

# Análise Espaço-Temporal da variação da temperatura do estado de Minas Gerais

*Marcos Rogério dos Santos Brito<sup>1\*</sup>, Rejane Ennes Cicerelli<sup>2</sup>*

**Resumo** O aquecimento global é responsável por drásticas mudanças no clima e, conseqüentemente, pelos mais variados impactos ambientais ocorridos no Brasil e no mundo. Embora a variação da temperatura terrestre sempre tenha ocorrido naturalmente, inúmeros cientistas vêm atribuindo o aumento atípico da temperatura do planeta às atividades antrópicas, resultantes do crescimento econômico e demográfico. Nos dias atuais, é perceptível a importância das pesquisas que envolvam o estudo do clima na busca da construção de novos conhecimentos para dar suporte à implantação de políticas públicas que visem minimizar a influência do aquecimento global no campo sócio-econômico em escala global, nacional e local. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a variação da temperatura do ar do estado de Minas Gerais a partir de mapas temáticos produzidos com a utilização do modelo digital de elevação (SRTM) e valores de temperatura medidos por estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibilizados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). A série histórica compreendeu o período de 1975 a 2014. Os valores de temperatura, em graus Celsius (°C), foram processados utilizando-se modelo estatístico de regressão linear múltipla e técnica de interpolação de dados. Os produtos gerados demonstraram grande variabilidade espacial e temporal do clima no estado e indicaram valores médios de aumento de 0,55 °C para a temperatura mínima média e 1,34 °C para a temperatura máxima média no período de 40 anos. Os resultados apresentados estão de acordo com a tendência de aquecimento global e conseqüentes mudanças climáticas verificadas no Brasil nas últimas décadas e, também, com o mapa de Vulnerabilidades às Mudanças Climáticas constante do Plano de Energia e Mudanças Climáticas do estado de Minas Gerais, elaborado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM-MG), no ano de 2014.

*Palavras-chave:* Temperatura Mínima e Máxima Médias, Regressão Linear Múltipla, Modelo Digital de Elevação, Álgebra de Mapas.

**Abstract** Global warming is responsible for drastic changes in climate and the most varied environmental impacts occurring in Brazil and world. Although the variation of the earth's temperature has always occurred naturally, numerous scientists have attributed the unusual rise in temperature of the planet to human activities, resulting from economic and demographic growth. Nowadays, it is noticeable the importance of research involving climate study in the pursuit of building new knowledge to support the implementation of public policies to minimize the influence of global warming on the socio-economic field globally, nationally and local. In this context, this study aimed to analyze the variation of the temperature of the air in the state of Minas Gerais from thematic maps produced using the digital elevation model (SRTM) and temperature values measured by weather stations of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), available in Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). The historical series comprised the period from 1975 to 2014. The temperature values in degrees Celsius (°C), were processed using statistical model of multiple linear regression and data interpolation technique. Products generated showed great spatial variability and climate of the time in the state and indicated average values of increase of 0.55 °C for the minimum average temperature and 1.34° C for maximum average temperature in the 40 year period. The results presented are consistent with the trend of global warming and consequent climate changes that occurred in Brazil in recent decades and also with the map Vulnerabilities to Climate Change contained in the Energy Plan and Climate Change of Minas Gerais, prepared by Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM-MG) in 2014.

*Keywords:* Minimum and Maximum Temperature Average, Multiple Linear Regression, Digital Elevation Model, Map Algebra.

<sup>1</sup> Curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental, Universidade de Brasília - UNB, Brasília (DF), Brasil.

E-mail: mrs-brito@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto de Geociências da Universidade de Brasília - UNB, Brasília (DF), Brasil.

E-mail: rejaneig@unb.br

## 1. INTRODUÇÃO

As últimas décadas têm sido um período de reflexão internacional sobre o meio ambiente devido às mudanças de temperatura causadas pelo aquecimento global. Essas mudanças propagam incerteza quanto ao futuro de nosso planeta e acarretam efeitos potenciais sobre a saúde humana, o meio ambiente e a economia no Brasil e no mundo (FAAP, 2008).

As discussões sobre variação climática e possíveis mudanças no clima têm sido cada vez mais evidenciadas tanto pela comunidade científica quanto pela população em geral. Isto porque os impactos provenientes destas alterações, direta ou indiretamente, podem afetar as relações sócio-econômico-ambientais, quer sejam nas grandes áreas urbanas, quer sejam nas áreas rurais e atingindo tanto as áreas costeiras como os interiores dos continentes (ALMEIDA, 2012).

Identificar mudanças climáticas não é tarefa simples, visto que há grandes dificuldades na ponderação das forçantes naturais e antropogênicas do clima. No entanto, há inúmeras evidências indicando que a ação humana é a principal responsável pelas mudanças que o clima no planeta vem sofrendo. Um exemplo dessas evidências é o aumento na temperatura média da atmosfera de  $0,6 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  durante o século XX, conforme divulgado pelo Terceiro Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), da Organização das Nações Unidas (ONU), no ano de 2007, como resultado do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (ALMEIDA, 2012).

O último relatório do IPCC, lançado em 2014, já comprova um aumento médio da temperatura global de  $0,85 \text{ }^\circ\text{C}$  com possibilidade de exceder  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  futuramente, dependendo da região do planeta. De acordo com o mesmo relatório, para o estado de Minas Gerais é esperado um aumento de temperatura que, de forma conservadora, pode alcançar de  $2 \text{ a } 4^\circ\text{C}$  e, em cenários mais pessimistas, atinge  $3 \text{ a } 5^\circ\text{C}$  até 2100.

Esse aumento de temperatura pode afetar, principalmente, o potencial do agronegócio do estado de Minas Gerais que em 2014 alcançou o valor negociado de R\$ 162,943 bilhões, aproximadamente 13,8% do PIB brasileiro do setor. Outras áreas econômicas e sociais também poderão ser atingidas, tais como saúde, recursos hídricos, setor energético, setor industrial, dentre outros. Estima-se que, se nada for feito, os custos dos impactos decorrentes do aquecimento global para a economia do estado podem alcançar, nas próximas décadas, cerca de R\$ 450 bilhões (FEAM, 2014).

Com o intuito de minimizar prejuízos sócio-econômicos, como o citado anteriormente, são de fundamental importância estudos que visam analisar como se comportou a variação climática de determinada região em um período de tempo ou estimar futuras alterações de temperatura. Esses estudos podem servir de base para implantação de políticas públicas destinadas a reduzir as vulnerabilidades a essas mudanças.

De olho nesse cenário, o governo do estado de Minas Gerais apresentou, no ano de 2014, O Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais (PEMC), política pública transversal que tem como objetivos principais promover a transição para a economia de baixo carbono, reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas no território mineiro e articular com coerência as diferentes iniciativas já desenvolvidas e planejadas, dentro de uma estratégia territorial integrada. (FEAM, 2014).

Consoante ao exposto, Lyra (2011) relata que o conhecimento da variação espacial da temperatura do ar é fundamental para caracterizar e estudar o clima de determinada região, realizar o zoneamento agroclimático, avaliar riscos climáticos para atividades agrícolas e florestais, caracterizar eventos de seca e desertificação, delimitar regiões ecológicas, analisar a distribuição de espécies vegetais nativas e estimar a radiação solar global. Além desses, o conhecimento dos cenários atuais da distribuição espacial da temperatura do ar são fundamentais nas análises dos impactos das mudanças climáticas. Essas informações subsidiam, sobretudo, políticas socioambientais, de crédito e seguridade rural, florestal e geração de energia.

A baixa densidade de estações meteorológicas com longas séries de temperatura do ar no Brasil dificulta as caracterizações e avaliações supracitadas. Uma opção simples e eficiente, em termos climáticos, é estimar a temperatura do ar por modelos determinísticos globais (superfícies de tendência), como por exemplo, regressão múltipla (linear ou não linear), tendo como variáveis independentes as coordenadas geográficas (latitude e longitude) e a altitude. (LYRA *et al*, 2011).

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo principal analisar a variação espaço-temporal da temperatura do ar mínima e máxima médias do estado de Minas Gerais, baseado em uma série histórica de 1975 a 2014, utilizando mapas temáticos produzidos por meio do modelo estatístico de regressão linear múltipla e da ferramenta de interpolação de dados álgebra de mapas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da Área de Estudo

A região de estudo abrangeu todo o estado de Minas Gerais. A área localiza-se entre aproximadamente 39,85° e 51,04° W de longitude e de 14,23° a 22,92° S de latitude. Sua superfície é de 586.519,727 km<sup>2</sup>, o que equivale a 6,9% do território nacional e a 63% da região sudeste, apresentando-se como o quarto estado em área territorial, inferior apenas aos estados do Amazonas, do Pará e do Mato Grosso. Possui 853 municípios divididos em 12 mesorregiões (Figura 1) e 66 microrregiões. A região metropolitana de Belo Horizonte, conhecida como Grande Belo Horizonte, é composta por 34 municípios, sendo a 3ª maior região metropolitana do país. A população do estado está estimada em 20.869.101 habitantes (IBGE, 2014).

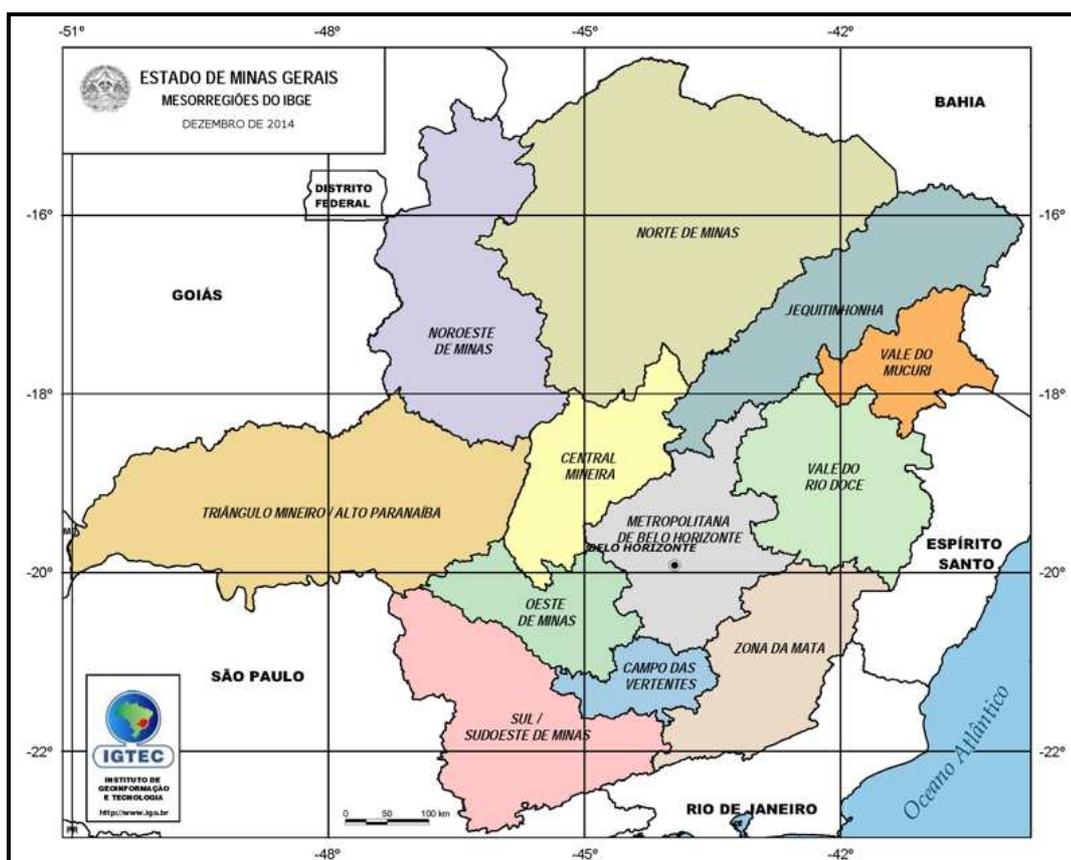


Figura 1: Mapa das Mesorregiões do estado de Minas Gerais. Fonte: IBGE, 2014.

