-ES a unidade geomorfológica Colinas e Maciços Costeiros Capixabas foi a que apresentou a maior complexidade em relação a delimitação de subtipos climáticos. Nela foram encontrados subtipos de diferentes características, desde seco (Tr**oeb3) e semissecos (Tr*oeb3) até semiúmido (Tr'oeb3) e úmido (Tr''oeb3). Este fato está relacionado às diferentes compartimentações do relevo que são encontrados nesta unidade geomorfológica, que possui altitude variando de 20m até 769m.

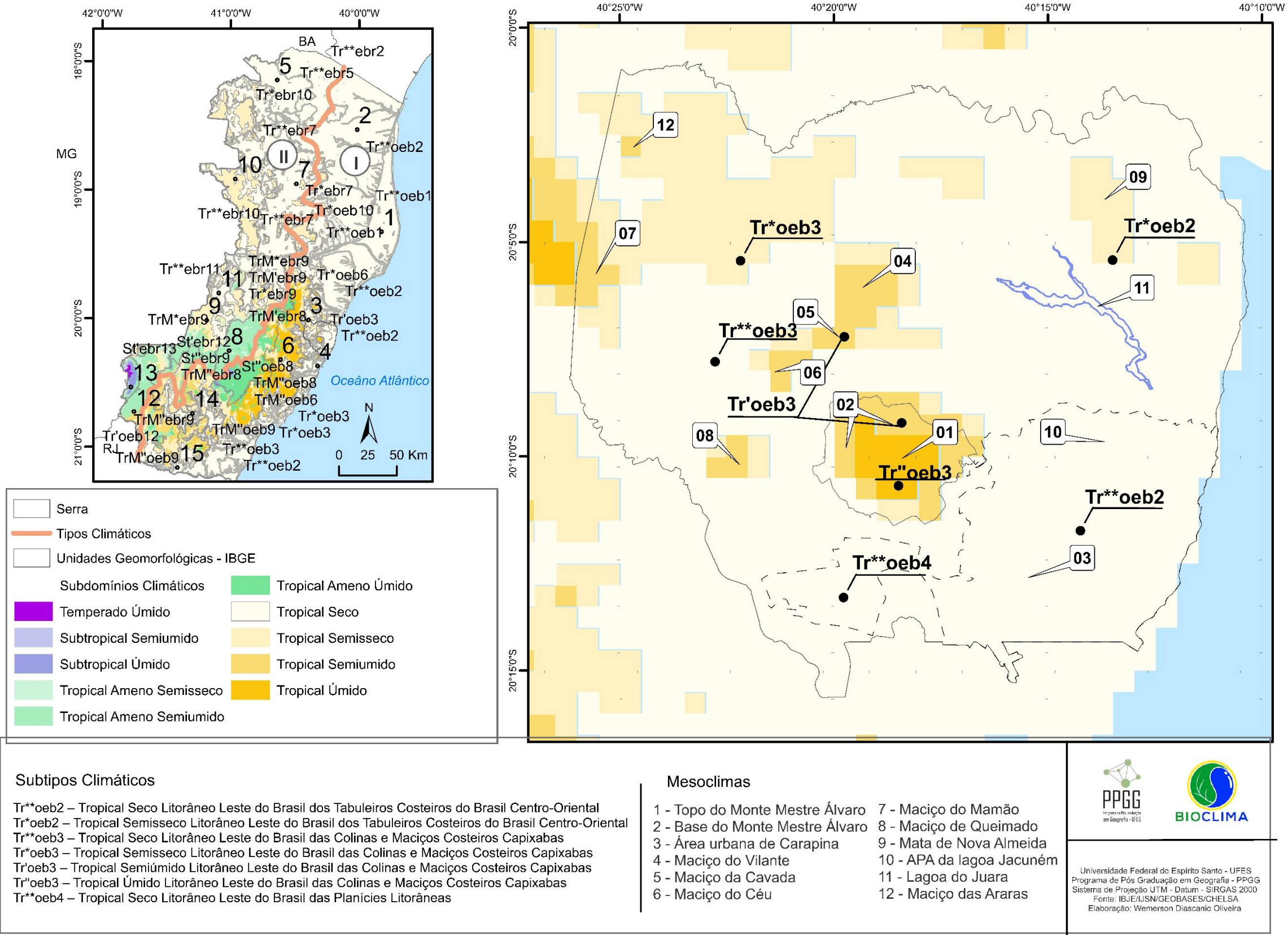
Este fato também foi observado em escala regional, uma vez que as porções do estado do Espírito Santo com maiores variações quanto a altitude e forma do relevo foram as que apresentaram as maiores quantidades de subtipos climáticos.

A proposta metodológica deste estudo busca detalhar as características climáticas desde as escalas geográficas grandes, como a regional e sub-regional, até as escalas geográficas pequenas de meso e topo escala.

A importância dessa delimitação se dá no papel destacado que algumas estruturas naturais e artificiais presentes na paisagem possuem em reter calor, proporcionar evapotranspiração, influenciar nos ventos em baixa altitude, proporcionar maior ou menor retenção de água no solo entre outras características que fazem surgir enclaves climáticos dentro de climas de maior escala.

Na área de estudo foram delimitados doze mesoclimas a partir da delimitação geomorfológica, de áreas de influência de vegetação, de áreas urbanas, de áreas de proteção ambiental e também por importantes corpos hídricos. Nesse sentido, a seguir serão identificados os mesoclimas do município de Serra-ES através da figura 47 e da tabela 8.

Figura 47: Mesoclimas do município de Serra-ES



Fonte: Autor

Tabela 8: Mesoclimas do município de Serra-ES

Mesoclimas do município de Serra-ES	Altitude	TMMMF	Precipitação Anual	Meses Secos	
	(m)	(°C)	(mm)	Classificação	Quantidade
01 – do Topo do Maciço Mestre Álvaro	396 - 749	19,5 - 21,3	1652 - 1798	úmido	0 – 3
02 – da base Maciço Mestre Álvaro	74 - 380	21,3 – 22,2	1488 - 1692	semiúmido	4 – 5
03 - da área urbana de Carapina	0 - 42	22,5 - 22,6	1166 - 1388	seco	8 – 11
04 - do Maciço do Vilante	125 - 472	21,3 – 21,9	1512 - 1592	semiúmido	4 - 5
05 - do Maciço da Cavada	117 - 320	21,7 – 21,9	1413 - 1456	semiúmido	4 - 5
06 - do Maciço do Céu	106 - 378	21,2 – 21,8	1444 -1530	semiúmido	4 - 5
07 - do Maciço do Mamão	125 - 202	21,6 - 22	1546 - 1626	semiúmido	4 - 5
08 - do Maciço do Queimado	139 - 344	21,7 - 22	1433 - 1496	semiúmido	4 - 5
09 - da Mata de Nova Almeida	21 - 54	22,4	1437 - 1441	semiseco	6 - 7
10 - da APA da Lagoa Jacuném	4 - 35	22,5 – 22,6	1338 - 1353	seco	8 – 11
11 - da lagoa do Juara	4 - 6	22,5 – 22,6	1269 - 1319	seco	8 – 11
12 - do Maciço das Araras	127 - 286	21,6 - 22	1475	semiúmido	4 - 5

Fonte: Autor

Tropical Úmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas do topo do Maciço Mestre Álvaro.

Este mesoclima é o único identificado como subdomínio úmido no município de Serra. Ele ocupa as áreas mais altas do Maciço Mestre Álvaro a partir dos 396m até atingir o seu topo. Possui de 0 a 3 meses secos ao longo do ano e possui a menor temperatura média do mês mais frio com registros entre 19,5°C - 21,3°C. A precipitação anual também é a maior identificada no município, com volume de chuvas entre 1652mm e 1798mm dependendo da orientação da vertente.

As baixas temperaturas e o grande volume de chuvas estão associados a altitude deste mesoclima, uma vez que a área sofre os efeitos adiabáticos na temperatura do ar e também serve de barreira para os ventos úmidos vindos do litoral que provocam as chuvas orográficas.

Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas da base do Maciço Mestre Álvaro

O Maciço Mestre Álvaro apresenta dois mesoclimas distintos. A parte inferior desta formação geomorfológica que compreende as altitudes entre 74m e 380m pertencem ao subtipo semiúmido com 4 a 5 meses secos. A temperatura média do mês mais frio é um pouco mais elevada, girando em torno de 21,3° C a 22,2°C. A pluviosidade anual também é um pouco menor se comparada ao mesoclima delimitado no topo do maciço, apresentando entre 1488mm e 1692mm de chuvas anuais.

Podemos observar como uma mesma área, em virtude de sua altitude e disposição geográfica, pode se diferenciar quanto às suas características climáticas em escalas geográficas menores.

Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil dos Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental da área urbana de Carapina

Este mesoclima foi delimitado por se tratar da área mais densamente povoada e urbanizada da cidade de Serra/ES. A urbanização gera influência nos padrões de temperatura do ar, no escoamento superficial, na infiltração de água no solo, na composição atmosférica e na escassez de vegetação. Neste

mesoclima há de 8 a 11 meses secos anuais, sendo classificado como sendo do subtipo semiseco.

A geomorfologia dos tabuleiros costeiros deste mesoclima varia de 0m a 42m de altitude. A temperatura média do mês mais frio é uma das mais altas do município, variando de 22,4°C a 22,6°C. A pluviosidade deste mesoclima é a menor do município, sendo o volume de chuvas anuais variando entre 1166mm a 1388mm.

Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil dos Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental da APA da Lagoa Jacuném.

Na área urbana do município de Serra encontra-se delimitada a Área de Proteção Ambiental da Lagoa Jacuném. Esta APA abrange a lagoa que dá nome a área de proteção e seu entorno. Além do corpo hídrico, a área de proteção que fica inserida em meio a porção mais urbanizada do município de Serra é composta por mata atlântica secundária.

