Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

ASPECTOS CLIMÁTICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

REBOITA, Michelle Simões – reboita@unifei.edu.br
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI / Minas Gerais

RODRIGUES, Marcelo – gr4fitt3@gmail.com
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI / Minas Gerais

SILVA, Luiz Felipe – lfelipe@unifei.edu.br
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI / Minas Gerais

ALVES, Maria Amélia - mariaameliaalves10@yahoo.com.br
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI / Minas Gerais

RESUMO: A caracterização do clima de um determinado local é um aspecto importante para vários setores da economia como, por exemplo, na prática agrícola. Diante disso, o objetivo desse estudo é apresentar alguns dos principais aspectos climáticos do estado de Minas Gerais (MG): precipitação, temperaturas mínima, média e máxima, intensidade e direção dos ventos a 10 metros de altura, classificação climática de Köppen-Geiger e índice de aridez. Para isso, se utilizaram dados de diferentes fontes. Entre os resultados têm-se que os maiores totais anuais de precipitação ocorrem no sul do estado; as temperaturas são influenciadas tanto pela latitude quanto pela topografia, com o setor sul de MG apresentando médias anuais de cerca de 20ºC e o norte de 26ºC; os ventos em escala sinótica são de direção nordeste a maior parte do ano; o clima Aw é dominante em MG, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger; e, em relação ao índice de aridez, MG tem condições úmidas em toda sua área no verão e, predominantemente, áridas no inverno.

PALAVRAS-CHAVE: clima, temperatura do ar, precipitação, ventos, classificação climática, índice de aridez, Minas Gerais

CLIMATE ASPECTS IN MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: The characterization of local climate is an important aspect for various sectors in economy, such as in agricultural practice. Thereby, the aim of this study is to present some major climatic aspects of Minas Gerais State (MG), Brazil: precipitation; minimum, mean and maximum air temperatures; winds intensity and direction at 10 meters height; Köppen-Geiger climate classification; and aridity index. For this, data of different sources were used. Among the results obtained are that the largest total annual precipitation occur in the south of state; the temperatures are influenced both by latitude as topography, with the southern sector showing annual means of about 20°C and 26°C in the northern sector; the winds at synoptic scale are of northeast direction most of the year; the Aw climate dominates MG, according to the Köppen-Geiger classification; and, in relation to the aridity index, MG has humid conditions in the whole area of the state in the summer and, predominantly, arid conditions in winter.

KEYWORDS: climate, air temperature, precipitation, winds, climate classification, aridity index, Minas Gerais State

1. INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais (MG) localiza-se na região sudeste do Brasil, entre as latitudes 14°13'57'' e 22°55'47'' e as longitudes 39°51'24'' e 51°02'56''e compreende uma área de 582.586 km^2 (IBGE, 2006). Esse estado apresenta uma geografia peculiar, possuindo diferentes complexos topográficos como as serras da Mantiqueira, da Canastra e do Espinhaço (Fig. 1) e não faz fronteira

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

com o oceano. Tais características influenciam diretamente o clima regional, pois a distância do oceano contribui para uma maior amplitude do ciclo diurno da temperatura do ar. Já a topografia, que tem altitudes variando entre 76 a 2892 m, aproximadamente, favorece o desenvolvimento de circulações de mesoescala (brisa de vale e montanha; SOUZA *et al*., 2011; REBOITA *et al*., 2014), que influenciam a direção e a intensidade do vento, e condições úmidas a barlavento das áreas montanhosas e secas a sotavento destas. Além disso, áreas com maior elevação possuem temperaturas mais baixas que aquelas mais próximas ao nível médio do mar.

Outro fator que influencia o clima é o tipo de uso e ocupação do solo (cobertura do solo; Fig. 2): áreas florestadas tendem a usar a energia recebida do Sol na evapotranspiração, enquanto áreas de solo descoberto e urbanizadas a utilizam para se aquecer, impactando diretamente a variação diurna da temperatura do ar. Além disso, as diferentes coberturas da superfície terrestre possuem diferentes valores de albedo o que influência o clima de cada local. De acordo com os dados de uso e ocupação do solo do *European Commission's Joint Research Centre* (detalhes na seção 2), MG tem cerca de 44% de sua área utilizada para a agricultura intensiva distribuída por todo o território, e 18% correspondente às porções mistas de agricultura e floresta/vegetação degradada. Os setores central e noroeste do estado apresentam vegetação do tipo cerrado, ocupando uma área aproximada de 18%. Observa-se a presença expressiva desse bioma na região da serra do Espinhaço e uma pequena parcela de vegetação do tipo caatinga sobre a porção norte de MG, não alcançando 6% da área total (Fig. 2). Em relação às vegetações de maior porte, remanescentes da Mata Atlântica, estas compreendem uma porcentagem próxima a 8% da área do estado, somando-se as florestas deciduais estacionais e perenifólias. Por fim, a cobertura da superfície pela urbanização se mostra influenciada principalmente pela presença da região metropolitana de Belo Horizonte e pela microrregião de Uberlândia, que apresentam as maiores populações do estado.

O estado de MG está inserido num clima de monção. O termo monção indica uma reversão sazonal na circulação atmosférica devido ao aquecimento diferencial entre os continentes e os oceanos (RAMAGE, 1971; ZHOU; LAU, 1998; GRIMM; VERA; MECHOSO, 2005; VERA *et al*., 2006) e, com isso, pode ocorrer mudanças na precipitação. Numa região de monção mais de 50% da precipitação ocorre na estação chuvosa (MARENGO *et al*., 2012). Na Monção Sul-Americana (MSA), a reversão sazonal dos ventos só é constatada quando a média anual das componentes do vento é subtraída das médias sazonais. Conforme Reboita *et al*. (2010) e Marengo *et al*. (2012), o início da MSA ocorre quando há mudança no padrão da precipitação, isto é, o clima seco é substituído por um chuvoso. No verão austral, devido ao caminho aparente do Sol, os sistemas atmosféricos migram para sul e com isso há uma intensificação da temperatura do ar e da atividade convectiva nas cercanias do Trópico de Capricórnio, o que favorece os movimentos ascendentes na atmosfera. Nessa estação do ano, os ventos alísios de nordeste estão mais intensos e acabam transportando muita umidade para a Amazônia. Parte dessa umidade, combinada com a evapotranspiração da floresta Amazônica, é transportada para o sul e sudeste do Brasil por um sistema de ventos, conhecido como Jato de Baixos Níveis (JBN) a leste da Cordilheira dos Andes. A região sudeste do Brasil também recebe umidade que é transportada pelo setor oeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), pois nessa época do ano tal sistema se encontra deslocado para leste (quando comparado ao inverno) favorecendo o transporte de umidade para o continente (VIANELLO; MAIA, 1986; REBOITA *et*

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

al., 2012). A convergência de umidade transportada por esses sistemas, bem como alguns outros fatores meteorológicos, contribuem para a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS): uma área de nebulosidade que se estende da Amazônia, cruza o sudeste do Brasil e atinge o oceano Atlântico Sudoeste (KOUSKY, 1988). A ZCAS também é favorecida pela interação com as frentes frias (OLIVEIRA, 1986). Os sistemas mencionados compõem o sistema de MSA em baixos níveis da atmosfera. Na alta troposfera a MSA é caracterizada pela Alta da Bolívia, que é um anticiclone com centro sobre esse país, e um cavado sobre o oceano Atlântico tropical-subtropical próximo à costa do nordeste do Brasil (VERA *et al*., 2006; REBOITA *et al*., 2010; MARENGO *et al*., 2012).

À medida que o inverno austral se aproxima, os sistemas atmosféricos migram para norte. Desta maneira, a convecção enfraquece na região do Trópico de Capricórnio, o ASAS torna-se mais intenso e expandido para oeste de forma que parte do seu setor oeste se localiza sobre o sudeste e sul do Brasil. Como esse é um sistema de alta pressão, ele dificulta os movimentos ascendentes na atmosfera e, também, a propagação de sistemas frontais. Além disso, o JBN aparece deslocado para sul (entre o leste da Bolívia e região sul do Brasil) sendo formado por influência do ramo oeste do ASAS (REBOITA *et al*., 2012). Tais configurações implicam em condições de céu claro sobre MG e, consequentemente, na redução da precipitação.