A produção econômica do estado é bastante diversificada. No setor agropecuário, que depende intensamente das condições climáticas, o estado se destaca por apresentar o terceiro

maior rebanho bovino do país, sendo o maior produtor nacional de leite. Minas Gerais também é líder na produção de feijão, além de ser responsável por 50% da safra de café. Outros importantes cultivos são o de milho, soja e cana-de-açúcar (FRANCISCO, 2014).

Devido à sua grande extensão territorial, em termos climáticos, a região é caracterizada por apresentar uma climatologia bastante complexa, apresentando climas que variam de úmidos a semiáridos, de continentais quentes aos amenos montanhosos (SANT'ANNA NETO, 2005).

Segundo Cavalcanti *et al.* (2005), no norte de Minas Gerais a média das temperaturas são superiores à 22°C, sendo que na divisa com o estado do Espírito Santo, a temperatura média supera os 24°C, influenciada pelas baixas altimetrias e a relativa distância do oceano, também comum ao norte, sendo ainda maior a influencia da continentalidade. Nas áreas centrais do estado, as médias anuais de temperatura se situam entre 19°C e 21°C e nos setores montanhosos, as médias variam de 14°C e 18°C, influenciadas pela latitude, tornando os verões amenos e os invernos mais rigorosos, muitas vezes com valores negativos durante as manhãs mais frias.

De acordo com NIMER *et al.* (1993), são nos meses de junho, julho e agosto, que se observa, com mais frequência, a ocorrência das mais baixas temperaturas, sendo que, nos meses de outubro a março, é configurado o verão austral, caracterizado por chuvas mais abundantes e temperaturas mais elevadas.

## **2.2 Materiais**

Os valores de temperatura do ar utilizados no estudo foram disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para produção dos mapas temáticos de temperatura mínima média e temperatura máxima média utilizaram-se dados de 46 estações climatológicas situadas no estado de Minas Gerais (Figura 2) e 23 estações situadas nos estados de São Paulo, do Rio de Janeiro, do Espírito Santo, da Bahia e de Goiás, próximas à divisa com Minas Gerais.

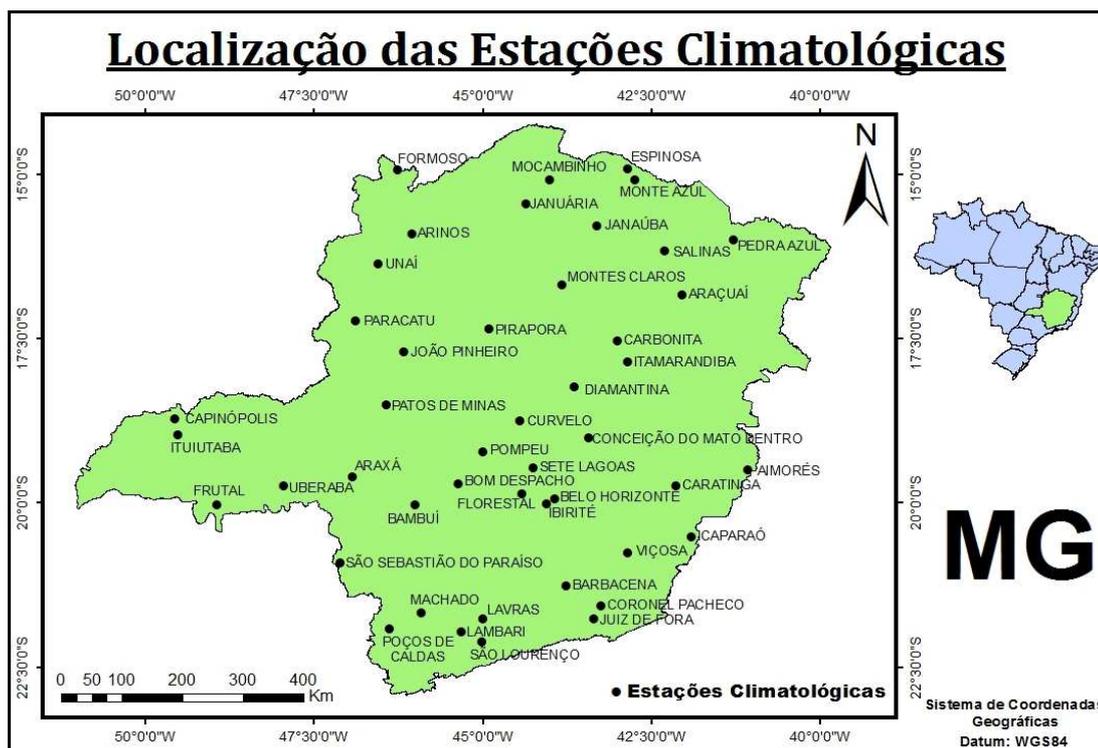


Figura 2: Localização das Estações Climatológicas no Estado de Minas Gerais

A série histórica do trabalho compreendeu os últimos 40 anos (1975-2014). No entanto, algumas estações climatológicas apresentaram lacunas no intervalo de dados (anos) de medição de temperatura, conforme dados da Tabela 1.

Tabela 1: Coordenadas geográficas, altitude e intervalo de dados por estação climatológica

Estações Climatológicas em Minas Gerais					
Nº	Estação Climatológica	Lat (Graus)	Long (Graus)	Altitude (m)	Intervalos de Dados (anos)
1	AIMORÉS	-19,49	-41,07	83	1975 a 1983; 1985 a 2014
2	ARAÇUAÍ	-16,83	-42,05	289	1975 a 1978; 1980 a 1985; 1988 a 2014
3	ARAXÁ	-19,60	-46,93	1024	1975 a 1984; 1986 a 2014
4	ARINOS	-15,90	-46,05	519	1976 a 1981; 1986 a 2014
5	BAMBUÍ	-20,03	-46,00	661	1975 a 1981; 1986 a 2014
6	BARBACENA	-21,25	-43,76	1126	1975 a 1985; 1990 a 2014
7	BELO HORIZONTE	-19,93	-43,93	915	1975 a 1983; 1986 a 2014
8	BOM DESPACHO	-19,71	-45,36	695	1981 a 1984; 1986; 1990 a 2014
9	CAPARÃO	-20,51	-41,90	843	1975 a 1984; 1990 a 2014
10	CAPINÓPOLIS	-18,71	-49,55	621	1975 a 1985; 1990 a 2014
11	CARATINGA	-19,73	-42,13	610	1975 a 1983; 1986 a 1987; 1991 a 2014
12	CARBONITA	-17,53	-43,00	736	1981 a 1989; 1991 a 2014
13	C. DO MATO DENTRO	-19,01	-43,43	652	1975 a 1984; 1986; 1989, 1991 a 2014
14	CORONEL PACHECO	-21,56	-43,25	435	1975 a 1987; 1990 a 2014
15	CURVELO	-18,75	-44,45	672	1975 a 1990; 1994 a 2014
16	DIAMANTINA	-18,23	-43,64	1296	1975 a 1981; 1990 a 2014
17	ESPINOSA	-14,91	-42,85	570	1975 a 1987; 1991 a 2014
18	FLORESTAL	-19,86	-44,41	749	1975 a 1984; 1987 a 2011
19	FORMOSO	-14,93	-46,25	840	1977 a 1987; 1993 a 2014
20	FRUTAL	-20,03	-48,93	544	1975 a 1982; 1992 a 2012
21	IBIRITÉ	-20,01	-44,05	815	1975 a 1987; 1991 a 2014
22	ITAMARANDIBA	-17,85	-42,85	1097	1975 a 1985; 1991 a 2014
23	ITUUTABA	-18,96	-49,51	560	1980 a 1984; 1991 a 2014
24	JANAÚBA	-15,78	-43,30	516	1977 a 1982; 1986 a 1987; 1992 a 2014
25	JANUÁRIA	-15,45	-44,36	474	1976 a 1984; 1988; 1990 a 2014
26	JOÃO PINHEIRO	-17,70	-46,16	760	1975 a 1988; 1990 a 2014
27	JUIZ DE FORA	-21,76	-43,35	940	1975 a 1985; 1991 a 2014
28	LAMBARI	-21,95	-45,31	878	1976 a 1987; 1991 a 2005
29	LAVRAS	-21,75	-45,00	919	1975 a 1984; 1991 a 2014
30	MACHADO	-21,66	-45,91	873	1975 a 1985; 1991 a 2014

