

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MARINA ROZENDO SILVA

**INFLUÊNCIA DO RELEVO E USO DA TERRA NAS VARIAÇÕES LOCAIS DE
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM BELO HORIZONTE, IBIRITÉ,
SETE LAGOAS E CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO – MG.**

Belo Horizonte

2018

MARINA ROZENDO SILVA

**INFLUÊNCIA DO RELEVO E USO DA TERRA NAS VARIAÇÕES LOCAIS DE
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM BELO HORIZONTE, IBIRITÉ,
SETE LAGOAS E CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO – MG.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Orientador: Professor Doutor Carlos Henrique Jardim

Belo Horizonte

Instituto de Geociências da UFMG

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



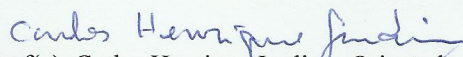
FOLHA DE APROVAÇÃO

Influência do relevo e uso da terra nas variações locais de temperatura e umidade relativa do ar em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro - MG.

MARINA ROZENDO SILVA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

Aprovada em 30 de maio de 2018, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Carlos Henrique Jardim - Orientador
UFMG


Prof(a). Wellington Lopes Assis
UFMG


Prof(a). Taiza de Pinho Barroso/Lucas
CEFET-MG

Belo Horizonte, 30 de maio de 2018.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos por todo apoio e carinho.

Ao Prof. Dr. Carlos Henrique Jardim, a quem sou imensamente grata pelos ensinamentos e orientações dados até aqui, pela dedicação, apoio e todo incentivo concedidos nesta caminhada.

A todos os amigos que estiveram ao meu lado durante minha passagem pelo IGC, especialmente à Renata Jordan pelas contribuições e parcerias durante o curso, à Rosana Vieira pelas palavras acolhedoras, e Lucas de Oliveira pela enorme paciência e companheirismo ao longo desses últimos e difíceis meses.

Ao Prof. Dr. Wellington Lopes Assis e à Prof.^a Dra. Taíza de Pinho Barroso Lucas pela disposição em participarem da banca examinadora e pelas importantes contribuições à dissertação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta dissertação.

A Deus e toda espiritualidade por todas as oportunidades dadas e pelas conquistas realizadas, por todo amparo e generosidade.

RESUMO

As modificações no uso da terra podem alterar as características do clima local, interferindo na variação dos elementos climáticos como resposta à maior disponibilidade de calor sensível e redução das fontes de umidade do ar, ocasionando consequências negativas para a sociedade e ecossistemas. Com a finalidade de identificar e avaliar possíveis alterações ambientais, utilizando variáveis do clima como indicador, foram analisadas séries temporais de dados meteorológicos dos municípios de Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro (Minas Gerais-Brasil), no período de 1961 a 2016, considerando também trecho de área interior do Parque Nacional da Serra do Cipó como referencial de área natural, apoiando-se em recursos estatísticos e ferramentas de análise em climatologia visando identificar variações, tendências e correlações com fatores naturais e antrópicos, na evolução espacial e temporal dos elementos climáticos. Nas quatro localidades abrangidas pela área de estudo foi observado tendência de aumento das temperaturas relacionadas a fenômenos (naturais e antrópicos) em diferentes escalas espaciais e temporais. No entanto, em cada município, a resposta dessas variações ocorre de forma diferenciada, em razão de aspectos locais presentes nos arredores das estações meteorológicas (relevo, altitude, cobertura vegetal e urbanização) influenciando de maneira significativa a variação dos elementos atmosféricos em determinados momentos. Tais relações podem ser observadas através dos perfis geoecológicos, que representam uma tentativa de ilustrar o papel das alterações impostas por fatores locais ligados ao relevo e uso da terra no comportamento das variáveis climáticas, auxiliando no entendimento da dinâmica atmosférica local e representando as relações existentes entre os elementos físicos e antrópicos da paisagem. De maneira geral, através da análise dos dados, foi possível inferir que a participação humana interfere na variação de alguns elementos climáticos em escalas inferiores do clima, sobretudo da temperatura do ar, embora isso não ocorra de forma determinante.

Palavras-chaves: temperatura, umidade, tendência, uso da terra, relevo, perfil geoecológico.

ABSTRACT

Changes in land use can alter the characteristics of the local climate, interfering with the variation of climatic elements in response to increased availability of sensible heat and reduced sources of air humidity, resulting in negative consequences for society and ecosystems. In order to identify and evaluate possible environmental changes using climate variables as an indicator, temporal series of meteorological data were analyzed from the municipalities of Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas and Conceição do Mato Dentro (Minas Gerais-Brazil), from 1961 to 2016, also considering the interior area of the Serra do Cipó National Park as a natural area reference, based on statistical resources and tools of analysis in climatology to identify variations, trends and correlations with natural and anthropic factors in the spatial and temporal evolution of climatic elements. In the four localities covered by the study area, there was a tendency to increase temperatures related to phenomena (natural and anthropic) at different spatial and temporal scales. However, in each municipality, the response of these variations occurs in a differentiated way, due to local aspects present in the surroundings of the meteorological stations (relief, altitude, vegetation cover and urbanization), influencing in a significant way the variation of the atmospheric elements in certain moments. These relationships can be observed through geocological profiles, which represent an attempt to illustrate the role of changes imposed by local factors related to land use and land use in the behavior of climatic variables, helping to understand the local atmospheric dynamics and representing the relationships between the physical and anthropic elements of the landscape. In general, through data analysis, it was possible to infer that human participation interferes with the variation of some climatic elements in the lower scales of the climate, especially air temperature, although this does not occur in a determinant way.

Keywords: temperature, humidity, trend, land use, relief.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Esquema Metodológico	43
Figura 2: Foto do abrigo meteorológico instalado na Serra do Cipó. Foto: FERNANDES, A. S. 2016 ...	45
Figura 3: Ilustração do gráfico de Box Plot. Fonte: Galnavi e Luchiari (2005, p.22)	48
Figura 4: Mapa de Localização dos municípios analisados em Minas Gerais	54
Figura 5: Mapa de localização do município de Belo Horizonte - MG.	56
Figura 6: Climograma do município de Belo Horizonte - MG. Fonte: INMET: Normais Climatológicas (1961-1990).	59
Figura 7: Gráfico do balanço hídrico para os quatro municípios analisados (1961-1990). Fonte dos dados: INMET.	60
Figura 8: Mapa de localização do município de Ibirité - MG.....	61
Figura 9: Climograma do município de Ibirité - MG. Fonte: INMET: Normais Climatológicas (1961-1990)	64
Figura 10: Mapa de localização do município de Sete Lagoas – MG.	65
Figura 11: Climograma do município de Sete Lagoas - MG. Fonte: INMET: Normais Climatológicas (1961-1990).	67
Figura 12: Mapa de localização do município de Conceição do Mato Dentro - MG.....	69
Figura 13: Climograma do município de Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte: INMET: Normais Climatológicas (1961-1990).	71
Figura 14: Mapa hipsométrico do município de Belo Horizonte – MG e localização da estação meteorológica.	76
Figura 15: Mapa hipsométrico do município de Ibirité – MG e localização da estação meteorológica.	77
Figura 16: Mapa hipsométrico do município de Sete Lagoas – MG e localização da estação meteorológica.	79
Figura 17: Mapa hipsométrico do município de Ibirité – MG e localização da estação meteorológica.	80
Figura 18: Gráfico de frequência das classes de chuva para Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	81
Figura 19: Gráfico de frequência das classes de chuva para Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	81
Figura 20: Gráfico de frequência das classes de chuva para Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	82
Figura 21: Gráfico de frequência das classes de chuva para Coceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	82

Figura 22: Gráfico de classificação de anos secos e chuvosos para Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	83
Figura 23: Gráfico de classificação de anos secos e chuvosos para Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	83
Figura 24: Gráfico de classificação de anos secos e chuvosos para Sete Lagoas- MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	84
Figura 25: Gráfico de classificação de anos secos e chuvosos para Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	84
Figura 26: A) Condições normais da célula de Walker; B) Condições de El Niño; C) Condições de La Niña. Fonte: STEINKE, 2010.....	86
Figura 27: Ocorrências de El Niño, La Niña e ODP (1961-2016).....	88
Figura 28: Gráfico de temperatura média mínima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.....	89
Figura 29: Gráfico de temperatura média máxima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.....	90
Figura 30: Gráfico de temperatura média mínima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.....	90
Figura 31: Gráfico de temperatura média máxima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.....	91
Figura 32: Gráfico de temperatura média mínima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.....	91
Figura 33: Gráfico de temperatura média máxima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.....	92
Figura 34: Gráfico de temperatura média mínima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.....	92
Figura 35: Gráfico de temperatura média máxima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.....	93
Figura 36: Gráfico dos desvios da temperatura média de Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	94
Figura 37: Gráfico dos desvios da temperatura média de Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.....	94
Figura 38: Gráfico dos desvios da temperatura média de Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	95
Figura 39: Gráfico dos desvios da temperatura média de Conceição do Mato Dentro - MG (1961- 2016). Fonte dos dados: INMET.	95
Figura 40: Gráfico dos desvios da temperatura média mínima de Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	96

Figura 41: Gráfico dos desvios da temperatura média mínima de Ibitaré - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	96
Figura 42: Gráfico dos desvios da temperatura média mínima de Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	97
Figura 43: Gráfico dos desvios da temperatura média mínima de Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	97
Figura 44: Gráfico da precipitação acumulada anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.	98
Figura 45: Gráfico da precipitação acumulada anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Ibitaré - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.	98
Figura 46: Gráfico da precipitação acumulada anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.	99
Figura 47: Gráfico da precipitação acumulada anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.	99
Figura 48: Gráfico de desvios na precipitação de Belo Horizonte - MG em relação à média geral (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	101
Figura 49: Gráfico de desvios na precipitação de Ibitaré - MG em relação à média geral (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	101
Figura 50: Gráfico de desvios na precipitação de Sete Lagoas - MG em relação à média geral (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	102
Figura 51: Gráfico de desvios na precipitação de Conceição do Mato Dentro - MG em relação à média geral (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	102
Figura 52: Gráfico da variação das temperaturas médias máxima e mínima de Belo Horizonte - MG (1961-2016) e aplicação da técnica de Correlação. Fonte dos dados: INMET.	104
Figura 53: Gráfico da variação das temperaturas médias máxima e mínima de Ibitaré - MG (1961-2016) e aplicação da técnica de Correlação. Fonte dos dados: INMET.	105
Figura 54: Gráfico da variação das temperaturas médias máxima e mínima de Sete Lagoas - MG (1961-2016) e aplicação da técnica de Correlação. Fonte dos dados: INMET.	105
Figura 55: Gráfico da variação das temperaturas médias máxima e mínima de Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016) e aplicação da técnica de Correlação. Fonte dos dados: INMET.	106
Figura 56: Gráfico de correlação da temperatura mínima dos quatro municípios analisados.	108
Figura 57: Gráfico das classes de Precipitação para Belo Horizonte - MG (1961-2016) conforme técnica do Box Plot. Fonte dos dados: INMET.	109
Figura 58: Gráfico das classes de Precipitação para Ibitaré - MG (1961-2016) conforme técnica do Box Plot. Fonte dos dados: INMET.	110
Figura 59: Gráfico das classes de Precipitação para Sete Lagoas - MG (1961-2016) conforme técnica do Box Plot. Fonte dos dados: INMET.	110

Figura 60: Gráfico das classes de Precipitação para Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016) conforme técnica do Box Plot. Fonte dos dados: INMET.....	111
Figura 61: Mapa hipsométrico do PARNA Serra do Cipó - MG e localização dos abrigos meteorológicos.	116
Figura 62: Gráfico da variação da temperatura média diária em março/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.....	120
Figura 63: Gráfico da variação da temperatura média diária em julho/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.....	121
Figura 64: Gráfico da variação da temperatura média diária em agosto/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.	121
Figura 65: Variação diurna da temperatura do ar e radiação solar absorvida. Fonte: Barry e Chroley (2013).	128
Figura 66: Gráfico da variação da temperatura média diária dos horários sinóticos de julho/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.....	129
Figura 67: Gráfico da temperatura média diária para Setembro/2016. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.....	134
Figura 68: Gráfico da temperatura média dos horários sinóticos para Setembro/2016. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.	135
Figura 69: Gráfico da variação da temperatura do ar nos horários sinóticos para o dia 17 de setembro de 2016. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.....	136
Figura 70: Gráfico da variação da temperatura do ar nos horários sinóticos para o dia 07 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.....	137
Figura 71: Gráfico da variação da temperatura do ar nos horários sinóticos para o dia 13 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.....	137
Figura 72: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura mínima em Belo Horizonte - MG. Fonte dos dados: INMET.	140
Figura 73: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura máxima em Belo Horizonte - MG. Fonte dos dados: INMET.	140
Figura 74: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura mínima em Ibirité - MG. Fonte dos dados: INMET.	141
Figura 75: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura máxima em Ibirité - MG. Fonte dos dados: INMET.	142
Figura 76: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura mínima em Sete Lagoas - MG. Fonte dos dados: INMET.	142
Figura 77: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura máxima em Sete Lagoas - MG. Fonte dos dados: INMET.	143
Figura 78: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura mínima em Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte dos dados: INMET.	144

Figura 79: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura máxima em Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte dos dados: INMET.	144
Figura 80: Gráfico da comparação da variação semanal de umidade relativa do ar em Belo Horizonte - MG. Fonte dos dados: INMET.	145
Figura 81: Gráfico da comparação da variação semanal de umidade relativa do ar em Ibirité - MG. Fonte dos dados: INMET.	146
Figura 82: Gráfico da comparação da variação semanal de umidade relativa do ar em Sete Lagoas - MG. Fonte dos dados: INMET.	146
Figura 83: Gráfico da comparação da variação semanal de umidade relativa do ar em Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte dos dados: INMET.	146
Figura 84: Mapa de localização do TRANSECTO I: Belo Horizonte - Ibirité.....	149
Figura 85: Mapa de localização do TRANSECTO II: Belo Horizonte - Sete Lagoas.	150
Figura 86: Mapa de localização do TRANSECTO III: Belo Horizonte - Conceição do Mato Dentro	151
Figura 87: Perfil geológico dos transectos I, II e III sob atuação do ASAS.	154
Figura 88: Perfil geológico dos transectos I, II e III sob atuação da FP.....	156
Figura 89: Perfil geológico dos transectos I, II e III sob atuação do APAS.	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados da precipitação máxima absoluta diária dos municípios analisados (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	74
Tabela 2: Dados da temperatura absoluta diária dos municípios analisados (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	74
Tabela 3: Valores médios das variáveis climáticas para o período 1961-2016. Fonte dos dados: INMET.	75
Tabela 4: Precipitação acumulada do ano de 1983. Fonte dos dados: INMET.	100
Tabela 5: Precipitação acumulada do ano de 1983. Fonte dos dados: INMET.	103
Tabela 6: Classificação dos meses da série analisada para o município de Belo Horizonte – MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	113
Tabela 7: Classificação dos meses da série analisada para o município de Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	114
Tabela 8: Classificação dos meses da série analisada para o município de Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	114
Tabela 9: Classificação dos meses da série analisada para o município de Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.	114
Tabela 10: Precipitação média para a primeira quinzena de março de 2017 e valores das Normais Climatológicas (1961-1990 e 1981-2010). Fonte dos dados: INMET.	118
Tabela 11: Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar para as localidades analisadas em março/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.	122
Tabela 12: Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar para as localidades analisadas em julho/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.	122
Tabela 13: Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar para as localidades analisadas em agosto/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.	123
Tabela 14: Temperatura média dos horários sinóticos de julho/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.	129
Tabela 15: Temperaturas médias dos horários sinóticos no mês de março/2017.	132
Tabela 16: Temperaturas médias dos horários sinóticos no mês de julho/2017.	133
Tabela 17: Temperaturas médias dos horários sinóticos no mês de julho/2017.	133
Tabela 18: Temperatura do ar para os horários sinóticos dos dias 07 e 13 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.	138
Tabela 19: Umidade relativa do ar para os horários sinóticos dos dias 07 e 13 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.	138
Tabela 20: Temperatura média mínima dos períodos analisados nos quatro municípios.	143

Tabela 21: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 13 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET.	152
Tabela 22: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 03 de agosto de 2017. Fonte dos dados: INMET.	153
Tabela 23: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 07 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET.	155
Tabela 24: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 03 de julho de 2017. Fonte dos dados: INMET.	157
Tabela 25: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 09 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET.	157

LISTA DE ABREVIATURAS

°C - Temperatura em graus Celsius

ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

APA - Área de Proteção

APAS – Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

CMD - Conceição do Mato Dentro

CNPMS - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

E - Leste

ENOS - El Niño Oscilação Sul

FPA - Frente Polar Atlântica

FP - Frente Polar

GMT - Greenwich Meridian Time

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IR – Infravermelho

IT - Linhas de Instabilidade Tropical

Km - Quilômetro

MEC - Massa Equatorial Continental

MPA - Massa Polar do Atlântico

MTA - Massa Tropical do Atlântico

NE - Nordeste

NNW - Nor-noroeste

NW - Noroeste

ODP - Oscilação Decadal do Pacífico

R - Coeficiente de Correlação

R² - Coeficiente de determinação

ROC - Radiação em ondas curtas

ROL - Radiação em ondas longas

SE - Sudeste

S.C.U. - Sistema Clima Urbano

SSE - Sul-sudeste

T.G.S. - Teoria Geral dos Sistemas

TSM - Temperatura de Superfície do Mar

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

USP - Universidade de São Paulo

UR - Umidade Relativa

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	4
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
1.1 Escalas do clima	5
1.2 Geossistema	11
1.3 Influência antrópica no clima	14
1.4 Variabilidade e mudança climática	26
1.5 Perfil Geoecológico	31
1.6 Análise Rítmica	33
1.7 Circulação atmosférica de Minas Gerais	36
CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
2.1 Fonte de dados e análise estatística das séries históricas	44
2.2 Aplicação da análise micro/topoclimática: segmentos temporais horários	50
2.3 Cartografia de síntese	51
CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	53
3.1 Caracterização geral de Belo Horizonte	55
3.1.1. Aspectos climáticos de Belo Horizonte	58
3.2. Caracterização geral de Ibirité	60
3.2.1. Aspectos climáticos de Ibirité	63
3.3. Caracterização geral de Sete Lagoas	64
3.3.1. Aspectos climáticos de Sete Lagoas	67
3.4. Caracterização geral de Conceição do Mato Dentro	68
3.4.1. Aspectos climáticos de Conceição do Mato Dentro	70
3.5. Caracterização geral da Serra do Cipó	71
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	74
4.1 Aspectos Gerais do clima nos municípios analisados	74
4.2 Variações do clima na escala zonal	85
4.2.1. Temperatura	89
4.2.2. Precipitação	97
4.3. Variações do clima na escala regional	103
4.3.1. Temperatura	104
4.4. Classificação do Regime Pluviométrico	108
4.5. Variações do clima na escala local	115

4.6.	Análise dos horários sinóticos.....	127
4.7	Análise Semanal.....	139
4.7.1	Temperatura do ar.....	139
4.7.2	Umidade Relativa do ar.....	145
4.8	Perfil geoecológico	148
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		159
ANEXOS.....		169

INTRODUÇÃO

Inúmeros estudos já produzidos (Azevedo e Tarifa, 2001; Jardim, 2007a; Assis, 2010) sugerem que modificações no uso da terra podem alterar características do clima de um dado espaço, modificando o balanço de radiação e interferindo na variação dos elementos climáticos em diferentes escalas. A substituição da cobertura vegetal pelos materiais característicos das áreas urbanas e a retirada da vegetação para uso agrícola e pastoril resultam nas mudanças de escoamento superficial, na quantidade de calor armazenado, direção e velocidade dos ventos e nos valores de temperatura e umidade relativa do ar.

Como apontado pela reportagem da revista *Época*¹, dentre as dez maiores capitais do país, Belo Horizonte é a que possui menor área verde, ficando atrás de cidades como São Paulo, Brasília e Porto Alegre. De acordo com a reportagem de 2016, restam apenas 3,9% de cobertura vegetal na capital mineira, estando a maior parte concentrada nos Parques Municipais da Serra do Curral e das Mangabeiras, nos Parques Estaduais da Serra do Rola Moça e da Baleia e na Estação Ecológica da UFMG. Fatores como a forma e os materiais utilizados nas construções dos edifícios presentes nas cidades, adensamento de veículos e pessoas, impermeabilização do solo, aliada a esta redução da cobertura vegetal acarreta no fenômeno conhecido como núcleo de aquecimento.

Segundo reportagem da Folha de São Paulo², o planejamento urbano adequado ajudaria a evitar a formação de tais núcleos nos grandes centros urbanos, uma vez que seriam considerados a orientação da exposição solar, posição dos edifícios, refletância e emissividade dos materiais utilizados nas construções de fachadas e calçadas, além do aumento da cobertura vegetal por meio de cultivo planejado em locais estratégicos da cidade. Essas medidas ajudariam a reduzir os elevados valores de temperatura do ar, poluição do ar e consequente desconforto térmico nas áreas urbanas.

¹ Disponível em: <<http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2016/10/belo-horizonte-tem-menos-area-verde-entre-10-maiores-capitais-do-brasil.html>>. Acesso em 29 de junho de 2017.

² Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/colunas/claudiobernardes/2016/08/1806996-planejamento-urbano-ajuda-a-evitar-as-ilhas-de-calor.shtml>>. Acesso em 29 de junho de 2017.

Torna-se necessário esclarecer que tais mudanças acarretam consequências significativas na variação dos elementos climáticos em escalas mais próximas da superfície, isto é, em escalas inferiores, onde as interações climáticas com a sociedade ocorrem, apresentando limitada repercussão nas escalas superiores (RIBEIRO, 1993).

As variáveis que influenciam e interferem no clima de uma região são inúmeras, sendo o mesmo resultado da interação de diversos fenômenos com gênese em diferentes escalas de tempo e espaço. Fatores presentes na superfície, como relevo e cobertura do solo influenciam e controlam os elementos climáticos em escalas inferiores, enquanto a distribuição latitudinal da radiação solar, a curvatura da Terra e a inclinação do seu eixo controlam o clima em escalas superiores (RIBEIRO, 1993). Sendo assim, quanto mais detalhada a escala, maior o número de variáveis que interferem no comportamento dos elementos climáticos, tornando as análises em meso e microescalas mais complexas.

Deve-se ater para o fato de que a sociedade vive sob um clima local, onde alterações no uso da terra e aspectos geomorfológicos e fitogeográficos afetam de forma significativa os tipos de tempo. Além disso, os impactos observados no meio ambiente decorrentes das atividades humanas ocasionam consequências graves não só para a própria sociedade, como também para todo o ecossistema. A utilização das escalas meso e microclimática nos estudos do clima permite verificar as interações e influências dos fatores climáticos na variação dos elementos atmosféricos que afetam diretamente a qualidade de vida humana, como a temperatura e umidade do ar.

Considerando que as áreas agropecuárias, sobretudo as áreas urbanas, são os exemplos mais significativos das modificações impostas pelas atividades socioeconômicas (DREW, 2014), se faz necessário avaliar e verificar os reais impactos causados pelas mudanças no uso da terra ao meio ambiente, utilizando como indicador de degradação ambiental as variáveis climáticas, partindo da premissa que o clima se modifica na medida em que a superfície é alterada, cujo efeito cumulativo pode ser detectado por tendências, correlações, variações horário-diárias e, em casos extremos, na imposição de ritmo antrópico às variáveis do clima como foi considerado em trabalho anterior por Jardim e Silva (2016) à cidade de Belo Horizonte e por Azevedo e Tarifa na cidade de São Paulo (2001).

As interferências antrópicas no ambiente podem revelar-se favoráveis ou prejudiciais à qualidade de vida da população, dependendo da intensidade e das decisões humanas (LEÃO, 2008). Sendo assim, avaliar e identificar os impactos causados por tais intervenções constitui tarefa importante na tentativa de minimizar os danos resultantes dessas alterações.

A utilização da abordagem geossistêmica nos estudos do clima facilita a compreensão dos fenômenos atmosféricos, uma vez que se busca o entendimento do seu funcionamento através de suas complexas relações e interações com os diferentes sistemas (naturais e/ou antrópicos). No entanto, procurar compreender tais interações entre os fenômenos climáticos e as consequências desses eventos para a sociedade se mostra tarefa desafiadora, considerando a característica dinâmica e caótica do sistema climático e sua variação no espaço e no tempo.

Considerando que o gerenciamento dos recursos naturais depende da compreensão da gênese e do funcionamento dos fenômenos climáticos que afetam a sociedade, torna-se necessário identificar possíveis alterações nos parâmetros climáticos e suas implicações na qualidade de vida da população, visando minimizar os problemas que possam ocorrer em função de tais modificações.

Os estudos sobre a variabilidade dos elementos climáticos são de extrema importância para o entendimento de seus fatores dinâmicos, considerando a forte influência que o clima desempenha sobre as sociedades, principalmente no que diz respeito aos eventos extremos e seus impactos ambientais, além de auxiliarem na tomada de decisões apropriadas de diversas atividades, como a produção de energia e agropecuária.

Além do mais, compreender o comportamento das variáveis climáticas e sua relação com as mudanças no uso da terra se torna essencial considerando as possíveis consequências que essas modificações podem ocasionar na dinâmica atmosférica local das áreas de estudo, acarretando implicações econômicas e sociais, gerando impactos nas atividades humanas.

OBJETIVOS

Objetivo Principal

O presente trabalho tem como objetivo principal identificar variações, tendências e possíveis correlações com fatores naturais e antrópicos na evolução espacial e temporal da temperatura e umidade relativa do ar a partir da análise de séries temporais dos municípios de Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro – Minas Gerais, considerando, também, trecho de área interior do Parque Nacional da Serra do Cipó como referencial de área natural;

Objetivos secundários

(1) Analisar possíveis relações com modificações introduzidas pelo homem no âmbito da paisagem (desflorestamento, agricultura, urbanização etc.) e imposição de ritmo climático dessas atividades às variações dos elementos climáticos;

(2) Elaboração de perfis geoecológicos através de transectos, considerando a relação complexa existente entre os componentes da superfície terrestre e os componentes atmosféricos associados à dinâmica climática regional (massas de ar) e local (tipos de tempo) na organização da paisagem e como solução metodológica de representação cartográfica do clima;

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Escalas do clima

Segundo Ribeiro (1993), o fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de diferentes naturezas que se relacionam em processos de trocas energéticas interdependentes. Por esse motivo, o entendimento do clima exige a adoção de um referencial escalar e de uma escala taxonômica como parte da metodologia da pesquisa climatológica. Cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica, onde haja coerência entre extensão e duração do fenômeno climático com as técnicas de análise (obtenção de dados, tratamento estatístico, apresentação gráficas, etc.).

De acordo com Conti (1995), a necessidade da hierarquização das ordens de grandeza do clima se dá no momento em que o número de variáveis que interferem no clima aumentam na medida em que se desdobram as unidades de grandeza em unidades menores, isto é, a interação entre fatores e elementos cresce em direção às escalas inferiores.

Se faz importante destacar a controvérsia existente entre os estudiosos do clima no que diz respeito às definições de escalas climáticas. De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007) observa-se enorme variação de nomenclaturas para as diferentes dimensões climáticas e diferentes valores para a extensão e periodicidades dos eventos relacionados a tais dimensões. Talvez a falta de consenso e as diferentes terminologias utilizadas para a delimitação das escalas contribuam para os problemas de compreensão e utilização corretas das escalas geográficas do clima entre os estudiosos, como apontado por Monteiro (1999).

Ribeiro (1993, p.288) define o termo escala como sendo “uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno”, constituindo-se em um dos aspectos fundamentais para todos os raciocínios referentes ao espaço e ao tempo. Como destacado por Ribeiro (1993), encontram-se diversas propostas de sistematização do estudo do clima que apresentam diferenças nos termos e nos conceitos. Entretanto, o autor define, a partir da relação entre fluxos de energia e fatores condicionantes, três níveis de abordagem: macroclimático, mesoclimático e microclimático.

Ribeiro (1993, p.289) define o nível macroclimático como sendo a interação entre “a radiação solar, a curvatura da Terra e os seus movimentos da rotação e translação”, relacionando aos aspectos climáticos de amplas áreas da terra e fenômenos atmosféricos de larga escala. O nível mesoclimático preocupa-se com o estudo climatológico em áreas menores (10 a 100 quilômetros de largura). Nesse nível estuda-se a interação entre a energia disponível e os fatores físicos da paisagem. No nível microclimático, estuda-se o clima próximo a superfície ou com pelo menos 100 metros de altura. É no nível microclimático que se sucedem as interações entre “os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e momentum” (RIBEIRO, 1993, p.289).

De forma diferente, em texto sobre o “Estudo Geográfico do Clima”, Monteiro (1999) utiliza os níveis escalares denominados escala Zonal, escala Regional e escala Local, esta subdividida em Mesoclima, Topoclima e Microclima. No texto, Monteiro indica como exemplo de cada nível a ocorrência de três fenômenos climáticos que repercutiram amplamente no dado ano de análise (1998), sendo eles o El Niño, a seca no Nordeste e a inundação das metrópoles brasileiras, visando auxiliar na compreensão da utilização das escalas geográficas do clima. O autor se preocupa em apresentar uma taxonomia hierarquizada, não se prendendo as delimitações físicas de cada escala, ilustrando a participação dos fatores atmosféricos em sua integração com fatos geográficos.

Já Ribeiro (1993), conceitua os termos utilizados por Monteiro (1999), Zonal, Regional e Local, como ordens de grandeza espaço-temporal para o estudo dos fenômenos climáticos sendo eles: Clima Zonal, Clima Regional, Clima Local (ou mesoclima), Topoclima e Microclima. Tais ordens de grandeza foram baseadas em critérios e nos níveis interativos (macroclimático, mesoclimático e microclimático). Para a apresentação da proposta de um sistema taxonômico por Ribeiro (1993, p.288), foram apresentados os seguintes critérios:

- a) São consideradas escalas superiores àquelas mais próximas ao nível planetário e escalas inferiores aquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície da Terra;
- b) As combinações de processos físicos interativos numa escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores;
- c) As combinações particulares de processos físicos nas escalas inferiores possuem limitada repercussão nas escalas superiores;

- d) O grau de dependência de radiação extraterrestre 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;
- e) Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro;
- f) 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.

De acordo com Monteiro (1999), a radiação solar produz efeitos no balanço térmico e conseqüentemente na geração dos climas do globo, dessa forma, para qualquer abordagem da atmosfera, é necessário partir da compreensão dos mecanismos das trocas de energia entre o Sol e a Terra (mecanismos de transmissão de energia, além da forma, constituição e movimentos da terra). Além disso, a latitude integra outro importante condicionante do clima em escala zonal, sendo responsável pelas grandes diferenças na distribuição de energia recebida e trocada pelo planeta. A inclinação do eixo de rotação, heterogeneidade da composição terrestre e a forma dos continentes estabelecem importantes fatores adicionais na constituição diversificada dos climas na terra.

Como exemplo de escala zonal, Monteiro (1999) utiliza o fenômeno El Niño, evento que acarreta conseqüências de caráter global, repercutindo por todo o planeta, sobretudo na América do Sul, modificando os regimes térmicos e pluviais. De forma semelhante, Ribeiro (1993) indica que no clima zonal, os principais condicionantes são a distribuição latitudinal da radiação solar, a curvatura da superfície do planeta e a inclinação do seu eixo em relação ao plano da eclíptica, onde define-se a circulação geral da atmosfera e a ocorrência de fenômenos como El Niño. No entanto, estabelece como limite temporal o período de até seis meses e extensão horizontal entre 1000 e 5000 quilômetros, abarcando toda a atmosfera na extensão vertical.

Como exemplo de escala regional, Monteiro (1999) utiliza a seca do Nordeste brasileiro. De acordo com o autor, nesta região os sistemas produtores de chuva, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Massa Equatorial Continental (MEC) têm participação dificultada pela presença dos sistemas caracterizados como deficitários em pluviosidade, os grandes anticiclones subtropicais atlânticos.

Para Conti (1995), é no nível regional de organização climática que se faz a definição dos tipos de tempo, onde fatores como a orientação e forma do relevo assumem importante papel na variação dos elementos climáticos.

Principalmente porque é nesse nível que as variações, ano a ano na localização e frequência dos centros de alta e baixa pressão (organizados em células de circulação geral) definem o ritmo de variação anual, sazonal e mensal dos principais elementos climáticos. Resultam, pois, da interação entre os fluxos tropicais e extratropicais, o maior ou menor grau de irregularidade climática, sobre uma determinada região. Torna-se importante, nesse caso, como estratégia de abordagem, não apenas analisar as normais ou médias de um longo período, mas também acompanhar essas médias com um estudo das variações mês a mês ou estação por estação, durante, por exemplo, 5 ou 10 anos, selecionados por critério de representatividade dentro daquela série, maior de 30 ou mais anos. É nesse nível que se determinam os chamados “anos-padrão”. (CONTI, 1995, p.02)

De acordo com Ribeiro (1993), os climas regionais apresentam extensão horizontal entre 150 e 2500 quilômetros e se limitam verticalmente a camada da troposfera, variando entre 1 a 30 dias de duração. Para esta abordagem escalar e melhor compreensão dos climas regionais, Ribeiro sugere a adoção das cartas sinóticas, imagens de satélite e registros de dados obtidos em estações meteorológicas de superfície. No entanto, tais análises devem estar aliadas ao estudo dos fatores geográficos presentes na região que provocam a modificação da circulação geral da atmosfera.

Para Monteiro (1999), a ação antrópica nas escalas inferiores do clima é indiscutível, podendo o homem ser o criador de climas (artificiais), no entanto tais ações têm efeito limitado em escalas superiores considerando que o homem não é capaz de exercer controle sobre a circulação regional, isto é, sobre os sistemas atmosféricos. Como exemplo de fenômenos de escala local, Monteiro usa as calamidades pluviais e inundações ocorrentes nas metrópoles brasileiras.

Se um clima local é um ponto dentro do regional onde uma conjugação de fatores “especializa” uma certa definição climática, nos locais ocupados por cidades, a ocorrência destes “fatores” constitui um espectro bem mais amplo pelas grandes “derivações” introduzidas pelo Homem na edificação urbana. Não apenas pelo “edificado” urbanisticamente, mas pela adição de várias alterações no quadro geológico. (MONTEIRO, 1999, p. 27)

Monteiro (1999) destaca que qualquer região climática da Terra está sujeita as ações e impactos dos diferentes fenômenos naturais, os quais escapam completamente ao controle humano, por exemplo episódios de secas. Cabe ao homem apenas a previsão de ocorrência e estados de alerta para a defesa desses eventos, no entanto o impacto meteórico, ou seja, a ação atmosférica não poderá ser responsabilizada exclusivamente pelos resultados catastróficos.

Já Ribeiro (1993) utiliza também a terminologia mesoclima para a definição de clima local. Para o autor, nesse nível escalar, feições fisiografias e antrópicas, como a cobertura vegetal e o tipo de solo determinam o clima predominante, provocando ou potencializando a modificação da circulação regional, interferindo no seu fluxo energético e no transporte e massa. Nesta escala destaca-se o papel do relevo, que segundo Ribeiro (1993, p.289):

Cria situações de barlavento e sotavento, o que influencia o fluxo da circulação de superfície e, ao mesmo tempo, gera condições para a condensação a barlavento (chuvas orográficas = vertente úmida) e ressecamento a sotavento (vertente seca = sombra de chuva). Por outro lado, as diferenciações altimétricas apresentam, em mesoescala, papel destacado na distribuição da radiação líquida, na retenção do vapor de água e armazenamento de calor sensível. A atuação conjunta desses parâmetros é suficiente para provocar variações no clima regional, gerando as feições dos climas locais.

Considerando que os aspectos fisiográficos e antrópicos do clima não apresentam tamanhos pré-determinados, a extensão horizontal desta escala climática se torna muito variável, no entanto considera-se apropriado adotar os valores de 15 a 150 quilômetros, variando verticalmente até a Camada Limite Planetária³, entre 1200 e 2000 metros de altura. A permanência dos estados atmosféricos em escala local varia entre 12 horas e uma semana em razão da gênese nos sistemas atmosféricos.

É nesta escala que indicam a utilização da análise rítmica proposta por Monteiro (1999), técnica que visa integrar os fenômenos de diferentes escalas a fim de compreender os tipos

³ Camada Limite Planetária, situada entre 1200 e 2000 metros de altura é “a camada de intensa mistura provocada pelos processos convectivos originados pelo aquecimento diferencial da superfície e pela rugosidade do terreno.” (RIBEIRO, 1993, p. 291).

de tempo, associando a gênese do tempo e do clima ao seu impacto na natureza e na sociedade.

Considerando que os climas urbanos constituem os climas locais altamente alterados pela atividade antrópica (solo impermeabilizado, alterações na drenagem natural e precariedade do sistema de escoamento superficial, carência de áreas verdes que possam aliviar o problema de impermeabilização, infraestrutura inadequada, etc.), a ação do homem constitui fator agravante, que conjuntamente com os eventos extremos causam forte impacto sobre a paisagem urbana (MONTEIRO, 1999).

Na escala local, Monteiro (1999) subdivide os climas em mesoclima, topoclima e microclima, sendo o mesoclima influenciado pelo processo de urbanização, se estendendo a grandes cidades (10^{-2} centenas de km), o topoclima modificado pela arquitetura das cidades (pequenas cidades, correspondendo a dezenas de metros) e o microclima sendo o estudo dos climas de grandes edificações, atingindo extensões territoriais de alguns metros.

Já Ribeiro (1993) define a escala Topoclimática como a variação do clima local em razão da rugosidade do terreno que implica na diferença de energia recebida durante o dia, e por sua vez induz a contrastes entre vertentes posicionadas em uma mesma latitude e altitude, restringindo-se à forma do relevo ou ao tamanho da vertente. A rugosidade do terreno também provoca um padrão de circulação terciária na medida em que promove a movimentação do ar por diferença de aquecimento da superfície. A extensão vertical desse nível pode variar de 50 a 100 metros de altura, coincidindo com a Camada Limite Superficial.

A escala microclimática é definida por Ribeiro (1993) pelas trocas gasosas e energéticas entre as estruturas presentes na superfície e o ar no entorno. De acordo com Ribeiro (1993), os autores que estudam essa taxonomia climática são unânimes em reconhecer que o nível microescalar é o nível mais próximo dos seres humanos. No entanto tal consenso não se firma quanto aos limites de abrangência de tal escala. Aspectos como cor, textura, micro rugosidade, cobertura do solo, irão definir a variação dos elementos climáticos na microescala, sendo que, segundo Ribeiro (1993, p.293) “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”.

Em relação a extensão espacial da microescala, ela pode variar de dois metros até 100 metros acima do solo. A extensão horizontal se limita de 0,1 a 10.000 metros dependendo de cada autor. Em relação aos limites para o microclima, Ribeiro (1993, p.292) alega:

O estabelecimento de limites rígidos para o microclima parece não trazer resultados palpáveis, uma vez que o seu tamanho vai mesmo depender da natureza da superfície que lhe dá origem. Dessa forma, sua concretude pode ser pesquisada a partir do balanço de energia da referida superfície.

De forma geral, Conti (1995), baseando-se nos critérios adotados por Geiger, define microclima como o clima que se encontra próximo ao solo, entre zero a quarenta metros da superfície. Nesta categoria também se encontra a camada limite, onde o vento sofre uma redução máxima na velocidade em razão do atrito com superfície rugosa do solo e os valores de temperatura e umidade tentem a permanecer constante sobre o solo.

1.2 Geossistema

De acordo com Monteiro (2000) a introdução do conceito de geossistema na Universidade de São Paulo e em todo país se deu com o artigo de Georges Bertrand, de 1968, emergindo como novo paradigma da Geografia Física. Bertrand considerava que o geossistema é o resultado na combinação dinâmica entre o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica. Criado a partir da Teoria Geral dos Sistemas, lançada por Ludwig von Bertalanffy na década de 1950, o conceito geossistema apresentava uma proposta geográfica, diferente do conceito de ecossistema.

O conceito de geossistema apresentava uma percepção da evolução integrada da paisagem, uma nova ideia unificadora da geografia física, mais integrada e conjuntiva (MONTEIRO, 2000). Monteiro (2000, p.11) define geossistema, como uma “concepção teórica de efetiva integração nas diferentes esferas que compõe o escopo geográfico”.

Para Monteiro (2000), o geossistema e sua análise constituem uma tentativa de melhoria na investigação da geografia física, principalmente através da modelização dos geossistemas, que procuram promover maior integração entre o natural e o antrópico.

No meu interesse pessoal o aspecto que me pareceu mais promissor e relevante liga-se as técnicas de modelização convergentes para caracterização do regime dos geossistemas, o que é capital para a dinâmica processual dos mesmos. Para quem, no estudo dos climas, ressalta a importância do ritmo e da dinâmica temporal projetada sobre os espaços, esse aspecto técnico foi um dos procedimentos mais bem-vindos no meu programa de pesquisa. (MONTEIRO, 2000, P. 48)

Segundo Christofolletti (1979) os geossistemas podem ser entendidos como a organização espacial dos sistemas ambientais físicos, resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, relevo, solo, água, vegetação, animais, etc.) com os elementos sociais.

Os geossistemas funcionam através dos fluxos de energia e matéria, sendo o clima um dos seus fatores fundamentais, uma vez que constitui fornecedor de energia para o sistema, influenciando na quantidade de calor e água. Embora o clima não seja materializável e visível na superfície terrestre, diferentemente dos outros componentes do geossistema, ele é perceptível e contribui significativamente para sentir e perceber as paisagens. As combinações entre massa e energia com as estruturas presentes no sistema ambiental físico criam heterogeneidade interna, manifestando-se em mosaico paisagístico, por sua vez conectadas através dos fluxos de energia horizontais (CHRISTOFOLLETTI, 1979).

Para Bertrand (2004), o geossistema constitui uma unidade ou um nível taxonômico na categorização da paisagem, sendo compreendido entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados, resultante da combinação de fatores geomorfológicos (vertentes, solo, etc.), climáticos (temperatura, chuva, etc.) e hidrológicos (pH das águas, tempo de ressecamento do solo, etc.). De acordo com o autor, tal nível taxonômico é o que necessita de maior atenção.

O geossistema situa-se entre a 4ª e a 5ª grandeza têmporo-espacial. Trata-se, portanto, de uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. É nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o

geógrafo. Nos níveis superiores a ele só o relevo e o clima importam e, acessoriamente, as grandes massas vegetais. Nos níveis inferiores, os elementos biogeográficos são capazes de mascarar as combinações de conjunto. Enfim, o geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana. (BERTRAND, 2004, p.146)

No entanto, segundo Monteiro (2000), tal noção compósita, integrada ao geossistema, proposta por Bertrand, pode ser considerada aceitável, contudo apresenta problemas segundo a taxonomia nas ordens de grandeza, não sendo definidos com precisão, e não podendo ser universalizado, já que estaria habituado ao escalonamento vertical da cadeia dos Pirineus (Europa) e horizontalmente projetado em espaços mais restritos, impossibilitando a aplicação do seu conceito em regiões e continentes distintos.

Autores como Brian Berry (escola alemã) e Victor Sotchava (escola soviética), também foram primordiais para a introdução e entendimento do conceito de geossistema no Brasil. Berry, considerando uma abordagem geográfica dirigida ao planejamento, incorpora elementos bióticos do conceito de ecossistemas, acrescentando elementos antropogênicos incluindo componentes sociais e políticos. Já Sotchava ligava-se mais às formações biogeográficas, com adoção das categorias de “Geômeros” (unidades homogêneas) e “Geócoros” (unidades heterogêneas) como unidades superiores. Para esse autor, a interação entre os fenômenos naturais e fatores sociais constituía o principal aspecto do geossistema. (MONTEIRO, 2000)

Para Christofletti (1979), as atividades humanas (urbanização, industrialização, agropecuária, exploração mineral) podem modificar o equilíbrio natural dos geossistemas, que por sua vez alteram os fluxos de energia e matéria podendo ultrapassar o espectro da resiliência, desestabilizando o geossistema e promovendo a readaptação dos sistemas para um novo estado de equilíbrio.

Considerando a análise sistêmica como integradora do natural e humano, e o clima como componente fundamental dos geossistemas, torna-se evidente a necessidade de analisar o clima integrado aos demais componentes do sistema a fim de compreender os impactos resultantes das mudanças no uso da terra na dinâmica climática.

1.3 Influência antrópica no clima

Segundo David Drew (2014, p.20), a Terra pode ser encarada como uma “imensa máquina integrada, movida a energia, trabalhando subdividida em incontáveis máquinas menores que operam dentro da estrutura geral do conjunto da máquina terrestre”. Sendo assim, torna-se impossível compreender qualquer aspecto terrestre de forma isolada, sem considerá-lo como parte do conjunto.

A Terra pode ser dividida em inúmeros subsistemas, que se encontram parcialmente independentes, porém firmemente vinculados entre si, obedecendo uma hierarquia existente. Entre esses subsistemas, encontra-se a Atmosfera, que de acordo com Drew não pode ser afetada, de maneira significativa, pelo homem, no entanto pode sofrer interferências em sistemas de ordem inferior (DREW, 2014).

Também considerando a abordagem sistêmica, Monteiro (2000) admite que a dinâmica climática, principalmente as mudanças associadas as atividades antropogênicas, não podem ser dissociadas das demais esferas componentes do ambiente (sistema). Só é possível entender tais mudanças quando estudado o clima de maneira integrada.

Segundo Monteiro (2000), os espaços climáticos, organizados a partir das escalas superiores em direção às inferiores, se dão através do comportamento atmosférico agindo em conjunto com as demais esferas e processos naturais. Por sua vez, as modificações introduzidas pelo homem no ambiente alteram tal organização no sentido inverso, das escalas inferiores para as superiores.

De acordo com Drew (2014), as alterações provocadas pelo homem no ambiente alteram o clima circundante, modificando o caráter do solo e da vegetação próxima, que por sua vez resultará em alterações posteriores do clima local. O homem quando altera o ambiente visa um fim imediato, no entanto essas ações podem extrapolar os locais de intervenção e acarretar consequências no meio físico, gerando impactos no ambiente circundante as construções/modificações.

A urbanização e a agropecuária são as duas principais atividades socioeconômicas que acarretam impactos ambientais. Segundo Drew (2014), a atividade agrícola representa uma tentativa de controle do ser humano para com o ambiente, manipulando os ecossistemas na tentativa de elevar a produção de alimentos ao máximo, alterando a textura e umidade do solo, vegetação e o microclima.

Os efeitos dessas atividades sobre o meio ambiente são sentidos na mesma escala em que são realizados, considerando a intensidade e o grau de alteração experimentado pelo solo e vegetação. Nas áreas urbanas, os efeitos das modificações realizadas pelo homem são profundamente intensivos e localizados, sendo as cidades a representação mais significativa das alterações na superfície impostas pelas atividades humanas (DREW, 2014).

De acordo com Drew (2014), as mudanças introduzidas pelo homem no ambiente urbano podem ser mensuráveis, onde os valores de temperatura, umidade relativa e vento comportam-se de forma diferenciada em relação ao ambiente circundante. No entanto torna-se difícil identificar a influência do homem sobre a atmosfera em escalas superiores.

Em artigo intitulado "Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil", José Roberto Tarifa (1994) preocupa-se em avaliar as possíveis mudanças no clima decorrentes da ocupação agrícola no Brasil. De acordo com o autor, para que se admita a ocorrência de mudança climática a nível regional ou de macro escala deve haver o registro da variação de um dos atributos principais do clima, como temperatura e precipitação, em pelo menos trinta anos consecutivos.

No entanto, uma das maiores dificuldades para a avaliação dessas mudanças é a correta compreensão das variações dos atributos climáticos no tempo e no espaço.

As séries de dados meteorológicos de superfície não são suficientemente longas, e apresentam falhas e inconsistências. Por outro lado, nos raros casos com séries de dados longos (100 a 140 anos) de temperatura e chuva (por exemplo, Rio de Janeiro, Campinas e Fortaleza), é muito difícil separar as oscilações climáticas naturais, daquelas decorrentes dos processos antropogênicos. Outra dificuldade considerável é a enorme extensão do território brasileiro (8,5 milhões de km²) juntamente com a falta de mapas que documentem historicamente as diferentes formas de apropriação agrícola. (TARIFA, 1994, p.15).

De acordo com Tarifa, as alterações climáticas resultantes das atividades agropecuárias foram avaliadas em função da grandeza e abrangência dos impactos no clima, tornando-se necessário “a caracterização dos controles climáticos de macro escala bem como suas interações com os ambientes geofísicos.” (TARIFA, 1994, p.15).

Para cada grandeza taxonômica, cujas dimensões variam desde nível zonal ao nível microclimático, existem métodos e técnicas próprios para o entendimento de cada fenômeno correspondente a um nível específico. Na escala zonal, a latitude, altitude, distância dos oceanos e a circulação geral da atmosfera constituem os controladores climáticos desse nível. Desdobrando os climas zonais em unidades menores têm-se os climas regionais, influenciados principalmente pelo relevo e pelos sistemas atmosféricos. Organizados em unidades menores, influenciados pela topografia e pela cobertura do solo, estão os climas locais, onde ocorrem as interferências humanas, mais especificamente no nível microclimático, onde ocorrem as alterações na camada limite planetária (TARIFA, 1994).

De acordo com Drew (2014), a entrada de radiação solar é o determinante fundamental do clima, sendo as variáveis atmosféricas (temperatura, precipitação, pressão, vento) efeitos secundários da diferença de energia recebida na superfície terrestre. Dessa forma, em razão da ampla escala do sistema atmosférico e dos enormes fluxos de energia que o conduzem, a interferência humana no clima em escala global se torna praticamente impossível, considerando que o homem não é capaz de alterar ou controlar semelhantes fluxos de modo significativo.

No entanto, o homem tem o poder de alterar os climas locais, como os da cidade, projetando sua ação direta até espaços sub-regionais. Tal capacidade de modificação se restringe a uma atuação na cobertura biótica da superfície terrestre, e não propriamente na atmosfera, considerando que seu comportamento obedece a comando de ordem superior, em escalas globais (MONTEIRO, 2000).

As características da floresta Amazônica, combinadas com fatores locais e regionais (posicionamento latitudinal, extensa cobertura vegetal) interagem entre si, modificando a

circulação atmosférica e gerando as chuvas na Amazônia. Considerando que a cobertura vegetal desempenha papel fundamental no processo de formação das chuvas, a sua substituição por pastagens e cultivos podem interferir na variação dos elementos atmosféricos. No caso da Amazônia Centro-Ocidental, se a alteração ocorrer na ordem de milhares de km², os impactos excederão os níveis climáticos, passando a influenciar o clima local e até mesmo o clima regional (TARIFA, 1994).

Tarifa (1994) revela que nas áreas desmatadas e cultivadas com roçado (areia branca) os solos sem mata chegam a registrar temperaturas até 8°C maiores que em solo florestado, podendo inclusive interferir nos valores de precipitação, indicando que a retirada da cobertura vegetal implicaria numa mudança radical no complexo sistema “solo-planta-atmosfera”.

A retirada da cobertura florestal na Amazônia implica não somente na elevação da susceptibilidade à alteração climática, como também na diminuição do tempo de permanência da água no solo e conseqüente diminuição da disponibilidade da umidade para a atmosfera, como também o aumento do albedo da superfície do solo, induzindo os totais pluviométricos.

Em relação ao Cerrado, Tarifa (1994) aponta que dos 1,7 milhão de km² ocupados pelo cerrado em todo território brasileiro, até o ano do referido estudo, 1994, 37% do bioma já perdeu sua cobertura primitiva, sendo substituídos por pastagens e extensas áreas cultivadas principalmente por soja, arroz e milho. Considerando que a gênese das chuvas na região ocupada pelo cerrado depende da interação dos sistemas atmosféricos de mesoescala, que por sua vez dependem da circulação geral da atmosfera, a interferência advinda do processo de ocupação agropecuária nos cerrados é praticamente nula. No entanto o autor levanta a hipótese de que as alterações climáticas verificadas na Amazônia poderiam provocar a diminuição das chuvas à longo prazo na área do Brasil Central, considerando que as chuvas dessa região são influenciadas também por sistemas originários da região Amazônica.

Outro fator de preocupação são as queimadas realizadas no Cerrado para a limpeza dos pastos, que segundo Tarifa (1994), por ocorrerem no final do inverno e início da primavera (tempo seco), provocam alterações significativas na qualidade do ar.

Tarifa (1994) usa o Nordeste Semi-árido para exemplificar a limitada influência antrópica sobre clima, considerando que a existência do enclave semiárido subequatorial, no Trópico úmido brasileiro, é resultado de fenômenos de escala zonal associado aos aspectos físicos regionais, demonstrando que as alterações climáticas relacionadas a exploração agropecuária estão restritas às mudanças no balanço hídrico e balanço de radiação em escalas topo e microclimáticas.

No entanto, as condições “geoecológicas” da área (baixo índice pluviométrico, extrema irregularidade das chuvas) aliada a ocupação agrícola e áreas de pastagens facilitam a intensificação da desertificação na medida em que promovem o decréscimo da capacidade vegetativa do bioma existente, que por sua vez provocam erosão acelerada, redução na produtividade dos solos e escoamento dos principais corpos d’água.

De acordo com Tarifa (1994), a fachada tropical Atlântica, domínio dos mares de morros originalmente revestidos pela Mata Atlântica apresenta as situações mais extremas e críticas de ambientes alterados de todo território nacional, principalmente em função do seu processo histórico de apropriação rural, urbana e industrial da paisagem. As alterações na qualidade do ar das principais metrópoles da região (como São Paulo, Belo Horizonte e Porto Alegre) podem ser relacionadas com o estilo de desenvolvimento agrícola da região (alto consumo e produção de fertilizantes, agrotóxicos e produtos químicos). Além disso, em razão da retirada da cobertura vegetal das bacias hidrográficas, tal fachada registra os piores casos de impactos decorrentes dos eventos extremos meteorológicos.

De acordo com Conti (2001, p.46) “a cidade é a grande expressão geográfica deste novo século”, onde encontra-se cerca da metade da população mundial. Segundo o autor, cerca de 42% da população brasileira concentra-se nas áreas metropolitanas, sendo a cidade o exemplo mais significativo das interferências impostas pelo homem no ambiente.

Em relação as áreas urbanas, Lopes e Jardim (2012), afirmam que a cidade é capaz de alterar as características atmosféricas na medida em que as modificações no uso da terra interferem no balanço de radiação, balanço hídrico, circulação do ar, mudança nas características de albedo dos materiais, produzindo um clima próprio, agindo no mesmo tempo e espaço que outros fenômenos produzidos fora das cidades.

Os fenômenos característicos dos centros urbanos ocorrem junto a fenômenos cuja origem se associa a características de ordem escalar superiores, ligadas aos aspectos do relevo e dinâmica das massas de ar. Sendo assim, torna-se claro que o clima derivado das cidades deve ser revisto dentro de um complexo maior de eventos que participam desse sistema, e segundo os autores (2012, p.206), esta forma de abordagem só se torna possível quando “se analisa o clima dentro de uma perspectiva de sucessão e encadeamento dos tipos de tempo, fundamentado na análise rítmica”.

De acordo com os autores, as estruturas presentes nas cidades favorecem a queda de temperatura de forma mais lenta após o pôr-do-sol em razão da maior dificuldade dos materiais urbanos em dissipar a energia armazenada durante o dia, contribuindo com valores mais altos de temperatura no período noturno quando comparado a áreas periurbanas e rurais.

Ainda que o calor específico do concreto (material encontrado abundantemente nas cidades) seja baixo ($0,2\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}$), sua maior massa e volume compensam o baixo calor específico (LOPES e JARDIM, 2012). Tal material contem alto poder de armazenamento de calor, demorando mais tempo para responder ao aquecimento solar e conseqüentemente, levando mais tempo para dissipar o calor armazenado, repercutindo em menores amplitudes térmicas.

Para os autores fica claro que os fatores microclimáticos presentes no local de estudo (edificações, presença de áreas verdes, orientação das vertentes, altitude, etc) influenciam e direcionam a variação dos elementos climáticos. No entanto tais diferenças encontradas entre áreas urbanas e rurais são mais evidenciadas em dias quentes, sob condições de tempo estável, sem ventos ou presença de nebulosidade.

Quando analisados em dias de nebulosidade elevada, as temperaturas tendem a apresentar amplitudes térmicas menores e diferenças mínimas. “Nem sempre há condições propícias à definição de um clima urbano, mesmo em cidades grandes ou metrópoles. Em dias de chuva com elevada nebulosidade, [...] as variações de temperatura entre os diversos pontos são mínimas” (LOPES E JARDIM, 2012, p.218).

Por essa razão, segundo Lopes e Jardim (2012), é que se deve repetir o experimento sob diferentes condições atmosféricas, uma vez que o clima das cidades responde a fenômenos de ordem escalar superior, revelando o caráter dinâmico e complexo do sistema climático, não sendo possível afirmar que as mudanças climáticas se dão em razão da interação entre apenas dois elementos do clima.

Os autores chamam a atenção para o fato de que as cidades não são responsáveis apenas pelos impactos negativos causados na paisagem, uma vez que “a cidade é sede de transformações sociais importantes, envolvendo a produção de serviços, importação e exportação de mão-de-obra qualificada, entreposto comercial, concentração de equipamento industrial, etc.” (LOPES E JARDIM, 2012, p.207).

Em estudo sobre “O ritmo semanal das atividades humanas e o clima na Região Metropolitana de São Paulo”, os autores Tarik Rezende de Azevedo e José Roberto Tarifa (AZEVEDO e TARIFA, 2001) tratam sobre a questão das relações entre o uso da terra e o balanço de energia na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), visando verificar se o montante de energia produzida pela cidade e pelas atividades humanas seria suficiente para modificar os processos atmosféricos, influenciando no conforto climático.

A escala diária considerando os dias da semana foi utilizada fundamentada na condição do ritmo semanal de trabalho ocidental, que segundo os autores (2001, p.02):

Este ritmo é completamente arbitrário em relação aos ritmos astronômicos e em relação à circulação secundária, o que faz do mesmo conveniente para a investigação do papel das atividades humanas no sistema climático. A semana regular de trabalho é marcada pelo dia de menor atividade urbana, ou seja, o domingo. No entanto, os outros dias da semana nem sempre são dias “úteis”. Ao longo de vários anos, a probabilidade dos feriados ocorrerem em qualquer dia da

semana é praticamente constante, exceção às datas móveis (Páscoa e Carnaval). Mas, como existe o hábito das “pontes”, a quarta-feira é o dia da semana em que se acumula mais dias “úteis”. Uma vez exposto o conceito de ritmo semanal das atividades humanas, há que considerar que ritmos derivados diretamente deste seriam significativos para a investigação da atmosfera urbana.

Nesse estudo os autores identificaram evidências de que a temperatura das cidades seria mais elevada em razão da presença em grande volume de veículos automotores, e que o calor dissipado pelas atividades humanas seria menor nos domingos e feriados, considerando que o fluxo de energia dominante é resultante das atividades industriais, que tendem a diminuir suas atividades em tais dias.

Os autores obtiveram indícios de que as variações de determinados elementos ocorrem com uma probabilidade maior nos dias centrais da semana, com picos na quarta-feira. Esta hipótese se apoia no fato de que ao longo dos anos “a probabilidade dos feriados ocorrerem em qualquer dia da semana é praticamente constante, exceção às datas móveis (Páscoa e Carnaval). Mas, como existe o hábito das “pontes”, a quarta-feira é o dia da semana em que se acumula mais dias “úteis”. ” (AZEVEDO e TARIFA, 2001, p.2).

Cabe ressaltar que apesar do homem não ser capaz de interferir na atividade dos sistemas em escalas superiores, os sistemas de ordem inferior, sobretudo aqueles que envolvem os seres vivos, são mais vulneráveis as mudanças realizadas pelas atividades antrópicas (DREW, 2014). Para Monteiro (2000) é na antroposfera, palco do desempenho humano, que os impactos produzidos pelo clima são corrigidos ou até mesmo intensificados pelo homem, sendo exatamente nesta interface que os estudos de climatologia devem ser dirigidos.