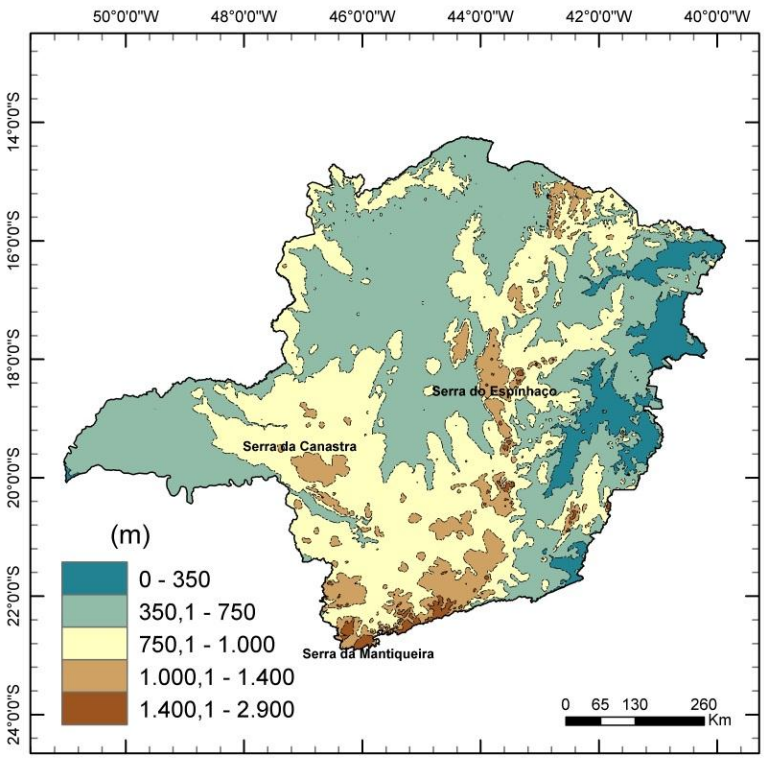


Figura 1 Mapa hipsométrico (metros) do estado de Minas Gerais, com indicações das serras da Canastra, do Espinhaço e da Mantiqueira. Dados obtidos do *United States Geological Survey* (USGS).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

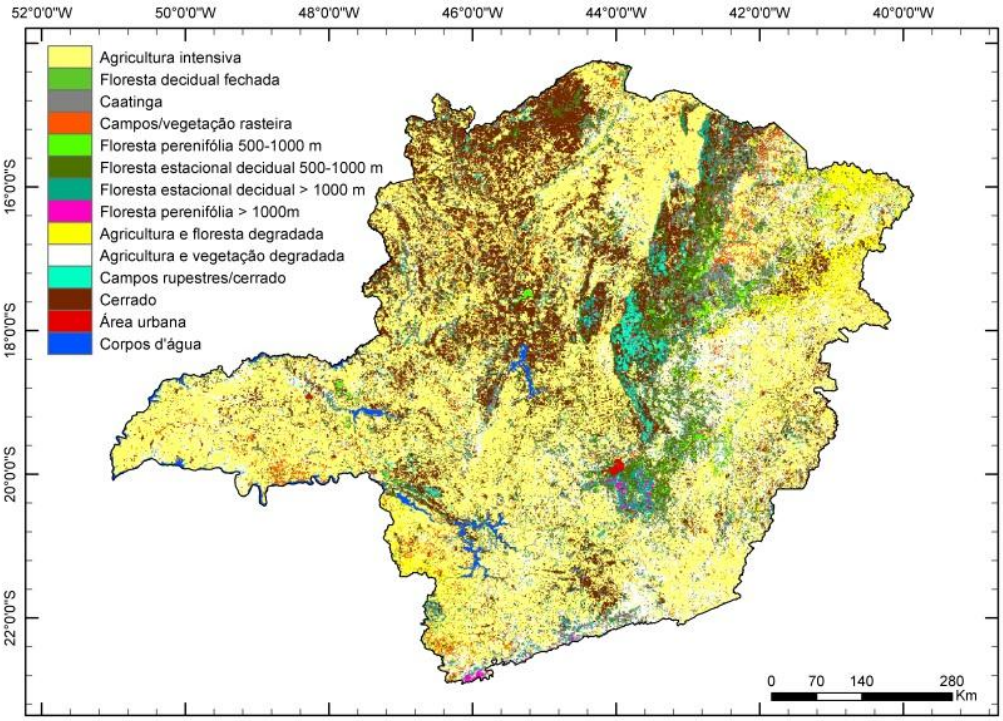


Figura 2 Uso e ocupação do solo do estado de Minas Gerais com base em informações do ano de 2000. Dados obtidos do *Global Land Cover 2000*.

Os estudos que avaliaram a variabilidade espacial e temporal da precipitação na América do Sul (REBOITA *et al*., 2010) e Brasil (RAO *et al*., 2015) indicam que a estação chuvosa em MG é o verão e a seca o inverno, o que também é verificado em estudos regionais com foco em MG (MINUZZI *et al*., 2007; SIQUEIRA; ALVES; GUIMARÃES, 2007; VIOLA *et al.,* 2010, SOUZA *et al*., 2011; MELLO; VIOLA, 2013; SILVA; REBOITA; ROCHA, 2013) Além disso, tais estudos indicam que o setor sul de MG é o mais chuvoso, com precipitação média anual de cerca de 1600 mm. Com relação ao início e fim da estação chuvosa em MG, Silva e Reboita (2013) realizaram tanto uma revisão da literatura como a computaram. De forma geral, segundo esses autores, o início da estação chuvosa ocorre entre 8 a 22 de outubro e termina na segunda quinzena de março.

A estação chuvosa em MG também tem influência das frentes frias, pois esses sistemas ao chegarem na região sudeste do Brasil contribuem para a estacionariedade da ZCAS. Entretanto, de acordo com Silva, Reboita e Rocha (2014), o verão é a estação do ano com menor frequência de frentes frias em MG (5 sistemas). Já nas demais estações do ano, o sul de MG pode ser influenciado por cerca de 7 a 8 frentes frias. É interessante ressaltar, que na cidade de Maria da Fé, sul do estado, as frentes frias contribuem com cerca de 60% da precipitação no inverno.

Com relação à temperatura do ar próxima à superfície em MG, tem-se que essa variável é influenciada pelas estações do ano: o verão é a estação com maiores temperaturas médias do ar e o inverno, a com as menores temperaturas. Além disso, as regiões com altitudes elevadas são mais frias do que as menos elevadas (TONIETTO; VIANELLO; REGINA, 2006). Com relação à temperatura noturna no estado (média da temperatura do ar entre 18 e 06

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

horas), Guimarães e Sans (2006) verificaram a variabilidade espaço-temporal dessa variável no período de outubro a março. De acordo com os autores, em outubro e novembro ocorrem as menores temperaturas noturnas (~17°C) no sul de MG. Já no noroeste do estado, as temperaturas noturnas se mantêm a cerca de 22°C ao longo de todo o período analisado. No estudo de Ávila *et al*. (2014) foram calculadas as tendências de temperatura mínima e máxima em MG considerando um período mínimo de 30 anos de observações. Foi verificado que, em geral, predominam tendências positivas nessas temperaturas, sendo que a tendência de elevação das temperaturas mínimas em julho é de até 1,5°C por década.

De acordo com Sá Júnior (2009), realizar a classificação climática de diferentes áreas auxilia na escolha das técnicas de irrigação e manejo das culturas agrícolas. Existem diferentes metodologias de classificação climática (AYOADE, 2003; BELDA *et al*., 2014) e uma das mais utilizadas é a de Wladimir Köppen (KOTTEK *et al*., 2006), por depender apenas das variáveis precipitação e temperatura do ar (mais detalhes na seção 2). Como essa classificação climática foi utilizada por Rudolf Geiger que publicou um mapa dos tipos climáticos em 1961, a mesma passou a ser conhecida como classificação de Köppen-Geiger (KOTTEK *et al*., 2006). Sá Júnior (2009), com base no banco de dados do WordClim (HIJMANS *et al*., 2005) e na classificação climática de Köppen-Geiger, identificou três principais tipos climáticos no estado de MG: Aw (clima tropical de savana com estação seca no inverno) cobrindo 67% da área total do estado, Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente), cobrindo 21% e Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente) em 11% da área de MG. No setor oeste de MG predomina o clima Aw, enquanto no sul e nas regiões com topografia elevada o Cwa e Cwb. Reboita, Souza e Ramalho (2013) também identificaram o predomínio do clima Cwa em Itajubá, cidade localizada no sul de MG.

Outra forma de caracterizar o clima de uma região é através do índice de aridez (IA). Esse índice é definido como a razão da precipitação (mm) pela evapotranspiração potencial (mm; que expressa o potencial de evapotranspiração para as condições meteorológicas vigentes), conforme a recomendação da Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação (UNCCD; UNEP, 1997). O IA permite a definição de intervalos de deficiência e excesso hídrico dentro de um período de tempo específico. As classes desse índice são: $IA<0,05$ condições hiperáridas; $0,05 \leq IA<0,20$ condições áridas; $0,20 \leq IA<0,5$ condições semi-áridas; $0,5 \leq IA<0,65$ condições sub-úmida seca; $0,65 \leq IA<1,0$ condições sub-úmida úmida; e $IA \geq 1,0$ condições úmidas. Verbist *et al.* (2010) elaboraram um mapa de aridez para a América Latina e Caribe onde no inverno se observa uma predominância do clima árido em MG.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo apresentar, com base em dados meteorológicos recentes e de diferentes fontes, os aspectos climáticos de MG: precipitação, temperaturas mínimas, médias e máximas, direção e intensidade do vento a 10 metros de altura, classificação climática de Köppen-Geiger e índice de aridez. Esse trabalho justifica-se como sendo um guia climático de MG, servindo tanto para tomadores de decisão e setores agrícolas e educacionais.

2. METODOLOGIA

Os dados utilizados nesse estudo são provenientes de diferentes fontes e encontram-se descritos na sequência.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Hipsometria e Uso e Cobertura do Solo: Para a elaboração do mapa hipsométrico de MG (Fig. 1) foram utilizados dados obtidos do modelo digital de elevação *Global 30 Arc-Second Elevation* (GTOPO30), elaborado pela *United States Geological Survey* (USGS), apresentando uma resolução espacial de aproximadamente 1 km.

A construção do mapa de uso e ocupação do solo (Fig. 2) foi realizada através dos dados do projeto *Global Land Cover 2000* (GLC2000), que é coordenado pelo *European Commission's Joint Research Centre*. O projeto utiliza o sistema de classificação de uso e cobertura do solo proposto pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) e tem como referência o ano 2000.

Temperatura do Ar e Precipitação: Foram obtidos totais mensais de precipitação e médias mensais de temperatura do ar mínima e máxima de MG, do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET; http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/). A temperatura média do ar foi determinada através da média entre as temperaturas mínimas e máximas. Inicialmente foram selecionadas 48 estações meteorológicas distribuídas por todo o estado. O período das séries temporais selecionado foi de 1998 a 2012.