31	MOCAMBINHO	-15,08	-44,01	452	1976 a 1982; 1986 a 1988; 1991 a 2012
32	MONTE AZUL	-15,08	-42,75	604	1975 a 1984; 1990 a 2014
33	MONTES CLAROS	-16,68	-43,83	646	1975 a 1979; 1989; 1991 a 2014
34	PARACATU	-17,23	-46,88	712	1975 a 1980; 1989 a 2014
35	PATOS DE MINAS	-18,51	-46,43	940	1975 a 1982; 1991 a 2014
36	PEDRA AZUL	-16,00	-41,28	649	1975 a 1984; 1988 a 2014
37	PIRAPORA	-17,35	-44,91	505	1976 a 1985; 1989 a 2014
38	POÇOS DE CALDAS	-21,91	-46,38	1150	1975 a 1985; 1992 a 2014
39	POMPEU	-19,21	-45,00	691	1975 a 1982; 1986; 1989 a 2014
40	SALINAS	-16,16	-42,30	471	1975 a 1987; 1991 a 2014
41	SÃO LOURENÇO	-22,10	-45,01	953	1975 a 1983; 1990 a 2014
42	SÃO S. DO PARAÍSO	-20,91	-47,11	820	1980 a 1986; 1988; 1991 a 2011
43	SETE LAGOAS	-19,46	-44,25	732	1975 a 1983; 1993 a 2014
44	UBERABA	-19,73	-47,95	737	1975 a 1982; 1990 a 2014
45	UNAI	-16,36	-46,55	460	1978 a 1984; 1986 a 2014
46	VIÇOSA	-20,76	-42,86	712	1975 a 1983; 1991 a 2014
Estações Climatológicas nos Demais Estados					
Nº	Estação Climatológica	Lat (Graus)	Long (Graus)	Altitude (m)	Intervalo de Dados (anos)
1	AVELAR – RJ	-22,35	-43,41	507	1975 a 1980; 1985 a 2014
2	CAETITÉ – BA	-14,06	-42,48	882	1975 a 1980; 1985 a 1989; 1993 a 2014
3	CAMPOS DO JORDÃO – SP	-22,75	-45,60	1642	1975 a 1997; 2002; 2009 a 2014
4	CARAVELAS – BA	-17,73	-39,25	3	1975 a 1980; 1986; 1993 a 2014
5	CARINHANHA – BA	-14,28	-43,76	450	1977 a 1980; 1993 a 2014
6	CATALÃO – GO	-18,18	-47,95	840	1975 a 2014
7	CATANDUVA – SP	-21,11	-48,93	570	1975 a 1983; 1986 a 2014
8	CORDEIRO – RJ	-22,02	-42,36	506	1975 a 2014
9	FORMOSA – GO	-15,54	-47,33	935	1975 a 1988; 1991 a 2014
10	FRANCA – SP	-20,58	-47,36	1026	1976 a 2014
11	GUARATINGA – BA	-16,73	-39,54	195	1977 a 1980; 1986 a 1989; 1991 a 2014
12	IPAMERI – GO	-17,71	-48,16	773	1977 a 2014
13	ITAPERUNA – RJ	-21,20	-41,90	124	1975 a 1982; 1990 a 2014
14	PARANAIBA – MS	-19,75	-51,18	331	1975 a 1983; 1993 a 2014
15	POSSE – GO	-14,10	-46,36	826	1975 a 2014
16	RESENDE – RJ	-22,45	-44,44	440	1975 a 2014
17	SÃO CARLOS – SP	-21,96	-47,86	856	1975 a 1984; 1986 a 2014
18	SÃO MATEUS – ES	-18,70	-39,85	25	1975 a 1983; 1986 a 2014
19	SÃO SIMÃO – SP	-21,48	-47,55	617	1975 a 1984; 1986 a 1990; 1992 a 2014
20	TAUBATÉ – SP	-23,03	-45,55	577	1975 a 1977; 1992 a 2014
21	VITÓRIA – ES	-20,31	-40,31	36	1975 a 1982; 1990 a 2014
22	VITÓRIA DA CONQUISTA – BA	-14,88	-40,79	875	1975 a 1980; 1986 a 1989; 1992 a 2014
23	VOTUPORANGA – SP	-20,41	-49,98	503	1979 a 2008

Supõe-se que as lacunas nas medições de algumas estações climatológicas não afetaram significativamente os resultados da pesquisa, pois se tratam de lapsos temporais muito curtos quando comparados ao período total do estudo (40 anos).

Os limites (*shapes*) do estado de Minas Gerais foram obtidos no site da Infraestrutura de Dados Espaciais de Minas Gerais - IEDE/MG (<http://www.iga.mg.gov.br/IEDE/>).

Os valores de altitude do terreno foram adquiridos de imagens com resolução espacial de 90m, pertencentes ao programa Shuttle Radar Topography Mission – SRTM, utilizados na pesquisa como Modelo Digital de Elevação - MDE (WEBER et al., 2004). Recentemente, a USGS disponibilizou dados MDE em resolução espacial de 30m, porém em função da escala de trabalho, que compreende todo o estado de Minas Gerais, optou-se em utilizar o MDE de 90m.

O MDE é uma representação numérica, em formato digital, da distribuição espacial da elevação da superfície. Este pode ser gerado tomando por base dados planialtimétricos, com auxílio de técnicas de interpolação ou por meio de dados de sensoriamento remoto, no qual as amostras são coletadas uniformemente e com alta resolução espacial. O principal MDE disponível em formato raster é o SRTM, do United States Geological Survey (USGS). A

missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) utilizou um radar de abertura sintética por interferometria para realizar medidas de elevação com resolução espacial de 30m na horizontal e disponibilizou um MDE de 90m para América do Sul (LYRA et al, 2011).

## 2.3 Métodos

Para auxiliar na visualização dos procedimentos adotados na pesquisa, apresenta-se um fluxograma das principais etapas realizadas no trabalho (Figura 3), que serão detalhadas nos tópicos posteriores.

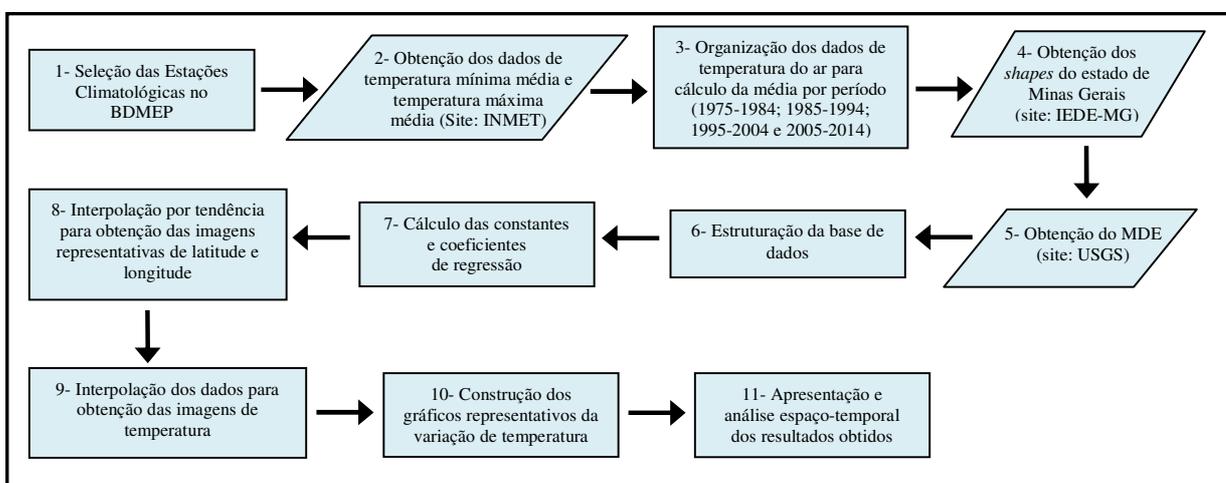


Figura 3: Fluxograma com as principais etapas do trabalho

### 2.3.1 Organização dos Dados

No desenvolvimento da pesquisa, inicialmente realizou-se a seleção das estações climatológicas a serem utilizadas, considerando sua localização e disponibilidade de dados, baseado no intervalo de tempo proposto no estudo (1975-2014).

Para produção dos mapas temáticos e posterior análise dos resultados, o intervalo de tempo foi dividido em períodos de 10 em 10 anos (1975-1984; 1985-1994; 1995-2004; 2005-2014), com o objetivo de observar tendências espaço-temporais de variação de temperatura ao longo dos anos.

Posteriormente, os valores de temperatura do ar em graus Celsius (°C), disponibilizados pelo INMET, foram organizados em 69 planilhas de temperatura mínima (TMin) e 69 planilhas de temperatura máxima (TMax), que proporcionaram o cálculo dos valores médios por período para cada estação climatológica.

Com a finalidade de obter resultados mais precisos, para cada período de 10 anos considerou-se apenas os meses junho, julho e agosto para o cálculo da temperatura mínima média (TMin) e os meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cálculo da temperatura máxima média (TMax). Os referidos meses foram selecionados em virtude de, historicamente, apresentarem valores de temperatura do ar menores e maiores, respectivamente, além de sofrerem menores influências de fenômenos climáticos sazonais.

### 2.3.2 Espacialização dos Dados de Temperatura

Nessa etapa do trabalho, empregou-se o modelo estatístico de regressão linear múltipla e a ferramenta álgebra de mapas para a espacialização dos dados de temperatura, utilizando o *Software* ArcGIS 10.3, disponibilizado pela UNB.

Diversos trabalhos no Brasil, nos últimos anos, aplicaram modelos de regressão múltipla na estimativa da temperatura do ar, associados ao MDE de diferentes resoluções espaciais e gerados por métodos distintos. A concordância da espacialização da temperatura está condicionada, particularmente, à resolução, à fonte de dados e ao método de obtenção do MDE (SANTOS et al., 2008).

A inclusão do modelo digital de elevação na espacialização das temperaturas do ar, por meio de SIG, resultou em mapas com maiores detalhes e que representam o comportamento desta variável observada em campo. (PEZZOPANE et al., 2004).

Regressão linear é um dos inúmeros modelos estatísticos usados para se estimar a condicional (valor esperado) de uma variável dependente, dado o valor de outra variável independente. É chamada "linear" porque se considera que a relação da resposta às variáveis é uma função linear de alguns parâmetros. Já a regressão linear múltipla envolve três ou mais variáveis, portanto, estimadores. Ou seja, ainda uma única variável dependente, porém duas ou mais variáveis independentes (BUSSAB, 2006).

O presente trabalho utilizou um modelo de regressão linear múltipla já consolidado em diversos estudos climáticos no país para avaliar a relação entre a variável dependente (temperatura) e as variáveis independentes (latitude, longitude e altitude), expresso como segue (SANTOS et al., 2015):

$$T = \beta_0 + \beta_1.Y + \beta_2.X + \beta_3.ALT$$

Em que:

T – Temperatura do Ar (°C);

$\beta_0$  – Constante de Regressão;

Y– Coordenada Geográfica Y (Latitude);

X – Coordenada Geográfica X (Longitude);

ALT – Altitude (m); e

$\beta_1, \beta_2$  e  $\beta_3$  – Coeficientes de Regressão para as variáveis Y, X e ALT.

O cálculo dos valores da constante de regressão ( $\beta_0$ ) e dos coeficientes de regressão ( $\beta_1, \beta_2$  e  $\beta_3$ ) para cada período de tempo analisado (1975-1984; 1985-1994; 1995-2004; 2005-2014), foram realizados diretamente no SIG.