Com a intenção de elaborar uma proposta teórica para auxiliar nos trabalhos sobre climatologia urbana, Monteiro (2003), com base na concepção dinâmica do clima proposta por Sorre e da Teoria Geral dos Sistemas (1950), propõe o tratamento integrado do clima das cidades, denominada como Sistema Clima Urbano (S.C.U.). Essa perspectiva possibilita a compreensão do dinamismo climático, considerando a sucessão habitual de tempos (ritmo) sobre a área de estudo, facilitando o papel do planejamento urbano.

Em tal proposta teórica, Monteiro (2003) considerou o clima urbano como um sistema aberto, dinâmico, adaptativo, complexo e auto regulável. Segundo o autor, para se estudar o clima da cidade é necessário adotar uma conduta de investigação que trabalhe com a coparticipação entre o homem e a natureza, e não um antagonismo entre eles. O S.C.U. pode ser entendido a partir dos critérios de escolhas, enunciados básicos, questões básicas de consistência e os canais de percepção.

Monteiro (2003) considera essencial apresentar os critérios de escolhas para a montagem de um sistema teórico. Considerando que a Teoria Geral dos Sistemas (T.G.S.) admite a possibilidade de receber perguntas e emitir respostas, Monteiro destaca a visão pragmática, onde a investigação se concentra no pesquisador, direcionando a outros pesquisadores os resultados da investigação (pragmatismo). Faz-se necessário a possibilidade de tratamento dinâmico do clima urbano (dinamismo), além do enquadramento de todos os fatores que compõe o clima das cidades, sendo capaz de abarcar todas as escalas de tratamento espacial e temporal, considerando a complexidade urbana de qualquer cidade do globo (consistência).

Como qualquer fenômeno investigado pela ciência, a observação empírica, tanto por via indutiva quanto hipotético-dedutiva, se faz de extrema necessidade para o estudo do clima urbano (empirismo). Por fim, Monteiro (2003) destaca a necessidade da organização e do mapeamento dos dados obtidos, implicando na representação do clima urbano (modelismo).

Como base para o desenvolvimento dos estudos do clima urbano, Monteiro (2003) apresenta dez enunciados básicos do S.C.U. como ideias reguladoras dos estudos climáticos. Dentre esses enunciados o autor destaca a importância de se considerar o clima urbano como um sistema que abrange o clima de um espaço terrestre e sua urbanização, independente do seu tamanho, além da importância de se considerar o ambiente regional no qual o espaço urbanizado está inserido e suas relações íntimas com tal ambiente. Monteiro também chama atenção para o planejamento urbano e a reponsabilidade do homem em assegurar a condição de sistema organizado através de dispositivos auto reguladores providos pelos governantes.

Para a montagem do S.C.U., três questões básicas de consistência foram discutidas: as ordens de grandezas e os graus de organização, os padrões de comportamento e auto-regulação, a dinâmica processual e padrões estruturais do Sistema Clima Urbano. A noção de hierarquia pode ser avaliada como um dos princípios fundamentais dessa teoria. Monteiro (2003) a considera como a primeira questão de consistência para sua proposta teórica do Sistema Clima Urbano.

A primeira questão diz respeito à Ordem de Grandeza e Graus de Organização, que trata dos problemas de taxonomia na ciência geográfica, visando o esclarecimento sobre as relações dimensionais e escalonares entre as unidades taxonômicas e sobre as relações hierárquicas do sistema, sem estabelecer limites absolutos a cada unidade morfoclimática. Monteiro (2003) afirma a importância de se compreender a interdependência dos processos que ocorrem dentro do sistema visando sua organização.

Para isso ele apresenta uma representação gráfica da organização hierárquica associada a ideia de hierarquia de uma árvore, mostrando a relação entre os troncos e galhos, e entre os galhos e troncos, admitindo a noção de crescimento e evolução do sistema, e afastando a falsa impressão de estrutura rígida e autoritária, por vezes associada ao conceito de hierarquia.

A segunda questão trata dos Padrões de Comportamento e Auto-regulação, já discutidos em alguns tópicos dos enunciados básicos, sendo o S.C.U. considerado um sistema adaptativo cuja sua harmonia depende das decisões tomadas pelo poder público, visando melhor qualidade ambiental para toda a comunidade urbana.

A Dinâmica Processual e Padrões Estruturais do S.C.U, terceira questão, refere-se a entrada de energia no sistema e seu modo de transmissão, aos graus de hierarquia funcional e dos níveis de resolução do sistema.

Com o objetivo de enquadrar os elementos do clima em uma estrutura analítica, uma vez que para o entendimento do S.C.U. faz-se necessário a compreensão da entrada, transformação e saída de energia, Monteiro (2003) elaborou um quadro de articulação dos

sistemas segundo os canais de percepção. Tal quadro foi elaborado considerando que a proposta para o S.C.U. liga-se à percepção humana.

Através desses canais de percepção, Monteiro pretende demonstrar como a gênese dos fenômenos climáticos e o comportamento atmosférico interferem e se relacionam com a sociedade, e como tais elementos não podem ser dissociados.

Nota-se que é impossível dissociá-los completamente, tanto na essência atmosférica quanto na percepção do cidadão. Assim como, por exemplo, não há meio de desvincular a produção meteórica do comportamento e da composição atmosférica, não se poderá considerar que a qualidade e as inundações do espaço urbano estejam desligadas do conforto. (MONTEIRO, 2003, p.43)

Através dos três subsistemas, é possível organizar todos os elementos climáticos para análises em conjunto dos fatores Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrometeorológico, associados aos canais de percepção humana, sendo: Canal I - Conforto Térmico, Canal II - Qualidade do Ar e Canal III - Impacto Meteorológico.

O canal I, relacionado ao conforto térmico, evidencia uma coparticipação entre natureza e homem, uma vez que o insumo básico de energia que adentra o sistema é transformado na cidade em razão do uso da terra, morfologia urbana e suas funções (calor, umidade e ventilação).

De acordo com Monteiro (2003), a análise termodinâmica fornece informações básicas aos arquitetos e urbanistas, assessorando-os para um melhor planejamento urbano. No entanto, as normas estabelecidas para a criação dos espaços urbanos utilizados no Brasil seguem os padrões de países de regiões temperadas ou frias, contribuindo para o aumento do desconforto térmico, uma vez que o Brasil se encontra em condições intertropicais. Dessa forma, torna-se importante que a elaboração dos planos diretores não se atenha somente aos aspectos econômicos.

No canal II, ligado à qualidade do ar, diferentemente do canal anterior, a responsabilidade parte puramente do homem, partindo da produção humana na cidade em sentido ao sistema. A contaminação da atmosfera ocorre especialmente nas concentrações urbanas em

razão da circulação de veículos e concentração de indústrias, concentrando-se em certos pontos da cidade e sendo exportada para os ambientes circundantes, variando de acordo com o grau de desenvolvimento urbano.

Em relação às fontes poluidoras, Monteiro (2003, p.51) afirma que “como produção humana, ela deve ser corrigida na fonte de emissão e não atribuída ao comportamento do ar sobre cujos insumos energéticos o homem não dispõe de controle”, isto é, o homem poderá agir apenas na prevenção e correção das fontes poluidoras.

Segundo Monteiro (2003), no Brasil, considerando que a interrupção do desenvolvimento industrial é inconcebível, torna-se necessário a adoção de atitudes planejadas de locação de indústrias em sítios que não comprometeriam a qualidade ambiente, sendo as pesquisas de climatologia urbana importantes contribuintes nesse processo de planejamento.

O canal III, relacionado aos impactos meteóricos, encontra-se ligado exclusivamente à natureza, uma vez que se manifesta através dos insumos energéticos atmosféricos, encontram-se todas as manifestações meteóricas de impacto (tempestades, tornados, furacões, fortes nevadas, etc.). Tais manifestações originam graves consequências para a sociedade e refletem variações extremas no padrão habitual do clima, variando conforme os mecanismos específicos de circulação atmosférica regional, repercutindo negativamente na cidade.

Os eventos citados acima, de forma geral, conduzem a sociedade a estratégias de defesa, criando infraestrutura tecnológica e legislativa de reação de defesa, uma vez que é impossível evitar a ocorrência de tais eventos. Infelizmente o Brasil não se encontra no grupo de governos que agem para atenuar os impactos decorrentes de eventos extremos. Segundo Monteiro (2003), dificilmente há um ano em que não se registre, em qualquer parte do país, eventos de aguaceiros, originando fortes impactos na sociedade, revelando a incapacidade dos governos de combater tal problema crucial.

Considerando que a ligação existente entre o núcleo do S.C.U. e o ambiente que ele integra, os eventos de chuva extrema não podem ser dissociados da drenagem e escoamento superficial. Dessa forma, torna-se necessário a utilização de estratégias urbanas que

diminuem os impactos provenientes dos eventos extremos, como racionalização do uso do solo e aperfeiçoamento da infraestrutura urbana na canalização de água pluvial. Como exemplo, Monteiro (2003) cita a implantação de áreas verdes na estrutura urbana, que constituem verdadeiras “válvulas regulares do escoamento”.

1.4 Variabilidade e mudança climática

De acordo com Sant’Anna Neto (2003), o ciclo das manchas solares, as erupções vulcânicas, alterações no campo magnético e orbita da Terra além das modificações introduzidas pelo homem na paisagem exercem papel fundamental na variabilidade e na mudança climática, no entanto ressalta que a era em que vivemos (interglacial) constitui uma fase de exceção, uma vez que os períodos glaciais, mais frios, são a regra geral. Dessa forma, torna-se difícil prever a variação da temperatura a longo prazo, uma vez que ela pode sofrer um forte aquecimento ou resfriamento, caminhando para uma nova era glacial.

A variabilidade climática pode ser definida como a variação dos elementos climáticos num dado período de registro em função das interações entre os condicionantes naturais do planeta (SANT’ANNA NETO, 2003; STEINKE, 2004).

Considerando que a variabilidade climática também é definida por ciclos (manchas solares, Oscilação Decadal do Pacífico - ODP, El Niño, etc.), Sant’Anna Neto (2003) chama atenção para a dificuldade da previsibilidade do clima, uma vez que sua variabilidade depende da interação entre diversos fatores que se manifestam em diferentes escalas temporais e espaciais. Ainda que se conheçam alguns dos padrões de comportamento desses fenômenos cíclicos, devido ao grau de complexidade e a ausência de conhecimento da gênese de tais fenômenos, até então não tem sido possível elaborar um modelo de previsão que seja capaz de abarcar todas as variáveis que interferem no clima.

Steinke (2004) relaciona o termo “mudanças climáticas⁴” com às atividades humanas, já que segundo a autora, mudanças climáticas seriam as alterações verificadas na variabilidade

⁴ Steinke define mudanças climáticas como sendo “as alterações na variabilidade natural do clima devido às atividades humanas.” (STEINKE, 20004, p.12)

natural do clima em consequência das atividades antrópicas, sendo necessário verificar alterações na variabilidade natural do clima para então afirmar a ocorrência de mudanças climáticas.

Em relação as mudanças climáticas de ordem global, Sant'Anna Neto (2003) cita os períodos das glaciações ocorridas desde a formação da atmosfera terrestre, relacionadas a processos astronômicos, explicados pela excentricidade da órbita circunsolar da Terra, inclinação do eixo terrestre e precessão dos equinócios, além de longos períodos de atividade vulcânica.

As mudanças climáticas globais não necessitam ser causadas por atividades naturais ou antrópica situadas em todas as regiões da superfície terrestre. O importante é que, através das relações causais, os efeitos e impactos das atividades que as originam, numa reação em cadeia, podem atingir outras áreas cujas consequências, agora ampliadas, assumem maior proporção territorial, tornando-as globais. (SANT'ANNA NETO, 2003, p.54)

No entanto, Sant'Anna Neto (2003) chama atenção para o fato das estações meteorológicas se encontrarem em áreas urbanizadas, o que acaba dificultando uma análise consistente, uma vez que as estações passam a registrar o clima urbano e não as condições climáticas regionais. Além disso, outro fator agravante diz respeito a falta de séries temporais suficientemente longas e sem falhas para análise, além da dificuldade em separar as oscilações climáticas naturais daquelas derivadas das ações antrópicas. Jardim (2012) também chama atenção para as questões envolvendo localização das estações e as diversas interpretações errôneas a respeito dos dados coletados:

O fato de cidades grandes espalhadas pelo mundo afora mostrarem elevação da temperatura ou tendência de mudanças no padrão de chuvas ao longo de vários anos não significa, necessariamente, que o clima em escala zonal ou global esteja se modificando, haja vista que tais mudanças guardam estreita relação com fatores à escala da própria cidade (sítio urbano, adensamento populacional, porte dos edifícios, serviços, quantidade de automóveis em circulação, propriedades térmicas dos materiais utilizados na construção civil etc.). Muitos eventos climáticos considerados como "provas" ou "evidências" do aquecimento global, como a ocorrência de tornados ou de geadas em áreas onde estes seriam (supostamente) escassos ou de períodos de secas em localidades habitualmente chuvosas, constituem-se em desvios em relação aos valores médios e estão inclusos nas características de clima de qualquer localidade espalhada pelo mundo, indicando a variabilidade natural desse sistema. (JARDIM, 2012, p.45)

De acordo com Molion (2007)⁵, em estudo intitulado "Desmistificando o Aquecimento Global", o clima tem como principais controladores externos a variação da produção de energia solar, as mudanças nos parâmetros orbitais da Terra e a tectônica de placas, sendo o sol a fonte primária de energia para o planeta. Como controladores internos do clima destacam-se o albedo planetário, o efeito estufa e variações da temperatura de superfície do mar (TSM).

A estabilidade do clima é resultado do balanço entre o fluxo de radiação em ondas curtas (ROC) absorvido pelo planeta e o fluxo de radiação em ondas longas (ROL) emitido para o espaço (MOLION, 2007). O albedo planetário (percentual de ROC refletido de volta para o espaço) é responsável por controlar a quantidade de ROC que entra no sistema terra-atmosfera-oceanos, dessa forma o aquecimento do clima da Terra, segundo Molion, só ocorreria pela redução do albedo planetário ou pela intensificação do efeito estufa.

Ainda de acordo com esse autor (2007), entre 1920 e 1946 foi registrado aumento global da temperatura em 4°C, no entanto tal aumento estaria ligado a causas naturais, possivelmente em razão do aumento de energia solar recebido na superfície e redução do albedo planetário. Considerando que as emissões de gases poluentes até a Segunda Guerra Mundial representavam cerca de 10% da produção atual, torna-se difícil indicar que esses aumentos tenham relação com as atividades humanas.

O aumento da temperatura global registrada a partir do ano de 1977 (0,3°C), segundo Molion (2007), é resultado, em parte, da urbanização em torno das estações climatométricas, considerando que estas estações registam variações de seu microambiente, já que estão instaladas em cidades que se desenvolveram muito após a Segunda Guerra Mundial, isto é, os valores registrados representam um aquecimento local e não global, portanto, estações de superfície são inadequadas para determinar a temperatura média global da superfície, conduzindo a resultados incorretos.

⁵ Disponível em: < http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/molion_desmist.pdf>. Acesso em 10 de maio de 2017.

Ainda deve-se considerar o fato de que as séries temporais de dados disponíveis para análise (150 anos) são muito curtas para captar a variabilidade a longo prazo do clima, segundo Molion (2007), além do mais, o período de instalação das estações coincidiu com o final da “Pequena Era Glacial”, período frio responsável pelas quedas de temperatura, levando a uma interpretação errônea de que as temperaturas atualmente estejam mais altas do que deveriam.

De acordo com Molion (2007), a influência dos oceanos na variabilidade climática ainda não é bem conhecida, entretanto sabe-se que mudanças de longo prazo nas circulações oceânicas em escala global (ordem de décadas), como a ODP interferem no transporte e distribuição horizontal de calor sensível nos oceanos, influenciando nas temperaturas do ar.

Segundo Molion (2005) a ODP é a variação de longo prazo das temperaturas da superfície do Oceano Pacífico, que persistem por 20 a 30 anos.

Da mesma forma que o El Niño, a ODP apresenta duas fases. A fase fria é caracterizada por anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical em ambos hemisférios. A última fase fria ocorreu no período 1947-1976. Já a fase quente apresenta configuração contrária, com anomalias de TSM positivas no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical. A fase quente se estendeu de 1977 a 1998. (MOLION, 2005, p.1).

Considerando que os oceanos ocupam a maior parte da superfície terrestre, sobretudo o Oceano Pacífico (35%), bem como a importância dos oceanos para o aquecimento da atmosfera, já que é aquecida de baixo para cima, presume-se que variações na TSM podem produzir alterações climáticas significativas em todo o globo.

Molion (2007) destaca a “coincidência” existente entre as fases da ODP e a variação das temperaturas médias globais. De acordo com o autor, os baixos valores registrados entre 1947 e 1976 coincidem com a fase fria da ODP, enquanto o aquecimento entre 1977 e 1998 pode estar relacionado também com a fase quente da ODP (período de alta frequência de eventos de El Niño intensos).

Variações na quantidade de energia solar recebida, erupções vulcânicas e alterações no albedo planetário podem ocasionar mudanças significativas no clima global, evidenciando a natureza complexo do sistema climático, tornando-se delicado associar alterações climáticas somente às atividades humanas, ignorando a variabilidade natural do clima (MOLION 2007).

Molion (2007) ressalta que ainda que o aquecimento registrado no planeta seja causado pela variabilidade natural do clima, o homem deve ter o bom senso de adotar políticas de conservação ambiental para que as gerações futuras possam dispor dos recursos naturais, uma vez que o aumento populacional é inevitável num futuro próximo.

Segundo Jardim (2012), para a compreensão de um evento climático faz-se necessário o reconhecimento da gênese de tal fenômeno, da sua interação com os demais componentes da paisagem e sua repercussão sobre as organizações espaciais na superfície, isto é, como o fenômeno é recebido pela sociedade e pelo ecossistema. Estudos indicam que eventos extremos como chuvas intensas e episódios de veranico são recorrentes e fazem parte da variabilidade natural no clima, no entanto o que se percebe é a dificuldade da sociedade em absorver os impactos decorrentes desses fenômenos.

Se a gênese das condições de tempo e/ou de um dado evento climático é diversificada, a sua repercussão (ou impacto) sobre os diferentes ambientes também assume essa característica. Sobre os biomas florestais tropicais úmidos a ocorrência de episódios de chuva acima da média não traz grandes repercussões, constituindo-se, até certo ponto, em fato benéfico, já que esse sistema se estruturou ao longo do tempo evolutivo para absorver e conter o máximo possível de água (um simples teste com o infiltrômetro em solo florestal, comparado a áreas rurais nas proximidades, revela isso). Por outro lado, em áreas urbanas, impactos pluviais menos expressivos do que aqueles aqui descritos são, por vezes, suficientes para produzir enchentes/inundações e/ ou pontos de alagamentos pela cidade. (JARDIM, 2012, p.47)

Dessa forma, de acordo com Jardim (2012, p.47), uma vez que o clima “é resultado da conjunção de diversos e diferentes fatores, desde o evento atmosférico, passando pela relação deste com componentes em superfície (relevo, uso da terra etc.), até aqueles referentes a decisões políticas no que diz respeito ao estabelecimento de prioridades”, deve-se considerar políticas que auxiliem na organização da sociedade no sentido de minimizar os impactos decorrentes dos eventos climáticos extremos e melhorar a qualidade de vida da população residente dos centros urbanos.

1.5 Perfil Geoecológico

Em seu artigo intitulado “Cartografia Ambiental: uma cartografia diferente?”, Marcello Martinelli (1994) revela que em razão dos diversos debates que aconteciam no início da década de 1990 acerca da interferência humana no ambiente e os impactos causados pelas atividades antrópicas, as discussões sobre a questão ambiental passaram a ocupar o centro de importantes eventos internacionais. Considerando a relação entre a sociedade e natureza, percebeu-se a reaproximação entre os ramos físicos e humanos da geografia, entendendo o ambiente como o conjunto de interrelações dos aspectos sociais e físicos.

Desde então a questão ambiental passou a ser considerada como problema social e político, dessa forma, a representação gráfica desse novo contexto preocupou-se em melhorar ou estabelecer uma cartografia mais específica, no qual os principais aspectos do ambiente estariam representados, expressando sua relação com o homem.

O mais importante é desvendar o que está por trás do visível da paisagem aparentemente natural. O quadro físico não pode aparecer como determinante. Ele é um resultado, exprime as relações sociais vigentes na época de sua produção. Deve-se lembrar também que a natureza possui sua própria dinâmica. Porém o homem não pode ser excluído dela: os ambientes, as paisagens naturais passam a ser recursos, condição de produção, mercadoria, objeto de intervenção do Estado, etc. (MARTINELLI, 1994, P.62)

Para esse autor, a representação de um aspecto físico isolado transmite informações erradas, uma vez que a preocupação deveria se orientar em representar o maior número de relações entre elementos do quadro físico, humano e econômico. Dessa forma, a cartografia passa a exercer seu papel social, revelando “o conteúdo embutido na informação mobilizada e, portanto, dirigir o discurso do trabalho científico de forma abrangente, esclarecedora e crítica, socializando e desmistificando o mapa” (MARTINELLI, 1994, p.6).

De acordo com Martinelli (1994), os perfis compostos são um tipo de diagrama muito utilizado principalmente em mapas de temas físicos e empregados na proposta de cartografia ambiental. São caracterizados pelos cortes transversais, utilizados com a intenção de chegar na síntese cartográfica.

O autor ressalta a participação da fotografia na representação paisagística, tomando o cuidado de lhe atribuir um título e uma legenda, a fim de evitar o forte caráter polissêmico da imagem fotográfica. Para Martinelli (1994), as fotografias aliadas aos mapas auxiliam em um maior alcance social, uma vez que facilita o entendimento do mapa, aproximando o grande público aos objetos de estudo científico.

De acordo com Levighin e Viadana (2003), a organização do espaço constitui o principal objeto de estudo da geografia, preocupando-se com a forma com que este se define e se integra. Dessa forma, a ciência geográfica necessita de técnicas que possam auxiliar no diagnóstico dos problemas encontrados nos geossistemas visando o melhor planejamento do ambiente. Sendo assim, a aplicação do perfil geoecológico revela-se importante aliado nos estudos geográficos, uma vez que permite a leitura integrada dos elementos da paisagem.

Segundo Bertrand (2004), a paisagem não pode ser entendida como uma simples adição de elementos aleatórios no espaço, mas sim como o resultado da combinação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos, fazendo da paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução.

O perfil geoecológico, definido por Levighin e Viadana (2003) como técnica de interpretação integrada das condições ambientais, permite o entendimento dos processos condicionantes do geossistema, facilitando a visualização e compreensão da distribuição e interação dos elementos no espaço.

Segundo os autores, a técnica permite representar cartograficamente, através de transectos, unidades de um espaço geográfico, possibilitando a análise e identificação das relações existentes entre os elementos físicos da paisagem (topografia, vegetação, solo, clima, etc.). (LEVIGHIN e VIADANA, 2003).

De acordo com Cavalcanti (2014), as paisagens comumente são representadas por meio de ferramentas metodológicas, entre as quais se destacam o transecto. De acordo com o autor, são considerados transectos, também denominados seção-tipo, qualquer representação da

paisagem em um perfil topográfico. Tal técnica “trata-se de um modelo que busca caracterizar as variações paisagísticas ao longo de um gradiente de relevo.” (CAVALCANTI, 2014, p.37)

Para Levighin e Viadana (2003), os transectos, distribuídos de maneira sequencial, possibilitam a leitura horizontal e vertical de cada elemento, dando subsídio para a interpretação das condições ambientais de determinado local. Essa técnica vai de encontro com o enfoque sistêmico buscado nos estudos ambientais, uma vez que admite a visão integrada da paisagem.

Cavalcanti (2014) cita alguns critérios que devem ser estabelecidos para a observação da paisagem, dentre eles destacam-se a descrição das formas de relevo, solo, vegetação e uso da terra (descrição físico-geográfica), além de qualquer outra informação que o pesquisador ache relevante para a classificação de uma determinada área. Para a construção do transecto é necessário realizar descrições simples dos atributos observado na passagem, com o objetivo de auxiliar na diferenciação dos limites entre as paisagens.

1.6 Análise Rítmica

Considerando as irregularidades climáticas e os problemas existentes na compreensão da gênese dos fenômenos do clima, Carlos Augusto Figueiredo Monteiro elaborou uma proposta metodológica baseada na análise dinâmica do clima, denominada Análise Rítmica. De acordo com Monteiro (1969), tal abordagem considera a variação de todos os elementos climáticos de forma concomitante, alcançando o nível geográfico no momento em que a análise dos tipos de tempo é feita em sequencias contínuas (sucessão), em diferentes escalas de tempo e espaço. Para Monteiro (1969, p. 13) “é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a sequência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise dinâmica”.

Monteiro (1969, p.6) define ritmo climático como as “variações anuais percebidas através das variações mensais dos elementos climáticos. Uma repetição das variações mensais em

vários e sucessivos anos é o fundamento da noção de “regime””. O ritmo climático só pode ser entendido pela representação concomitante dos elementos climáticos a partir da escala diária, uma vez que os tipos de tempo se sucedem segundo os mecanismos da circulação atmosférica regional.

Segundo Monteiro (1969, p.8), “todavia a necessidade de caracterizar o ritmo climático exige decomposição cronológica já que os estados atmosféricos, em contínua sucessão, se produzem em unidades bem menores”.

Faz-se necessário analisar o clima dentro de uma realidade regional, uma vez que o ritmo de sucessão de tipos de tempo se expressa no espaço geográfico dessa determinada escala.

Segundo Monteiro (1971, p.12):

A insistência no caráter “regional” advém do fato de que o ritmo de sucessão de tipos de tempo se expressa no espaço geográfico na escala regional. Os mecanismos de circulação atmosférica, partindo de centros de ação ou unidades celulares, individualizam-se em “sistemas” que se definem sob a influência dos fatores geográficos continentais e se expressam regionalmente através do ritmo de sucessão dos tipos de tempo. Dentro de regiões climáticas assim caracterizadas diversificam-se feições climáticas regionais e climas locais, os quais, a medida que decrescem em ordem de grandeza espacial, estão comprometidos pela influência direta dos fatores geográficos que agem introduzindo modificações quantitativas nos elementos climáticos [...]. A individualidade regional é assegurada pela maneira pela qual os estados do tempo se sucedem ou encadeiam, portanto, uma visão qualitativa. As variações locais dentro de um quadro regional são “respostas” de vários fatores, altitude, relevo, expressos numa individualização ecológica, que se revelam por variações quantitativas.

Monteiro também destaca a importância de se levar em consideração a posição geográfica do espaço analisado, uma vez que os tipos de tempo estão ligados à gênese dos fenômenos em escala regional, desse modo, os parâmetros admitidos para uma determinada região não poderão ser aceitos para uma região distinta.

A análise rítmica pode auxiliar na identificação dos diferentes problemas geográficos de região, na medida em que revela a gênese dos fenômenos através da interação entre os elementos e fatores climáticos dentro de uma realidade regional.

Sendo a análise rítmica uma abordagem essencialmente dinâmica, torna-se necessário um perfeito entrosamento entre as observações locais, detalhadas em

unidades de tempo cronológicas adequadas como também os elementos de análise espacial da circulação atmosférica. (MONTEIRO, 1971, p.13)

1.7 Circulação atmosférica de Minas Gerais

A região Sudeste, sobretudo Minas Gerais, sofre influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais, situando-se em uma faixa de transição entre sistemas tropicais (períodos secos e úmidos definidos) e extratropicais (atuação da frente polar, permanentemente úmido). Esta localização geográfica do Sudeste do Brasil imprime características de um clima de transição. (NUNES *et al*, 2009; NIMER, 1979).

De acordo com Nunes *et al* (2009) a região Sudeste do Brasil apresenta formação de variada gama de tipos climáticos, do tropical ao subtropical, em função de suas características naturais, como topografia e cobertura vegetal, resultando em um rico mosaico físico. A posição geográfica do Sudeste também favorece recebimento de fluxo significativo de energia ao longo do ano, distribuição irregular temporal e espacial das precipitações, elevada evaporação e importante participação de sistemas anticlonais.

A configuração e disposição do relevo na região Sudeste assume importante papel nos padrões de comportamento da temperatura e precipitação, contribuindo para a formação de diferentes topoclimas em espaços próximos. (NUNES *et al*, 2009).

Em razão da diversificação climática da região Sudeste e da sua posição latitudinal, torna-se necessário o conhecimento dos fatores que condicionam os processos climatológicos, sendo eles de natureza estática e dinâmica. Como mencionado por Nimer (1979) esses fatores atuam simultaneamente em constante interação, no entanto faz-se necessário examiná-los separadamente a fim de facilitar sua compreensão.

Tais fatores de ordem estática e dinâmica, também conhecidos por controladores do clima, determinam a distribuição de energia solar e condicionam as variações dos elementos atmosféricos em escalas locais e regionais (ASSIS, 2010).

Como fatores de natureza estática destacam-se a posição latitudinal, topografia e continentalidade. A latitude da região sudeste favorece ampla exposição à radiação solar, gerando grande disponibilidade de energia que por sua vez favorece a ocorrência de

intensos movimentos convectivos. Nas zonas intertropicais o sol atinge o zênite duas vezes por ano, que de acordo com Nimer (1979, p. 266):

Compreende-se então que a região é submetida à forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do sol sobre o horizonte, ou seja, do ângulo de incidência dos raios solares, sendo tanto mais intensa quanto menor o ângulo de incidência, variando a média deste ângulo na proporção inversa da latitude.

Por sua vez, a incidência de radiação solar auxilia na evaporação, criando melhores condições para o processo uma vez que quanto maior a disponibilidade de calor, mais ativa se torna a evaporação.

A topografia é responsável por promover a turbulência constante do ar, interferindo nos valores de umidade e temperatura. Segundo Nimer (1979) o relevo da região Sudeste apresenta os maiores contrastes morfológicos do país, caracterizado por altas superfícies com predomínio de 500 a 1.200 m em Minas Gerais e vales amplos rebaixados como o do São Francisco, Jequitinhonha e Doce. Sobre estas superfícies enguem-se numerosas serra com níveis de 1.200 m a 1.800, como o Espinhaço. Esta topografia acidentada favorece a ocorrência de precipitações na medida em que aumenta a turbulência do ar pela ascendência orográfica.

A ascendência orográfica é dada aos relevos que obrigam o ar a se elevar e conseqüentemente perder temperatura segundo o *gradiente térmico adiabático de expansão*, ou seja 1°C por 100 m, portanto, 0,4°C a mais que o gradiente térmico real, que é de 0,6°C por 100 m. As fortes precipitações à barlavento das cristas são dadas por este mecanismo. Enquanto isso, na vertente à sotavento o processo é justamente o oposto, ar se aquece na descida segundo o *gradiente adiabático de compressão*, na mesma proporção, constituindo o fenômeno conhecido por efeito de Foehn. (NIMER, 1979, p.268)

Já a continentalidade influencia as condições de temperatura e sobretudo a disponibilidade de umidade. Minas Gerais, em especial a Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, se encontra a uma distância considerável da faixa oceânica, estando distante o suficiente para que os efeitos da continentalidade ajam sobre a região. De acordo com Assis (2010), embora tal efeito persista durante maior parte do ano, ele é percebido com maior intensidade nos

meses mais secos (julho e agosto), quando as amplitudes térmicas diárias registram elevado valor e os índices de umidade relativa do ar se apresentam consideravelmente baixos.

De acordo com Nunes *et al* (2009) os fatores locais podem se sobrepor a fatores de ordem global, ocasionando diferenças entre os valores de temperatura de setores relativamente próximos. Nas áreas centrais da região Sudeste por exemplo, as temperaturas tendem a ser inferiores aos de locais em latitudes mais altas devido ao controle exercido pela altitude.

Segundo Nimer (1979), os fatores estáticos agem sobre o clima de uma região em constante interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica, dessa forma apenas o conhecimento dos fatores estáticos não é suficiente para o entendimento do clima de uma região, já que este não pode ser compreendido nem tampouco analisado sem o auxílio do mecanismo atmosférico, seu fator genético.

Em relação aos fatores dinâmicos, destacam-se o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), sistemas frontais, linhas de instabilidade e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A região analisada sofre influência de diferentes fenômenos em escalas diversas. Segundo Nimer (1979) durante todo o ano, na região Sudeste, sopram ventos de E e NE oriundos do ASAS, caracterizado por temperaturas relativamente elevadas em razão da intensa radiação solar nas latitudes baixas e forte umidade específica proveniente da evaporação oceânica. No entanto, apesar de carregar forte umidade específica, as massas de ar oriunda desse centro de alta pressão tem sua umidade limitada à camada superficial em razão da forte e constante subsidência do ar e conseqüente inversão de temperatura.

Outro fator dinâmico que influencia o clima de Minas Gerais, e da região Sudeste é conhecido como Frente Polar Atlântica (FPA) ou Frente Polar (FP). Estas frentes atuam durante todo o ano na região e se originam no Pacífico Sul, atravessando a Cordilheira dos Andes no sul do continente Sul Americano e deslocando-se em direção ao Equador com orientação NW-SE.

Na retaguarda da frente, Abreu (1998) relata que a Massa Polar do Atlântico (MPA) atinge o estado mineiro provocando quedas de temperatura durante o verão. O elevado aquecimento continental também é responsável pelos valores pluviométricos do Sudeste, ocasionando o surgimento de células de baixa pressão em boa parte da região, o que favorece a formação de chuvas intensas.

Nimer (1979) esclarece que durante o verão, em virtude do maior aquecimento da superfície e consequente declínio das pressões atmosféricas, a FP, geralmente com menos energia, após transpor ao Andes, sofre um ligeiro estacionamento adquirindo orientação NW-SE. Ao atingir a região Sudeste, a FP não possui mais energia para mantê-la em frontogênese, estabelecendo então o equilíbrio dinâmico entre a Massa Tropical do Atlântico (MTA) e a MPA. Dessa forma, a FP permanece semi-estacionada sobre a região, ocasionando chuvas até a sua dissipação.

Durante o inverno, a alta polar possui maior energia, estendendo-se a FP da região subpolar ao trópico, com orientação NNW-SSE. Ao transpor os Andes, a FP no seu setor meridional avança para NE e E, indo em direção a região Sudeste do Brasil. No entanto, durante essa época, as precipitações se apresentam pouco expressivas em razão de alguns motivos, como a presença de pouca umidade das massas de ar em virtude do contato das massas com o continente resfriado.

De acordo com Nimer (1979), as correntes de circulação perturbadas que causam instabilidade nos sistemas atmosféricos de alta pressão, causando bruscas mudanças de tempo acompanhadas de chuvas na região Sudeste, compreendem 3 sistemas principais: Sistema de correntes perturbadas do Sul, Sistema de correntes perturbadas de Oeste e Sistema de correntes perturbadas de Leste, no entanto apenas as duas primeiras atingem o estado de Minas Gerais.

As correntes perturbadas de sul estão associadas à atuação das Frentes Polares e das Massas Polares, já comentadas anteriormente. Já as perturbações de oeste estariam associadas às Linhas de Instabilidade Tropical (IT), relacionadas a núcleos de baixa pressão. Para esse autor as IT são identificadas como ondulações nos centros de alta pressão em superfície durante a

estação chuvosa, estando associadas ao movimento ondulatório que se verifica na Frente Polar ao contato com o ar quente da zona tropical.

A partir dessas ondulações formam-se, ao norte da FP, uma ou mais IT sobre o continente. Após formadas, elas se deslocam com extrema mobilidade até 60 km/hora, embora possam permanecer estacionárias. À medida que a FP caminha para o Equador, as IT se deslocam para E, ou mais comumente para SE, anunciando, com nuvens pesadas e geralmente chuvas tipicamente tropicais, a chegada da FP com antecedência de 24 horas, a qual, no entanto, pode não chegar. (NIMER, 1979, p. 273)

No centro das IT o ar em convergência é responsável pelas chuvas e trovoadas, tais fenômenos são comuns e regulares em Minas Gerais, especialmente no verão, quando há um decréscimo geral da pressão motivado pelo forte aquecimento do interior do continente. As chuvas derivadas das IT ocorrem no fim da tarde ou início da noite, constituindo as chamadas chuvas de verão, de curta duração.

De acordo com Nimer (1979), o caráter de transição climática do Sudeste se inclina mais para os climas tropicais do que para os temperados, sendo definido por duas estações: a chuvosa e a seca, o que constitui sua característica mais importante. Em relação as temperaturas, os maiores valores são registrados durante o semestre primavera-verão (setembro a março), período em que há maior tempo de incidência de radiação, com destaque para os meses de dezembro e janeiro. Os menores valores de temperatura são registrados entre maio e agosto, atingindo a mínima em junho e julho, em razão dos menores ângulos de incidência solar sobre a superfície do hemisfério sul, favorecendo o declínio das temperaturas durante esta época. Tal declino de temperatura é acompanhado por um aumento de pressão na superfície, que por sua vez possibilita o transporte de massa de ar quente do equador no sentido do hemisfério de inverno (hemisfério sul) para o hemisfério de verão (hemisfério norte), acompanhado do deslocamento dos sistemas de altas, facilitando a entrada da FP na região Sudeste.

A precipitação no Sudeste do país apresenta enorme variabilidade interanual em razão dos diferentes sistemas que atuam na região e da interação dos mesmos com os fatores locais como topografia e vegetação. A distribuição espacial e temporal das chuvas influenciam significativamente nos aspectos físicos e socioeconômicos da região, refletindo sobretudo na

agricultura e no abastecimento hídrico. Sobre a complexidade da precipitação e a dificuldade de previsão a partir de multimodelos, Nunes *et al* (2009, p. 250) discorre:

A incursão das massas polares é um fator de peso para essa alta variabilidade, pois suas atuações mais frequentes na área induzem maiores totais pluviiais, enquanto que anos de menor incidência de massas polares resultam no maior domínio dos sistemas intertropicais, ocasionando anos mais secos. Esse quadro complexo sofre também influência de outros condicionantes, como configuração e persistência da ZCAS ou posição da corrente de jato, que pode dificultar a penetração de massas polares, mantendo-as mais ao sul.

Segundo os autores, a variação espacial das temperaturas médias anuais do Sudeste (1995 – 2005) pode ser compartimentada em três zonas distintas, estando a Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte inserida em duas delas.

A primeira zona abarca médias anuais que variam entre 19°C e 21°C e corresponde aos municípios de Sete Lagoas, Conceição do Mato Dentro e região central e norte de Belo Horizonte. Nessa zona a presença de altimetrias um pouco mais elevadas provocam decréscimos nas temperaturas.

A segunda zona abrange o município de Ibirité e parte sul do município de Belo Horizonte, e corresponde aos setores mais montanhosos da região, com médias entre 14°C e 18°C. Nessas áreas as elevadas altitudes se sobrepõem à influência da latitude reduzindo os valores de temperatura e tornando os invernos mais rigorosos.

Em relação as chuvas, os autores definem quatro zonas de totais pluviométricos distintos na região considerando a disposição do relevo, a continentalidade e a atuação das frentes polares. A área analisada no presente estudo encontra-se na zona três, caracterizada por reduzida pluviosidade (1.250 mm e 1.400 mm). Nessa zona a frente polar atua como fator gerador das chuvas no local.

CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O roteiro geral de investigação, conforme a figura 01, seguiu as seguintes etapas:

- (1) Levantamento das fontes de dados (bibliografia, material cartográfico, dados meteorológicos obtidos em campo e de estações meteorológicas);
- (2) Aplicação de procedimentos de análise condizente com os objetivos da pesquisa e natureza dos dados: (a) recursos estatísticos básicos; (b) análise de tendência e correlação; (c) Box Plot; (d) análise micro/topoclimática (segmentos temporais horários); (e) agrupamento dos dados por dias da semana;
- (3) Cartografia de síntese (transectos geoecológicos).

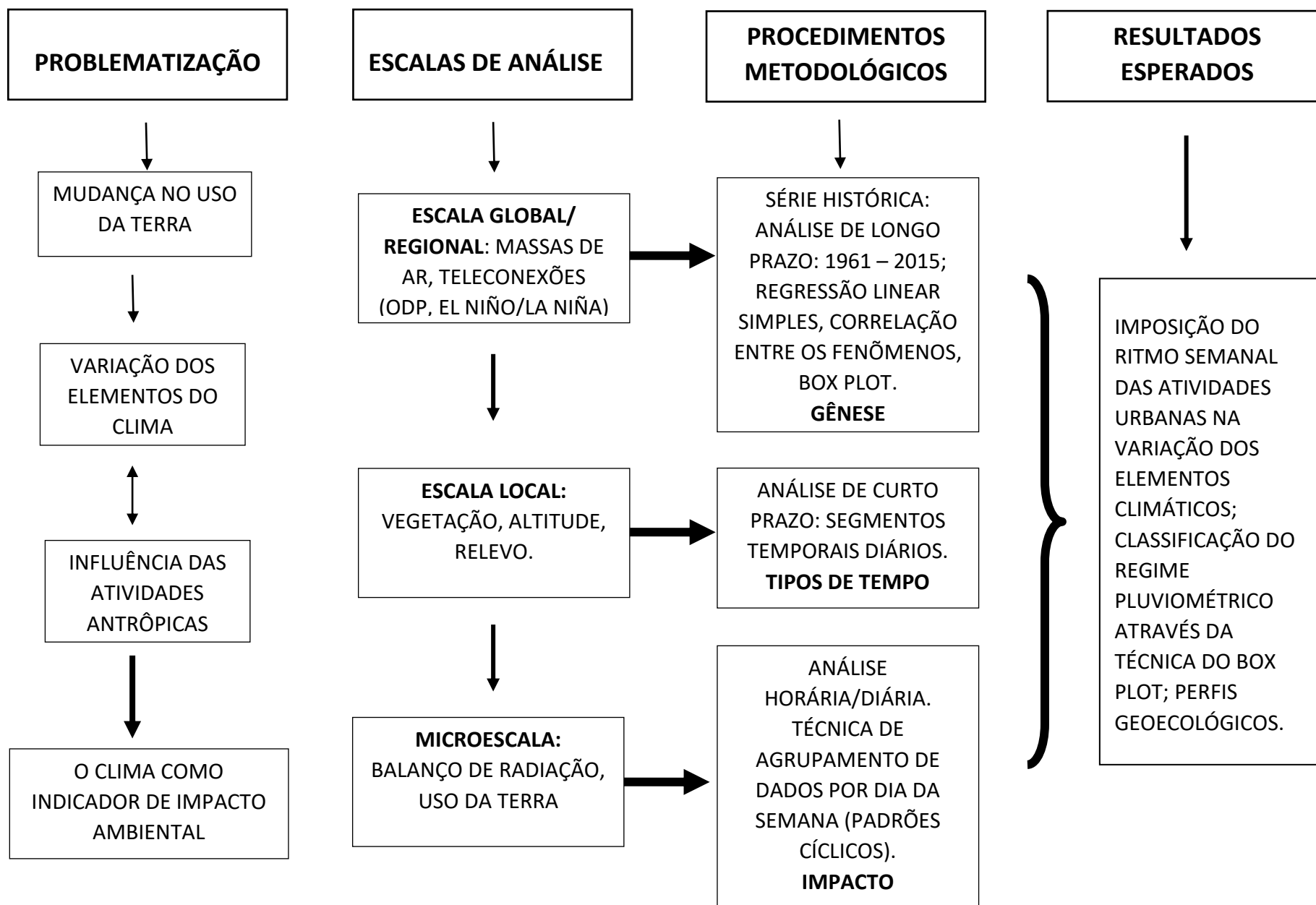


Figura 1: Esquema Metodológico

2.1 Fonte de dados e análise estatística das séries históricas

Visando identificar a variabilidade do clima da região estudada e as possíveis alterações climáticas decorrentes das mudanças no uso da terra foram realizadas análises do comportamento das variáveis do clima com base no estudo das séries temporais de 1961 a 2016 obtidas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)⁶.

Para a seleção dos municípios analisados foi levado em consideração a presença de estações meteorológicas de observação de superfície convencional mantidas pelo INMET. Consideraram-se, também, diferentes graus de alteração no uso da terra, ocasionado ao longo do tempo, a fim de comparar localidades com dinâmicas temporais diferenciadas. Além do mais, houve a preocupação em englobar espaços representativos das áreas urbanas com diferentes graus de urbanização (Belo Horizonte, Ibirité e Conceição do Mato Dentro), além de espaço representativo de áreas agrícolas (Sete Lagoas⁷) e natural (caso do Parque Nacional da Serra do Cipó).

Os dados diários e horários de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação foram coletados nas Estações Meteorológicas de Observação de Superfície Convencional mantidas pelo INMET dos municípios de Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro.

Deve-se destacar que as estações meteorológicas de cada município foram instaladas em áreas diversas, em diferentes contextos de sítio e com grau variado de influência de alteração ambiental (agricultura, urbanização etc.), não representando de maneira significativa o clima dos municípios. No entanto, tais estações e consequentemente os dados coletados, são os únicos disponíveis para a realização de uma análise climática nas áreas estudadas.

⁶ BDMEP: www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/

⁷ Por estar localizada nas dependências do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), a estação de Sete Lagoas será considerada representativa das áreas rurais pela presença de plantio agrícola em seu entorno e de significativa vegetação nativa nos arredores da estação.

Em relação aos dados utilizados para análise do clima na Serra do Cipó, preocupou-se em abranger locais com diferentes unidades morfológicas e fitogeográficas (topografia elevada, áreas deprimidas, cerrado, mata ciliar, etc). Os dados foram coletados com intervalos de uma hora, entre os meses de setembro de 2016 a setembro de 2017, no entanto, para a comparação com os dados representativos dos municípios analisados, optou-se por utilizar os dados coletados nos horários sinóticos 00:00h, 12:00h e 18:00h GMT (Greenwich Meridian Time), correspondentes a 21:00h, 09:00h e 15:00h, horário de Brasília. Essa escolha se deu em razão da ausência de estações meteorológicas de observação de superfície automática em alguns dos municípios analisados, sendo então utilizadas apenas as estações convencionais.⁸

Os dados foram coletados através de abrigos meteorológicos⁹ presos em galhos de árvores distantes aproximadamente 1,5m do solo (figura 2). No interior dos abrigos continham registradores automáticos tipo data logger, responsáveis por medir e registrar a temperatura, umidade relativa do ar e temperatura do ponto de orvalho em intervalos de uma hora. As aferições foram feitas em 2017, na estação meteorológica do INMET Belo Horizonte-Pampulha, instalada na Universidade Federal de Minas Gerais (Anexo 1).



Figura 2: Foto do abrigo meteorológico instalado na Serra do Cipó. Foto: FERNANDES, A. S. 2016

⁸ De acordo com o INMET estações meteorológicas convencionais são estações que registram continuamente as variáveis meteorológicas e são lidas e anotadas por um observador em determinados intervalos de tempo (00:00h, 12:00h e 18:00h GMT) e enviados a um centro coletor posteriormente.

⁹ Trabalhos que tratam da construção e utilização do mini-abrigo podem ser vistas a partir dos autores Machado e Jardim (2014), Jardim e Monteiro (2014) e Lopes e Jardim (2012).

Para o tratamento estatístico dos dados coletados nas estações e em campo foi utilizado o software Excel 2013. Foram analisados os dados de temperatura média, temperatura média mínima, temperatura média máxima, umidade relativa média e precipitação mensal e anual acumulada nos três horários sinóticos.

Para a análise dos dados coletados na Serra do Cipó foram considerados dois períodos distintos, o primeiro, com condições atmosféricas estáveis, classificado como período seco (julho e agosto) e o segundo período de dados, quando há a atuação de fenômenos que promovem instabilidade atmosférica, classificado como o período chuvoso (março).

Para a análise sinótica dos períodos selecionados foram utilizadas imagens na faixa do infravermelho (IR) do satélite GOES 10 nos horários de 00:00h e 18:00h retiradas no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)¹⁰ além de cartas sinóticas de superfície da Marinha do Brasil¹¹ nos horários de 00:00h e 12:00h GMT.

Os dados meteorológicos recolhidos foram analisados a partir de um esquema de decomposição temporal, iniciado pela análise da série histórica de 56 anos de dados com objetivo de identificar a variabilidade dos elementos climáticos; posteriormente foram selecionados dados para a técnica da regressão linear simples a fim de verificar tendências e possíveis correlações entre as variáveis climáticas e mudanças no padrão de uso da terra. Foram selecionados dois seguimentos temporais de dados diários com a finalidade de verificar mudanças no comportamento do ritmo semanal de variação da temperatura e umidade relativa do ar ao longo do tempo e possível relação com as atividades urbanas e por fim foram feitas análises dos dados obtidos diretamente em campo (Parque Nacional da Serra do Cipó) em diferentes condições microclimáticas.

Nesse estudo foram utilizadas diferentes técnicas estatísticas de acordo com a escala temporal e espacial do fenômeno analisado. Para os dados de temperatura foi utilizado a técnica de regressão linear simples e correlação, visando identificar tendências e relações

¹⁰ Disponível em www.cptec.inpe.br.

¹¹ Disponível em www.mar.mil.br.

entre as mudanças no uso da terra ao longo do tempo e as variações dos elementos climáticos.

A regressão linear simples é uma metodologia estatística que estabelece uma equação matemática linear que descreve possíveis relações entre as variáveis. De acordo com Barbetta (2015), o modelo de regressão linear relaciona uma variável Y, também chamada de variável dependente ou resposta, com uma variável X, conhecida como variável independente ou explicativa. A relação entre essas variáveis é dada pela Coeficiente de Determinação, representado pelo R^2 , que expressa a medida da proporção da variabilidade de uma variável é explicada pela variabilidade de outra, e varia entre 0 a 1, indicando o quanto o modelo consegue explicar os valores observados, ou seja, quanto maior o R^2 (mais próximo de 1) mais forte é a relação entre as variáveis.

Já a função de correlação, segundo Barbetta (2015, p.254) “refere-se a uma associação numérica entre duas variáveis, não implicando, necessariamente, uma relação de causa e efeito, ou mesmo numa estrutura com interesses práticos”. Segundo o autor, as variáveis podem estar positivamente ou negativamente correlacionadas, caminhando no mesmo sentido ou no sentido opostos. Através do gráfico de dispersão torna-se possível visualizar a existência ou não da correlação entre as variáveis, indicando uma situação de correlação positiva, quando os pontos se organizam em torno de uma linha ascendente, e situação de correlação negativa, quando os pontos estão em torno de uma linha descendente (BARBETTA, 2015).

Para análise e classificação do regime pluviométrico dos quatro municípios foi aplicado aos dados de precipitação a técnica do Box Plot, utilizada em estudos voltados para a identificação de anos-padrão, permitindo identificar sazonalidades, tendências, desvios e valores atípicos na precipitação de determinadas séries.

De acordo com Brito *et al* (2006), a variabilidade da precipitação constitui um importante fator no controle do ciclo hidrológico e uma das variáveis climáticas de maior influência na qualidade do meio ambiente. A variabilidade climática pode afetar de forma importante a

vida econômica e social da população em geral, na geração de energia, nas atividades agrícolas, na indústria turística e, de forma indireta, em todo setor produtivo.

Os estudos sobre a variabilidade das precipitações são de extrema importância para o entendimento de seus fatores dinâmicos, considerando a forte influência que o clima desempenha sobre as sociedades, principalmente no que diz respeito aos eventos extremos e seus impactos ambientais. Estes estudos podem auxiliar no planejamento dos recursos e prevenção das ocorrências dos eventos climáticos, visando atenuar os impactos decorrentes dos mesmos.

Segundo Galvani e Luchiari (2004), a utilização da técnica do Box Plot como uma metodologia de descrição de dados aplicada às chuvas é relativamente recente. Essa técnica estatística permite determinar para uma série suficientemente longa de dados de precipitação (30 anos ou mais conforme justificativa dos autores) os limites numéricos daqueles anos considerados com regime pluviométrico normal, seco ou úmido, além daqueles considerados super úmidos e super secos.

Para a construção do Box Plot utilizando o programa Microsoft Excel, foi necessário calcular os valores correspondentes ao **menor valor não outlier (Vmin)**, **quartil 1 (1Q)**, **mediana (2Q)**, **quartil 3 (3Q)** e **maior valor não outlier (Vmax)** (figura 3). Foram elaboradas duas tabelas que servirão de base para a elaboração do gráfico.

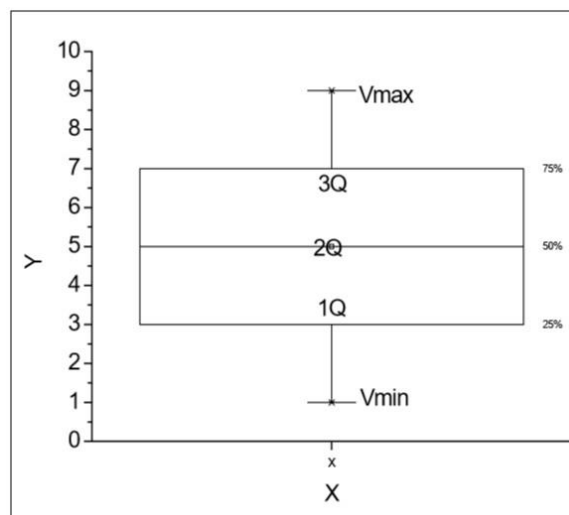


Figura 3: Ilustração do gráfico de Box Plot. Fonte: Galvani e Luchiari (2005, p.22)

Os dados de precipitação foram organizados em acumulado mensal e agrupados de acordo com os meses. Tendo em conta que os valores extremos possam contaminar a série de dados, concomitante com o texto de Galvani e Luchiari (2004), trabalhou-se com um *range* de 5% a 95% (os meses que estiveram entre os 5% dos menores valores foram classificados como “super secos” e os 5% dos maiores valores em “super úmidos”) de cada grupo das séries. Os valores que se encontraram entre o valor mínimo e o 1º quartil foram considerados meses secos, os valores entre o 1º quartil e o 3º quartil foram considerados meses normais e aqueles entre o 3º quartil e os valores máximos foram denominados de meses úmidos. Os valores que se encontraram fora do diagrama foram denominados *outliers*.

Posteriormente a elaboração dos gráficos, foi feita a classificação em porcentagem dos meses analisados, onde foi possível obter os números que indicaram os limites entre o que será seco, normal, úmido, super seco e super úmido, ajudando na compreensão da variabilidade temporal e espacial das chuvas.

Usando como referência o trabalho intitulado “O ritmo semanal das atividades humanas e o clima na Região Metropolitana de São Paulo” dos autores Azevedo e Tarifa (2001), foram analisados os dados da média diária de temperatura e umidade relativa do ar a fim de verificar suposta influência do ritmo das atividades humanas na variação semanal dos elementos climáticos. Nessa fase foram utilizados apenas os dados diários dos quatro municípios analisados, considerando que as relações entre a variação dos elementos climáticos e os padrões de uso da terra podem se diluir e não se revelar no gráfico caso fossem considerados apenas as médias mensais e anuais para tal análise.

Os dados de temperatura mínima e máxima e umidade relativa do ar foram organizados em médias diárias, agrupados de acordo com os dias da semana. Visando comparar os dados de épocas onde a dinâmica urbana era diferenciada (fluxo de veículos, adensamento urbano, atividade industrial) foram considerados duas sequências de dados. Uma sequência representativa de épocas onde as alterações no uso da terra eram menores (1961-1970) e uma sequência representativa de uma época com elevado grau de alteração no uso da terra (2005-2014).

É importante mencionar a dificuldade dos profissionais que se dedicam ao estudo do clima no país, especialmente os que trabalham com análise de séries temporais, em conseguir dados primários consistentes do território brasileiro. Considerando a dimensão territorial do Brasil, há espaços do território com número relativamente baixo de estações meteorológicas e a distribuição nem sempre atende critérios de representatividade espacial adequados. Isso se torna um fator limitante nas pesquisas, condicionando as pesquisas de séries temporais apenas às áreas que contém as estações. As falhas encontradas nos registros das variáveis climáticas também constituem um problema na análise climática, uma vez que o pesquisador deve optar por excluir um determinado período de tempo ou tentar corrigi-las, podendo interferir no resultado final da pesquisa.

Sendo assim, no que se refere a análise dos dados anuais, optou-se por desconsiderar os anos onde houvessem mais de três meses de falha e corrigir aqueles com até dois meses de falhas utilizando a média simples referente aos meses faltosos. Ainda que as técnicas estatísticas auxiliem na visualização e análise dos dados, uma vez que elas são capazes de compactar enorme volume de dados, facilitando a análise e permitindo uma aproximação da realidade, torna-se importante ressaltar que ela não estará representando com total veracidade os dados faltosos, podendo interferir no resultado final.

2.2 Aplicação da análise micro/topoclimática: segmentos temporais horários

A fim de demonstrar a interação entre os fatores presentes na superfície e os fenômenos climáticos de escala local e regional, foi feita uma análise considerando alguns aspectos tratados na análise rítmica, técnica proposta por Monteiro (1971), como a representação contínua e concomitante dos elementos atmosféricos, além da perspectiva de gênese, transformação e impacto, visando compreender a dinâmica atmosférica de um dado espaço geográfico. No entanto, optou-se por utilizar outra forma de representação cartográfica, ao contrário da técnica usual de sobreposição de informações do gráfico de análise rítmica e trabalhar com transectos e perfis geoecológicos.

Considerando que as modificações no uso da terra podem introduzir modificações nas variações dos atributos climáticos, visto que o balanço de energia será alterado, a utilização

desse método justifica-se na medida em que integra fenômenos de diferentes escalas com a finalidade de explicar a relação entre a sucessão dos tipos de tempo, topografia e uso da terra, evidenciando a dinâmica de padrões extremos e habituais do clima. Uma vez conhecida tal relação e sua influência na variação dos elementos climáticos, torna-se possível entender a regularidade relativa do clima, auxiliando no planejamento das cidades e na organização e utilização racional dos espaços urbanos.

Para tal foram utilizados os dados diários de temperatura e umidade relativa do ar retirados das estações meteorológicas do INMET e dos abrigos instalados na Serra do Cipó, organizados em períodos de quinze dias, abarcando os meses de março, julho e agosto de 2017, a fim de verificar o grau de influência de fatores como vegetação, cobertura do solo e altitude na variação desses elementos.

Para a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes foi feito o uso de imagens de satélite no canal infravermelho disponibilizados pelo CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pelas cartas sinóticas da Marinha do Brasil.

2.3 Cartografia de síntese

Para a construção do perfil geoecológico foram levantadas informações sobre a topografia, relevo, uso da terra, cobertura vegetal e variação da temperatura e umidade relativa do ar. O mapeamento das informações sobre cobertura do solo foi realizado através de fotografias aéreas, enquanto a topografia e a orientação do relevo foram retiradas do software Google Earth 7.1.8. Os dados climáticos foram retirados no BDMEP.

O emprego desta técnica de representação vertical da paisagem se justifica na medida em que se utiliza a paisagem como categoria de análise e interpretação do espaço, que por sua vez é formada a partir da interação entre os sistemas geomorfológico, biogeográfico, hidrográfico, atmosférico e antrópico. Sendo assim, tal método pode se mostrar eficaz na compreensão da dinâmica da superfície e da interação entre os diversos sistemas que compõe a paisagem.

Os transectos abarcaram áreas ocupadas por formações vegetais naturais, áreas ocupadas por atividades agropecuárias/rurais e áreas urbanizadas. Desta forma foram traçados transectos no sentido Belo Horizonte - Sete Lagoas, Belo Horizonte – Ibirité e Belo Horizonte - Conceição do Mato Dentro, com o intuito de representar os diferentes tipos de uso da terra na região analisada e apontar as diferentes relações existentes entre os sistemas naturais e antrópicos, considerando a análise sistêmica da paisagem.

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Localizados na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais (figura 4), os quatro municípios aqui analisados foram selecionados de acordo com suas características de uso e ocupação do solo, no intuito de analisar e comparar a variação dos elementos climáticos em diferentes ambientes.