Este mesoclima está inserido em um subdomínio seco, apresentando de 8 a 11 meses secos. A APA apresenta relevo baixo, variando de 0m a 35m de altitude. A temperatura média do mês mais frio gira em torno de 22,4°C e 22,6°C e apresenta umas das pluviosidades mais baixas do município, com chuvas anuais acumuladas entre 1338mm e 1353mm.

As características climáticas deste mesoclima corroboram com a necessidade de ter sido instituída a lei municipal de criação da APA da lagoa Jacuném com o objetivo de preservar a vegetação e proteger a lagoa que já foi um importante ponto de captação de água para o município de Serra.

Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas do Maciço do Vilante

O Maciço do Vilante é a segunda formação rochosa mais imponente presente no município de Serra-ES. Possui 472m de altitude e apresenta resquícios de mata atlântica e mais de 20 nascentes de água.

O mesoclima delimitado nesta área é do subdomínio semiúmido apresentando 4 a 5 meses secos. A pluviosidade anual pode atingir até 1592mm e a temperatura média do mês mais frio oscila entre 21,3°C nas partes mais altas do Maciço do Vilante e 21,9°C nas partes mais baixas.

Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas do Maciço da Cavada.

O mesoclima delimitado na formação geomorfológica denominada Morro da Cavada apresenta características climáticas bem parecidas com as do mesoclima do maciço do Vilante.

O subdomínio do mesoclima do maciço da cavada também é semiúmido com 4 a 5 meses secos. A temperatura média do mês mais frio apresenta pouca variação, girando em torno de 21,7°C e 21,9°C. A pluviosidade acumulada anualmente atinge cerca de 1456mm de chuva. Apesar de ser semelhante ao mesoclima do maciço do Vilante, nota-se que a altitude de no máximo 320m impacta para que as temperaturas sejam um pouco mais elevadas e a pluviosidade um pouco menor.

Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas do Maciço do Céu.

O maciço do Céu compõe o conjunto de três formações geomorfológicas de sentido SO-NE localizadas na porção noroeste do município de Serra-ES. O mesoclima delimitado no maciço do Céu é do subdomínio semiúmido com 4 a 5 meses secos.

A altitude deste mesoclima varia entre 106m a 378m. Nos pontos mais altos a TMMMF é de 21,2°C enquanto nas áreas mais baixas na base do morro do Céu a temperatura média do mês mais frio é de 21,8°C. A pluviosidade anual deste mesoclima varia entre 1444mm a 1530mm dependendo da altitude e da orientação da vertente.

Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas do Maciço do Mamão.

O mesoclima delimitado no maciço do Mamão fica situado no extremo oeste do município de Serra-ES na transição para a unidade geomorfológica dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba. Apresenta altitude variando entre 125m e 202m. A temperatura média do mês mais frio chega a atingir 22°C, e a pluviosidade anual varia entre 1546mm na base do morro do mamão e 1626mm nas vertentes mais altas voltadas para leste. O subdomínio deste mesoclima é o semiúmido com 4 a 5 meses secos.

Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas do Maciço da Queimado

O mesoclima do Maciço do Queimado está localizado a oeste do Maciço Mestre Álvaro e possui altitude variando entre 139m e 344m. A temperatura média do mês mais frio deste mesoclima varia entre 21,7°C nas partes mais altas e 22°C nas partes mais baixas. A pluviosidade anual nas encostas mais altas voltadas para leste chegam a 1496mm, enquanto nas encostas voltadas para oeste giram em torno de 1433mm anuais. O subtipo climático deste mesoclima é o semiúmido variando entre 4 e 5 meses secos.

Tropical Semiseco Litorâneo Leste do Brasil dos Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental da Mata de Nova Almeida

Na porção nordeste do município de Serra destaca-se uma área classificada como sendo de subdomínio semiseco cercada por uma grande área de subdomínio seco que abarca toda a porção leste do município de Serra. Nesta área foi delimitado o mesoclima da Mata de Nova Almeida.

Este mesoclima possui baixas altitudes, variando de 21m a 54m. Porém sua TMMMF de 22,4°C é atenuada em relação às áreas do entorno em decorrência da presença de uma mancha de vegetação arbórea. A pluviosidade apresenta pouca variação, com chuvas anuais entre 1437mm e 4441mm.

Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil dos Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental da Lagoa do Juara.

A lagoa do Juara é uma importante massa d'água presente no município da Serra e constitui-se como a principal lagoa representando cerca de 80% de toda a disponibilidade hídrica do município sendo utilizada como espaço recreativo, turístico e de pesca.

Este mesoclima é classificado como sendo de subtipo seco com 8 a 11 meses secos. A temperatura média do mês mais frio nesta área chega a atingir 22,6°C e a pluviosidade é uma das mais baixas do município variando de 1269mm a 1319mm anuais.

Por se tratar de uma das mais importantes lagoas do município e fonte de renda para centenas de cidadãos serranos, o plano de manejo e conservação da lagoa do Juara precisa levar em consideração as características climáticas

locais, visto que a evapotranspiração potencial é muito elevada, sendo necessárias ações de preservação de matas ciliares para auxiliar no escoamento de água das chuvas e diminuição da incidência de radiação solar na bacia.

Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas do Maciço das Araras.

No extremo noroeste do município de Serra a formação geomorfológica conhecida como Maciço das Araras se destaca na paisagem de transição para os Patamares Escalonados do Sul Capixaba. O mesoclima delimitado nesta região é do subdomínio semiúmido com 4 a 5 meses secos.

A altitude observada do mesoclima do maciço das Araras varia de 127m a 286. Nas áreas mais altas a TMMMF gira em torno de 21,6°C e nas partes mais baixas chega a atingir 22°C. A pluviosidade anual é de 1475mm.

As atividades urbanas, os diferentes usos da terra e a expansão das cidades exercem grande influência no comportamento do clima local. Para Fialho (2009 e 2012), a grande quantidade de materiais artificiais existentes nas cidades dificulta a dissipação do calor, fazendo com que os ambientes urbanos possam apresentar temperaturas mais altas durante o período noturno do que a área rural adjacente.

É inegável que os fatores geourbanos influenciam diretamente na caracterização climática das cidades. Porém, além destes fatores, é preciso levar em consideração a influência de aspectos geoambientais nas análises do clima. Neste sentido vale salientar que o conhecimento de aspectos topográficos, como a morfologia das encostas e a orientação das vertentes também influenciam no comportamento dos elementos climáticos na escala local pois estes, conjugados com a trajetória aparente do sol, podem interferir no balanço radioativo ao longo do dia.

Geiger (1980) aponta que as superfícies inclinadas recebem mais calor do que as superfícies horizontais, gerando o que ele chama de “clima das encostas ou clima das exposições”. No caso do hemisfério sul, as vertentes orientadas para norte, nordeste, noroeste, oeste e leste tendem a receber mais calor que as vertentes voltadas para as outras direções. (MENDONÇA, 1995)

Ribeiro (1993) aponta o relevo como sendo uma das principais características fisiográficas responsáveis por interferir na circulação atmosférica,

criando características climáticas distintas de barlavento e sotavento. Além da disposição do relevo, as diferenças de altitude têm um papel de destaque na distribuição da radiação líquida, na retenção do vapor d'água e no armazenamento de calor sensível.

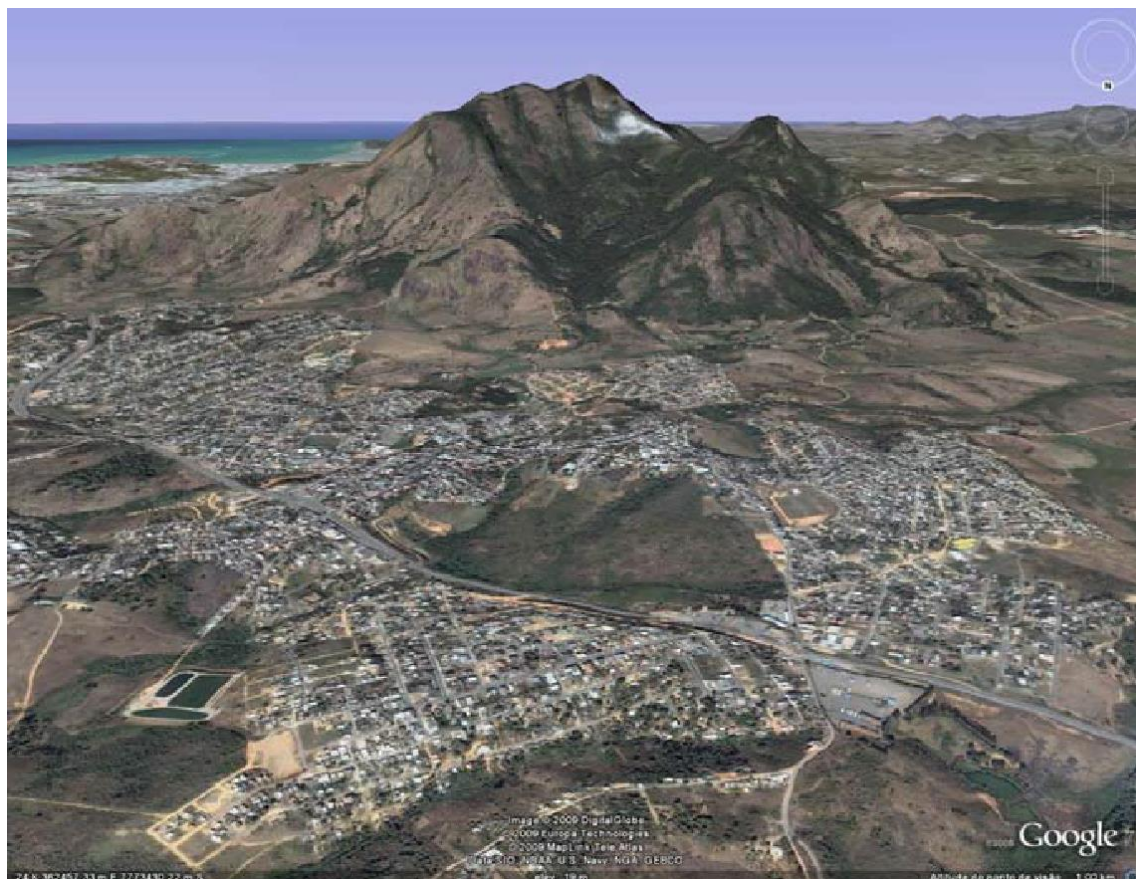
Esses fatores, atuando de maneira conjunta ou não, podem provocar parâmetros climáticos diferentes em escala regional e local. Por existirem inúmeros locais possíveis para a delimitação dos Meso/Topoclimas na paisagem continental brasileira, esse nível climático tem a possibilidade de ser estudado por muitos anos ainda, tanto regionalmente, quanto localmente. NOVAIS (2019)

Novais (2009) aponta que os estudos topoclimáticos necessitam de mensurações *in loco* dos elementos climáticos. Entretanto, como será observado a seguir, em áreas superiores a 1km², que é o tamanho do pixel utilizado pelo mapeamento disponível no Chelsa, foi possível delinear topoclimas utilizando-se dados de reanálise derivados da imagem de satélite disponível no Chelsa. Em áreas menores que 1km² essa análise não é possível a partir de dados secundários.