Após a obtenção dos dados meteorológicos, realizou-se um controle de qualidade nos mesmos, conforme recomendações da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1983). O primeiro passo foi a identificação de dados errôneos nas séries temporais. Dados errôneos são aqueles valores que uma determinada variável não pode assumir na região de interesse como, por exemplo, temperatura máxima mensal de 60°C em MG. Para a identificação de possíveis dados errôneos nas séries temporais, Sugahara *et al*. (2012) sugere a criação de limiares baseados na estatística da Variação Interquartil (*Interquartile Range*, IQR). O IQR é simplesmente a diferença entre os quartis superior (Q75%) e inferior (Q25%) de uma série de dados (WILKS, 2006). Para a precipitação o limiar superior foi definido por N = Q98% + 3 IQR, sendo Q98% o percentil de 98%. Embora pudesse ser determinado um limiar inferior para a precipitação uma vez que foram utilizados dados mensais, deixou-se o estudo menos restritivo, utilizando o limiar zero. Já para as temperaturas do ar, foram criados limiares superiores e inferiores, também seguindo Sugahara *et al*. (2012), onde N = Q75% ± 3 IQR e Q75% é o percentil de 75%. Nesse caso, os possíveis valores errôneos se localizam acima ou abaixo dos intervalos apresentados.

No presente estudo não foram identificados dados errôneos, tanto de precipitação quanto de temperatura mínima e máxima. É importante mencionar que na ocorrência de valor que exceda tais limiares, deve-se comparar o dado com o de estações próximas. Se pelo menos uma estação mostrar caso similar, o dado não deve ser descartado. Outra análise realizada para identificar dados errôneos nas temperaturas foi a comparação entre as máximas e as mínimas, isto é, as temperaturas mínimas (máximas) não podem ser maiores (menores) do que as máximas (mínimas). Nessa análise também não foram encontrados erros. O passo seguinte consistiu da identificação de dados faltantes nas séries temporais. Aquelas estações meteorológicas que apresentaram falhas superiores a 20% do total de seus dados em uma das três variáveis analisadas foram excluídas do estudo. Nessa análise foram excluídas oito estações meteorológicas restando quarenta para o estudo. A localização das estações meteorológicas é mostrada na Figura 3 e Tabela 1.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Para o preenchimento das falhas, foram utilizados os dados de estações meteorológicas vizinhas, isto é, se havia falha na temperatura máxima em um dado mês, procurou-se a estação meteorológica mais próxima e calculou-se o coeficiente de correlação temporal. Se esse coeficiente foi maior ou igual a 0,6 preencheu-se a falha da variável com o dado da estação meteorológica vizinha. Esse procedimento é similar ao usado por Minuzzi, Vianello e Sediyama (2010) e Silva e Reboita (2013). Em alguns casos, as estações meteorológicas vizinhas também apresentaram falhas no mesmo mês e ano. Nesse caso, computou-se a média daquele mês em cada estação, considerando-se todos os anos da série temporal, e preencheu-se a falha. Esse procedimento foi similar ao realizado por Krusche, Saraiva e Reboita (2002).

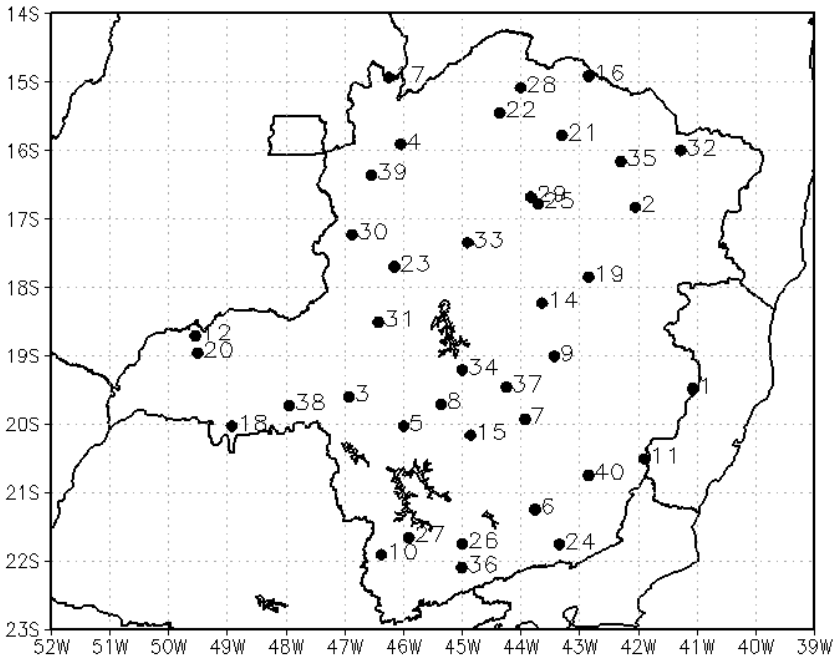


Figura 3 Localização das 40 estações meteorológicas de MG utilizadas no estudo. A identificação destas encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 Localização das 40 estações meteorológicas de MG utilizadas no estudo. Fonte: INMET.

Identificador	Cidade	Código	Latitude(°)	Longitude(°)	Altitude(m)
1	Aimorés	83595	-19,49	-41,07	82,74
2	Aracuai	83442	-16,83	-42,05	289
3	Araxá	83579	-19,60	-46,93	1023,61
4	Arinos	83384	-15,91	-46,05	519
5	Bambuí	83582	-20,03	-46,00	661,27
6	Barbacena	83689	-21,25	-43,76	1126
7	Belo Horizonte	83587	-19,93	-43,93	915
8	Bom Despacho	83533	-19,71	-45,36	695
9	C. do Mato Dentro	83589	-19,01	-43,43	652

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

10	Caldas (P. de Caldas)	83681	-21,91	-46,38	1150
11	Caparão	83639	-20,51	-41,90	843,18
12	Capinópolis	83514	-18,71	-49,55	620,6
13	Curvelo	83536	18,75	-44,45	672
14	Diamantina	83538	-18,23	-43,64	1296,12
15	Divinópolis	83635	-20,16	-44,86	788,35
16	Espinosa	83338	-14,91	-42,85	569,64
17	Formoso	83334	-14,93	-46,25	840
18	Frutal	83574	-20,03	-48,93	543,67
19	Itamarandiba	83488	-17,85	-42,85	1097
20	Ituiutaba	83521	-18,96	-49,51	560
21	Janaúba	83395	-15,78	-43,3	516
22	Januário	83386	-15,45	-44,36	473,71
23	João Pinheiro	83481	-17,70	-46,16	760,36
24	Juiz de Fora	83692	-21,76	-43,35	939,96
25	Juramento	83452	-16,78	-43,71	650
26	Lavras	83687	-21,75	-45,00	918,84
27	Machado	83683	-21,66	-45,91	873,35
28	Muzambinho	83389	-15,08	-44,01	452
29	Montes Claros	83437	-16,68	-43,83	646,29
30	Paracatu	83479	-17,23	-46,88	712
31	Patos de Minas	83531	-18,51	-46,43	940,28
32	Pedra Azul	83393	-16,00	-41,28	648,91
33	Pirapora	83483	-17,35	-44,91	502,24
34	Pompeu	83570	-19,21	-45,00	690,91
35	Salinas	83441	-16,16	-42,30	471,32
36	São Lourenço	83736	-22,10	-45,01	953,2
37	Sete Lagoas	83586	-19,46	-44,25	732
38	Uberaba	83577	-19,73	-47,95	737
39	Unaí	83428	-16,36	-46,55	460
40	Viçosa	83642	-20,75	-42,85	689,73

Como 40 estações meteorológicas não foram suficientes para fazer uma cobertura espacial de dados em MG, optou-se por interpolar espacialmente os dados dessas estações. Para isso, foi utilizado o método de Cressman (1959) considerando uma resolução horizontal de 0,2°. A **Figura 4** mostra que a interpolação espacial dos dados com o método de Cressman também não foi suficiente para cobrir espacialmente o estado de MG. Para contornar esse problema foram utilizados dados de pontos de grade de temperatura máxima e mínima da reanálise ERA-Interim (DEE *et al*., 2011) nas localizações com falhas espaciais dessas variáveis. Essa reanálise possui resolução horizontal de 0,75° de latitude por longitude, ou seja, a reanálise é um conjunto em que os dados são distribuídos de forma regular no espaço e no tempo. Tais dados são uma combinação de observações obtidas por vários tipos de instrumentos e de resultados de modelagem numérica. Antes da utilização da reanálise, foi efetuada uma comparação entre pontos de grade e dados medidos em estações meteorológicas. Um exemplo para o caso da temperatura mínima é mostrado

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

para dois pontos extremos de MG: Janaúba no norte e Lavras no sul do estado **(Fig. 5).** Nessas duas localidades, as séries temporais da ERA-Interim e do INMET apresentaram correlação acima de 0,9, indicando que a variabilidade temporal é bem representada pela reanálise. Além disso, os valores de ambas as séries são muito próximos. Tais resultados justificam a utilização da reanálise para o preenchimento espacial das falhas.