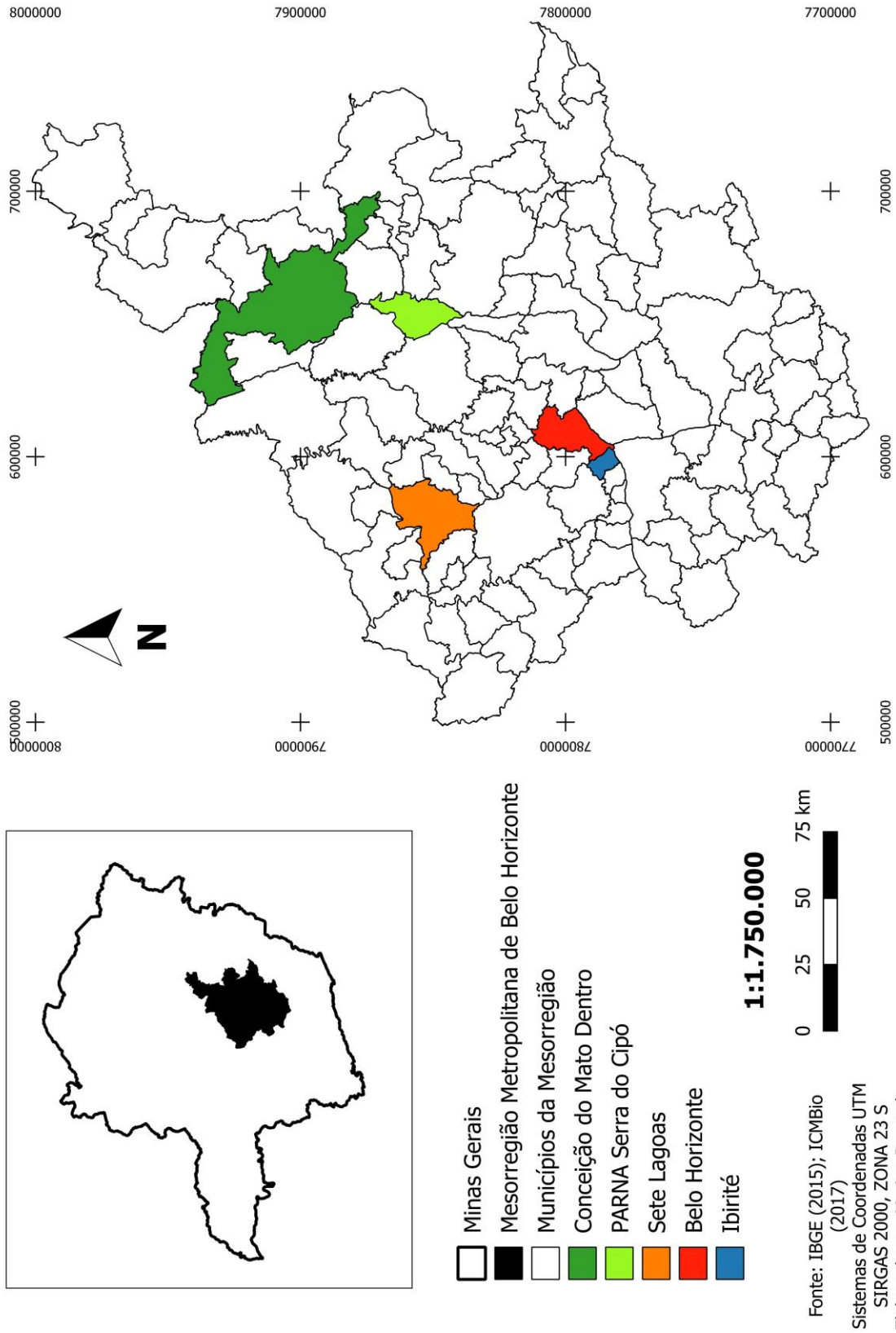


Figura 4: Mapa de Localização dos municípios analisados em Minas Gerais

3.1 Caracterização geral de Belo Horizonte

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹², no início do século XVIII, durante a procura do ouro, formou-se o povoado denominado Curral del Rei, apoiado na criação e comercialização de gado e na fabricação de farinha. O crescimento do povoado se deu através da instalação de fábricas, ainda primitivas, de algodão, fundação de ferro e bronze e extração de granito e calcário. Com a decadência da mineração, o povoado subordinado a Sabará foi elevado à condição de Freguesia, englobando diversas regiões como Sete Lagoas, Contagem e Betim. Com a emancipação dessas idades, a população de Curral del Rei diminuiu e a economia entrou em colapso.

Ainda de acordo com o IBGE, após o fim de Ouro Preto como sede do Governo do Estado, em 1894 inicia-se a construção da Nova Capital, nas terras do arraial de Belo Horizonte, ex Curral del Rei. Em dezembro de 1897 inaugura-se a nova capital do estado, com o nome de Cidade de Minas, que posteriormente viria a se chamar Belo Horizonte.

O município de Belo Horizonte está localizado na região central do estado de Minas Gerais, nas coordenadas 19°46'35''S de latitude e 43°51'47''W de longitude, sendo sua área de 331,401km² (figura 5). A população estimada em 2016 pelo IBGE é de 2.513.451 habitantes e densidade demográfica 7.167 hab./km² de acordo como censo demográfico de 2010, sendo considerado o município mais populoso de Minas Gerais. A Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte é constituída de 105 municípios sendo a região metropolitana, atualmente, a terceira maior aglomeração urbana no país. De acordo com Assis (2010, p. 74):

O município se encontra num contexto geomorfológico regional de altitudes elevadas, denominado Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste. A morfologia apresenta as mais variadas feições, tais como planícies aluviais, vales encaixados, morros, serras e colinas com diversas orientações. Duas unidades geomorfológicas são identificadas na área correspondente ao sítio urbano: Depressão Sanfranciscana e o Quadrilátero Ferrífero.

¹² Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/minasgerais/belohorizonte.pdf>>. Acesso em 25 de abril de 2017.

Localização do município de Belo Horizonte - MG

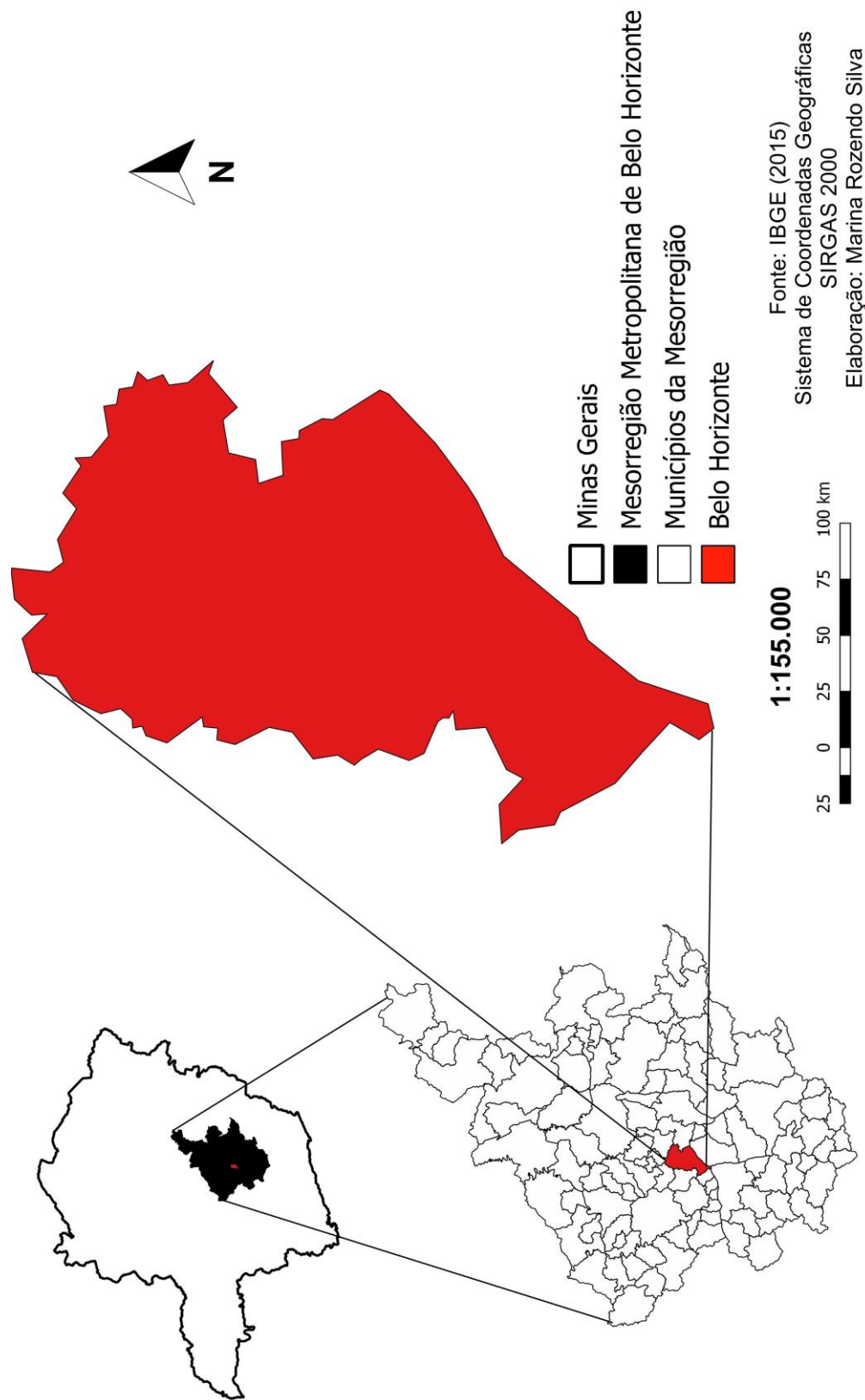


Figura 5: Mapa de localização do município de Belo Horizonte - MG.

Segundo Assis (2010), a altitude média de Belo Horizonte é de 860 metros variando entre 675 até 1510m, no entanto a maior parte do município se encontra em altitudes que variam entre 800m e 900m, numa região de vertentes pouco inclinadas.

Na porção sul de Belo Horizonte, o extenso alinhamento de cristas com topos aplainados que fazem parte do conjunto de elevações do Quadrilátero Ferrífero funciona como barreira orográfica das massas de ar, ocasionando nebulosidades em determinadas épocas do ano (ASSIS, 2010).

De acordo com Lucas (2007), o Quadrilátero Ferrífero, Depressão do São Francisco e a Serra do Espinhaço constituem as principais unidades geomorfológicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Conforme dados da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2017), o município está inserido no alto vale do Rio das Velhas que integra a Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte situa-se no contato entre dois destes conjuntos morfoestruturais, o Quadrilátero Ferrífero e a Depressão de Belo Horizonte, sendo esta última correspondente a 70% de seu território.

Ainda de acordo com dados da Prefeitura de Belo Horizonte (2017), o relevo do município “é tipificado por espigões, colinas de topo plano a arqueado e encostas policonvexas de declividades variadas, nos flancos dessas feições e nas transições”. O relevo acidentado encontra expressão máxima no limite sul de Belo Horizonte, na Serra do Curral. As fitofisionomias regionais encontradas em Belo Horizonte são resultantes dos efeitos locais gerados pela topografia e consequente variedade de solo. As mais representativas encontradas no município são: campo sujo, campos de altitude e associações florestais de cerrado e mata atlântica. Em razão do crescimento populacional e da expansão urbana, a maior parte da vegetação nativa foi destruída.

A partir da década de 1960, Belo Horizonte experimentou elevado crescimento econômico, responsável pela transformação paisagística da cidade. De acordo com dados da Prefeitura

Municipal de Belo Horizonte¹³, o município sofreu uma descaracterização “sem remorsos”, tendo os espaços verdes e as antigas construções substituídos por asfalto, edifícios modernos e novas indústrias. Nesta época, na capital mineira, foi marcada pelo crescimento das indústrias e das instituições financeiras, irradiando o crescimento da cidade para os municípios vizinhos. Tal crescimento econômico foi acompanhado pelo agravamento das desigualdades e problemas sociais, contribuindo para a formação de inúmeras favelas e com o crescimento desordenado.

Atualmente, segundo Lobo e Garcia (2007), quase toda a área territorial de Belo Horizonte se encontra urbanizado, com espaços quase inexistentes para a expansão mobiliária horizontal, o que acaba favorecendo a alternativa de verticalização da cidade.

3.1.1. Aspectos climáticos de Belo Horizonte

De acordo com os dados das Normais Climatológicas (1961 – 1990), a temperatura média compensada anual de Belo Horizonte é de 21,1°C, registrando as maiores médias mensais em fevereiro (23°C) e as menores em julho (18°C). A temperatura máxima absoluta registrada no período foi de 36,9°C em outubro de 1987, enquanto a mínima absoluta foi de 3,1°C em junho de 1979. A precipitação acumulada anual é de 1463,7 mm (figura 6), caracterizado por dois períodos bem definidos, o período úmido (outubro a março) e o período seco (abril a setembro). A umidade relativa média anual é de 72%.

¹³ Disponível em: <

http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPic=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=historia&tax=11823&lang=pt_BR&pg=5780&taxp=0&>. Acesso em 25 de abril de 2017.

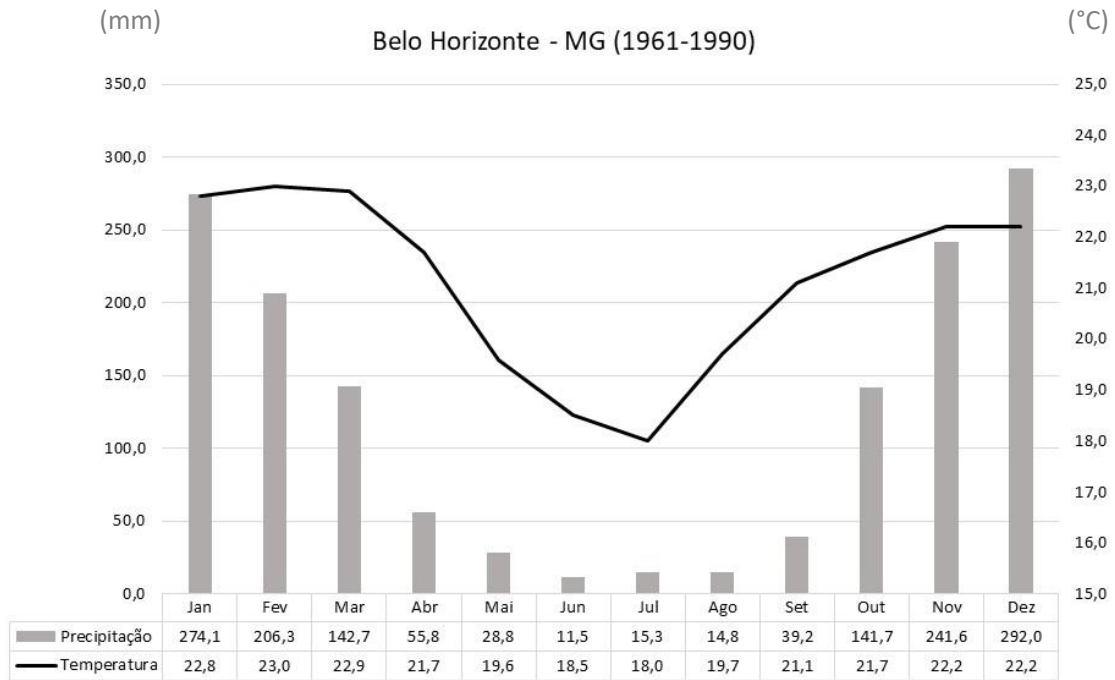


Figura 6: Climograma do município de Belo Horizonte - MG. Fonte: INMET: Normais Climatológicas (1961-1990).

Segundo Assis (2010), a altitude média do território de Belo Horizonte é de 860m, variando entre 1.510m no extremo Sul da Regional Barreiro até 670m a 800m, referente aos leitos fluviais dos ribeirões Arrudas e Onça. De acordo com o autor, a Serra do Curral, de orientação NE-SW, influencia a variação dos elementos climáticos, que tendem a registrar valores mais baixos nas regiões mais altas do município. “Em geral, os bairros localizados nas proximidades da Serra do Curral apresentam médias térmicas menores se comparados aos localizados nas regiões deprimidas das regionais Venda Nova, Norte e Pampulha”. (ASSIS, 2010, p.74).

Conforme pode ser visto nos gráficos de balanço hídrico a seguir (figura 7), os quatro municípios apresentam período chuvoso entre os meses de outubro a março (excedente e reposição) e período seco entre abril e setembro (retirada e déficit hídrico). Outubro e novembro são os meses de reposição e no novembro a março os meses de excedente. Em relação ao período seco, há retirada e déficit nos seis meses. Fica evidente a condição relativamente mais seca de Sete Lagoas em relação aos demais municípios, apresentando menores valores de reposição e excedente hídricos, respectivamente nos meses de outubro e novembro e maior valor de déficit em setembro.

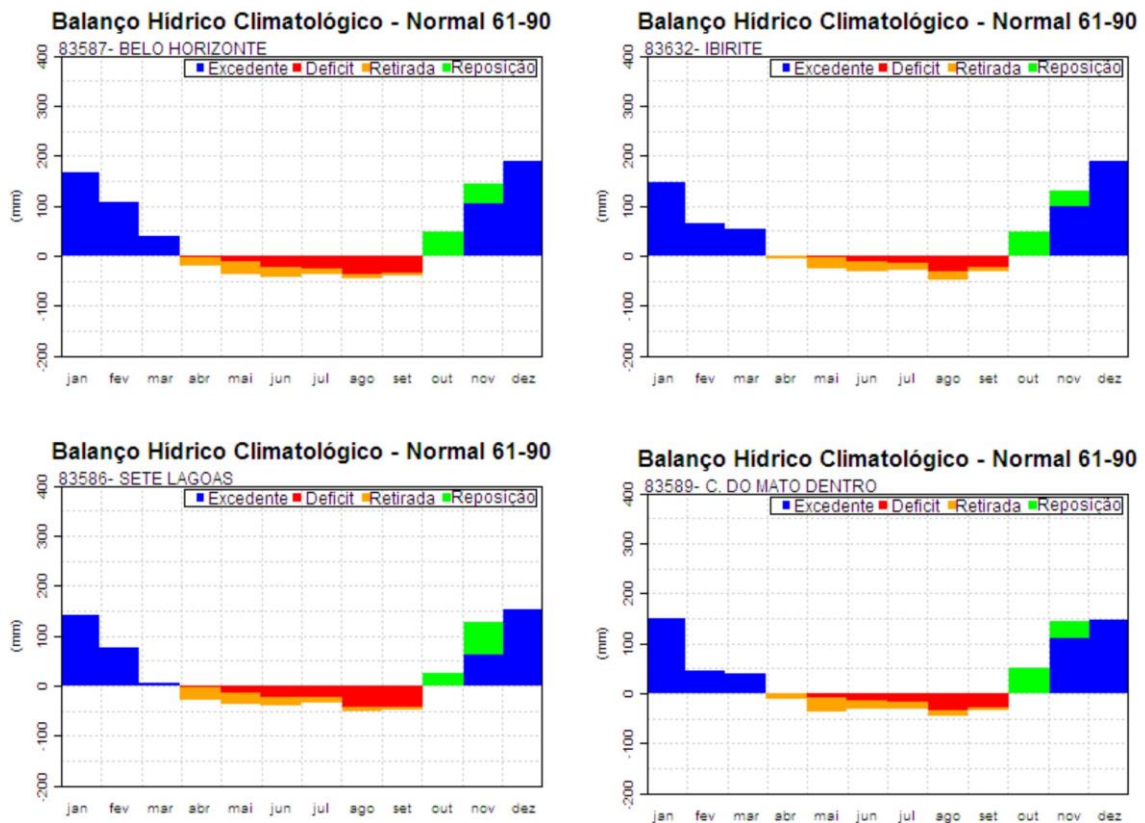


Figura 7: Gráfico do balanço hídrico para os quatro municípios analisados (1961-1990). Fonte dos dados: INMET.

3.2. Caracterização geral de Ibirité

Fundada em 1917, ainda como vila, Ibirité surgiu como povoado durante a corrida do ouro entre os séculos XVII e XVIII. De acordo com informações da Prefeitura Municipal de Ibirité¹⁴, no final do século XIX, o povoado foi elevado a distrito de Sabará, e posteriormente passou a figurar o município de Betim no ano de 1911 até a sua emancipação, quando foi elevado à categoria de município em dezembro de 1962.

O município de Ibirité está localizado na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte (figura 8), a cerca de aproximadamente 26 km de distância da capital. Segundo dados do IBGE (2016), Ibirité possui população estimada em 2016 de 175.721 habitantes, ocupando área territorial de 72, 573 km². De acordo com o censo demográfico de 2010, até tal ano, a

¹⁴ Disponível em: <<http://www.ibirite.mg.gov.br/prefeitura/historia.html>>. Acesso em 25 de abril de 2017.

densidade demográfica do município corresponde a 2.190,26 hab/km², sendo sua posição em termos de coordenadas geográficas 20º 01'15" S de latitude e 40º 03'52" W de longitude.

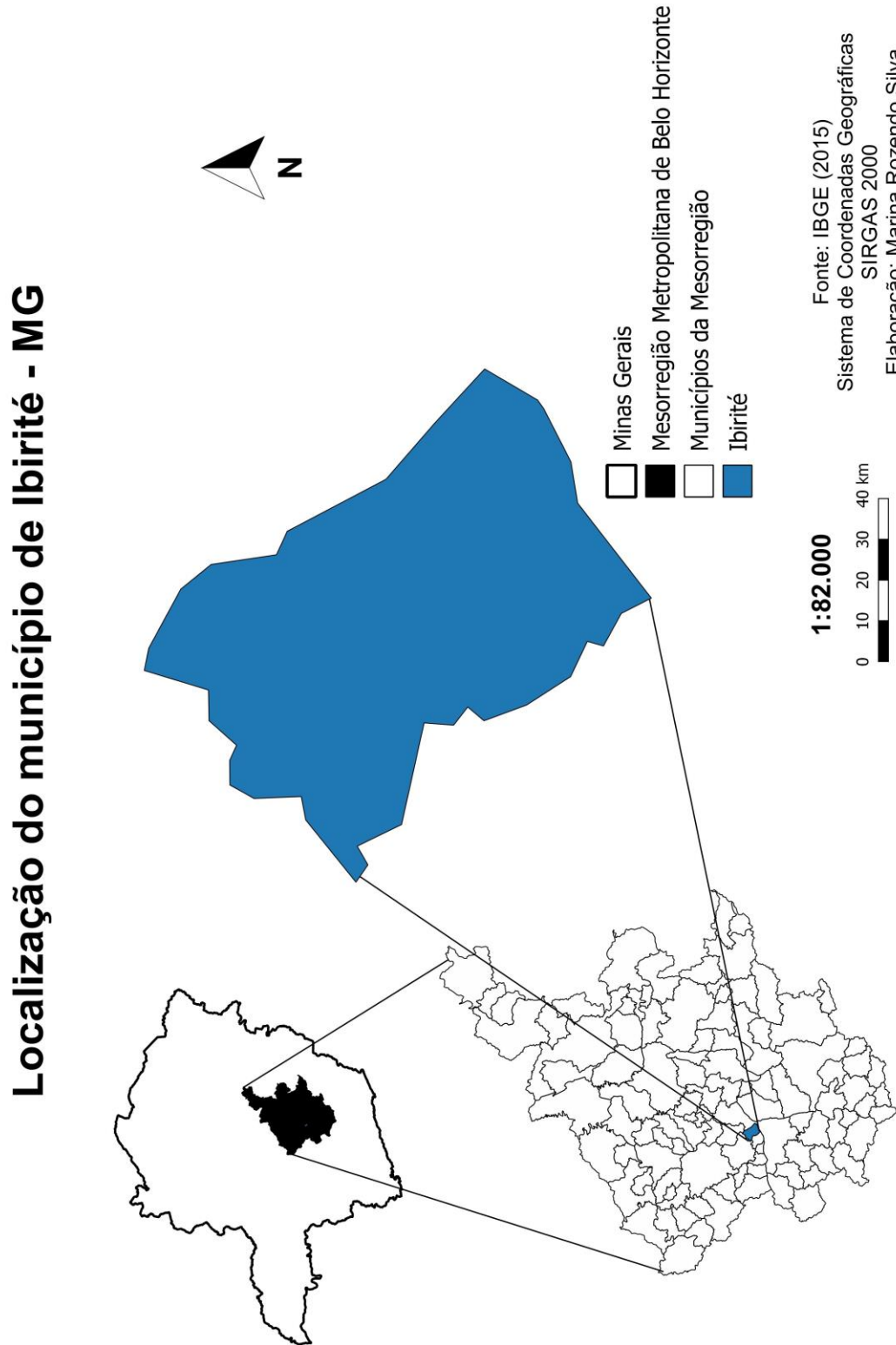


Figura 8: Mapa de localização do município de Ibirité - MG.

O município de Ibirité encontra-se situado na bacia hidrográfica do Rio Paraopeba, porção sul da Cadeia do Espinhaço, com relevo bastante movimentado, podendo ser dividido em ondulado e fortemente ondulado. Nessa orientação, segundo o Plano Municipal Integrado de Resíduos Sólidos de Ibirité (2013)¹⁵ encontram-se os segmentos locais da serra do Espinhaço denominados de Serra do Rola Moça, Capão da Serra e Serra Três Irmãos. Na porção sudoeste verificam-se os terrenos de baixa declividade junto aos córregos. Juntamente com os municípios vizinhos, Ibirité se encontra inserido na borda noroeste do Quadrilátero Ferrífero. O relevo apresenta características dessas regiões ferríferas, com grandes desníveis topográficos a altas declividades (>45%), atingindo altitudes superiores a 1.400m. As cotas altimétricas do município variam entre 797m e 1438m.

Segundo dados da Prefeitura de Ibirité¹⁶, o município possui elevado grau de urbanização, cerca de 98% da população reside em áreas urbanas. O crescimento da população urbana e consequentemente da urbanização do município acompanhou a tendência de ocupação da região metropolitana de Belo Horizonte, a partir da década de 1970, quando a população urbana passou de 20% para 68%.

Ainda de acordo com dados da Prefeitura de Ibirité, no final da década de 1950, quando a economia do município ainda era dedicada a agricultura tradicional, a expansão do eixo oeste de Belo Horizonte alcançou os municípios vizinhos, incluindo Ibirité, registrou-se uma intensificação do crescimento do município através da metropolização. O crescimento demográfico foi registrado a partir da década de 1970, quando o principal setor produtivo, até então, era o primário, ligado à mineração e atividades agropastoris. Com a instalação do Distrito Industrial em 1996, iniciou-se o processo de fortalecimento da economia, sobretudo do setor de serviços.

De acordo com o Plano Municipal Integrado de Resíduos Sólidos de Ibirité (2013) a vegetação predominante em Ibirité é do domínio do Cerrado com ocorrência de espécies de

¹⁵ Disponível em: < <http://www.ibirite.mg.gov.br/attachments/article/5255/20160513095116996.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2017.

¹⁶ Disponível em: < <http://www.ibirite.mg.gov.br/prefeitura/historia/124-aspectos-gerais.html>>. Acesso em 24 de abril de 2017.

transição entre Mata Atlântica e Campos Ferruginosos. Nas altitudes mais elevadas encontram-se a vegetação do tipo campo rupestre e campo cerrado, caracterizado pela vegetação predominantemente herbáceo-arbustiva, ocorrendo em áreas com altitudes superiores a 900 metros. Nas áreas mais baixas há a ocorrência de Floresta Estacional Semidecidual, caracterizado por gramíneas, arbustos e árvores de pequeno e médio porte. No entanto, em razão do crescimento da população e expansão da urbanização em Ibirité, houve a redução da vegetação natural. Segundo Simões e Oliveira (2009) o campo cerrado, até o ano de 2006, correspondia apenas 8,21% da área do município.

A ampliação da população, assim como o surgimento de diversos loteamentos e a consequente expansão da urbanização, ocasionaram a redução de outros tipos de usos, como a mata, campo cerrado e a pastagem, de maneira que essa última diminuiu quase 10% no período. (SIMÕES e OLIVEIRA 2009, p.59)

3.2.1. Aspectos climáticos de Ibirité

Segundo dados das Normais Climatológicas (1961 – 1990), a temperatura média compensada anual de Ibirité é de 20,4°C, registrando as maiores médias mensais em fevereiro (22,8°C) e as menores em julho (16,4°C). Assim como em Belo Horizonte, a temperatura máxima absoluta registrada no período foi de 36,9°C em outubro de 1987, enquanto a mínima absoluta foi de -1,2°C em junho de 1963. A precipitação acumulada anual é de 1424,4mm (figura 9), enquanto a umidade relativa média anual é de 76,1%.

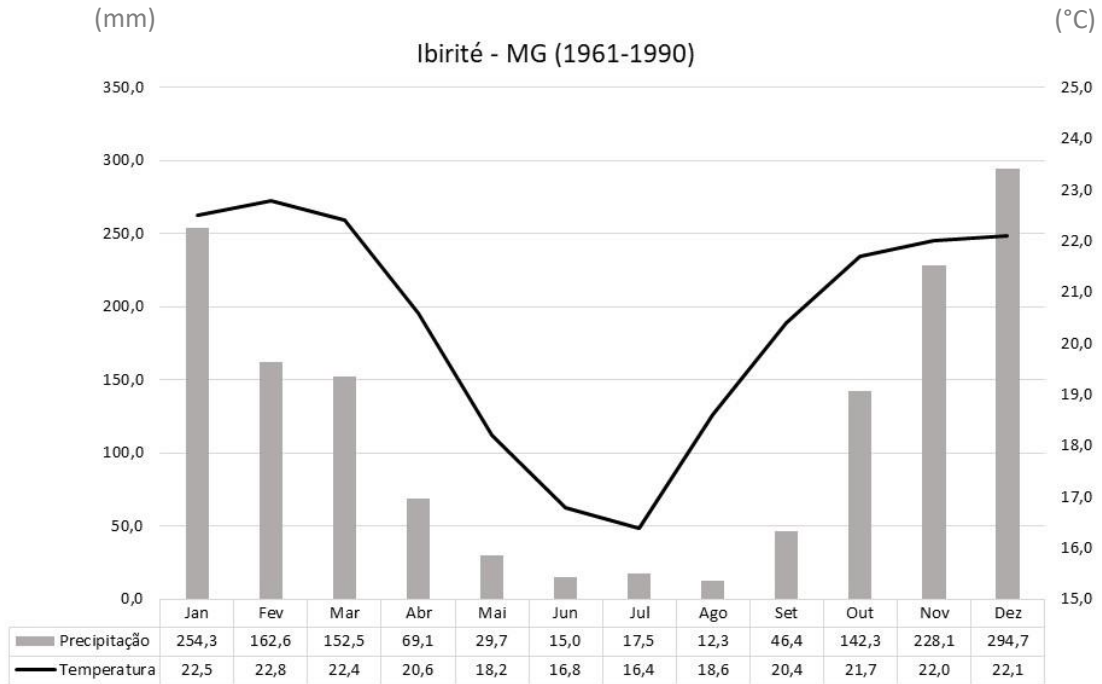


Figura 9: Climograma do município de Ibirité - MG. Fonte: INMET: Normais Climatológicas (1961-1990)

3.3. Caracterização geral de Sete Lagoas

De acordo com o IBGE¹⁷, fundada em 1841, ainda como distrito de Santa Luzia, Sete Lagoas foi elevada à condição de cidade no final de 1880. A história do município se iniciou no ano de 1667, quando o então bandeirante Fernão Dias Paes acampou nas terras de Sete Lagoas na procura de esmeraldas. A povoação do território sete-lagoano só iniciou em meados do século XVIII, quando a Coroa Portuguesa concedeu uma sesmaria de três léguas a Antônio Pinto de Magalhães. O progresso do município só se deu a partir de 1880, após inúmeras repartições do território em várias fazendas, que por fim deu origem ao povoado que posteriormente se transformaria na cidade de Sete Lagoas.

Situada à aproximadamente 70 quilômetros de distância de Belo Horizonte, Sete Lagoas se encontra nas coordenadas geográficas 17º 13' 01" S de latitude e 46º 52' 17" W de longitude, fazendo parte da Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte (figura 10). Segundo o IBGE (2016) Sete Lagoas possui população estimada em 2016 de 234.221

¹⁷ Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/minasgerais/ibirite.pdf>>. Acesso em 25 de abril de 2017.

habitantes e área territorial de 536,644 km². Segundo dados do censo de 2010, a densidade demográfica do município corresponde a 398,32 hab/km².

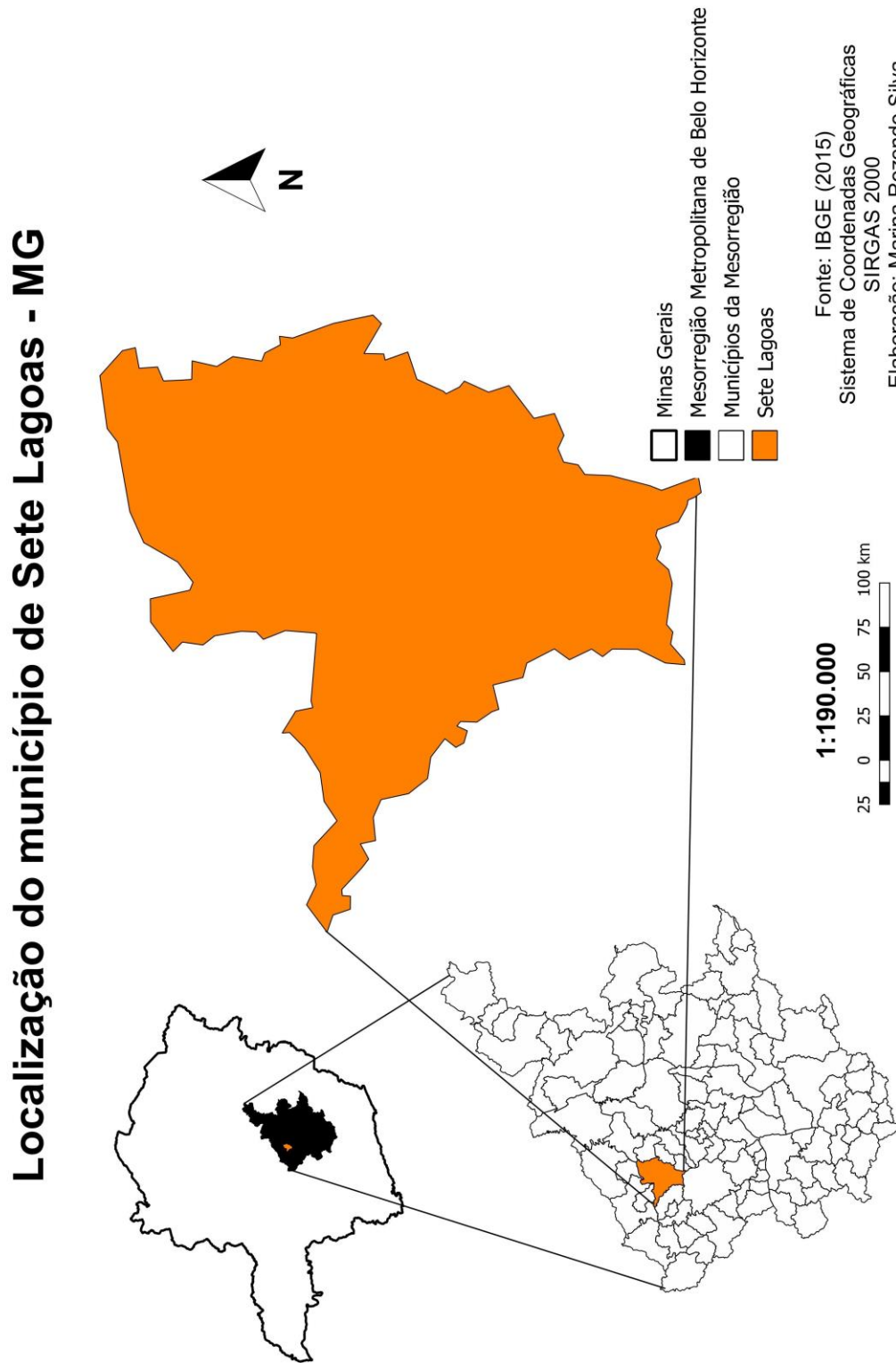


Figura 10: Mapa de localização do município de Sete Lagoas – MG.

Sete Lagoas encontra-se no contato entre o Quadrilátero Ferrífero e a região dos calcários do Bambuí, localiza-se entre cotas de 700 m a 1100 m de altitude, sendo circundada pela Serra de Santa Helena, onde se encontram os maiores valores de altitude (1076 metros). A Serra de Santa Helena também atua como divisor da rede hidrográfica do município em duas bacias, Rio Paraopeba e Rio das Velhas (LEÃO, 2008).

De acordo com dados do IBGE (2013), o cerrado, vegetação natural predominante da região, encontra-se degradado em razão das atividades antrópicas (urbanização e agropecuária). Segundo Leão (2008) o bioma no município de Sete Lagoas, distribuído de forma descontínua em razão da substituição por pastagens e plantações, é caracterizado por formações arbóreas e estrato herbáceo dominado por gramíneas. A oeste da Serra de Santa Helena, correspondente a Área de Proteção Ambiental da Serra de Santa Helena (APA de Santa Helena), marca a presença da Floresta Estacional Semidecidual, vegetação típica do bioma Mata Atlântica, caracterizada pela perda de folhas durante o período seco.

Em razão do relevo plano, constituído por colinas suaves, levemente ondulado, e tendo como obstáculo natural de expansão do município a Serra no sentido oeste, a malha urbana de Sete Lagoas se desenvolveu na porção central do município (LEÃO, 2008).

Com a adoção do transporte ferroviário em Sete Lagoas no final do século XIX, iniciaram-se as transformações econômicas e sociais do município, como o aumento populacional e expansão do tecido urbano (NOGUEIRA, 2006). A partir da década de 1960, em razão do crescimento do setor industrial e de seus reflexos no setor de comércio e serviços, Sete Lagoas registrou outro grande aumento populacional, passando a integrar a Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, alcançando o status de cidade média e iniciando a busca e oferta de serviços na capital do estado, potencializando ainda mais o poder econômico da população.

Segundo Nogueira (2006), no final do século XX, a instalação de indústrias no município, sobretudo da indústria guseira, provoca um crescimento econômico expressivo, refletindo diretamente na expansão populacional e no aumento de fenômenos tais como o êxodo rural e o movimento pendular.

Os impactos resultantes do desenvolvimento da indústria siderúrgica em Sete Lagoas foram muito intensos, tais quais foram guardadas as devidas proporções, quando a ferrovia chegou à cidade. A cidade, verdadeiramente, se transforma, expandindo-se social e economicamente, num processo de contínua (re)afirmação de sua centralidade. A expansão demográfica traduz-se no êxodo rural e no expressivo crescimento urbano do município. Levas de imigrantes oriundos dos municípios da empobrecida hinterlândia de Sete Lagoas, aportam na cidade em busca de melhores condições salariais, uma vez que a atividade siderúrgica oferecia salários mais elevados e tinha uma estabilidade que garantia a manutenção desses salários no final de cada mês. (NOGUEIRA, 2006, p.118)

3.3.1. Aspectos climáticos de Sete Lagoas

Segundo dados das Normais Climatológicas (1961 – 1990), a temperatura média compensada anual em Sete Lagoas é de 20,9°C, registrando as maiores médias mensais em fevereiro (22,9°C) e as menores em julho (17,5°C). A temperatura máxima absoluta registrada no período foi de 37,6°C em outubro de 1986, enquanto a mínima absoluta foi de 2,4°C em junho de 1979. A precipitação acumulada anual é de 1271,9mm (figura 11), enquanto a umidade relativa média anual é de 70,5%.

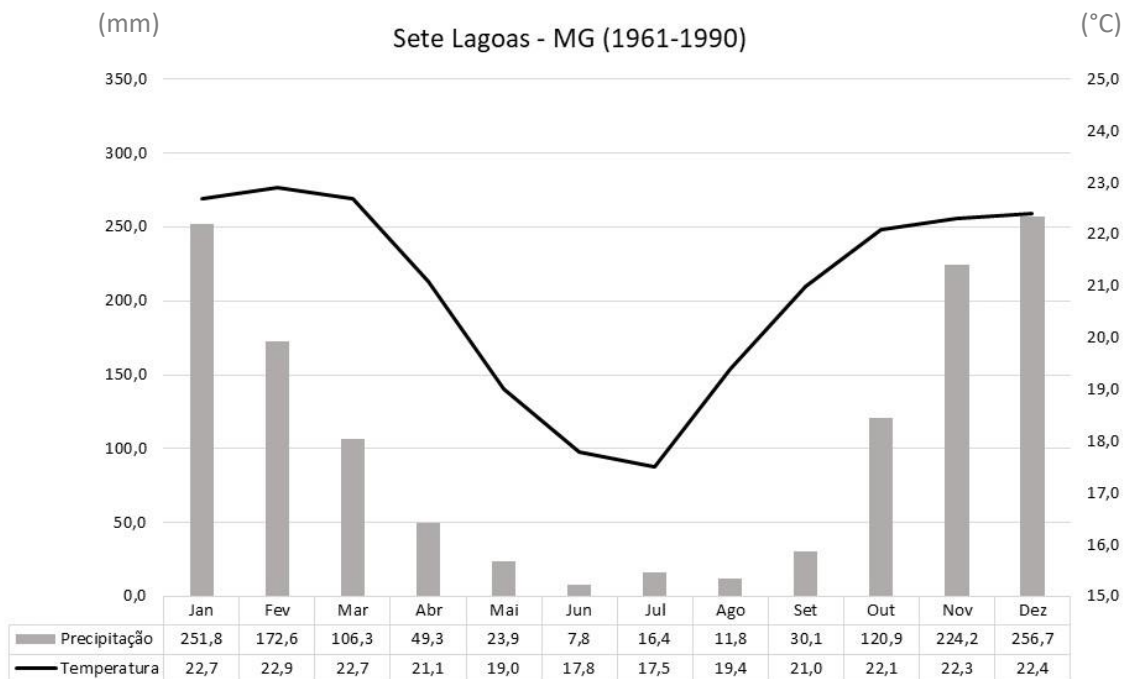


Figura 11: Climograma do município de Sete Lagoas - MG. Fonte: INMET: Normais Climatológicas (1961-1990).

De acordo com Leão (2008), as chuvas em Sete Lagoas são classificadas em duas estações distintas: chuvosa, entre outubro e março, e seca, entre abril a setembro. No município, o

trimestre classificado pela autora como o mais chuvoso ocorre nos meses de novembro, dezembro e janeiro, enquanto o trimestre mais seco ocorre em junho, julho e agosto. A atuação das linhas de instabilidade e dos sistemas frontais são responsáveis pelos altos índices pluviométricos durante o trimestre chuvoso, já os valores mínimos de precipitação registrados no trimestre mais seco são causados pela ausência da atuação destes mesmos fenômenos.

3.4. Caracterização geral de Conceição do Mato Dentro

Com origem ligada a corrida do ouro no início do século XVIII, o processo de povoamento de Conceição do Mato Dentro iniciou-se em 1702 com a construção de uma pequena capela em homenagem a Nossa Senhora da Conceição, tendo a economia voltada para a mineração durante todo século XVIII¹⁸. Em outubro de 1851, Conceição do Mato Dentro é elevada a condição de cidade.

O município de Conceição do Mato Dentro encontra-se na região central de Minas Gerais, aproximadamente a 167 km de Belo Horizonte, nas seguintes coordenadas: 19°2'31" S de latitude e 4325'4" W de longitude (figura 12). Segundo dados do IBGE (2016), posicionada entre 630 e 1500 metros de altitude, Conceição do Mato Dentro possui área territorial de 1.726,831 km² e população estimada em 2016 para o município de 18.160 habitantes. Os dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010 mostram que a densidade demográfica do município até tal ano era de 10,37 hab/km².

¹⁸ Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/minasgerais/conceicaomatodentro.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2017.

Localização do município de Ibirité - MG

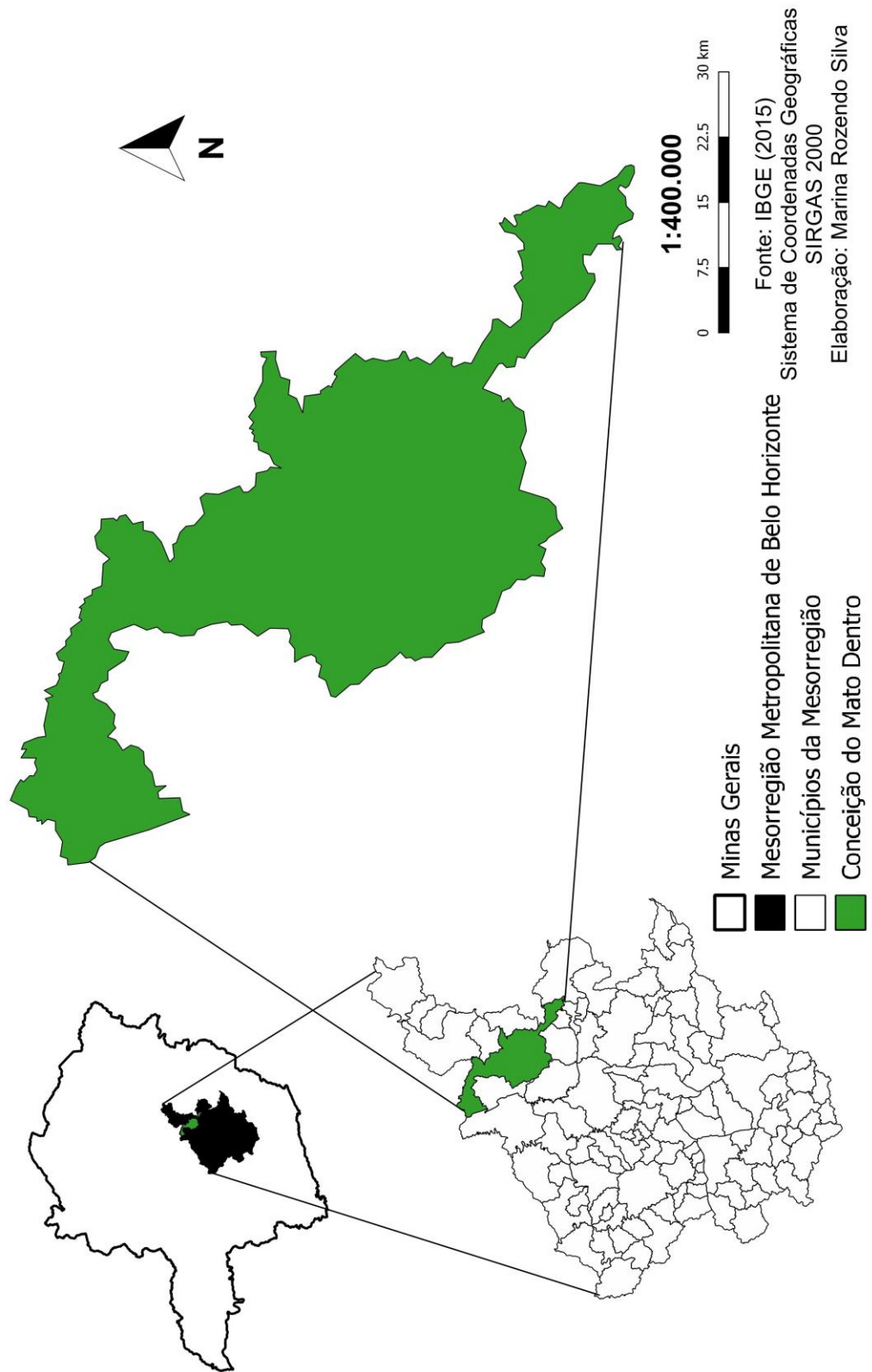


Figura 12: Mapa de localização do município de Conceição do Mato Dentro - MG.

Situada na vertente oriental da Serra do Cipó, na borda leste da Cadeia do Espinhaço, Conceição do Mato Dentro encontra-se inserida na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, um dos afluentes da bacia hidrográfica do Rio Doce. O município apresenta relevo montanhoso na maior parte de sua extensão (80%), encontrando-se também áreas de relevo plano (3%) e ondulado (17%)¹⁹.

A vegetação do município é constituída de campos de cerrado, campos rupestres, matas de galeria e capões, também são encontradas vegetações de transição entre a Mata Atlântica e florestas estacionais semidecíduais.

Segundo dados do censo demográfico de 2010, 68,5% da população reside em áreas urbanas. Em relação à economia, destacam-se o turismo e a agropecuária. De acordo com a Prefeitura de Conceição do Mato Dentro²⁰ o turismo e a agropecuária exercem papel fundamental na economia do município, destacando-se segmentos como o ecoturismo, a cana de açúcar, café e atividades relativas ao gado de corte e leiteiro. Industrias de pequeno porte também contribuem na economia através da extração de madeira e carvão vegetal.

A mineração exerce influência não só na economia do município, atuando como uma das principais fontes de renda e geradora de emprego na população, como também contribui para as profundas transformações socioambientais na região.

3.4.1. Aspectos climáticos de Conceição do Mato Dentro

Segundo dados das Normais Climatológicas (1961 – 1990), a temperatura média compensada anual em Conceição do Mato Dentro é de 20,6°C, registrando as maiores médias mensais em fevereiro (23,2°C) e as menores em julho (16,6°C). A temperatura máxima absoluta registrada no período foi de 37,4°C em novembro de 1986, enquanto a

¹⁹ Disponível em:

<http://www.descubraminas.com.br/Turismo/DestinoPagina.aspx?cod_destino=100&cod_pgi=2478>. Acesso em 24 de abril de 2017.

²⁰ Disponível em: <

http://www.descubraminas.com.br/Turismo/DestinoPagina.aspx?cod_destino=100&cod_pgi=2478>. Acesso em 24 de abril de 2017.

mínima absoluta foi de 1,0°C em julho de 1973. A precipitação acumulada anual é de 1424,4mm (figura 13), enquanto a umidade relativa média anual é de 76,1%.

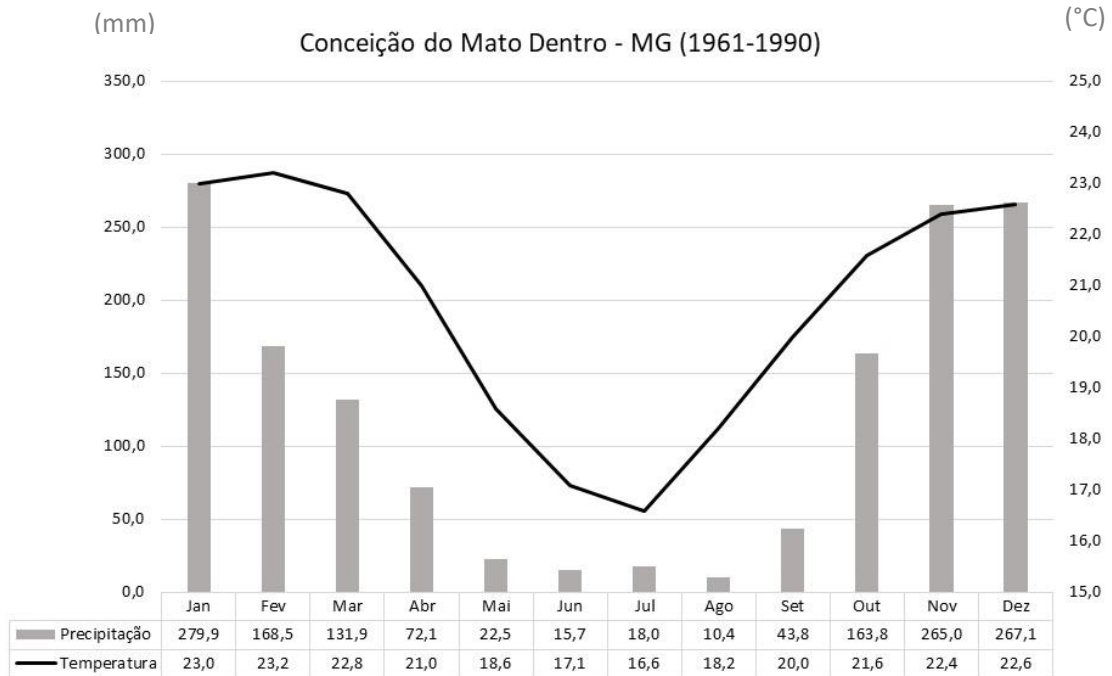


Figura 13: Climograma do município de Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte: INMET: Normais Climatológicas (1961-1990).

3.5. Caracterização geral da Serra do Cipó

O Parque Nacional da Serra do Cipó, criado em setembro de 1984, situado na área central do estado de Minas Gerais, está localizado a cerca de 100 km de Belo Horizonte e abrange os municípios de Itambé do Mato Dentro, Jaboticatubas, Morro do Pilar e Santana do Riacho, com uma área total de 33.800 hectares.

Considerada o divisor de água das bacias hidrográficas do Rio São Francisco e Rio Doce, a Serra do Cipó está inserida na porção sul da Cadeia do Espinhaço onde predomina a vegetação de cerrado nas partes mais baixas, enquanto nas regiões mais altas, são encontrados os campos rupestres. Segundo Vieira *et al* (2005) outros tipos de vegetações como as matas de galeria são encontrados no parque próximas aos cursos d'água.

A serra apresenta topografia acidentada, com altitudes que variam entre 700 e 1.670 metros. Segundo o Comitê da Bacia do Rio das Velhas (2016), no Parque Nacional da Serra do Cipó são encontradas elevada diversidade e grau de endemismo florístico, sendo também um divisor dos biomas cerrado e mata atlântica.

A vegetação marginal é composta principalmente por gramíneas e, em menor escala, por ciperáceas. As gramíneas predominam nas altitudes inferiores a 850 m, nos rios que apresentam alguma ação antrópica (como o Cipó, Preto do Itambé e do Peixe), principalmente como resultado da formação de pasto para criação extensiva de gado. Vegetação marginal de porte mais elevado ocorre em manchas isoladas junto a estes rios, sendo mais comum nos riachos menores em altitudes superiores a 850 m. (VIEIRA *et al*, 2005, p. 78)

As temperaturas médias da Serra do Cipó variam entre 18°C e 20°C no verão e abaixo de 15°C no inverno, no entanto, segundo o Plano de Manejo elaborado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (2009), em razão da compartimentação do relevo se encontram diferentes valores de temperatura em regiões muito próximas.

A precipitação média anual se encontra entre 1.300 e 1.600 mm, sendo que os maiores valores de precipitação se concentram nos meses de novembro a março. Entre maio e outubro ocorre a diminuição dos índices pluviométricos na região, no entanto, em razão das altitudes mais elevadas, combinadas com a diminuição da temperatura, ocorre a formação regular de neblinas fortes durante todo o inverno.

De acordo com Pirani *et al* (2015) as serras orientadas para o leste registram maior índice pluviométrico em relação às faces voltadas para oeste, propiciando a formação de florestas semidecíduais. Já nas encostas orientadas para oeste, há a presença de campos rupestres, cerrados e matas estacionais decíduais.

Segundo o Plano de Manejo do ICMBio (2009), em relação à geologia da Serra do Cipó, são característicos na região o Supergrupo Espinhaço (composto principalmente por quartzitos, que dá forma às montanhas) e ainda os grupos Macaúbas, constituído por “Metadiamicritos e Quartzitos de granulação média a grossa, bandeados, que passam para Quartzitos finos e Filitos” (ICMBio, 2009, p.26) e Bambuí, formado por calcário, mármore e metapelitos laminados. Já em relação aos solos da Serra do Cipó:

Latosolos são comuns sobre as formações cársticas a oeste do maciço montanhoso (Formação Bambuí), entremeados com solos rasos e inférteis, que sustentam campos sujos e outras formações abertas. As montanhas são edificadas principalmente por rochas do Supergrupo Espinhaço, com preponderância de quartzitos, que geram solos arenosos e de baixíssima fertilidade, e com padrões de drenagem bastante variáveis conforme a existência de diques rochosos e conforme a declividade. (RIBEIRO *et al*, 2009, p.33).

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Aspectos Gerais do clima nos municípios analisados

O clima da região é caracterizado por período quente e chuvoso (outubro a março) e período frio e seco (abril a setembro). De acordo com Nimer (1979), a atuação do ASAS, dos sistemas frontais e de “sistemas perturbados” (o que seria conhecido hoje como ZCAS) são responsáveis pelo elevado índice pluviométrico da região e pelo aumento das temperaturas durante tal período. Já o Anticiclone Polar do Atlântico Sul (APAS) se encarrega, em grande parte, da queda das temperaturas durante o período seco.

A tabela abaixo (tabela 1) apresenta os dados das máximas absolutas de precipitação em ambos os municípios, indicando que os dados encontrados estão concentrados no período considerado chuvoso (outubro a março).

Tabela 1: Dados da precipitação máxima absoluta diária dos municípios analisados (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

Precipitação (mm) 1961-2016		
	Máxima absoluta diária	Data
Belo Horizonte	164,2	14/02/1978
Ibirité	135,2	15/02/1961
Sete Lagoas	152,9	23/01/1977
C. do Mato Dentro	157,6	27/01/2009

Em relação às temperaturas, a tabela 2 indica que os dados de máxima absoluta em ambos os municípios se encontram dentro do período quente (outubro a dezembro) enquanto os dados de temperatura mínima absoluta estão entre os meses considerados mais frios (junho e julho).

Tabela 2: Dados da temperatura absoluta diária dos municípios analisados (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

Temperatura absoluta diária (°C) 1961-2016				
	Máxima absoluta	Data	Mínima absoluta	Data
Belo Horizonte	37,4	16/11/2002	3,1	01/06/1979
Ibirité	39,6	08/12/1987	-1,2	22/06/1963
Sete Lagoas	39,7	09/10/1986	1,6	24/07/2013
C. do Mato Dentro	39,1	09/11/1962	1,0	26/07/1973 e 2004

A tabela abaixo (tabela 3) ilustra os valores médios de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação das séries temporais (1961 - 2016) para os municípios analisados neste trabalho. Nota-se que as médias de temperatura e precipitação nos quatro municípios se encontram próximas. Tal fato se deve a relativa proximidade entre os municípios, que se localizam na região onde os fatores genéticos das chuvas e os sistemas atmosféricos responsáveis pela variação dos elementos climáticos em escala regional são praticamente os mesmos, embora comporte diferenças locais significativas.

Tabela 3: Valores médios das variáveis climáticas para o período 1961-2016. Fonte dos dados: INMET.

	Altitude (m)	Temp. mínima (°C)	Temp. máxima (°C)	Temp. média (°C)	Umidade Relativa (%)	Precipitação média (mm)
Belo Horizonte	915	17,3	27,1	21,6	72,2	1522,06
Ibirité	814	14,7	28,1	20,6	76,1	1475,84
Sete Lagoas	732	15,9	28,5	21,2	70,5	1299,33
C. do Mato Dentro	652	15,4	28,1	20,9	75,7	1381,38

No entanto, como já destacado por Nimer (1979), a configuração e disposição do relevo da região sudeste, sobretudo Minas Gerais, assume importante papel do comportamento das variáveis climáticas, proporcionando a formação de diferentes topoclimas em espaços próximos. Outras características locais, como cobertura e uso da terra também são responsáveis pelas diferenças encontradas entre os municípios analisados.

O município de Belo Horizonte (21,6°C) se destaca no que diz respeito aos valores de temperatura média, provavelmente pelo fato de ser o município que experimentou maior alteração no uso da terra em relação aos demais municípios analisados, como pode ser confirmado pelo elevado valor de temperatura mínima (17,3°C), uma vez que os valores mínimos são mais sensíveis às alterações no uso da terra, e por isso mais indicados para sinalizar modificações na superfície. É possível inferir que a urbanização tenha relação com os valores mínimos registrados considerando que mesmo a estação se encontrando em cota altimétrica mais elevada, os valores continuam sendo mais altos, comparados aos demais municípios (figura 14).