Nesta Perspectiva, foi delimitado a Área de Proteção Ambiental do Maciço Mestre Álvaro (APA Mestre Álvaro) como exemplo no município de Serra para a delimitação dos topoclimas. O Mestre Álvaro é uma feição granítica que faz parte do conjunto da Serra do Mar, e se destaca na paisagem dos tabuleiros litorâneos e das planícies flúvio-marinhas da Região Metropolitana da Grande Vitória – RMGV (ES), seu ponto mais alto possui 833 metros de altitude e sua vegetação é constituída de Mata Atlântica de encosta com diversos córregos e nascentes. (COSTA, 2013) (Figura 48 e 49)

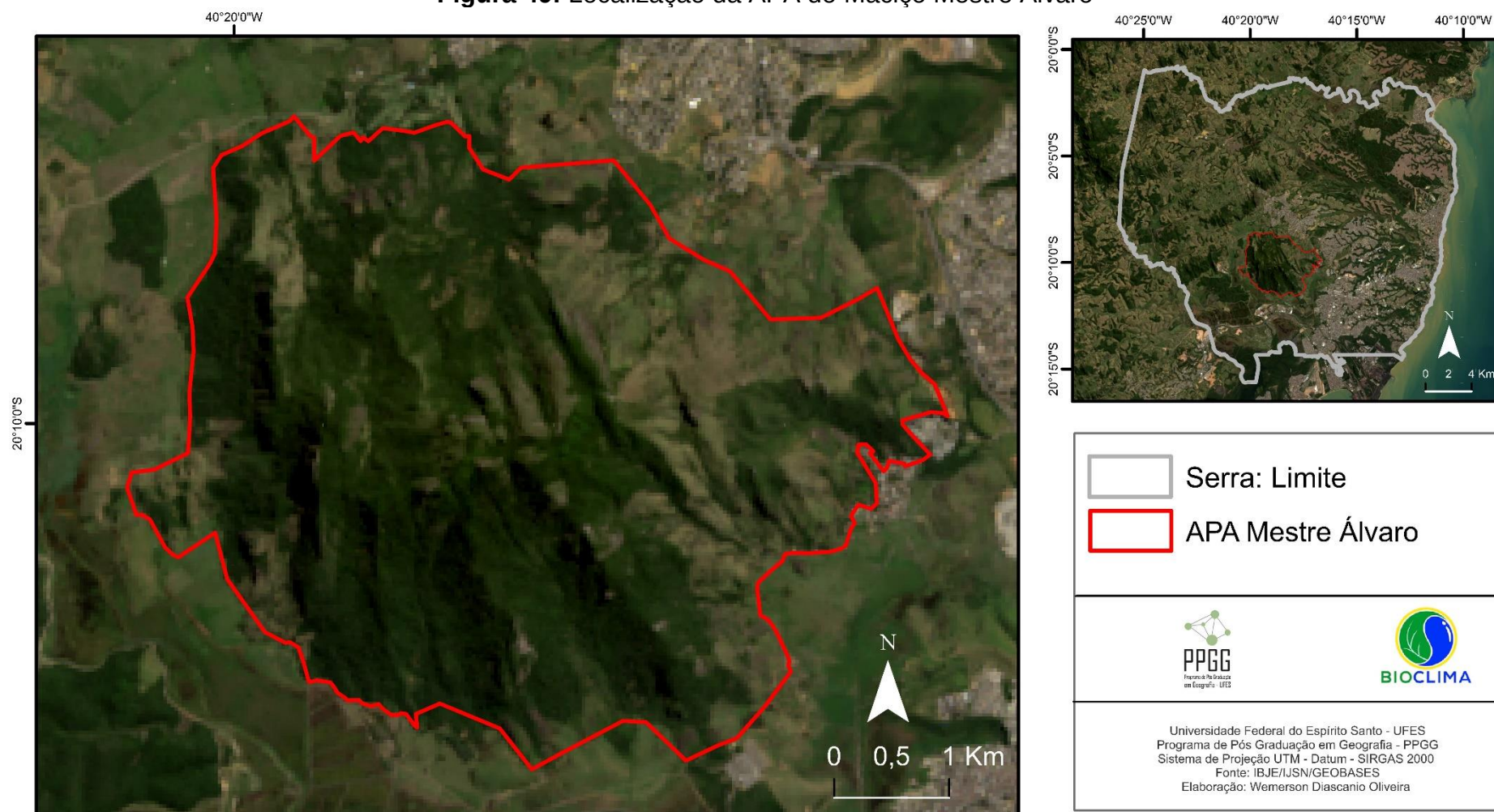
O maciço que é uma Área de Proteção Ambiental - APA localiza-se nas proximidades da área urbana do município de Serra-ES e possui área de 23.896.639,45m². Distancia-se aproximadamente quatro quilômetros da sede do município e 11,6 quilômetros do litoral. (Figura 48 e 49)

Figura 48: Maciço Mestre Álvaro em três dimensões



Fonte: COSTA (2013)

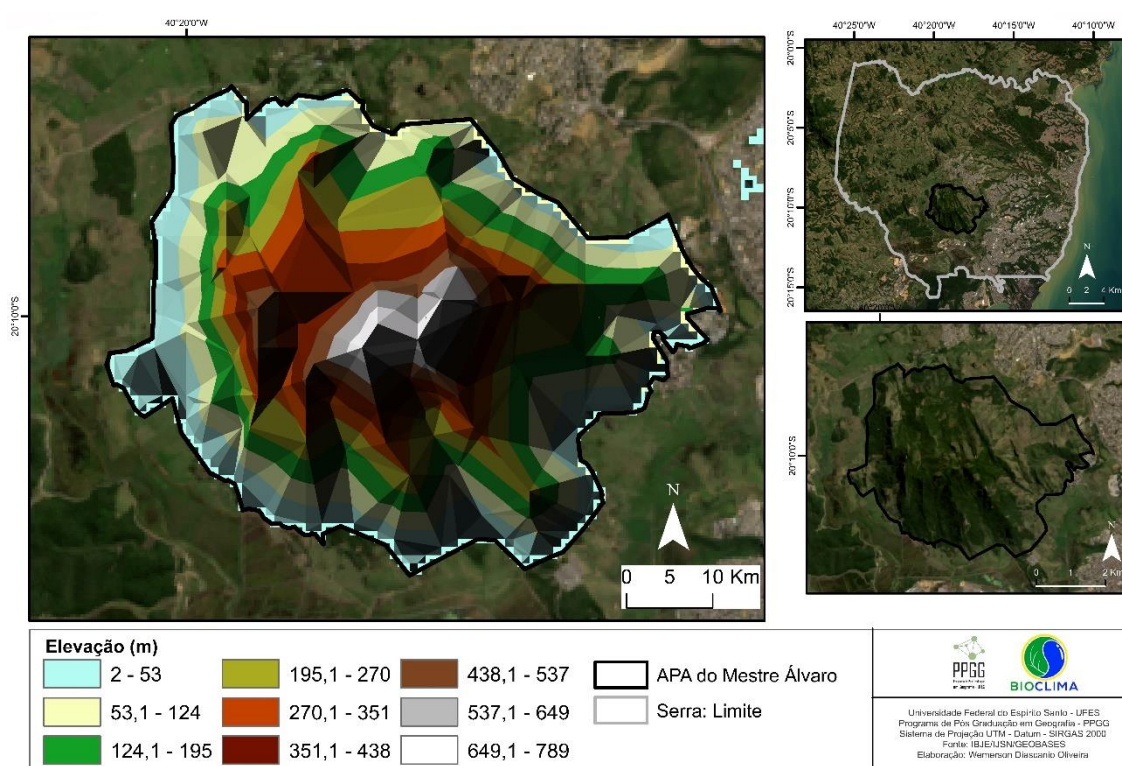
Figura 49: Localização da APA do Maciço Mestre Álvaro