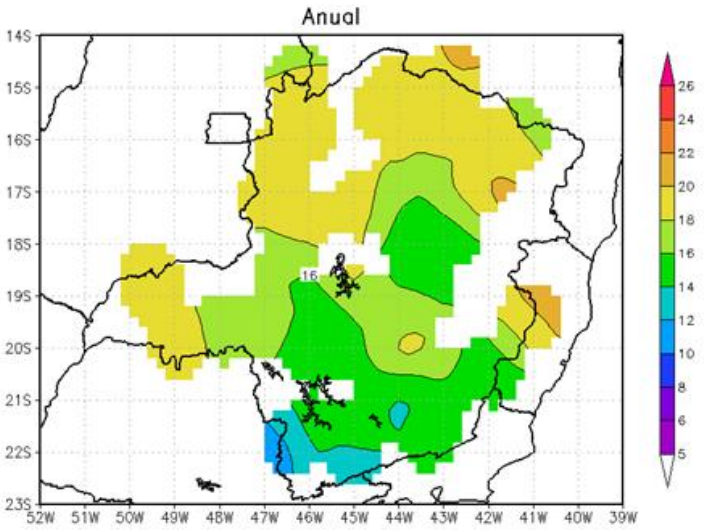


Figura 4 Média anual da temperatura mínima (°C), entre 1998 a 2012, interpolada com o método de Cressman usando apenas os dados das 40 estações meteorológicas.

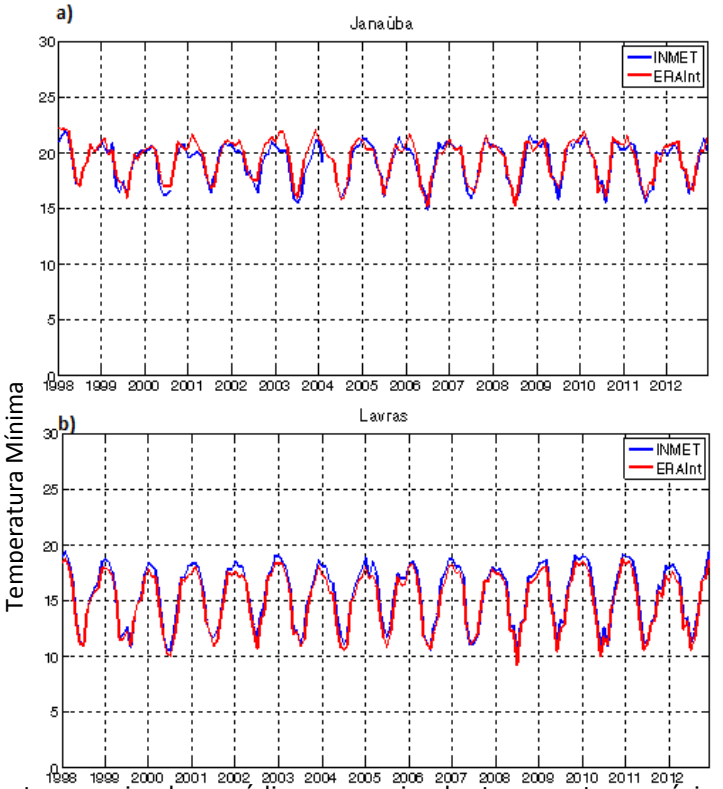


Figura 5 Séries temporais das médias mensais da temperatura mínima em (a) Janaúba (15°48'13"S e 43°19'3"W) e (b) Lavras (21°14'43"S e 44°59'59"W), no período de 1998 a 2012, da reanálise ERA-Interim (vermelho) e do INMET (azul).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Para sanar o problema das falhas espaciais da precipitação foram utilizados dados do *Global Climatology Precipitation Centre* (GPCC), que possuem resolução horizontal de 1º x 1º de latitude por longitude (SCHNIDER *et al.*, 2014). As "análises de observação" (dados interpolados em pontos de grade) têm sido utilizadas por diferentes autores para o preenchimento de falhas da precipitação (NASCIMENTO *et al*., 2010; SILVA; REBOITA, 2013). A **Figura 6** mostra a comparação de dados mensais de precipitação do GPCC com dados da estação do INMET de Lavras. A correlação entre os dados é de 0,96.

Os mapas sazonais e anuais das variáveis atmosféricas após o tratamento descrito são apresentados nos resultados.

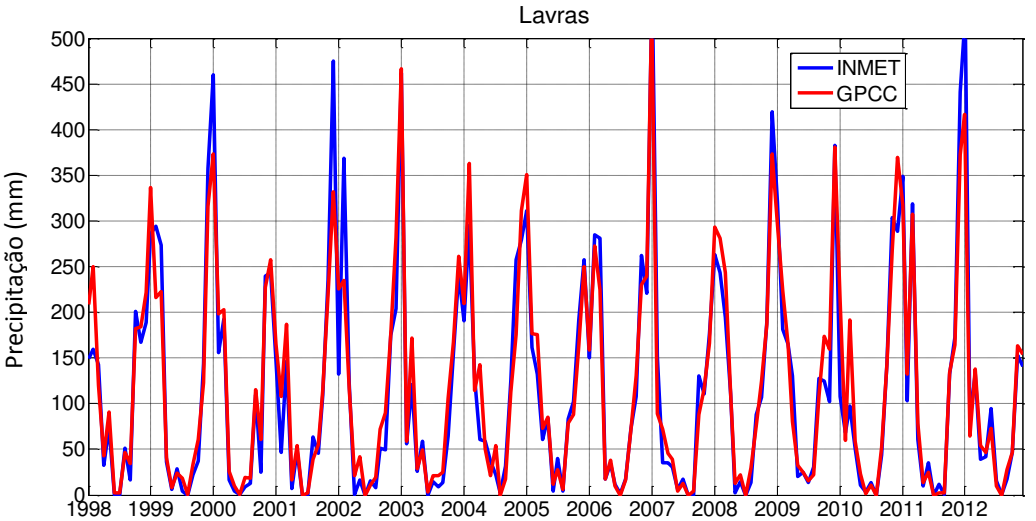


Figura 6 Comparação de dados mensais de precipitação do GPCC (linha vermelha) com dados da estação do INMET (linha azul) de Lavras (21°14'43"S e 44°59'59"W), no período de 1998 a 2012.

Intensidade e direção dos ventos a 10 metros de altura: as componentes zonal e meridional do vento a 10 metros de altura foram obtidas do *Cross-Calibrated Multi-Platform (CCMP) Ocean Surface Wind Components* (ATLAS *et al.*, 2011), versão L3.0. O CCMP é resultado da combinação de dados derivados de vários sensores TRMM TMI, QuikSCAT, WindSat, SSM/I, SSMIS, AMSR-E entre outros e de análise e reanálise da ERA-40 do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). A resolução horizontal do CCMP é de 0,25°, a temporal de 6 horas e os dados estão disponíveis de 02 de julho de 1987 a 31 de dezembro de 2011 em todas as longitudes do globo entre 78,5° de latitude sul e norte. No presente estudo, as médias sazonais e anual das componentes do vento foram calculadas no período de 1988 a 2011 e, após, foram elaborados mapas com a intensidade e os vetores da direção dos ventos sobre MG e arredores.

Classificação climática de Köppen-Geiger: com base nos dados interpolados de temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) determinados em pontos de grade no estado de MG e descritos anteriormente, foi possível determinar a classificação climática de Köppen-Geiger. Para tanto, utilizou-se um código desenvolvido em *Matlab* pelo *Santander Meteorology Group*

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

(http://www.meteo.unican.es/en/software/meteolab) que se baseou no estudo de Kottek *et al*. (2006). Fornece-se ao código a climatologia mensal da temperatura média do ar e da precipitação em cada ponto de grade. Esse computa a média em dois períodos: na estação quente (meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) e na estação fria (demais meses do ano). Após esta etapa, o código identifica os tipos climáticos com base nos limiares apresentados nas **Tabelas 2** e **3** (adaptadas de KOTTEK *et al*., 2006). Em tais tabelas as abreviações indicam que: T_{an} é a temperatura média anual do ar a 2 metros de altura e T_{max} e T_{min} são, respectivamente, a temperatura média mensal do mês mais quente e frio. P_{an} é o total anual de precipitação e P_{min} é a precipitação do mês mais seco. Já P_{smin}, P_{smax}, P_{wmin} e P_{wmax} são os menores e maiores totais mensais de precipitação do verão (P_s) e inverno (P_w), sendo considerado o verão os meses de outubro a março e o inverno, os demais meses do ano. P_{th} é um limiar da precipitação que depende da média anual de temperatura (ver equação 2.1 de Kottek *et al*., 2006 para maiores detalhes).

Tabela 2 Limiares para determinar a classificação climática de Köppen-Geiger para as duas primeiras letras de tal classificação. Adaptado de Kottek *et al*. (2006).

Tipo	Descrição	Critério
A	Climas tropicais chuvosos	$T_{min} \geq +18^oC$
Af	Clima tropical úmido ou clima equatorial de floresta	$P_{min} \geq 60$ mm
Am	Clima tropical de monção	$P_{an} \geq 25\ (100 - P_{min})$
As	Clima tropical de savana (Cerrado) com estação seca no verão	$P_{min} < 60$ mm no verão
Aw	Clima tropical de savana (Cerrado) com estação seca no inverno	$P_{min} < 60$ min no inverno
B	Climas Áridos	$P_{an} < 10\ P_{th}$
Bs	Clima de estepes	$P_{an} > 5\ P_{th}$
Bw	Clima de deserto	$P_{an} \leq 5\ P_{th}$
C	Climas temperados quentes	$-3^oC < T_{min} < +18^oC$
Cs	Clima temperado quente com verão seco	$P_{smin} < P_{wmin}$, $P_{wmax} > 3\ P_{smin}$ e $P_{smin} < 40$ mm
Cw	Clima temperado quente com inverno seco	$P_{wmin} < P_{smin}$ e $P_{smax} > 10\ P_{wmin}$
Cf	Clima temperado quente sem estação seca	Que não se encaixe em Cs ou Cw
D	Climas com neve	$T_{min} \leq -3^oC$
Ds	Clima com neve e verão seco	$P_{smin} < P_{wmin}$, $P_{wmax} > 3\ P_{wmin}$ e $P_{smin} < 40$ mm
Dw	Clima de neve com inverno seco	$P_{wmin} < P_{smin}$ e $P_{smax} > 10\ P_{wmin}$
Df	Clima de neve extremamente úmido	Que não se encaixe em Ds ou Dw
E	Climas Polares	$T_{max} < +10^oC$
Et	Clima de tundra	$0^oC \leq T_{max} < +10^oC$
Ef	Clima das calotas polares	$T_{max} < 0^oC$

A classificação de Köppen-Geiger distingue cinco grupos climáticos que são associados com diferentes vegetações: plantas da zona tropical (A), zona árida (B), zona temperada quente (C), zona com neve (D) e zona polar (E). As letras entre parênteses correspondem a primeira da classificação. A segunda letra considera a precipitação, por exemplo, Cw para clima temperado com inverno seco. Já a terceira letra indica a temperatura do ar, por exemplo, Cwa para clima temperado com inverno seco e verão quente.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

É importante ressaltar que para os climas polares (E) somente condições de temperatura são definidas. Isso implica que os climas polares (E) devem ser determinados primeiramente, seguidos dos climas áridos (B) e, subsequentemente, pelos climas tropicais (A), temperados quentes (C) e climas de neve (D). Maiores detalhes sobre os critérios estão em Kottek *et al*. (2006).