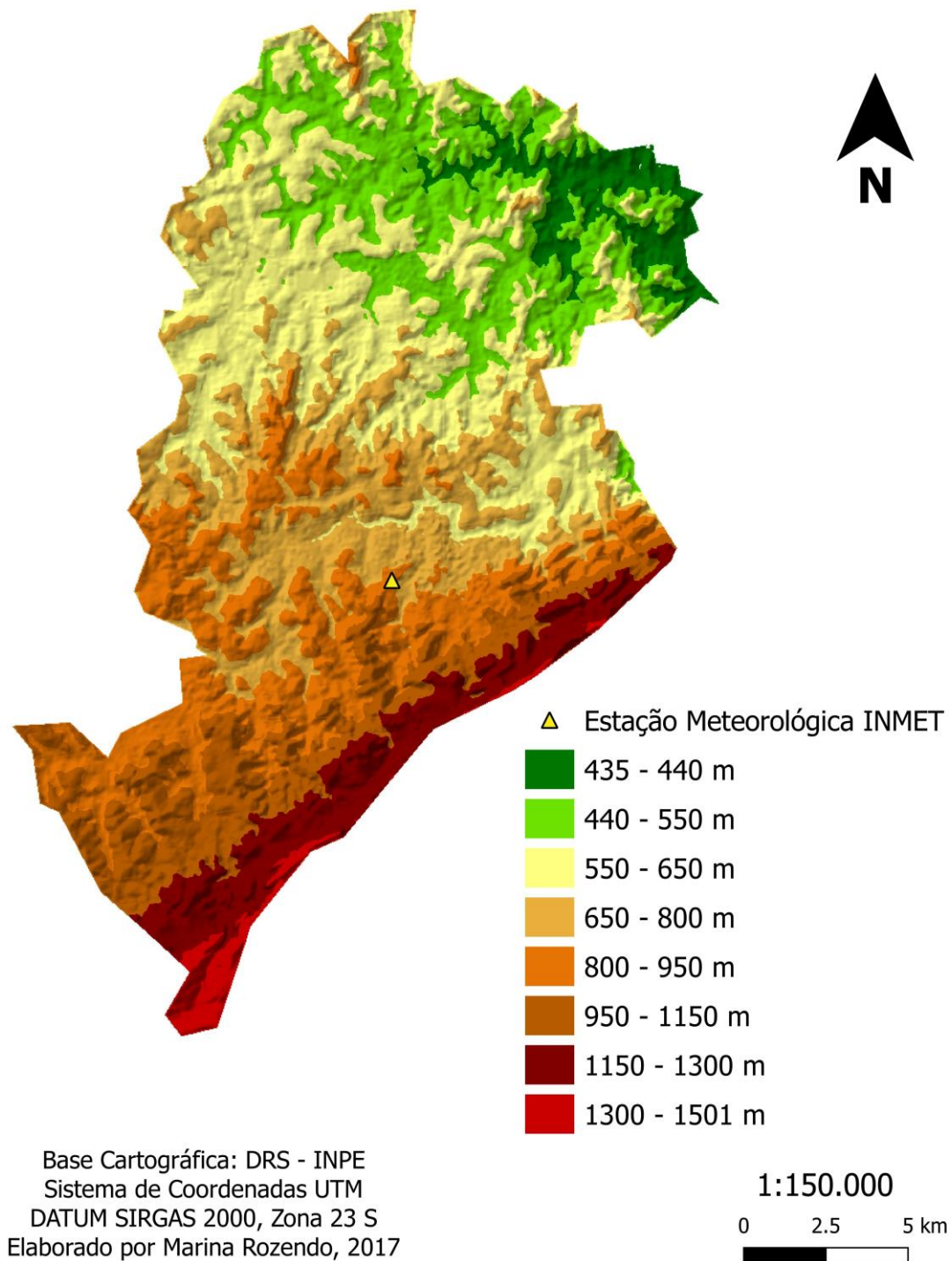


Figura 14: Mapa hipsométrico do município de Belo Horizonte – MG e localização da estação meteorológica.

Em contrapartida, Ibirité apresenta os menores valores de temperatura média e temperatura média mínima (20,6 e 14,7 respectivamente). Esses valores são explicados pelo local de instalação da estação meteorológica do município, situada no limite periurbano, com a presença de remanescentes de áreas florestais no entorno. O baixo valor da

temperatura mínima registrado em Ibirité se baseia na maior proximidade da estação meteorológica em relação às serras que circundam a região, favorecendo, de certo modo, a atuação de ventos catabáticos, que por sua vez transportam ar frio das localidades de maior altitude para as localidades de menor altitude. Além disso, a elevada cota altimétrica em que se encontra a estação (1.199m) também contribui para os valores registrados (figura 15).

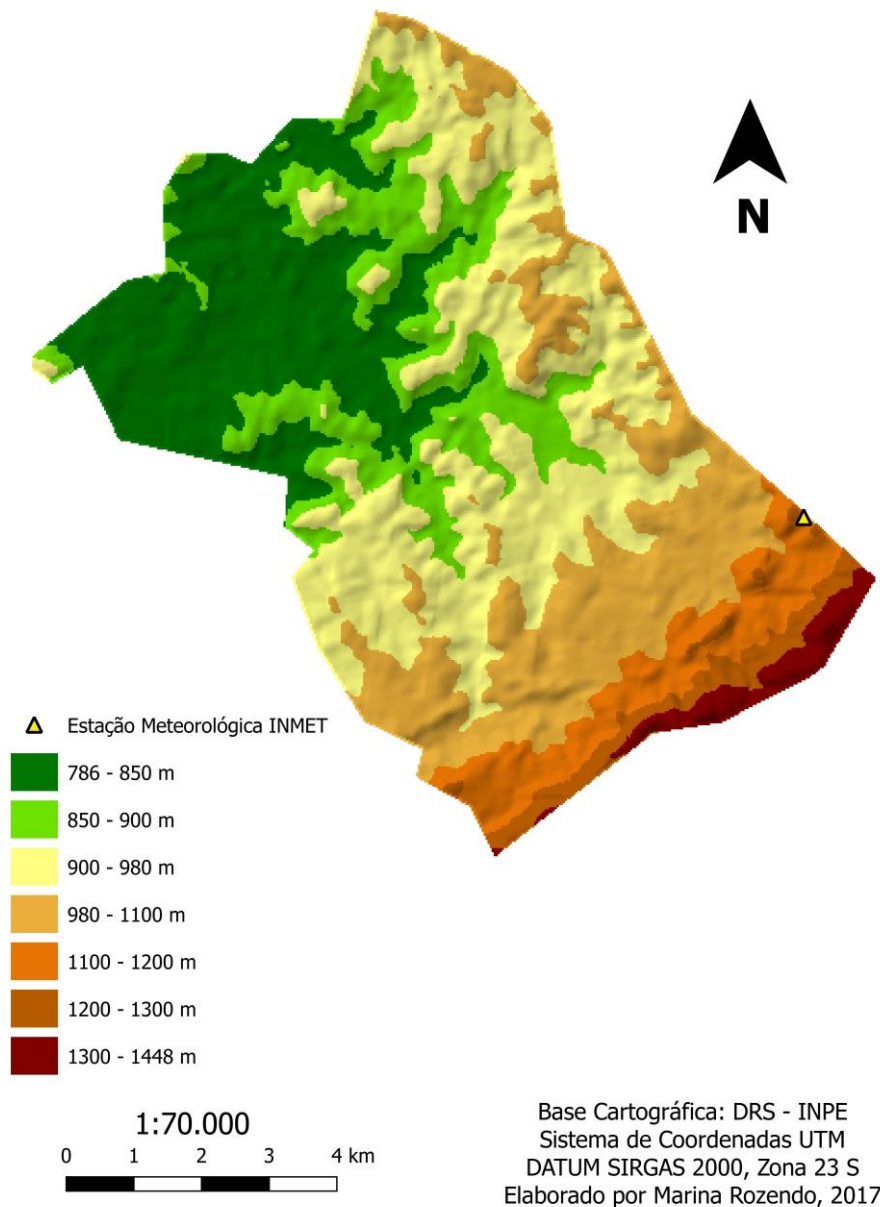


Figura 15: Mapa hipsométrico do município de Ibirité – MG e localização da estação meteorológica.

Ibirité e Conceição do Mato Dentro também se destacam em relação aos valores de umidade relativa do ar (76,1% e 75,7%). Ibirité, por se encontrar em áreas próximas às áreas florestais e Conceição do Mato Dentro, por se localizar na vertente leste da Cadeia do

Espinhaço, onde a participação dos sistemas frontais e da Massa Tropical do Atlântico é mais efetiva.

Em relação aos dados de precipitação, Belo Horizonte e Ibirité registram os maiores valores (1522,06mm e 1475,84mm). Em ambas localidades, esses valores podem ser explicados pelo relevo e pela altitude mais elevada (915 m em Belo Horizonte e 1.199 m em Ibirité), já que a estação meteorológica se encontra numa região de planalto, no caso de Belo Horizonte, onde a turbulência mecânica do ar é maior, induzindo a sua movimentação e favorecendo a formação de nuvens e consequente precipitação (efeito orográfico).

Já nas partes mais deprimidas, a elevada camada de ar sobrejacente propicia maior pressão atmosférica e consequentemente maior estabilidade do ar, como é o caso de Sete Lagoas (1299,33mm), que registra o menor valor de precipitação comparado aos demais municípios. Além disso, segundo Nimer (1979), estes municípios se encontram em posição mais ao sul e sudeste do estado de Minas Gerais, que por sua vez registra maior atuação dos sistemas frontais e linhas de instabilidade (figura 16).

A localidade de Sete Lagoas é a mais seca comparativamente às demais localidades. Além do menor total de precipitação, conta com maior número de horas de insolação, menor valor de umidade relativa e menor número de dias com precipitação igual ou inferior a 1 mm. Sua posição no espaço geográfico de Minas Gerais a coloca não diretamente na zona de sombra de chuva da área planáltica do Espinhaço, mas em situação de relativo abrigo no vale do rio das Velhas, em altitude inferior aos demais locais, e diante da trajetória dos ventos predominantes de leste, interceptado pelo planalto do Espinhaço a oeste, acrescido do efeito de continentalidade crescente na direção oeste do estado. (JARDIM *et al*, 2017, p.09)

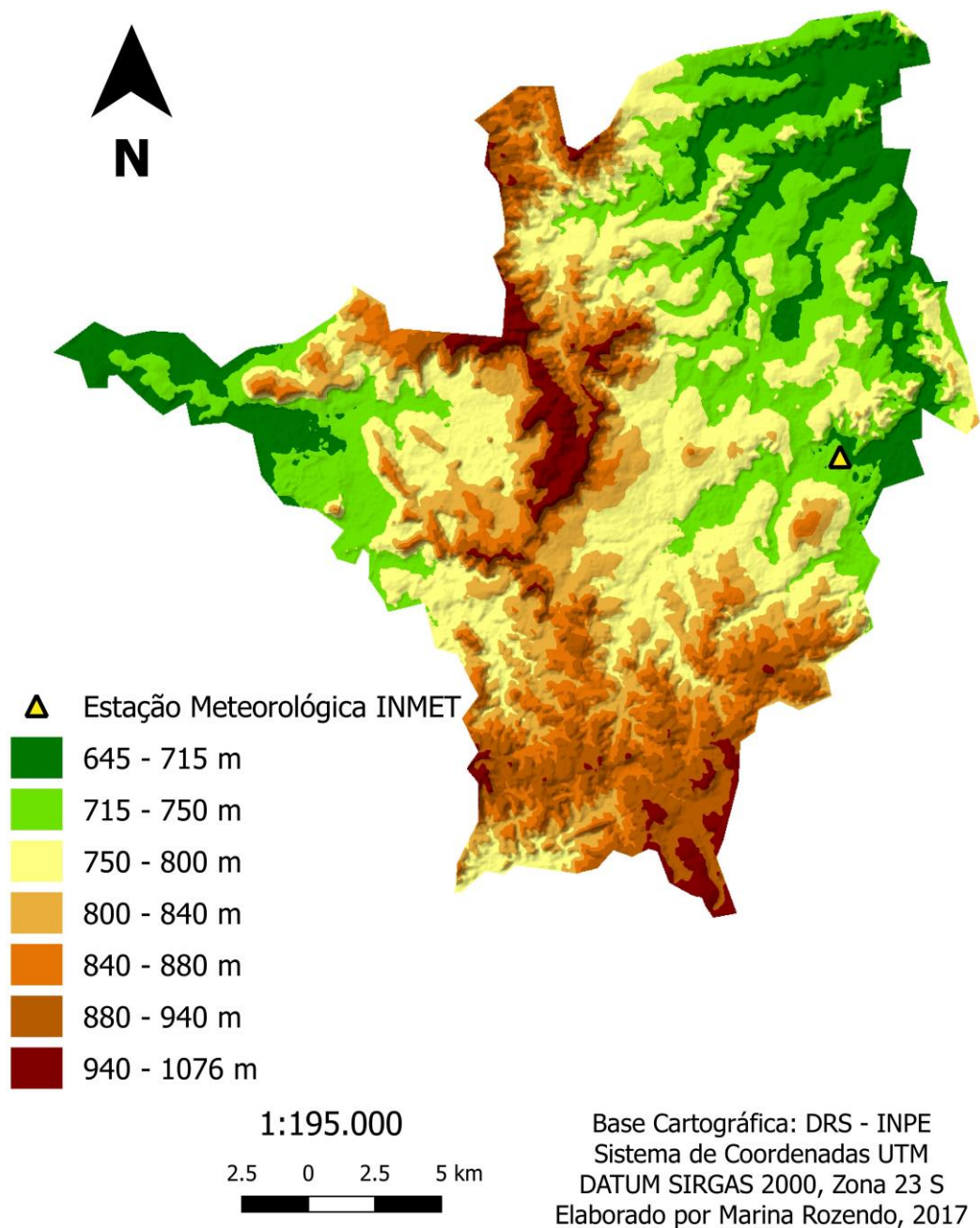


Figura 16: Mapa hipsométrico do município de Sete Lagoas – MG e localização da estação meteorológica.

Como citado anteriormente, Conceição do Mato Dentro se encontra na posição leste da cadeia do Espinhaço, sob maior influência oceânica que contribui com aporte de umidade e precipitação. No entanto, a média da série histórica para o município revela valores relativamente baixos (1381,38mm), principalmente se comparado aos demais municípios. Presume-se que a Serra Conceição do Mato Dentro, localizada nas proximidades do local de instalação da estação meteorológica e a baixa altitude (652m) onde ela se encontra,

contribuem para o valor registrado, uma vez que a estação se situa na vertente à sotavento da serra, sob influência de movimento descendente do ar acompanhado de compressão adiabática, resultando no seu aquecimento (JARDIM *et al*, 2017). Em relação a altitude, a estação meteorológica se localiza a 652 metros, o que contribuiria para maior estabilidade do ar, como explicado acima (figura 17).

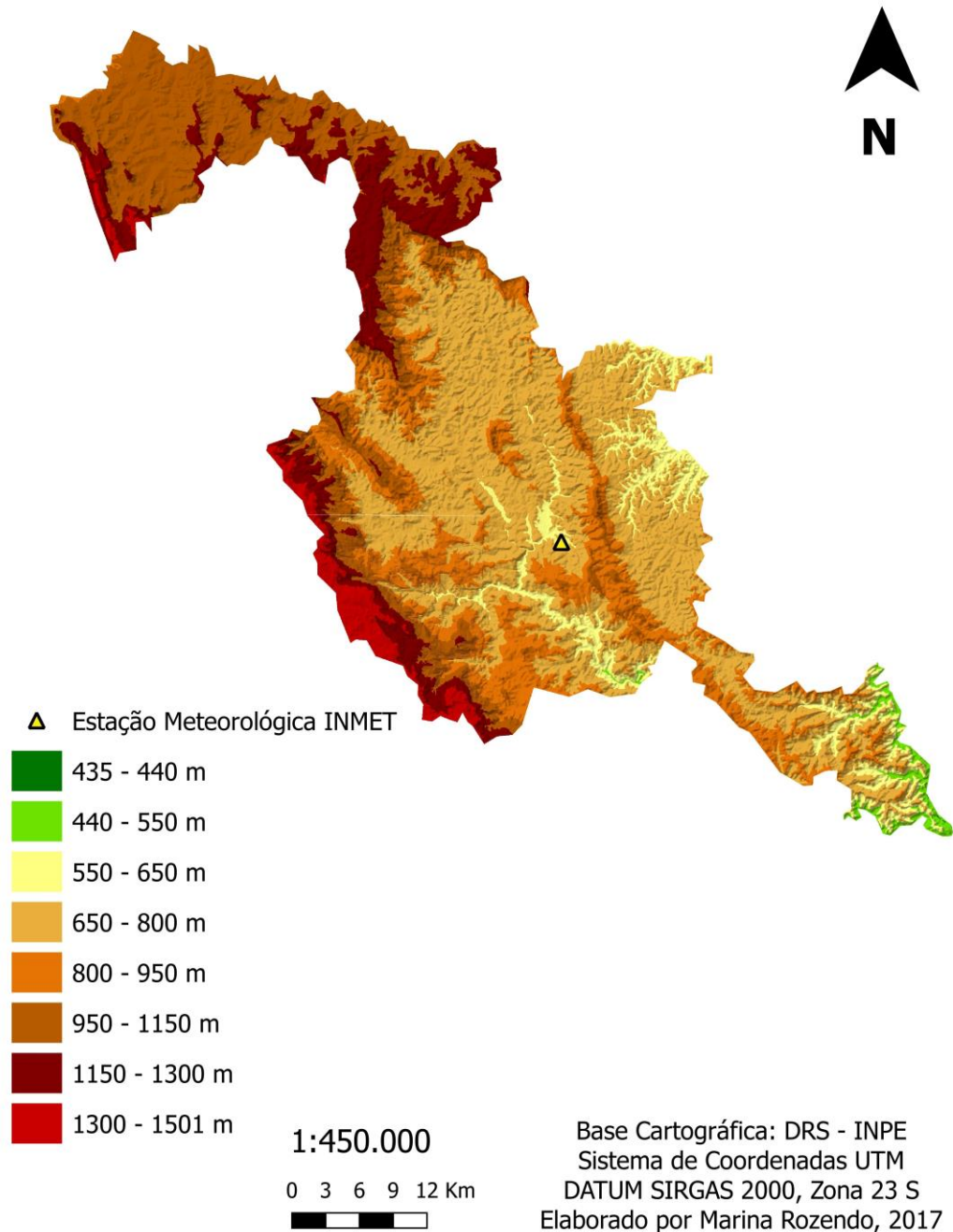


Figura 17: Mapa hipsométrico do município de Ibirité – MG e localização da estação meteorológica.

Os gráficos de frequência de chuvas dos quatro municípios (figuras 18 a 21) evidenciam o caráter mais úmido dos municípios de Belo Horizonte e Ibirité, que apresentam frequência mais alta nas classes acima de 1500mm, quando comparado as demais localidades. Em contrapartida, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro apresentam maior frequência de chuvas nas classes relativamente mais baixas.

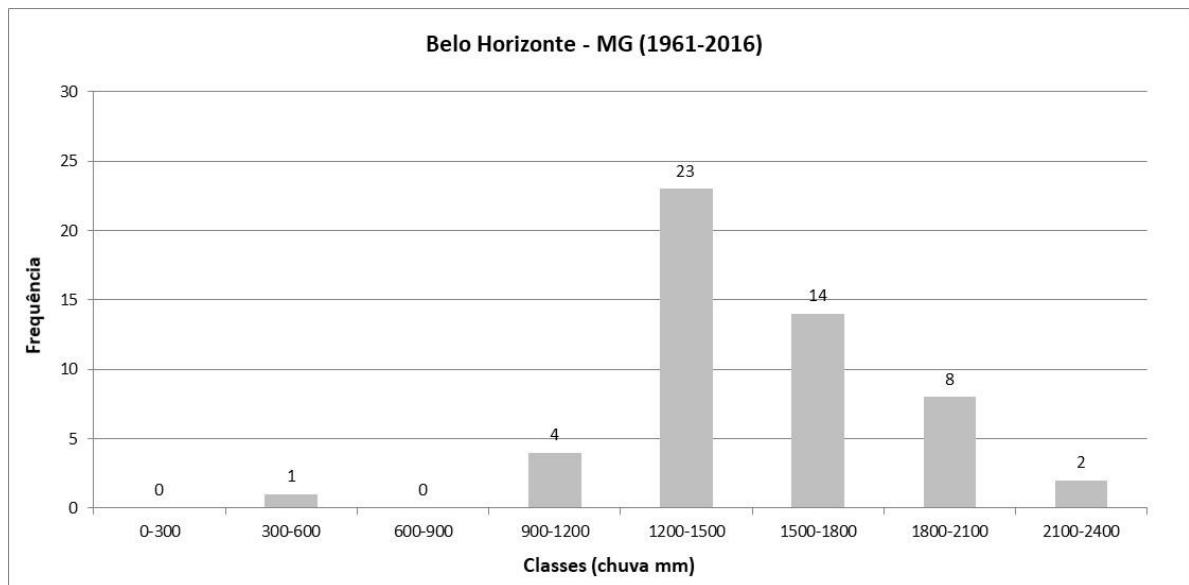


Figura 18: Gráfico de frequência das classes de chuva para Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

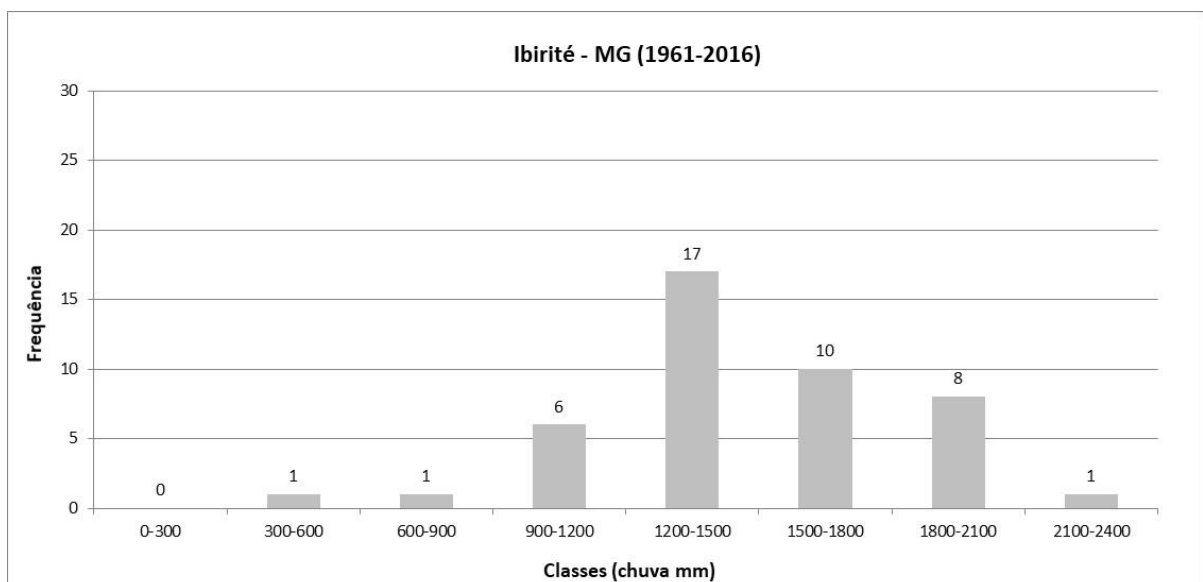


Figura 19: Gráfico de frequência das classes de chuva para Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

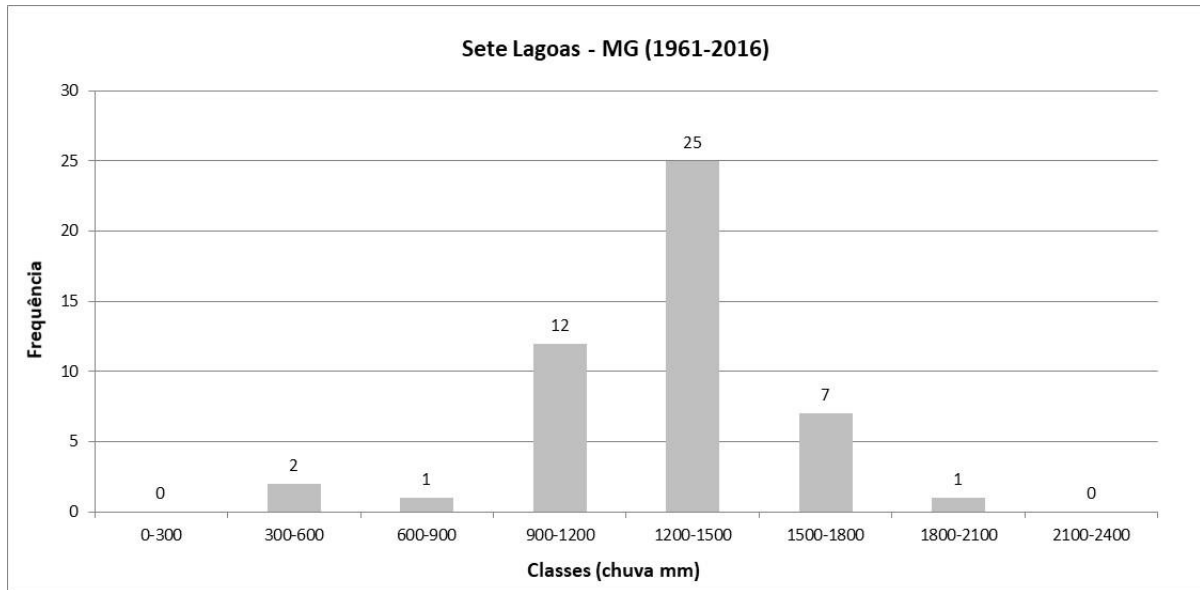


Figura 20: Gráfico de frequência das classes de chuva para Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

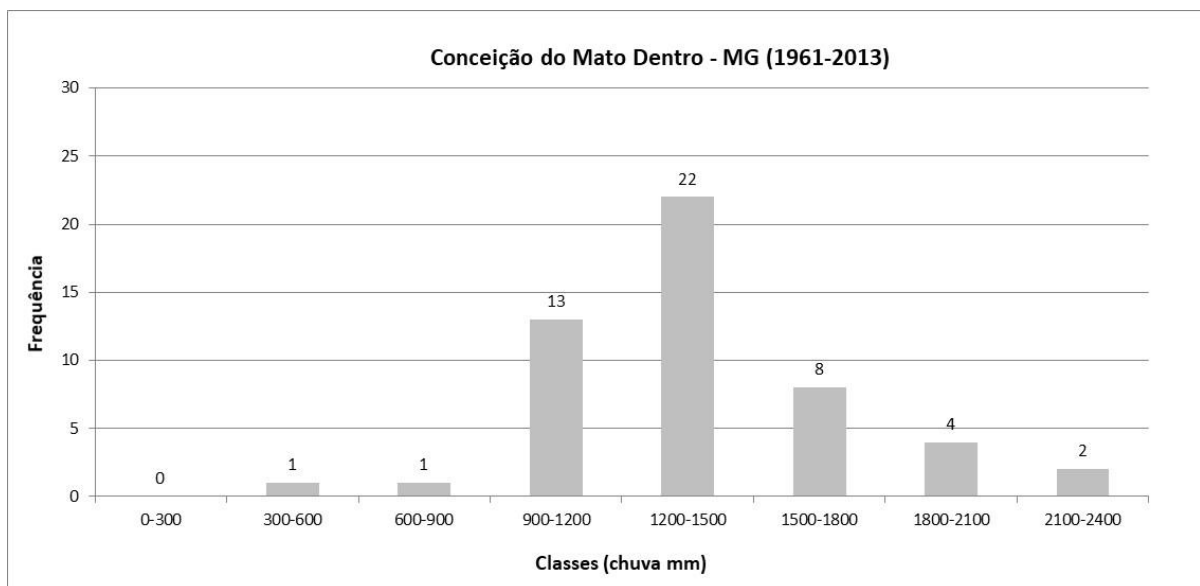


Figura 21: Gráfico de frequência das classes de chuva para Coceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

Tal caráter mais úmido de Belo Horizonte e Ibirité também pode ser notado nos gráficos a seguir (figuras 22 a 25), calculados a partir do desvio padrão, quando se verifica maior ocorrência de anos chuvosos nos dois municípios. Já os municípios de Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro apresentam as médias anuais mais baixas, tendo a localidade de Conceição do Mato Dentro apresentado as maiores ocorrências de anos secos (9 ocorrências).

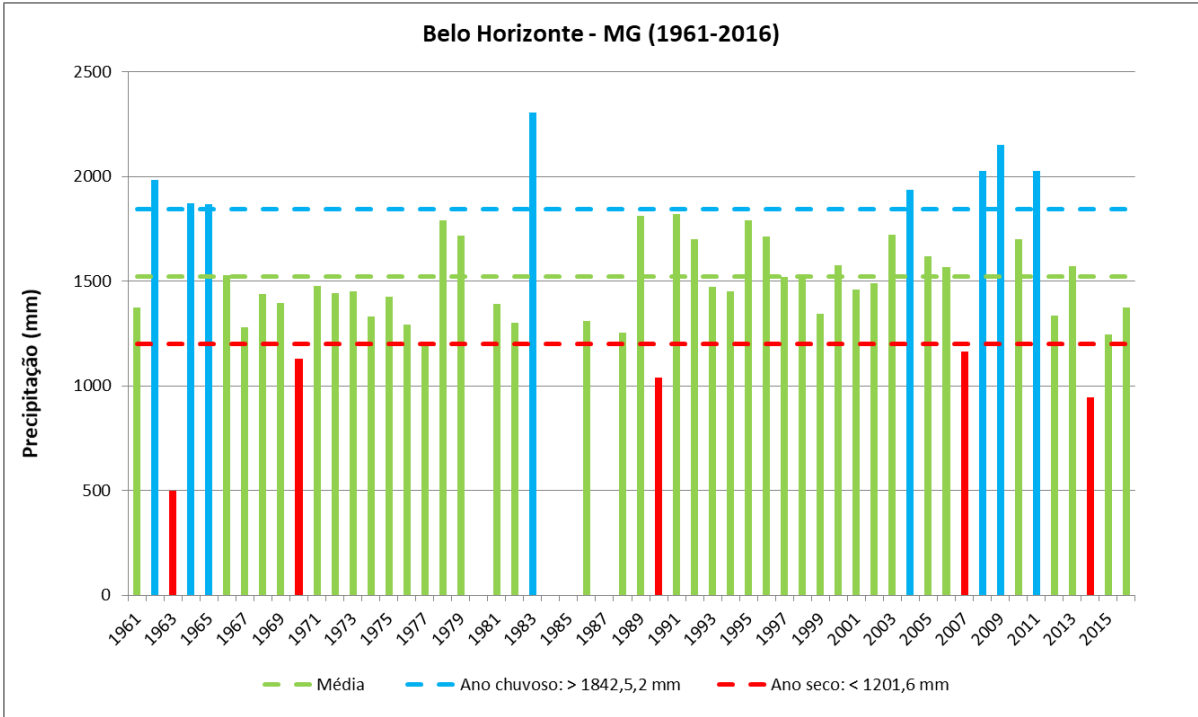


Figura 22: Gráfico de classificação de anos secos e chuvosos para Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

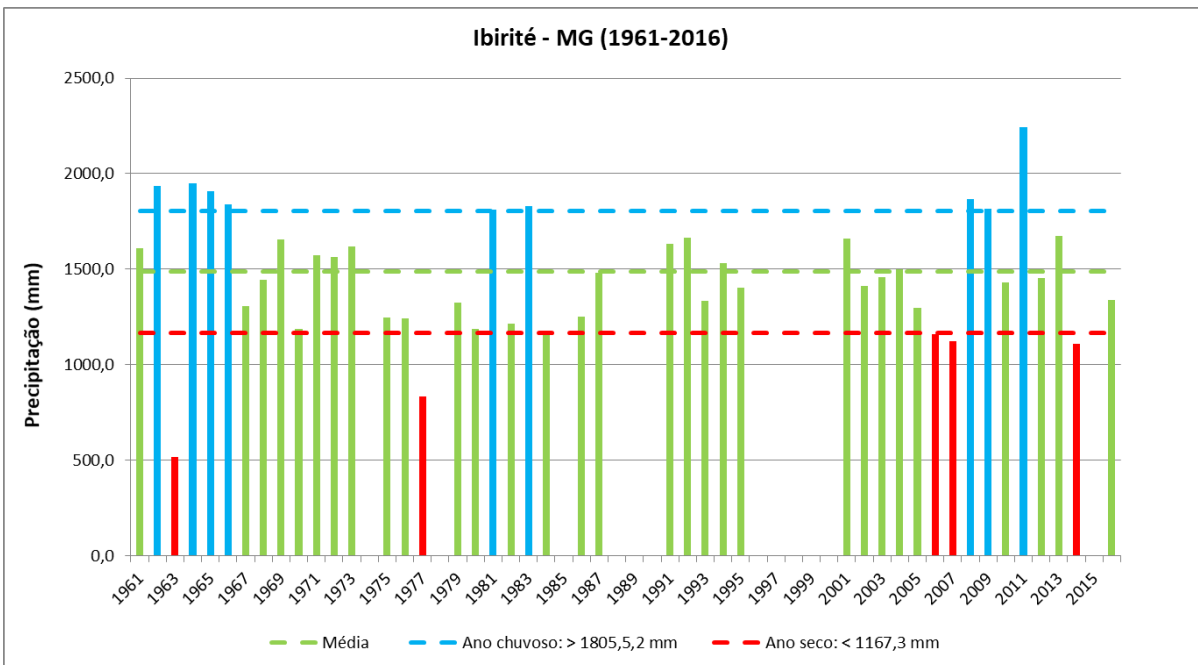


Figura 23: Gráfico de classificação de anos secos e chuvosos para Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

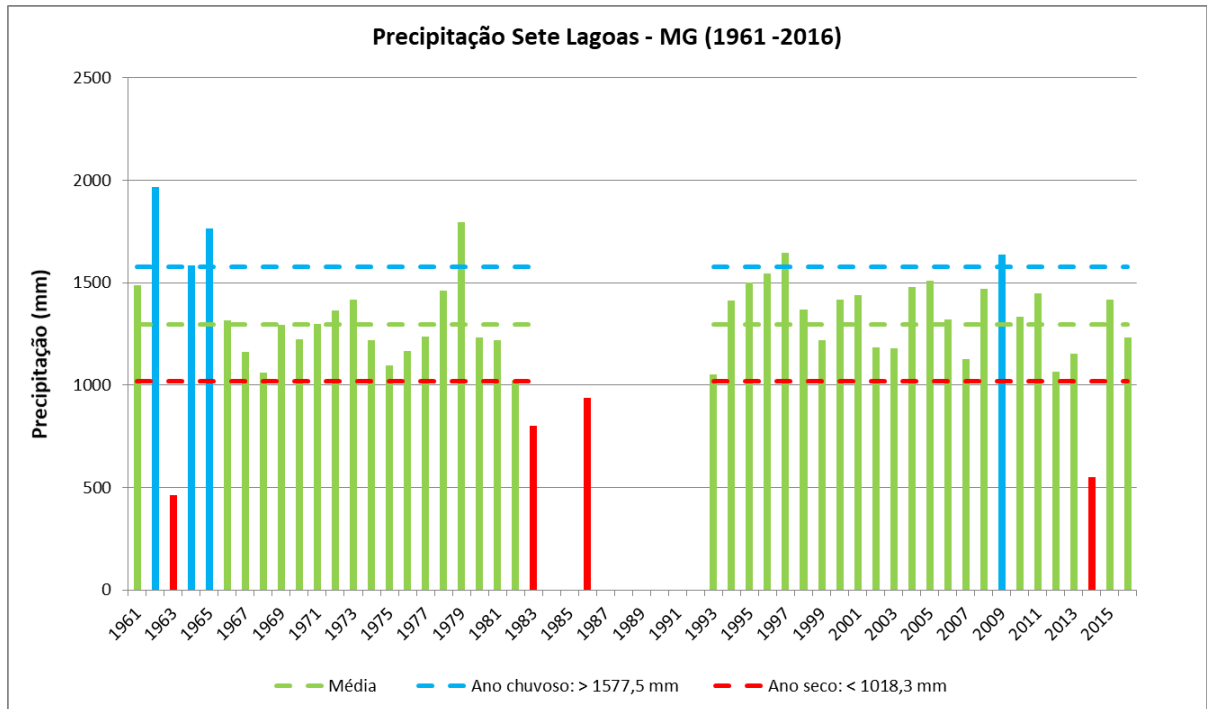


Figura 24: Gráfico de classificação de anos secos e chuvosos para Sete Lagoas- MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

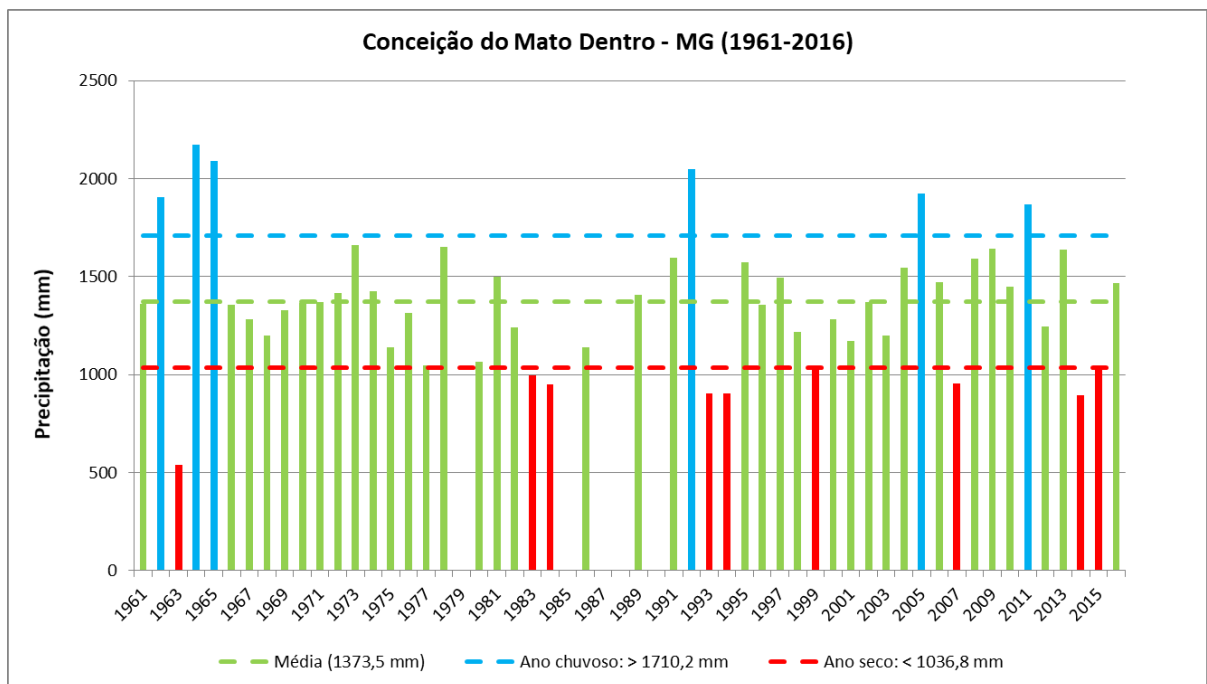


Figura 25: Gráfico de classificação de anos secos e chuvosos para Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

É importante destacar que o significado de ano normal (média), ano chuvoso e ano seco são relativos, uma vez que o significado de “normal” para uma localidade pode se configurar em

desvio para outras localidades, como no caso de Belo Horizonte e Sete Lagoas, onde a média em Belo Horizonte caracteriza-se como ano chuvoso em Sete Lagoas.

4.2 Variações do clima na escala zonal

Em um primeiro momento os valores médios anuais de temperatura do ar e precipitação acumulada dos quatro municípios foram correlacionados com os eventos de escalas superiores, Oscilação Decadal do Pacífico e ocorrência de El Niños e La Niñas, a fim de obter informações sobre o clima da área de estudo.

Segundo Berlato e Fontana (2003), ENOS refere-se à combinação existente entre o oceano e a atmosfera, sendo o evento de El Niño (EN) representativo do componente oceânico enquanto a Oscilação Sul (OS) representa a contrapartida atmosférica.

O fenômeno ENOS faz parte de uma variação irregular em torno das condições normais do oceano e da atmosfera na região do Pacífico Tropical. Um extremo dessa variação é representado pelas condições de El Niño, quando se verifica um aquecimento das águas simultaneamente com a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico leste (também denominada fase quente ou fase negativa), e o outro extremo da variação é representado pelas condições de La Niña, quando ocorre um resfriamento das águas e aumento na pressão atmosférica na região leste do Pacífico (também denominada fase fria ou fase positiva). (BERLATO e FONTANA, 2003, p.20).

Em anos normais, isto é, sem a presença do evento ENOS, os ventos alísios levam as águas mais quentes da parte leste do Pacífico Equatorial para a costa oeste do oceano, gerando maior evaporação e formação de nuvens nessa área (figura 26). Com isso, o ar que ascende no Pacífico Equatorial Central e Oeste e descende no Pacífico Leste (na costa oeste da América do Sul), influenciando a célula equatorial de circulação atmosférica de Walker. Durante a ocorrência do El Niño, há o enfraquecimento dos ventos alísios, podendo ocorrer a inversão dos mesmos, sendo assim, as águas superficiais do Oceano Pacífico começam a se aquecer gerando a evaporação e a formação de nuvens no Pacífico Equatorial Central e Oriental. Esse aquecimento do Pacífico provoca o aquecimento das massas de ar no local,

quando parte desse calor é transferido para o ar por convecção, aumentando a temperatura por onde elas passam.²¹

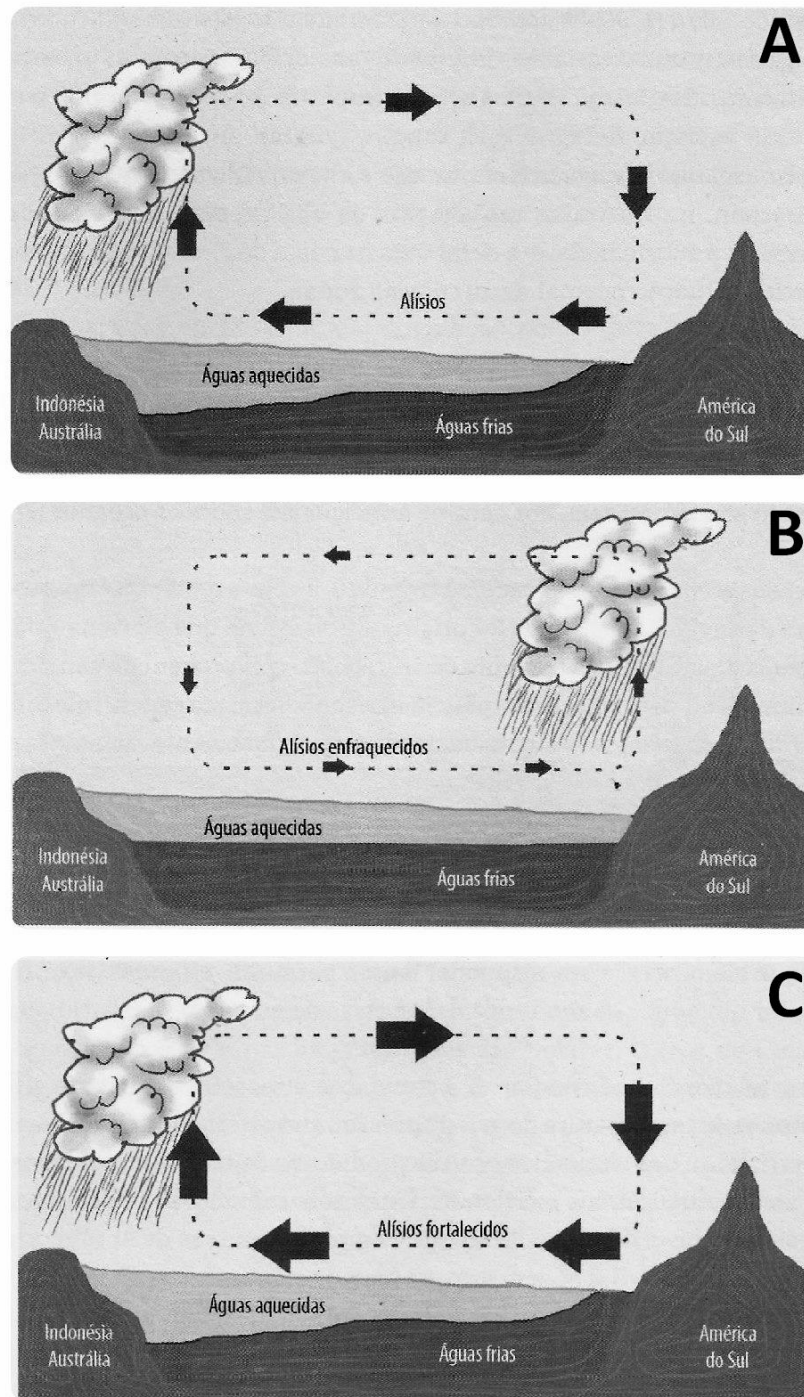


Figura 26: A) Condições normais da célula de Walker; B) Condições de El Niño; C) Condições de La Niña. Fonte: STEINKE, 2010

²¹ Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 17/12/2017

Ainda segundo informações do CPTEC/INPE, durante a ocorrência da La Niña, os ventos alísios ficam mais intensos, aumentando o desnível entre o lado Ocidental e Oriental do Pacífico, sendo que as águas mais quentes ficam represadas mais a oeste do que o normal, gerando evaporação e nuvens, influenciando a célula de Walker, que durante esse fenômeno ficará mais alongada, inibindo a formação de nuvens de chuva na região oriental do Pacífico.

Segundo os mesmos autores (Idem, 2003), no Brasil observa-se o aumento do índice pluviométrico principalmente durante a primavera e início do verão na região sul do país. Nas regiões norte e nordeste verificam-se secas, enquanto na região sudeste ocorre aumento moderado da temperatura média do ar. Na região centro-oeste do Brasil o aumento da precipitação ocorre apenas no sul do estado do Mato Grosso do Sul.

Já no caso da La Niña observa-se como impacto desse fenômeno na região sul do Brasil, a diminuição da precipitação durante a primavera e início do verão e tendência de temperaturas abaixo da média. Na região sudeste observa-se o decréscimo das temperaturas médias durante o inverno e verão, enquanto nas regiões norte e nordeste verifica-se aumento elevado da precipitação e chegada de frentes frias no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas (BERLATO e FONTANA, 2003).

Como citado anteriormente, a ODP também age sobre os valores de temperatura do ar a partir da interferência no transporte e distribuição horizontal de calor sensível na superfície do Oceano Pacífico. Tal fenômeno apresenta variação de longo prazo que persistem por 20 a 30 anos, apresentando duas fases caracterizadas por anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical e anomalias positivas de TSM do Pacífico Tropical, fase fria e fase quente respectivamente, encontrando-se, atualmente, na fase fria (MOLION, 2007).

Outra relação que merece ser destacada diz respeito a ocorrência e intensidade dos eventos El Niño e La Niña durante as fases quentes e frias da ODP. Como observado no gráfico a seguir (figura 27), registra-se maior ocorrência de eventos de El Niño durante a fase quente da ODP (1977 a 1998) e, da mesma forma, há maior ocorrência de eventos de La Niña

durante as fases frias da ODP (primeira fase até 1976 e segunda fase fria de 1999 até os dias atuais).

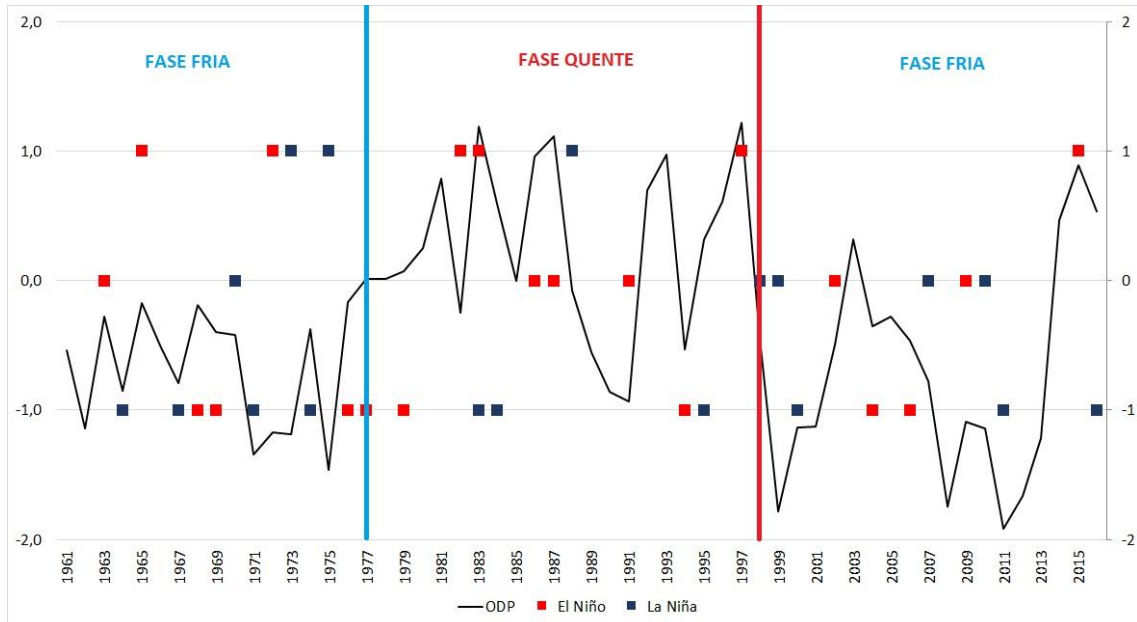


Figura 27: Ocorrências de El Niño, La Niña e ODP (1961-2016)

Nota-se que durante a fase quente da ODP (1977 a 1998), registrou-se nove ocorrências de evento de El Niño, dos quais três foram considerados de intensidade forte. No mesmo período foi observado a ocorrência de cinco eventos de La Niña, sendo apenas um de forte intensidade. Em contrapartida, no período entre 1961 a 1976, considerado a fase fria da ODP, registrou-se a ocorrência de seis eventos de El Niño contra sete eventos de La Niña.

Além disso, verificou-se que os picos máximos e mínimos (ou positivos e negativos) da ODP possivelmente guardam relação com a intensidade dos eventos de El Niño e La Niña, como constatado nos anos de 1965, 1983, 1997 e 2015 para o caso do El Niño e 1973, 1975 e 1988 para o caso da La Niña. Esses fenômenos, quando associados, reforçam-se mutuamente, interferindo de forma significativa na variação dos elementos climáticos.

4.2.1. Temperatura

A partir da observação dos gráficos (figuras 28 a 35) é possível inferir que as variáveis climáticas analisadas sofrem influências significativa dos eventos anteriormente citados, tanto no que diz respeito aos valores de temperatura máxima quanto aos de temperatura mínima do ar.

Constatou-se também que os fenômenos, quando atuando em conjunto, são capazes de atenuar ou intensificar as ações uns dos outros, como pode ser observado no período de 1997/1998, quando a ocorrência de um evento de El Niño de alta intensidade associado a um pico positivo da ODP em sua fase quente foi capaz de elevar as médias de temperatura máxima e mínima do ar em todos os municípios analisados.

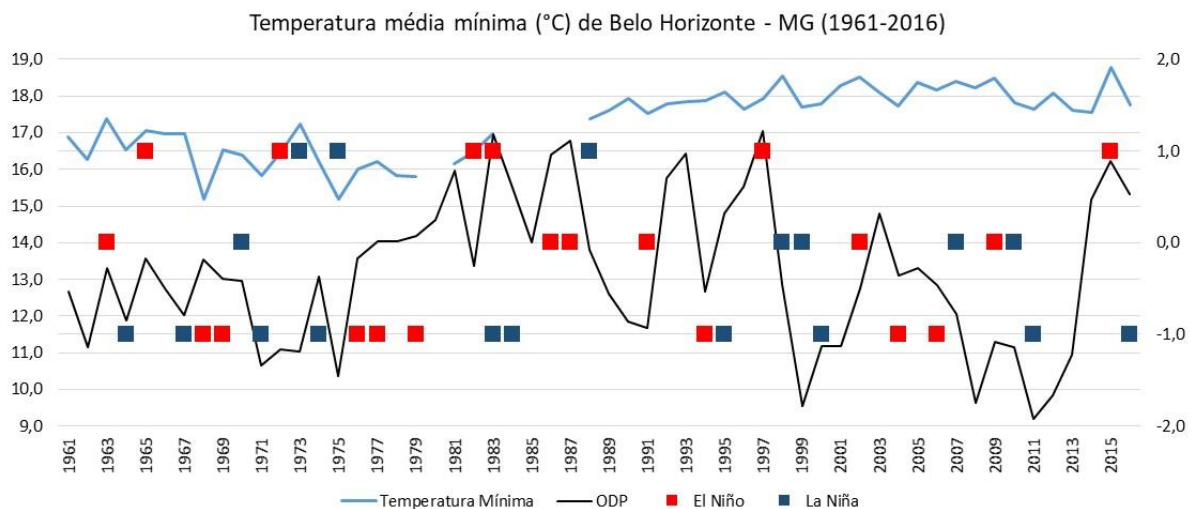


Figura 28: Gráfico de temperatura média mínima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

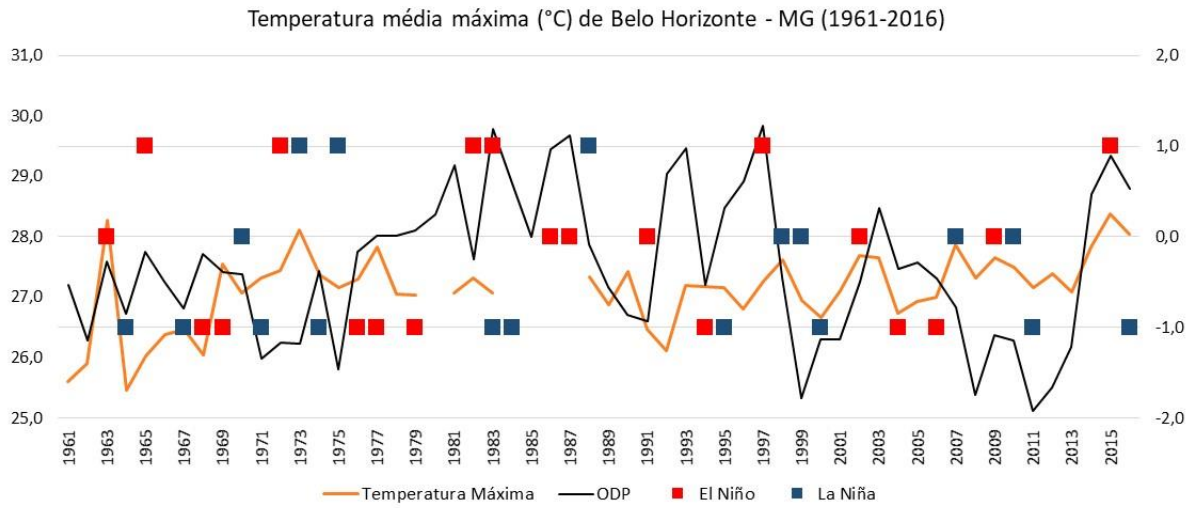


Figura 29: Gráfico de temperatura média máxima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

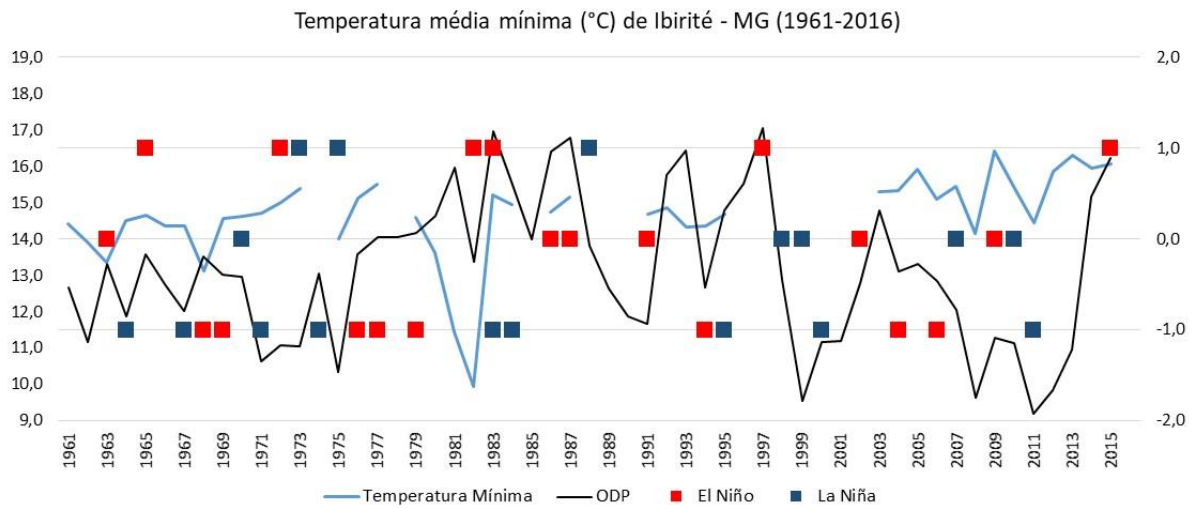


Figura 30: Gráfico de temperatura média mínima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

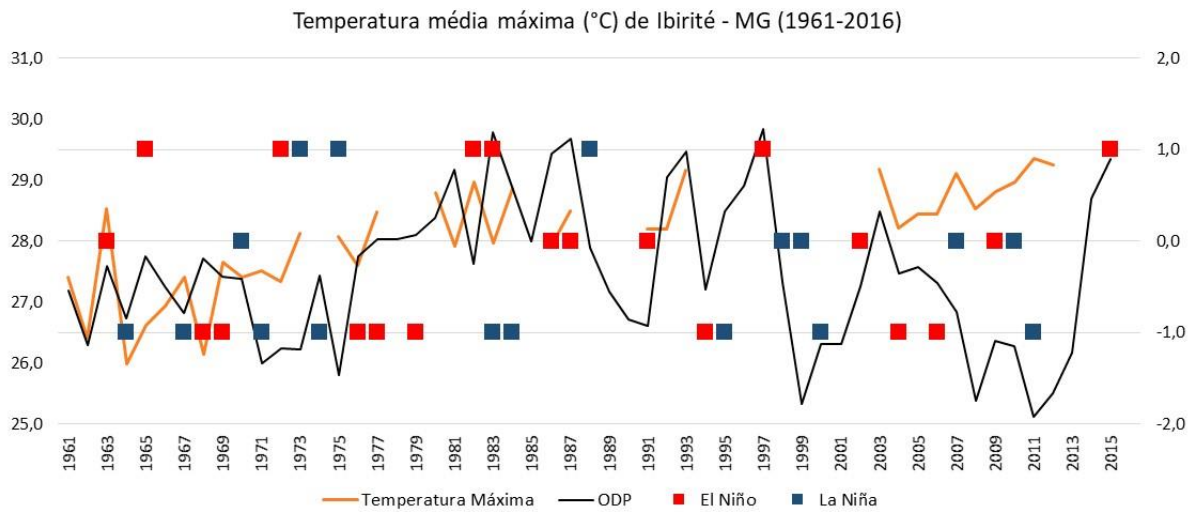


Figura 31: Gráfico de temperatura média máxima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Ibitiré - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

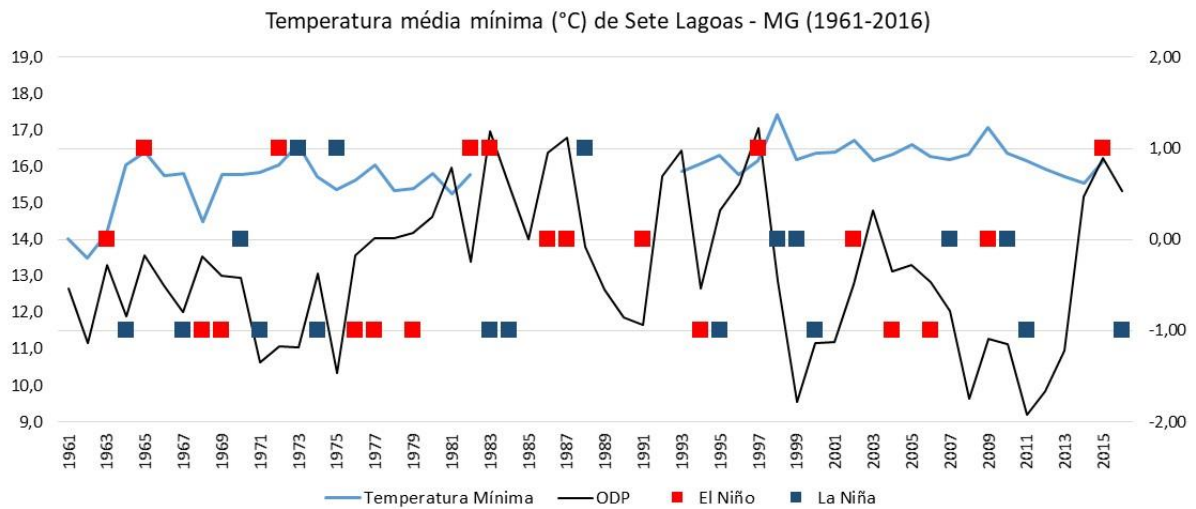


Figura 32: Gráfico de temperatura média mínima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

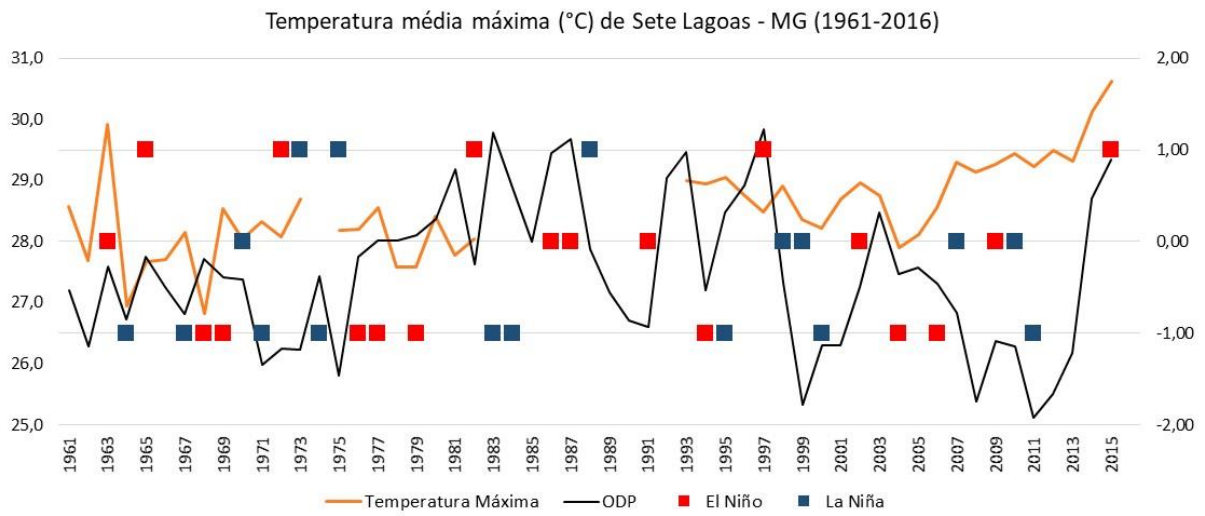


Figura 33: Gráfico de temperatura média máxima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

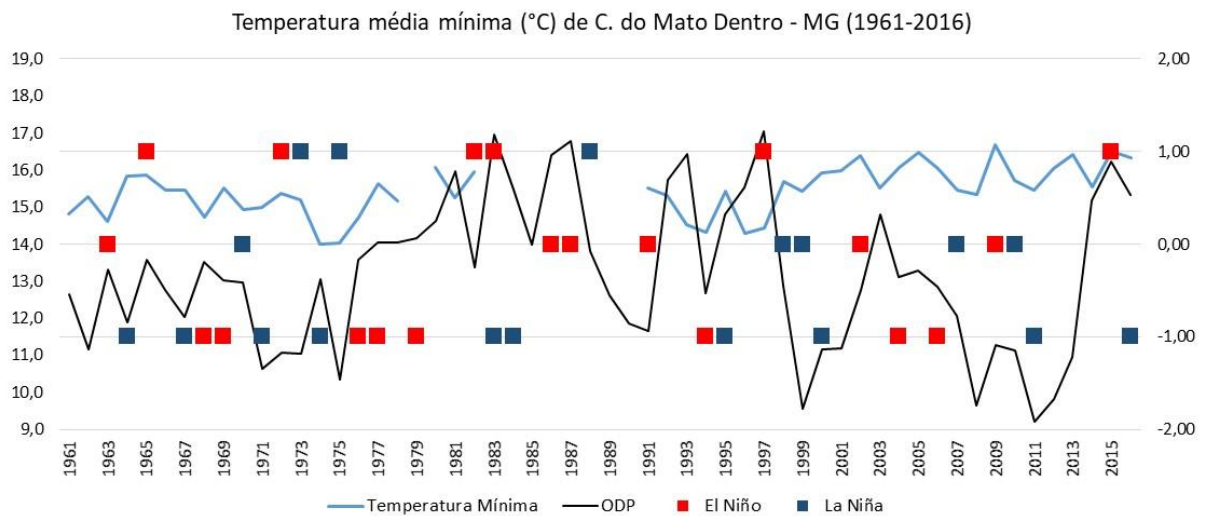


Figura 34: Gráfico de temperatura média mínima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

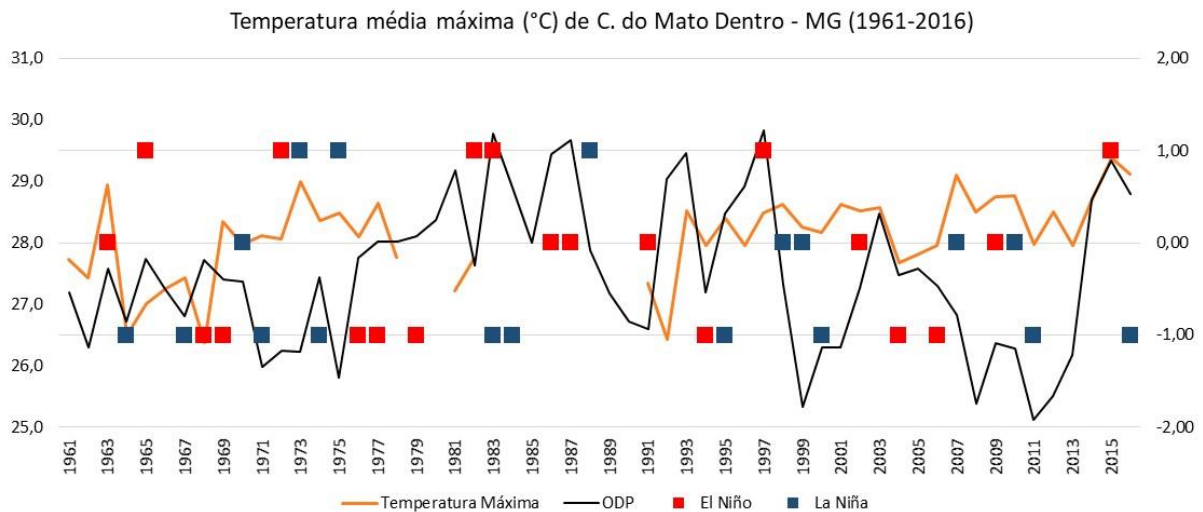


Figura 35: Gráfico de temperatura média máxima anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

Outra situação que pode ser destacada refere-se ao ano de 1974, quando se registra evento de La Niña de alta intensidade associado a um pico negativo na fase fria da ODP, forçando a queda das temperaturas médias mínimas e máximas nos quatro municípios.

