

**APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE  
KÖPPEN PARA O ZONEAMENTO  
CLIMÁTICO DO ESTADO DE  
MINAS GERAIS**

**ARIONALDO DE SÁ JÚNIOR**

**2009**

**ARIONALDO DE SÁ JÚNIOR**

**APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE KÖPPEN PARA O  
ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Sá Júnior, Arionaldo de.

Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento  
climático do Estado de Minas Gerais / Arionaldo de Sá Júnior. –  
Lavras : UFLA, 2009.

101 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Luiz Gonsaga de Carvalho.

Bibliografia.

1. Geoprocessamento. 2. Zoneamento climático. 3. Classificação  
climática. 4. Köppen. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 630.2515  
551.698151

**ARIONALDO DE SÁ JÚNIOR**

**APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE KÖPPEN PARA O  
ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 31 de julho de 2009

Prof. Dr. Gilberto Coelho

UFPEL

Dr. Fulvio Cupolillo

INMET

Prof. Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho  
DEG/UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

*Sob a luz de DEUS não há caminhos tortuosos nem obstáculos que nos façam temer ou desencorajar em alcançar a vitória.*

Sá Júnior, A de.

*A DEUS, nosso grande mestre e criador.*

*A minha mãe, Ana Bastos Silva de Sá, um verdadeiro exemplo de dedicação, que sempre esteve ao meu lado, fortalecendo-me com palavras de carinho, incentivo e apoio.*

*A minha companheira, Ilane Bastos Messias (Laninha), que foi capaz de compreender o quase incompreensível em nome de um amor verdadeiro.*

*À vovó Carola (in memoriam), que foi o berço de uma geração vitoriosa.*

### **DEDICO**

*Ao meu pai,*

*Arionaldo de Sá.*

*Aos meus irmãos,*

*Allysson Bastos Silva de Sá*

*Ariana Bastos Silva de Sá*

*Aos meus sobrinhos,*

*Fabinho e Fernandinha.*

*As minhas queridas tias,*

*Rita de Cássia Bastos Silva de Lima*

*Maria de Fátima Bastos Silva*

### **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo.

Ao professor Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho, pela orientação, confiança, acompanhamento, ensinamentos e amizade, elementos fundamentais para a realização do curso e deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científica (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Luis Marcelo Tavares de Carvalho, pelos ensinamentos prestados na composição deste trabalho

Aos professores do Setor de Água e Solo, pelo conhecimento transmitido.

Aos amigos e novos irmãos: Eduardo Oliveira, Marcos Palma e Willian Almeida, pelo companheirismo e ajuda mútua.

Aos colegas de curso: Donizete, Gervásio, Gil, Ícaro, Léo, Lucas, Sadjo e Wellington.

Ao amigo Fábio F. da Silva, pelo apoio técnico e ajuda prestada na realização deste trabalho.

Aos meus vizinhos, Sr. Ingá e Dona Maria, pela enorme ajuda durante o período de adaptação nesta nova cidade.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o êxito de mais esta etapa da minha vida.

## **BIOGRAFIA**

ARIONALDO DE SÁ JÚNIOR, filho de Ana Bastos Silva de Sá e Arionaldo de Sá, nasceu em João Pessoa, Paraíba, no dia 22 de maio de 1978.

Concluiu o ensino fundamental no colégio de São José, início da década de 1990 em Recife, Pernambuco e o ensino médio com capacitação para ofício no magistério do ensino fundamental no Centro Educacional Municipal Tiradentes, no ano de 1999, na cidade de Neópolis, Sergipe.

Em 2003 ingressou, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no curso de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, concluindo-o no ano de 2007. Nos três primeiros anos da graduação, cumpriu estágio na Embrapa Solos, onde desenvolveu os primeiros trabalhos relacionados ao geoprocessamento. No último ano da graduação, migrou para o Núcleo de Pesquisa (NUPESQ/UFRPE), tendo participado de projetos contratados pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), também na área de geoprocessamento.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em engenharia de água e solo, em fevereiro de 2008.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Divisão regional brasileira em mesorregiões .....	4
2.1.1 As mesorregiões do estado de Minas Gerais.....	5
2.1.1.1 Mesorregião Campo das Vertentes.....	7
2.1.1.2 Mesorregião Central Mineira .....	7
2.1.1.3 Mesorregião Jequitinhonha .....	7
2.1.1.4 Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.....	7
2.1.1.5 Mesorregião Noroeste de Minas.....	8
2.1.1.6 Mesorregião Norte de Minas.....	8
2.1.1.7 Mesorregião Oeste de Minas.....	8
2.1.1.8 Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas .....	8
2.1.1.9 Mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba .....	9
2.1.1.10 Mesorregião Vale do Mucuri .....	9
2.1.1.11 Mesorregião Vale do Rio Doce.....	9
2.1.1.12 Mesorregião Zona da Mata.....	10
2.2 Influência do clima na produção agrícola .....	10
2.2.1 O Clima .....	10
2.2.2 Clima e produção agrícola.....	11
2.2.3 Clima e irrigação .....	13
2.3 Classificação e zoneamento climático.....	15
2.4 Classificação climática de Köppen.....	17
2.4.1 Origem da classificação.....	17
2.4.2 Simbologia do Sistema de classificação de Köppen .....	19
2.4.3 Critérios para a classificação de Köppen .....	26
2.4.3.1 Classificação grupo climático A.....	26
2.4.3.1.1 Tipos climáticos aplicáveis ao grupo A .....	26
2.4.3.2 Classificação grupo climático B.....	27
2.4.3.2.1 Variedades climáticas aplicáveis ao grupo B .....	28
2.4.3.3 Classificação grupo climático C.....	28
2.4.3.3.1 Tipos climáticos aplicáveis ao grupo C.....	28
2.4.3.3.2 Variedades climáticas aplicáveis ao grupo C .....	28



2.4.3.4 Classificação grupo climático D.....	29
2.4.3.4.1 Tipos climáticos aplicáveis ao grupo D .....	29
2.4.3.4.2 Variedades climáticas aplicáveis ao grupo D.....	29
2.4.3.5 Classificação grupo climático E.....	30
2.4.3.6 Refinamento das combinações climáticas .....	30
2.5 Sistemas de informações geográficas (SIGs) .....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 Base de dados para realização do trabalho .....	36
3.1.1 Obtenção dos dados.....	36
3.1.1.1 Metodologia WorldClim .....	37
3.1.1.2 Validação dos dados WorldClim.....	38
3.1.2 Resolução dos dados .....	39
3.2 Programa computacional utilizado .....	39
3.3 Manipulação preliminar dos dados.....	39
3.3.1 Dados para o estado de Minas Gerais .....	39
3.3.2 Dados de temperatura.....	40
3.3.3 Dados de precipitação pluvial .....	40
3.3.4 Convenção das estações climáticas no hemisfério Sul.....	40
3.4 Sistema de projeção cartográfica.....	41
3.5 Classificação climática .....	42
3.5.1 Sequência de classificação dos grupos climáticos .....	42
3.5.2 Zoneamento .....	43
3.5.3 Divisão em mesorregiões .....	43
3.5.4 Gráficos das classes climáticas.....	43
3.6 Validação dos mapas de zoneamento .....	44
3.6.1 Dados de validação.....	44
3.6.2 Índice de concordância.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
4.1 Classes climáticas observadas no estado de Minas Gerais.....	46
4.1.1 Características específicas das classes climáticas observadas ....	51
4.1.1.1 Grupo climático A .....	51
4.1.1.1.1 Classe climática Aw .....	51
4.1.1.1.2 Classe climática Am.....	53
4.1.1.2 Grupo climático B .....	55
4.1.1.2.1 Classe climática BSh.....	55
4.1.1.3 Grupo climático C .....	57
4.1.1.3.1 Classe climática Cwa.....	57

4.1.1.3.2 Classe climática Cwb .....	60
4.2 Zoneamento por mesorregião do estado.....	62
4.2.1 Mesorregião Campo das Vertentes.....	62
4.2.2 Mesorregião Central Mineira .....	64
4.2.3 Mesorregião Jequitinhonha .....	66
4.2.4 Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.....	68
4.2.5 Mesorregião Noroeste de Minas.....	70
4.2.6 Mesorregião Norte de Minas.....	71
4.2.7 Mesorregião Oeste de Minas .....	73
4.2.8 Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas .....	75
4.2.9 Mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba .....	77
4.2.10 Mesorregião Vale do Mucuri .....	79
4.2.11 Mesorregião Vale do Rio Doce .....	81
4.2.12 Mesorregião Zona da Mata.....	83
4.3 Validação dos resultados .....	85
5 CONCLUSÕES .....	93
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94

## RESUMO

SÁ JÚNIOR, Arionaldo de. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais.** 2009. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

O conhecimento das condições climáticas de uma região é determinante para o seu desenvolvimento agrícola. É também extremamente importante na identificação do potencial para que determinadas culturas desenvolvam-se sob condições térmicas e hídricas presentes, como também auxilia a escolha da técnica de irrigação a ser adotada, assim como o manejo e a operacionalização. O sistema de classificação climática de Köppen é largamente utilizado na identificação de zonas climáticas homogêneas, pois considera apenas a precipitação pluvial e a temperatura como elementos meteorológicos para a sua classificação. Foram utilizados dados climáticos de precipitação pluvial e temperatura do banco de dados climáticos do WORLDCLIM no formato raster com resolução espacial de 30'' de arco (área aproximadamente igual a  $0,86 \text{ km}^2 \text{ pixel}^{-1}$ ), interpolados para o Brasil a partir de dados obtidos da rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses dados estão presentes nas Normais Climatológicas (1961-1990), publicadas pelo INMET. Por meio de técnicas de geoprocessamento, obteve-se o mapa de classificação climática para Minas Gerais. Observou-se que o estado apresenta três grandes grupos climáticos principais, A, B e C, que correspondem aos climas tropical chuvoso, seco e temperado quente, respectivamente. As classes climáticas obtidas foram Aw, Am, BSh, Cwa e Cwb.