Tabela 3 Limiares para determinar a terceira letra da classificação da temperatura: *h* e *k* para climas áridos (B) e de *a* a *d* para climas temperados quente (C) e com neve (D). Para o tipo *b*, verão quente, um limiar de temperatura de +10ºC tem que ocorrer no mínimo em 4 meses. Adaptada de Kottek *et al*. (2008).

Tipo	Descrição	Critério
h	estepe quente/deserto	$T_{an} \geq +18^oC$
K	estepe frio/deserto	$T_{an} \leq -18^oC$
a	verão quente	$T_{max} \geq +22^oC$
b	verão não muito quente	No mínimo 4 $T_{mensal} \geq +10^oC$
c	verão fresco e inverno frio	$T_{min} > -38\ ^oC$
d	extremamente continental	$T_{min} \leq -38\ ^oC$

Índice de aridez (IA): é definido com a razão da precipitação (mm) pela evapotranspiração potencial (mm). A evapotranspiração potencial é uma grandeza que pode ser estimada por vários métodos, por exemplo, o de Thornthwaite (1948). No presente estudo, a evapotranspiração potencial não foi estimada, uma vez que se utilizaram os dados em pontos de grade dessa variável já determinada pelo *Climatic Research Unit* (CRU) da *University of East Anglia* (MITCHELL; JONES, 2005; www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg). Esses dados possuem resolução horizontal de $0,5^o$ e se estendem de 1901 a 2010. Entretanto, no estudo, o período utilizado foi de 1980 a 2010. Para não necessitar modificar a resolução horizontal dos dados de precipitação ($0,2^o$), descritos anteriormente e, também, incluir um maior número de anos no cálculo do IA, se utilizaram os dados de precipitação disponibilizados pelo CRU. Por fim, elaboram-se os mapas sazonais e anual do IA em MG.

***Softwares*:** para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizados diferentes *softwares*: GraDS, Matlab e ArcGIS. Uma vez que se obtiveram as variáveis precipitação e temperaturas mínima, média e máxima em pontos de grade com a interpolação de Creesman, os mapas foram construídos no ArcGIS. Nesse, a plotagem foi realizada usando o método de interpolação kriging. De acordo com Viola *et al*. (2010), esse é um bom método para representar a temperatura do ar e a precipitação.

3. RESULTADOS

3.1 Precipitação

A Figura 7 mostra que o verão é a estação mais chuvosa de MG e o inverno a mais seca. Essa também revela que o setor centro-sul do estado é mais úmido, enquanto o setor extremo norte é mais seco. No verão (Fig. 7a), a precipitação no centro-sul do estado pode alcançar 900 mm, o que é cerca de 60% da precipitação total anual. Já no norte de MG a precipitação nessa estação do ano é de cerca de 400 mm. Esses valores no inverno reduzem para aproximadamente 50 e 25 mm, respectivamente. Tais resultados concordam

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

com os de Silva e Reboita (2013). O verão chuvoso em MG se deve aos sistemas que compõem a MSA, uma vez que estão bem atuantes nessa época do ano. Entre eles, tem-se o deslocamento do ASAS para leste contribuindo para a advecção horizontal de ar úmido sobre a região sudeste do Brasil (Fig. 9a). Já durante o inverno, com o enfraquecimento da convecção local, dos sistemas de monção e também com o deslocamento do ASAS para próximo (e sobre) do continente (Fig. 9c), há condições desfavoráveis para a precipitação. Como mostrado por Silva, Reboita e Rocha (2014), grande parte da chuva no sul de MG no inverno ocorre quando as frentes frias conseguem romper a alta pressão do ASAS.

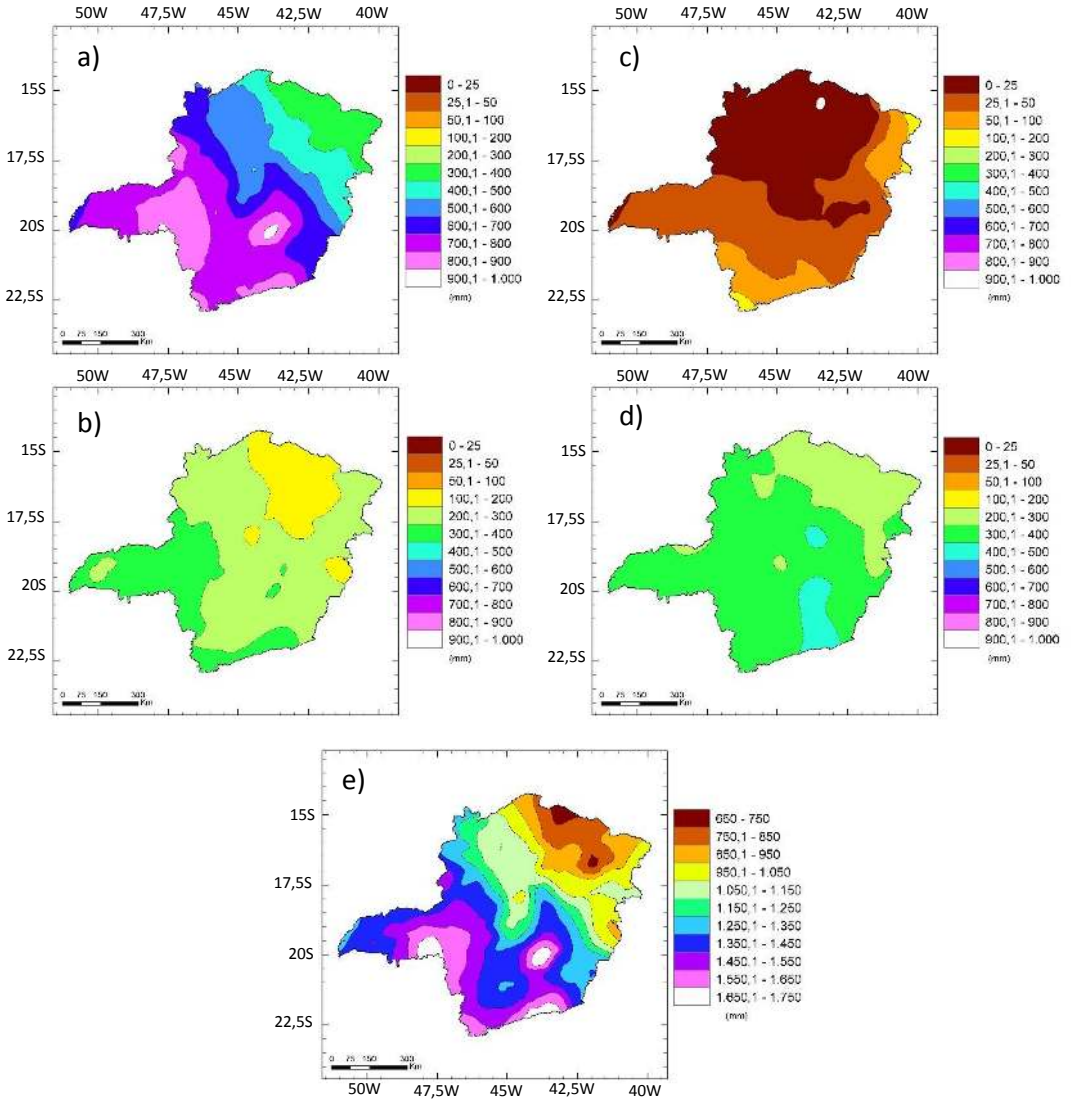


Figura 7 Precipitação (mm) média sazonal e anual em Minas Gerais no período de 1998 a 2012: a) verão, b) outono, c) inverno, d) primavera e e) média anual.

Nas estações de transição, a precipitação tem valores menores do que no verão, porém maiores do que no inverno. No outono (Fig. 7b), o setor oeste e extremo sul de MG são os mais chuvosos (~400 mm) e o setor norte o mais seco, com totais inferiores a 200 mm. Na primavera (Fig. 7d), há precipitação

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

de cerca de 500 mm no sudeste do estado, enquanto no extremo norte os valores são inferiores a 300 mm. Com relação aos totais anuais de precipitação (Fig. 7e), o setor centro-sul do estado concentra os maiores totais, onde em algumas áreas há precipitação superior a 1600 mm, e o setor centro-norte os menores. No extremo norte desse último, o total anual de precipitação não excede a 850 mm.

Em todos os quadros da Figura 7 nota-se que os maiores valores de precipitação entre as longitudes 43º e 45º se estendem do sul para o centro do estado. Esse fato pode ser decorrente da variação topográfica (rugosidade), Figura 1, que proporciona turbulência e favorece a instabilidade das parcelas de ar.