Após isso, fez-se a interpolação por tendência de coordenadas geográficas do estado de Minas Gerais para obtenção de imagens matriciais representativas de latitude e longitude, que serviram de base geográfica para a interpolação dos valores de temperatura.

Por fim, empregou-se o método de interpolação de dados álgebra de mapas para criação dos mapas temáticos com a distribuição geográfica dos valores de temperatura mínima e máxima médias dos períodos propostos no estudo.

O termo “Álgebra de Mapas” indica o conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Esta visão concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. Os mapas são tratados como variáveis individuais e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa (CÂMARA et al., 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado encontrado foi a tabela com os valores médios de temperatura do ar por estação climatológica para cada período proposto no estudo, que serviu de base para análise da variação da temperatura e criação dos mapas temáticos (Tabela 2).

Tabela 2: Valores de Temperatura Mínima e Máxima Médias (°C) por Estação Climatológica (1975-2014)

Minas Gerais		Temperatura Mínima Média (TMin) °C				Temperatura Máxima Média (TMax)°C			
Nº	Estação Climatológica	1975-1984	1985-1994	1995-2004	2005-2014	1975-1984	1985-1994	1995-2004	2005-2014
1	AIMORÉS	15,9252	16,9454	15,9884	16,8570	32,0199	33,0685	33,9040	33,9860
2	ARAÇUAÍ	15,8192	16,1921	16,7255	16,6043	31,7207	32,3630	33,6602	33,7233
3	ARAXÁ	13,4633	13,8498	14,5631	14,5147	27,0320	27,5939	28,4748	28,5949
4	ARINOS	14,3659	14,6893	15,3644	15,5963	30,2403	32,0587	32,3306	32,4867
5	BAMBUÍ	9,2169	9,2169	9,0376	9,5943	28,9771	29,5226	30,1502	30,1164
6	BARBACENA	11,2856	10,4358	10,7068	10,2767	25,9774	26,9955	27,3007	26,7770
7	BELO HORIZONTE	13,0291	14,8135	15,4632	15,6066	28,0066	28,2647	28,5980	28,6127

8	BOM DESPACHO	13,1461	13,2501	9,8202	8,8031	29,7369	29,8093	31,1956	31,0511
9	CAPARÃO	8,7574	10,3330	10,6291	10,7516	27,2406	27,4058	28,8357	28,4537
10	CAPINÓPOLIS	14,9237	15,5071	15,8325	16,1673	29,9317	30,7278	31,4826	30,4227
11	CARATINGA	13,2516	13,1660	13,1280	12,9616	28,2986	28,7704	29,4629	29,7452
12	CARBONITA	11,3105	11,1160	11,7325	11,9608	28,8511	29,2837	29,8602	30,0863
13	C. DO MATO DENTRO	11,0982	9,9056	10,7845	11,4950	29,2161	29,3223	30,1792	30,1590
14	CORONEL PACHECO	11,5035	12,3113	11,4680	11,4565	28,8068	29,6044	30,7435	30,5456
15	CURVELO	12,6577	11,4706	12,4443	12,8841	30,6847	30,6777	31,5287	31,4817
16	DIAMANTINA	11,6632	11,3942	11,8541	11,9822	24,3656	24,4462	25,8273	25,9833
17	ESPINOSA	15,9786	16,8318	17,0119	17,4021	30,4285	30,6214	31,8057	31,7301
18	FLORESTAL	9,2225	9,3332	9,0625	9,2302	28,4695	29,4886	30,3854	30,6602
19	FORMOSO	14,4713	14,8890	15,1760	15,2536	28,8068	29,6044	30,7435	30,5456
20	FRUTAL	14,6587	15,8736	16,0494	16,2436	31,9384	30,8980	31,4419	31,9970
21	IBIRITÉ	9,5431	9,8721	10,8745	11,5312	29,6351	29,4324	29,5926	30,3664
22	ITAMARANDIBA	11,9742	11,4733	12,0080	11,8746	27,0738	27,7671	28,1779	28,2385
23	ITUIUTABA	15,9613	16,5463	16,6763	16,7948	31,6888	30,9042	31,6636	32,2893
24	JANAÚBA	15,9613	16,5463	16,6763	16,7948	30,5693	31,0983	32,3704	32,6223
25	JANUÁRIA	14,1562	14,2063	14,5870	14,4767	30,5103	30,6152	31,4719	31,7157
26	JOÃO PINHEIRO	16,1502	13,4900	16,1003	16,7990	29,0510	29,6048	30,0576	30,0913
27	JUIZ DE FORA	12,9271	12,7910	12,5700	13,3043	25,7157	25,6684	27,0779	27,5400
28	LAMBARI	6,0166	6,1201	6,1516	7,2766	28,2830	28,5088	30,0053	30,2812
29	LAVRAS	11,1223	11,5571	11,7122	11,9995	27,6594	28,1250	28,8987	29,0882
30	MACHADO	10,0892	9,5257	9,9416	9,9962	28,2092	28,1761	29,5017	29,5016
31	MOCAMBINHO	14,8107	15,3004	15,0279	14,8274	31,3057	32,0935	32,5177	32,4025
32	MONTE AZUL	17,2908	18,3709	18,0699	18,1379	30,2088	30,1350	31,3570	31,9122
33	MONTES CLAROS	13,1802	13,9501	14,0341	14,5323	29,2232	29,2318	30,2392	30,4254
34	PARACATU	13,0044	14,9582	15,3709	15,1057	29,0212	29,9175	30,8045	30,2837
35	PATOS DE MINAS	13,3027	13,6476	13,6945	13,1580	27,8100	27,8786	28,9955	28,9548
36	PEDRA AZUL	15,5139	13,7721	15,4889	14,7625	28,9306	29,4432	30,7742	30,6280
37	PIRAPORA	13,9209	13,9145	14,5332	14,8569	30,4584	30,5643	32,0289	31,7344
38	POÇOS DE CALDAS	8,1856	6,0140	6,4059	7,0038	25,0869	26,0705	26,6301	26,7888
39	POMPEU	12,4439	12,2282	13,2644	13,2135	29,1581	29,6622	30,6325	31,1574
40	SALINAS	13,5588	13,5573	14,7982	14,9902	30,4739	30,5053	31,9882	31,7656
41	SÃO LOURENÇO	8,1370	8,0993	8,1767	8,2828	28,2648	29,7041	28,9973	28,8180
42	SÃO S. DO PARAÍSO	11,9014	10,9957	11,3822	11,2347	27,3933	28,2713	28,9032	29,1780
43	SETE LAGOAS	11,9143	12,0910	12,7046	12,5670	28,7430	29,7698	29,5849	29,9462
44	UBERABA	13,3507	12,4061	13,2519	13,6304	29,3464	29,2696	29,9635	30,6824
45	UNAI	12,7413	13,5763	14,0167	14,9319	30,5150	30,5953	31,7598	31,7810
46	VIÇOSA	11,1798	11,2063	11,3327	11,8707	27,7046	28,0800	29,1479	28,8100
<b>MÉDIA POR PERÍODO</b>		<b>12,6975</b>	<b>12,7770</b>	<b>13,0803</b>	<b>13,2521</b>	<b>28,9737</b>	<b>29,3830</b>	<b>30,2403</b>	<b>30,3078</b>

A partir dos dados de temperatura média por período, fez-se os cálculos dos valores das Constantes de Regressão ( $\beta_0$ ) e dos Coeficientes de Regressão ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$ ), utilizados na interpolação dos dados no SIG (Tabela 3).

Tabela 3: Valores das Constantes e dos Coeficientes de Regressão

Temperatura Mínima Média (TMin)				
Períodos	Constante de Regressão	Coeficientes de Regressão		
		Latitude (Y)	Longitude (X)	Altitude
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$
<b>1975 - 1984</b>	19,728374	0,661755	-0,171056	-0,003183
<b>1985 - 1994</b>	20,107164	0,675097	-0,1893	-0,004391
<b>1995 - 2004</b>	21,218874	0,798364	-0,207279	-0,003417
<b>2005 - 2014</b>	20,344543	0,749204	-0,216664	-0,003828
Temperatura Máxima Média (TMax)				
Períodos	Constante de Regressão	Coeficientes de Regressão		
		Latitude (Y)	Longitude (X)	Altitude
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$
<b>1975 - 1984</b>	27,150739	0,139556	-0,200646	-0,006331
<b>1985 - 1994</b>	29,29352	0,135112	-0,157504	-0,006175
<b>1995 - 2004</b>	32,614304	0,168323	-0,118993	-0,006342
<b>2005 - 2014</b>	32,185497	0,155593	-0,125637	-0,006397

O próximo passo foi a análise dos valores absolutos de variação de temperatura mínima e máxima médias. Para facilitar a visualização dos valores da variação temporal de temperatura, criou-se gráficos que demonstram o valor médio da temperatura mínima e da temperatura máxima, respectivamente, para as 46 climatológicas situadas no estado de Minas Gerais no decorrer do período de 40 anos (Gráficos 1 e 2).