---

\*Comitê Orientador: Luiz Gonsaga de Carvalho – UFLA (Orientador).  
Marcelo de Carvalho Alves – UFMT, Luis Marcelo Tavares de  
Carvalho – UFLA e Antônio Augusto Aguiar Dantas – UFLA

## ABSTRACT

SÁ JÚNIOR, Arionaldo de. **Application of the Köppen climatic classification for the zoning of Minas Gerais State, Brazil.** 2009. 101p. Dissertation (Master Program in Agricultural Engineering, Water and Soil Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.\*

The knowledge of climatic conditions of a region is crucial for agricultural development which is extremely important in identifying the potential for certain crops to grow under thermal conditions and water present and also subsidize the choice of irrigation technique to be adopted as the its management and operation. The climate classification system of Köppen is widely used in the identification of homogeneous climate zones, since it considers meteorological variables like of pluvial precipitation and temperature as parameters for their classification. Using the climatic database of WORLDCLIM that provides climatologic data files of precipitation and temperature in raster format with spatial resolution of 30"of arc (area approximately equal to  $0.86 \text{ km}^2 \text{ pixel}^{-1}$ ), interpolated to Brazil from data of national network surface weather observations from the National Institute of Meteorology - INMET, these data, present in Normals Climatological (1961-1990), published by the INMET. With the use of geoprocessing techniques, it was obtained the map of climatic classification for the Minas Gerais State. Observe that the state had 3 large main climatic groups A, B and C that correspond to the rainy tropical climate, hot dry and temperate, respectively. The classes were obtained weather Aw, Am, BSh, Cwa and Cwb.

---

\*Guidance Committee: Luiz Gonsaga de Carvalho – UFLA (Adviser).  
Marcelo de Carvalho Alves – UFMT, Luis Marcelo Tavares de  
Carvalho – UFLA e Antônio Augusto Aguilar Dantas – UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

Minas Gerais é uma das 27 unidades federativas do Brasil, sendo a quarta maior em extensão territorial, com, aproximadamente, 586.528 km<sup>2</sup>. Localiza-se na região sudeste, entre os paralelos de 14°13'58" e 22°54'00" de latitude sul e os meridianos de 39°51'32" e 51°02'35" a oeste de Greenwich. Limita-se a sul e a sudoeste com o estado de São Paulo; a oeste com o de Mato Grosso do Sul e a noroeste com o de Goiás, incluindo uma pequena divisa com o Distrito Federal; a leste com o do Espírito Santo; a sudeste com o do Rio de Janeiro e a norte e nordeste com o estado da Bahia. Apresenta altitudes variando de 76 m, na cidade de Aimorés, no leste do estado e tem o seu ponto culminante no Pico da Bandeira com, aproximadamente, 2.891,9 m de altitude, localizado na divisa com o estado do Espírito Santo.

Sendo o segundo estado mais populoso do Brasil, com pouco mais de 19 milhões de habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2007), Minas Gerais possui o terceiro maior Produto Interno Bruto do Brasil, superado apenas pelos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Tem como setor primário a agropecuária, destacando-se na agricultura a produção de cana-de-açúcar, café, soja, milho, abacaxi, cebola, feijão e banana e, na pecuária, os maiores desempenhos são da bovinocultura de corte, da suinocultura, da avicultura e da produção de leite. (Fundação João Pinheiro, 2009).

A cobertura vegetal de Minas Gerais é constituída, principalmente, por três biomas principais: Cerrado, localizado na porção centro-ocidental, ocupando cerca de 57% da extensão territorial do estado; a Mata Atlântica, localizada na porção oriental, é de cerca de 41% da área do estado e a Caatinga, restrita ao norte do estado, ocupando cerca de 2% do território mineiro. (Drummond, 2005).

A busca por áreas com potencial para o desenvolvimento agrícola, aliada ao manejo sustentável daquelas já existentes, no cenário atual que inclui a crise mundial dos alimentos e o aquecimento global, tem sido alvo de pesquisas que tratam do desenvolvimento de técnicas para o entendimento das sequências de condições meteorológicas adversas, considerando fatores físicos, como temperatura e umidade, que são elementos climáticos determinantes e, muitas vezes, combinados, interferem no processo produtivo em áreas-chave de cultivo agrícola.

O conhecimento das condições climáticas de determinada região é de extrema importância para as culturas ali cultivadas. A delimitação das regiões climaticamente homogêneas pode estabelecer os indicadores do meio físico e biológico de uma região, compatíveis com a exploração de determinadas culturas, além de identificar áreas de condições homogêneas de atividades e dos recursos naturais nela existentes (Cecílio et al., 2003).

O uso de sistemas de informações geográficas (SIG), sensoriamento remoto e técnicas de análise espacial (estatística espacial, geoestatística, modelos de distribuição espacial) para o estudo de uma determinada situação complexa, tem-se mostrado eficiente, produzindo resultados de grande utilidade e de boa qualidade. Dessa forma, a utilização de um SIG para a elaboração de zoneamento climático pode se revelar de grande utilidade, uma vez que se podem executar procedimentos diversos a partir de dados básicos e gerar informações georreferenciadas na definição de áreas propícias ao cultivo de determinadas culturas.

O zoneamento climático é de extrema importância para subsidiar a implantação e o planejamento de diversas áreas, tais como a indústria, a agricultura, os transportes, a arquitetura, a biologia, a medicina, etc., com o objetivo de descobrir, explicar e explorar o comportamento normal dos fenômenos atmosféricos (Vianello & Alves, 1991), e para o uso dos recursos

naturais visando à melhor relação custo-benefício nos cultivos agrícolas (Machado, 1995), bem como melhor planejar o manejo sustentável de determinada região (Mitchell et al., 2004). A imprevisibilidade e a variabilidade climática causam impactos na produção agrícola, acarretando prejuízos e perdas significativas para as populações rurais. Dessa forma, em consequência das incertezas climáticas, torna-se necessário estudar diferentes possibilidades de sua representação, a fim de embasar a tomada de decisão adequada para minimizar os riscos e os impactos negativos de fenômenos adversos nos recursos naturais (Hansen, 2002).

Nessa perspectiva, o intuito foi o de constituir uma ferramenta técnico-científica de auxílio à gestão de riscos climáticos, principalmente para a agricultura, auxiliando no planejamento ideal das práticas agrícolas e na tomada de decisões por parte dos produtores rurais e gestores municipais, estaduais e federais. Dessa forma, espera-se contribuir para o desenvolvimento de estratégias e táticas na escolha das culturas, como também na aplicação de técnicas de manejo e de irrigação capazes de suprir as necessidades hídricas inerentes ao seu desenvolvimento, adequando-as às características climáticas para cada região do estado, delimitando áreas com aptidão ao desenvolvimento dessas culturas, na qual estão estabelecidas as condições hídrico-termais ideais para seu desenvolvimento e, conseqüentemente, obter a maximização da produtividade, reduzindo os acentuados prejuízos econômicos que comprometem a rentabilidade dos produtores e a economia dos municípios de Minas Gerais. Pretende-se, com o uso de técnicas de Geociência, aplicar o modelo de classificação climática proposto por Köppen (1918) para estudar e identificar áreas com características climáticas homogêneas para cada mesorregião do estado, obtendo, a partir de dados adquiridos do WORLDCLIM, interpolados para o Brasil no período das Normais Climatológicas (1961-1990), o zoneamento climático para o estado de Minas Gerais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Divisão regional brasileira em mesorregiões**

Estudos inicialmente realizados sob a coordenação do professor Prof. Fábio Macedo Soares Guimarães e pela divisão regional do IBGE, em 1941, tinham como objetivo principal sistematizar e organizar uma única divisão regional do Brasil, para a divulgação das estatísticas brasileiras. A partir de 1942, por meio da Circular nº 1 da Presidência da República, foi criada a primeira divisão do Brasil em regiões, a saber: Norte, Nordeste, Leste, Sul e Centro-Oeste. Em 1945, foi estabelecida, pela Resolução 143, de 6 de julho daquele mesmo ano, a divisão do Brasil em zonas fisiográficas, baseadas em critérios econômicos do agrupamento de municípios, sendo utilizada até 1970 para a divulgação das estatísticas produzidas pelo IBGE e pelas unidades da Federação. A partir da década de 1960, em decorrência das transformações ocorridas no espaço nacional, foram retomados os estudos para a revisão da divisão regional, em âmbito macro e das zonas fisiográficas que se referiam ao conjunto de determinações econômicas, sociais e políticas que dizem respeito à totalidade da organização do espaço nacional, como caráter intrínseco, referendado, no caso brasileiro, pela forma desigual como vem se processando o desenvolvimento das forças produtivas em suas interações como o quadro natural.