3.2 Temperatura do Ar

A Figura 8 apresenta as médias sazonais e anual das temperaturas mínima, média e máxima de MG. É importante notar que, embora elas sejam apresentadas num mesmo painel, suas escalas de cores possuem diferentes valores. De forma geral, as menores médias das temperaturas (mínima, média e máxima) ocorrem no sul do estado, fato associado tanto com a maior latitude dessa região quanto à elevação topográfica. As temperaturas também mostram valores mais baixos entre 43º-44ºW e 17-18ºS, devido à topografia elevada da Serra do Espinhaço. Conforme mostra a Figura 8, o ciclo diurno das temperaturas em MG tem grande amplitude. Por exemplo, no sul de MG a temperatura mínima no verão é de cerca de 18ºC enquanto que a temperatura máxima é de 28ºC, o que corresponde a 10ºC de diferença entre o período mais frio e mais quente do dia. Já no setor noroeste do estado, a temperatura mínima é de 20ºC, enquanto a máxima é de 31ºC. Fazendo a mesma análise para o inverno, no sul do estado a temperatura mínima é de cerca de 11ºC e a máxima de 25ºC, e no noroeste de MG, 16ºC e 29ºC, respectivamente.

Em toda a área do estado de MG as menores temperaturas mínimas são registradas no inverno (Fig 8c). De fato, essa é a estação mais fria do ano e a atuação do setor oeste do ASAS sobre as regiões sul e sudeste do Brasil nessa época contribui para movimentos subsidentes, o que inibe a convecção e propicia céu claro. Com isso, há grande perda radiativa durante à noite implicando em baixos valores de temperatura mínima. Por outro lado, nem todo o estado apresenta maiores valores de temperatura máxima no verão (Fig. 8k). Nos setores oeste e noroeste de MG as temperaturas máximas ocorrem na primavera (Fig. 8n). Isso pode estar associado à ocorrência de céu menos nebuloso na primavera do que no verão, quando há menos dias com precipitação do que no verão (SILVA, 2013). Quando o céu é menos nebuloso mais radiação solar consegue atingir a superfície, facilitando o aquecimento dessa e do ar adjacente.

Com relação as médias anuais das temperaturas (Figs. 8e-j-o), no sul de MG a média da temperatura mínima é de cerca de 14ºC, da média é de 21ºC e da máxima é de 27ºC. Já no noroeste do estado, esses valores são, respectivamente, 19º, 25º e 31ºC.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

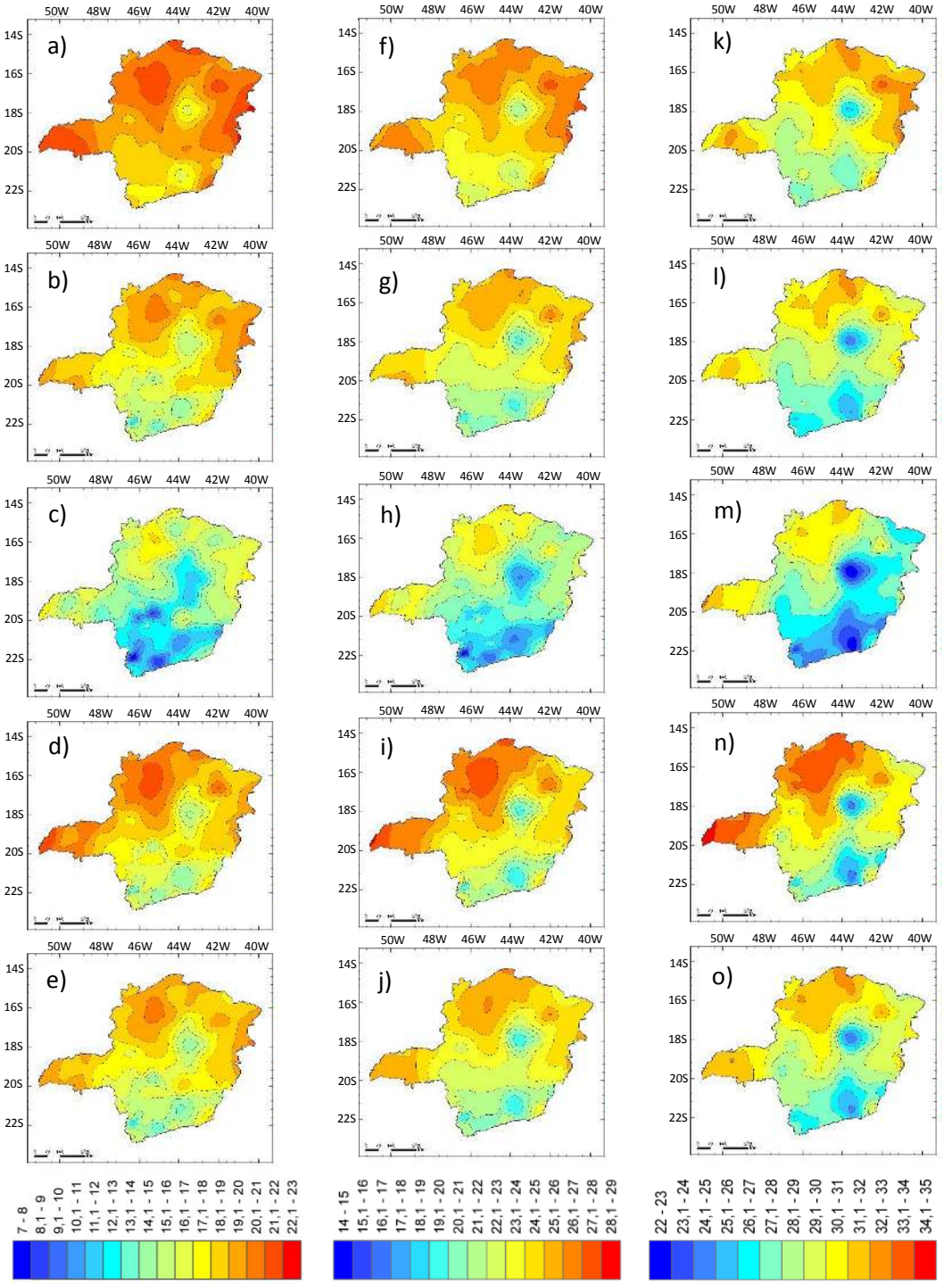


Figura 8 Temperaturas (ºC) média sazonal e anual em Minas Gerais no período de 1998 a 2012: na coluna esquerda tem-se a temperatura mínima, na central a temperatura média e na direita a temperatura máxima. Já as linhas correspondem as estações do ano, sendo a primeira linha o verão, a segunda o outono, a terceira o inverno e a quarta a primavera. A média anual das temperaturas é apresentada na quinta linha. Obs.: as escalas de cores não são iguais nas três colunas.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

3.3 INTENSIDADE E DIREÇÃO DOS VENTOS a 10 M DE ALTURA

A Figura 9 mostra os ventos em escala sinótica em parte da América do Sul e sudoeste do oceano Atlântico Sul. No verão (Fig. 9a), o centro do ASAS encontra-se deslocado para leste comparado ao inverno (Fig. 9c), ocupando as latitudes entre 25º e 30ºS e os ventos do setor noroeste desse sistema atingem o estado de MG propiciando ventos de nordeste. À medida que os ventos adentram MG eles enfraquecem. Assim, os ventos mais intensos ocorrem no nordeste de MG (~3 m/s) e os mais fracos no extremo sul do estado (1,0 m/s). Devido à configuração do ASAS no verão, há favorecimento no transporte de umidade do oceano para o continente através desse sistema e, consequentemente, à precipitação em MG. Além disso, quando os ventos de nordeste convergem com o escoamento do JBN há formação de zonas de convergência de umidade e até da ZCAS, se outros fatores também forem favoráveis.

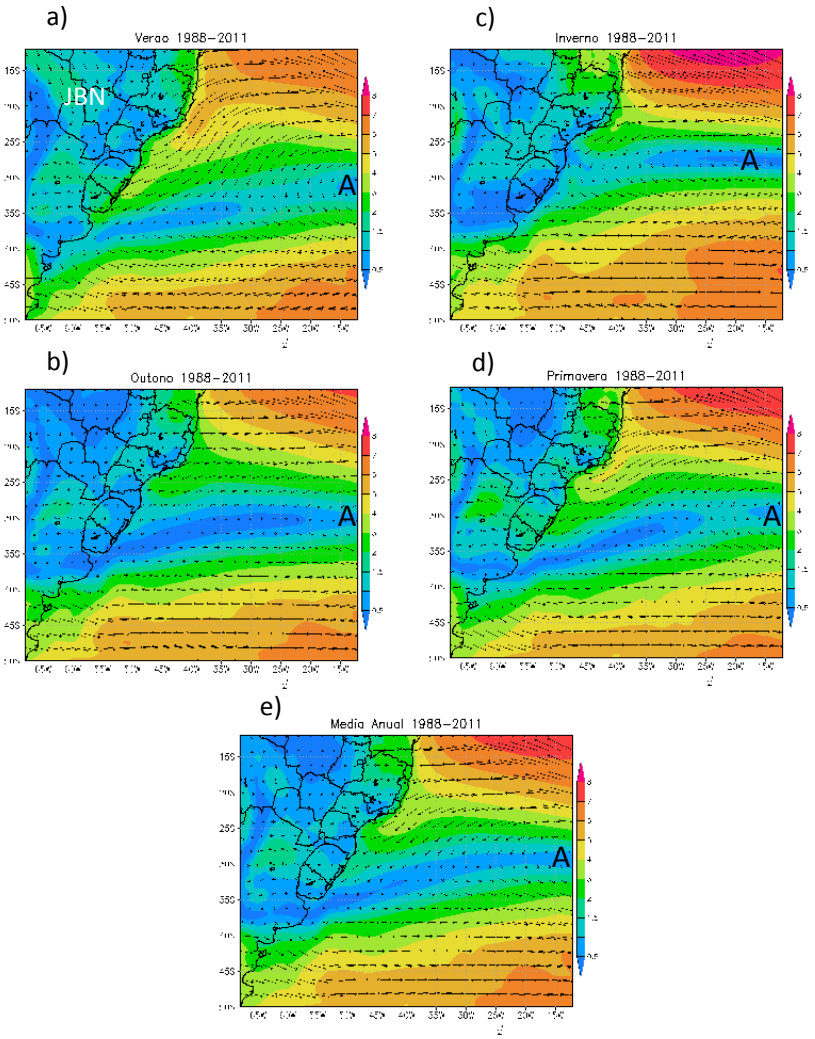


Figura 9 Intensidade (m/s em cores) e direção do vento (vetores) a 10 metros de altura: médias sazonais e anual no período de 1988 a 2011. O vetor de referência abaixo das figuras tem magnitude de 2 m/s. A letra A indica a posição central do ASAS e a sigla JBN, a localização do jato de baixos níveis a leste dos Andes no verão.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