Fonte: Autor

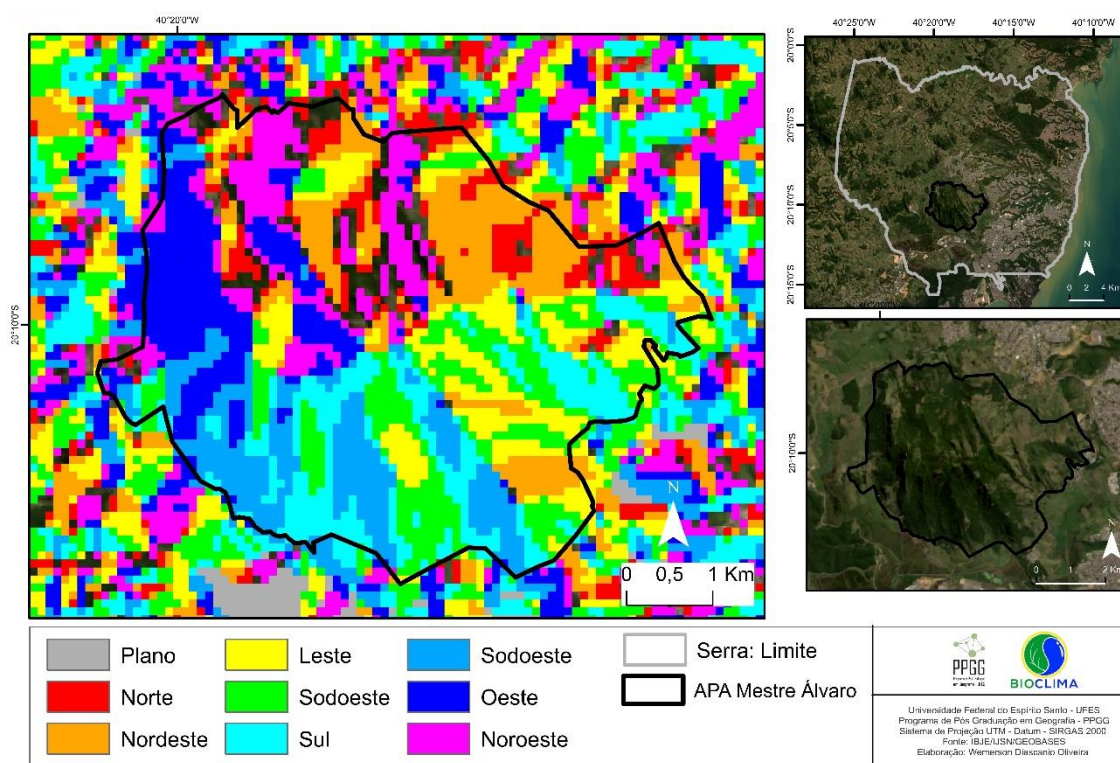
O maciço do Mestre Álvaro apresenta uma litologia dominante granítica, mas com sua porção leste gnáissica. Originado através de intrusão granítica, onde suas bordas foram metamorfizadas, sua altitude varia de 0 a 833m de. O formato do maciço é circular com padrão de drenagem semi-radial. As Altitudes mais baixas são observadas a leste e oeste. O “Mestre Álvaro” apresenta predominantemente declividades acentuadas, variando entre 30% e 47% em especial nas áreas com altitude superior a 400m. (BRICALLI E JOSÉ PEREIRA, 2004) (Figura 50)

Figura 50: Modelo Digital de Elevação da APA do Maciço Mestre Álvaro



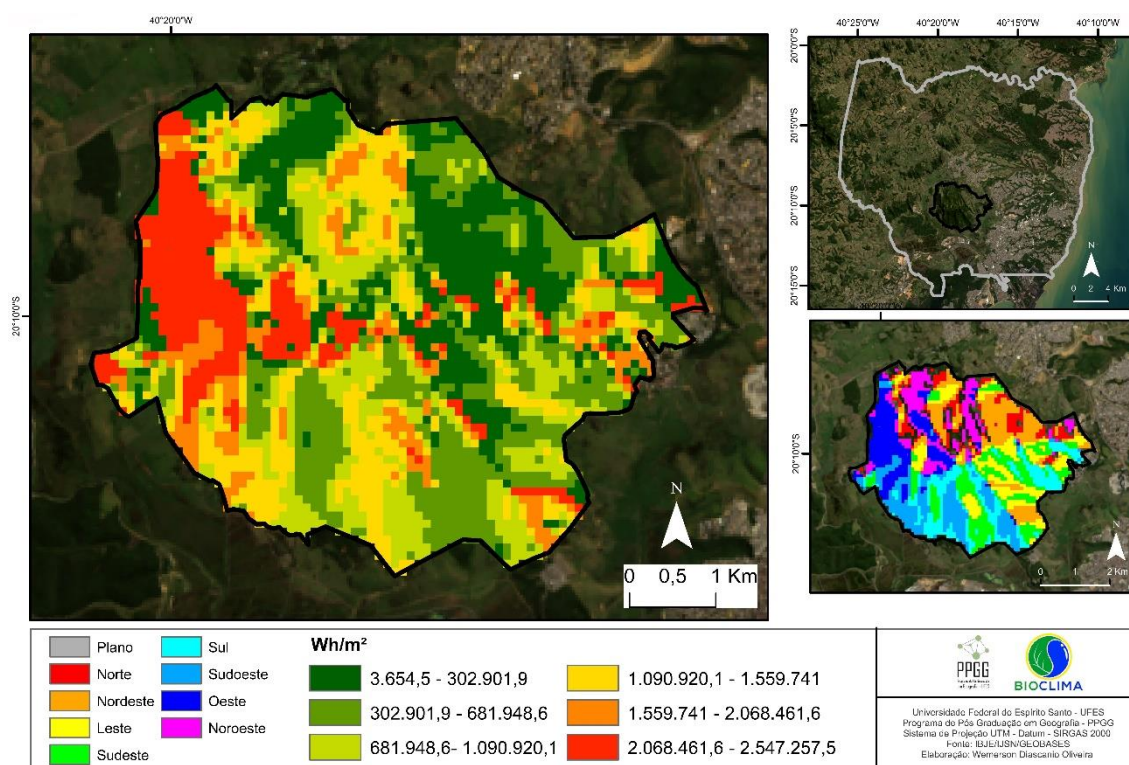
Fonte: Autor

O Mestre Álvaro pode ser delimitado quanto às orientações de suas vertentes em quatro setores. O primeiro apresenta predominância de vertentes voltadas para Norte e Nordeste, o segundo com predominância de vertentes voltadas para Noroeste e Oeste, o terceiro com vertentes Leste e o quarto com vertentes voltadas predominantemente para Sudoeste. (Figura 51)

Figura 51: Orientação das vertentes da APA do Maciço Mestre Álvaro

A orientação das vertentes associada a declividade impacta diretamente na radiação solar global e difusa que atinge a superfície. Segundo Geiger (1980) as superfícies inclinadas recebem mais calor do que as superfícies horizontais, e no caso do hemisfério sul as vertentes Norte, Nordeste, Noroeste, Oeste e Leste tendem a receber maior quantidade de radiação solar, gerando o que ele chama de “clima das encostas ou clima das exposições”.

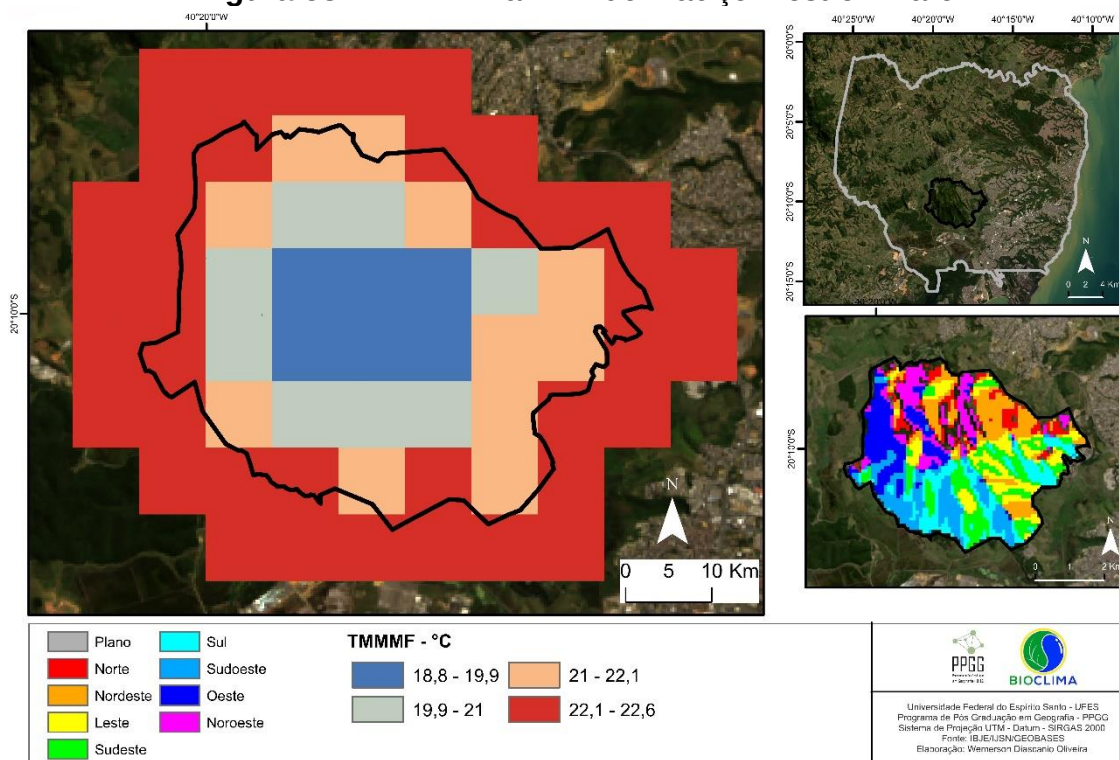
No caso do Maciço Mestre Álvaro os setores em que predominam as vertentes voltadas para Oeste, Norte, Leste e Sudeste apresentam os maiores índices de incidência de radiação solar anual. Enquanto os setores em que a predominam vertentes voltadas para Sul registram índices de radiação solar menores. Por se tratar de um relevo recortado, há um efeito de sombra em algumas áreas fazendo com que a tendência apontada por Geiger (1980) não se confirme completamente nesta escala de análise. (Figura 52)

Figura 52: Radiação Solar na APA do Maciço Mestre Álvaro**Fonte:** Autor

A TMMMF no Maciço Mestre Álvaro variou entre 18,8°C nas partes mais frias até 22,6°C nas áreas mais quentes, apresentando uma variação térmica de 3,8°C. A TMMMF observada no maciço Mestre Álvaro através dos dados do algoritmo Chelsa em escala de mapeamento de 1km² apresentou correlação mais direta com a altitude do que em relação a orientação das vertentes.