Partindo de determinações mais amplas em âmbito conjuntural, a divisão regional do Brasil em mesorregiões buscou identificar, em cada uma das Unidades Federadas, áreas individualizadas, tomadas como universo de análise e definiu as mesorregiões com base nas seguintes dimensões:

- O processo social, como determinante;



- o quadro natural, como condicionante;
- a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial.

As principais aplicações desse processo de divisão inter-regional dão conta de como os órgãos administrativos devem atuar, buscando a melhor forma de intervir nos processos produtivos, de acumulação e valorização do capital:

- na elaboração de políticas públicas;
- no subsídio ao sistema de decisões quanto à localização de atividades econômicas, sociais e tributárias;
- no subsídio ao planejamento, aos estudos e à identificação das estruturas espaciais de regiões metropolitanas e outras formas de aglomerações urbanas e rurais.

Segundo Bandeira (2004), a valorização de escalas menos abrangentes que as tradicionalmente adotadas deve ser entendida como parte de um processo de ajuste das políticas regionais brasileiras ao novo paradigma dominante na área, que passou a enfatizar a importância da dinâmica interna das regiões – inclusive em termos políticos e sociais – como um elemento determinante do seu potencial de desenvolvimento. A escala macrorregional, tradicionalmente utilizada como referência exclusiva para as ações federais de desenvolvimento regional, ao implicar em territórios excessivamente heterogêneos, dificulta uma adequada mobilização potencial endógeno dos territórios.

### **2.1.1 As mesorregiões do estado de Minas Gerais**

A abrangência territorial de uma mesorregião deve ser definida de modo a assegurar que seja alcançado um patamar mínimo de densidade institucional e capaz de contribuir para a formação ou para o fortalecimento de uma identidade da região (Bandeira, 2004).

Dessa maneira, o estado de Minas Gerais foi dividido em doze mesorregiões, de acordo com os critérios adotados pelo IBGE, que levam em consideração elementos como a similaridade social e econômica, assim como o potencial para o desenvolvimento e o fortalecimento das aptidões identificadas nestas áreas.

As 12 mesorregiões do estado de Minas Gerais estão demarcadas no mapa da Figura 1.

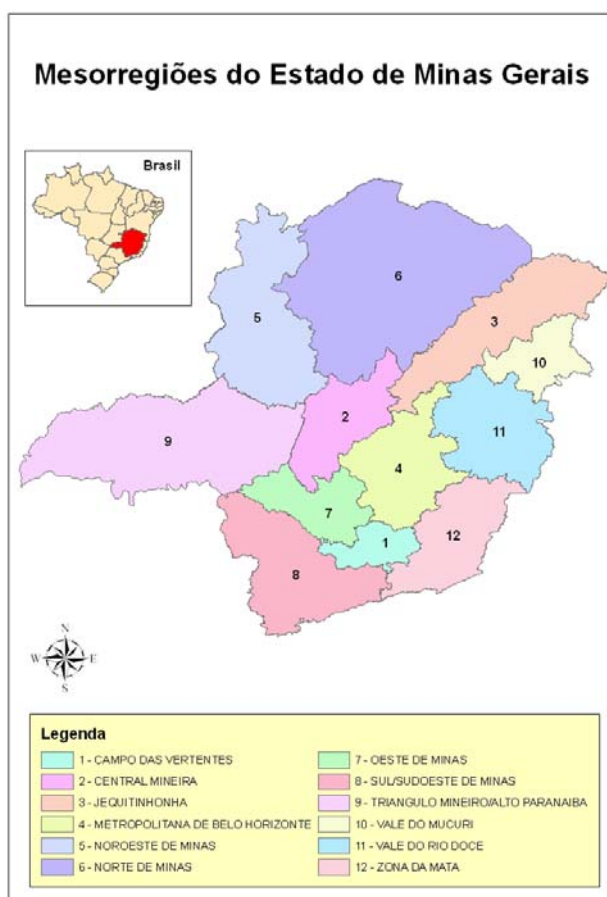


FIGURA 1 Mesorregiões do estado de Minas Gerais.  
Fonte: Base Cartográfica do IBGE (2002), Elaboração Própria, 2009.

#### **2.1.1.1 Mesorregião Campo das Vertentes**

Com uma área de 12.563,7 km<sup>2</sup>, a mesorregião Campo das Vertentes é formada pela união de 36 municípios, agrupados em três microrregiões (Barbacena, Lavras e São João Del Rei). A população é de, aproximadamente, 546.000 habitantes e sua densidade populacional é de 43,5 hab km<sup>-2</sup>. Sua principal cidade é São João Del-Rei (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.2 Mesorregião Central Mineira**

É formada pela união de 30 municípios agrupados em três microrregiões (Bom Despacho, Curvelo e Três Marias). Tem uma população e área de 405.143 habitantes e 31.751,9 km<sup>2</sup>, respectivamente e densidade populacional de 12,8 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.3 Mesorregião Jequitinhonha**

É formada pela união de 51 municípios agrupados em cinco microrregiões (Almenara, Araçuaí, Capelinha, Diamantina e Pedra Azul), conhecida por apresentar baixos indicadores sociais e por ter características do sertão nordestino. Possui área e população de 50.143,249 km<sup>2</sup> e 694.120 habitantes, respectivamente e densidade populacional de 13,8 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.4 Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte**

É a mais populosa (6.302,665 habitantes) e a que concentra o segundo maior PIB per capita do estado (R\$ 10.325,82), formada pela união de 105 municípios agrupados em oito microrregiões (Belo Horizonte, Conceição do Mato Dentro, Concelheiro Lafaiete, Itabira, Itaguara, Ouro Preto, Pará de Minas e Sete Lagoas). Ocupa uma área de 39.486,678 km<sup>2</sup> com densidade populacional de 159,6 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.5 Mesorregião Noroeste de Minas**

A base da economia é a agropecuária, com destaque para a produção de milho, feijão e mandioca, além da criação de gado. É formada pela união de 19 municípios agrupados em duas microrregiões ( Paracatu e Unaí), possui área e população com 62.381,061 km<sup>2</sup> e 356.110 habitantes, respectivamente e densidade populacional de 5,7 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.6 Mesorregião Norte de Minas**

É formada pela união de 89 municípios, agrupados em sete microrregiões (Bocaiúva, Grão Mogol, Janaúba, Januária, Montes Claros, Pirapora e Salinas). As bases da economia são a pecuária e o extrativismo vegetal. Tem características semelhantes às da região nordeste. Área e população são de 128.454,108 km<sup>2</sup> e 1.591,507 habitantes, respectivamente e densidade populacional de 12,4 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.7 Mesorregião Oeste de Minas**

Com área de 24.043,467 km<sup>2</sup> e população de 922.656 habitantes, a densidade populacional é de 38,4 hab km<sup>-2</sup>. É formada pela união de 44 municípios, agrupados em cinco microrregiões (Campo Belo, Divinópolis, Formiga, Oliveira e Piumhi). Apresenta economia diversificada, com destaque para os municípios de Itaúna, Formiga e Divinópolis e outros de importância regional, como Arcos, Oliveira, Campo Belo e Piumhi (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.8 Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas**

Com economia agrícola fundamentada na cultura do café, esta mesorregião possui área e população de 49.523,893 km<sup>2</sup> e 2.463,618 habitantes, respectivamente e densidade populacional de 49,7 hab km<sup>-2</sup>. É formada pela união de 146 municípios, agrupados em dez microrregiões (Alfenas,

Andrelândia, Itajubá, Passos, Poços de Caldas, Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí, São Lourenço, São Sebastião do Paraíso e Varginha) (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.9 Mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba**

Esta mesorregião é a segunda maior economia do estado, concentrando o maior PIB per capita (R\$15.984,00). Exerce forte influência estadual, destacando-se o comércio atacadista, que tem expressão nacional e o setor sucroalcooleiro, que está assumindo importante papel no desenvolvimento da economia do estado, além da agropecuária, com destaque para o café de Cerrado e a metalurgia, entre outras. É a segunda maior em área no estado (90.545 km<sup>2</sup>) com, aproximadamente, 15,4% do território. A população é de 2.159,047 habitantes e a densidade populacional, de 23,8 hab km<sup>-2</sup>. É formada pela união de 66 municípios, agrupados em sete microrregiões (Araxá, Frutal, Ituiatuba, Patos de Minas, Patrocínio, Uberaba e Uberlândia) (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.10 Mesorregião Vale do Mucuri**

É formada pela união de 23 municípios agrupados em duas microrregiões (Nanuque e Teófilo Otoni). A economia é diversificada, com destaque para o município de Teófilo Otoni, onde baseia-se em pedras preciosas e o de Nanuque, baseada na agropecuária. Ocupa área de 20.080,657 km<sup>2</sup>, com população de 370.203 habitantes e densidade populacional de 18,4 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2001).