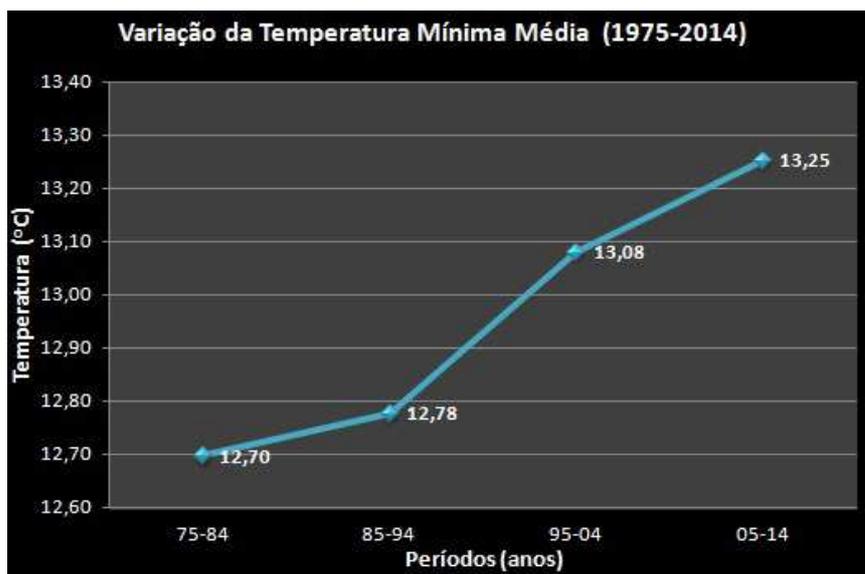


Gráfico 1: Variação da Temperatura Mínima Média

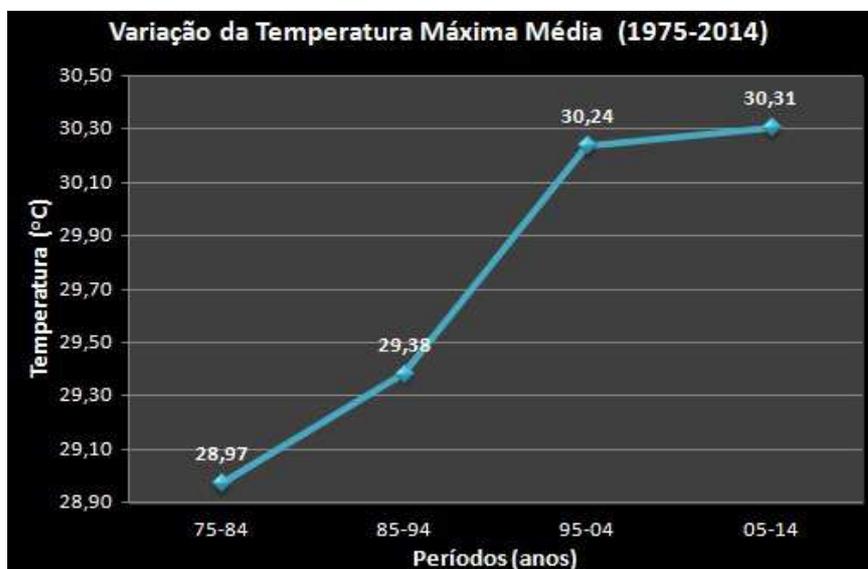


Gráfico 2: Variação da Temperatura Máxima Média

O valor médio de aumento da temperatura mínima foi de 0,55 °C, passando de 12,70 °C, no período de 1975 a 1984, para 13,25 °C, no período de 2005 a 2014. A maior variação ocorreu na estação climatológica localizada na capital Belo Horizonte, que registrou acréscimo de 2,57 °C.

Em relação a temperatura máxima, verificou-se uma variação bem superior, registrando 1,34° C de aumento na média das 46 estações climatológicas. Destaca-se, nesse caso, a estação climatológica da cidade de Florestal, localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde ocorreu acréscimo de 2,19 °C entre 1975 e 2014. Outro ponto importante analisado neste trabalho compreendeu a variação de temperatura em cada uma das 12 mesorregiões do estado, evidenciada nos gráficos 3 e 4.

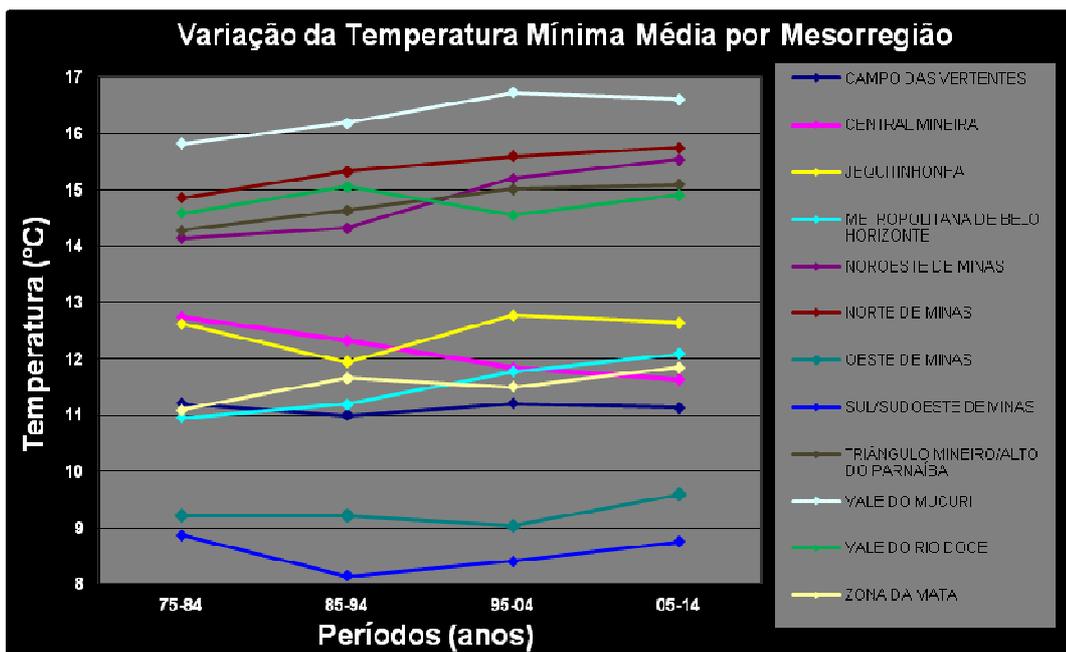


Gráfico 3: Variação da Temperatura Mínima Média por Mesorregião

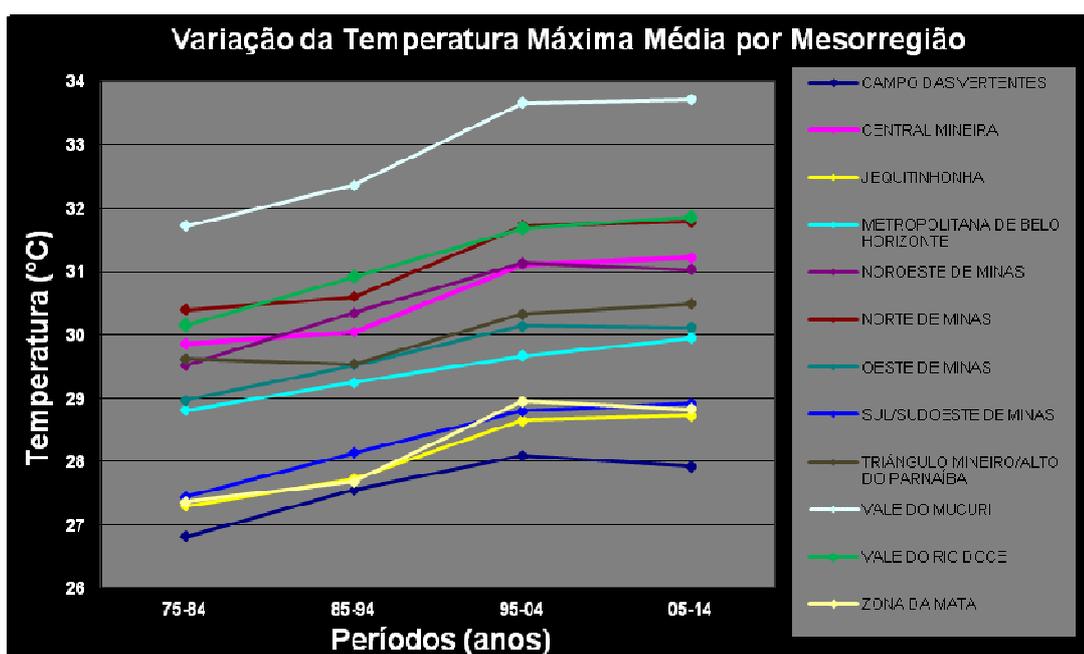


Gráfico 4: Variação da Temperatura Máxima Média por Mesorregião

Em relação à temperatura mínima média, observou-se oscilação dos valores para mais e para menos ao longo dos quatro períodos do estudo, enquanto a temperatura máxima média apresentou, em quase a totalidade das regiões, aumento gradativo no decorrer do tempo.

Destaca-se, nos gráficos, a região do Vale do Mucuri, na porção noroeste do território mineiro, divisa com os estados do Espírito Santo e da Bahia, por ter apresentado as maiores temperaturas mínimas e máximas médias no período de tempo analisado, quando comparados apenas os valores médios de temperatura das estações climatológicas situadas em cada mesorregião.

Além da análise temporal dos valores absolutos da variação de temperatura citada anteriormente, fez-se, também, a análise espacial dos resultados a partir de imagens criadas utilizando-se os dados de temperatura e o modelo digital de elevação. As figuras 3 e 4 mostram os mapas temáticos com os valores interpolados de temperatura mínima média e de temperatura máxima média, respectivamente, para cada período proposto no estudo (1975-1984; 1985-1994; 1995-2004; 2005-2014).

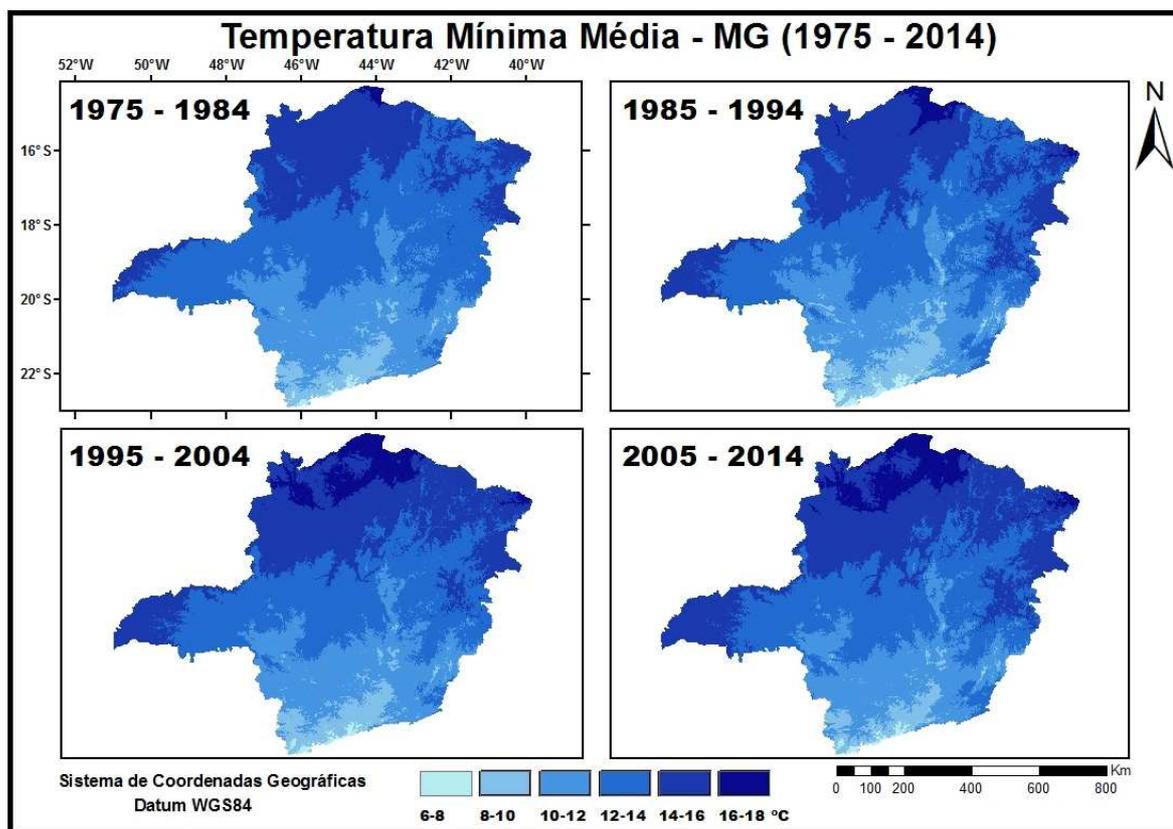


Figura 4: Mapas Temáticos – espacialização da Temperatura Mínima Média - MG (1975 - 2014)