As temperaturas do ano de 2015 também apresentam elevação das médias mínima e máxima associado a ocorrência de um evento El Niño de alta intensidade e um pico positivo da ODP, ainda que na sua fase negativa. Neste ano todos os quatro municípios registraram ascensão das temperaturas.

De maneira geral, constatou-se que as temperaturas dos quatro municípios apresentaram variações que coincidem com as fases da ODP, como observado nos gráficos de desvio da temperatura média (figuras 36 a 39).

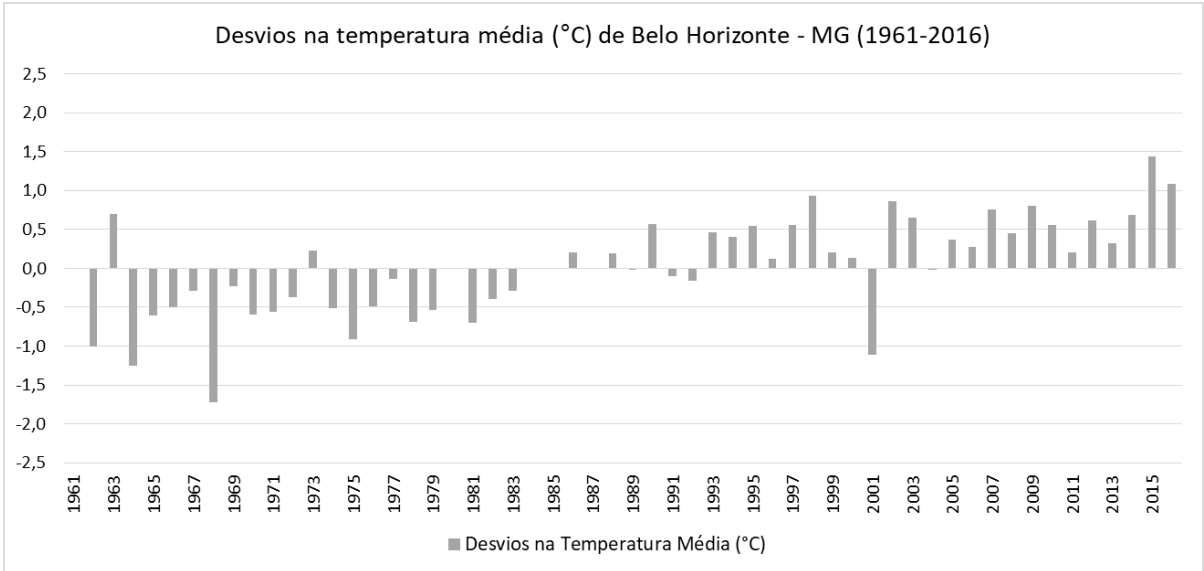


Figura 36: Gráfico dos desvios da temperatura média de Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

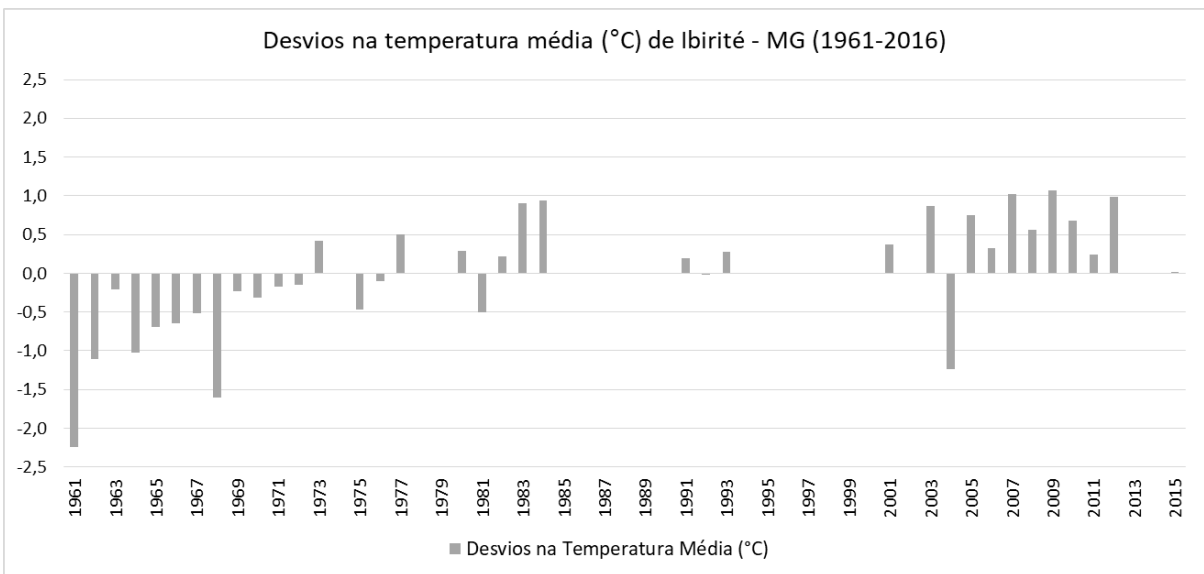


Figura 37: Gráfico dos desvios da temperatura média de Ibitiré - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

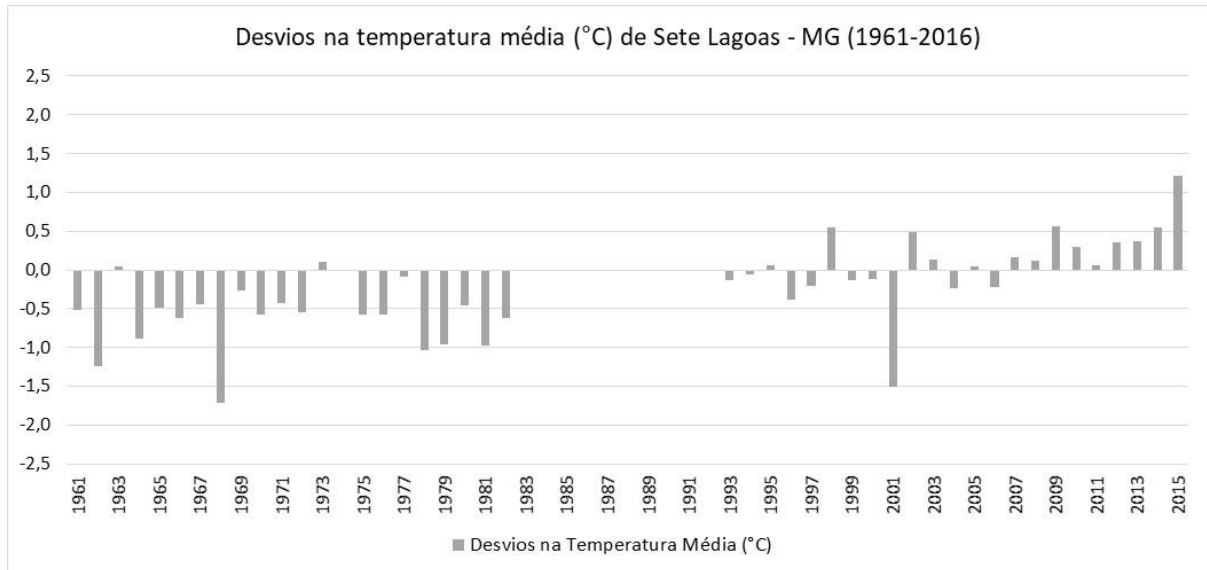


Figura 38: Gráfico dos desvios da temperatura média de Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

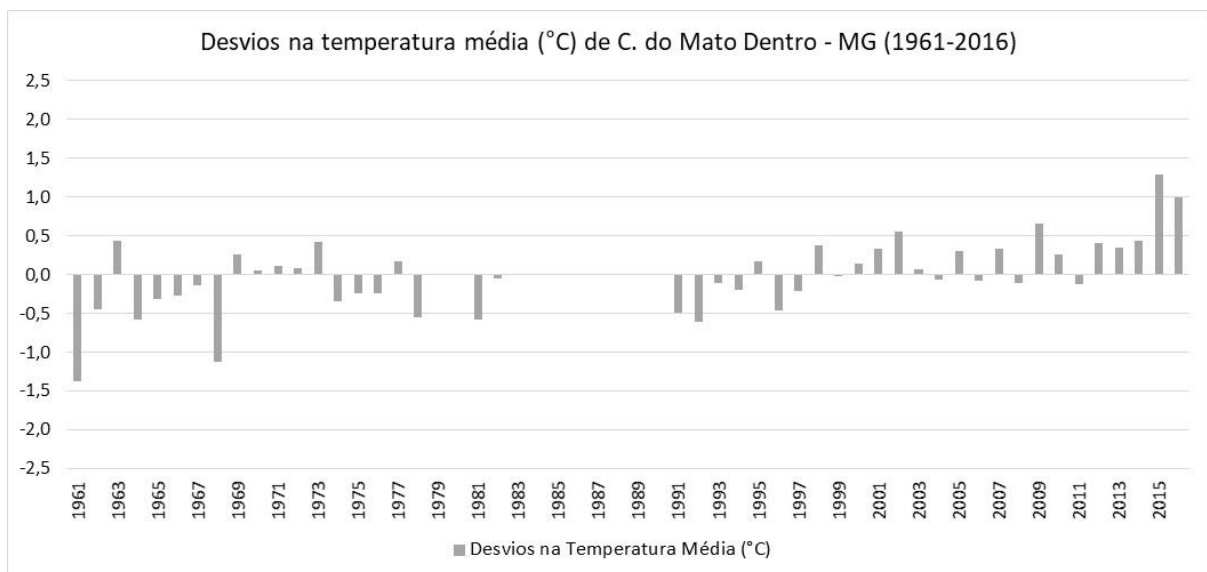


Figura 39: Gráfico dos desvios da temperatura média de Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

Até a década de 1990, havia predomínio quase absoluto de desvios negativos em relação à temperatura mínima média para o período de 1961-2016 na variação da temperatura média mínima dos quatro municípios. Esse período de desvios negativos coincide com a primeira fase fria da ODP (1976), quando nota-se o decréscimo dos desvios negativos em direção aos anos correspondentes à fase quente da ODP (1977 – 1998). A partir da década de 1990 predominam os desvios positivos, com tendência, observada em Belo Horizonte e Ibirité, de

declínio dos desvios positivos, correspondendo a nova e atual fase fria da ODP. Tal relação pode ser melhor visualizada nos gráficos de desvios em relação à médias das temperaturas mínimas. Essa variação é mais pronunciada, sobretudo, no gráfico de Belo Horizonte (figuras 40 a 43).

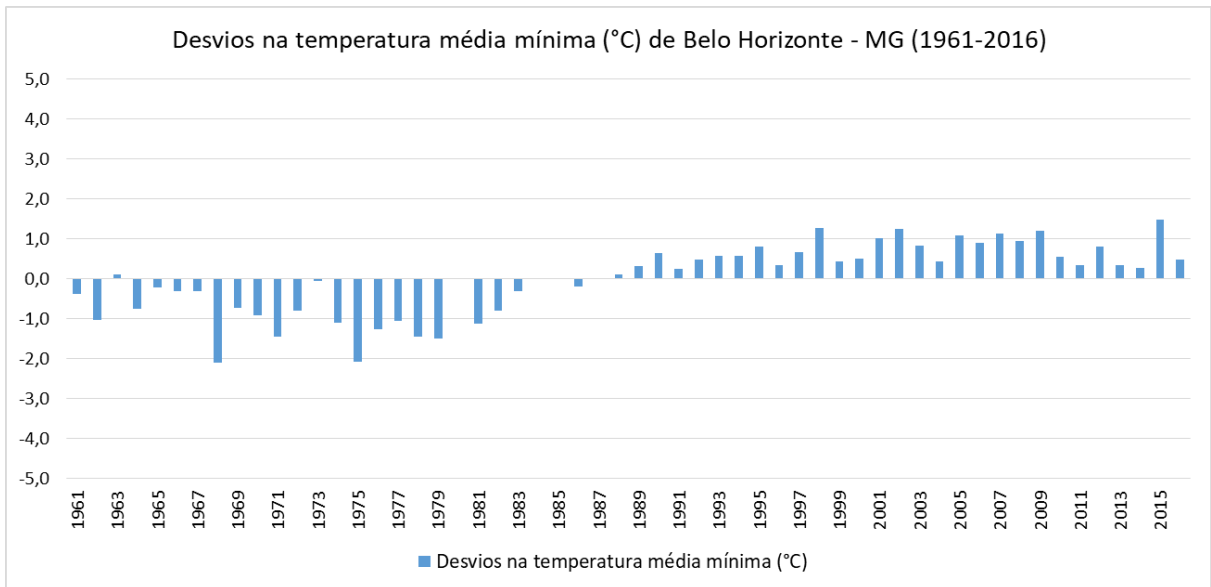


Figura 40: Gráfico dos desvios da temperatura média mínima de Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

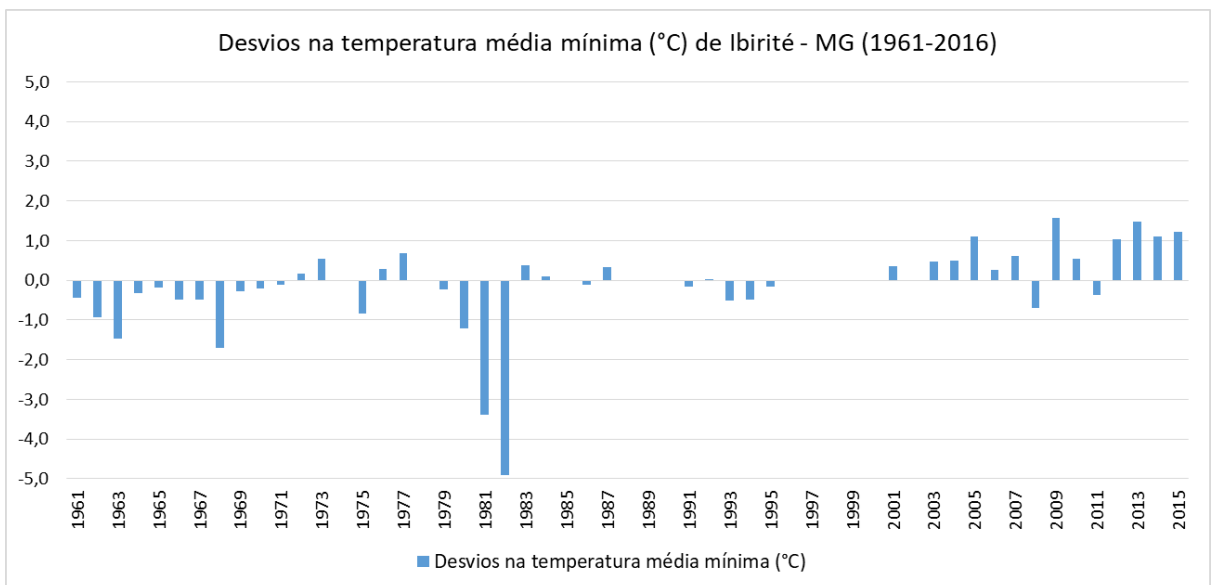


Figura 41: Gráfico dos desvios da temperatura média mínima de Ibirité - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

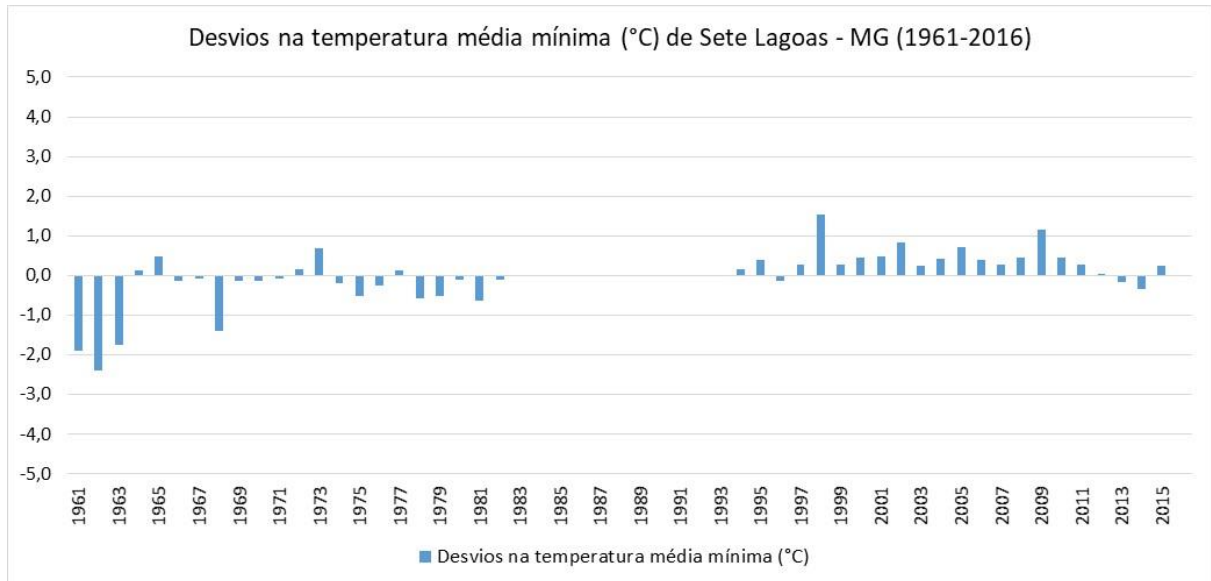


Figura 42: Gráfico dos desvios da temperatura média mínima de Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

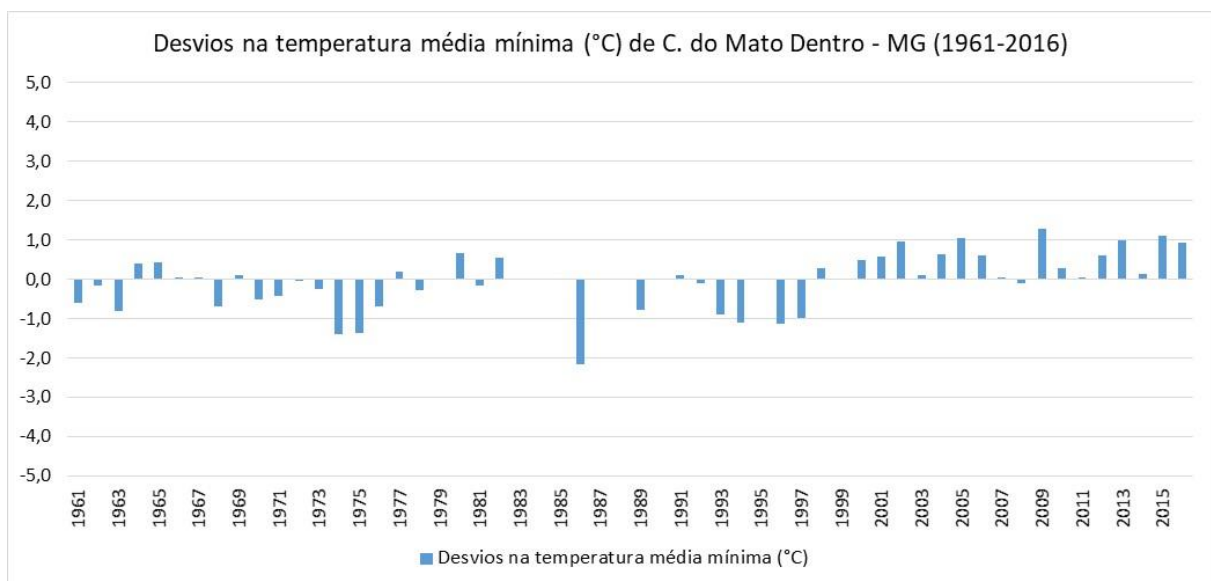


Figura 43: Gráfico dos desvios da temperatura média mínima de Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

4.2.2. Precipitação

Em relação aos índices pluviométricos destaca-se o ano de 1983, quando dois eventos consecutivos de El Niño de forte intensidade associados a um pico positivo da ODP na sua fase quente (teleconexão) foi capaz de elevar consideravelmente (2307mm) o acumulado anual do referido ano. No entanto tal relação só pode ser encontrada no município de Belo

Horizonte e Ibiturê, os municípios de Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro registraram ano seco (figuras 44 a 47).

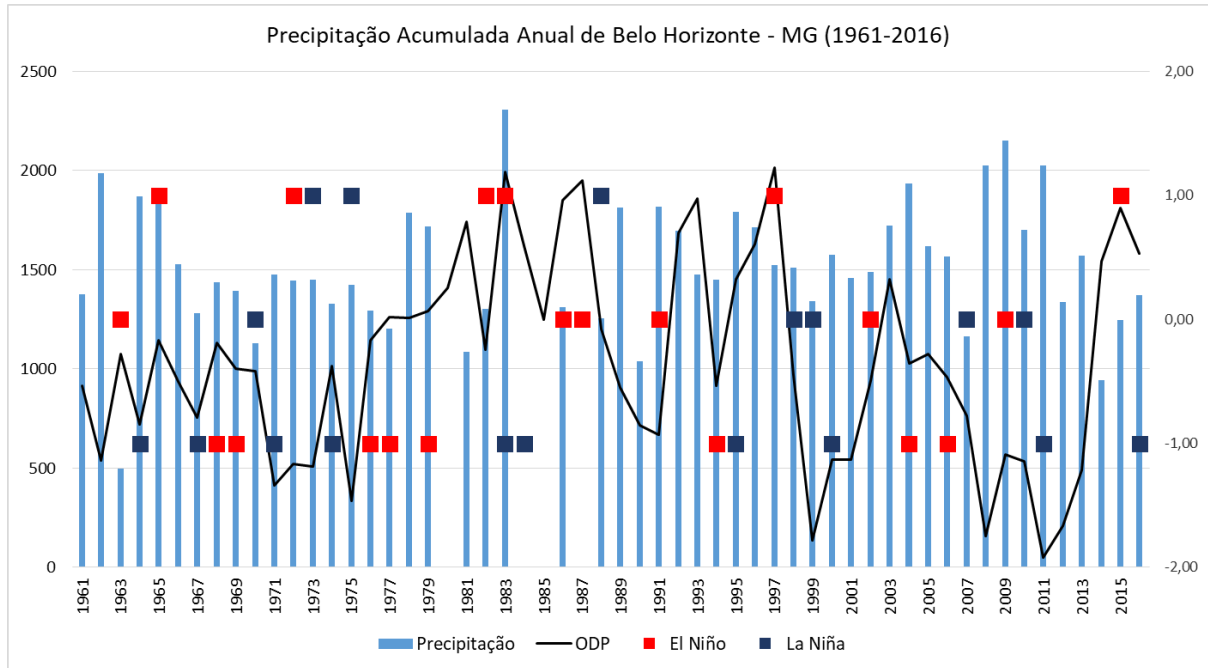


Figura 44: Gráfico da precipitação acumulada anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Belo Horizonte - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

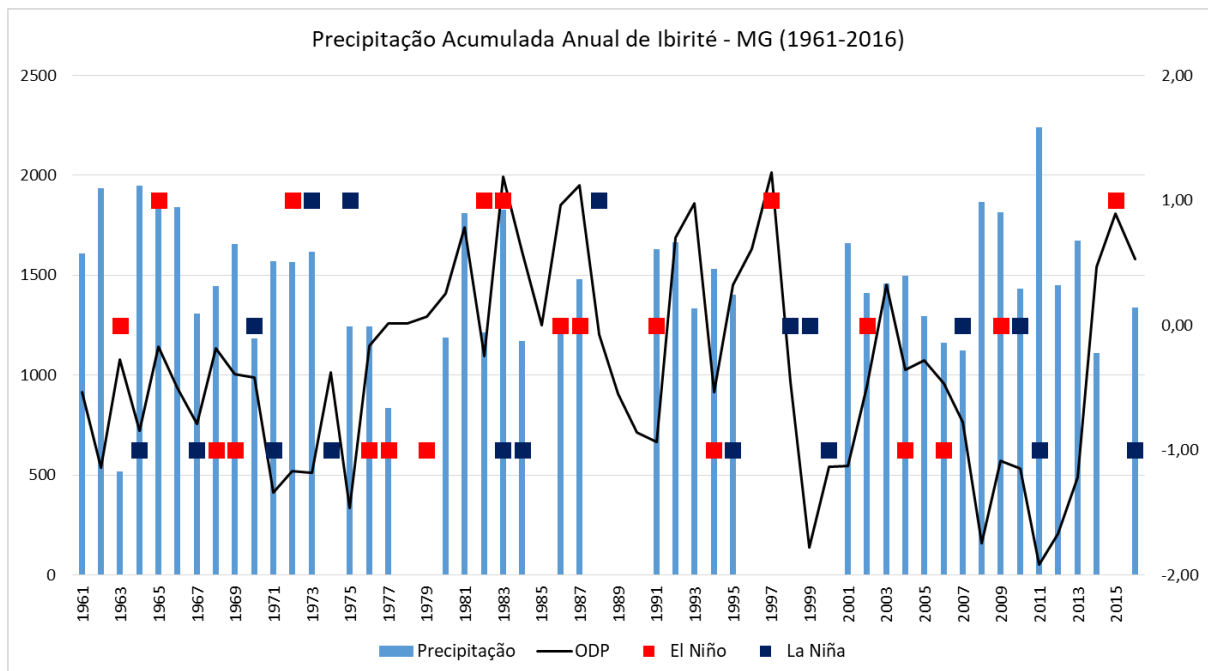


Figura 45: Gráfico da precipitação acumulada anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Ibiturê - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

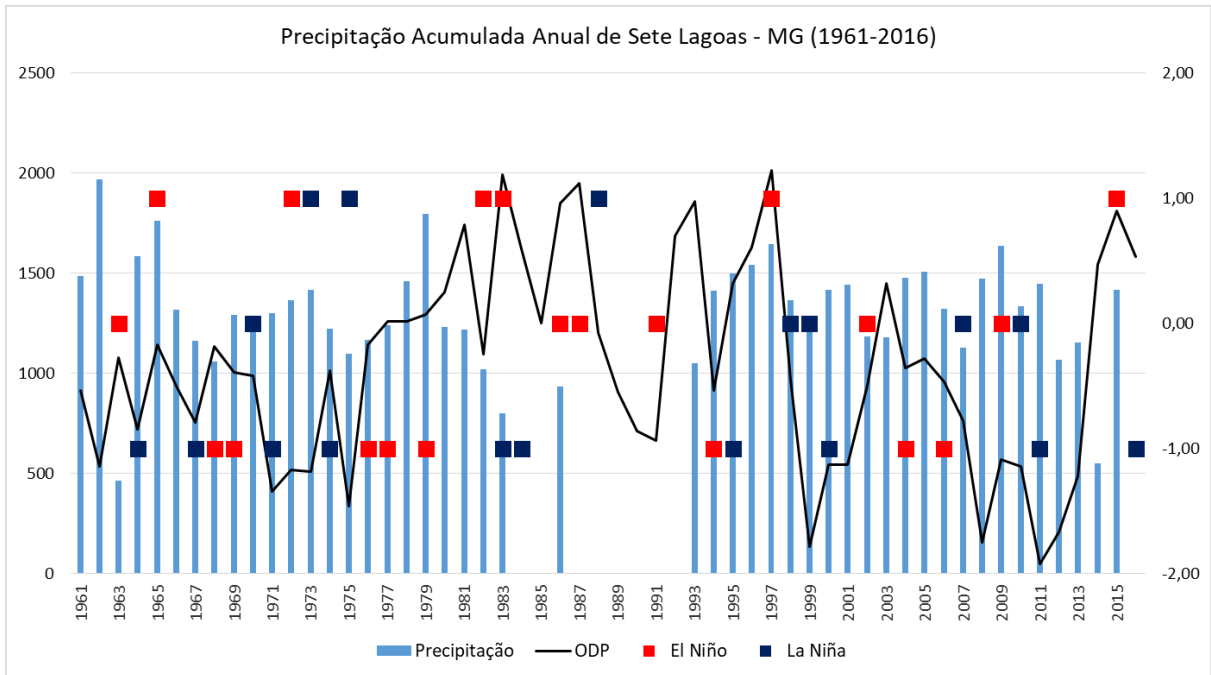


Figura 46: Gráfico da precipitação acumulada anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

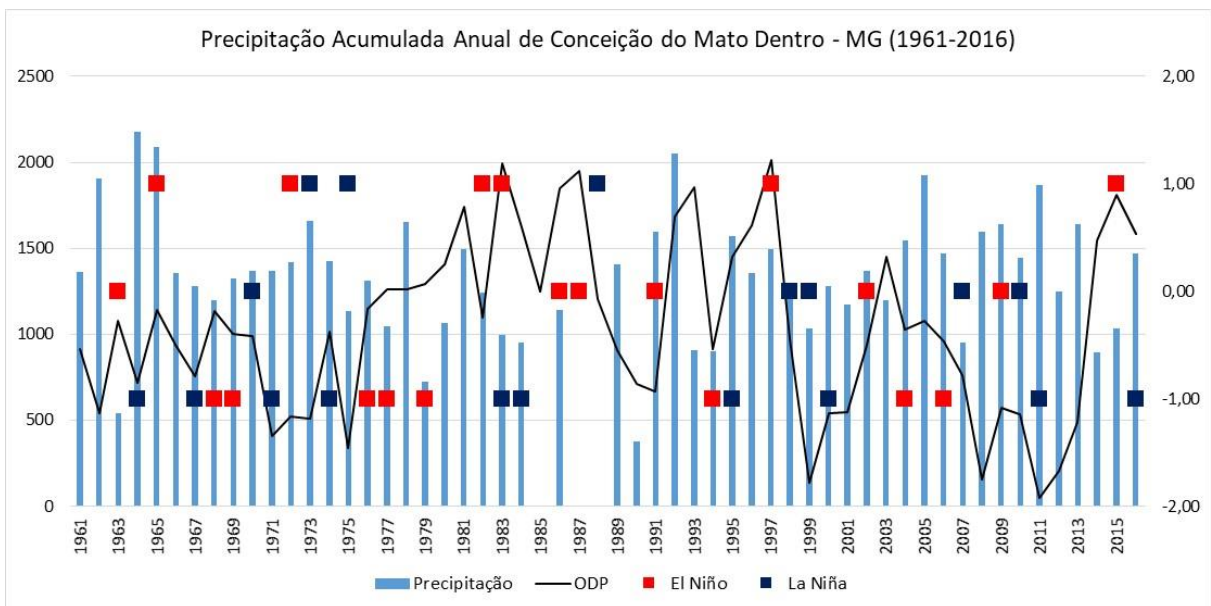


Figura 47: Gráfico da precipitação acumulada anual e ocorrência de ODP e EN/LN em Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET e NCEP/NOAA.

Os regimes de chuva na região sudeste do Brasil, particularmente Minas Gerais, são controlados principalmente por sistemas que se originam em escalas superiores, como a formação da ZCAS e das linhas de instabilidade. No entanto foi observado que a precipitação possui relação com eventos climáticos de macroescala, como a ODP e fenômenos de El Niño

e La Niña, que também podem ser responsáveis pela variação dos índices pluviométricos na região.

No tocante às chuvas, segundo o CPTEC/INPE²², os eventos de El Niño e La Niña não exercem influência significativa na região sudeste, no entanto, como apontado por Jardim *et al* (2017), o estado de Minas Gerais, por se localizar em região climática transitória, encontra-se sob influência tanto das zonas de bloqueio de alta pressão, localizadas nas regiões norte e nordeste, quanto das bandas de baixa pressão associadas às frentes frias estacionárias na região sul (efeito do evento de El Niño). Dessa forma presume-se que a localidade estudada pode ser afetada por ambos sistemas, estando Belo Horizonte e Ibirité sob influência maior das bandas de baixa pressão, enquanto os demais municípios foram influenciados pela zona de bloqueio, resultando no decréscimo dos índices pluviométricos.

Ao que tudo indica, Belo Horizonte foi menos influenciada pela zona de bloqueio atmosférico que se estabelece nessas ocasiões nas regiões norte e nordeste, cuja mudança na posição dos núcleos de alta e baixa pressões equatoriais reforça a ação do ASAS (alta pressão em superfície, tempo estável com reduzida nebulosidade e chuvas) que dificulta o avanço dos sistemas frontais. (JARDIM *et al*, 2017, p.10)

A tabela a seguir (tabela 4) expõe os dados do acumulado anual de 1983 além do valor da média histórica analisada no presente trabalho, indicando que no ano de 1983 choveu acima da média em Belo Horizonte e Ibirité e abaixo da média em Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro.

Tabela 4: Precipitação acumulada do ano de 1983. Fonte dos dados: INMET.

Precipitação Acumulada (mm)		
	1983	Média histórica (1961-2016)
Belo Horizonte	2307,0	1522,1
Ibirité	1828,7	1475,8
Sete Lagoas	799,7	1299,3
C. do Mato Dentro	1006,6	1350,1

Através dos gráficos a seguir (figuras 48 a 51) nota-se que o desvio negativo de maior expressão ocorreu no ano de 1963, com variação acima de 60% em todos os municípios

²² Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/elniño/pt>>. Acesso em: 17/12/2017

analisados. O ano 1963 também merece destaque no que diz respeito aos valores de temperatura máxima, quando foi registrado um pico na variação da temperatura média máxima nas quatro localidades, valores estes observados nos gráficos anteriores.

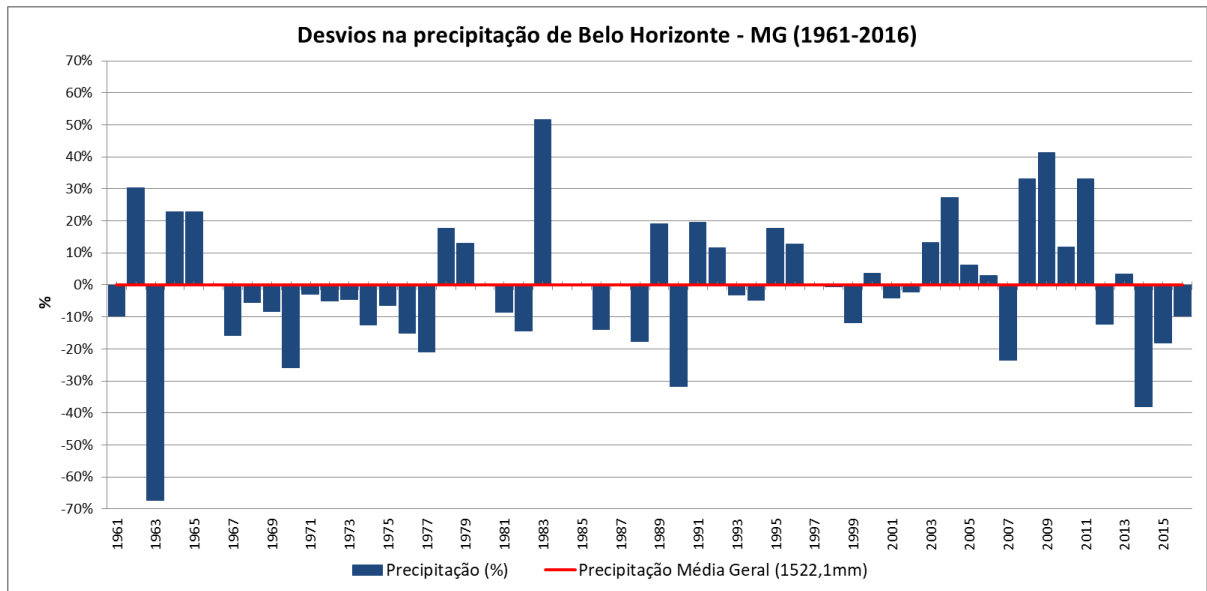


Figura 48: Gráfico de desvios na precipitação de Belo Horizonte - MG em relação à média geral (1961-2016).
Fonte dos dados: INMET.

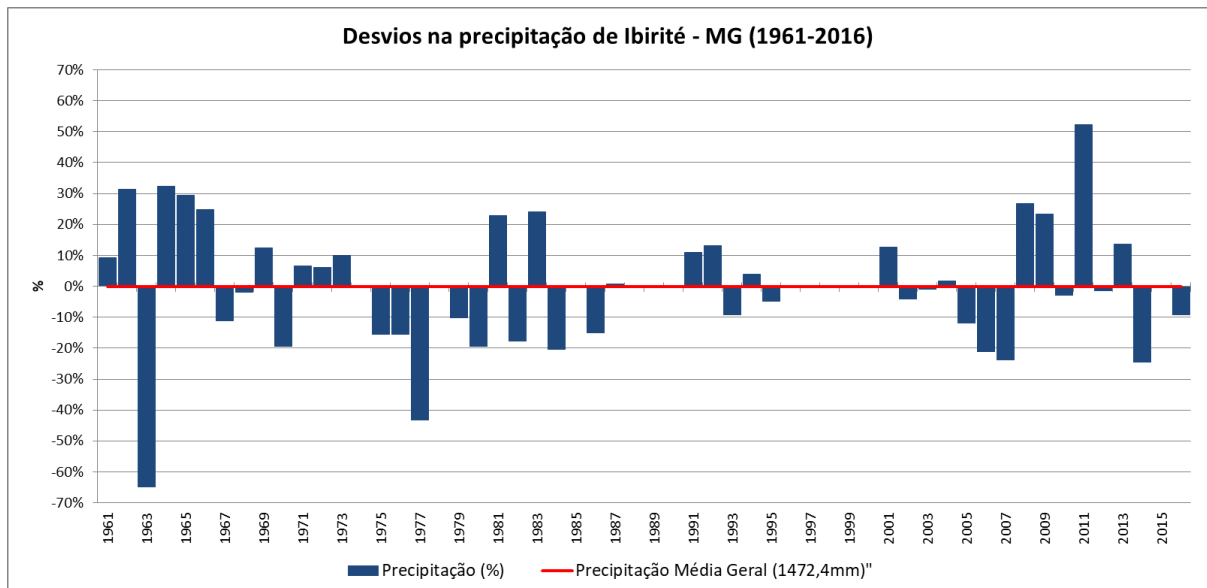


Figura 49: Gráfico de desvios na precipitação de Ibirité - MG em relação à média geral (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

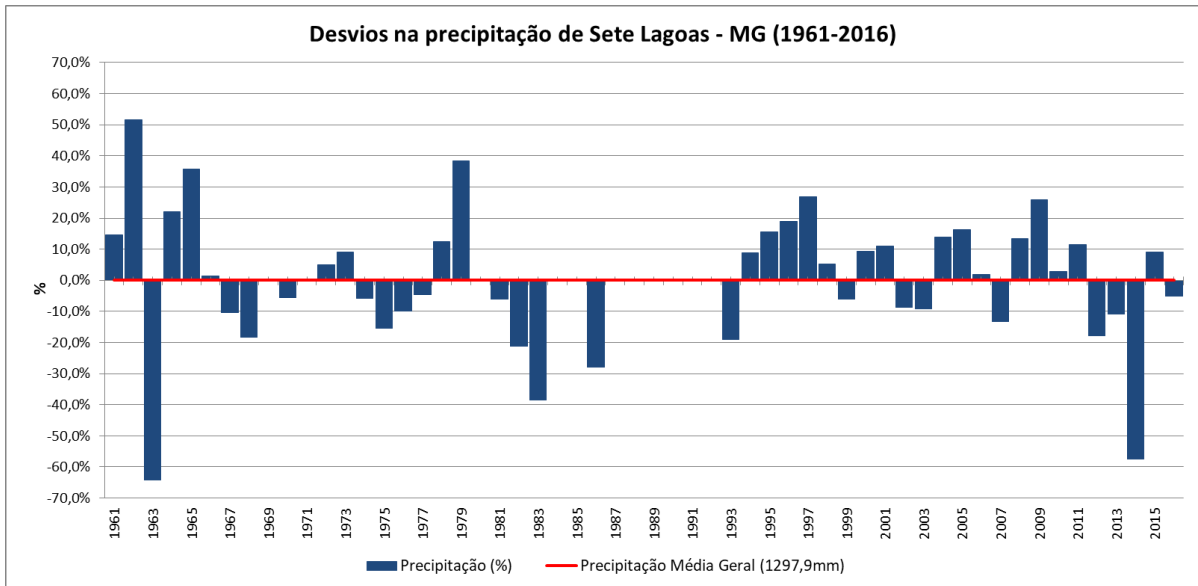


Figura 50: Gráfico de desvios na precipitação de Sete Lagoas - MG em relação à média geral (1961-2016).
Fonte dos dados: INMET.

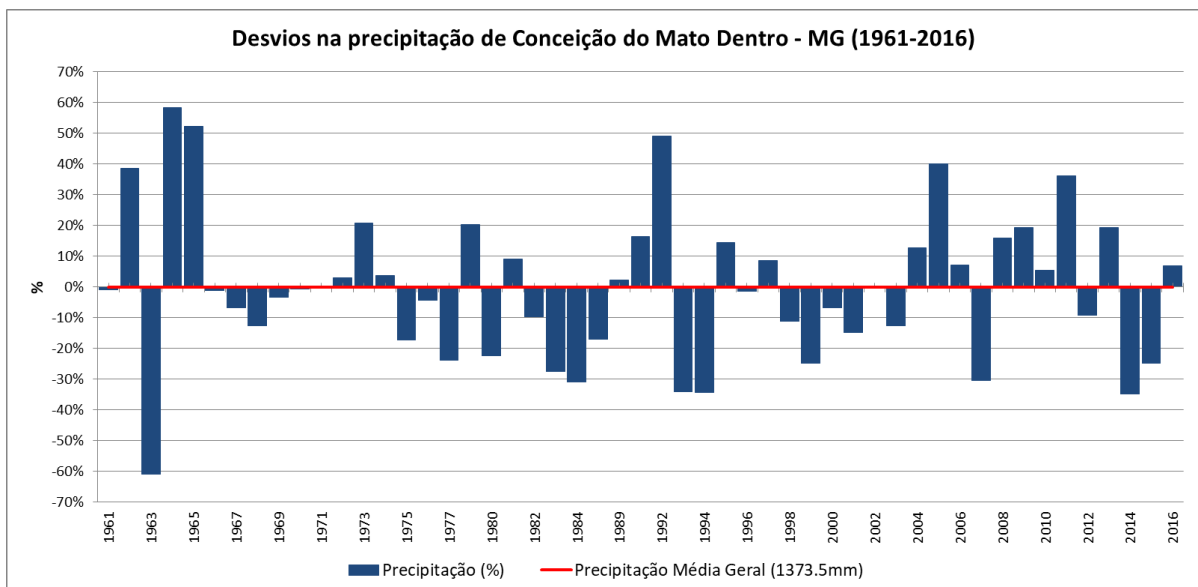


Figura 51: Gráfico de desvios na precipitação de Conceição do Mato Dentro - MG em relação à média geral (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

Segundo Ribeiro (1984), o ano de 1963 foi considerado por muitos estudiosos como um dos mais secos do referido século na região Centro Sul do Brasil (tabela 5). A partir do mês de abril registou-se declínio dos índices pluviométricos em grande parte do país, causando sérios impactos em diversas regiões, sobretudo no estado de São Paulo. A seca, segundo Ribeiro (1984), estaria ligada primeiramente à invasão polar que atravessou a região afetada no início de agosto, ocasionando declínio da umidade e estabilidade atmosférica.

Tabela 5: Precipitação acumulada do ano de 1983. Fonte dos dados: INMET.

Precipitação Acumulada (mm)		
	1963	Média histórica (1961-2016)
Belo Horizonte	497,0	1522,1
Ibirité	516,3	1475,8
Sete Lagoas	463,9	1299,3
C. do Mato Dentro	538,7	1350,1

Segundo Silva, Moura e Jardim (2017), nem sempre é possível explicar a variação dos elementos climáticos, sobretudo das chuvas, apoiando-se nos mecanismos de larga escala em teleconexão. Para os autores a dinâmica das massas de ar da região explicariam os valores observados no referido ano, que se encontrava dentro da fase fria da ODP, cuja tendência é de menor precipitação devido a maior ocorrência de eventos de La Niña. No entanto é importante levar em consideração a faixa de transição climática onde localiza-se os municípios, além da grande quantidade de falhas apresentadas pelas séries históricas disponíveis.

Torna-se importante destacar que essas variações fazem parte da dinâmica climática natural, não sendo produto das intervenções antrópicas, uma vez que os controles de tal dinâmica se encontram muito acima da capacidade humana, pelo menos no que diz respeito à origem dos fenômenos.

4.3. Variações do clima na escala regional

Como visto anteriormente, a variação dos elementos climáticos dos municípios analisados guarda estreita relação com fenômenos de ordem escalar superiores. No entanto, o comportamento dos elementos climáticos em cada localidade apresenta singularidades que só podem ser explicadas a partir de uma análise ao nível local e microclimático, buscando respostas para as diferenças encontradas entre os municípios, tais como uso da terra e topografia.

A fim de demonstrar as relações existentes entre os componentes físicos presentes em cada localidade e sua influência na variação dos elementos do clima, aplicou-se nos dados

analisados a técnica de regressão linear simples e correlação, ferramenta matemática responsável por encontrar padrões de repetição em uma determinada série temporal.

4.3.1. Temperatura

Como observado nos gráficos (figuras 52 a 55), é nítido o aumento das temperaturas nos quatro municípios, possivelmente relacionado com fenômenos de escala superior, já que a fase inicial da elevação das temperaturas coincide com a fase positiva da ODP, em meados da década de 1970. Entretanto tal fase também corresponde ao início das transformações no uso da terra nestes mesmos municípios, quando se iniciou os processos de urbanização em Belo Horizonte, estendendo-se às regiões circundantes.

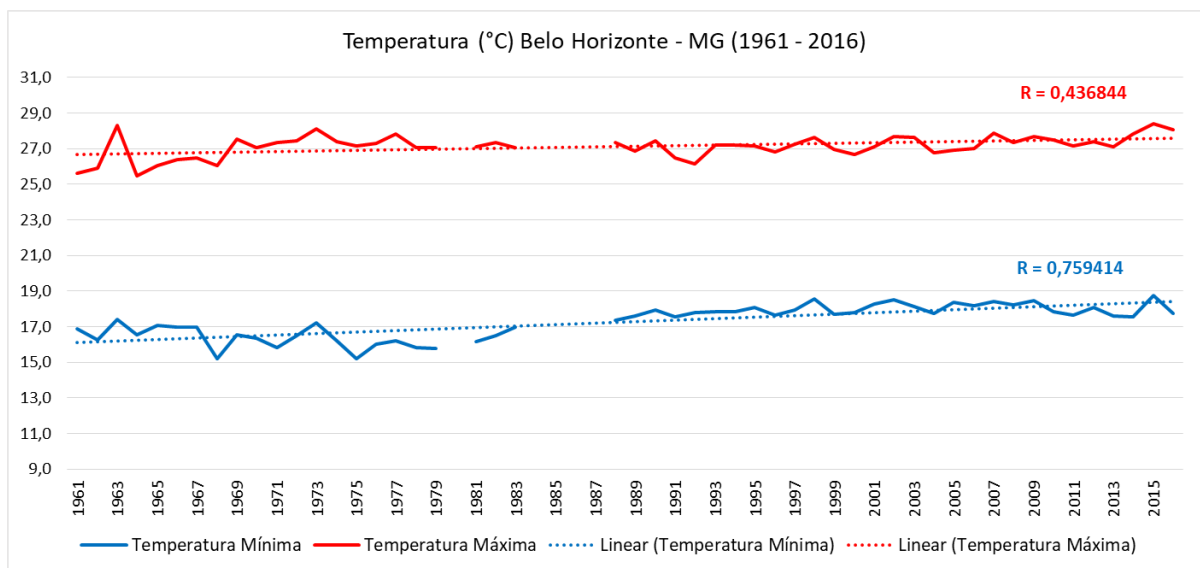


Figura 52: Gráfico da variação das temperaturas médias máxima e mínima de Belo Horizonte - MG (1961-2016) e aplicação da técnica de Correlação. Fonte dos dados: INMET.

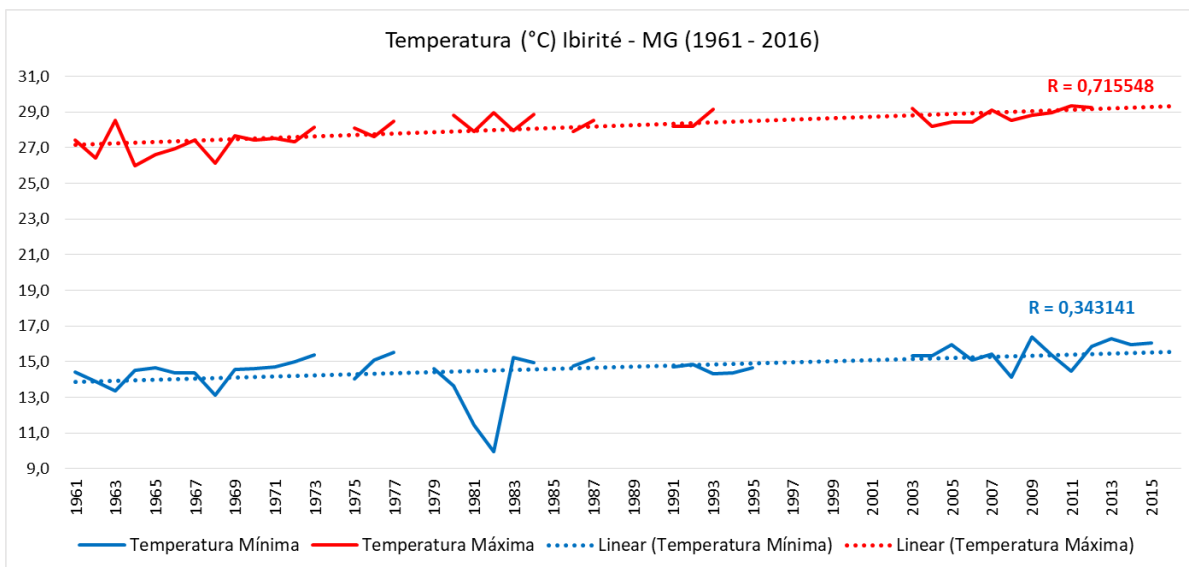


Figura 53: Gráfico da variação das temperaturas médias máxima e mínima de Ibirité - MG (1961-2016) e aplicação da técnica de Correlação. Fonte dos dados: INMET.

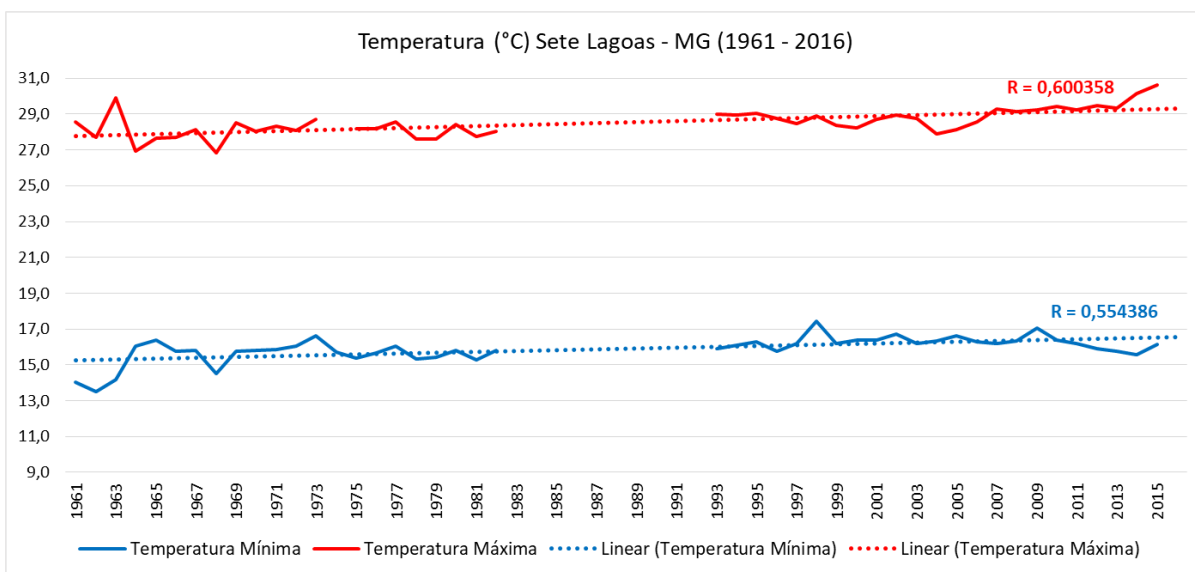


Figura 54: Gráfico da variação das temperaturas médias máxima e mínima de Sete Lagoas - MG (1961-2016) e aplicação da técnica de Correlação. Fonte dos dados: INMET.