#### **2.1.1.11 Mesorregião Vale do Rio Doce**

É formada pela união de 102 municípios, agrupados em sete microrregiões (Aimorés, Caratinga, Governador Valadares, Guanhães, Ipatinga, Mantena e Peçanha). Tem como principais atividades econômicas a indústria, o comércio e a agropecuária. Ocupa uma área de 41.809,873 km<sup>2</sup>, com população de 1.588,122 habitantes e densidade populacional de 38 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2001).

### **2.1.1.12 Mesorregião Zona da Mata**

É formada por 142 municípios, agrupados em 7 microrregiões (Cataguases, Juiz de Fora, Manhuaçu, Muriaé, Ponte Nova, Ubá e Viçosa). Sua economia baseia-se na indústrias, na criação de gado leiteiro e nas plantações de cana-de-açúcar, café, milho e feijão. Ocupa uma área de 35.747,729 km<sup>2</sup>, a população é de 2.145,945 habitantes e a densidade populacional de 60 hab km<sup>-2</sup> (IBGE, 2001).

## **2.2 Influência do clima na produção agrícola**

### **2.2.1 O Clima**

Muitas são as definições de clima existentes na literatura, não existindo um consenso com relação a uma definição genérica para o tema. Essa definição pode ser feita considerando a finalidade e o propósito de cada autor.

Dessa maneira, fica claro que a dificuldade em caracterizar o clima não é só correspondente aos fatores físicos inerentes aos aspectos climáticos. É, também, de certa forma, literária.

Alguns estudiosos do tema apresentam definições que são frequentemente utilizadas em citações. Algumas delas serão apresentadas a seguir.

Varejão-Silva (2006) apresenta a seguinte definição:

O clima é definido pelo conjunto de fenômenos meteorológicos, como a chuva, a temperatura, a pressão atmosférica, a umidade do ar e os ventos que caracterizam uma região. O clima de um local só é definido após vários anos de observações. O tempo é a combinação passageira dos elementos do clima, ou seja, é o conjunto de condições atmosféricas que atua em um dado instante sobre um determinado local. O tempo pode variar de acordo com o dia e as influências que a atmosfera está sofrendo.

Köppen (1948) propõe a seguinte definição: “Clima é o somatório das condições atmosféricas que fazem um lugar da superfície terrestre ser mais ou menos habitável para os humanos, animais e plantas”.

Hann (1903), climatologista alemão, propõe que “[...] clima é o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em um ponto da superfície terrestre”.

A Comissão de Climatologia da Organização Meteorológica Mundial, em reuniões realizadas em 1960, examinou a proposta de definição do meteorologista belga Poncelet (1959), segundo a qual “Clima é o conjunto habitual flutuante de elementos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a atmosfera de um local e influem nos seres que nele se encontram”.

Para Aspiazú et al. (1990), o sistema físico que determina o regime climático de uma região aciona uma variedade de processos, muitos dos quais não são ainda suficientemente conhecidos.

Mendonça & Dani-Oliveira (2007) acrescentam que o aumento da velocidade do sistema de comunicação planetário, possibilitado pela internet, inaugurou um período de intensa circulação de informações, o que facilitou sobremaneira a difusão de dados meteorológicos e climáticos. O fácil acesso a essas informações possibilitou um melhor conhecimento da dinâmica atmosférica planetária e regional, contribuindo para a elaboração de pesquisas e popularizou a climatologia.

### **2.2.2 Clima e produção agrícola**

Para o planejamento e o desenvolvimento agrícola, é fundamental que se conheçam previamente as condições climáticas reinantes da região onde se pretende praticar a agricultura, pois elas são determinantes para o sucesso de quaisquer atividades realizadas neste meio.

Paterson (1956), citado por Aspiazú (1990), considera o clima como um regulador central, exercendo influência direta ou indireta sobre fatores biológicos e tem importância primária na distribuição da vegetação, determinando, em grande parte, se uma área é potencialmente apropriada para certo vegetal.

A agricultura é uma das atividades econômicas que são fortemente dependentes das informações de tempo e clima (Pereira et al., 2002).

Ribeiro & Lunardi (1997) salientam a importância da caracterização da precipitação em um local para o planejamento de atividades agrícolas

Segundo Reichardt (1990), uma cultura anual se desenvolve adequadamente, com suprimento suficiente de água, utilizando, em média, de 4 a 6 mm de água por dia. Para um ciclo de 120 dias, são necessários de 480 a 720 mm por cultura. Dessa maneira, observando-se a distribuição média de precipitação de uma região, pode-se avaliar o potencial produtivo de diferentes regiões.

Para Coltri (2007), as condições atmosféricas afetam todas as etapas das atividades agrícolas, desde o preparo do solo para o plantio até a colheita, o transporte, o preparo e o armazenamento de produtos. As consequências de situações agrometeorológicas adversas levam constantemente a graves impactos sociais e a enormes prejuízos econômicos, muitas vezes difíceis de serem quantificados (Ayoade, 1996).

Primavesi (1986) ressalta a influência da temperatura sobre a produção vegetal, ressaltando que, em clima tropical, as culturas podem sofrer os efeitos das altas temperaturas quando associadas à disponibilidade de água no solo. Alguns dos efeitos observados são:

- aumento da respiração vegetal, significando mais gasto energético. De outro lado, gasta mais produtos fotossintéticos e enfraquece com isso o potencial osmótico radicular;



- aumento na taxa de transpiração e gasto de água, dependendo, pois, de um solo com boa capacidade de armazenamento de água útil;
- diminui a fotossíntese líquida e, quando falta água, diminui igualmente a fotossíntese bruta, uma vez que, normalmente, os estômatos se fecham, o que impede a saída de água mas também a entrada de gás carbônico.

Ainda segundo Primavesi (1986), após a estação chuvosa, o solo está lixiviado, empobrecido de macro e microelementos essenciais ao desenvolvimento vegetal, interferindo diretamente na velocidade do seu metabolismo. Durante a estação seca, o solo, geralmente, se enriquece desses elementos que a chuva levou para camadas inferiores, possibilitando, no momento em que ocorre o início da estação chuvosa, um desenvolvimento explosivo na produção vegetal.

Dessa maneira, a influência que o clima exerce sobre a produção agrícola denota a importância de determiná-lo e caracterizá-lo de modo que o conhecimento desses elementos resultará no melhor planejamento e aproveitamento das atividades agrícolas e dos recursos naturais disponíveis, respectivamente.

### **2.2.3 Clima e irrigação**

A instabilidade de oferta dos produtos agrícolas, resultante da variação do regime pluvial, contribui para o aumento da demanda por tecnologias que permitam uma maior estabilidade da produção agrícola (Tibau, 1984). Entre as várias tecnologias que podem ser usadas, destaca-se a irrigação (Embrapa, 1988; Gomes et al., 2007).

Para Reichardt (1978), na ocorrência de precipitação pluvial, o solo funciona como um reservatório de água capaz de suprir as necessidades de

desenvolvimento vegetal e, quando há o esgotamento desse reservatório, surge a necessidade de uma recarga artificial, que é o caso da irrigação.

Qualquer planejamento e operação de um projeto de irrigação em que se busquem a máxima produção e a boa qualidade do produto, utilizando de maneira eficiente a água, necessitam de conhecimentos das inter-relações entre solo-água-planta-atmosfera e manejo de irrigação (Bernardo et al., 2006).

Ainda sob a ótica de Bernardo et al. (2006), o clima deve ser analisado, entre outros fatores, como um elemento determinante para o correto manejo da irrigação, a fim de proporcionar o suprimento de água adequado ao desenvolvimento vegetal.

No manejo da irrigação, alguns critérios são adotados para garantir suprimento ideal da água para a cultura, como a disponibilidade de água no solo, isto é, o estado energético ou tensão em que esta se encontra disponível para a planta no solo, assim como a demanda evapotranspirométrica da cultura.

A escolha do critério a ser seguido vai depender, principalmente, da disponibilidade de informações relacionados ao sistema água-solo-planta-clima, do grau de conhecimento do irrigante e de equipamentos para medições (Silva & Marouelli, 1998).

Segundo Mantovani (2000), a escolha de um sistema de irrigação deve levar em conta as análises financeiras e técnicas, como os recursos do agricultor, as propriedades físicas do solo, o clima, o manejo da cultura, os recursos hídricos e a eficiência da utilização da água pelo sistema.