No inverno (Fig. 9c), o centro do ASAS está deslocado para oeste, ocupa latitudes entre 20º e 25º S e, diferentemente do verão, esse sistema acaba se estendendo sobre as regiões sul e sudeste do Brasil. Nessa época do ano, os ventos são de leste no centro norte do estado, com intensidade de cerca de 3 m/s e assumem uma ligeira componente de norte no centro-sul de MG com magnitude de cerca de 1 m/s. Os ventos fracos sobre o centro-sul de MG ocorrem devido parte do setor oeste do ASAS se localizar sobre o continente. Essa configuração favorece a subsidência e, portanto, a inibição de chuva e condições propícias para a concentração de poluição atmosférica. A configuração do ASAS em qualquer época do ano pode ser alterada pela passagem de frentes frias que, em geral, propiciam a ocorrência de instabilidade atmosférica e chuva.

O padrão da circulação atmosférica a 10 m de altura no outono (Fig. 9b) é muito similar ao do inverno, enquanto o da primavera (Fig. 9d), ao do verão. Em termos de média anual (Fig. 9e), o ASAS tem seu centro localizado a cerca de 30º S e os ventos mais fracos se localizam entre o centro desse sistema e ao sul do Uruguai. Em MG, os ventos têm direção nordeste (~1,5 a 2 m/s) em quase todo o estado, exceto no extremo norte onde predominam ventos de leste (3 m/s).

3.4 Classificação Climática de Köppen-Geiger

O mapa da classificação climática de Köppen-Geiger elaborado para o estado de MG (Fig. 10) indica uma predominância do clima Aw, isto é, um clima tropical com inverno seco. Entretanto, por influência das regiões de altitude elevada, o extremo sul do estado e a região entre 18ºS e 43ºW possuem climas Cwa e, inseridas nessas, menores áreas com o Cwb. Esses climas também possuem inverno seco, mas com temperaturas um pouco menos elevadas do que no Aw. Além disso, no Cwa o verão é mais quente do que o CWb (Tabela 3). Tais resultados são similares aos de Sá Júnior (2009) e, também, aos de Reboita, Souza e Ramalho (2013) que verificaram a predominância do clima Cwa na cidade de Itajubá, localizada no sul de MG. Além desses tipos climáticos, no extremo oeste do estado há o clima Am e no extremo norte, uma pequena área com os climas Bsh e Bwh.

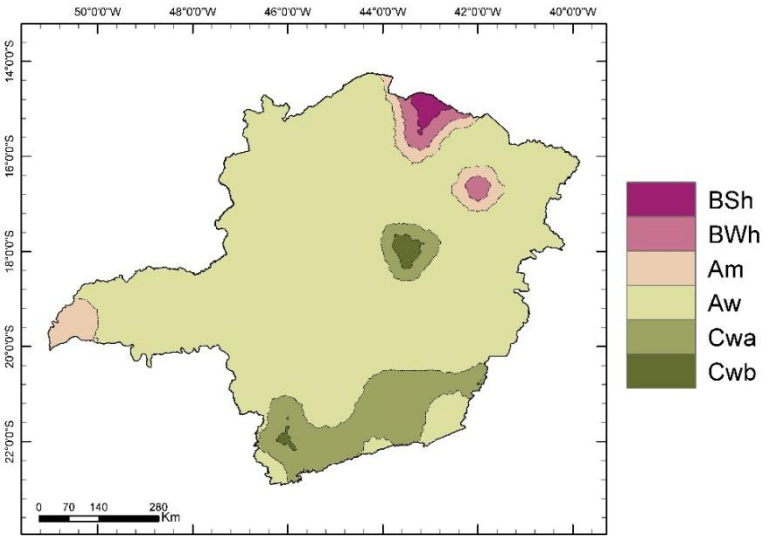


Figura 10 Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Minas Gerais considerando o período de 1998 a 2012.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

3.5 Índice de Aridez

O IA sazonal e anual em MG é mostrado na Figura 11. O verão é caracterizado por IA>1, o que indica a predominância de condições úmidas em todo o estado, sendo que na faixa noroeste-sudeste de MG os valores de IA ultrapassam a 2 (Fig. 11a); fato que está associado com a ocorrência da MSA. No outono, o centro-sul de MG ainda permanece com condições úmidas (IA>1), enquanto nas latitudes entre 18º e 16ºS as condições são sub-úmida úmidas (0,65≤IA<1,0) e a norte dessas latitudes há uma pequena área com IA semi-árido (0,2≤IA<0,5), Fig. 11b. No inverno, em uma grande porção central e noroeste do estado há condições áridas, enquanto que no extremo norte do território o IA atinge valores menores que 0,05, característico de regiões hiper-áridas (Fig. 11c). Já na primavera (Fig. 11d), o IA volta a ser úmido em grande parte de MG (das latitudes de 22º a 16ºS); nessa época do ano o extremo norte do estado apresenta setores com IA sub-úmido úmido e sub-úmido seco. Com relação ao IA médio anual (Fig. 11e), predominam condições úmidas em todo o Estado, exceto no extremo norte que mostra condições sub-úmida úmidas.

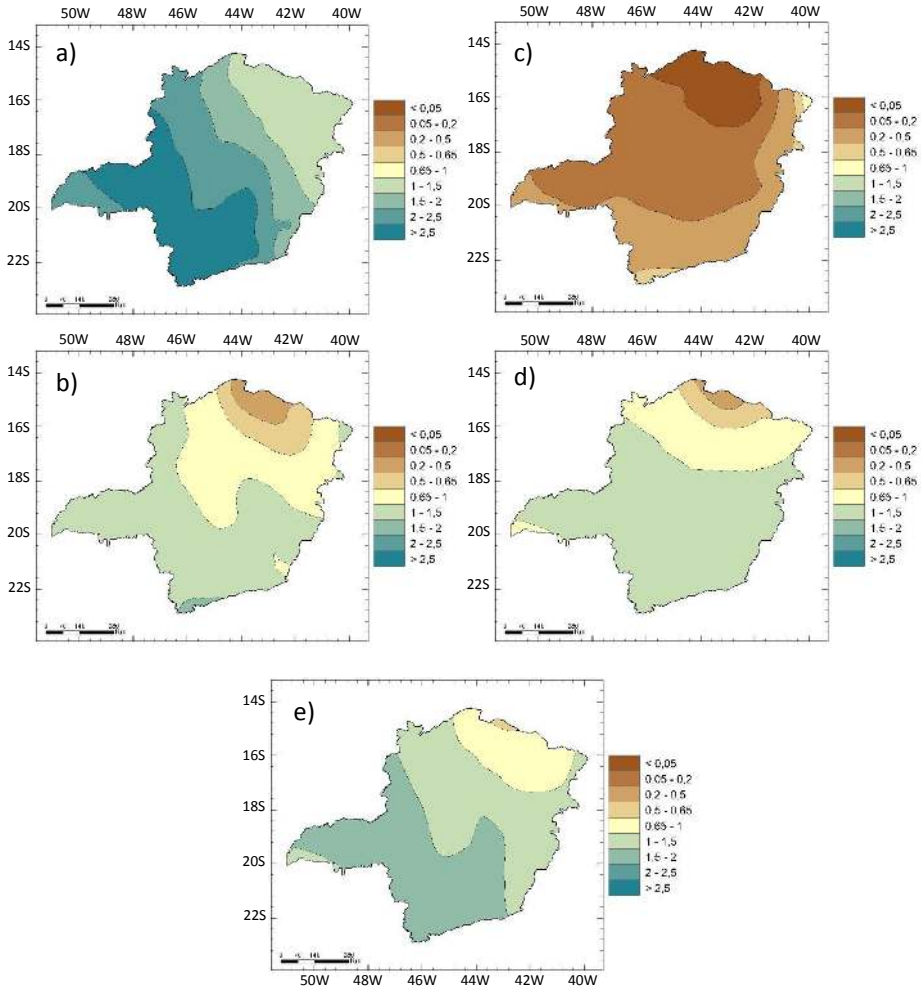


Figura 11 Índice de aridez médio sazonal e anual em Minas Gerais no período de 1980 a 2010: a) verão, b) outono, c) inverno, d) primavera e e) média anual.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

4. CONCLUSÕES

Este estudo apresentou os principais aspectos do clima de MG a fim de servir de guia para tomadores de decisão, práticas agrícolas, ensino etc.