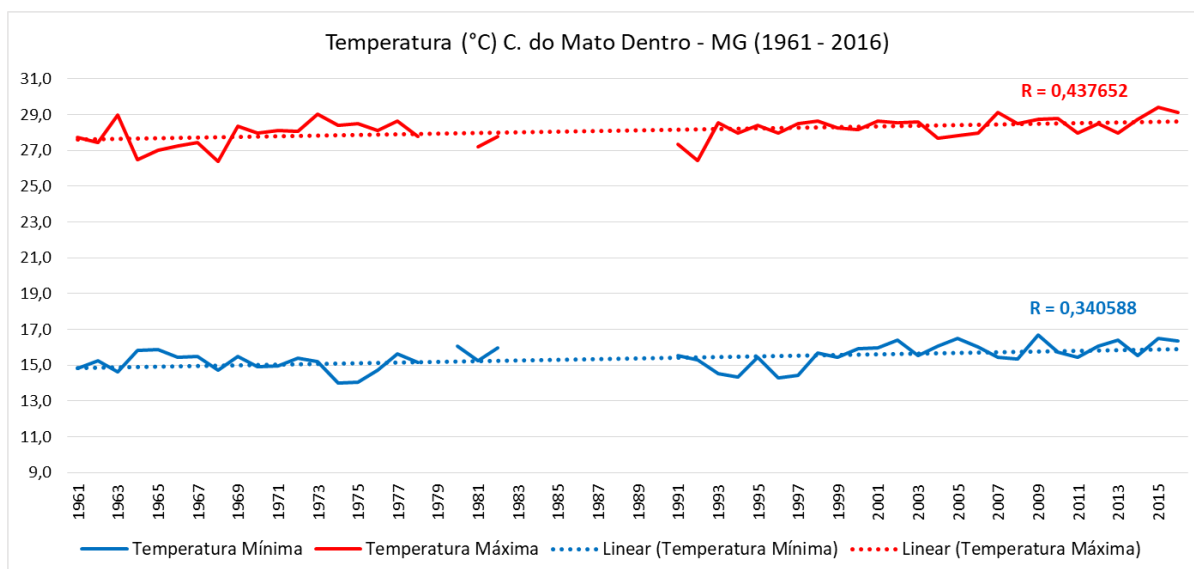


Figura 55: Gráfico da variação das temperaturas médias máxima e mínima de Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016) e aplicação da técnica de Correlação. Fonte dos dados: INMET.

No que diz respeito às médias de temperatura mínima, destaca-se o município de Belo Horizonte ($R = 0,7594$). Como citado anteriormente, as temperaturas mínimas, por serem mais concisas e menos dispersas, são capazes de captar as variações no uso da terra com mais facilidade, uma vez que a dispersão dos valores ao longo do tempo, dado pelo desvio padrão, geralmente são menores do que os valores de temperatura máxima.

A temperatura mínima é extremamente sensível às interferências antrópicas na mudança de uso e ocupação do solo, induzidas pela urbanização e industrialização. Modificações no balanço de energia e na temperatura da camada limite são observadas em curto prazo e tendem a continuar enquanto houver alterações na cobertura superficial. Em Belo Horizonte tal processo deve-se aos reflexos provocados pela rápida expansão da mancha urbana e diminuição progressiva das áreas verdes a partir da segunda metade do século XX. (ASSIS, 2010, p.120)

Belo Horizonte foi o município que experimentou maior grau de alterações no uso da terra, e como apontado por Assis (2010), a diminuição das áreas verdes ao longo dos anos também pode ter contribuído para uma tendência geral de aquecimento. Em relação ao papel das áreas verdes, Magalhães e Crispim (2003, p.65) sintetizam a importância da vegetação em áreas urbanas:

Esses elementos podem ajudar a melhorar o clima, diminuir a poluição do ar, economizar energia e poupar o orçamento doméstico (...) as florestas podem atuar significativamente na saúde física e mental e influir positivamente, por exemplo, na recuperação de pacientes pós-operatórios. (...) Isoladas ou em conjunto, desempenham funções ligadas à satisfação sensorial e estética (...) Algumas

pesquisas permitiram estimar o efeito potencial da cobertura de florestas sobre o uso de energia para condicionar o ar em residências norte-americanas. A presença de três árvores reduziu o gasto anual para refrigeração de 10% a 50% (o que representa 200 a 600 KWh ou US\$ 30 a 110) (...) Tanto ecossistemas florestais quanto árvores isoladas servem de refúgio e alimento para outros níveis da rede ecológica, garantindo a permanência de maior número de organismos.

No caso de Belo Horizonte, o estoque de áreas sem construção está praticamente esgotado. Segundo Euclides e Fonseca (2013) as áreas verdes ocupam 12,6% do território do município, concentradas no limite sul e sudeste acompanhando a Serra do Curral. Além disso, como exemplo de áreas verdes encontradas no município destacam-se também o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, a Estação Ecológica do Cercadinho, o Parque Municipal das Mangabeiras e o Parque Estadual da Baleia.

Em contrapartida, os municípios de Ibitaré e Conceição do Mato Dentro registraram os menores valores de correlação (0,3431 e 0,3405 respectivamente). De certa forma, a menor dimensão da área urbana de Ibitaré (72,5 km²) e a baixa urbanização e densidade demográfica (10,37 hab/km²) de Conceição do Mato Dentro implica em menor aporte de calor de origem antropogênica, isto é, reduzido número de habitantes, frota de veículos, máquinas etc.. No caso de Ibitaré, a própria dimensão reduzida da área urbana, que se comporta como fonte passiva de radiação, é um fator a ser considerado, diferente de Belo Horizonte, cuja malha urbana estende-se de forma contínua por todo o território do município.

Esses valores podem ser confirmados pela figura a seguir (figura 56), que apresenta os gráficos de dispersão dos quatro municípios, onde é possível notar a correlação positiva para os valores de temperatura mínima nas quatro localidades. Também fica nítido que nos municípios de Belo Horizonte e Sete Lagoas, que mostraram maior valor de correlação, os pontos apresentam-se mais próximos da linha, caracterizando uma correlação mais forte. Já os municípios de Ibitaré e Conceição do Mato Dentro não manifestam correlação forte, uma vez que os pontos se encontram mais dispersos em relação a linha.

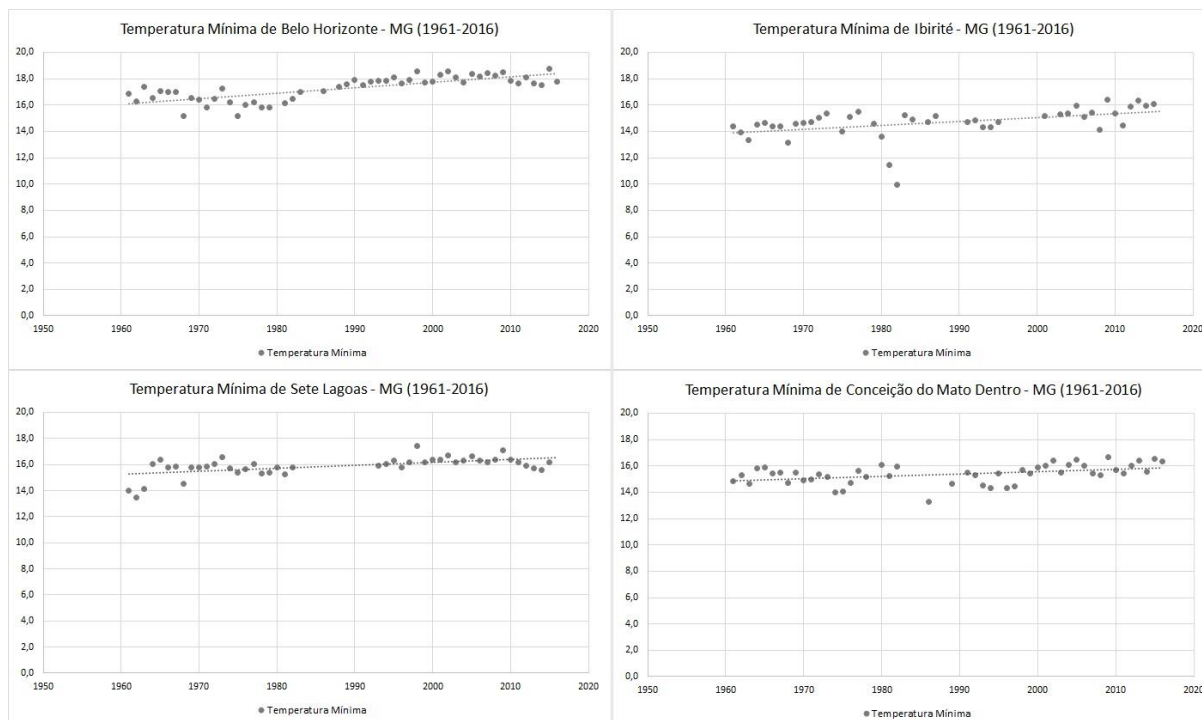


Figura 56: Gráfico de correlação da temperatura mínima dos quatro municípios analisados.

4.4. Classificação do Regime Pluviométrico

Considerando que o comportamento temporal e espacial das chuvas afeta direta ou indiretamente a população e sua economia (BRITO *et al*, 2006), analisar e compreender a variabilidade e dinâmica de tal variável climática se torna de extrema importância tendo em conta sua influência na produção do espaço e sobre as sociedades, sobretudo no que diz respeito aos eventos extremos e seus impactos ambientais. Para tal, utilizou-se recursos estatísticos que buscam a caracterização climática e identificação de padrões de anos secos e chuvosos e ocorrência de eventos extremos.

A técnica do Box Plot ou Diagrama de Caixa foi aplicada aos dados de precipitação correspondentes aos anos de 1961 a 2016 dos municípios de Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro a fim de analisar a distribuição das chuvas nestas localidades (figuras 57 a 60).

O gráfico do Box Plot facilita a visualização da distribuição de chuvas de cada mês nas séries dos quatro municípios analisados, revelando o regime sazonal das chuvas, com período considerado úmido entre os meses de outubro e março, e período considerado seco entre abril e setembro. Nos meses considerados secos, os dados apresentam maior semelhança, isto é, são menos susceptíveis a desvios, enquanto os meses considerados úmidos apresentam maior dispersão.

Essa constatação é particularmente interessante, pois a agricultura e o abastecimento hídrico se organizam em função do período chuvoso (semestre entre outubro e março) para plantio e aumento do volume d'água dos reservatórios. E, sendo esse período mais propenso a desvios, dever-se-ia incluir no planejamento urbano e agrícola, alternativas decorrentes da redução da disponibilidade desse recurso. (SILVA, MOURA e JARDIM, 2017, p.32)

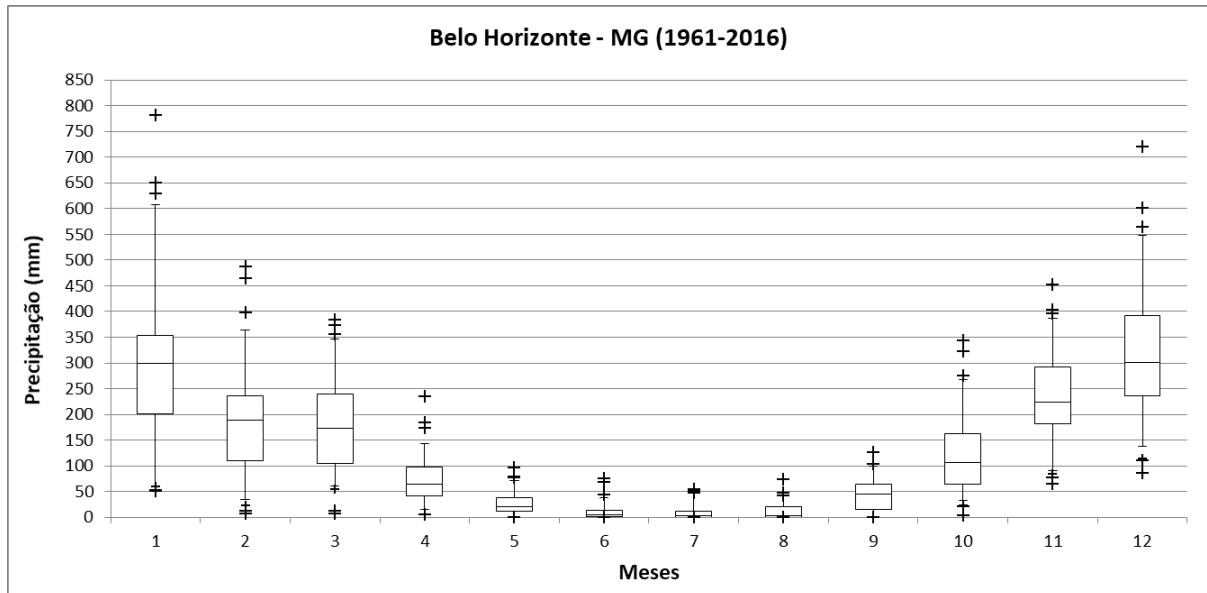


Figura 57: Gráfico das classes de Precipitação para Belo Horizonte - MG (1961-2016) conforme técnica do Box Plot. Fonte dos dados: INMET.

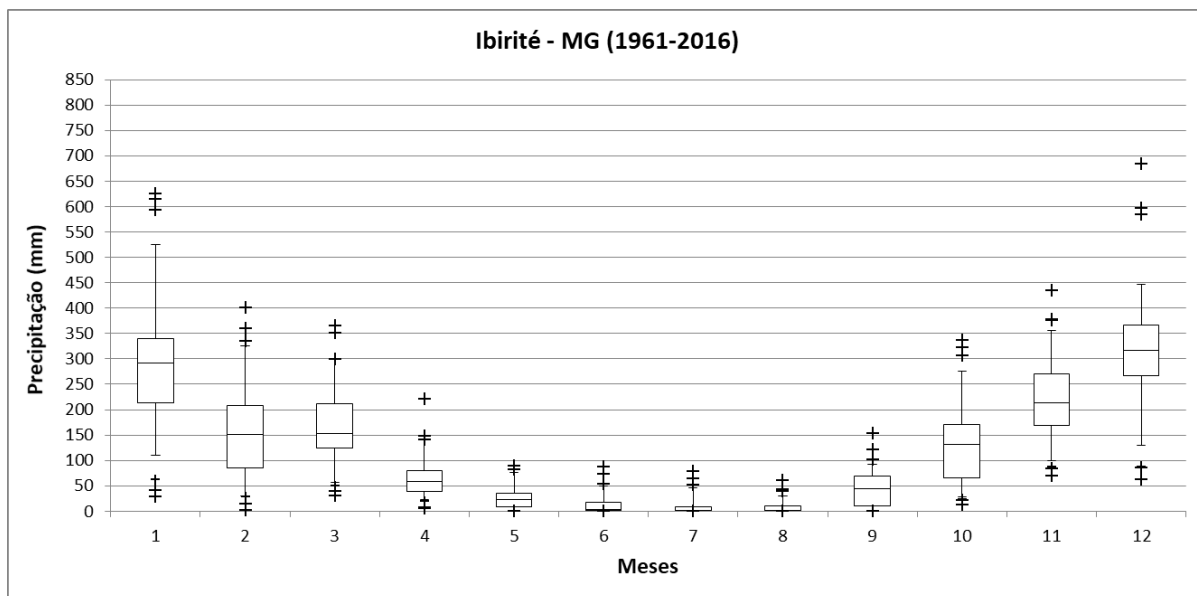


Figura 58: Gráfico das classes de Precipitação para Ibirité - MG (1961-2016) conforme técnica do Box Plot. Fonte dos dados: INMET.

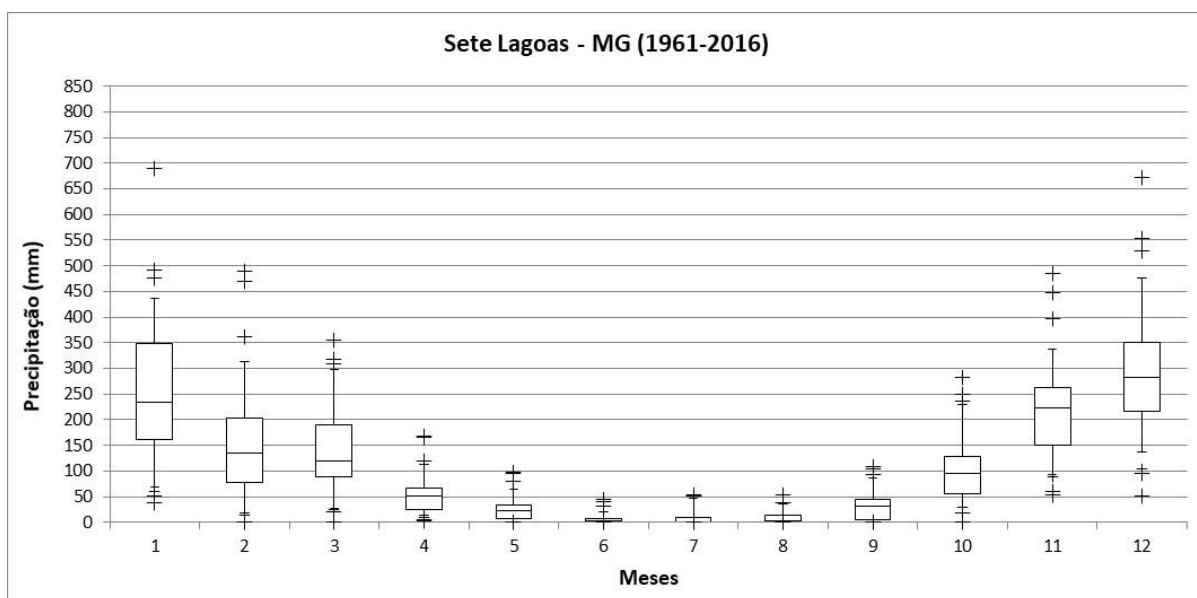


Figura 59: Gráfico das classes de Precipitação para Sete Lagoas - MG (1961-2016) conforme técnica do Box Plot. Fonte dos dados: INMET.

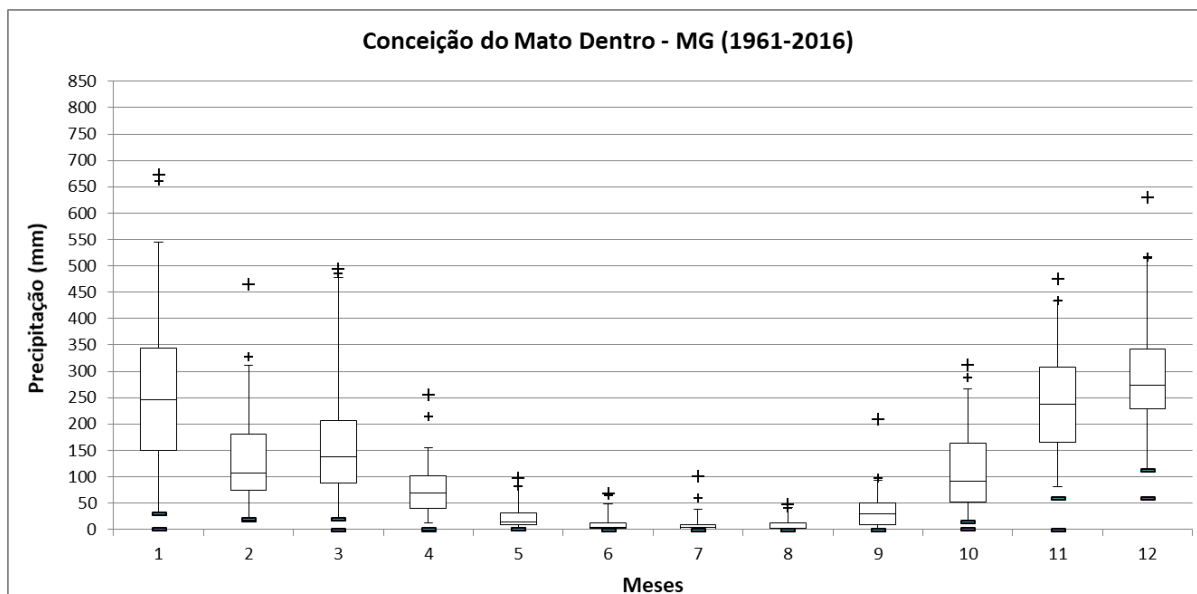


Figura 60: Gráfico das classes de Precipitação para Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016) conforme técnica do Box Plot. Fonte dos dados: INMET.

Como explicado anteriormente, a distribuição dos totais de precipitação nas quatro localidades se mostrou relativamente semelhante, uma vez que os municípios se encontram na mesma região. De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), devido à sua posição geográfica, a região sudeste se encontra em condição de transição climática, apresentando forte heterogeneidade térmica e uma multiplicidade de tipos de tempo, caracterizada por tipos de tempos quentes e úmidos no verão e invernos secos, com quedas pontuais de temperatura.

Segundo Nimer (1979), por apresentar relevo típico de áreas planálticas, a região sudeste do Brasil, sobretudo Minas Gerais, apresenta vasta diversidade de climas. Dessa forma, o autor classificou a região em pelo menos quatro categorias ou domínios climáticos, no tocante a temperatura, sendo eles o de clima quente, clima subquente, clima mesotérmico brando e clima mesotérmico médio. Em relação a pluviosidade, considerando a existência ou inexistência de seca, Nimer verificou que os domínios acima citados aparecem em três subdomínios: clima superúmido, clima úmido, clima semi-árido, que por sua vez compreendem seis variedades: sem seca, com subseca, com 1 a 2 meses, com 3 meses, com 4 a 5 meses e com 6 meses secos.

De acordo com tal classificação, Belo Horizonte e Ibirité estariam inseridos entre os domínios de clima tropical subquente semiúmido com 4 a 5 meses secos e mesotérmico brando semiúmido com 4 a 5 meses secos. No domínio subquente situa-se as áreas onde a influência da altitude se dá de forma mais pronunciada, sendo o tipo semiúmido, o mais presente no estado de Minas Gerais, definido pela estação seca bem caracterizada. Já o clima mesotérmico brando surpreende áreas mais elevadas, onde a orografia tem grande participação na redução dos valores de temperatura, apresentando verão brando e ocorrência de geadas frequentemente durante o inverno.

Os municípios de Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro estariam, segundo Nimer (1979), inseridos entre clima tropical subquente semiúmido com 4 a 5 meses secos e clima quente semiúmido com 4 a 5 meses secos. O clima quente compreende as áreas mais baixas do relevo, abaixo dos 900 metros, em média. Essas áreas são caracterizadas por inverno seco e verão muito quente e úmido.

Em relação à precipitação, segundo Cavalcanti *et al* (2009), durante o verão a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se torna o principal fator genético das chuvas nessa região, juntamente com as linhas de instabilidade, os sistemas frontais, além da participação das chuvas convectivas decorrente do aquecimento basal da massa de ar e da disposição do relevo, uma vez que controla fortemente a distribuição espacial das chuvas na região (efeito orográfico). Tal dinâmica atmosférica explica os valores correspondentes aos meses úmidos (outubro a março) nos quatro municípios analisados.

De acordo com Abreu (1998), durante o verão (período chuvoso), o elevado aquecimento continental promove o surgimento de células de baixa pressão, favorecendo a formação de chuvas intensas durante tal período. Já o maior aquecimento da superfície e conseqüente declínio das pressões atmosféricas, aliado ao enfraquecimento das FPs, favoreceriam um ligeiro estacionamento do sistema, ocasionando chuvas até a sua dissipação (NIMER, 1979).

Já os meses correspondentes ao período seco (abril a setembro) apresentam queda de temperatura e precipitação reduzida em decorrência, sobretudo, das invasões do sistema polar sobre a região. Segundo Assis (2010), os efeitos da continentalidade agem sobre o

estado de Minas Gerais durante todo ano, no entanto ele é percebido com maior intensidade neste período, registrando altos valores de amplitude térmica diária e baixo valor de umidade relativa do ar. Ainda segundo Assis (2010), o APAS (Anticiclone Polar do Atlântico Sul) atinge o estado de Minas Gerais já em processo de tropicalização, isto é, apresenta temperatura mais elevada. No entanto, apesar de carregar forte umidade específica, as massas de ar oriundas desse centro de alta pressão têm sua umidade limitada à camada superficial em razão da forte e constante subsidência do ar e consequente inversão de temperatura (NIMER, 1979).

A partir da construção do gráfico foi possível gerar uma tabela com a classificação em porcentagem dos dados de precipitação analisados nos quatro municípios, sendo os meses categorizados em Super Secos, Secos, Normais, Úmidos e Super Úmidos. Através dessa classificação se torna possível obter os números que indicarão os limites de tais categorias, auxiliando na compreensão da variabilidade temporal e espacial das chuvas na região.

Para o município de Belo Horizonte (tabela 6), do total de 624 meses analisados, a classificação indicou que em 259 meses as chuvas tendem a manter índices pluviométricos considerados normais em grande parte das ocasiões (41,5%), seguido por 161 meses (25,8%) considerados secos e 144 meses (23,1%) considerados úmidos.

Tabela 6: Classificação dos meses da série analisada para o município de Belo Horizonte – MG (1961-2016).

Fonte dos dados: INMET.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	24	161	259	144	36	624
%	3,8%	25,8%	41,5%	23,1%	5,8%	100%

Como já abordado anteriormente em artigo publicado na Revista Brasileira de Geografia Física, apesar dos dados evidenciarem variação próxima à normal, não significa que o município esteja livre dos eventos extremos e os impactos decorrentes do mesmo.

Caso recente descrito por Jardim (2015) para o ano de 2014 sobre a “crise hídrica” mostra isso. A redução dos totais de chuva naquele ano em relação à média do período 1961-2014 (944,1 mm contra 1524 mm) resultou em problemas de abastecimento hídrico urbano e agrícola em várias localidades mineiras, inclusive com implantação de rodízio para distribuição de água pelos bairros de áreas urbanas, contratação de caminhões pipa, aumento do número de concessões de

outorga para perfuração de poços sem a devida análise de impacto ambiental etc. (SILVA, MOURA e JARDIM, 2017, p.33)

Para a série do município de Ibitaré (tabela 7), do total de 529 meses analisados, 208 (39,3%) foram considerados meses com índices pluviométricos normais, seguido por 129 meses (24,4%) considerados secos e 120 meses (22,7%) úmidos. Nesta região as chuvas também tendem a manter comportamento próximo à média na maioria das ocasiões.

Tabela 7: Classificação dos meses da série analisada para o município de Ibitaré - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	36	129	208	120	36	529
%	6,8%	24,4%	39,3%	22,7%	6,8%	100%

No município de Sete Lagoas (tabela 8), do total de 576 meses analisados, 231 (40,1%) foram considerados meses com índices pluviométricos normais, seguido por 141 meses (24,5%) considerados secos e 132 meses (22,9%) úmidos. Nesta região as chuvas também tendem a manter o comportamento da habitualidade.

Tabela 8: Classificação dos meses da série analisada para o município de Sete Lagoas - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	36	141	231	132	36	576
%	6,3%	24,5%	40,1%	22,9%	6,3%	100%

E por fim, para a série do município de Conceição do Mato Dentro (tabela 9), do total de 610 meses analisados, 275 (45,1%) foram considerados meses com índices pluviométricos normais, seguido por 145 meses (23,8%) considerados secos e 142 meses (23,3%) úmidos, indicando que as chuvas tendem a manter comportamento próximo à média na maioria das ocasiões.

Tabela 9: Classificação dos meses da série analisada para o município de Conceição do Mato Dentro - MG (1961-2016). Fonte dos dados: INMET.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	24	145	275	142	24	610
%	3,9%	23,8%	45,1%	23,3%	3,9%	100%

4.5. Variações do clima na escala local

Como discutido anteriormente, os fenômenos climáticos ligados às escalas superiores interferem no comportamento da atmosfera em escalas inferiores que, por sua vez, assinala onde ocorrem as interações climáticas com a sociedade (RIBEIRO, 1993). Dessa forma, quanto mais detalhada a escala, maior o número de variáveis que interferirão no comportamento dos elementos climáticos.

O clima de uma determinada área resulta, principalmente, de três influências: processos atmosféricos resultantes dos fatores geográficos locais; influência dos padrões do clima de escala imediatamente inferior e, efeito dos sistemas atmosféricos atuantes em larga escala (STEINKE, 2004, p.29).

Sendo assim, considerando que as superfícies absorvem a energia solar de forma desigual e conseqüentemente são aquecidas de maneira diferenciada, em função das propriedades térmicas dos materiais presentes, as alterações realizadas no solo interferirão na determinação do clima local (STEINKE, 2004).

Com a finalidade de analisar as interações existentes entre fatores locais, tais como vegetação e as características geomorfológicas (relevo, altitude, declividade) na variação dos elementos climáticos, utilizou-se dados de mini-abrigos meteorológicos instalados no interior do Parque Nacional da Serra do Cipó (figura 61) e das estações meteorológicas inseridas nos municípios.

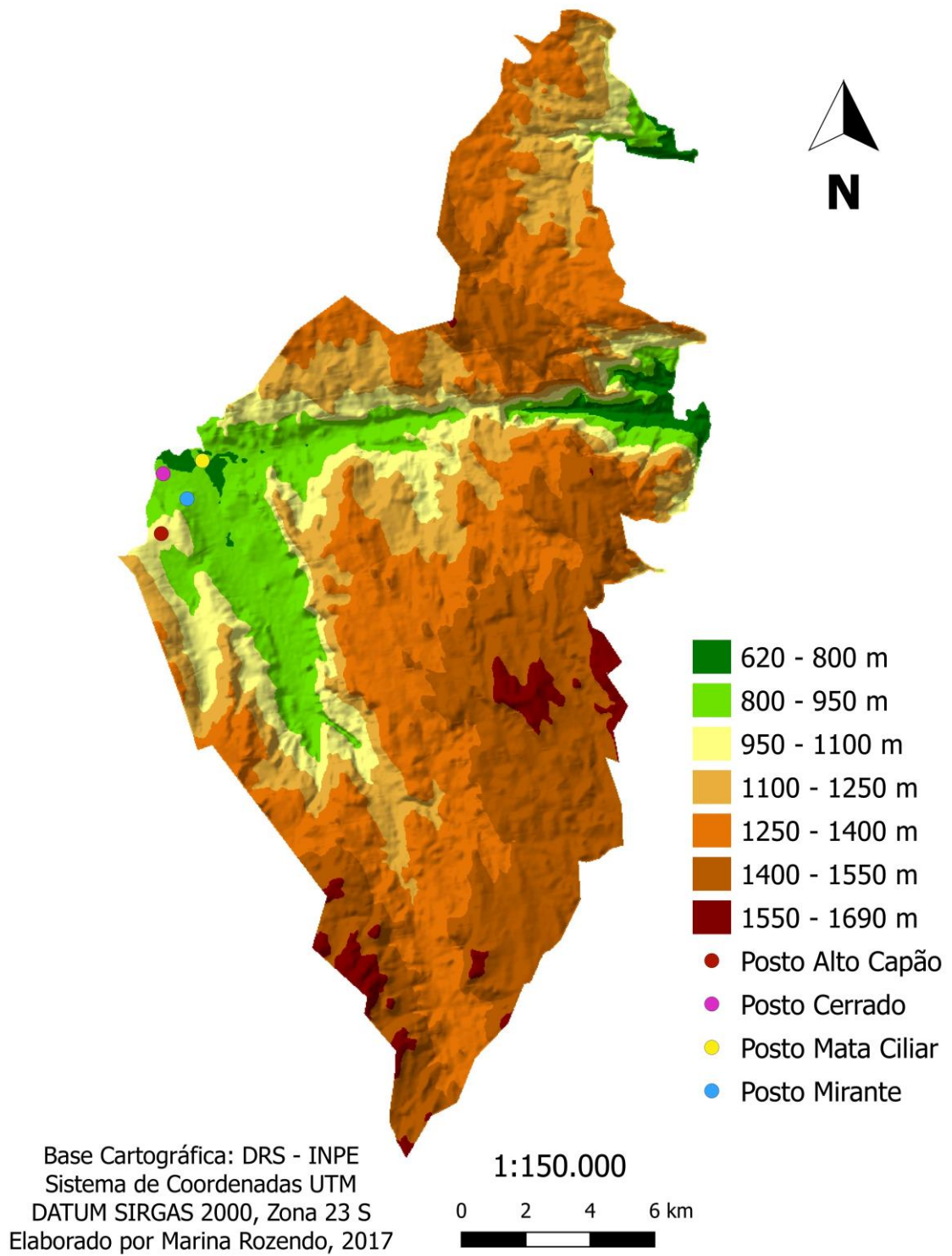


Figura 61: Mapa hipsométrico do PARNA Serra do Cipó - MG e localização dos abrigos meteorológicos.

O padrão de comportamento das variáveis climáticas observado durante o período estudado é explicado pela atuação dos sistemas atmosféricos atuantes na região ao longo dos dias analisados. Por se encontrarem em localidades próximas, as variáveis apresentam comportamento semelhantes.

No dia 01/03 registrou-se valor acentuado de umidade relativa (77,1%) e temperatura do ar baixa (22,6°C). Através das imagens de satélite e das cartas sinóticas identificou-se nebulosidade elevada (ainda que sob atuação do ASAS), possivelmente em razão da condição de tempo “indefinido”, acusado pelo distanciamento das isóbaras sobre o continente. Essa nebulosidade pode ter sido responsável pelo decréscimo da temperatura, uma vez que as nuvens atuam como obstáculo frente à entrada de radiação solar, dificultando ou obstruindo parcialmente sua chegada até a superfície e consequente aquecimento do ar. Neste dia também foi registrado chuva nos quatro municípios.

No dia 02/03 inicia-se a atuação do ASAS com tempo estável, assinalando queda na umidade relativa do ar (68,9%) e temperaturas mais altas (24,6°C), condição esta que se estende até o dia 06/03, quando se estabelece condição pré-frontal. As temperaturas em ascensão (26,9°C) e a diminuição da umidade relativa (59,1%), registrados dia 06/03, apontam a entrada de outro sistema, e sua elevação é resultado da presença de uma calha de baixa pressão que atrai as massas de ar tropicais, além do efeito de compressão do ar tropical pelo avanço da massa subpolar.

No dia 07/03 registrou-se sucinta queda da temperatura nos municípios (26,4°C) e pequeno aumento da umidade relativa (65,3%), em decorrência da entrada do sistema frontal. No entanto, nos dias 08/03 e 09/03, quando assinala queda de 3°C em média, foi registrado valores de precipitação em todos os municípios. A queda das temperaturas guarda relação com a entrada do sistema subpolar, ainda que em vias de tropicalização, e a nebulosidade e as chuvas estão associadas ao sistema frontal.

Na medida em que o sistema subpolar avança para latitudes mais baixas, suas características térmicas se modificam e, conseqüentemente, incorpora-se a Massa Tropical do Atlântico, reforçando a atuação do ASAS em direção ao dia 13/03, quando inicia-se outra condição pré-

frontal, forçando a elevação das temperaturas (25,2°C) e diminuição da umidade relativa do ar (57%). Dia 14/03 observa-se queda da temperatura (24,6°C) e aumento da umidade relativa do ar (60,7%) em consequência do sistema frontal que avança em direção a região sudeste. A variação desses elementos climáticos se dá em razão de possível perturbação atmosférica associada ao sistema frontal. Por fim, no dia 15/03, observou-se queda das temperaturas (23,8°C) em razão da entrada do ar subpolar tropicalizado, responsável pela diminuição de temperatura no final do verão.

É importante ressaltar que, apesar de assinalar baixo índice pluviométrico durante o período selecionado, os valores de precipitação dos municípios de Ibitaré e Sete Lagoas se encontram dentro do esperado para o mês de março, onde o acumulado mensal assemelhou-se as normais climatológicas de 1961-1990 e de 1981-2010. Já os municípios de Belo Horizonte e Conceição do Mato Dentro registraram valores abaixo das normais, como mostrado na tabela a seguir (tabela 10).

Tabela 10: Precipitação média para a primeira quinzena de março de 2017 e valores das Normais Climatológicas (1961-1990 e 1981-2010). Fonte dos dados: INMET.

MARÇO/2017 - Precipitação (mm)			
Município	Média	Normais 1961-1990	Normais 1981-2010
Belo Horizonte	106,5	142,7	198
Ibitaré	156,6	152,5	175,3
Sete Lagoas	124,2	106,3	168,7
C. do Mato Dentro	53,3	131,9	182,3

No segundo período analisado, correspondente a primeira quinzena de julho de 2017, foi verificado a atuação do ASAS, caracterizado pelos baixos índices de umidade relativa do ar e relativo aumento da temperatura. Analisando os valores dos horários sinóticos para o dia 01/07, observa-se aumento amplitude térmica resultante da perda radiativa noturna causada pelo tempo seco (em média 7,5°C).

No dia 02/07 observa-se a passagem de uma frente polar pelo oceano. Ainda que a região não tenha sofrido os efeitos do sistema, verificou-se ligeiro aumento da nebulosidade associada à passagem desse sistema e consequente decréscimo de temperatura e aumento da umidade relativa do ar.

A partir do dia 03/07 observa-se o avanço da massa subpolar na região que persiste até dia 05/07 causando queda nas temperaturas (14,9°C). No dia 06/07 a massa subpolar, já em vias de tropicalização, é responsável pela elevação gradual das temperaturas (18,4°C) em direção ao dia 13/07, quando registra-se novamente queda das temperaturas (18°C) em razão de nova incursão de ar frio. Nos dias seguintes, 14/07 e 15/07, as temperaturas voltam a declinar em consequência da entrada de nova massa subpolar (17,7°C e 17,2°C respectivamente).

No terceiro período analisado, referente a primeira quinzena de agosto de 2017, observa-se aumento gradual da temperatura a partir do dia 01/08 em direção ao dia 04/08, quando registra um pico de temperatura (21,1°C) e diminuição da umidade relativa do ar (46,6%), caracterizando condição pré-frontal sob domínio do ASAS. Dia 05/08 é observado queda das temperaturas (19,6°C) e aumento da umidade relativa do ar (51,8%), tal variação é efeito do sistema frontal que avança sobre a região sudeste, ainda que não tenha sido registrado episódios de chuva.

O dia 06/08 é marcado pela queda das temperaturas (18,6°C) do ar em consequência da ação da massa subpolar, que atuou na região até dia 08/08, quando se tropicalizou e reforçou a ação do ASAS. No dia 10/08 observa-se nova condição pré-frontal, com aumento das temperaturas (23,5°C) e diminuição da umidade relativa do ar (43%). Logo em seguida foi registrado diminuição das temperaturas (20,4°C) e aumento da umidade relativa (64%) em razão da ligeira passagem do sistema frontal pela região, já acompanhada da massa subpolar.

No dia 11/08 inicia-se o declínio das temperaturas que persiste até dia 13/08, quando as temperaturas sofrem pequeno aumento (19,8°C) em virtude da tropicalização da massa subpolar. No dia 14/08 observa-se a atuação do ASAS sob condição pré-frontal, com novo pico de temperatura (22,2°C) e diminuição da umidade relativa (53%), tendo logo em seguida, no dia 15/08, avanço do sistema frontal, forçando a queda das temperaturas (21,3°C) e aumento da umidade relativa do ar (60%). Em nenhum desses dois últimos períodos analisados, na primeira quinzena de julho e agosto, foi registrado evento de chuva.

Entretanto, como pode ser observado nos gráficos abaixo (figuras 62 a 64), embora a temperatura e umidade relativa do ar na região analisada tenham apresentado o mesmo padrão de comportamento, demonstrando a repercussão dos sistemas atmosféricos na variação dos elementos climáticos, as diferenças encontradas entre cada local analisado só podem ser compreendidas quando se analisa o ambiente em que as estações e os abrigos meteorológicos foram instalados de forma integrada, considerando aspectos como orientação das vertentes, cobertura do solo, altitude e vegetação.

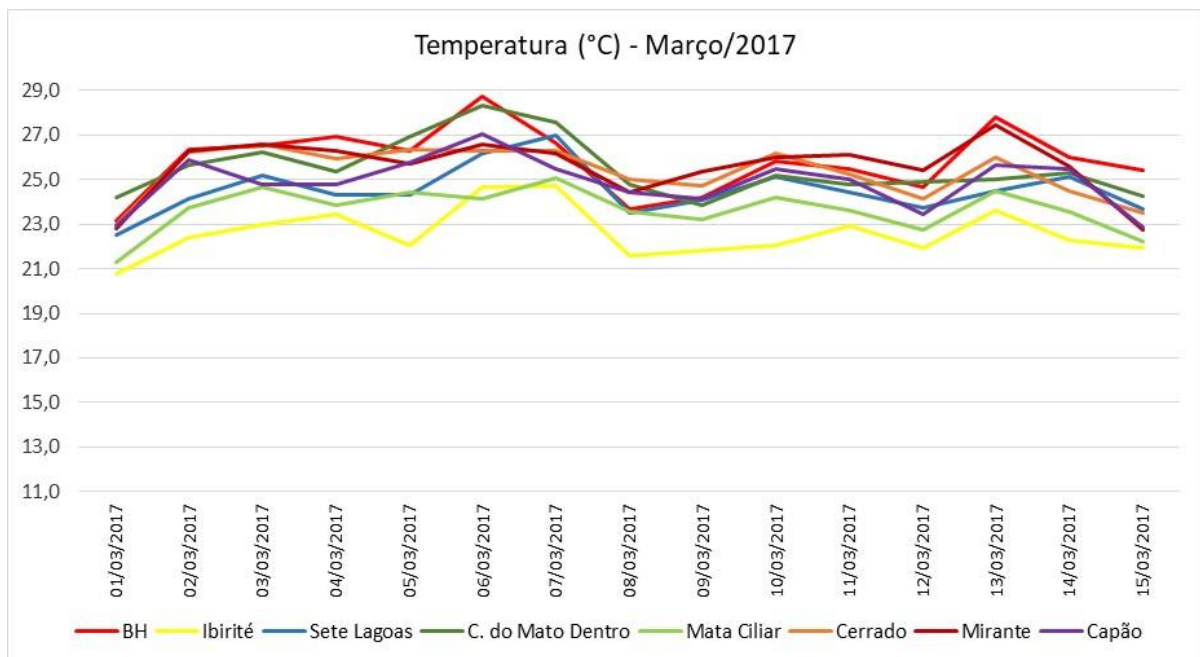


Figura 62: Gráfico da variação da temperatura média diária em março/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

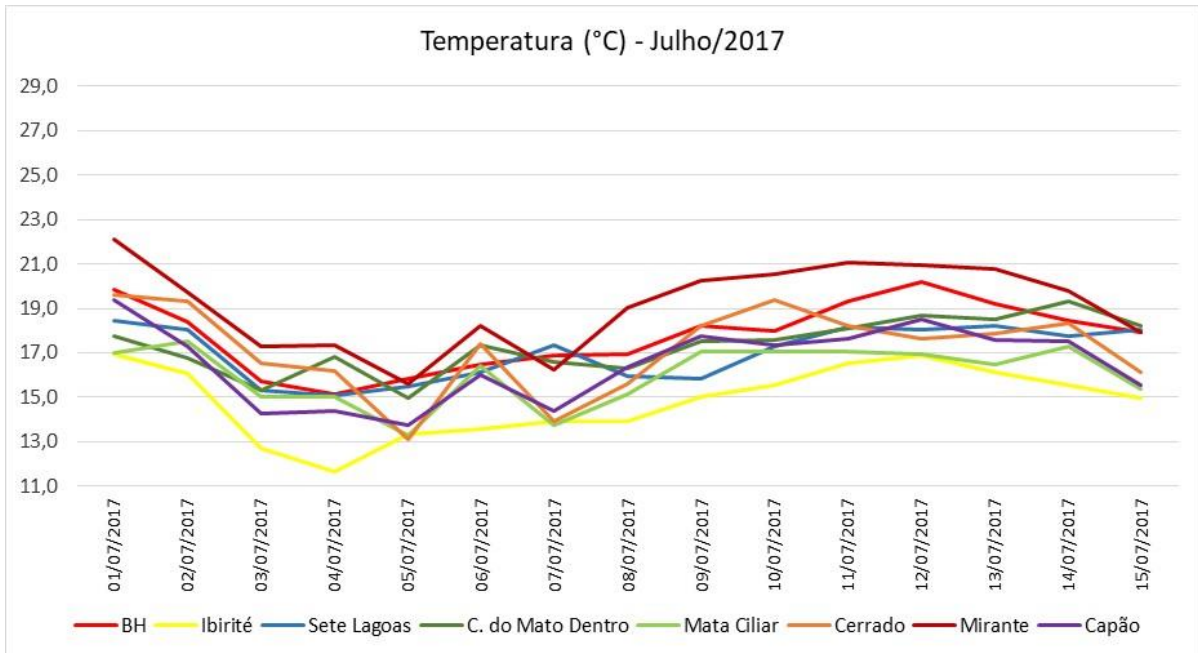


Figura 63: Gráfico da variação da temperatura média diária em julho/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

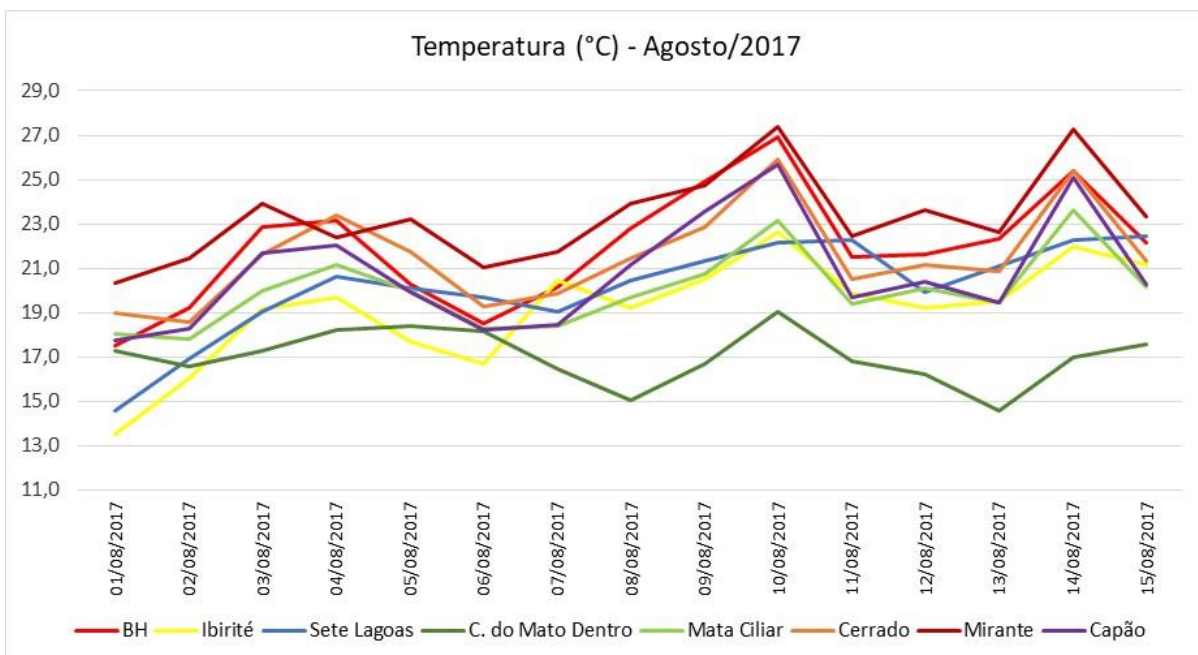


Figura 64: Gráfico da variação da temperatura média diária em agosto/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Como pode ser observado nas tabelas abaixo (tabelas 11 a 13), Ibirité apresenta os menores valores de temperatura média diária em dois dos três períodos analisados (22,6°C em março e 14,8°C em julho), possivelmente pelo fato dessa estação se encontrar inserida no interior do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, em cota de altitude mais elevada (1.199 metros). Por se localizar dentro do Parque, a estação meteorológica consegue captar as circulações

locais de vento provocadas pela Serra, que age também como uma barreira natural aos ventos, provocando o levantamento orográfico do ar, que por sua vez expande e se resfria, processo denominado de resfriamento adiabático. A diminuição da pressão atmosférica propicia o aumento do volume do ar e redução de sua densidade, acarretando em menor quantidade de calor contido, e conseqüente diminuição da temperatura, cujo valor teórico corresponde à redução de 0,65°C/100m.

Tabela 11: Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar para as localidades analisadas em março/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Março/2017			
	Altitude (m)	Temperatura (°C)	UR (%)
Belo Horizonte	915	25,8	57,89
Ibirité	1199	22,6	66,71
Sete Lagoas	719	24,5	67,62
C. do Mato Dentro	652	25,4	71,56
Mata Ciliar	801	23,6	68,30
Cerrado	802	25,3	61,06
Mirante	898	25,5	56,44
Capão	986	24,8	57,34

Tabela 12: Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar para as localidades analisadas em julho/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Julho/2017			
	Altitude (m)	Temperatura (°C)	UR (%)
Belo Horizonte	915	17,7	60,40
Ibirité	1199	14,8	67,49
Sete Lagoas	719	17,0	65,27
C. do Mato Dentro	652	17,3	74,42
Mata Ciliar	801	16,0	65,72
Cerrado	802	17,1	61,50
Mirante	898	19,1	54,09
Capão	986	16,5	60,00

Tabela 13: Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar para as localidades analisadas em agosto/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Agosto/2017			
	Altitude (m)	Temperatura (°C)	UR (%)
Belo Horizonte	915	21,9	46,60
Ibirité	1199	19,1	52,03
Sete Lagoas	719	20,1	54,42
C. do Mato Dentro	652	17,0	68,69
Mata Ciliar	801	19,9	53,60
Cerrado	802	21,5	49,21
Mirante	898	23,2	41,63
Capão	986	20,7	46,54

Além disso, as vertentes voltadas para o norte se aquecem de forma mais rápida durante o dia em relação às áreas mais baixas do relevo, gerando uma zona de baixa pressão atmosférica relativa nas vertentes, promovendo o direcionamento dos ventos para essas partes mais elevadas (ventos anabáticos). Já durante a noite, o ar sobrejacente às vertentes se esfria de forma mais rápida em relação às áreas deprimidas do relevo, ocasionando o escoamento dos ventos para as partes mais baixas (ventos catabáticos), a estação meteorológica instalada em Ibirité capta essas circulações que interferem nos valores de temperatura local.

A estação meteorológica de Ibirité encontra-se inserida no limite sul do município, em área periurbana, com presença de superfícies florestais de grande extensão. A vegetação assume papel de barreira, impedindo que a radiação solar incida diretamente sobre a superfície, resultando em menor disponibilidade de calor. Além do mais, nessas áreas florestais, parte do calor disponível na atmosfera é utilizado na transpiração das plantas e evaporação da água, processo conhecido por evapotranspiração (ASSIS, 2010). Durante tal processo, o calor sensível é retirado do ar circundante e transformado em calor latente, contribuindo para diminuição de calor sensível disponível para aquecer o ar, favorecendo então temperaturas mais baixas.

Para que a água, em seu estado líquido, passe para o estado gasoso (vapor) – processo conhecido como evaporação –, há um consumo de energia por parte das moléculas de água, de ordem de 600 calorias por grama, que fica nelas retida. Essa energia é chamada de calor latente de evaporação e é responsável por manter as moléculas de água no estado de excitação molecular pertinente aos gases, ou seja,

ela é usada para manter a molécula de água como molécula de vapor. Assim, a evaporação, ao consumir calor sensível e transformá-lo em calor latente, estará resfriando o ar, uma vez que a energia consumida não será mais usada para aquecê-lo (DANNI-OLIVEIRA e MENDONÇA, 2007, p.59).

Este fator também explicaria os valores mais baixos da temperatura média do ar registrada em Conceição do Mato Dentro, que apresenta menor valor de temperatura em agosto (17,2°C), uma vez que a estação meteorológica do município também se encontra próximo a superfícies florestais de grande extensão.

O posto da Mata Ciliar também apresenta valores mais baixos de temperatura do ar nos três períodos (23,6°C em março, 16,0°C em julho e 19,9°C em agosto). Nesse caso, a vegetação e a proximidade com o Rio Cipó foi o fator responsável pelos valores mais baixos de temperatura, como já explicado anteriormente.

Belo Horizonte apresentou elevados valores de temperatura do ar (25,8°C, 17,7°C, 20,4°C em março, julho e agosto respectivamente), possivelmente em razão do grau de alteração no uso da terra.

As modificações pelas quais passou o município de Belo Horizonte (ampliação da área urbana, redução das áreas verdes, aumento da população, da frota de veículos, do parque industrial, de comércio e prestação de serviços etc.) introduziram um número incontável de fontes de calor de origem antropogênica que, por sua vez, trouxe impactos diretos no ambiente e, conseqüentemente, no clima de Belo Horizonte. (JARDIM e SILVA, 2016, p.90)

Sete Lagoas também apresentou valores elevados de temperatura do ar (24,5°C, 17°C, 20,1°C, em março, julho e agosto respectivamente). Nesta localidade o relevo foi o fator de controle climático que mais se destacou, considerando que a estação se encontra em cota altimétrica baixa (719m). Em áreas deprimidas do relevo, a coluna de ar sobrejacente é mais expressiva, dessa forma ocorre maior **compressão** do ar e conseqüente aquecimento da atmosfera, resultando em valores mais elevados de temperatura.

Em relação a umidade relativa do ar, destaca-se o município de Conceição do Mato Dentro, que apresenta taxas de umidade superior as demais localidades (71,56% em março, 74,42% em julho e 68,69% em agosto), em média 13% mais úmido que as demais localidades. Tais

valores são explicados pela localização do município, que se encontra na borda leste da cadeia do Espinhaço, cuja posição geográfica de barlavento favorece a influência da umidade advectada do oceano Atlântico pelas massas de ar vindas de leste, caso do ASAS que atua durante o ano inteiro, com ventos de leste.

O posto da Mata Ciliar e o município de Ibirité também registraram valores mais altos de umidade relativa em algumas situações (68,30% em março e 65,72% em julho na Mata Ciliar e 67,18% em julho em Ibirité). Além dos baixos valores de temperatura do ar contribuírem para essas taxas registradas, como explicado acima, a presença de vegetação também explica tais valores, já que o processo de evapotranspiração favorece a adição de vapor d'água no ar. No caso da Mata Ciliar, o dossel fechado e a vegetação densa provoca obstrução do vento, impedindo a dissipação do ar úmido, contribuindo para o registro de taxas mais elevadas de umidade relativa.

Cabe ressaltar que o município de Sete Lagoas também registrou valores altos de umidade relativa do ar (67,62% em março, 65,27% em julho e 54,42% em agosto), se comparado as demais localidades. Ainda que o município se encontre mais a oeste do estado, onde o efeito da continentalidade se expressa de maneira mais efetiva, os fatores locais podem ter influenciado em tais valores, uma vez que a estação meteorológica de Sete Lagoas se encontra próximo a áreas de cultivo, podendo captar o efeito da vegetação.

Já o posto do Mirante apresentou os maiores valores de temperatura em julho e agosto (19,1°C e 23,2°C respectivamente) e o segundo maior valor em março (25,5°C) assim como os menores valores de umidade relativa do ar (56,44% em março, 54,09% em julho e 41,63% em agosto). Ainda que o posto se encontre em altitude relativamente elevada, o fator que sobressaiu foi a orientação da vertente, uma vez que o abrigo meteorológico foi instalado na vertente voltada para nordeste, que no hemisfério sul recebe maior aporte de radiação e, conseqüentemente, maior quantidade de energia para aquecer a superfície e posteriormente a atmosfera sobrejacente. A circulação de ventos locais também pode ser considerada para explicar os baixos valores de umidade relativa do posto Mirante, já que a movimentação horizontal do ar em escala local pode contribuir com a retirada de umidade (advecção do ar). Além disso, deve-se lembrar que a umidade relativa do ar é inversamente

proporcional a temperatura, dado que é a temperatura do ar que controla o teor de umidade máxima em um volume de ar. Dessa forma, o aumento da temperatura resultaria na diminuição da umidade relativa do ar (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Outro posto que merece destaque é o posto do Cerrado, que apresentou médias diárias de temperatura mais elevadas que os municípios em alguns casos (25,3°C em março, 17,1°C em julho e 21,5°C em agosto), incluindo Belo Horizonte. Em geral, espera-se que os centros urbanos, dotados de materiais com baixo calor específico, instalações industriais, cobertura vegetal insuficiente, com poucas fontes de evaporação, além da superfície impermeabilizada, apresentem temperaturas mais elevadas do que áreas consideradas “naturais”, com quase nenhum indício de presença humana e vasta cobertura vegetal.

No entanto, como já apontado em experimentos de microclima no interior de Goiás analisados anteriormente por Jardim (2005), nas áreas de cerrado os processos de troca de calor se revelam mais complexos em razão da baixa disponibilidade de água e da perda de folhas, principalmente durante o período de seca. A diminuição da quantidade de folhas favorece a entrada de radiação solar direta na superfície que, por sua vez, fica parcialmente aprisionada no interior da mata em consequência da presença de galhos e troncos tortuosos, característicos do domínio fitogeográfico. Estes troncos servirão como barreira à saída de energia, criando um jogo de reflexões e contribuindo com o aumento das temperaturas do ar. Simultaneamente, o baixo adensamento vegetal também facilita a entrada do ar circundante aquecido (advecção do ar), favorecendo o aumento das temperaturas nessa área.

Em relação aos baixos valores de umidade relativa no posto Cerrado (61,06% em março, 61,50% em julho e 49,21% em agosto), infere-se que esses valores se apresentem dessa forma em razão da vegetação de pequeno porte, juntamente com a distância de grandes corpos d'água, o que contribuiria com a manutenção das altas temperaturas, dado que a água tem papel de controlador térmico em função do seu elevado calor específico, além do processo de evapotranspiração, que retiraria calor sensível do ar adjacente transformando-o em calor latente.

A mudança de estado de líquido para gasoso exige um gasto de energia para superar as atrações intermoleculares das partículas de água. Essa energia normalmente é adquirida pela remoção de calor do entorno imediato, causando uma aparente perda de calor (calor latente), [...] e uma consequente queda na temperatura. O calor latente de vaporização necessário para evaporar 1 kg de água a 0°C é $2,5 \times 10^6$ J. da mesma forma, a condensação libera esse calor, e a temperatura de uma massa de ar em que está ocorrendo condensação aumenta à medida que o vapor de água reverte para o estado líquido (BARRY e CHORLEY, 2013, p.84).

Em relação ao posto Capão, deve-se destacar que, apesar de se encontrar na cota altimétrica mais alta em relação aos postos instalados dentro do parque, os valores de temperatura média do ar nos três períodos (24,8°C em março, 16,5°C em julho e 20,7°C em agosto) se mostraram relativamente altos quando comparados as demais localidades. Como apontado por Danni-Oliveira e Mendonça (2007, p.48) “os processos de troca de energia e umidade entre o solo e o ar são mais diretos e efetivos nas superfícies marcadas pela ausência de vegetação”, sendo assim, a elevada permeabilidade do dossel nessa área favorece a incidência de radiação solar direta na superfície, contribuindo para a elevação das temperaturas. Além do mais, o fator altitude pode ter contribuído no registro de tais valores, uma vez que:

Quando chegamos a escala local, as diferenças na elevação e o seu aspecto (isto é, a direção para a qual a superfície está orientada) controlam a quantidade de radiação solar recebida. Grandes elevações que tem uma massa de ar muito menor sobre elas recebem consideravelmente mais radiação solar direta sobre céus limpos do que locais perto do nível do mar devido a concentração de vapor de água na troposfera inferior (BARRY e CHORLEY, 2013, p.58).