Franke & Dorfman (1998) ressaltam que a atividade agrícola é afetada por um grande número de riscos e incertezas que têm origem nas oscilações ambientais. Além disso, existe o risco econômico ou de mercado, derivado de mudanças no preço dos produtos ou dos insumos e nas oportunidades de mercado. O nível de risco pode ser diminuído pela irrigação (Franke, 1990), pelo planejamento agrícola (Matzenauer et al., 1989), pela diversificação e pela

rotação de culturas (Silva & Dhein, 1994) ou melhorar o manejo das informações meteorológicas disponíveis.

### **2.3 Classificação e zoneamento climático**

Para oferecer uma compreensão dos diferentes climas da Terra, a climatologia defronta-se, de maneira permanente, com o desafio de converter a grande massa de dados meteorológicos e climáticos disponíveis, que diferenciam os diversos lugares da superfície terrestre, em medidas estatísticas para avaliar os aspectos significativos do clima em relação a outras variáveis espaciais. Na tentativa de resolver esse problema, os estudiosos da atmosfera aplicam o princípio da classificação para expressar os diferentes agrupamentos das características da atmosfera sobre os distintos lugares do planeta (Mendonça & Dani-Oliveira, 2007).

As inúmeras variações no clima de local para local, determinadas pelas diferentes combinações dos processos atmosféricos, produzem, correspondentemente, um grande número de tipos climáticos. Certa área da superfície da Terra, sobre a qual os efeitos combinados de diversos fatores resultam em um conjunto de condições climáticas aproximadamente homogêneas, é denominada região climática. Para facilitar a descrição e proceder ao mapeamento das regiões climáticas, é necessário identificá-las e classificá-las em diferentes tipos (Vianello & Alves, 1991).

Ainda segundo Vianello & Alves (1991), o zoneamento climático é de extrema importância, pois fornece subsídios para a implantação e o planejamento para diversas áreas de desenvolvimento sócio-econômico de uma região.

A delimitação das regiões climaticamente homogêneas significa não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico e biótico para a região em estudo, mas também registrar e delimitar as áreas de padrões homogêneos que,

juntamente com as delimitações das áreas homogêneas do meio físico natural, contribuem para o desenvolvimento sustentável da região (Carvalho et al., 2008).

Como o clima é extremamente dinâmico, ele sofre flutuações e variações ao longo do tempo cronológico, portanto, os limites ou fronteiras climáticas também variam. Além disso, como são vários os elementos constituintes do fenômeno climático, a escolha dos parâmetros de maior significado para identificar tipos climáticos distintos apresenta-se como um problema a ser superado. A definição da quantidade de variáveis meteorológicas e climatológicas a serem combinadas para estabelecer uma classificação climática depende dos objetivos a que ela se destina. Dessa forma, a discriminação dos propósitos que motivam a classificação climática é a primeira tarefa para uma classificação bem-sucedida (Mendonça & Dani-Oliveira, 2007). Essa observação é reiterada por Carvalho et al. (2008), quando salientam que, embora mudanças climáticas ocorram em médio e longo prazos, 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 na região.

Aspiazú et al. (1990) ressaltam que a utilização de computadores possibilita o emprego direto de dados climatológicos, permitindo o desenvolvimento de trabalhos mais objetivos.

Vários esquemas de classificação climática têm sido desenvolvidos pelos estudiosos da atmosfera para responder a essas questões. Alguns esquemas buscam incluir o maior número possível de parâmetros meteorológicos e climáticos, no intuito de dividir os climas do planeta em grupos distintos, em sua maioria identificados por nomes e/ou símbolos. Entretanto, pela natureza multivariada do clima, o encaminhamento da questão sobre a sua classificação, que é uma preocupação antiga de climatologistas e meteorologistas, deve

considerar aspectos relacionados à escala, aos objetivos e aos dados disponíveis (Mendonça & Dani-Oliveira, 2007).

Ainda para Mendonça & Dani-Oliveira (2007), é necessário valer-se de critérios adequados para classificar o clima. Uma boa classificação deve estar baseada em longas séries estatísticas de dados meteorológicos de diferentes localidades. Essa tarefa é extremamente útil e facilita o exercício de mapeamento das regiões climáticas. Assim, a classificação climática resulta da necessidade de sintetizar e agrupar elementos climáticos similares em classes ou tipos climáticos, a partir dos quais as regiões climáticas são mapeadas, o que permite olhar a superfície da Terra como um mosaico composto por unidades climáticas individualizadas e complementares.

## **2.4 Classificação climática de Köppen**

### **2.4.1 Origem da classificação**

Um dos Sistemas de Classificação Climática (SCC) mais abrangentes é o de Köppen (1900), tendo sido aperfeiçoado em 1918, 1927 e 1936, com a colaboração do meteorologista e climatologista alemão Rudolf Oskar Robert Williams Geiger. Conhecido mundialmente por Köppen & Geiger (1928), esse sistema de classificação climática é ainda hoje largamente utilizado, em sua forma original ou com modificações e parte do pressuposto de que a vegetação natural é a melhor expressão do clima de uma região (Rolin et al., 2007).

Wladimir Köppen (1846-1940) foi um biólogo nascido na Rússia que dedicou a maior parte de sua vida aos estudos climáticos. Utilizando o mapa de vegetação mundial de De Candolle (1855), um fisiologista francês, aceitou a vegetação natural como a melhor expressão do clima. Em 1901, publicou sua primeira classificação, que foi sucessivamente aperfeiçoada. Atualmente, além da vegetação, incorpora também temperatura, chuva e características sazonais. De certa forma, a classificação climática de Köppen procura levar em conta a

precipitação efetiva, ao considerar a chuva nas estações quente e fria; entretanto, esse detalhe é considerado insatisfatório. Uma vantagem adicional é o seu caráter didático, permitindo adaptá-la para diferentes níveis, sendo, ao mesmo tempo, simples e detalhada. Consiste, genericamente, na divisão do clima mundial em cinco grandes grupos. Estes grupos, juntamente com onze principais tipos, fornecem a essência para um conhecimento rudimentar das configurações climáticas do globo. Utilizando-se de símbolos adicionais, a classificação de Köppen fornece abundância de detalhes, no nível que se deseja. Outra vantagem é a sua característica quantitativa. Usam-se valores numéricos para definir os limites. Desde que se conheçam valores observados de temperatura e chuva, torna-se possível a outros pesquisadores questionar a validade de limites particulares. Isso permite também a atualização da classificação, à medida que informações mais confiáveis se tornem disponíveis (Vianello & Alves, 1991).

Na Tabela 1 é mostrada a associação entre tipos predominantes de vegetação proposto por De Candolle (1855) e a ocorrência destas em zonas climáticas, proposta pela classificação de Köppen (1918).

TABELA 1 Relação entre os tipos de plantas (De Candolle, 1855) e os tipos climáticos (Köppen, 1918).

<b>Tipos de planta (De Candolle)</b>	<b>Tipo climático (Köppen)</b>	<b>Vegetação dominante</b>
Megatérmicas	Tropical úmido	Tropical chuvoso de floresta
		Tropical de savana
Xerófilas	Seco	Desértico
		Estepe (pradarias)
Mesotérmicas	Subtropical úmido (Latitudes médias)	Temperado quente (Florestas Caducifólias)
		Temperado quente (Florestas Coníferas)
		Mediterrâneo

“...Continua...”

“TABELA 1 Cont.”

Microtérmicas	Continental úmido	Temperado frio (Florestas Caducifólias)
		Temperado frio (Florestas Coníferas)
		Floresta Boreal
Equisotérmicas	Polar	Tundra

Fonte: Bonan (2007), adaptado de Colinvaux (1986) e Oliver (1996).

#### 2.4.2 Simbologia do Sistema de classificação de Köppen

O modelo de Köppen é simples e compreende um conjunto de letras maiúsculas e minúsculas para designar os grandes grupos climáticos, os subgrupos ou, ainda, as subdivisões que indicam características especiais sazonais. Os cinco grandes grupos climáticos principais são designados pelas letras iniciais do alfabeto maiúsculas (A, B, C, D e E) e correspondem às regiões fundamentais, do equador aos polos. Essas regiões são divididas em subgrupos, considerando a distribuição sazonal da precipitação acrescida das características da temperatura (Mendonça & Dani-Oliveira, 2007).

Vianello & Alves (1991) utilizam a nomenclatura de “tipos” e “variedades climáticas” para designar os subgrupos e as subdivisões, respectivamente.

Na Tabela 2 são apresentados os cinco grandes grupos climáticos ou regiões fundamentais e as 27 possíveis classes climáticas de maior ocorrência no mundo.

TABELA 2 Regiões fundamentais e classes climáticas de maior ocorrência.