Mostrou-se que há variação espacial e temporal na precipitação, nas temperaturas mínima, média e máxima, intensidade e direção do vento a 10 metros de altura e no índice de aridez. Os totais de precipitação são maiores no verão devido tanto à atividade convectiva local quanto à ocorrência dos sistemas da MSA, sendo que nessa época a precipitação é quase 60% do total anual. Na região sul do estado, por exemplo, os totais no verão são de 900 mm e no inverno de 50 mm. As temperaturas (mínima, média e máxima) em MG são influenciadas pela latitude, altitude, continentalidade e pelo predomínio do ASAS no inverno. Esse último, contribui para a ocorrência de noites claras e, portanto, para temperaturas mínimas baixas em função da grande perda radiativa noturna. As menores temperaturas mínimas ocorrem no inverno em toda a área do estado, enquanto que nem todas as áreas mostram temperaturas máximas no verão. Nos setores oeste e noroeste do estado, as máximas ocorrem na primavera. Com relação as médias anuais das temperaturas, no sul de MG a média da temperatura mínima é de cerca de 14ºC, da média é de 21ºC e da máxima é de 27ºC. Já no noroeste do estado, esses valores são, respectivamente, 19º, 25º e 31ºC.

A direção predominante dos ventos a 10 m de altura em MG no verão e primavera é de nordeste; já no inverno e outono os ventos são de leste no centro-norte do estado e adquirem uma pequena componente de norte no centro sul. Em termos médios anuais, os ventos têm direção nordeste (~1,5 a 2 m/s) em quase todo estado, exceto no extremo norte onde predominam ventos de leste (3 m/s).

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima Aw é predominante em MG, mas no sul do estado e nas serras do Espinhaço e Mantiqueira também se registram os climas Cwa e Cwb, o que concorda com os resultados de Sá Júnior (2009) e de Reboita, Souza e Ramalho (2013). Por fim, o IA indica condições úmidas entre a primavera e o outono, exceto no norte de MG. No inverno, o IA é semi-árido sobre a porção sul do estado, árido na região central e hiperárido no extremo norte.

5. AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro e aos centros que disponibilizaram os dados utilizados no estudo.

6. REFERÊNCIAS

ATLAS, R.; HOFFMAN, R. N.; ARDIZZONE, J.; LEIDNER, S. M.; JUSEM, J. C.; SMITH, D. K. GOMBOS, D. A cross-calibrated, multiplatform ocean surface wind velocity product for meteorological and oceanographic applications. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 92, p. 157-174, 2011.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; YANAGI, S. N. M.; NETO, O. B. S. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no estado de Minas Gerais. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 4, p. 247-256, 2014.

AYOADE, J. Introdução à climatologia para os trópicos. 9. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

BELDA, M.; HOLTANOVÁ, E.; HALENKA, T.; KALVOVA, J. Climate classification revisited: Köppen to Trewartha. **Climate Research**, v. 4, p. 1-13, 2014.

CRESSMAN, G. P. An operational objective analysis system. **Monthly Weather Review**, v. 87, p. 367- 374. 1959.

DEE, D. P; et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 137, p. 553-597, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Regiões, mesorregiões geográficas do Brasil. Brasília: IBGE, 2006, v. 34, 62p.

GUIMARÃES, D. P.; SANS, L. M. A. Variabilidade Espaço-Temporal da Temperatura Noturna em Minas Gerais. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 26; Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta-Do-Cartucho, Spodoptera Frugiperda**; Simpósio sobre Colletotrichum Graminicola, 1, Belo Horizonte, 2006.

GRIMM, A. M.; VERA, C.; MECHOSO, R. The South American Monsoon System. In: **The Global Monsoon System: Research and Forecast**. CHANG, C.-P.; WANG, B.; LAU, N. C.-G. (eds) WMO/TD 1266 – *TMRP*: pp. 542, 2005. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/tmrp/documents/global_monsoon_system_IWM3.pdf> Acesso em 17 de maio de 2015.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.;JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, p. 217-231, 1988.

KRUSCHE, N.; SARAIVA, J. M. B.; REBOITA, M. S. **Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS**. Departamento de Geociências da Fundação Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande do Sul, 2002.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V.; SILVA DIAS, P. L.; CAVALCANTI, I. F. A.; CARVALHO, L. M. V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L. M. Review recent developments on the South American monsoon system. **International Journal of Climatology**, v. 32, n. 1, p. 1-21, 2012.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento das Chuvas Intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 37-44, 2013.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. M.; MELO JÚNIOR, J. C. F. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 338-344, 2007.

MINUZZI, R. B.; VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C. Oscilações climáticas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 227-236, 2010.

MITCHELL, T. D.; JONES, P. D. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. **International Journal of Climatology**, v. 25, p. 693-712, 2005.

NASCIMENTO, T. S.; SARAIVA, J. M. B.; SENNA, R.; AGUIAR, F. E. O. Preenchimento de falhas em banco de dados pluviométricos com base em dados do CPC (Climate Prediction Center): estudo de caso do Rio Solimões – Amazonas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.7, p. 143-158, 2010.

OLIVEIRA, A. S. I**nterações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia**. INPE-4008-TDL/239, Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

RAMAGE, C. S. **Monsoon Meteorology**. Academic Press, New York and London, 296 p., 1971.

RAO, V. B.; FRANCHITO, S. H.; SANTO, C. M. E; GAN, M. A. An update on the rainfall characteristics of Brazil: seasonal variations and trends in 1979-2011. **International Journal of Climatology**, 2015.

REBOITA, M. S; GAN, M. A; ROCHA, R. P; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **TerraE Didática**, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.

REBOITA, M. S.; SOUZA, D. C.; RAMALHO, V. Water Balance and Aridity Index in Itajubá. In: **V Simpósio Internacional de Climatologia**, 2013, Florianópolis. Interação Oceano-Atmosfera: Impactos Climáticos no Presente e Cenários Futuros, 2013.

REBOITA, M. S.; ASSIREU, A.; SILVA, L. C.; RIOS, N. Evidências de Circulação de Brisa Vale-Montanha na Serra da Mantiqueira: Cidade de Itajubá, MG. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 61-71, 2014.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da Classificação de Köppen para o Zoneamento Climático do Estado de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, 2009.

SCHNEIDER, U.; BECKER, A.; FINGER, P.; MEYER-CHRISTOFFER, A.; ZIESE, M.; RUDOLF, B. GPCC's new land surface precipitation climatology based on quality-controlled in situ data and its role in quantifying the global water cycle. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 115, p. 15-40, 2014.

SILVA, E. D. **Estudo da Precipitação no Estado de Minas Gerais – MG**. Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, 2013.

SILVA, E. D.; REBOITA, M. S. Estudo da Precipitação no Estado de Minas Gerais – MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 120-136, 2013.

SILVA, L. J.; REBOITA, M. S.; ROCHA, R. P. Relação da passagem de frentes frias na região sul de Minas Gerais (RSMG) com a precipitação e eventos de geada. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, 2014.

SIQUEIRA, H. R.; ALVES, G. F.; GUIMARÃES, E. C. Comportamento da precipitação pluviométrica mensal do estado de Minas Gerais: análise espacial e temporal. 2007. Disponível em < http://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/disciplinas:geoesalq:pira2012:adriele_artigo1.pdf>. Acesso em 15 de maio de 2015.

SOUZA, L. R.; AMANAJÁS, J. C.; SILVA, A. P. N.; BRAGA, C. C.; CORREIA, M. F. Determinação de padrões espaço-temporal e regiões homogêneas de precipitação pluvial no estado de Minas Gerais. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 265-280, 2011.

SUGAHARA, S.; ROCHA, R. P.; YNOUE, R. Y.; SILVEIRA, R. B. Homogeneity assessment of a station climate series (1933–2005) in the Metropolitan Area of São Paulo: instruments change and urbanization effects. **Theoretical and Applied Climatolology**, v. 107, n. 3-4, p. 361-374, 2012.

TONIETTO, J.; VIANELLO, R. L.; REGINA M. A. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 32-55, 2006.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, n. 38, p. 55–94, 1948.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **World Atlas of Desertification**. 2a. edition. Middleton N. and Thomas D. (Eds.), 182 p., 1997.

VERA,C.; HIGGINS, W.; J. AMADOR, J.; AMBRIZZI, T.; GARREAUD, R.; GOCHIS, D.; GUTZLER, D.; LETTENMAIER, D.; MARENGO, J.; MECHOSO, C. R.; NOGUES-PAEGLE, J.; SILVA DIAS, P. L.; ZHANG, C. Toward a unified view of the American monsoon systems. **Journal of Climate**, v. 19, n. 20, p. 4977-5000, 2006.

VERBIST, K.; SANTIBAÑEZ, F.; GABRIELS, D.; SOTO, G. **Atlas de Zonas Áridas de América Latina Y El Caribe. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para a América Latina Y el Caribe**. Documento Técnico n° 25, 2010.

VIANELLO, R. L; MAIA, L. F. P. G. Estudo preliminar da climatologia dinâmica do estado de Minas Gerais. In: **IV Congresso Brasileiro de Meteorologia,** Brasília, 1986. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/15-b54829593da3f5d6971afaabadf515ca.pdf>. Acesso em: 27 abril 2015.

VIOLA, M; R.; MELLO, C. R; PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M.; ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 970-978, 2010.

WILKS, D. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2º ed. Academic Press. p. 627. 2006.

WMO nº 100, 1983. **Guide to Climatological Practices**, 2ª Ed., Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, 1983.

ZHOU, J.; LAU, K. M. Does a monsoon climate exists over South America? **Journal of Climate**, v. 11, p. 1020–1040, 1998.

Texto submetido à RBClima na data de 22/05/2015