A área com os valores mais baixos de temperatura no maciço é justamente as porções de altitude mais elevada, enquanto as temperaturas mais elevadas foram observadas nas áreas de menores altitudes. (Figura 53)

Entretanto, foi possível notar que as áreas com predomínio de vertentes voltadas para Oeste, Leste e Sudeste apresentam temperaturas mais elevadas. Este fato se relaciona com as áreas de maior incidência de radiação solar observadas na figura 52.

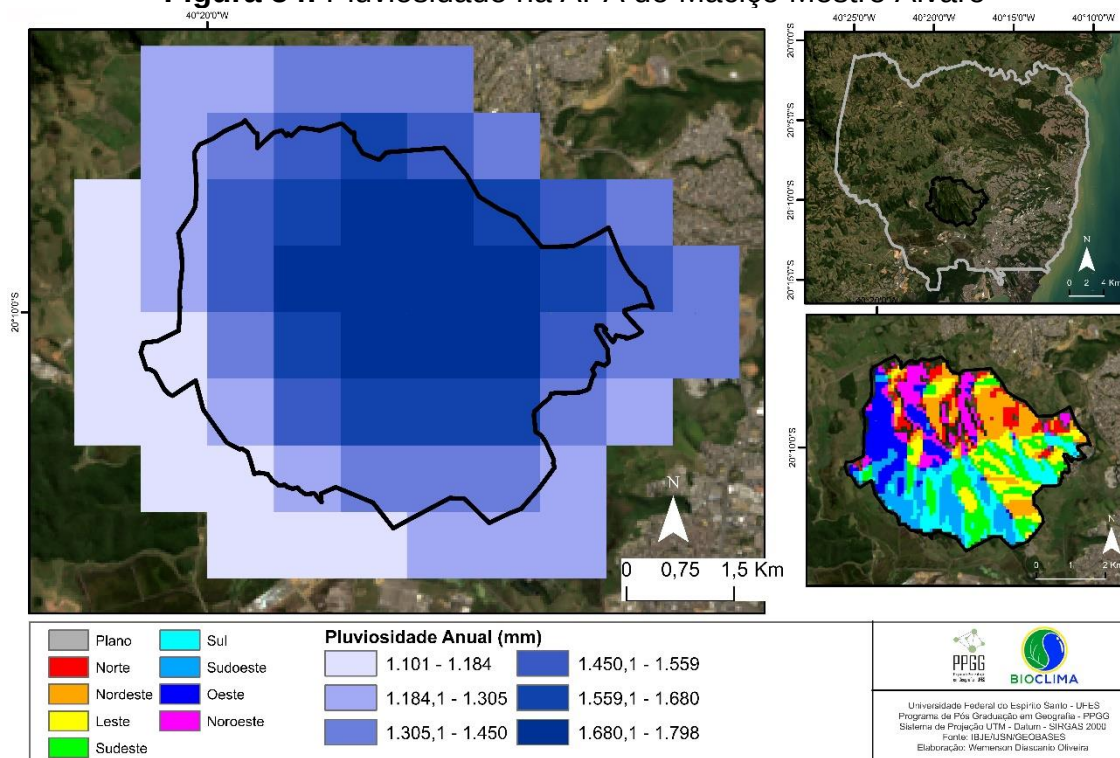
Figura 53: TMMMF na APA do Maciço Mestre Álvaro

Fonte: Autor

A distribuição das chuvas no Maciço do Mestre Álvaro apresenta variação de até 697mm anuais. O topo do maciço chega a receber 1798mm anuais de chuva segundo os dados de reanálise do algoritmo Chelsa no mapeamento em escala de 1km². Já as áreas mais baixas a sudoeste recebem as menores quantidade de chuva, variando entre 1101mm e 1184mm. (Figura 54)

Além da relação da distribuição das chuvas no maciço com a altitude, é possível notar que a disposição do Maciço Mestre Álvaro na paisagem assim como a orientação das vertentes influencia na espacialização da pluviosidade.

A porção Leste, Sudeste e Nordeste do Maciço Mestre Álvaro recebe maiores quantidades de chuvas, com o mínimo pluviométrico de 1424mm anuais e máximo de 1798mm de chuva por ano. Já as porções Oeste e Sudoeste são as áreas que recebem as menores quantidade de chuvas anuais, variando entre 1141mm nas áreas menos chuvosas a sudoeste e 1422 nas áreas de maior pluviosidade. (Figura 54)

Figura 54: Pluviosidade na APA do Maciço Mestre Álvaro

Fonte: Autor

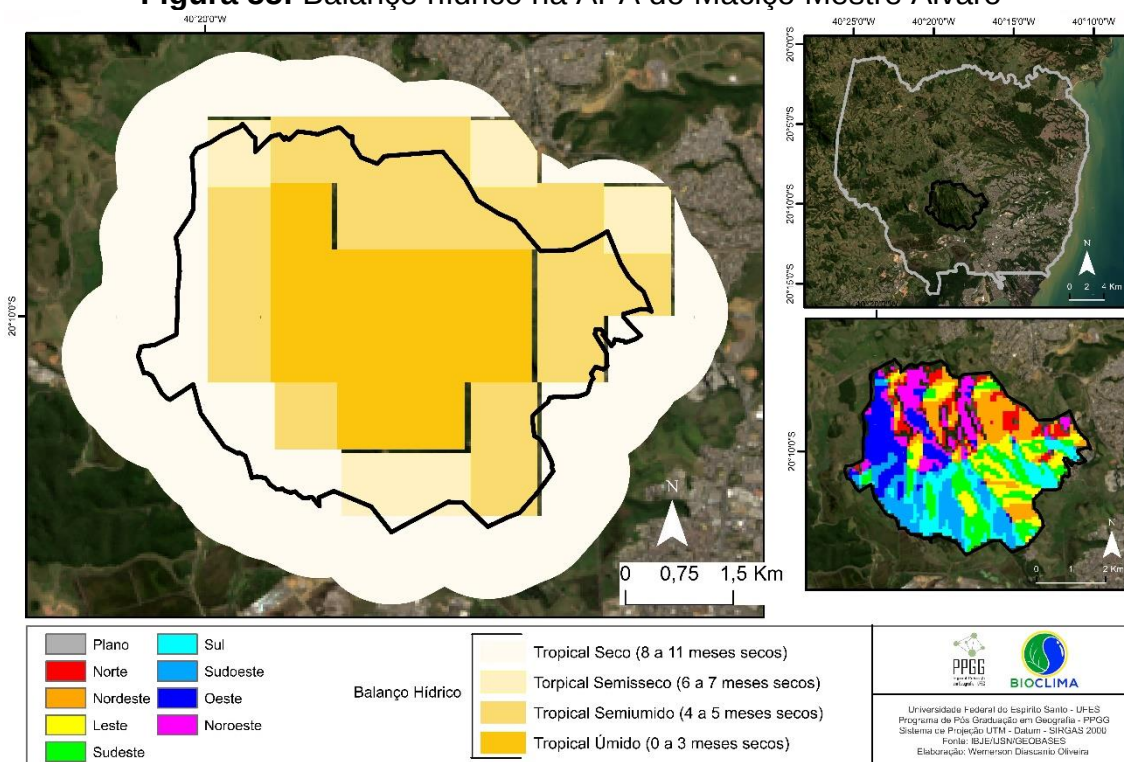
A origem das chuvas na região estudada está associada a fatores de circulação de meso e larga escala, especialmente a incidência de Frente Fria (FF) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e de fatores de escala locais como o movimento de brisas terrestres e marítimas.

Segundo Mattiuzzi e Machioro (2012) a principal direção dos ventos no município de Vitória, cidade vizinha a área é do quadrante Nordeste. Nos períodos de ocorrência de Frentes Frias a predominância dos ventos é de origem Sul e Sudeste. Em relação às ZCAS, outro importante mecanismo de origem de chuvas, os quadrantes predominantes de direção do vento são Noroeste e Sudeste.

A orografia não é o único fator controlador da distribuição de chuvas no maciço, porém é possível notar que a forma maciço Mestre Álvaro, associada a orientação das vertentes que influenciam no regime de ventos fazem com que as áreas a sotavento do regime predominante de ventos sofrem com uma considerável queda nos totais de precipitação, pelo fato de o ar já ter perdido uma boa parte de sua umidade. Segundo Cândido; Nunes (2008), este fenômeno é conhecido como “Chinok, efeito Föhn ou rainshadow effect (sombra de chuva)”.