<b>A</b>	Clima tropicais chuvosos
<b>Af</b>	Clima tropical úmido ou clima equatorial de floresta
<b>Am</b>	Clima tropical de monção
<b>Aw</b>	Clima tropical de savana com estação seca de inverno
<b>As</b>	Clima tropical com estação seca de verão
<b>B</b>	Clima seco
<b>BS</b>	Clima de estepes
<b>BSh</b>	Clima de estepe quente
<b>BSk</b>	Clima de estepe moderadamente frio
<b>BW</b>	Clima de deserto
<b>BWh</b>	Clima das regiões desérticas quentes
<b>BWk</b>	Clima das regiões desérticas frias
<b>C</b>	Clima temperado chuvoso e moderadamente quente
<b>Cf</b>	Clima temperado úmido sem estação seca
<b>Cfa</b>	Clima temperado úmido com verão quente
<b>Cfb</b>	Clima temperado úmido com verão moderadamente quente
<b>Cfc</b>	Clima temperado úmido com verão moderadamente frio e curto
<b>Cw</b>	Clima temperado úmido com chuvas de verão e inverno seco
<b>Cwa</b>	Clima temperado úmido com inverno seco e verão quente
<b>Cwb</b>	Clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente
<b>Cwc</b>	Clima temperado úmido com inverno seco e verão curto e moderadamente frio
<b>Cs</b>	Clima temperado úmido com verão seco (clima mediterrânico)
<b>Csa</b>	Clima temperado úmido com chuvas de inverno, verão quente
<b>Csb</b>	Clima temperado úmido com chuvas de inverno, verão moderadamente quente
<b>Csc</b>	Clima temperado úmido com chuvas de inverno, verão curto e moderadamente frio
<b>D</b>	Clima continental ou climas temperados frios com neve-floresta
<b>Df</b>	Clima temperado frio sem estação seca
<b>Dfa</b>	Clima temperado frio sem estação seca e com verão quente
<b>Dfb</b>	Clima temperado frio sem estação seca e com verão frio

“...Continua...”



“TABELA 2 Cont.”

<b>Dfc</b>	Clima temperado frio sem estação seca e com verão moderadamente frio e curto
<b>Dfd</b>	Clima temperado frio sem estação seca e com inverno intenso
<b>Dw</b>	Clima temperado frio com inverno seco e chuvas de verão
<b>Dwa</b>	Clima temperado frio com inverno seco e com verão quente
<b>Dwb</b>	Clima temperado frio com inverno seco e com verão moderadamente quente
<b>Dwc</b>	Clima temperado frio com inverno seco e com verão moderadamente frio
<b>Dwd</b>	Clima temperado frio com inverno seco e intenso
<b>E</b>	Clima glacial — clima das regiões circumpolares
<b>ET</b>	Clima de tundra
<b>EF</b>	Clima das calotas polares, neve e gelo perpétuos

Fonte: Adaptado de Mendonça & Dani-Oliveira (2007) e Vianello & Alves, (1991).

A ocorrência das zonas climáticas no mundo está fortemente associada à sua localização quanto à latitude entre outros fatores (Köppen, 1931). Dessa maneira, para melhor compreensão da distribuição das principais regiões climáticas fundamentais na Terra, elas foram dispostas segundo sua latitude, conforme mostrado na Tabela 3.

TABELA 3 Zonas climáticas e respectivas latitudes de ocorrência.

Zona climática	Latitude de ocorrência	
	Norte	Sul
A	0° e 25°	0° e 25°
B	30°	30°
C	30° e 60°	30° e 60°
D	60° e 70°	-----
E	70°	70°

Fonte: Adaptado de Köppen (1931).

Nas Figuras 2 a 6 estão ilustrados os dados apresentados na Tabela 3.

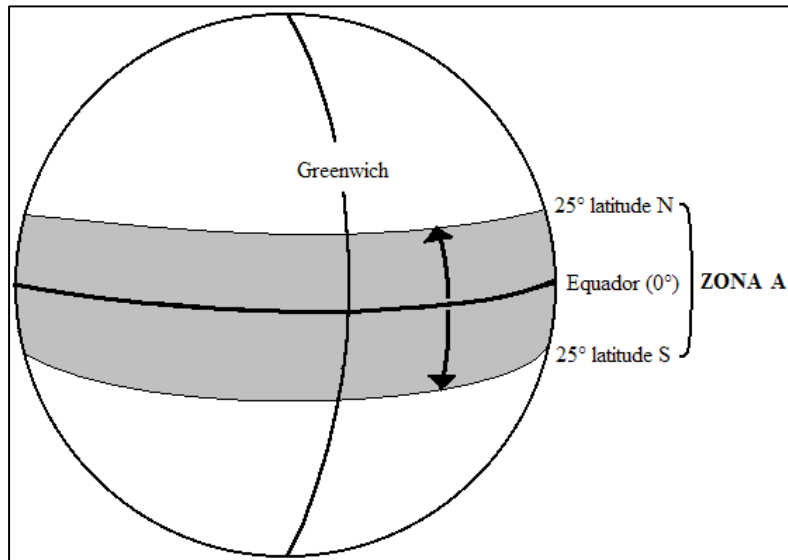


FIGURA 2 Latitudes de ocorrência da zona A.  
Fonte: Biscaro (2007).

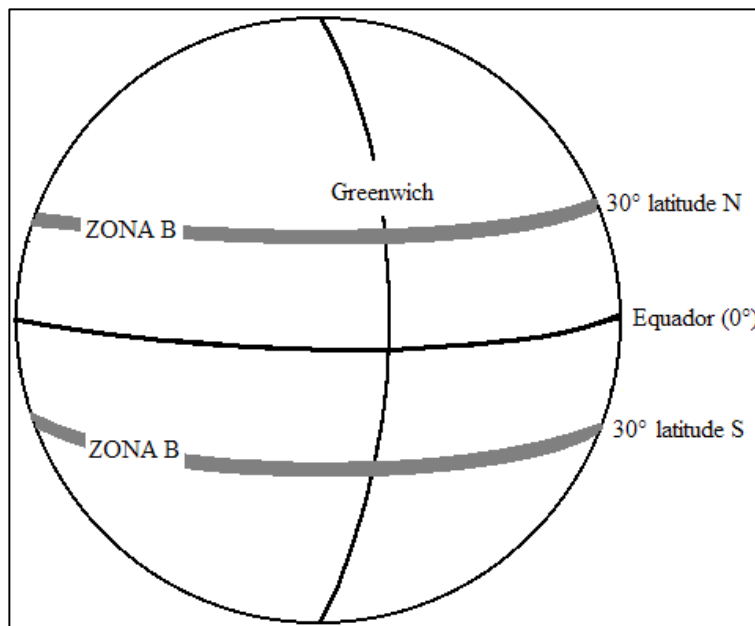


FIGURA 3 Latitudes de ocorrência da zona B.  
Fonte: Biscaro (2007).

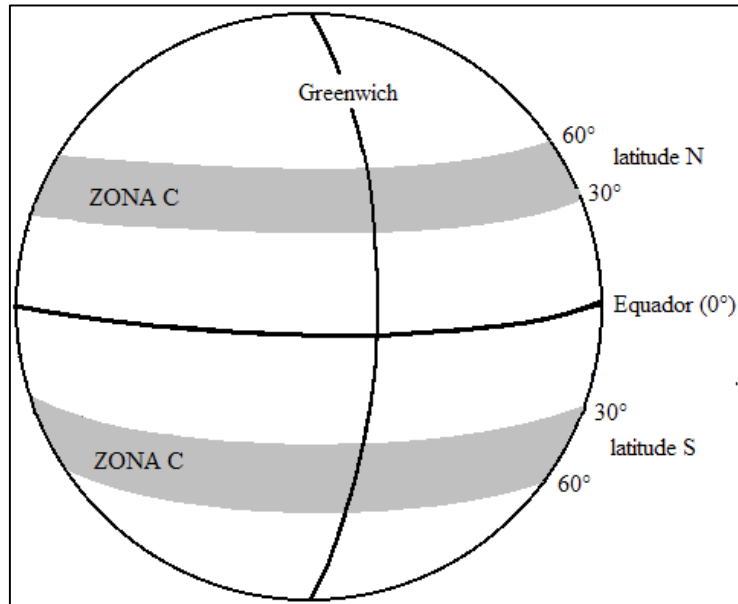


FIGURA 4 Latitudes de ocorrência da zona C.  
 Fonte: Biscaro (2007).

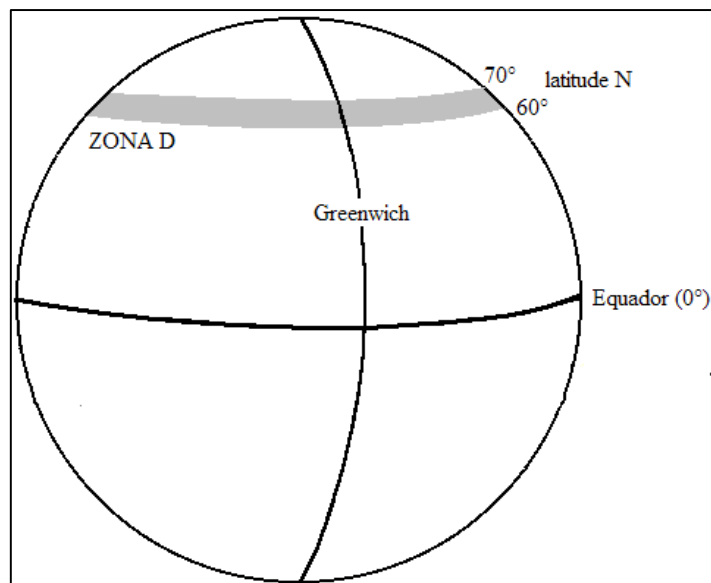


FIGURA 5 Latitudes de ocorrência da zona D.  
 Fonte: Biscaro (2007).