No que diz respeito à umidade relativa, o posto cerrado de topo de vertente (Trilha do Capão) apresenta índices baixos de umidade relativa (57,34% em março, 60% em julho e 46,54% em agosto) devido a altitude, dado que o ar menos denso retém menor quantidade de vapor d'água, além da presença de vegetação mais esparsa e menos expressiva e distante de corpos d'água.

4.6. Análise dos horários sinóticos

As variações diurnas de temperatura são explicadas pelo balanço de energia local. Segundo Barry e Chorley (2013), durante dias de céu claro, em geral, o máximo de radiação solar é

absorvida ao meio dia, no entanto as maiores temperaturas do dia só serão registradas por volta das 14:00 em razão do aquecimento gradual do ar por transferência convectiva a partir da superfície. Após esse horário, a perda de radiação ocorre de forma lenta em decorrência do calor cedido pela superfície. Já a temperatura mínima do ar ocorre imediatamente após o nascer do sol, em consequência do atraso na transferência de calor da superfície para a atmosfera (figura 65).

Um máximo de radiação infravermelha (de ondas longas) também é emitido pela superfície aquecida do solo ao meio dia, quando está mais quente. A atmosfera devolve radiação infravermelha para baixo, mas existe uma perda líquida na superfície (L_n). A diferença entre a radiação solar e L_n é o saldo de radiação, R_n ; ela em geral é positiva entre uma hora após o nascer do Sol e uma hora antes do poente, com um máximo ao meio dia. (BARRY e CHORLEY, 2013, p.68)

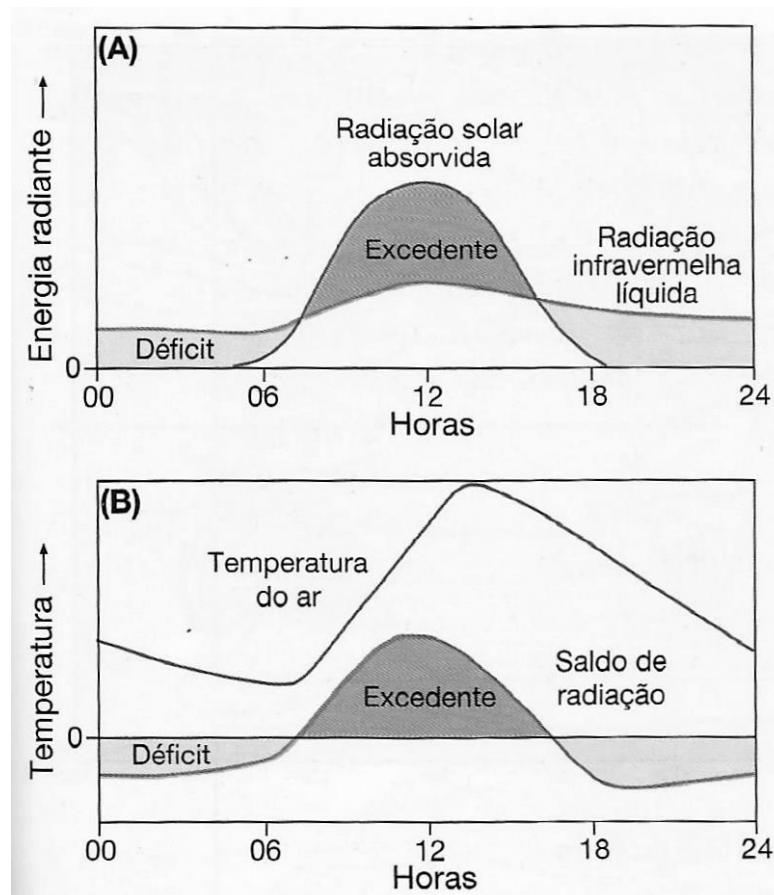


Figura 65: Variação diurna da temperatura do ar e radiação solar absorvida. Fonte: Barry e Chroley (2013).

No gráfico a seguir (figura 66), nota-se que o comportamento da temperatura segue a variação diurna citada acima. Foram comparados os valores de temperatura nos horários sinóticos (09, 15 e 21 h).

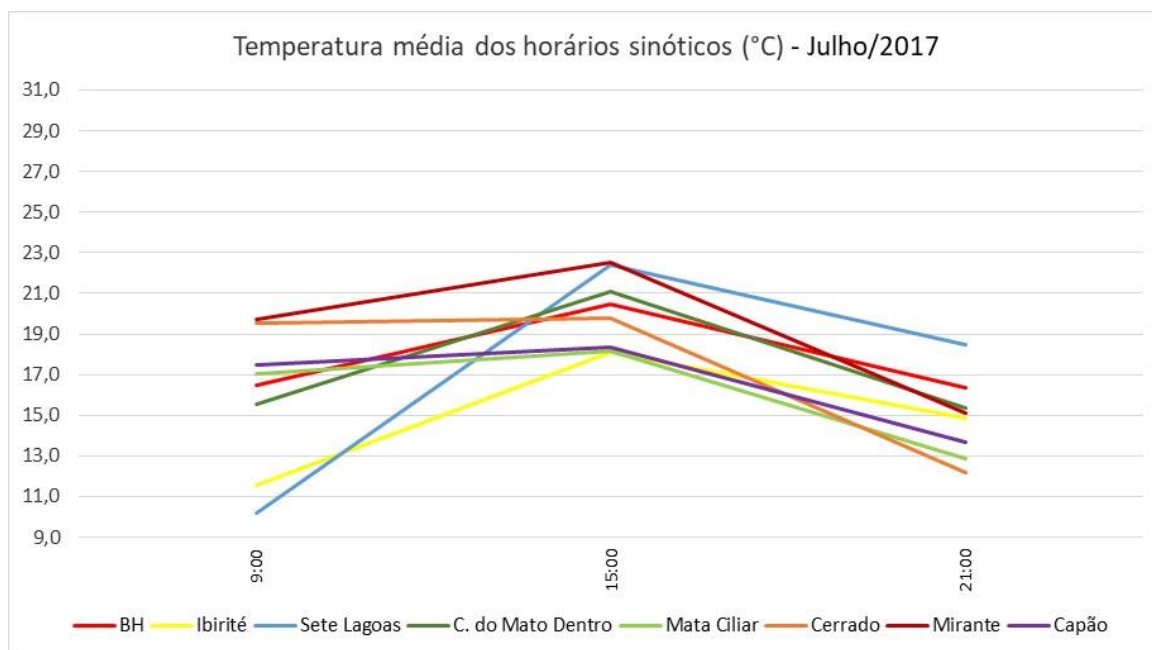


Figura 66: Gráfico da variação da temperatura média diária dos horários sinóticos de julho/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Durante o período da manhã (09h), no mês de julho (tabela 14), o município de Sete Lagoas (10,2°C) registrou o menor valor dentre as localidades analisadas, seguido do município de Ibirité (11,5°C). Em contrapartida, o posto do Mirante registrou o maior valor de temperatura no horário das 09h (19,7°C), seguido pelo posto do Cerrado (19,5°C).

Tabela 14: Temperatura média dos horários sinóticos de julho/2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Média de temperatura (°C) dos horários sinóticos - julho/2017								
	BH	Ibirité	Sete Lagoas	C. do Mato Dentro	Mata Ciliar	Cerrado	Mirante	Capão
09:00	16,4	11,5	10,2	15,5	17,0	19,5	19,7	17,4
15:00	20,4	18,1	22,4	21,0	18,1	19,7	22,5	18,3
21:00	16,3	14,8	18,4	15,3	12,8	12,2	15,1	13,7
Amplitude	4,05	6,55	12,21	5,75	5,33	7,55	7,40	4,64

Durante o período seco, em dias de tempo estável nas áreas mais baixas do relevo, é comum a ocorrência do fenômeno denominado inversão térmica no decorrer da noite. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), nessas áreas a superfície perde calor para a camada de ar sobrejacente de forma rápida que, por sua vez, transmite calor para a camada acima, tornando-se mais fria que o ar adjacente, sendo assim, a superfície mais fria passa a drenar

calor do ar, que também se resfria e escoar para as partes mais baixas do terreno (uma vez que é mais densa) formando as inversões térmicas. Se considerarmos, em um contexto regional, que os municípios de Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro se encontram em áreas deprimidas, as baixas temperaturas registradas no período da manhã no mês de julho poderiam estar relacionadas a este fenômeno. No caso de Ibirité, presume-se que a elevada cota de altitude em que se encontra instalada a estação meteorológica (1199 m) explicaria os baixos valores encontrados no período da manhã, uma vez que a temperatura tende a decrescer numa taxa de $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, como explicado anteriormente.

Na área do Parque, onde registraram os maiores valores de temperatura no período da manhã, o fator que se destacou foi a cobertura vegetal. Segundo Jardim (2007b), em ambientes úmidos, é comum que ocorra nas primeiras horas do dia a formação de orvalho através do contato do vapor d'água com uma superfície e o ar mais frios. Durante esse processo o vapor d'água é condensado, liberando calor sensível para a atmosfera e aumentando, conseqüentemente, a temperatura do ar. É provável que as temperaturas mais altas observadas no parque sejam em consequência desse fenômeno, como já constatado por Jardim (2007b) em experimento comparativo entre ambiente urbano e rural.

Outro fator a ser considerado para explicar os valores encontrados no parque diz respeito à capacidade de conservação de calor das áreas florestais arbóreas. O dossel arbóreo, como explicado anteriormente, é responsável por reduzir os valores de amplitude térmica, conservando calor por mais tempo que outras áreas, favorecendo temperaturas mais elevadas durante as primeiras horas da manhã.

No horário das 15h, período onde costuma-se registrar as máximas diárias, destaca-se com maior valor o posto Mirante ($22,5^{\circ}\text{C}$) seguido dos municípios de Sete Lagoas ($22,4^{\circ}\text{C}$) e Conceição do Mato Dentro (21°C). O posto da Mata Ciliar ($18,1^{\circ}\text{C}$) e o município de Ibirité ($18,4^{\circ}\text{C}$) registraram os menores valores do horário.

O abrigo meteorológico do posto Mirante, como já destacado anteriormente, se encontra instalado na vertente orientada para o nordeste o que implica em maior quantidade de radiação recebida e, conseqüentemente, maior temperatura. Já em relação a Sete Lagoas, os

altos valores encontrados podem estar relacionados com a localização do município que se encontra mais a oeste do estado, captando os efeitos da continentalidade e das áreas deprimidas, como já relatado anteriormente.

Já os menores valores registrados no período das 15h podem ser explicados pela presença da vegetação mais densa que intercepta parte da radiação solar, impedindo que ela chegue a superfície, como no caso do posto da Mata Ciliar e em função da altitude que contribui com a diminuição da temperatura através da diminuição da pressão atmosférica (menor quantidade de calor retido em função da baixa densidade do ar). Também é importante destacar a influência da circulação regional que afeta as áreas de topos em cotas altimétricas mais elevadas, em consequência do vento que acelera a remoção de calor.

Em relação ao horário das 21h, o posto do Cerrado (12,2°C) e da Mata Ciliar (12,8°C) apresentaram os menores valores de temperatura, por outro lado, os municípios de Sete Lagoas (18,4°C) e Belo Horizonte (16,3°C) registraram os maiores valores de temperatura. É provável que o posto do Cerrado tenha apresentado tal valor de temperatura nesse horário em função do dossel arbóreo mais aberto encontrado no local de instalação do abrigo. Da mesma forma que o dossel aberto favorece a entrada de radiação solar direta na superfície, durante a noite a perda energética também é maior.

Segundo Lopes e Jardim (2012), no decorrer da noite é comum que se estabeleça o balanço negativo de radiação. Durante a noite, a superfície aquecida pela radiação solar perde calor para a atmosfera, até que o solo se torne mais frio que o ar adjacente, invertendo a situação e drenando calor da atmosfera. Por essa razão, as temperaturas tendem a cair em razão da perda de energia armazenada.

De maneira geral, os postos instalados dentro do parque apresentaram os menores valores de temperatura a noite, possivelmente pelo fato da vegetação ser mal condutora e conservadora de calor, facilitando a dissipação da energia armazenada durante o dia e consequentemente forçando a queda das temperaturas no período após o pôr-do-sol.

De maneira oposta, os municípios revelaram temperaturas mais altas no período noturno, em média 2,9°C mais quente em relação aos postos do parque. Os elementos característicos das cidades, como asfalto e concreto, possuem maior capacidade térmica (quando comparado aos elementos das áreas naturais), favorecendo o acúmulo de energia durante o dia. Ao chegar da noite, a perda de energia acontecerá de forma mais lenta, uma vez que essas estruturas presentes nas cidades demorarão mais tempo para dissipar o calor, resultando em temperaturas mais elevadas no período noturno.

Nos três períodos analisados, Belo Horizonte se destacou como o município com menor amplitude térmica (tabelas 15 a 17). Esses valores podem ser explicados pela capacidade de estocagem de calor nas áreas urbanas, uma vez que os elementos característicos das cidades, como circulação de veículos e pessoas, atividade industrial, materiais com calor específico baixo e elevada condutividade térmica, favorecem o acúmulo e produção de calor. Além disso, tais fatores como metabolismo humano, presença de automóveis, máquinas e superfícies pavimentadas também podem se configurar como fontes passivas e ativas de calor de origem antropogênica. Todos esses fatores resultam no aumento das temperaturas em horários em que são esperados valores mais baixos. Comportamento já observado em estudo anterior realizado por Silva em Jardim (2017) na mesma área analisada, no período corresponde a setembro de 2016.

Em relação ao horário das 21 h, de maneira geral, ao longo da noite, a superfície aquecida durante o dia cede calor para a atmosfera até que o solo fique mais frio que o ar e inverte a situação, drenando calor do ar. Esse processo estabelece o balanço negativo de radiação, quando as temperaturas tendem a cair em razão da perda da energia armazenada (LOPES e JARDIM, 2012). No entanto a presença de elementos característicos das cidades favorece o acúmulo e a produção de calor, como o asfalto e o concreto. Em função do seu calor específico e da elevada condutividade térmica, esses materiais absorvem a energia solar de maneira diferenciada (SILVA e JARDIM, 2017, p.56).

Tabela 15: Temperaturas médias dos horários sinóticos no mês de março/2017.

Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Média dos horários sinóticos - Março/2017								
	BH	Ibirité	Sete Lagoas	C. do Mato	Mata Ciliar	Cerrado	Mirante	Capão
09:00	24,83	18,91	18,42	23,27	23,52	25,78	24,22	25,36
15:00	28,52	25,71	28,53	30,18	26,79	29,42	30,12	28,17
21:00	24,17	23,22	26,59	22,99	20,64	20,79	22,36	21,11
Amplitude	4,35	6,80	10,11	7,19	6,15	8,63	7,76	7,07

Tabela 16: Temperaturas médias dos horários sinóticos no mês de julho/2017.

Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Média dos horários sinóticos - Julho/2017								
	BH	Ibirité	Sete Lagoas	C. do Mato	Mata Ciliar	Cerrado	Mirante	Capão
09:00	16,48	11,56	10,20	15,53	17,03	19,54	19,71	17,47
15:00	20,44	18,11	22,41	21,09	18,19	19,75	22,53	18,34
21:00	16,39	14,88	18,45	15,34	12,87	12,20	15,13	13,70
Amplitude	4,05	6,55	12,21	5,75	5,33	7,55	7,40	4,64

Tabela 17: Temperaturas médias dos horários sinóticos no mês de julho/2017.

Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Média dos horários sinóticos - agosto/2017								
	BH	Ibirité	Sete Lagoas	C. do Mato	Mata Ciliar	Cerrado	Mirante	Capão
09:00	19,94	14,98	19,62	15,25	20,44	23,35	23,37	21,93
15:00	25,93	23,01	26,41	25,65	23,23	25,15	28,32	24,25
21:00	19,99	19,47	22,83	16,65	16,31	16,10	18,17	16,15
Amplitude	5,99	8,03	3,57	10,40	6,93	9,05	10,15	8,09

Como pode ser observado nas tabelas acima, o mês de agosto apresentou valores mais altos em relação ao período correspondente a julho. No entanto o comportamento das variáveis nos horários sinóticos se mostrou semelhante, possivelmente pelo fato de responderem ao mesmo sistema atmosférico, o APAS.

No período correspondente a março, ainda que o sistema atuante predominante tenha sido o ASAS, o comportamento das variáveis nos horários sinóticos também não se diferiu muito, provavelmente em razão de também se tratar de um sistema de tempo estável.

Outra sequência selecionada, já analisada por Silva e Jardim (2017), refere-se ao período correspondente aos dias 11 a 23 de setembro de 2016 (figura 67). Durante o período analisado verificou-se a atuação da Frente Polar Atlântica que, em virtude disso, foi registrado queda das temperaturas e aumento da nebulosidade e da umidade relativa do ar.

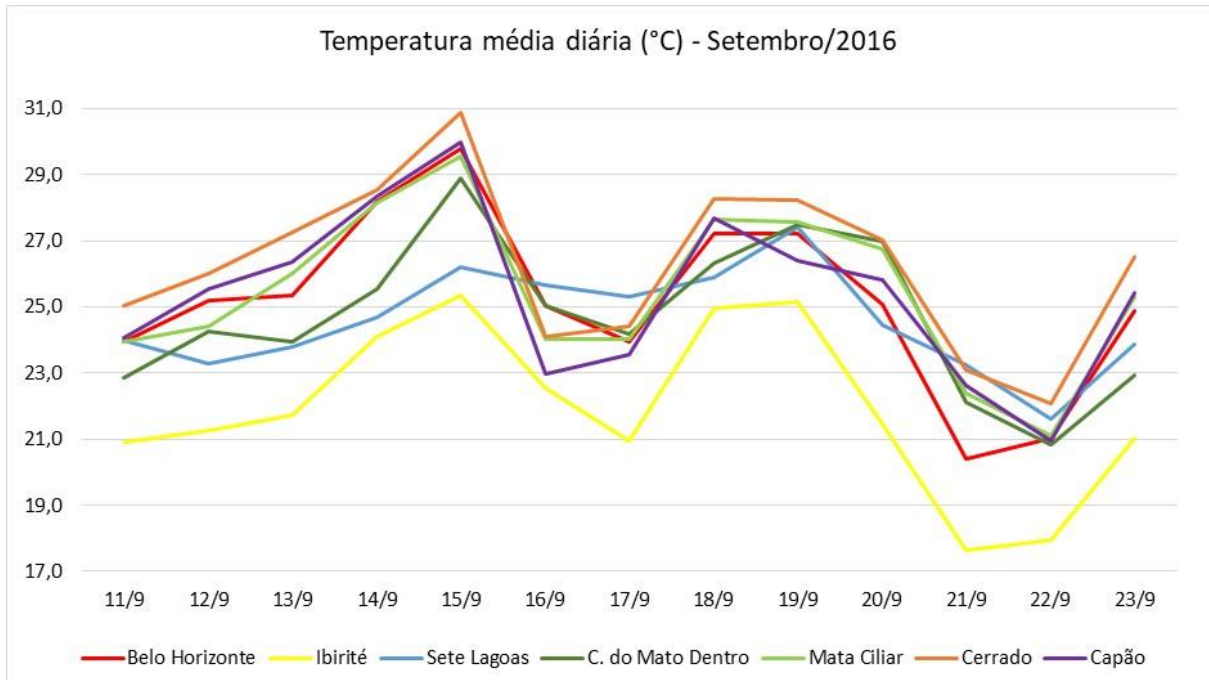


Figura 67: Gráfico da temperatura média diária para Setembro/2016. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Nos gráficos a seguir, nota-se que os valores de temperatura das localidades estudadas seguiram o mesmo padrão de comportamento em decorrência dos sistemas atmosféricos que atuaram na região durante o período analisado. A elevação da temperatura que pode ser observada em sentido ao dia 15/09/2016 (figura 68) e nos dias 18/09/2016 e 19/09/2016 é resultante do aquecimento pré-frontal, quando “com o avanço do sistema frontal, o ar adjacente torna-se mais quente, causando diminuição da pressão e a drenagem de calor para essa área, provocando o aumento das temperaturas” (SILVA e JARDIM, 2017, p.51).

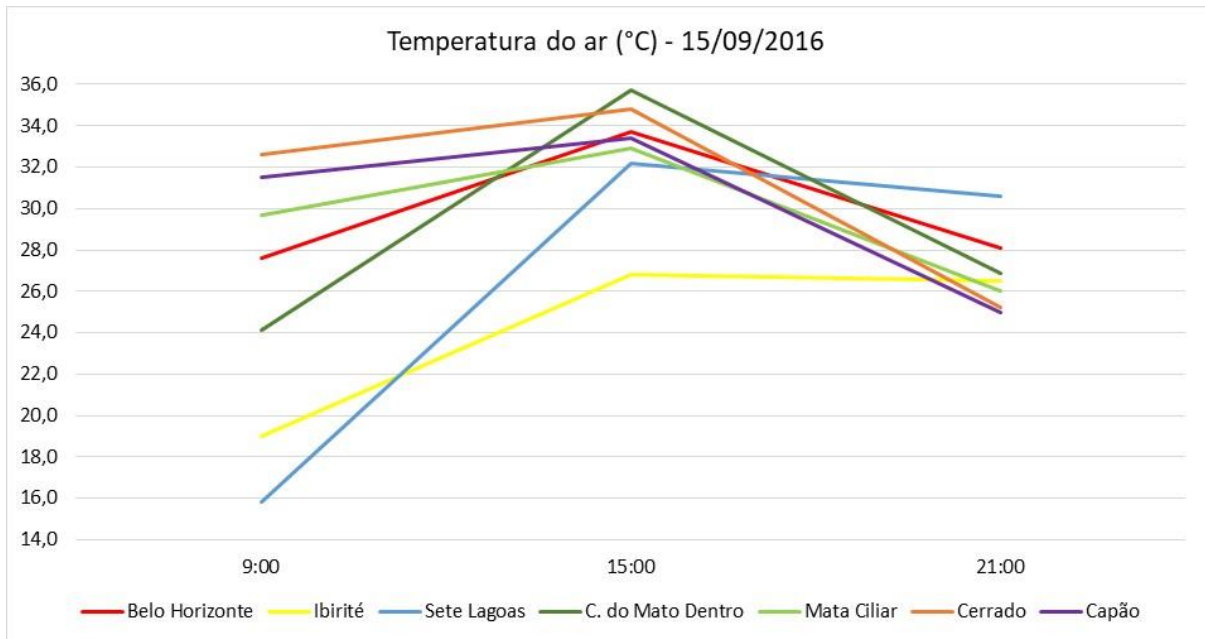


Figura 68: Gráfico da temperatura média dos horários sinóticos para Setembro/2016. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

A ocorrência da Frente Polar Atlântica pode ser observada entre os dias 16/09/2016 a 17/09/2016 (figura 69) e 20/09/2016 a 21/09/2016, quando foi registrado queda das temperaturas, aumento das taxas de umidade relativa do ar e nebulosidade elevada. Em tais condições, a presença maciça de nebulosidade impede que parte da radiação solar incida diretamente sobre a superfície, favorecendo o componente associado à radiação difusa. Sendo assim, a quantidade de calor disponível na superfície diminui em razão do menor saldo de radiação em ondas curtas, ocasionando baixos valores de amplitude térmica (LOPES e JARDIM, 2012) e diminuindo as diferenças encontradas entre as localidades analisadas.

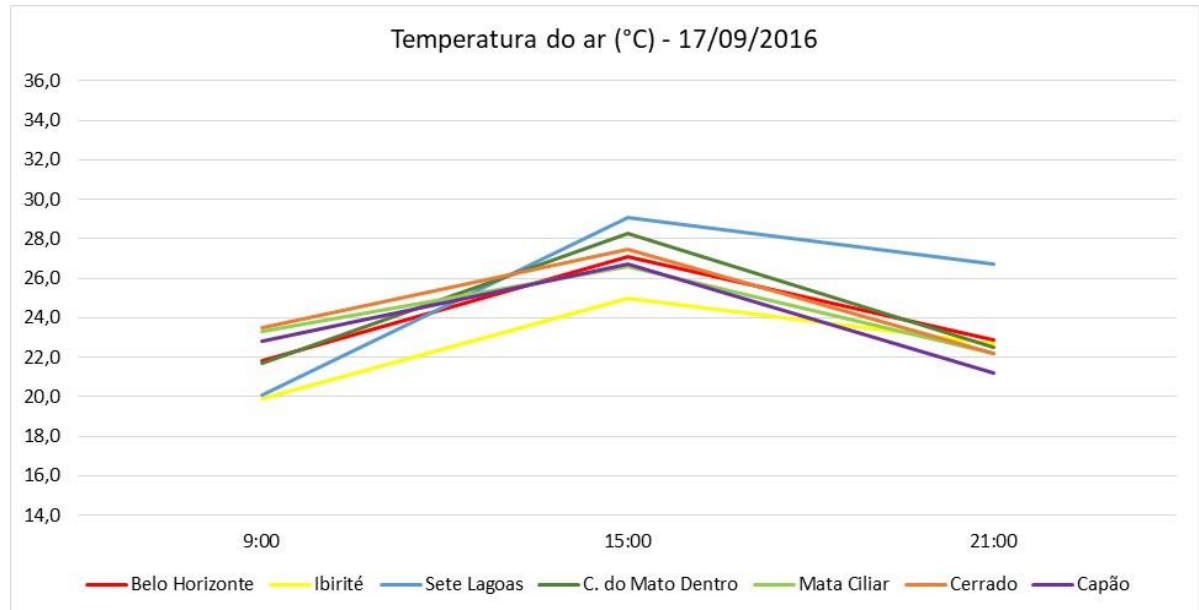


Figura 69: Gráfico da variação da temperatura do ar nos horários sinóticos para o dia 17 de setembro de 2016.
Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Tal comportamento também foi verificado em março de 2017, período onde é comum a atuação de sistemas de baixa pressão, responsável pelo tempo instável. No dia 07/03/2017 foi registrado atuação do sistema frontal na região, ocasionando a diminuição da amplitude térmica em todos os locais analisados (figura 70). Durante a atuação de sistemas de baixa pressão, é comum que se encontre poucos e até nenhuma diferença na variação dos elementos climáticos em locais diferenciados, como já explicado anteriormente.

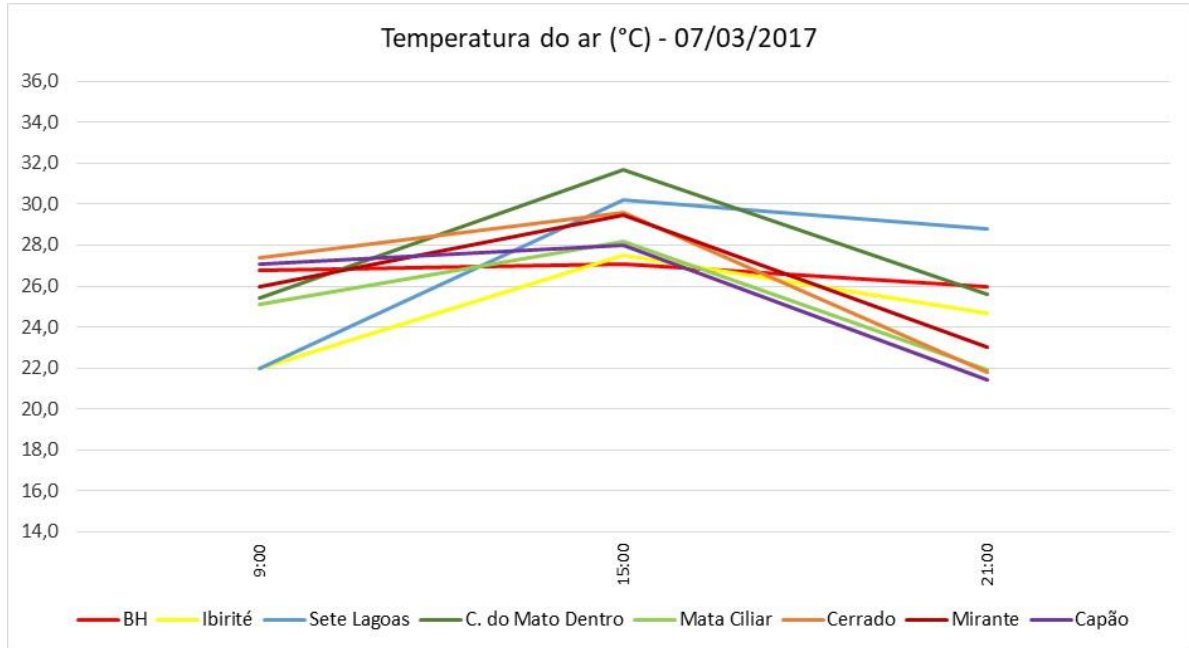


Figura 70: Gráfico da variação da temperatura do ar nos horários sinóticos para o dia 07 de março de 2017.
Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Já em situações de tempo estável, a diferença de temperatura durante o dia se torna mais proeminente em razão da baixa cobertura de nuvens, favorecendo a radiação direta sobre a superfície e consequente aumento de temperatura durante o dia, como observado dia 13/03/2017, sob atuação do ASAS (figura 71).

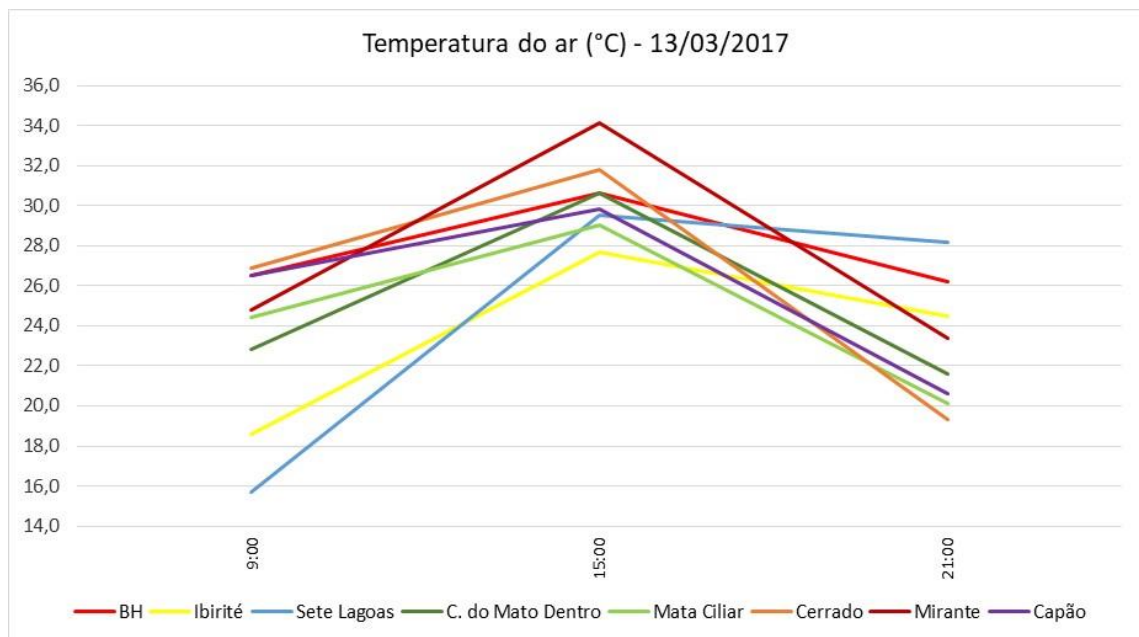


Figura 71: Gráfico da variação da temperatura do ar nos horários sinóticos para o dia 13 de março de 2017.
Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Como observado nas tabelas a seguir (tabelas 18), a amplitude térmica diária e horária se torna mais significativa durante a atuação de sistemas de alta pressão (dia 13/03/2017).

Tabela 18: Temperatura do ar para os horários sinóticos dos dias 07 e 13 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Temperatura do ar (°C) - 07/03/2017 (Sistema Frontal)									
	BH	Ibirité	Sete Lagoas	C. do Mato Dentro	Mata Ciliar	Cerrado	Mirante	Capão	Amplitude
09:00	26,8	22,0	22,0	25,4	25,1	27,4	26,0	27,1	5,4
15:00	27,1	27,5	30,2	31,7	28,2	29,6	29,5	28,0	4,6
21:00	26,0	24,7	28,8	25,6	21,9	21,8	23,0	21,4	7,4
Amplitude	1,1	5,5	8,2	6,1	6,3	7,8	6,5	6,6	

Temperatura do ar (°C) - 13/03/2017 (ASAS)									
	BH	Ibirité	Sete Lagoas	C. do Mato Dentro	Mata Ciliar	Cerrado	Mirante	Capão	Amplitude
09:00	26,5	18,6	15,7	22,8	24,4	26,9	24,8	26,5	11,2
15:00	30,6	27,7	29,5	30,6	29,0	31,8	34,1	29,8	6,4
21:00	26,2	24,5	28,2	21,6	20,1	19,3	23,4	20,6	8,9
Amplitude	4,4	9,1	13,8	9,0	8,9	12,5	10,7	9,2	

Nos valores de umidade relativa do ar também é possível notar essa diferença (tabela 19). Segundo Barry e Chorley (2013), o ar úmido é capaz de moderar a variação da temperatura através da evaporação no período diurno e condensação no período noturno, o que também explicaria os valores de amplitude térmica.

Tabela 19: Umidade relativa do ar para os horários sinóticos dos dias 07 e 13 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET e dados de pesquisa.

Umidade relativa do ar (%) - 07/03/2017 (Sistema Frontal)									
	BH	Ibirité	Sete Lagoas	C. do Mato Dentro	Mata Ciliar	Cerrado	Mirante	Capão	Amplitude
09:00	59,00	74,00	85,00	80,00	72,70	64,40	63,10	59,90	25,10
15:00	52,00	55,00	55,00	49,00	64,30	54,70	52,00	53,50	15,30
21:00	68,00	64,00	60,00	83,00	81,60	80,60	71,00	77,80	23,00
Amplitude	16,00	19,00	30,00	34,00	17,30	25,90	19,00	24,30	

Umidade relativa do ar (%) - 13/03/2017 (ASAS)									
	BH	Ibirité	Sete Lagoas	C. do Mato Dentro	Mata Ciliar	Cerrado	Mirante	Capão	Amplitude
09:00	51,00	70,00	97,00	78,00	67,70	57,90	57,50	51,80	46,00
15:00	33,00	44,00	45,00	45,00	41,10	35,40	29,30	33,30	15,70
21:00	46,00	49,00	42,00	85,00	71,70	69,70	50,20	60,60	43,00
Amplitude	18,00	26,00	55,00	40,00	30,60	34,30	28,20	27,30	

4.7 Análise Semanal

A fim de verificar suposta influência do ritmo das atividades humanas na variação dos elementos climáticos durante a semana, foram organizados gráficos de temperatura e umidade relativa do ar dos quatro municípios analisados em dois períodos distintos.

De acordo com Jardim e Silva (2016), Belo Horizonte sofreu modificações que foram responsáveis por introduzir incontáveis fontes de calor de origem antropogênica, como ampliação da área urbana e da frota de veículos, redução das áreas verdes, aumento da população, entre outros, acarretando impactos no ambiente e no clima da cidade.

Verificou-se, também, aumento da frota de veículos particulares: em 1986 Belo Horizonte contava com 400 mil, passando em 866.304 unidades em 2006 e alcançando aproximadamente 1,7 milhões em 2016, além da diversificação no setor de serviços, aquisição de máquinas e equipamentos eletromecânicos etc. A própria modificação da superfície (substituição de superfícies naturais por artificiais) altera as propriedades de albedo, absorção, armazenamento e condução de calor, mesmo se tratando de fontes passivas de radiação. (JARDIM e SILVA, 2016, p.90)

4.7.1 Temperatura do ar

Tais modificações, e consequentes impactos, podem ser percebidos nos gráficos a seguir, que revelam a variação da temperatura no decorrer da semana nos dois períodos selecionados. Em Belo Horizonte, em relação a temperatura mínima (figura 72), nota-se que os picos registrados na sequência mais antiga (1961-1970) foram suprimidos com o tempo, como observado na sequência mais recente (2005-2014), sugerindo adição de calor provavelmente acarretada pela atividade antrópica que se tornou mais intensa com o passar das décadas.

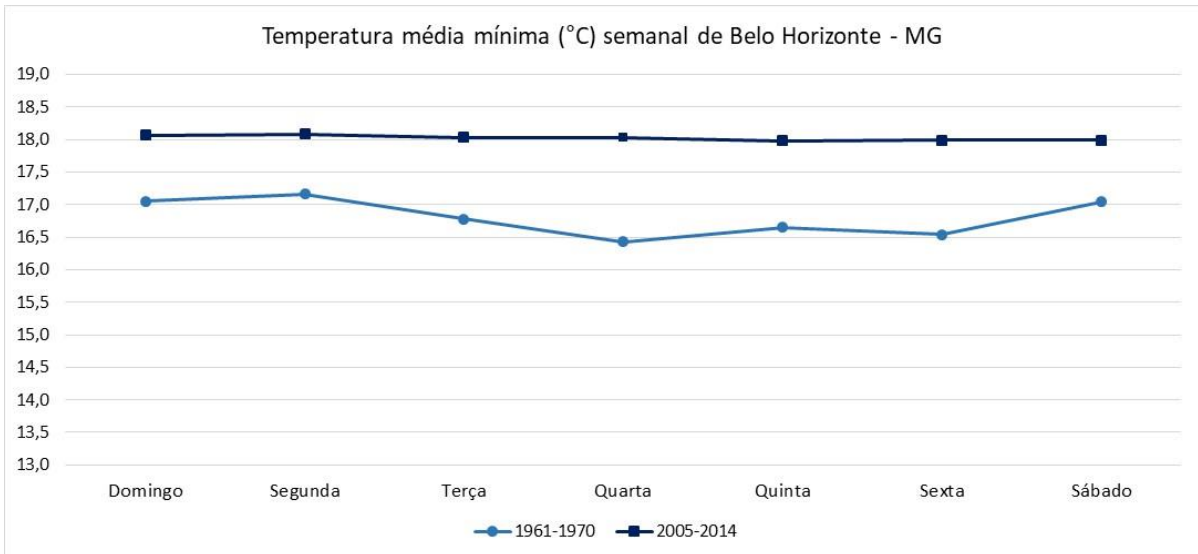


Figura 72: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura mínima em Belo Horizonte - MG. Fonte dos dados: INMET.

Já em relação à temperatura máxima (figura 73), nota-se um pico de temperatura na sexta feira, sugerindo acúmulo de calor resultante da concentração de atividades urbanas no decorrer da semana. Especula-se que as estruturas presentes nas cidades necessitam de tempo maior para armazenar e posteriormente dissipar o calor produzidos pelas diferentes atividades antrópicas, resultando no acúmulo de energia durante a semana, com picos nas sextas feiras (último dia “útil” da semana).

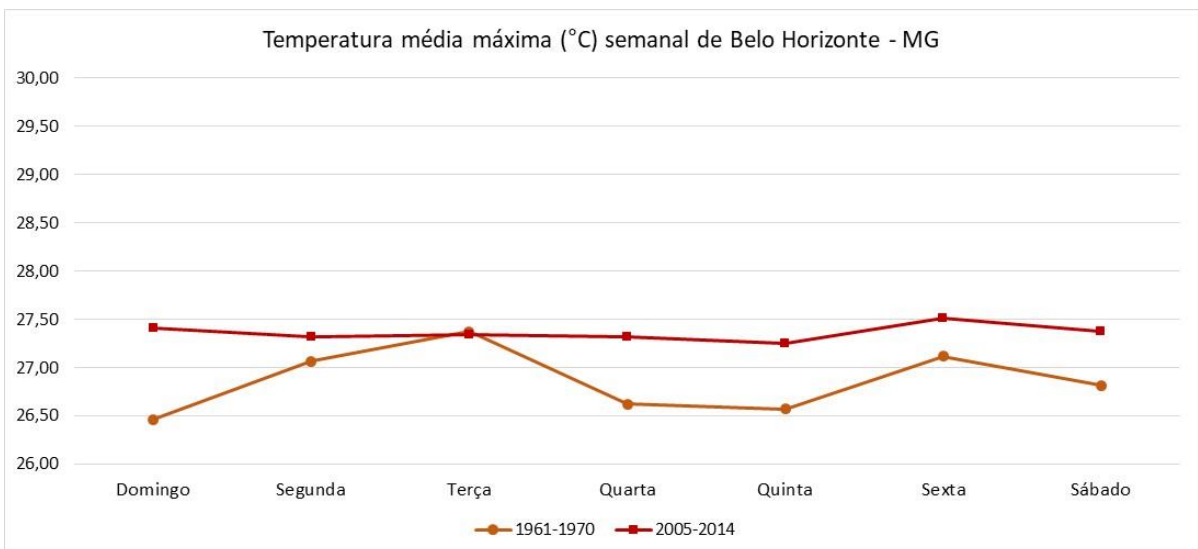


Figura 73: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura máxima em Belo Horizonte - MG. Fonte dos dados: INMET.

Outro fator que pode ser considerado para explicar tal comportamento é o deslocamento de parcela da população ao fim do período de trabalho nas sextas feiras em direção as áreas metropolitanas, onde, em geral, se encontram áreas de lazer como sítios e fazendas. Dessa forma, este deslocamento poderia provocar um êxodo de veículos após o fim do expediente (considerados horários de pico), gerando aglomeração de automóveis e aumento de produção de calor.

Em relação aos demais municípios (figuras 74 a 77), não foi possível inferir que exista indícios de imposição do ritmo semanal na variação da temperatura. O comportamento da temperatura não apresentou certo padrão, principalmente quando comparado à Belo Horizonte, mostrando ausência de relação com fatores antrópicos/urbanos.

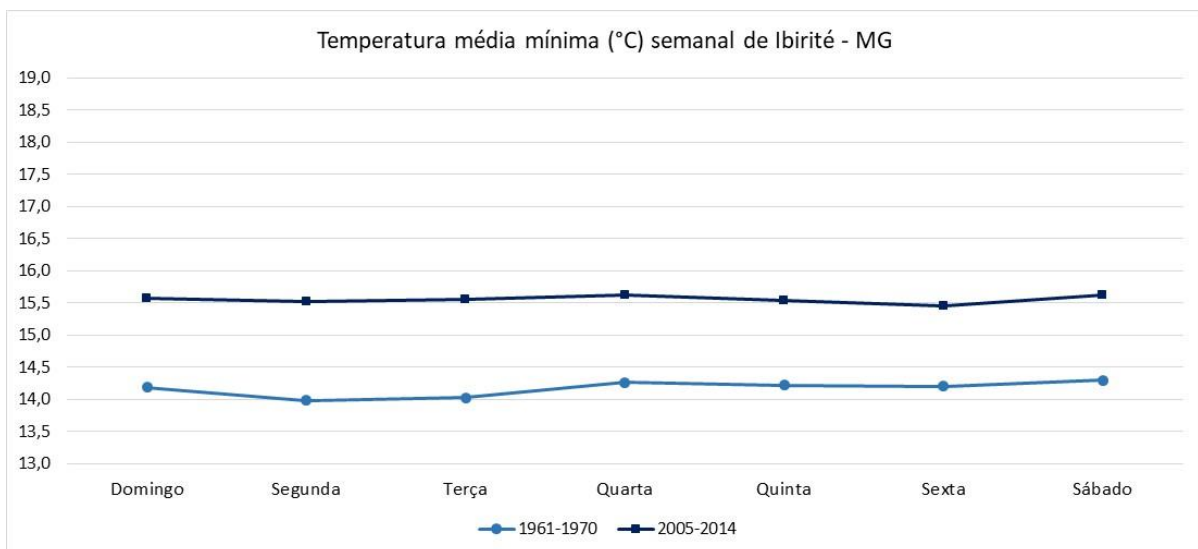


Figura 74: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura mínima em Ibirité - MG. Fonte dos dados: INMET.

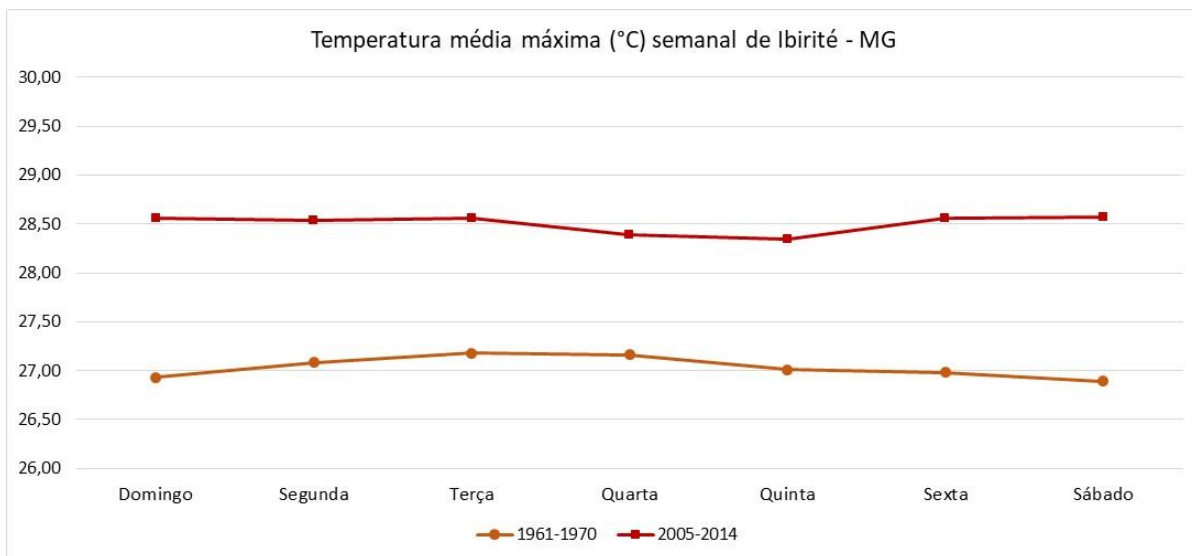


Figura 75: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura máxima em Ibirité - MG. Fonte dos dados: INMET.

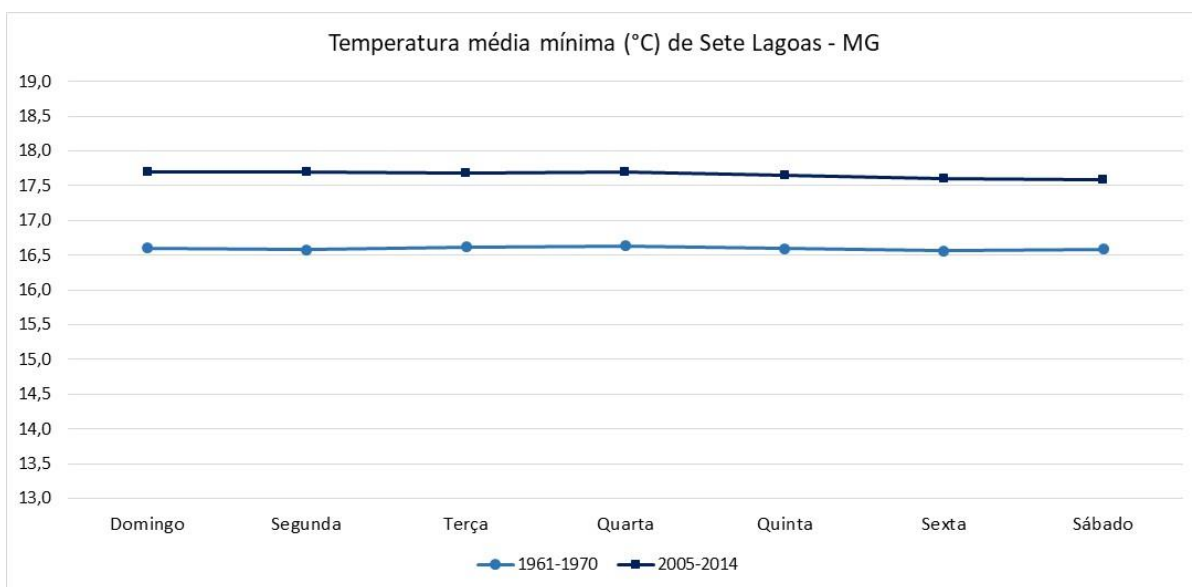


Figura 76: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura mínima em Sete Lagoas - MG. Fonte dos dados: INMET.

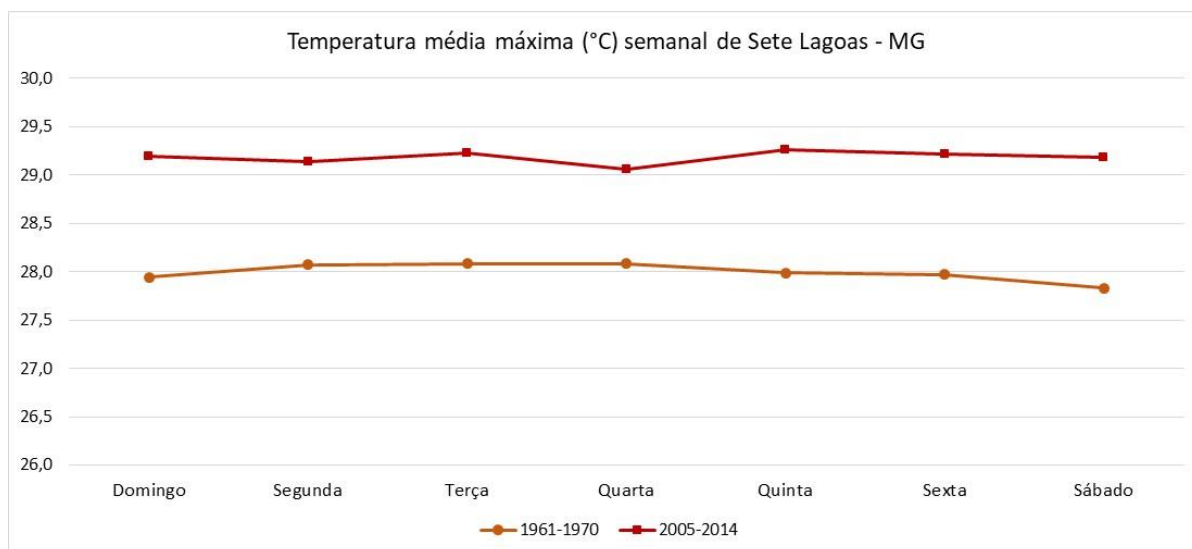


Figura 77: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura máxima em Sete Lagoas - MG. Fonte dos dados: INMET.

Conceição do Mato Dentro registrou a menor diferença de valores em relação as temperaturas mínimas (tabela 20), não mostrando tendência clara de comportamento no decorrer da semana, como observado no gráficos de temperatura mínima (figura 78) e temperatura máxima (figuras 79).

Tabela 20: Temperatura média mínima dos períodos analisados nos quatro municípios.

	Temperatura Mínima (°C)		
	1961-1970	2007-2016	Diferença
Belo Horizonte	16,81	18,02	1,22
Ibirité	14,17	15,76	1,58
Sete Lagoas	16,60	18,02	1,43
C. do Mato Dentro	15,35	15,93	0,58

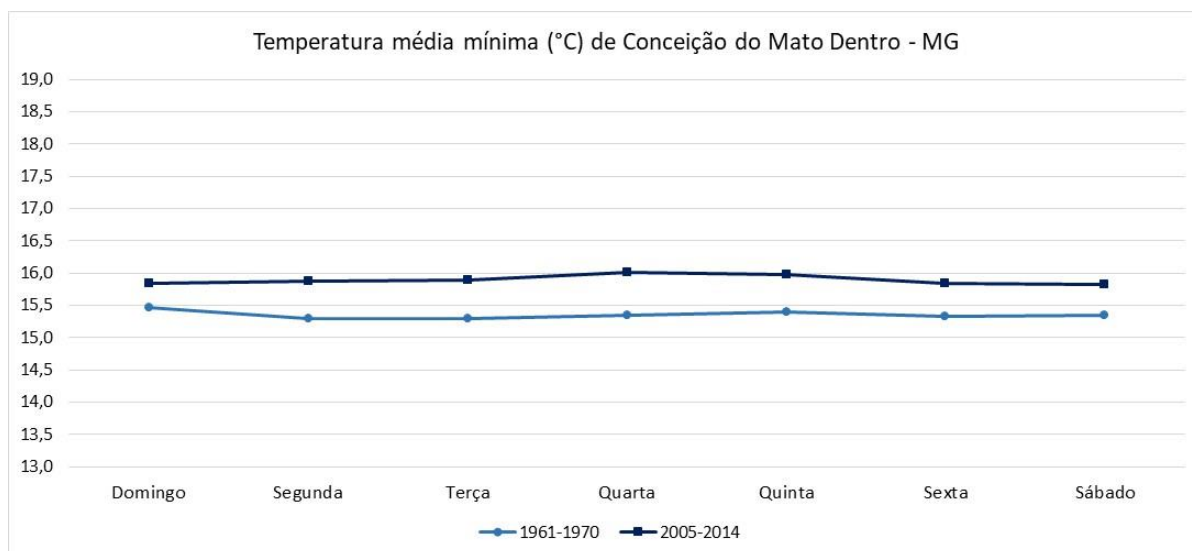


Figura 78: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura mínima em Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte dos dados: INMET.

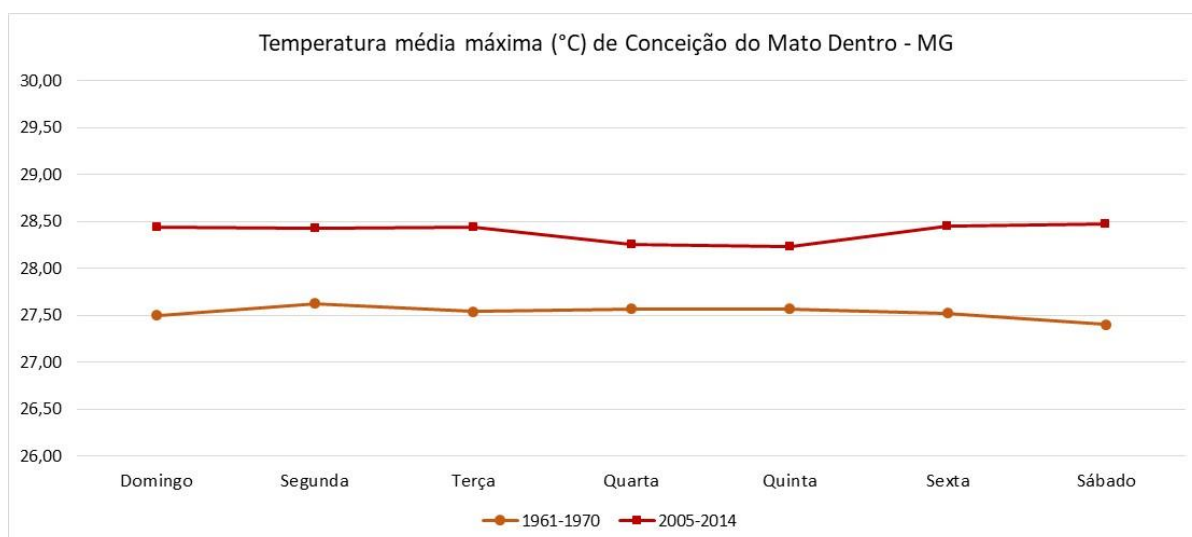


Figura 79: Gráfico da comparação da variação semanal da temperatura máxima em Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte dos dados: INMET.

Infere-se que os municípios de Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro não manifestaram uma imposição do ritmo semanal na variação dos elementos atmosféricos de maneira significativa justamente por não terem experimentado transformações no uso da terra no mesmo grau de Belo Horizonte.

Deve-se frisar, no entanto, que as diferenças de temperatura encontradas guardam estreita relação com fatores naturais (principalmente) como fora discutido anteriormente, e a

tentativa no sentido de organizar os gráficos de acordo com os dias da semana, foi de encontrar relação do ritmo da cidade (circulação de pessoas, veículos etc. em função de atividades relacionadas ao trabalho) com o ritmo climático local.

4.7.2 Umidade Relativa do ar

Em relação a umidade relativa do ar (figura 80 a 83) é perceptível a diminuição dos valores de umidade no período mais recente em todos os municípios, com exceção de Conceição do Mato Dentro, comportamento este já esperado, considerando que a umidade relativa do ar é inversamente proporcional a temperatura e sua condição regional/local.

No caso específico do município de Conceição do Mato Dentro, onde houve aumento das taxas de umidade relativa no período mais recente, especulou-se que, em razão do período mais quente registrado nas últimas décadas, o aumento da evaporação oceânica em relação ao primeiro período analisado, acarretando em maior aporte de umidade. Tendo em vista que Conceição do Mato Dentro é o único município que se encontra na borda leste da cadeia do Espinhaço, os valores de umidade se elevaram.

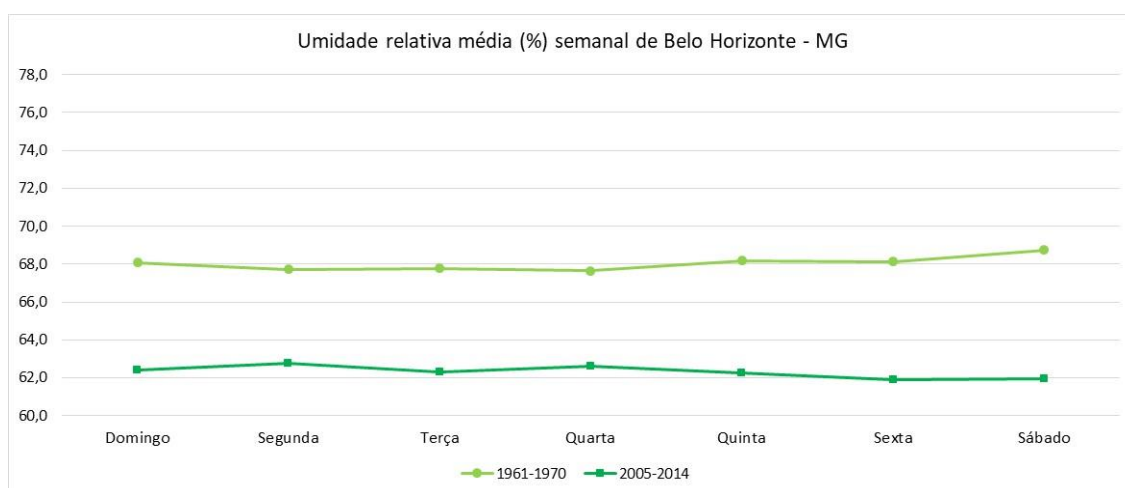


Figura 80: Gráfico da comparação da variação semanal de umidade relativa do ar em Belo Horizonte - MG.
Fonte dos dados: INMET.

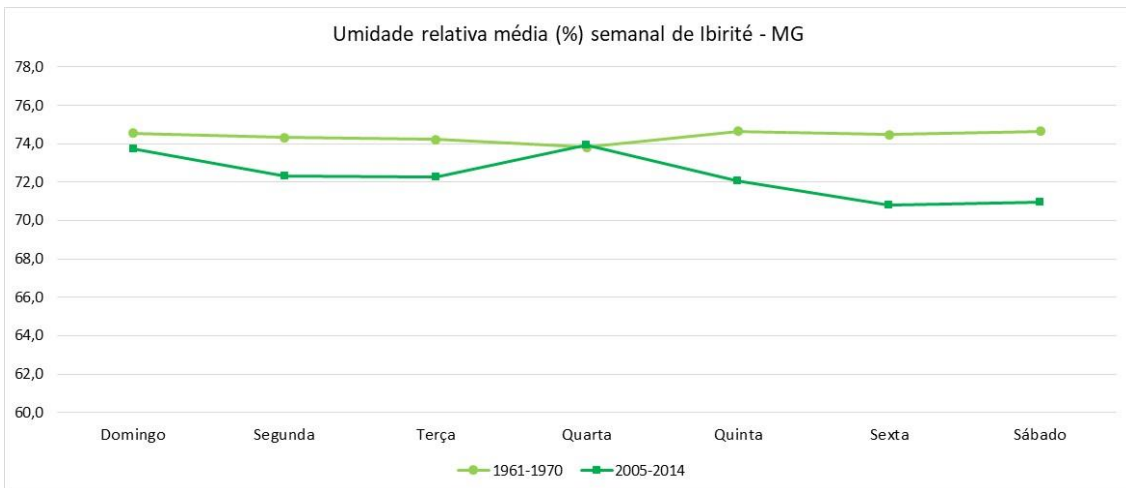


Figura 81: Gráfico da comparação da variação semanal de umidade relativa do ar em Ibirité - MG. Fonte dos dados: INMET.