A distribuição desigual da pluviosidade e da radiação solar na área do maciço do Maciço Mestre Álvaro gera em seu interior três áreas distintas no que tange a quantidade de meses secos. A porção central mais alta do maciço classificado como úmido apresentando de 0 a 3 meses secos, a porção norte, leste e sudeste classificada como sendo semiúmida com 4 a 5 meses secos e o extremo oeste e sudoeste classificado como seco apresentando de 8 a 11 meses secos. (Figura 55)

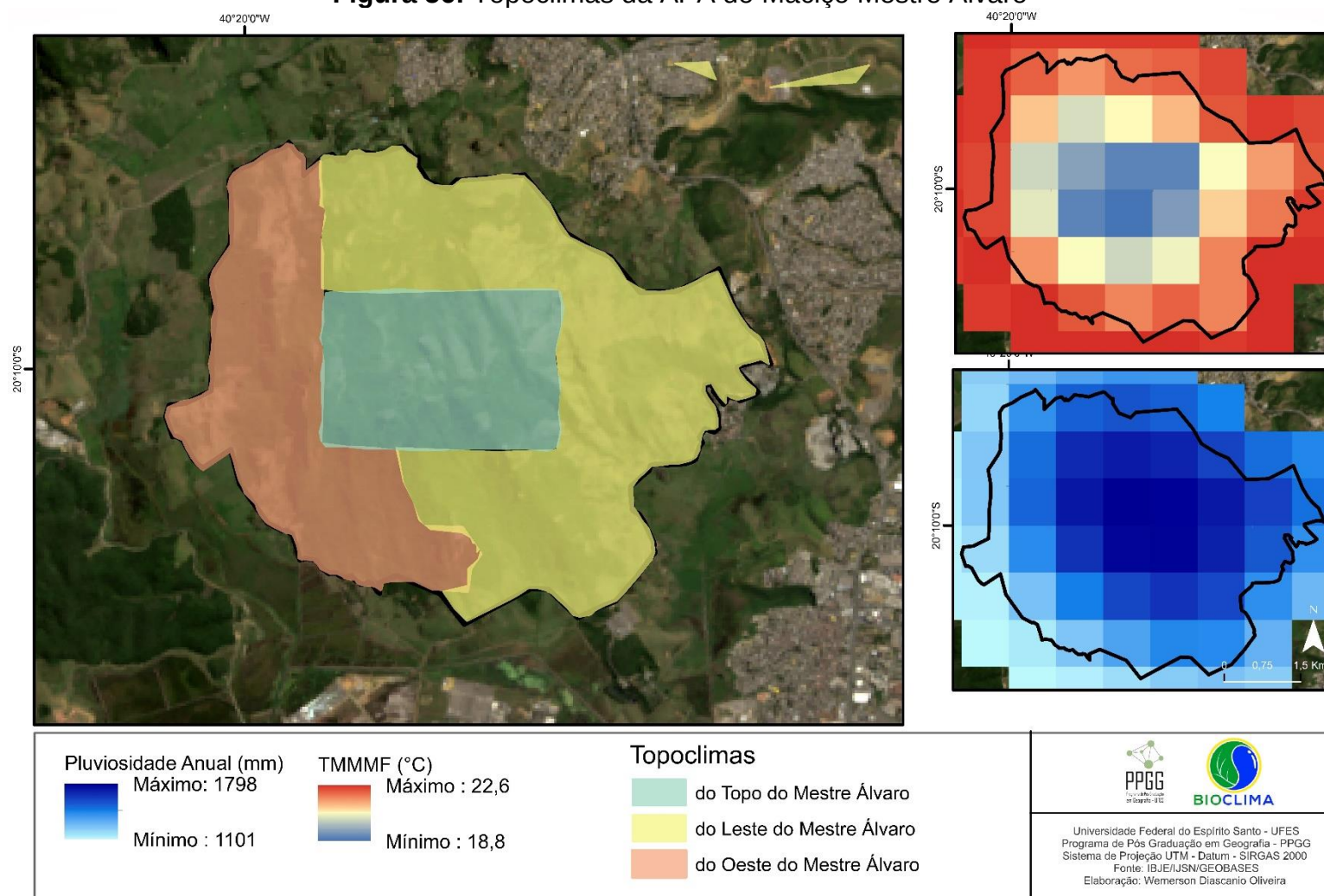
Figura 55: Balanço hídrico na APA do Maciço Mestre Álvaro



Fonte: Autor

Neste sentido, a partir dos dados climatológicos e dos aspectos geomorfológicos apresentados até o momento, é possível observar que o maciço Mestre Álvaro apresenta características climáticas particulares de acordo com as vertentes predominantes e as diferentes altitudes do seu relevo, sendo possível delimitar três topoclimas em escala local, sendo eles: o do Topo do Mestre Álvaro, o do Leste do Mestre Álvaro e o do Oeste do Mestre Álvaro. (Figura 56) (Tabela 9)

Figura 56: Topoclimas da APA do Maciço Mestre Álvaro



Fonte: Auto

Tabela 9: Topoclimas do maciço do Mestre Álvaro

Topoclimas do Maciço Mestre Álvaro	Altitude	TMMMF	Precipitação Anual	Meses Secos	
	(m)	(°C)	(mm)	Classificação	Quantidade
do Topo do Mestre Álvaro	374 - 833	18,8 - 19,5	1652 - 1798	úmido	0 – 3
do Leste do Mestre Álvaro	30 - 124	21,9 – 22,2	1424 - 1722	Semiúmido e úmido	0 – 5
do Oeste do Mestre Álvaro	30 - 142	20,5 - 22,4	1124 - 1522	Seco e semiúmido	4 – 11

Fonte: Autor

No topo do maciço Mestre Álvaro encontramos o topoclima mais frio e chuvoso. A altitude de 374m demarca o limite mais baixo desse topoclima que pode atingir o topo do maciço há 833m de altitude. A TMMMF neste topoclima varia pouco, sendo inferior a 1°C a diferença entre a mínima de 18,8°C das áreas mais altas e 19,5°C a máxima nas áreas mais baixas. A pluviosidade no topoclima do topo do maciço Mestre Álvaro é maior a leste, atingindo o máximo de 1798mm. A oeste as chuvas diminuem e acumulam 1652mm anuais. A característica de baixas temperaturas associada ao alto volume pluviométrico anual faz com que o topoclima do topo do maciço Mestre Álvaro seja úmido, possuindo de 0 a 3 meses secos.

O topoclima denominado de Leste do Mestre Álvaro abarca as bordas Norte, Leste e Sudeste do maciço. As altitudes são baixas, variando de 30m a 124m. A temperatura do ar apresenta pouca variação, sendo a mínima de 21,9°C e a máxima de 22,2°C. A pluviosidade varia quase 300mm dependendo da vertente do maciço Mestre Álvaro. Nas vertentes Norte e Leste a pluviosidade atinge seu máximo 1722mm anuais, já nas vertentes Sudeste a pluviosidade é menor, com 1424mm por ano. Em virtude da variação pluviométrica alguns pontos do maciço Mestre Álvaro caracterizam-se por serem úmidos, apresentando de 0 a 3 meses secos, e alguns pontos mais baixos caracterizam-se por serem semiúmidos, possuindo de 4 a 5 meses secos.

Nas bordas Oeste e Sudoeste foi delimitado o topoclima Oeste do Mestre Álvaro. Este topoclima apresenta uma variação térmica de 1,9°C. Nas áreas mais altas a TMMMF é de 20,5°C, quanto na maior parte desse topoclima a TMMMF

gira na casa dos 22,4°C. A porção Oeste e Sudoeste do maciço Mestre Álvaro apresenta a menor quantidade de chuvas acumuladas anualmente, variando entre 1124mm e 1522mm em decorrência do fenômeno da sombra de chuva. Esse topoclima caracteriza-se por ser semiúmido nas porções mais altas, possuindo de 4 a 5 meses secos, e seco nas áreas mais baixas podendo apresentar até 11 meses secos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As classificações climáticas permitem a análise do comportamento dos elementos do clima, assim como a sua espacialização e delimitação no espaço. Através dos sistemas de classificação climática é possível organizar os elementos caracterizadores do clima em diversas escalas, possibilitando a compreensão sintética do clima considerando a diversidade de cada ambiente.

Os importantes avanços tecnológicos ocorridos nos últimos anos, como o desenvolvimento de satélites meteorológicos, o acesso mais facilitado a bancos de dados e a utilização de softwares de geoprocessamento possibilitam a compreensão cada vez mais detalhada das características climáticas, especialmente nos locais em que há pouca cobertura de estações meteorológicas, sejam elas manuais ou automáticas.

Neste contexto, a tese aqui apresentada propôs uma nova classificação climática para o estado do Espírito Santo utilizando-se de um sistema que classificação desenvolvido por Novais (2019) a partir de uma grande quantidade de dados de reanálise disponíveis gratuitamente, e também por modelagem associando informações empíricas e genéticas, abordando valores dos elementos climáticos e também a influência de sistemas atmosféricos e do relevo.

O Sistema de Classificação Climática proposto por Novais (2019) abarca aspectos já utilizados nos modelos clássicos, mesclando as abordagens empíricas e genéticas juntamente com a influência de outros fatores do clima como: controle astronômico, Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF) e a atuação do relevo (geomorfologia).

A partir da associação dessas informações foi possível delimitar unidades climáticas para estado do Espírito Santo em escalas geográficas grandes, assim como aplicar a metodologia no município de Serra para uma pequena área, abrangendo a climatologia do detalhe até a escala topoclimática. Diferente do proposto por Novais (2019), a classificação no nível mesoclimático e topoclimático foi realizada a partir de dados secundários de satélite extraídos do algoritmo Chelsa.

O estado do Espírito Santo possui todo o seu território situado na Zona Climática Quente. Em relação aos Climas Zonais foram identificadas três unidades, sendo eles: Clima Zonal Tórrido, Clima Zonal Quente e Clima Zonal Moderado. O território capixaba apresenta uma grande variação térmica, especialmente relacionada aos seus aspectos morfológicos. Nesse sentido, a delimitação dos Climas Zonais conseguiu abarcar as diferenças de temperatura presentes no estado em escala regional, além de refinar um pouco mais a classificação dos diferentes tipos de clima.

O Clima Zonal Tórrido ocupa a faixa dos tabuleiros costeiros que apresenta altimetria variando até 50m de altitude. A partir da área costeira em direção ao oeste do estado o relevo começa a ganhar altitude, e o Clima Zonal altera de Tórrido para Quente. O Clima Zonal Moderado está situado apenas nas áreas serranas do sul do estado, especialmente na unidade geomorfológica do Maciço do Caparaó, e exclusiva nas áreas acima de 1200m de altitude.