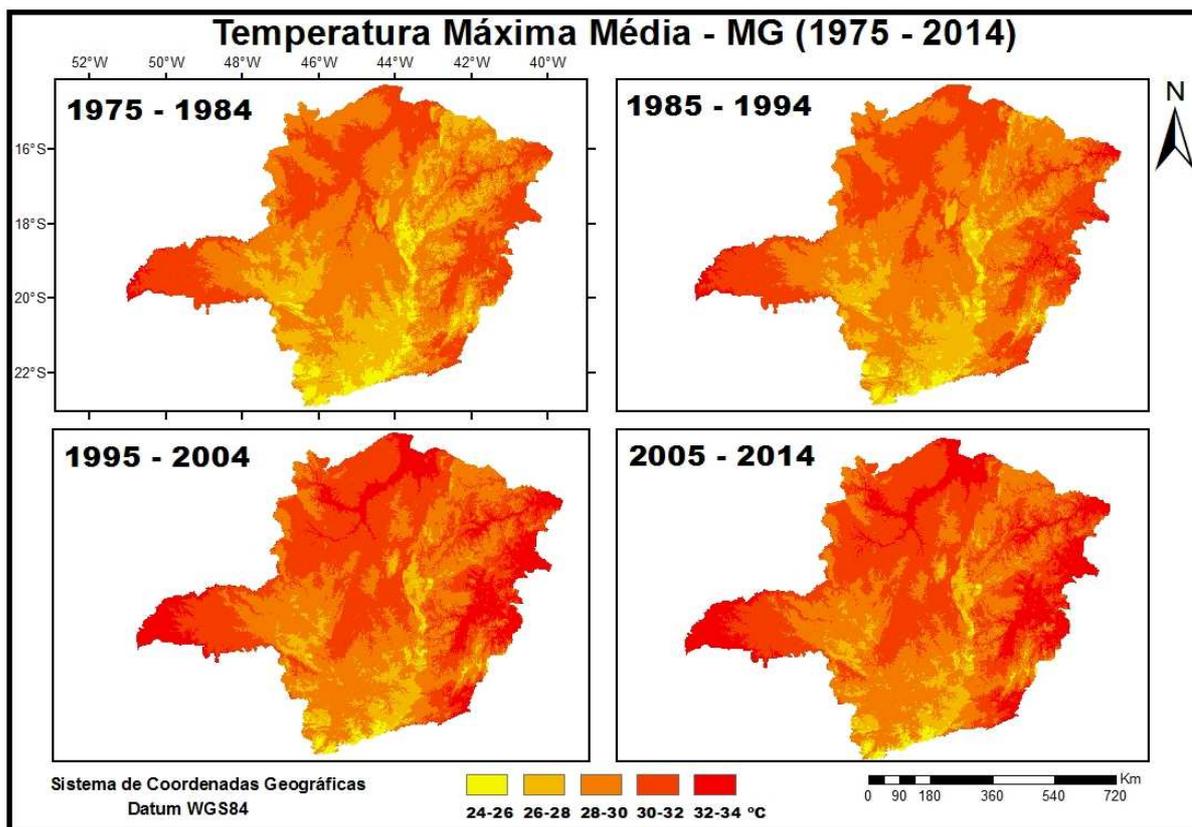


Figura 5: Mapas Temáticos – espacialização Temperatura Máxima Média - MG (1975 - 2014)

Iniciando a análise espacial dos resultados, observou-se que após o processo de interpolação dos valores de temperatura mínima média, os mapas apresentaram áreas com temperaturas variando entre 6 °C a 18 °C, conforme valores presentes na tabela 2.

Comparando os mapas temáticos dos períodos de 1975-1984 e 2005-2014, destacaram-se as variações de temperatura nas seguintes regiões:

1 - Norte/Noroeste de Minas: Nas mesorregiões houve aumento de temperatura em grande parte das áreas, passando da temperatura mínima média de 14-16 °C para 16-18 °C.

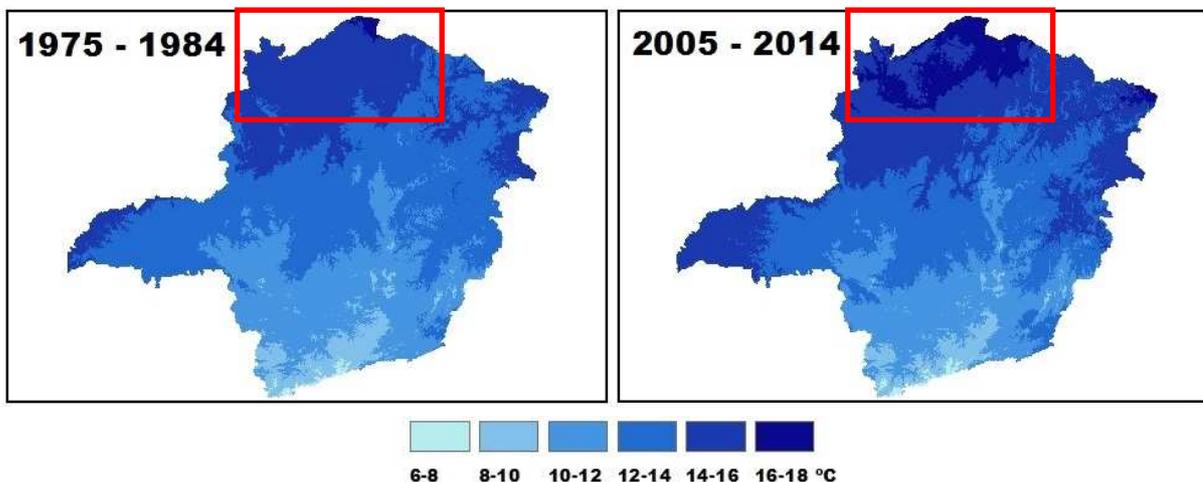


Figura 6: Mapas Temáticos - Espacialização da Temperatura Mínima Média (1975-1984 e 2005-2014)

2 - No Triângulo Mineiro, observou-se que apenas uma pequena área, no período de 1975-1984, apresentava temperaturas entre 14-16 °C. Já em 2005-2014, aproximadamente metade do território da mesorregião apresentou temperaturas nessa faixa de valor.

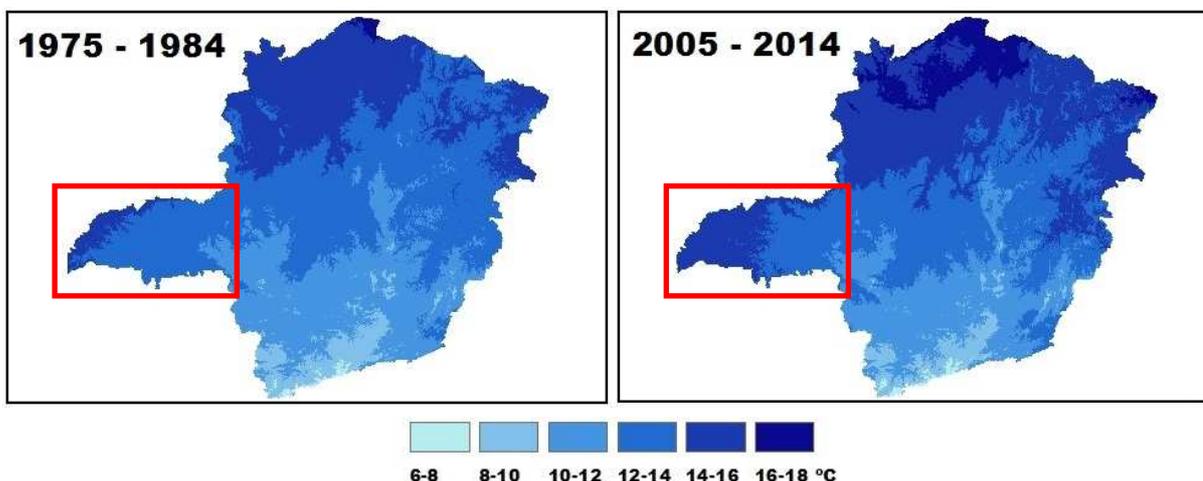


Figura 7: Mapas Temáticos - Espacialização da Temperatura Mínima Média (1975-1984 e 2005-2014)

3 - Jequitinhonha e Vale do Mucuri: No período de 1975-1984 predominavam temperaturas entre 12-14 °C. Em 2005-2014, as localidades apresentaram predominância de temperaturas entre 14-16 °C, apresentando, também, na parte nordeste da região, divisa com a Bahia, uma pequena porção com temperaturas entre 16-18 °C.

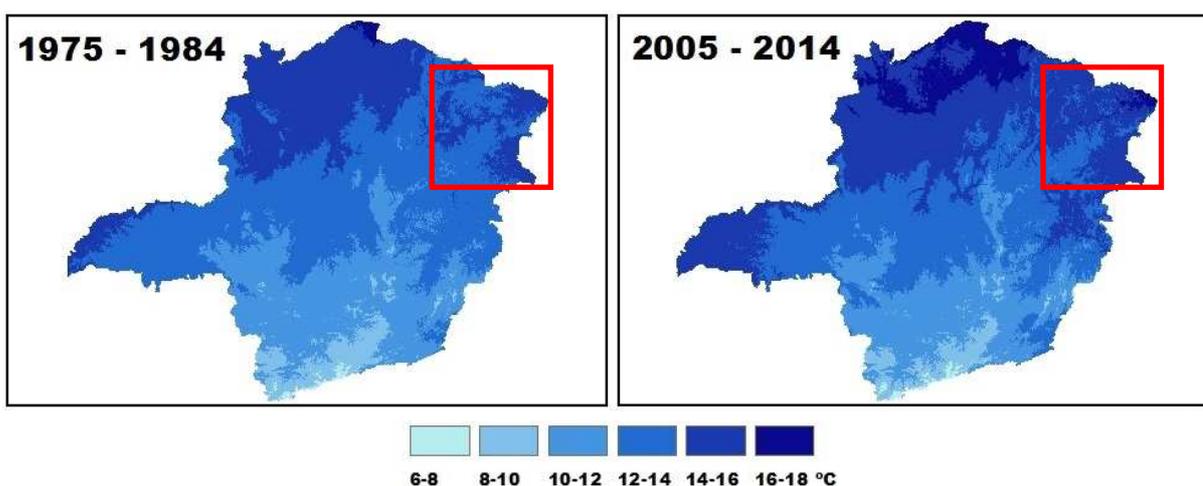


Figura 8: Mapas Temáticos - Espacialização da Temperatura Mínima Média (1975-1984 e 2005-2014)

4 - Na região do Vale do Rio Doce, divisa com o Espírito Santo, ocorreu variação em grande parte do território, passando de 12-14 °C para 14-16 °C nos períodos analisados.