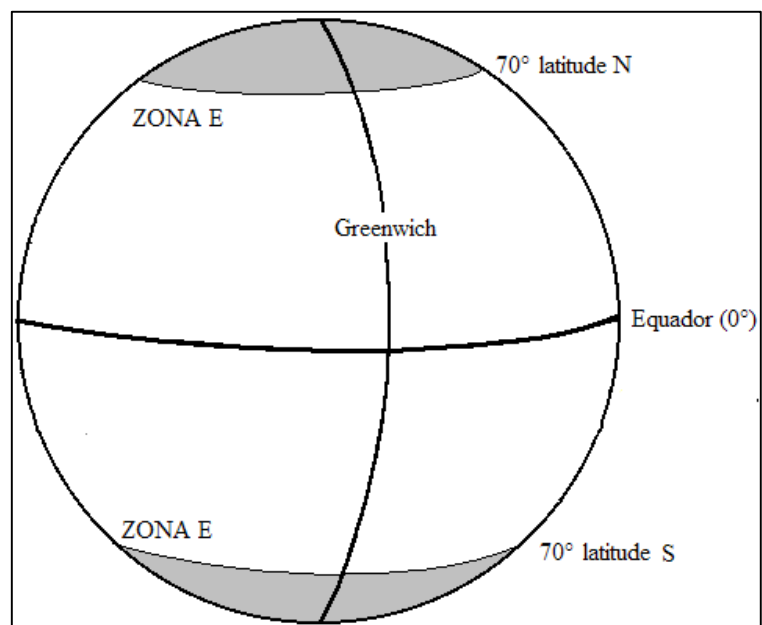


FIGURA 6 Latitudes de ocorrência da zona E.  
Fonte: Biscaro (2007).

Köppen (1931), apresenta um esquema climático global com a representação dos onze principais climas, relacionando-os com a latitude, como mostrado na Figura 7.

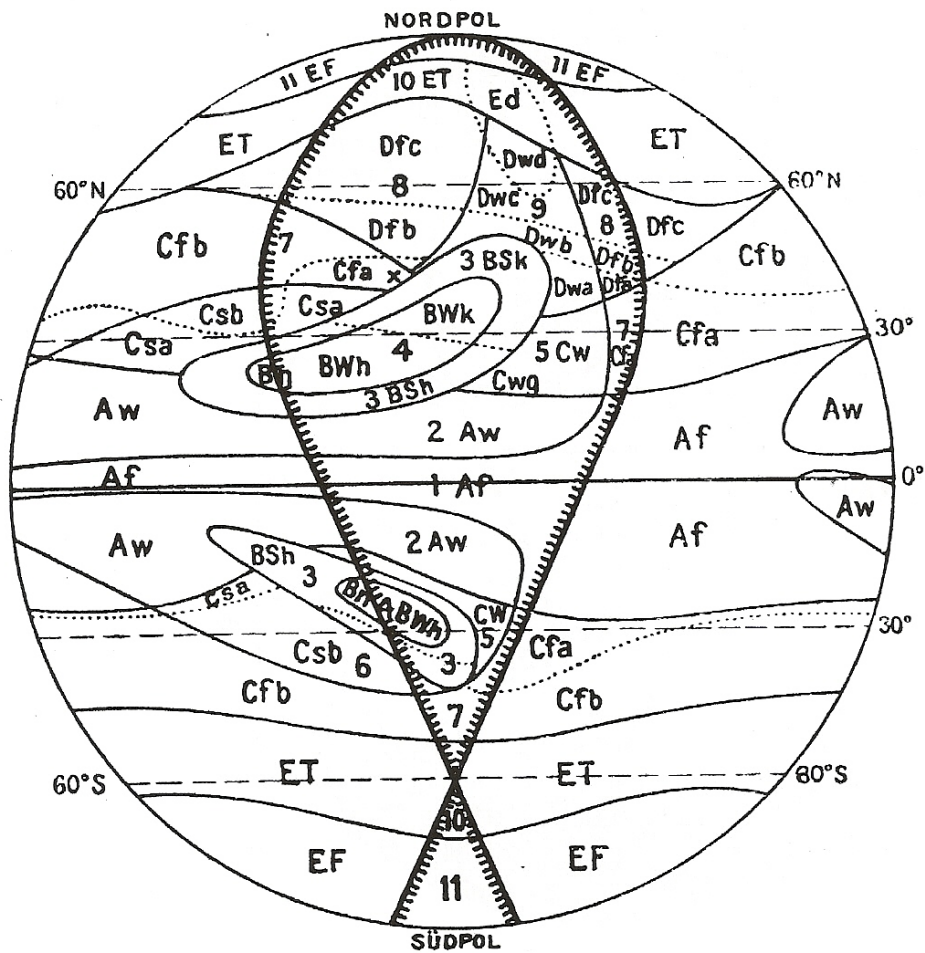


FIGURA 7 Esquema climático dos onze principais climas mundiais (1-Af, 2-Aw, 3-BSh, 4-BWh/BWk, 5-Cw, 6-Csb, 7-Cfb, 8-Dfc, 9-Dwc, 10-ET e 11-EF)

Fonte: Köppen (1931).

### **2.4.3 Critérios para a classificação de Köppen**

Os dados disponíveis para classificação devem ser oriundos de uma série histórica para que o resultado obtido tenha representatividade climática na região que se processou a classificação (Peel et al., 2007).

Para executar a classificação climática, é necessário, primeiro, classificar o grupo climático E, pois este só apresenta critérios de classificação baseados em condições térmicas. Em seguida, prossegue-se a classificação dos grupos B, A, C e D (Kottek et al., 2006). Entretanto, para melhor visualização e entendimento, os critérios para classificação serão aqui apresentados em sequência textual.

#### **2.4.3.1 Classificação grupo climático A**

Para caracterizar esta zona climática, deve-se observar a temperatura média do mês mais frio do ano, que deverá ser superior a 18°C, isto é, a temperatura média observada em qualquer um dos meses do ano deverá sempre ser maior que 18°C.

##### **2.4.3.1.1 Tipos climáticos aplicáveis ao grupo A**

Conforme apresentado na Tabela 2, os tipos climáticos aplicáveis à zona climática A são:

- **f** – não apresenta nenhuma estação seca durante o ano, sendo observadas chuvas durante todo o período. A precipitação média do mês mais seco deverá ser maior que 60 mm;
- **m** – apresenta uma breve estação seca durante o ano e chuvas intensas durante o restante do período;
- **w** – apresenta inverno seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação.

- s – apresenta verão seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação.

#### 2.4.3.2 Classificação grupo climático B

O grupo B só comporta dois tipos climáticos e é suficiente fazer a distinção entre estes para caracterizá-lo. As características específicas entre cada um são:

- S – apresenta estação seca de verão;
- W – apresenta estação seca de inverno.

A classificação para cada um desses tipos é estabelecido considerando-se três casos, segundo a distribuição de precipitação ao longo do ano.

Para a temperatura média anual (T, °C) e a precipitação total anual (P, cm), temos;

**1º caso:** Precipitação máxima observada no período de inverno

$$P < T \dots \dots \dots \text{BW}$$

$$T < P < 2 \cdot T \dots \dots \dots \text{BS}$$

Caso nenhuma dessas proposições seja verdadeira, prossegue-se a tentativa dos demais grupos, isto é:

$$P > 2 \cdot T \dots \dots \dots (\text{A, C e D})$$

**2º caso:** Precipitação uniforme distribuída durante todo o ano

$$P < (T + 7) \dots \dots \dots \text{BW}$$

$$(T + 7) < P < 2 \cdot (T + 7) \dots \dots \dots \text{BS}$$

**3º caso:** Precipitação máxima observada no período de verão

$$P < (T + 14) \dots \dots \dots \text{BW}$$

$$(T + 14) < P < 2 \cdot (T + 14) \dots \dots \dots \text{BS}$$

#### **2.4.3.2.1 Variedades climáticas aplicáveis ao grupo B**

Conforme apresentado na Tabela 2, as variedades climáticas aplicáveis aos tipos BS e BW, são:

- h – quente. Apresenta temperatura média anual superior a 18°C.
- k – moderadamente frio. Apresenta temperatura média anual inferior a 18°C.

#### **2.4.3.3 Classificação grupo climático C**

Para caracterizar esta zona climática, deve-se observar a temperatura média do mês mais frio do ano, que deverá estar compreendida entre -3°C e 18°C.