O terceiro nível hierárquico de classificação climática proposto neste estudo para o estado do Espírito Santo é a delimitação dos Domínios Climáticos. No estado capixaba foram identificados 4 Domínios, sendo eles: Temperado, Subtropical, Tropical Ameno e Tropical

O Domínio Tropical é delimitado nas áreas em que a TMMMF é igual ou maior que 18°C. Essa classe é a maior presente no estado capixaba. Acompanhado a mudança de altimetria do relevo na porção Centro Sul do estado pode-se observar a delimitação de outro Domínio Climático: o Tropical Ameno. O domínio climático Tropical Ameno é delineado nas porções do território com relevo entre 700m de altitude até aproximadamente 1300m. O Domínio Subtropical apresenta temperatura entre 10°C e 14,9°C. As áreas mais elevadas da porção central do Espírito Santo e a região do Caparaó Capixaba são abarcadas por este domínio.

Assim como nos Climas Zonais, a delimitação dos Domínios Climáticos também foi fortemente influenciada pela conformação do relevo capixaba. As classes climáticas tiveram no relevo seu principal fator de diferenciação.

Os Tipos climáticos delineados no estado do Espírito Santo foram dez, sendo quatro Úmidos, três Semiúmidos, dois Semissecos e um Seco. Os subdomínios úmidos e semiúmidos foram delimitados a barlavento, tanto nas unidades geomorfológicas do Maciço do Caparaó I, quanto na unidade

Geomorfológica dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba. Nas áreas a sotavento das serras encontradas no sul do estado capixaba foram delimitados os subdomínios Semissecos (6 a 7 meses secos) e Secos (8 a 11 meses secos). Esses dois subdomínios também foram encontrados nas porções do território com relevo baixo, em especial nas planícies costeiras e nos tabuleiros costeiros.

A partir da associação entre os Domínios, Subdomínios e Tipos Climáticos foi possível delimitar no estado capixaba 46 subtipos climáticos diferentes. A partir da margem esquerda do Rio Doce até a divisa com a Bahia a quantidade de subtipos climáticos foi menor em comparação com a porção do território capixaba delimitada pela margem direita do Rio Doce em direção a divisa com o Rio de Janeiro.

Este fato está associado à diferença na conformação do relevo e na altimetria. As porções mais planas do estado dispostas no centro-norte apresentaram menor variabilidade climática, enquanto que o centro-sul do estado onde está presente os principais planaltos, como a Serra do Caparaó e o Planalto da Pedra Azul apresentaram maior variabilidade climática, e por conseguinte maior número de subtipos climáticos.

Em relação a umidade também foi possível delimitar duas porções distintas. O Centro-Norte com apenas subtipos climáticos secos e semissecos, e o Centro-Sul com subtipos climáticos variando de seco até úmido.

É importante ressaltar que a proposta de classificação climática proposta neste estudo, quando se comparada às outras classificações já realizadas para o estado do Espírito Santo, proporcionou maior refinamento das características climáticas para cada região do estado capixaba, sendo possível a sua utilização para subsidiar diversas demandas científicas, econômicas e agrícolas.

A delimitação das unidades climáticas no município de Serra-ES a partir de uma adaptação da metodologia do Sistema de Classificação Climática proposto por Novais (2019) permitiu que as características climáticas do município capixaba fossem analisadas em escalas geográficas menores, tornando mais detalhada a climatologia local e contribuindo para o planejamento das atividades antrópicas, sejam elas urbanas ou rurais.

Em relação a Zona Climática o município pode ser classificado em Zona Quente. A área de estudo apresenta dois climas zonais, o clima tórrido, com

temperaturas superiores a 22,5°C e o clima zonal quente delimitado pelas isolinhas de 15,0°C até 22,4°C.

A delimitação do clima zonal está associada, em grande medida, a conformação do relevo, uma vez que as temperaturas mais elevadas delimitadas pelo clima zonal tórrido ocupam principalmente a porção leste e sul do município, nos tabuleiros e planícies costeiras, locais de menores altitudes.

O clima zonal quente é observado a leste e nordeste, além da porção central do município. Nestes locais tem-se a transição para feições geomorfológicas mais elevadas, nesse caso os patamares escalonados do sul capixaba, além de planaltos elevados na porção central como o maciço Mestre Álvaro.

O domínio climático ao qual a área de estudo pertence é o Tropical. Apesar do clima Equatorial Ameno possuir delimitação térmica parecida com o clima tropical, o diferencial está nos sistemas atmosféricos atuantes. No município de Serra não é observada a atuação da ZCIT.

A maior parte do município de Serra apresenta subdomínio Seco, com (8 a 11 meses secos). As partes mais elevadas da área central, assim como a porção noroeste do município possui subdomínios mais úmidos, delimitando mais três subdomínios: Semiseco, localizado a noroeste e nos maciços centrais; Semiúmido, localizado no entorno do maciço mais alto do município e Úmido, localizado no topo do maciço Mestre Álvaro. A disposição dos subdomínios está muito influenciada pela altitude, temperatura e precipitação

As unidades climáticas delimitadas neste estudo mostraram grande relação com o relevo local, sendo o mesmo responsável diretamente pela diferenciação tanto da temperatura do ar quanto da quantidade de meses secos.

A sustentação da classificação climática em bases analíticas e genéticas tornou a delimitação das unidades climáticas do município de Serra bastante complexa, porém traz uma riqueza de detalhes quanto às características do clima local que podem auxiliar no planejamento estratégico municipal.

O Município de Serra possui sete subtipos climáticos, sendo eles: *Tr**oeb2* – Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil dos Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental; *Tr*oeb2* – Tropical Semiseco Litorâneo Leste do Brasil dos Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental; *Tr**oeb3* – Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas; *Tr*oeb3*

– Tropical Semisseco Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas; *Tr'oeb3* – Tropical Semiúmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas; *Tr''oeb3* – Tropical Úmido Litorâneo Leste do Brasil das Colinas e Maciços Costeiros Capixabas; *Tr**oeb4* – Tropical Seco Litorâneo Leste do Brasil das Planícies Litorâneas.

Os climas mais úmidos foram delimitados na porção central do município de Serra nos pontos de maior altitude. Nas áreas de relevo de até aproximadamente 400m foi delimitado o subtipo *Tr'oeb3* e nas áreas acima de 400m foi delimitado o subtipo *Tr''oeb3*.

No município de Serra-ES a unidade geomorfológica Colinas e Maciços Costeiros Capixabas foi a que apresentou a maior complexidade em relação a delimitação de subtipos climáticos. Este fato também foi observado em escala regional, uma vez que as porções do estado do Espírito Santo com maiores variações quanto a altitude e forma do relevo foram as que apresentaram as maiores quantidades de subtipos climáticos.

Neste sentido, a partir dos dados climatológicos e dos aspectos geomorfológicos apresentados até o momento, foi possível observar que o maciço Mestre Álvaro apresentou características climáticas particulares de acordo com as vertentes predominantes e as diferentes altitudes do seu relevo, sendo possível delimitar três topoclimas em escala local, sendo eles: o do Topo do Mestre Álvaro, o do Leste do Mestre Álvaro e o do Oeste do Mestre Álvaro.

No topo do maciço Mestre Álvaro encontramos o topoclima mais frio e chuvoso. O topoclima denominado de Leste do Mestre Álvaro abarca as bordas Norte, Leste e Sudeste do maciço Nas bordas Oeste e Sudoeste foi delimitado do topoclima Oeste do Mestre Álvaro.

A proposta metodológica deste estudo buscou detalhar as características climáticas desde as escalas geográficas grandes, como a regional e sub-regional, até as escolas geográficas pequenas de meso e topo escala.

As unidades climáticas delimitadas neste estudo demonstram a importância do relevo e da rugosidade da superfície na caracterização climática do estado do Espírito Santo, sendo até o nível hierárquico do tipo climático o principal fator condicionante do clima.

Atrelado a isso, foi possível demonstrar também que a atuação dos sistemas atmosféricos de larga escala e os de mesoescala possuem papel

preponderante na caracterização térmica e de umidade do estado capixaba, especialmente a massa polar e os ventos de brisa marítima que carregam umidade do oceano em direção ao interior do continente gerando menores quantidade de meses secos nas áreas a barlavento das serras do Caparaó e da região serrana central.

Em escala local a delimitação dos mesoclimas e topoclimas no município de Serra-ES também foram fortemente influenciados pelo relevo, considerando a altitude, a orientação das vertentes e a disposição dos maciços no espaço.

No que diz respeito à implementação da metodologia de Novais (2019) à modelagem cartográfica representou um importante avanço para a pesquisa, uma vez que permitiu o processamento de um grande volume de dados em tempo reduzido, além de possibilitar a análise em áreas sem a cobertura de estações meteorológicas

Um aspecto importante do estudo proposto nesta tese é a utilização de dados climáticos obtidos de maneira secundária através do algoritmo Chelsa em casos em que a área de análise seja superior a 1km² que é o tamanho do pixel dos dados do Chelsa.

Esta tese representa um avanço importante no que tange as análises climáticas, especialmente por utilizar dados secundários oriundos de satélite para a escala mesoclimática e topoclimática.

Para trabalhos futuros pretende-se avançar na utilização de dados secundários para a análise em escalas geográficas pequenas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE, O. A. C. do **Atlas Eólico: Espírito Santo**. Vitória, ES: ASPE, 2009. 100p.

ASSIS, W. L. **O Sistema Clima Urbano do Município de Belo Horizonte da Perspectiva Têmporo-Espacial**. 2010. p. 209. Tese (Doutorado). Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.

BARRY, R.G., CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9a edição, Porto Alegre; Bookman, 2013 (Tradução de Ronaldo Cataldo Costa), 512p.

BASTOS, C.C.; FERREIRA, N.J. **Análise climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro. P.612-619. 2000.

BERNARDES, L. M. C. Clima do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 103, p. 727-739, 1951.

BORSATO, V. da A.; MASSOQUIM, N. G. **O delineamento das massas de ar no Brasil**. 1º ed. Curitiba: EDITORA CRV, 2020, 194 p.

BRICALLI, L. L. **Padrões de lineamentos e fraturamento neotectônico no estado do Espírito Santo (Sudeste do Brasil)**. 2011, 221p. Tese (Doutorado) Programa de Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. **Annales de Géographie**. n. 3490, LXV, année, p. 162-185, 1956.

CANDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Influência da orografia na precipitação da área entre o Vale do Rio Tietê e a Serra da Mantiqueira. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 24, 2008, p. 08 – 27.

CASTRO, I. E. de. O problema da escala. IN: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. (Orgs). **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

CARVALO, C. D. de. **Météorologie du Brésil**. Londres: John Bale e Sons, 1917.

CARVALHO, L. M. V. de; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 95-109.

CERQUEIRA, A. F.; FEITOZA, H. N.; FEITOSA, L. R. LOSS, W. R. **Zonas Naturais do Espírito Santo: uma regionalização do Estado, das microrregiões e dos municípios**. Vitória: SEPLAN, 1999. 101p.

COELHO, A. L N.; GOULART, A. C. de O.; BERGAMASCHI, R. B; JUNIOR, F. J. T. **Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo**. Vitória, ES, 19f. 2012.

COSTA, C. A. **Avaliação de Fragilidade Ambiental da APA Mestre Álvaro – Serra/ES**. 2013. Monografia (Graduação em Geografia) – UFES, Vitória 2013

CUNHA, F. G. da. **Atlas geoquímico do estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: CPRM, 2018. 234 p.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM/Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais**. / Valter Salino Ricardo Gallart de Menezes, Orgs. - Belo Horizonte: CPRM, 2015.

El Tom, M.A. Climatic Classification: An review. **Arts Magazine**, n. 21, p. 29-39. 2003.

FEITOZA, L. R. et. Al. **Mapa das Unidades Naturais do Espírito Santo: informações básicas**. Vitória-ES: Incaper, 2010 p. 56

FEITOZA, L. R. ; CASTRO, L. L. F. de; RESENDE, M.; ZANGRANDE, M. B.; STOCKING, M. S.; BOREL, R. M. A.; FULLIN, E. A.; CERQUEIRA A. F.; SALGADO, J. S.; FEITOZA, H. N.; STOCK L. A.; MANK, A. M.; DESSAUNE FILHO, N.; MANK, A. M.; FERINGA, W.; MARTINEZ, J. A. **Mapa das Unidades Naturais do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Emcapa, 1999.

FIALHO, E. S. - **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: um caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. 2009. p. 248. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2009.

FLOHN, H. **Neue Auschavvgen uber die allgemeine zirulation der Atmosphere und igre Klimatische Bedeutung**. Erdkund, v.4, p. 141-162, 1950.

GATTO, L.C.S.; RAMOS, V.L.S.; NUNES, B.T.A.; MAMEDE, L.; GÓES, M.H.; MAURO, C.A.; ALVARENGA, S.M.; FRANCO, E.M.S.; QUERICO, A.F.; NEVES,

L.B. **Geomorfologia. Projeto Radam Brasil.** Folhas 23/24 Rio de Janeiro – Vitória. V. 32 Rio de Janeiro, 1983.

GALVÃO, M. V. Regiões bioclimáticas do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro. v.29. n.1. 1967.

GOMES, W. P. **Características da temperatura na zona costeira: análise do clima urbano em Ubatuba-SP.** (Dissertação de Mestrado), p. 209. Programa de PósGraduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnológica, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - FCT/UNESP - campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2017.

GEIGER, R. Influências das formas do relevo no microclima. In: _____ **Manual de microclimatologia:** o clima da camada de ar junto ao solo. Lisboa: Fundação Caloust Gulbenkian, 1980. p. 382-474.

GUIMARÃES, F. S. de M. Clima do Brasil. **Boletim Geográfico,** Rio de Janeiro, v. 3, n. 27, p. 417-433, 1945.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. **Província Mantiqueira.** In: MANTESSO-NETO, V.M.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (org.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Marques de Almeida.* São Paulo: Editora Beca, 2004. p. 203-234.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro, IBGE

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMT). **Normais Climatológicas,** 2022.

JURCA, J. **Classificações climáticas: variações têmporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídios ao zoneamento agroclimático.** 2005. 100f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

KARGER, D.N., CONRAD, O., BÖHNER, J., KAWOHL, T., KREFT, H., SORIA-AUZA, R.W., ZIMMERMANN, N.E., LINDER, H.P., KESSLER, M. **CHELSEA - Dados de Climatologia em alta resolução para as áreas terrestres.** In: Dryad Digital.Repository. 2017.

LACOSTE, Y. **La Géographie, Ça sert d'abord, pour fair la guerre.** Paris, 3d. La Découverte, 1985.

LEITE, E. P. F.; SILVA, J. S.; GOMES, G. S. **Obtenção de modelo numérico do terreno de alta resolução utilizando o interpolador Spline com tensão**

regularizada. In: Congresso de pesquisa e inovação da rede Norte Nordeste de educação tecnológica - CONNEPI João Pessoa, 2007.

MARCUZZO, F.F.N.; CARDOSO, M.R.D.; MELLO, L.T.A. **Uso dos Métodos de Krigagem e Spline de Tensão no Mapeamento de Chuvas na Região Metropolitana de Goiânia e Seu Entorno.** In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL CAMINHOS ATUAIS DA CARTOGRAFIA NA GEOGRAFIA. *Anais...* São Paulo: EDUSP. 2010.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.; FLEXOX, J. **Geologia do Quaternário costeiros do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.** Belo Horizonte: CPRM, 1997, 112 p.

MENDES, L. A.; DANTAS, M.; BEZERRA, L. M. M. **Geomorfologia. Projeto Radam Brasil. Folha SE. 24 Rio Doce. V 34.** Rio de Janeiro, 1987.

MALUF, J. R. T. Nova Classificação Climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p.141-150, 2000.

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

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/ PR.** 1995. 381 f. Tese (Doutorado em Geografia) - USP-SP, São Paulo. 1995.

MACIÇOIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: MACIÇOIRO, C. A. F.; MENDONÇA F. de A. (ORG). **Clima urbano**, 2. ed., 2º reimpressão. São Paulo: Contexto, 2015, p 9 – 68.

MILLER, A. A. **Climatology.** Londres, Mathuen, 1965.

MORIZE, H. **Contribuição ao estudo do clima do Brasil.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1922

MORIZE, H. **Esboço da climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Observatório Astronômico, 1989.

NASCIMENTO, D. T. F.; LUIZ, G. C.; OLIVEIRA, I. J. **Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal.** *Élisée, Rev. Geo. UEG – Porangatu*, v.5, n.2, p.59-86, jul./dez. 2016.

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, n.277: pp.141-153, mar/abril, 1972.

NÓBREGA, R.S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 03. p.18-22. Recife, 2010.

NOVAIS, G.T. **Classificação Climática aplicada ao Bioma Cerrado**. 2019. P. 200. Tese (Doutorado) Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019.

NOVAIS, G.T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, 42, e184630. 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>

OLIVEIRA, A. P.; SILVA DIAS, P.L. Aspectos observacionais da Brisa Marítima em São Paulo. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Campo Grande, 1982.

OLIVEIRA, W. D. **O campo térmico do distrito de Carapina-Serra/ES: estudo de caso em áreas litorâneas**. 2018. p. 200. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018

KOEPPEN, W. **Climatologia: con un studio de los climas de la tierra**. 1º edición em español. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KOPPEN W.; GEIGER, R. **Handbuck der Klimatologie**: Berlin, 1961

PEIXOTO, A. **Clima e Saúde**. São Paulo: Nacional, 1938.

PINTO, J. E. S. de S. O clima local de Aracajú-SE. In: SANTANANETO, J. L. Org. **O clima das cidades brasileiras**. Presidente Prudente. 2002

PITTON, S. E. C. **Análise de sistemas de organização climática do espaço**. Rio Claro S.N., 1985.

RIZZINI, C. T.; PINTO, M. M. Áreas climático-vegetacionais do Brasil segundo os métodos de Thornwaite e de Mohr. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 26, n. 2, p. 523-547. 1964,

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; DA ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. São José dos Campos: v.5. n.2. p. 185-204. 2010.

RIBEIRO, A.G. **As escalas do clima**. Boletim de Geografia Teorética. Rio Claro: v23(46-46):288-294, 1993.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Sistema de Classificação Climática de Koppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de Zonas Agroclimática para o estado de São Paulo. **Revista Bragantia**. Campinas, v.66, n.4, p.711-720. 2007.

RODY Y. P.; ALMEIDA, A. Q. DE; RIBEIRO, A.; SEDIYAMA, G. C. PEZZOPANE, J. E. M. Delimitação de sítios ambientais homogêneos no Estado do Espírito Santo, com base no relevo, solo e clima. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n. 12, p. 2493-2498, dez, 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima**. 2001, Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. A Gênese da climatologia no Brasil: o despertar de uma ciência. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 1, p. 5-27, jan./abr. 2003

SANT'ANNA NETO, J. L. **Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. Revista brasileira de Climatologia**. Presidente Prudente. V. 1, n. 1, p. 43-60, dez 2005

SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L; ANA MACIÇOIRO (org.). **Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1ª edição. São Paulo: Outras Expressões, 2013.

SENTELHAS, P.C., ROLIM, G.S., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

SIMÕES, R. M. A. **Distribuição das normais de chuvas no Estado do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Geografia, Ano XIII, 1951, p.102-106

SILVA, K. R. da.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. de O. Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, n.18 v.4 p. 417-427, 2011.

SIMIELLI, M. E. **Geoaltas**, 33 ed. Sao Paulo: ÁTICA 184 p. 2010

STRAHLER, A. N. **Physical Geography**. 3. ed. Nova York: John Wiley, 1951.

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 1, n. 20, p. 111-128. 2013.

THORNTHWAITE, C.W. Y KENNETH HARE, F.: **La clasificación climatológica en dasonomía**. Unasyuva, Vol. 9, No. 2. 1955

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey, vol. 8, n. 1. 1955

TREWARTHA, G.T. **An Introduction to Climate**. New York: McGraw-Hill, 1954. 402p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 1991. 449 p.