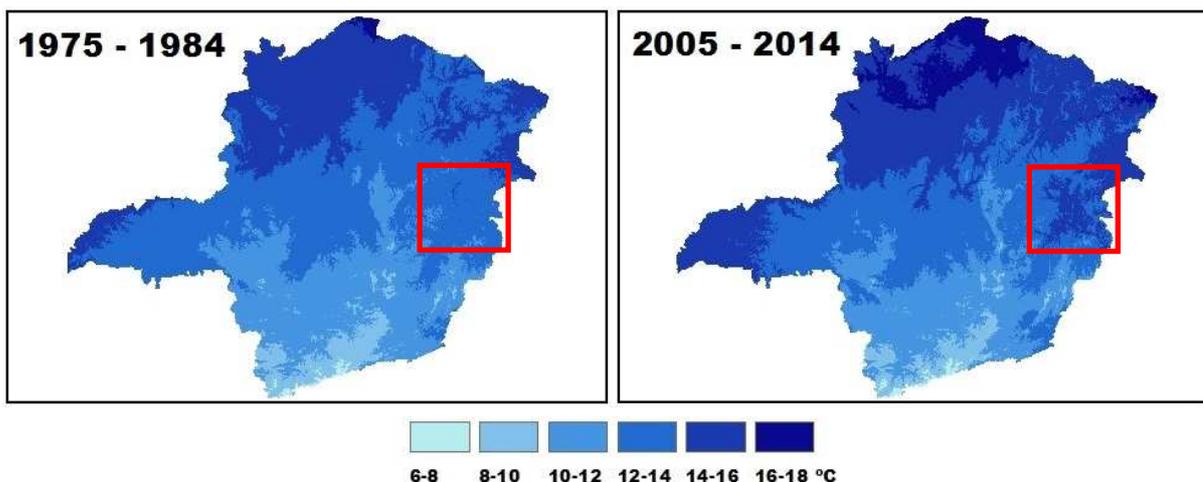


Figura 9: Mapas Temáticos - Espacialização da Temperatura Mínima Média (1975-1984 e 2005-2014)

As demais regiões do estado apresentaram variações menos significativas, porém em quase a totalidade do território do estado ocorreu aumento da temperatura mínima média, conforme indicado pelos valores de temperatura presentes na tabela 2.

Para análise espacial da variação de temperatura máxima média também foram utilizados os mapas temáticos dos períodos de 1975-1984 e 2005-2014, que apresentaram áreas com temperaturas variando entre 24 °C e 34 °C. Nesse caso, destacaram-se as variações de temperatura nas seguintes regiões:

1 - Norte/Noroeste de Minas: nessas regiões do estado ocorreu o aumento mais significativo de temperatura máxima média em Minas Gerais nos últimos 40 anos. No período de 1975-1984 apresentavam temperaturas que variavam entre 28-30 °C e 30-32 °C. Já no período de 2005 a 2014, a predominância do valor está na faixa 30-32 °C, apresentando também temperaturas entre 32-34 °C em uma faixa territorial que inicia no nordeste e se estende para o centro da região.

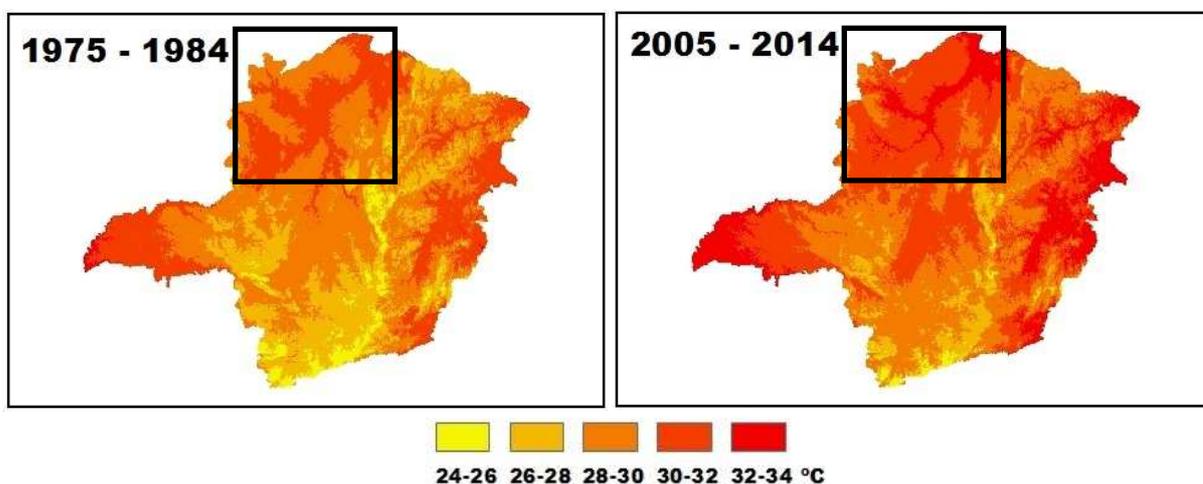


Figura 10: Mapas Temáticos - Espacialização da Temperatura Máxima Média (1975-1984 e 2005-2014)

2 - Triângulo Mineiro: nessa parte territorial ocorreu menor variação de temperatura máxima média, quando comparada à temperatura mínima média. A principal mudança foi o avanço na parte oeste da mesorregião da faixa de temperatura entre 32-34 °C.

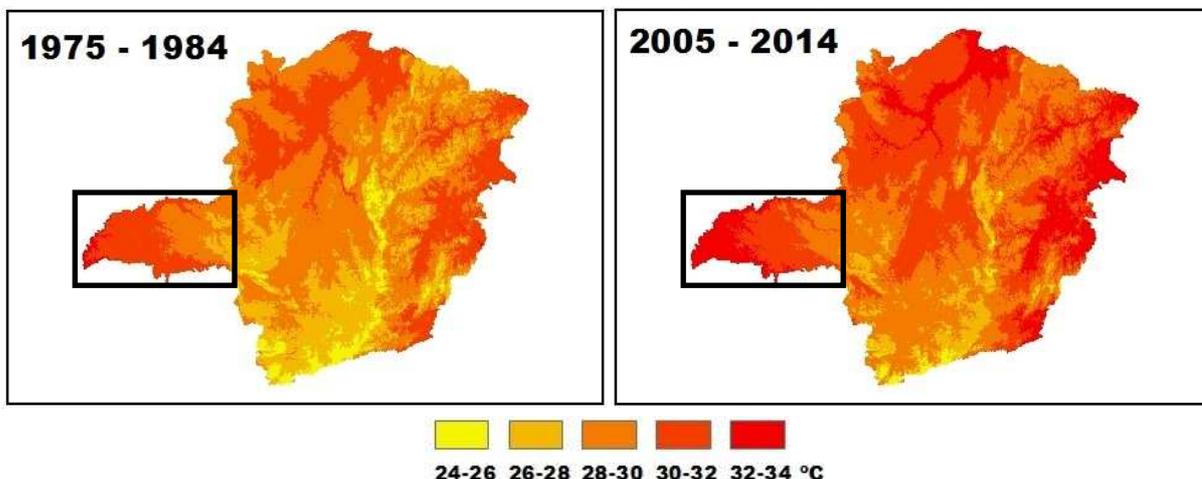


Figura 11: Mapas Temáticos - Espacialização da Temperatura Máxima Média (1975-1984 e 2005-2014)

3 - Região Metropolitana, Central Mineira, Oeste de Minas e Campo das Vertentes: nessas 4 mesorregiões, da área central do estado, houve aumento da temperatura máxima média que predominava entre as faixas de 26-28 °C e 28-30 °C, passando para 28-30 °C e 30-32 °C em algumas localidades.

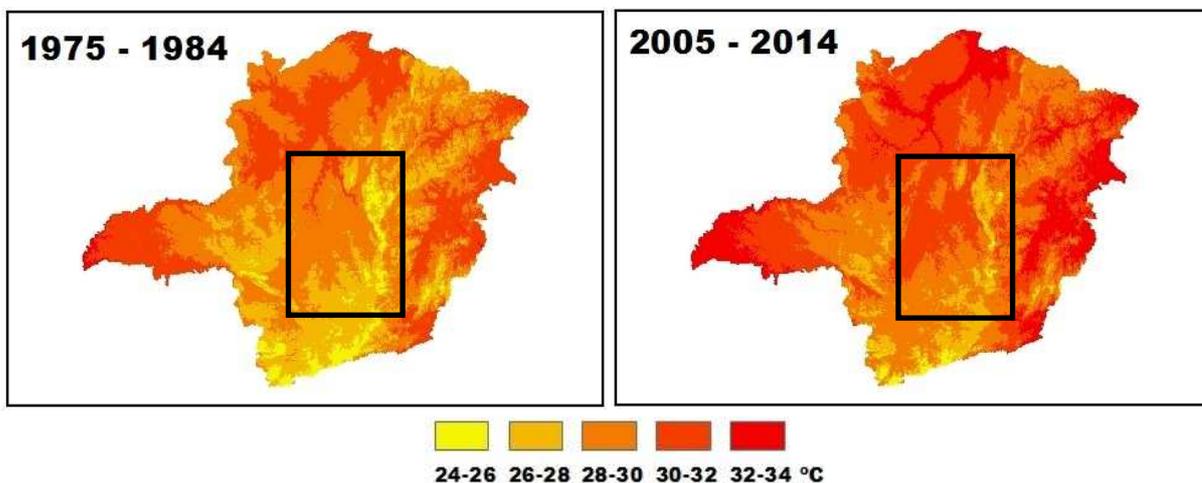


Figura 12: Mapas Temáticos - Espacialização da Temperatura Máxima Média (1975-1984 e 2005-2014)

4 - Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e Zona da Mata: nas três mesorregiões a principal mudança foi a variação da temperatura na divisa com os estados da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro, que antes apresentavam temperaturas na faixa de 30-32°, passando, nos últimos 40 anos, para temperatura predominante entre 32-34 °C.