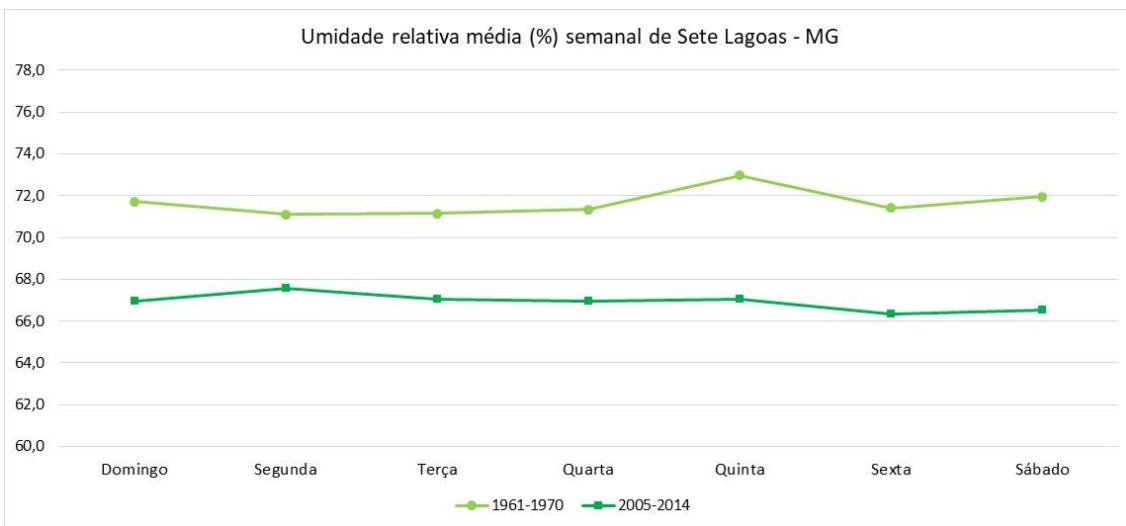


Figura 82: Gráfico da comparação da variação semanal de umidade relativa do ar em Sete Lagoas - MG. Fonte dos dados: INMET.

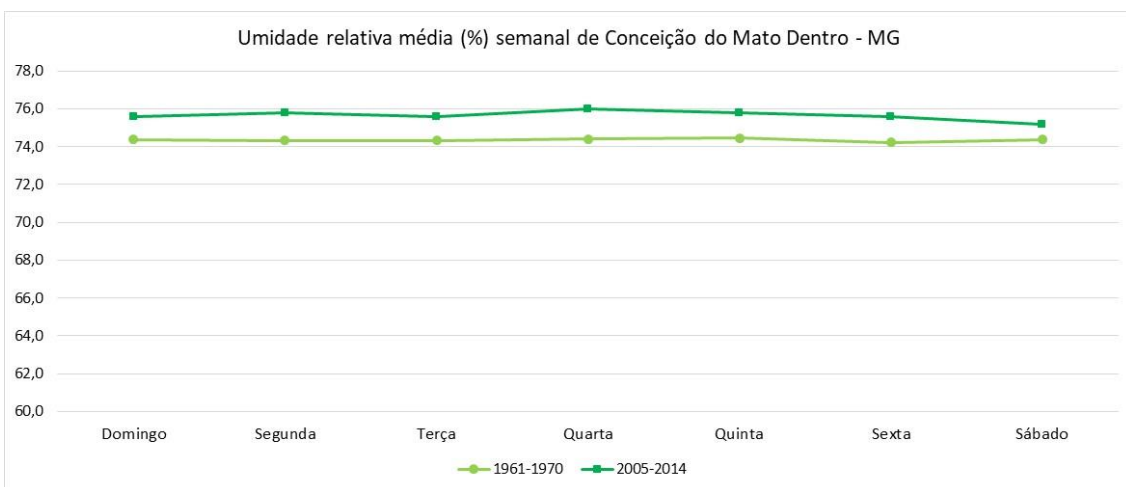


Figura 83: Gráfico da comparação da variação semanal de umidade relativa do ar em Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte dos dados: INMET.

De maneira geral, com exceção de Belo Horizonte, não foi constatado mudança significativa nos padrões de variação da temperatura nos municípios que possam ser correlacionados às mudanças no uso da terra, sobretudo às atividades urbanas. Possivelmente a localização das estações nesses três municípios contribuíram para o resultado final, uma vez que as estações se encontram afastadas das áreas urbanas, diferente de Belo Horizonte. Deve-se levar em consideração também que tais municípios não sofreram o mesmo grau de modificação no uso da terra como sofreu Belo Horizonte que, dessa forma, a intensidade das atividades urbanas é consideravelmente menor nessas localidades.

Fica perceptível a elevação das temperaturas no período mais recente nos os quatro municípios analisados, podendo inferir que tal aumento é resultado de eventos de macroescala, isto é, o aumento estaria ligado a causas naturais. No entanto, caso a variação da temperatura mostre certa tendência no comportamento, pode-se deduzir que esta variação esteja relacionada a fatores locais, como a urbanização.

4.8 Perfil geoecológico

Como mencionado anteriormente, durante o período analisado, os locais estudados se encontraram sob atuação de sistemas atmosféricos, que explicam, em parte, o comportamento dos elementos climáticos. No entanto, ainda que se encontrem sob ação de um mesmo sistema atmosférico, verificam-se diferenças significativas entre os municípios, resultantes das alterações realizadas no uso da terra e de fatores locais, tais como vegetação e geomorfologia.

Os perfis geoecológicos revelados a seguir representam uma tentativa de ilustrar o papel das alterações impostas por fatores locais ligados ao relevo e uso da terra no comportamento das variáveis climáticas, auxiliando no entendimento da dinâmica atmosférica local e representando as relações existentes entre os elementos físicos e antrópicos da paisagem. Os períodos analisados tiveram como objetivo auxiliar no entendimento da sucessão e encadeamento dos tipos de tempo e a resposta da superfície em função de sua variação.

Foram elaborados três transectos, sendo TRANSECTO I: Belo Horizonte – Ibirité (figura 84); TRANSECTO II: Belo Horizonte - Sete Lagoas (figura 85); e, por fim, o TRANSECTO III: Belo Horizonte - Conceição do Mato Dentro (figura 86). Tais eixos foram selecionados com o objetivo de representar áreas com diferentes graus de alteração no uso da terra.

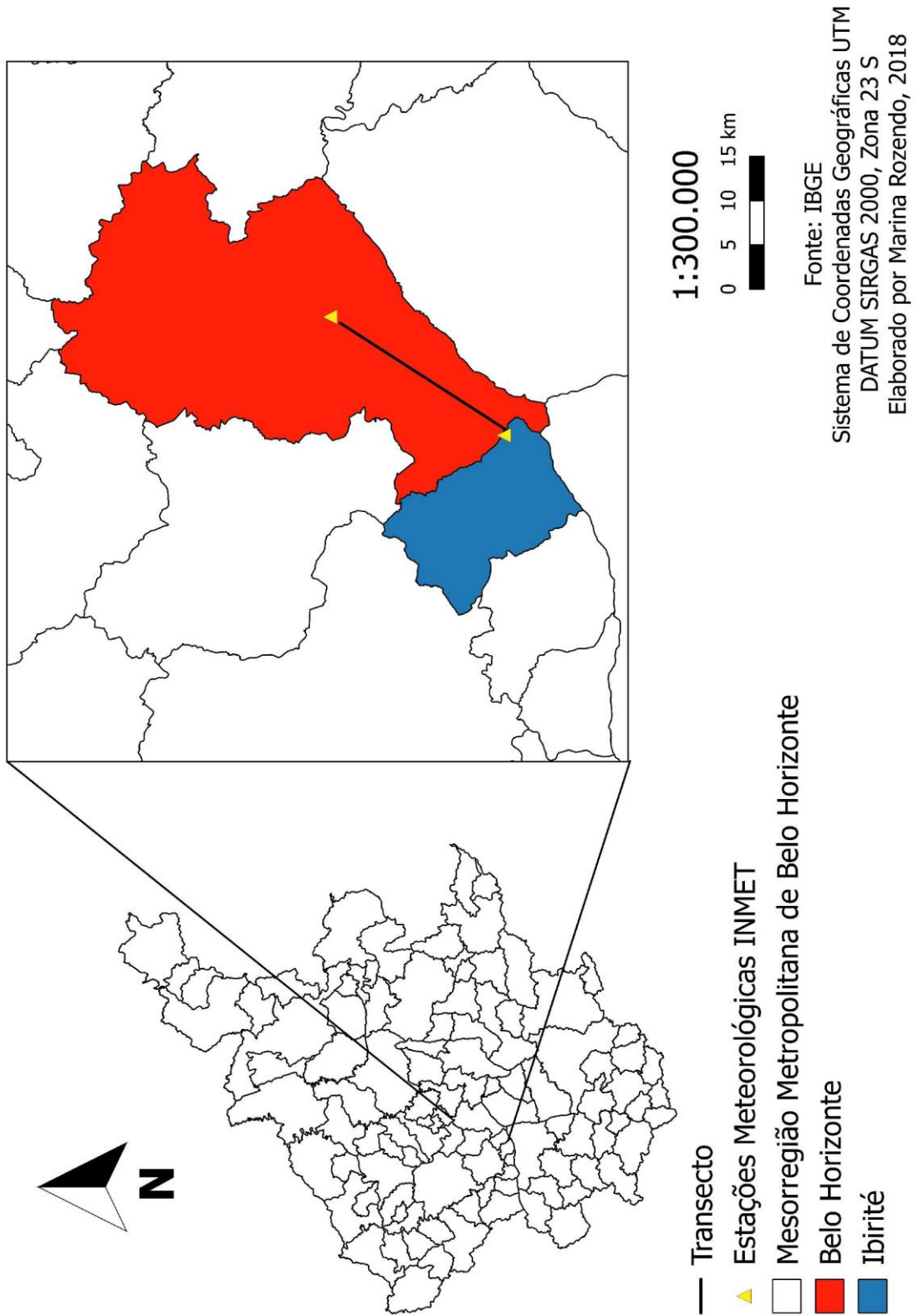


Figura 84: Mapa de localização do TRANSECTO I: Belo Horizonte - Ibirité.

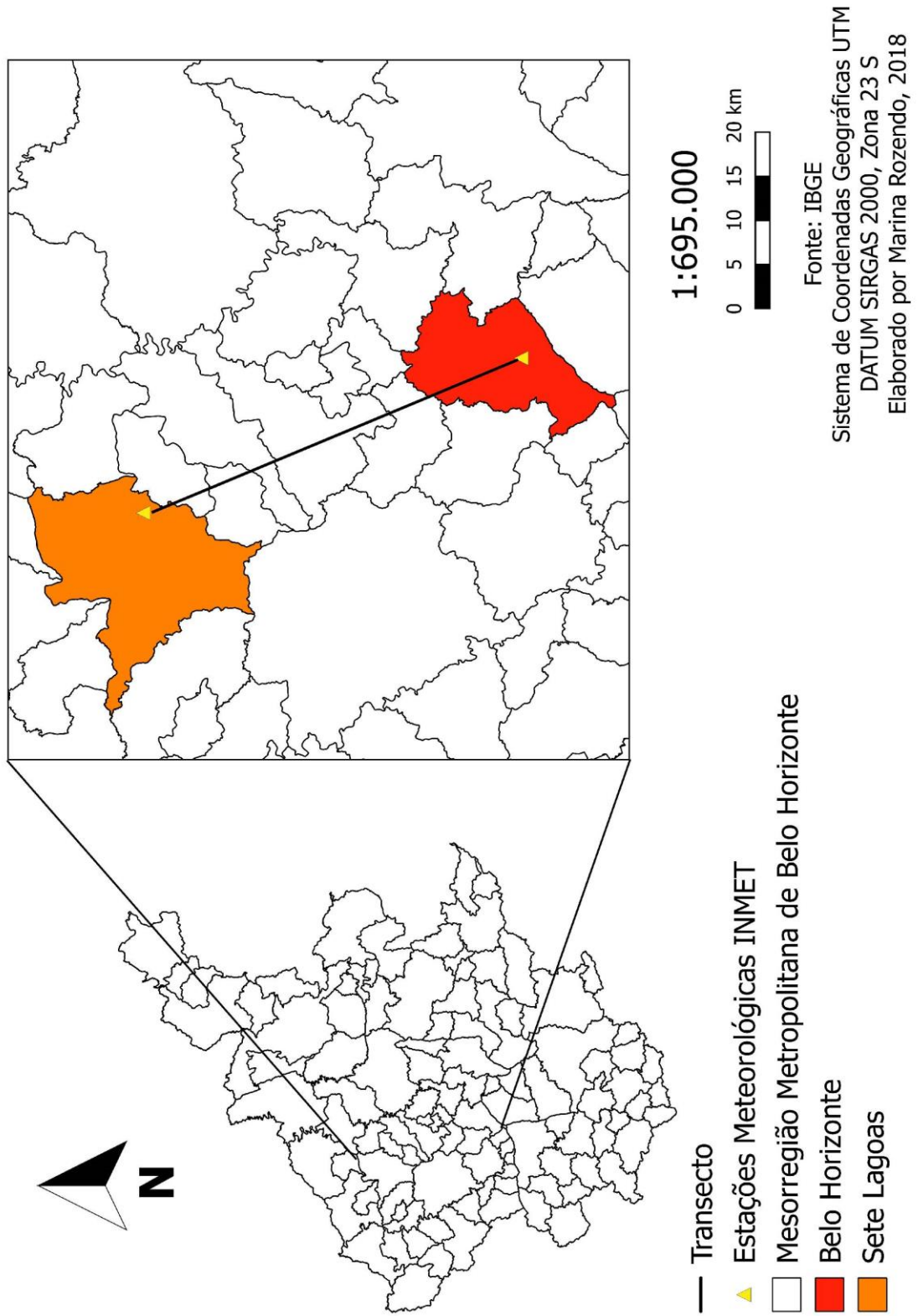


Figura 85: Mapa de localização do TRANSECTO II: Belo Horizonte - Sete Lagoas.

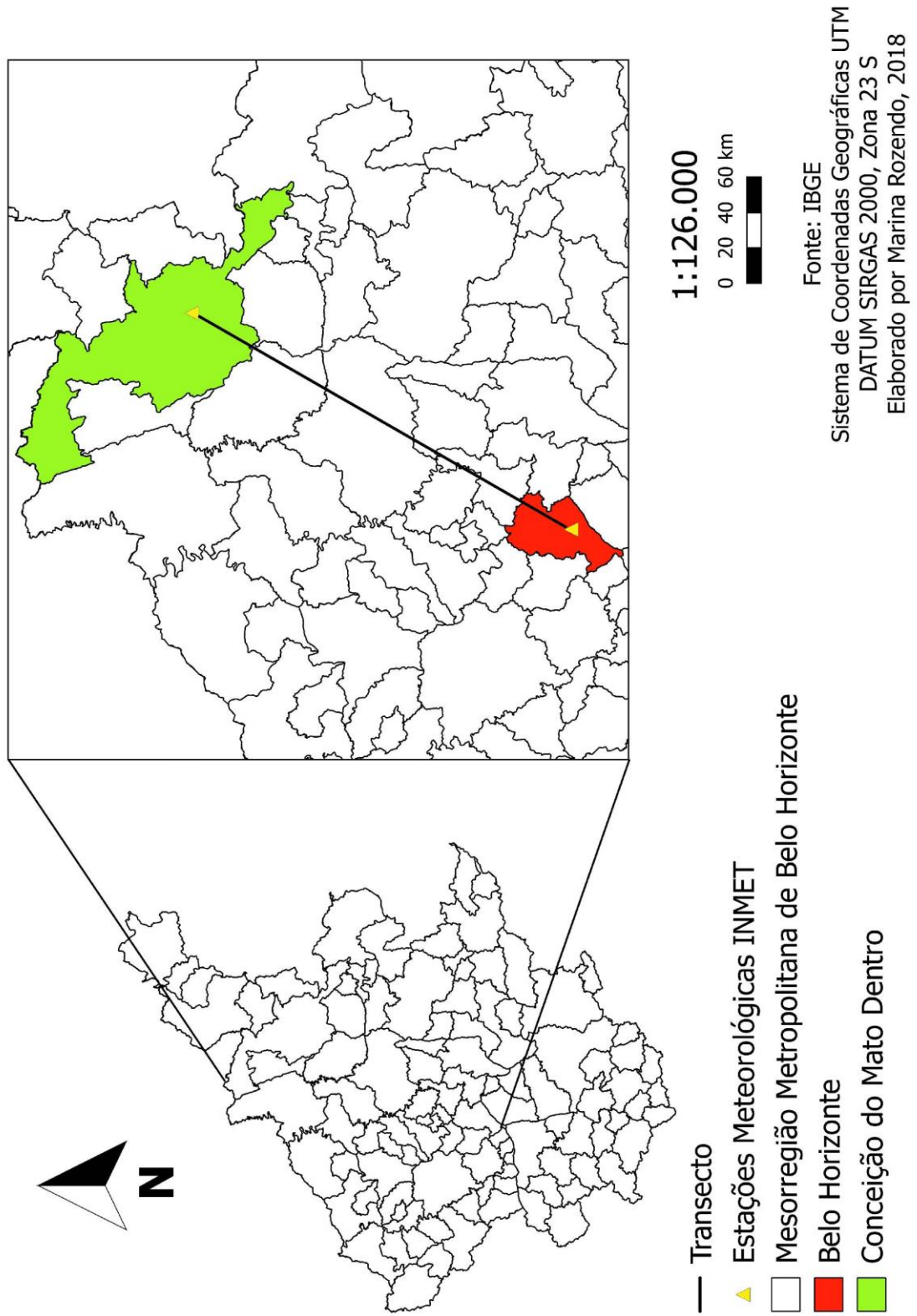


Figura 86: Mapa de localização do TRANSECTO III: Belo Horizonte - Conceição do Mato Dentro

Para ilustrar a resposta de cada localidade aos diferentes sistemas atuantes, foram selecionados diferentes dias representativos desses sistemas, em diferentes meses. O primeiro período representado é referente ao dia 13/03 (tabela 21), quando atuava o ASAS sob condição pré-frontal. Em tal dia é possível notar que cada município responde de forma diferenciada ao sistema, tanto no que diz respeito aos valores de temperatura quanto aos valores de umidade relativa do ar, agindo de acordo com os fatores presentes nos locais.

Tabela 21: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 13 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET.

13/03/2017		
	Temperatura (°C)	UR (%)
BH	27,7	43,33
IBIRITÉ	23,6	54,33
SETE LAGOAS	24,4	61,33
CMD	25,0	69,33

Em Belo Horizonte, município que registrou mais alteração no uso da terra, com grande parte da superfície impermeabilizada e presença maciça de superfícies pavimentadas, apresenta, em geral, valores mais altos de temperatura quando comparado as demais localidades. Por isso, foi classificada como localidade influenciada por fatores antrópicos.

Em Ibirité, apesar da proximidade com Belo Horizonte, deve-se levar em conta a posição da estação meteorológica no município, localizada no Parque Municipal da Serra do Rola Moça, em cota altimétrica elevada (1.199m), o que auxilia na queda da temperatura, além de favorecer o efeito de dissipação do calor, uma vez que capta melhor influência da circulação secundária. Dessa forma, Ibirité foi classificado como localidade influenciada pelo relevo, no caso a altitude, e pela vegetação.

Sete Lagoas se destaca por ser o município com estação meteorológica instalada no interior da fazenda da EMBRAPA, sendo, dessa forma, o espaço representativo de áreas rurais. É importante destacar também a condição de área deprimida em que se encontra o município, ainda que não tenha apresentado valores mais altos que Belo Horizonte, a condição de relevo do município favorece a estruturação de circulação de ventos catabáticos e anabáticos, que transportam ar frio das localidades de maior altitude para as de menor

altitude durante a noite e formação de ar quente ascendente durante o dia. Dessa forma, Sete Lagoas foi classificada como localidade influenciada pelo relevo (depressão).

Por fim, Conceição do Mato Dentro é o único município dentre os quatro analisados que se encontra à leste da Cadeia do Espinhaço, onde a participação dos sistemas frontais e da Massa Tropical do Atlântico é mais efetiva. Neste município a canalização do ar úmido influenciado pelo Vale do Rio Doce favorece os valores mais altos de umidade relativa do ar. Além disso, o município é a localidade com menor alteração no uso da terra, recebendo muita influência da vegetação mais expressiva no entorno. Foi levado em consideração também a cota altimétrica onde se encontra o município, 652m, o mais baixo dentre os quatro analisados, além da proximidade com o planalto do espinhaço, sendo o relevo um fator de turbulência adicional. Sendo assim, Conceição do Mato Dentro foi classificada como a localidade influenciada pelo relevo (disposição do relevo) e vegetação.

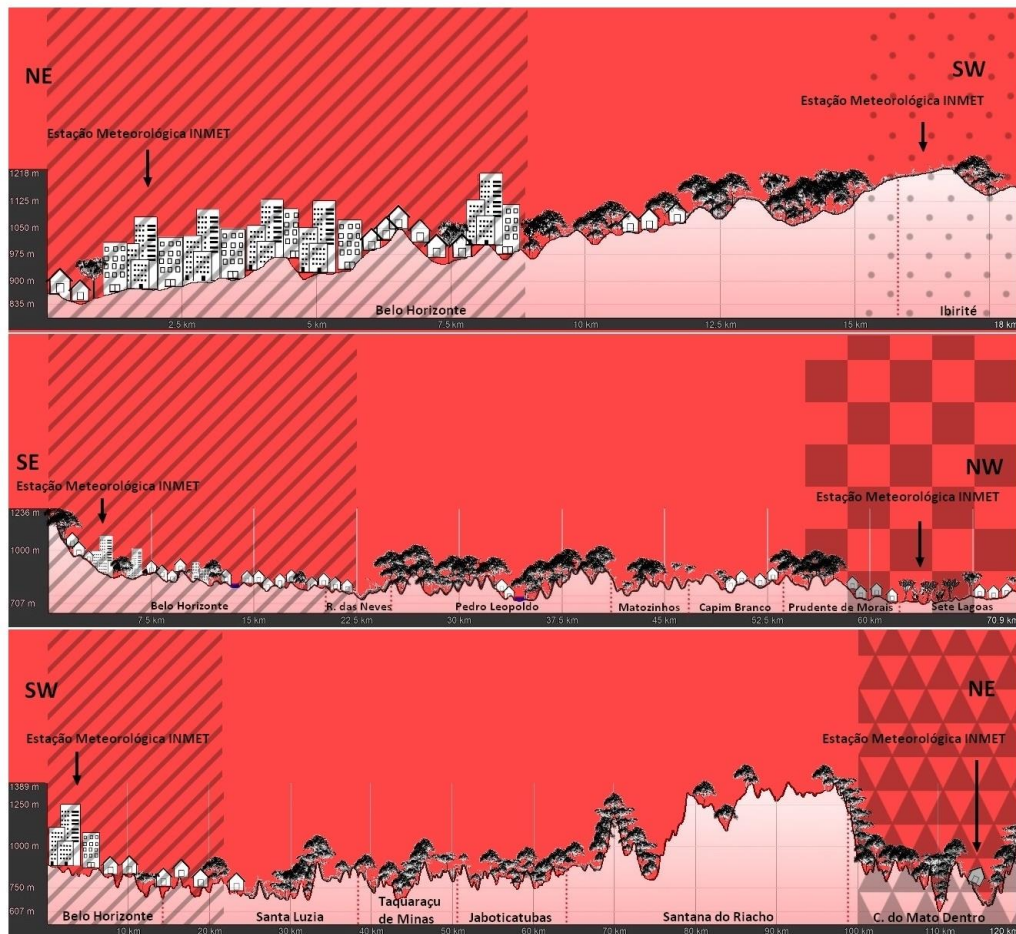
Dia 03/08, também sob atuação do ASAS, em condição pré-frontal, registrou valores bem distintos nos quatro municípios, como verificado na tabela a seguir (tabela 22).

Tabela 22: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 03 de agosto de 2017. Fonte dos dados: INMET.

03/08/2017		
	Temperatura (°C)	UR (%)
BH	22,8	39,33
IBIRITÉ	19,1	45,67
SETE LAGOAS	19,0	52,33
CMD	17,2	68,67

Essas diferenças são ilustradas na imagem a seguir (figura 87), que representa a condição pré-frontal, sob domínio do ASAS, nos dias 13 de março e 03 de agosto.

Considerando que o ASAS não apresentava valor de pressão elevado (1012 hPa dia 13/03 e 1016 hPa dia 03/08), o aquecimento diferencial da superfície foi favorecido, apresentando diferentes valores de temperatura e umidade relativa do ar em cada município. As condições de relativa estabilidade, isto é, quando a descida do ar não é muito acentuada, favorece as organizações locais e micro/topo climáticas.



ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

Situação de tempo estável, temperaturas elevadas e umidade relativa baixa.

ASAS - Influência antrópica

Situação de tempo estável, temperaturas elevadas e umidade relativa baixa, no entanto, as variáveis climáticas sofrem influência dos elementos característicos dos centros urbanos, favorecendo o aumento das temperaturas do ar, especialmente a diminuição das taxas de umidade relativa.

ASAS - Influência do relevo (altitude)

Situação de tempo estável, temperaturas elevadas e umidade relativa baixa, no entanto, os elementos climáticos são modulados localmente pelo relevo, sendo a altitude elevada fator dominante na atenuação dos valores de temperatura e umidade relativa do ar.

ASAS - Influência do Relevo (depressão) e vegetação

Situação de tempo estável, temperaturas elevadas e umidade relativa baixa, no entanto, os elementos climáticos são modulados localmente pelo relevo, sendo a área deprimida fator dominante na atenuação dos valores de temperatura do ar. De forma concomitante, as áreas de vegetação próximas auxiliam na elevação dos valores de umidade relativa.

ASAS - Influência do Relevo (depressão e orientação da vertente) e vegetação

Situação de tempo estável, temperaturas elevadas e umidade relativa baixa, no entanto, os elementos climáticos são modulados localmente pelo relevo. A área deprimida intensifica os efeitos do ASAS, aumentando os valores de temperatura do ar. De forma concomitante, o posicionamento na vertente leste da cadeia do Espinhaço favorece a elevação dos valores de umidade relativa, uma vez que capta o ar úmido transportado pelo oceano.

Figura 87: Perfil geocológico dos transectos I, II e III sob atuação do ASAS.

O dia 07/03 foi utilizado para representar a atuação do sistema frontal, responsável pelo declínio das temperaturas e aumento da umidade relativa do ar. Como observado na tabela a seguir (tabela 23).

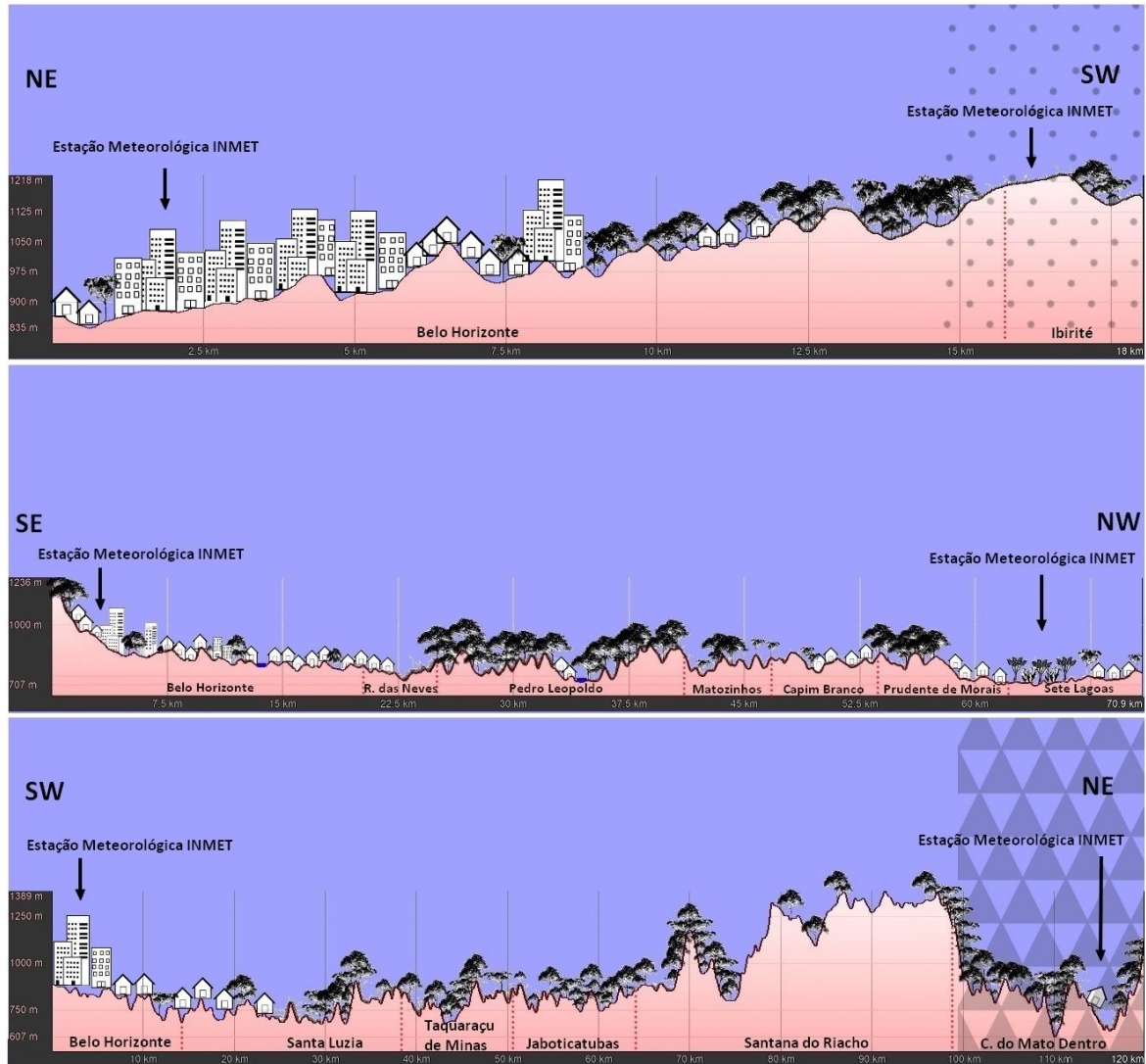
Tabela 23: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 07 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET.

07/03/2017		
	Temperatura (°C)	UR (%)
BH	26,6	59,67
IBIRITÉ	24,7	64,33
SETE LAGOAS	27,0	66,67
CMD	27,5	70,67

Ibirité registrou valor de temperatura inferior a Belo Horizonte e, possivelmente, o fator altitude colaborou com o decréscimo das temperaturas (24,7°C). Tendo em vista a diferença de quase 285 metros entre Ibirité e Belo Horizonte, presume-se que o gradiente de variação vertical de temperatura encontrava-se próximo ao valor médio (0,65°C/100m), considerando que a umidade relativa do ar se encontrava mais elevada. Além disso, a vegetação próxima influenciou no aumento da umidade relativa do ar (64,33%).

Em Conceição do Mato Dentro também foi registrada taxa de umidade relativa mais alta (70,67%), em razão da posição mais a leste do estado. Em relação às temperaturas, o município apresentou valores mais altos, provavelmente em razão da baixa cota altimétrica em que se encontra a estação meteorológica.

Apesar de registrar umidade relativa do ar mais elevada que em Belo Horizonte, Sete Lagoas (66,67%) registrou temperatura similar à capital (27°C em Sete Lagoas e 26,63°C em Belo Horizonte). Provavelmente, nessa ocasião, o sistema frontal foi capaz de anular qualquer interferência de fatores locais, nivelando a temperatura em ambos os municípios (figura 88).



FPA - Frente Polar do Atlântico

Situação de tempo instável, relativo declínio das temperatura e elevação das taxas de umidade relativa do ar.

FPA - Influência do relevo (altitude)

Situação de tempo instável, relativo declínio das temperatura e elevação das taxas de umidade relativa do ar, no entanto, os elementos climáticos são modulados localmente pelo relevo, sendo a altitude elevada fator dominante na atenuação dos valores de temperatura e umidade relativa do ar.

FPA - Influência do relevo (depressão e orientação da vertente) e vegetação

Situação de tempo instável, relativo declínio das temperatura e elevação das taxas de umidade relativa do ar, no entanto, os elementos climáticos são modulados localmente pelo relevo. A área deprimida intensifica os efeitos da FPA, aumentando os valores de temperatura do ar. De forma concomitante, o posicionamento na vertente leste da cadeia do Espinhaço favorece a elevação dos valores de umidade relativa, uma vez que capta o ar úmido transportado pelo oceano.

Figura 88: Perfil geocológico dos transectos I, II e III sob atuação da FP.

Por fim, foram analisadas as variáveis sob domínio do APAS, sistema responsável pela queda das temperaturas (figura 91). Como observado na tabela a seguir (tabela 24), dia 03/07, com exceção de Ibirité, os demais municípios apresentaram temperaturas semelhantes, indicando que o sistema polar foi capaz de anular os efeitos da urbanização e da altitude nesses locais, ao menos no tocante aos valores de temperatura do ar.

Tabela 24: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 03 de julho de 2017. Fonte dos dados: INMET.

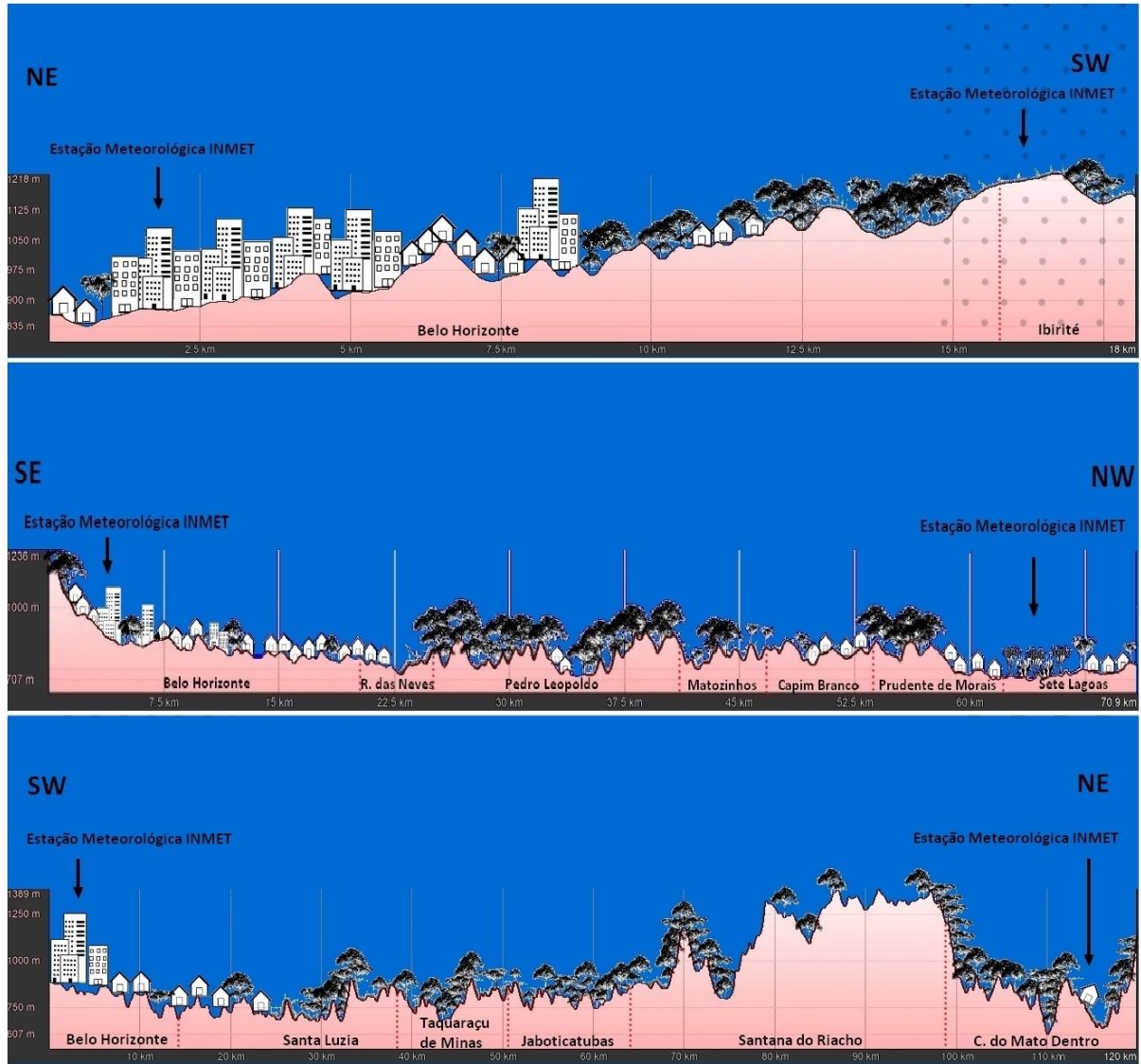
03/07/2017		
	Temperatura (°C)	UR (%)
BH	15,7	47,67
IBIRITÉ	12,7	58,67
SETE LAGOAS	15,3	59,00
CMD	15,3	67,33

Em relação a umidade relativa do ar, o município de Conceição do Mato Dentro apresentou o maior valor (67,33%) enquanto Belo Horizonte registrou o menor valor (47,67%), possivelmente em razão dos aspectos locais e menor aporte de umidade.

Situação semelhante também pode ser observada no dia 09/03, sob atuação da massa polar (tabela 25). No entanto, nas duas ocasiões, Ibirité apresentou temperatura inferior aos demais municípios, possivelmente em razão da elevada cota altimétrica em que se encontra a estação meteorológica (figura 89).

Tabela 25: Temperatura e umidade relativa do ar média referente ao dia 09 de março de 2017. Fonte dos dados: INMET.

09/03/2017		
	Temperatura (°C)	UR (%)
BH	24,2	67,33
IBIRITÉ	21,8	75,33
SETE LAGOAS	24,0	73,33
CMD	23,8	81,67



APAS - Anticiclone Subpolar do Atlântico Sul

Situação de tempo estável, temperatura e taxas de umidade relativa do ar baixas.

APAS - Influência do relevo (altitude)

Situação de tempo estável, temperatura e taxas de umidade relativa do ar baixas, no entanto, os elementos climáticos são modulados localmente pelo relevo, sendo a altitude elevada fator dominante na atenuação dos valores de temperatura e umidade relativa do ar.

Figura 89: Perfil geocológico dos transectos I, II e III sob atuação do APAS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi realizar um estudo com base em uma decomposição temporal dos dados a fim de identificar as possíveis alterações climáticas decorrentes das mudanças no uso da terra. A análise de períodos temporais e espaciais diferenciados permitiu verificar determinadas relações com eventos e fenômenos climáticos variados.

Foi observado que apesar dos municípios estarem inseridos na mesma região onde os fatores genéticos das chuvas e os sistemas responsáveis pela variação dos elementos climáticos em escala regional são os mesmos, as diferenças locais são significativas. A configuração e disposição do relevo da região sudeste, além das características como cobertura e uso da terra proporcionam a formação de diferentes unidades climáticas.

Foi possível identificar provável relação da variação dos elementos climáticos, durante o período estudado, com eventos de escalas superiores, como Oscilação Decadal do Pacífico e ocorrências de El Niños e La Niñas. Os gráficos de temperaturas correlacionados com tais fenômenos mostraram tendência de aumento geral nas localidades estudadas, possivelmente relacionada a ação desses eventos. Também foi possível observar padrões específicos de interação entre tais fenômenos, como constatado nos anos de 1965, 1983, 1997 e 2015, quando a atuação do El Niño de forte intensidade combinada com a variação positiva da ODP forçou a elevação das temperaturas. Já nos 1973, 1975 e 1988, o evento de forte intensidade da La Niña combinada com a variação negativa da ODP pode ter sido responsável pelo declínio das temperaturas registradas.

Através dos gráficos de desvio da temperatura foi possível constatar o predomínio quase absoluto de desvios negativos em relação à temperatura mínima média até a década de 1990, período este que coincide com a fase fria da ODP. A partir da década de 1990, predominam os desvios positivos, com tendência de declínio nos próximos anos, possivelmente em razão da nova e atual fase fria da ODP.

Em relação aos dados de precipitação, destacou-se o ano de 1983, quando eventos de El Niño de forte intensidade combinados a um pico positivo da ODP foi capaz de elevar

consideravelmente o acumulado anual no município de Belo Horizonte. Destacou-se também o ano de 1963, considerado como um dos anos mais secos da região Centro Sul do Brasil, possivelmente provocado pela maior ocorrência de eventos de La Niña combinado com a fase fria da ODP.

No tocante à origem dos fenômenos, é possível afirmar que tais variações fazem parte da dinâmica natural do clima, entretanto, em cada município a resposta a estes fenômenos se dá de forma diferenciada, justamente em razão dos aspectos locais presentes nos arredores das estações meteorológicas. Os gráficos de correlação mostraram que parte do aumento das temperaturas a partir da década de 1970 pode estar relacionado ao intenso processo de modificação da paisagem natural sofrida por Belo Horizonte e toda região metropolitana, como apontado pelos valores significativos de correlação para a temperatura mínima em Belo Horizonte e Sete Lagoas. No entanto, Ibirité e Conceição do Mato Dentro não apresentaram valor considerável, possivelmente em razão da baixa urbanização e densidade demográfica, que implica em menor aporte de calor de origem antropogênica, além da expressiva área florestal presente no entorno das estações de ambos os municípios.

A técnica estatística do Box Plot foi aplicada com o intuito de compreender o comportamento rítmico da precipitação da região analisada, identificando tendências e desvios da chuva. A técnica revelou o regime sazonal das chuvas nas regiões, indicando como período úmido os meses entre outubro e março e período considerado seco entre abril e setembro. De forma geral, a chuva tendeu a manter comportamento próximo ao habitual nos quatro municípios analisados, intercalados por padrões secos, seguidos pelos chuvosos.

Como já evidenciado, a técnica do Box Plot pode auxiliar na compreensão da variabilidade temporal das chuvas, entretanto é necessário destacar que o fato dos dados manifestarem variação próxima à habitual, não significa que o município esteja livre da ocorrência dos eventos extremos, muito menos que a ocorrência de anos mais secos ou mais chuvosos indique mudanças ou interferências (sobretudo antrópicas) na variação da precipitação. Tais variações, sejam elas negativas ou positivas em torno da média, fazem parte da dinâmica climática natural, cuja gênese foge ao controle humano.

No entanto, é importante salientar o poder da ação humana no que diz respeito as ações de atenuação dos eventuais impactos causados pelos episódios extremos de chuva (ou falta dela). Não cabe ao homem controlar o clima, mas sim investir em alternativas que visem a diminuição dos impactos negativos resultantes desses eventos. Estudos e utilização de técnicas como a do Box Plot podem auxiliar no planejamento das atividades humanas que dependem direta ou indiretamente das chuvas, como produção de energia elétrica, abastecimento humano, atividades agropecuárias, além de ajudar na criação de alternativas que auxiliem no gerenciamento dos recursos hídricos, como preservação das áreas de recarga hídrica, captação da água de chuva, entre outros.

No que diz respeito a análise das interações entre os fatores locais na variação dos elementos climáticos, verificou-se que o padrão geral de comportamento das variáveis atmosféricas é dado pela atuação dos sistemas atmosféricos, no entanto, embora a temperatura e umidade relativa do ar tenham registrado valores próximos durante o período analisado, houve diferenças significativas encontradas em cada município. Essas diferenças podem ser explicadas, principalmente, pela cobertura vegetal, urbanização e compartimentação do relevo.

Foi verificado que, de maneira geral, durante o período da manhã (09hrs), os postos localizados no interior do Parque Nacional da Serra do Cipó apresentaram valores mais elevados que nos municípios. Isso se deu, possivelmente, em razão da cobertura vegetal, uma vez que o processo de formação de orvalho (comum em ambientes florestais), libera calor sensível para o ar durante a condensação do vapor d'água. Em relação aos municípios, as variações de temperatura estão estreitamente ligadas ao relevo, principalmente.

Em relação ao horário da tarde (15hrs), observa-se aumento considerável das temperaturas nos municípios, enquanto nos postos instalados no parque é possível notar que a elevação dos valores ocorre de forma menos pronunciada, possivelmente em razão da vegetação.

No período noturno (21hrs) a situação referente a parte da manhã se inverte, passando a apresentar os menores valores nos postos instalados na Serra, enquanto os municípios

registraram as maiores temperaturas, provavelmente em razão dos materiais presentes nos centros urbanos, capazes de armazenar calor por tempo maior.

Torna-se importante destacar dois postos instalados na Serra que apresentaram comportamento singular, o posto do Cerrado e o posto do Mirante. Ainda que estejam inseridos em uma área natural, as duas localidades registram médias de temperatura mais elevadas em quase todas as situações. Esse comportamento pode ser explicado por fatores naturais, como a orientação da vertente, no caso do Mirante, e a própria configuração do Cerrado, que favorece o aumento das temperaturas. Tais exemplos se tornam importantes uma vez que demonstram que fatores locais são capazes de influenciar de maneira significativa a variação dos elementos atmosféricos em determinados momentos.

Ainda que a estação de Belo Horizonte se encontre em altitude elevada (915m), os valores médios de temperatura se mostraram altos, e taxas de umidade relativa do ar baixas. Inferiu-se que a urbanização é responsável por parte da variação destes elementos, dado que foi o município que apresentou os maiores valores de temperatura média mínima e máxima, além de apresentar maior grau de alteração no uso da terra.

O município de Ibirité é claramente influenciado pela altitude, uma vez que a estação se encontra a 1199 metros. Em geral, município registrou as menores médias de temperatura. A vegetação também foi um fator determinante na variação tanto da temperatura quanto da umidade relativa do ar, uma vez que o município registrou valores relativamente elevados nos três períodos analisados.

A vegetação também foi fator fundamental na variação da temperatura e umidade relativa do ar em Conceição do Mato Dentro, tendo o município, sofrido também, interferências do relevo, visto que a estação meteorológica se encontrava em cotas altimétricas mais baixas (652m), o que contribuiria para os altos valores registrados no período da tarde. A posição na borda leste da cadeia do Espinhaço, provavelmente, também foi o fator que mais contribuiu com os elevados valores de umidade relativa do ar, já que tal posição favorece a influência da umidade advectada do oceano.

Em Sete Lagoas pode-se inferir que a vegetação influencia na variação dos elementos climáticos, sobretudo da umidade relativa do ar, considerando que a estação se encontra próximo a áreas florestais, por estar inserido em área rural do município. No entanto, considerando que o município apresentou valores elevados de temperatura, o fator que melhor contribuiu na variação de tal elemento, possivelmente, foi a altitude, dado que Sete Lagoas se encontra em cota altimétrica baixa, 719 metros.

Presume-se que exista alguma participação do calor produzido nas cidades na variação dos elementos climáticos, dado que os quatro municípios analisados, com diferentes graus de urbanização, tenham apresentado comportamento similar em algumas ocasiões, como observado no gráfico da variação da temperatura nos horários sinóticos. Quando comparado aos postos classificados como “área natural”, os quatro municípios manifestaram padrão de variação semelhante, apresentando valores de temperatura mais baixos no período da manhã, picos elevados no período da tarde e temperaturas mais elevadas no período da noite nos três meses analisados (março, julho e agosto). No entanto, deve-se destacar o município de Ibirité, durante o período da tarde, apresentava valores mais baixos de temperatura em razão da cota altimétrica em que se encontrava.

De maneira geral, através da análise dos dados, é possível inferir que a participação humana de fato é capaz de interferir na variação de alguns elementos climáticos, sobretudo no município de Belo Horizonte, indicando que a participação antropogênica é maior neste município, e por isso ocupa parcela significativa dentro do aumento natural das temperaturas. Entretanto, é importante destacar que tal influência não é determinante, uma vez que foi observado momentos em que as variáveis se comportam de maneira similar, independente dos fatores locais, isto é, qualquer diferença local é suprimida pela atuação dos sistemas atmosféricos.

Deve-se ater para o fato de que os demais municípios não sofreram alteração significativa no uso da terra e por isso não foi possível identificar um ritmo semanal na dinâmica atmosférica local. Contudo, é importante ressaltar a dificuldade das cidades tropicais em absorver e dissipar todo o calor excedente, contribuindo para a intensificação do impacto gerado pelos eventos naturais.

A ação humana, no que diz respeito aos eventos climáticos, está restrita, especialmente, na participação mais efetiva no controle e mitigação dos impactos resultantes de eventos de macro e meso escala, buscando também melhorias no arranjo e organização das cidades, visando atenuar os impactos das atividades humanas, melhorando a qualidade de vida da população, especialmente das que vivem nos centros urbanos.

O trabalho também teve como objetivo cartografar o uso da terra junto aos elementos geográficos do espaço analisado, a fim de compreender as relações entre a cobertura vegetal, topografia e as variações térmicas e hídricas, revelando a interdependência e condicionamento dos componentes ambientais. Sendo assim, a partir de tais considerações, foi gerado o perfil geoecológico de três transectos que abarcassem os quatro municípios. É importante dizer que tal trabalho se configura como uma tentativa inicial de representar cartograficamente a dinâmica do clima, facilitando a compreensão dos processos climáticos e sua complexa relação com a superfície. Este tipo de representação permite que seja feita uma leitura integrada dos aspectos físicos e antrópicos da paisagem, auxiliando nas ações de planejamento e gestão das áreas urbanas e naturais.

Trabalhos como estes visam auxiliar no entendimento do clima sob a perspectiva de interação dos elementos e fatores em diferentes escalas, podendo auxiliar no planejamento urbano e de atividades humanas uma vez que indicam as influências e impactos dos diversos fatores, como relevo e urbanização, na variação dos elementos climáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: De Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Geonomos**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 17-22, 1998.

ASSIS, W. L. **O Sistema Clima Urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial**. 2010. 319 p. (Tese Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

AZEVEDO, T. R.; TARIFA, J. R. O ritmo semanal das atividades humanas e o clima na Região Metropolitana de São Paulo. Textos do Laboratório de Climatologia e Biogeografia – **Departamento de Geografia / FFLCH / USP – Série TA – Texto 008**. p.1-17. 2001

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 9 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2015.

BARRY, R. G., CHORLEY, R. J. Atmosfera, Tempo e Clima. 9ª ed., **Bookman**, Porto Alegre. 512 p. BIGG, G. 2013

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. El Niño e La Niña: impactos no Clima, na Vegetação e na Agricultura do Rio Grande do Sul. Aplicações e Previsões Climáticas na Agricultura. Porto Alegre, **editora da UFRGS**, 2003.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. **R. RA´E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BRITTO, F. P., BARLETTA, R., MENDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, 2006. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/viewFile/25385/17011>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2017.

CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. Tempo e clima do Brasil. 1.ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2009. 464p.

CAVALCANTI, L.C.S. **Cartografia de paisagens**: fundamentos. São Paulo: Oficina de textos. 2014. 96p.

CBH Rio das Velhas - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Disponível em: <<http://cbhvelhas.org.br/noticias/a-bacia-do-rio-cipo-e-a-sua-importancia-para%E2%80%A8a-qualidade-das-aguas-do-rio-das-velhas/>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2017

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo, Editora Hucitec, 1979, 144p.

CONTI, J. B. **As escalas do clima**. São Paulo: Departamento de Geografia- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas-Universidade de São Paulo, 1995. Apostila de curso.

CONTI, J. B. Resgatando a “fisiologia da paisagem”. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.14, p.59-67, 2001.

DREW, D. **Processos interativos Homem - meio ambiente**. 2.ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2014. 206p.

EUCLYDES, A. C. P.; FONSECA, C. O. Áreas protegidas em Belo Horizonte (MG): levantamento e reflexões. In: VI SAPIS: Seminário Brasileiro sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social, (15-20/09/2013), 2013, Belo Horizonte. **Anais...** IGC/UFMG, 2013.

GALVANI E., LUCHIARI A. Critérios para a classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. **IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Aracajú, SE, 2004.

ICMBio. Plano de manejo do Parque Nacional da Serra do Cipó e área de proteção ambiental Morro da Pedreira – Encarte 1. Brasília - DF, 2009. 152p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades 2013. Disponível em: <http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/historico.php?codmun=316720&search=minas-gerais%7Csete-lagoas%7Cinphographics:-history&lang=_EN>. Acesso em 17 de abril de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/3167202>>. Acesso em 17 de abril de 2017.

JARDIM, C. H. Microclimas em Morrinhos, Serra de Caldas e Paraúna, no sudeste de Goiás. In: XI **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2005, São Paulo. São Paulo: DG/FFLCH/USP, 2005.

JARDIM, C. H. **Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas**. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia – Instituto de Geociências. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007a.

JARDIM, C. H. Tipos de tempo de outono e variação da temperatura do ar no espaço urbano de Morrinhos (GO) In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2007, Natal. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007b.

JARDIM, C. H. “Médias” e “desvios” na análise geográfico-climatológica: o episódio de chuva concentrada do dia 23 de novembro de 2010 e o veranico de janeiro/fevereiro de 2011 em Belo Horizonte - MG. **Geografias**, Belo Horizonte 08(2) 35-49 jan-jun. 2012.

JARDIM, C. H.; MONTEIRO, H. C. Microclimatic units in the UFMG ecological station in Belo Horizonte, Brazil: methodological aspects and the role of vegetation in thermal impacts. **Revista GEOgrafias**, v.1, p.86 - 102, 2014.

JARDIM, C. H.; SILVA, M. R. Extremos de temperatura do ar em Belo Horizonte: variabilidade natural e influência do clima urbano. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo. P. 83-97, 2016.

JARDIM, C. H., GALVANI, E., SILVA, M. R., GARCIA, R. A. Variação local das chuvas e temperatura do ar nas áreas limítrofes ao Planalto Meridional do Espinhaço: Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro. 2017. Trabalho inédito.

LEÃO, M. S. **Diagnóstico climático e estudo das variações termo-higrométricas do município de Sete Lagoas - MG**. 2008. 150 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

- LEVIGHIN, S. C.; VIADANA, A. G. Perfis Geo-ecológicos como técnica para os estudos das condições ambientais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, V. 14 e 15, N. 26 a 29, p. 5-14, 2003.
- LOBO, C; GARCIA, R. A. Dinâmica demográfica urbana: crescimento populacional e saldo migratório das Áreas de Ponderação de Belo Horizonte. In: **V Encontro Nacional sobre Migrações**, 2007. Anais do V Encontro Nacional sobre Migrações. Campinas/SP: Editora da ABEP, 2007. Campinas/SP: Editora da ABEP, 2007.
- LOPES, L. C. S.; JARDIM, C. H. Variações de temperatura e umidade relativa do ar em área urbana e rural durante o segmento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). **Acta Geografica**, v.1, p.205 - 221, 2012.
- LUCAS, T.P.B. **Chuvas persistentes e ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. 2007. 158p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- MACHADO, F. L. V; JARDIM, C. H. Indicadores Climáticos de Degradação Ambiental em áreas urbanas: o Aglomerado da Serra em Belo Horizonte/Brasil. SILVA, C. A; FIALHO, E. S; STEINKE, E. T. (Orgs.) **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados-MS: UFGD, 2014.
- MAGALHÃES, L. M. S; CRISPIM, A. A. Vale a pena plantar e manter árvores e florestas na cidade? **Ciência Hoje**, São Paulo, v.32, n.193, p.64-68, 2003.
- MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: uma cartografia diferente? **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.7, p.61-80, 1994.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: oficina de texto, 2007.
- MOLION, L.C.B. Aquecimento Global. El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Climanálise**, ano 03, n.01, 2005.
- MOLION. L.C.B. Desmistificando o Aquecimento Global. **Intergeo**. v. 5, p. 13-20, 2007
- MONTEIRO, C. A. de F. **A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil**. São Paulo, Série Teses e Monografias 1, USP, 1969, 68p.
- MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, São Paulo, n.01, p.1-21, 1971.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. **Série Teses e Monografias**, nº25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.181p.
- MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis n.1, p. 7-32. 1999.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. pp.9-68.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

- NOGUEIRA, M. A construção de uma centralidade urbana: Sete Lagoas (MG). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 18, p. 109-121, dez. 2006.
- NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da região sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. **Tempo e clima do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009. Cap. 16, p. 243-256.
- PIRANI, J.R.; SANO, P.T.; MELLO-SILVA, R.; MENEZES, N.L.; GIULIETTI, A.M.; ZAPPI, D.C. & JONO, V.Y. (orgs.). 2015. **Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais**. Disponível em <<http://www.ib.usp.br/botanica/serradocipo>>. Acesso em 17 de abril de 2017.
- RIBEIRO, A. G. Seca, geadas e incêndios no ano de 1963: uma catástrofe no Paraná e a memória dos universitários de Maringá, 20 anos depois. **Boletim de Geografia-UEM**, n.2, p.24-30, 1984.
- RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, 1993. p. 288-294.
- RIBEIRO, K.T.; NASCIMENTO, J.S.; MADEIRA, J.A. & RIBEIRO, L.C. Aferição dos limites da Mata Atlântica na Serra do Cipó, MG, Brasil, visando maior compreensão e proteção de um mosaico vegetacional fortemente ameaçado. **Natureza & Conservação**, 7(1): 2009. p. 30-48.
- SANT'ANNA NETO, J. M. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, v. 1, número 20, 2003. p. 51 – 63.
- SILVA, M. R., JARDIM, C. H. Influência da Topografia e Uso da Terra na Variação dos Elementos Climáticos em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro - MG: O Segmento Temporal Entre 11 a 23/09/2016. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 48-57, 2017.
- SILVA, M. R., MOURA, F. P., JARDIM, C. H. O diagrama de caixa (Box Plot) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.01, p. 23-40, 2017.
- SIMÕES, P. M. L.; OLIVEIRA, C. V. A alteração do uso do solo no município de Ibirité e consequências associadas. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 5, p. 50-66, 2009.
- STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática do Distrito Federal**, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público. Brasília, 2004, 201f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 2004.
- TARIFA, J.R. Alterações Climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, n.8, p.15-27, 1994.
- VIEIRA, F.; SANTOS, G. B.; ALVES, C. B. M. A ictiofauna do Parque Nacional da Serra do Cipó e áreas adjacentes. **Lundiana (UFMG)**, Belo Horizonte, v. 6, 2005. p. 77-87.

ANEXOS

horário	correção (t°C)	correção (UR%)
0	(+) 0,2	(-) 12
1	(+) 0,1	(-) 11
2	(+) 0,2	(-) 11
3	(+) 0,3	(-) 10
4	(+) 0,3	(-) 11
5	(+) 0,3	(-) 11
6	(+) 0,3	(-) 11
7	(+) 0,4	(-) 11
8	(-) 0,1	(-) 8
9	(-) 0,7	(-) 6
10	(-) 1	(-) 4
11	(-) 1,2	(-) 3
12	(-) 1,6	(-) 3
13	(-) 1,3	(-) 3
14	(-) 1,3	(-) 4
15	(-) 1,3	(-) 5
16	(-) 0,8	(-) 6
17	(-) 0,4	(-) 10
18	(+) 0,3	(-) 14
19	(+) 0,3	(-) 12
20	(+) 0,1	(-) 12
21	(+) 0,3	(-) 12
22	(+) 0,4	(-) 13
23	(+) 0,3	(-) 12

(+) correção aditiva; (-) correção subtrativa

Anexo 1: índices para correção (aferição) dos valores de temperatura (t°C) e umidade relativa do ar (UR%) tomada no interior do abrigo em relação à estação meteorológica do INMET. Fonte dos dados: Carlos H. Jardim.