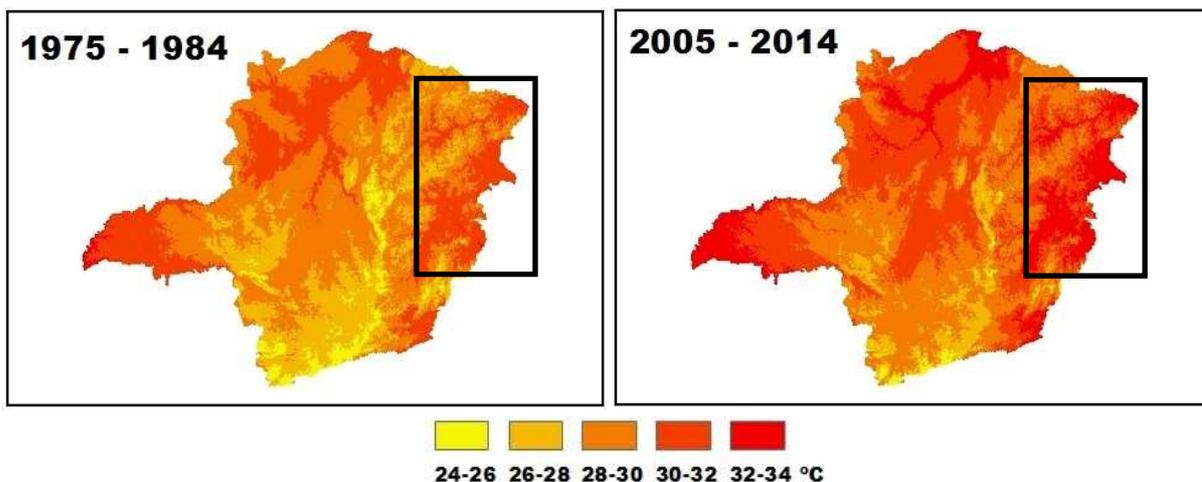


Figura 13: Mapas Temáticos - Espacialização da Temperatura Máxima Média (1975-1984 e 2005-2014)

De modo geral, quando comparamos os mapas dos períodos de 1975-1984 e 2005-2014, observa-se que na maior parte do território do estado ocorreu aumento significativo de temperatura no período de 40 anos (1975-2014), o que demonstra que os resultados estão de acordo com a tendência de aquecimento global e consequentes mudanças climáticas verificadas no Brasil nas últimas décadas e com os estudos propostos pelo Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais (PEMC-MG), do ano de 2014.

No PEMC-MG, um dos principais pontos apresentados foi o Mapa de Vulnerabilidades às Mudanças Climáticas por Região de Planejamento (Figura 14), o qual apresenta grande semelhança com os resultados apontados neste trabalho.

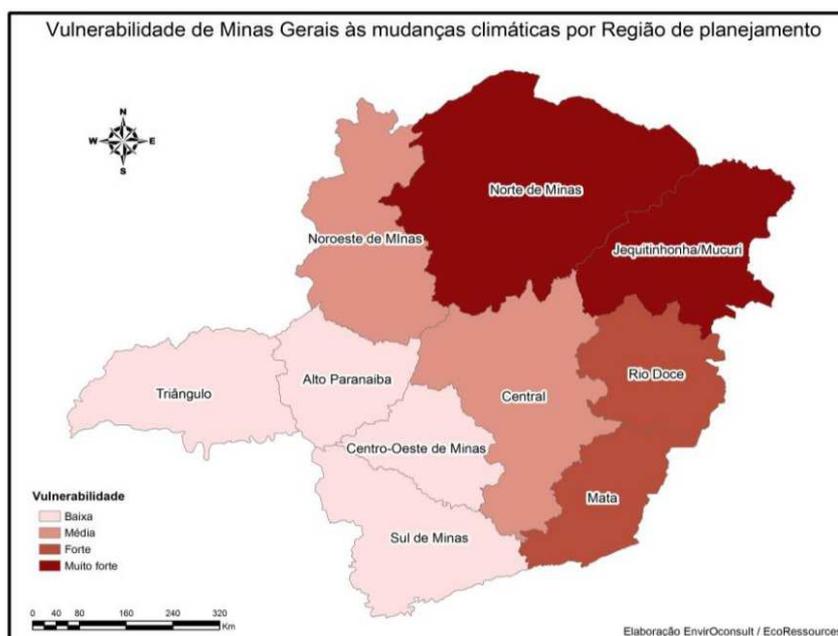


Figura 14: Mapa de Vulnerabilidades às Mudanças Climáticas – PEMC-MG (FEAM, 2014).

Essas mudanças climáticas podem ser explicadas por diversos fatores. Segundo o último relatório do IPCC (2014), o aquecimento global pode ser provocado pelas forçantes naturais (causas naturais) e antropogênicas (ações dos seres humanos) do clima. Os principais efeitos naturais são o aumento da atividade na superfície do Sol, provocando explosões e alta emissão de raios ultravioletas; e a concentração de carbono nas águas dos oceanos, que faz aumentar a evaporação e a concentração de gases no ar. As principais ações provocadas pelo homem são o aumento da emissão dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera, as queimadas de matas e florestas, o desmatamento, o desenvolvimento urbano sem planejamento e a poluição dos rios e mares.

De acordo com o mesmo relatório, as possíveis consequências do aquecimento global seriam o aumento gradativo da temperatura do ar; o derretimento da água congelada na cobertura de montanhas e em geleiras; a elevação dos oceanos devido à expansão térmica de suas águas e ao degelo; o aumento da quantidade de nuvens, vapor de água e, conseqüentemente, da quantidade de tempestades, furacões e ciclones; além das alterações das características do ambiente em diferentes regiões, podendo chegar ao extremo da desertificação em alguns locais do planeta.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os mapas temáticos de temperatura elaborados no trabalho mostraram grande riqueza de detalhes devido à utilização de regressão linear múltipla e, principalmente, do modelo digital de elevação no processo de espacialização dos dados, proporcionando resultados de valores estimados mais condizentes com a realidade, pois considerou-se diretamente a influência da altitude na variação da temperatura do ar.

Os resultados alcançados, em valores absolutos, estão de acordo com a tendência de aquecimento global verificada nas últimas décadas e indicaram valores médios de aumento de 0,55 °C para a temperatura mínima média e 1,34 °C para a temperatura máxima média no período de 40 anos, considerando-se as medições das 46 estações climatológicas de Minas Gerais. Esses valores comprovam que está ocorrendo aumento gradual de temperatura no estado ao longo do tempo.

Embora mudanças climáticas ocorram em médio e longo prazo, o zoneamento climático deve ser reavaliado e atualizado constantemente visando obter maiores informações sobre as condições climáticas e, sobretudo, proporcionar maior adequação dos investimentos sócio-econômicos nas diferentes mesorregiões do estado.

Assim, conforme verificado na análise espaço-temporal da variação de temperatura, as mesorregiões do Norte/Noroeste de Minas, do Jequitinhonha, do Vale do Mucuri e do Vale do Rio Doce sofreram os maiores aumentos de temperatura do ar entre os anos de 1975 e 2014 e, portanto, recomenda-se que devem ser as áreas prioritárias para aplicação de recursos públicos com o intuito de minimizar o impacto negativo do aquecimento global para o meio-ambiente e a sociedade.

Por fim, sugere-se que se pense em continuar as pesquisas nesta linha de pensamento, a fim de aperfeiçoar ainda mais a proposta em questão, de modo que se torne algo que contribua efetivamente para uma melhora significativa na interpretação e análise espaço-temporal da variação de temperatura não só no estado de Minas gerais, mas em todo o País.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilização dos valores de temperatura do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), a ESRI pelo fornecimento do Pacote de ferramentas que compõem a Família ArcGis 10.x por intermédio do contrato No 2011 MLK 8733 e a IMAGEM pelo apoio e viabilidade da concretização do termo de uso entre o IG e a ESRI e pelo suporte aos softwares

## 6 REFERÊNCIAS

Almeida, J. M. V. *Índices de Monitoramento e Detecção de Mudanças Climáticas na Região Centro-Oeste do Brasil*. Campina Grande, UFCG – Dissertação de Mestrado, 2012, 309p.

Bussab, W.; Morettin, P. A. *Estatística Básica*. 5 ed. São paulo: Saraiva, 2006.

Camara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. (Ed.). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. 344p. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso em 11 de novembro de 2015.

Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.F., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 463p.

Francisco, W.C.E. *Economia de Minas Gerais; Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/economia-minas-gerais.htm>>. Acesso em 16 de janeiro de 2016.

Fundação Armando Álvares Penteado – FAAP. *Aquecimento Global – O clima de extremos*. Folha de São Paulo, 17 de janeiro de 2008.

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM-MG). *Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia mineira: Relatório Resumo*. Belo Horizonte: FEAM, 2011.

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM-MG). *Plano de energia e mudanças climáticas de Minas Gerais: resumo executivo*. Belo Horizonte: FEAM, 2015. 49 p. il.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Estados*. 2014. Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em 10 de outubro de 2015.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 3 de outubro de 2015.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge Univ. Press, 2007. Disponível em <<http://www.ipcc.ch/>> Acesso em 22 de novembro de 2015.

Lyra, G. B.; Santos, M. J.; Souza, J. L.; Santos, M. A. *Espacialização da Temperatura do Ar Anual no Estado de Alagoas com Diferentes Modelos Digitais de elevação e Resoluções Espaciais*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 275-287, 2011.

Nimer, E.; Brandão, A.M. *Balanco Hídrico e Clima da Região dos Cerrados*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 162 p.

Pezzopane, J. E. M.; Santos, E. A.; Eleutério, M. M.; Reis, E. F.; Santos, A. R. *Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.

Sant'anna Neto, J.L. *Decálogo da Climatologia do Sudeste Brasileiro*. Revista Brasileira de Climatologia, v.1, n°1, 2005, p.43-60.

Santos, A.R. *et al. Espacialização de Dados Climáticos no ArcGIS 10.3 Passo a Passo*. Alegre: CAUFES, 2015, 64p.

Santos, M. J. et al.. *Espacialização da temperatura mínima do ar anual para o estado de Alagoas utilizando dois modelos digitais do terreno*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 15., 2008, São Paulo. Anais. Sociedade Brasileira de Meteorologia: Rio de Janeiro, 2008.

United States Geological Survey's (USGS) -. *Shuttle Radar Topography Mission*. Disponível em: <<http://srtm.usgs.gov/>> Acesso em: 10 de novembro de 2015.

Weber, E; Hasenack, H.; Ferreira, C.J.S. 2004. *Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação*. Porto Alegre, UFRGS - Centro de Ecologia. Disponível em <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>> Acesso em 30 de outubro de 2015.