##### **2.4.3.3.1 Tipos climáticos aplicáveis ao grupo C**

Conforme apresentado na Tabela 2, os tipos climáticos aplicáveis à zona climática C são:

- f – não apresenta nenhuma estação seca durante o ano, sendo observadas chuvas durante todo o período. A precipitação média do mês mais seco deverá ser maior que 60 mm;
- w – apresenta inverno seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação;
- s – apresenta verão seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação.

##### **2.4.3.3.2 Variedades climáticas aplicáveis ao grupo C**

Conforme apresentado na Tabela 2, as variedades climáticas aplicáveis ao grupo C são:

- a – apresenta verão quente, em que a temperatura média do mês mais quente deverá ser superior a 22°C;



- b – apresenta verão moderadamente quente com a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e, durante pelo menos quatro meses, a temperatura média é superior a 10°C;
- c – apresenta verão breve e moderadamente frio, com a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e menos de quatro meses com temperatura média superior a 10°C.

#### **2.4.3.4 Classificação grupo climático D**

Para caracterizar esta zona climática, deve-se observar a temperatura média do mês mais frio do ano, que deverá ser menor que -3°C e o mês mais quente, com temperatura média maior que 10°C.

##### **2.4.3.4.1 Tipos climáticos aplicáveis ao grupo D**

Conforme apresentado na Tabela 2, os tipos climáticos aplicáveis à zona climática D são:

- f – não apresenta nenhuma estação seca durante o ano, sendo observadas chuvas durante todo o período. A precipitação média do mês mais seco deverá ser maior que 60 mm;
- w – apresenta inverno seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação.

##### **2.4.3.4.2 Variedades climáticas aplicáveis ao grupo D**

Conforme apresentado na Tabela 2, as variedades climáticas aplicáveis ao grupo D são:

- a – apresenta verão quente, em que a temperatura média do mês mais quente deverá ser superior a 22°C;
- b – apresenta verão moderadamente quente, com a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e, durante pelo menos quatro meses, a temperatura média é superior a 10°C;

- c – apresenta verão breve e moderadamente frio com a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e menos de quatro meses com temperatura média superior a 10°C;
- d – apresenta inverno muito frio, com a temperatura média do mês mais frio inferior a -38°C.

#### 2.4.3.5 Classificação grupo climático E

Para caracterizar esta zona climática, deve-se observar a temperatura média do mês mais quente do ano, devendo esta ser inferior a 10°C.

O grupo B, por exemplo, só comporta dois tipos climáticos, os quais são suficientes para fazer a distinção entre eles. As características de cada um são:

- T – apresenta temperatura média do mês mais quente entre 0°C e 10°C;
- F – apresenta temperatura média do mês mais quente menor que 0°C.

A classificação para cada um desses tipos é estabelecida segundo a proposição;

$$0^{\circ}\text{C} < T < 10^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots \text{ET}$$

$$T < 0^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots \text{EF}$$

Existe, ainda, a denominação EB, reservados aos climas de tundra ou gelo perpétuos, porém, sendo a temperatura do mês mais quente superior a 10°C, em razão da altitude (Vianello & Alves, 1991).

#### 2.4.3.6 Refinamento das combinações climáticas

Segundo Vianello & Alves (1991), alguns tipos e variedades secundárias podem ser empregados de forma a se obter um maior refinamento na combinação climática. Na Tabela 4 são apresentadas as possíveis aplicações.

TABELA 4 Possíveis aplicações dos tipos secundários e variedades às combinações climáticas.

Grupo climático	Tipo fundamental	Tipos secundários	Variedades
A	Af	Am	s, s', s''
	Aw	As	w, w', w''
B	BS	Bn, Bn'	h, k, k'
	BW	Bn'', Bn'''	s, w
C	Cs	Cx, Cx'	a
	Cw	Cwi	a, b
	Cf	Cfi	a, g
D	Dw	Ds	a, b, c, d
	Df	Dx	a, b, c
E	ET	ETH, ETHi	-----
	EF	EFH, EFHi	-----

Fonte: Adaptado de Vianello & Alves (1991).

Alguns dos tipos e variedades descritos nas sessões anteriores não serão contemplados na descrição que se segue.

Descrição dos tipos secundários e variedades apresentadas na Tabela 4.

o **Tipos secundários**

- n – névoas e nevoeiros frequentes;
- n' – névoas e nevoeiros raros, porém, compensados por muita umidade no ar e ausência de chuvas, com temperatura média de verão menor que 24°C;
- n'' – idem, com temperatura de verão entre 24° e 28°C;
- n''' – idem, com temperatura de verão superior a 28°C;
- x – os máximos de chuva ocorrem na primavera e no início de verão, com céu claro no final do verão;
- x' – chuvas raras, porém, intensas, podendo ocorrer em qualquer mês;

- i – a amplitude térmica entre o mês mais quente e o mês mais frio não é maior que 5°C e
  - H – clima de altitude, acima de 3.000 metros.
- **Variedades**
- s' – idem à descrição do tipo s, sendo que a temporada de verão se desloca do verão até o outono;
  - s'' – idem à descrição do tipo s, sendo a temporada de chuvas dividida em dois períodos, com uma curta temporada de seca e uma estação seca principal no verão;
  - w' – idem à descrição do tipo w, sendo que a temporada de chuvas se desloca do inverno até o outono;
  - w'' – idem à descrição do tipo w, sendo a temporada de chuvas dividida em dois períodos, com uma temporada de seca intercalada (uma no inverno e outra no verão); clima de duas estações chuvosas separadas de duas estações secas;
  - k' – frio; a temperatura média anual é inferior a 18°C, mas a do mês mais quente é superior a 18°C;
  - g – apresenta o ponto máximo da curva anual de temperatura anterior ao solstício de verão.

## **2.5 Sistemas de informações geográficas (SIGs)**

Segundo Oliveira et al. (2008), os sistemas de informações geográficas (SIGs) podem ser considerados como uma subárea da tecnologia da informação, passíveis de serem integrados com outras tecnologias, tais como a inteligência artificial, com diferentes propósitos e aplicações. Os SIGs apresentam inúmeras aplicações e podem ser utilizados para fornecer informações sobre gerenciamento do espaço geográfico (urbano e rural), rotas, estudos de impactos ambientais, gestão e qualidade de água, definição de impostos e taxas,

monitoramento e gerenciamento agrícola, modelagem e predição de clima e doenças, suporte à decisão na aplicação de produtos fitossanitários e fertilizantes em taxa variável, manejo, planejamento e otimização da extração e replantio de florestas, entre muitos outros.

Os SIGs apresentam boas potencialidades de integração e análise de informação climática e/ou meteorológica, sendo uma ferramenta em constante desenvolvimento nestas áreas, mas ainda não totalmente explorada. Uma das necessidades em climatologia relaciona-se com a obtenção de valores de elementos climáticos onde não existem estações de medição, por meio de técnicas de interpolação que transformam valores pontuais em superfícies contidas no limite da malha de pontos considerada. Os SIGs integram esta técnica e possibilitam procedimentos de análise, visualização, integração, combinação flexível, armazenamento dos conjuntos de dados e obtenção de cartografia georreferenciada, contribuindo, dessa forma, com uma maior valia para a climatologia (Tveito & Schöner, 2001).

Maracchi et al. (2000) descrevem várias aplicações recentes de SIG em agrometeorologia. Entre elas, a importância desta ferramenta no planejamento agrícola, tanto na escala temporal quanto espacial, fornecendo subsídios à implantação e ao manejo das atividades agrícolas. De acordo com Ferreira (1997), citado por Cecílio et al. (2003), os SIGs podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre o planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que afetam o ambiente e auxiliam no planejamento e no manejo dos recursos naturais de regiões específicas.

Os atuais sistemas de informações podem não só fazer análise dos dados existentes, mas também projetar, simular situações ideais e potenciais, fazendo previsões e modelos de simulação. As habilidades desses sistemas

proporcionaram uma revolução no modo de trabalhar e pensar nas áreas que usam a geografia e suas aplicações no mundo real (Cecílio, 2003).

A natureza complexa, dinâmica e não-linear dos sistemas agrícolas requer soluções baseadas no avanço de tecnologias, para promover melhor acurácia, melhor compreensão e soluções mais apropriadas para lidar com a alimentação, o meio-ambiente e os recursos energéticos na agricultura mundial. Com as recentes aplicações da tecnologia da informação (TI), como a inteligência artificial (IA) (robótica, sistemas especialistas, sistemas de apoio à decisão, redes neurais, sistemas fuzzy, algoritmos genéticos), sistemas de informações georreferenciadas (sig) e geoestatística, pretende-se prover soluções aos problemas existentes nos sistemas agrícolas. Com a utilização dessas tecnologias, à medida que seus custos diminuem, catalisam-se investigações de diferentes aplicações dessas tecnologias na agricultura (Oliveira et al., 2008).

Ainda para Oliveira (2008), nos SIGs, os fenômenos relacionados ao mundo real podem ser descritos de três maneiras: espacial, temporal e temática; espacial, quando a variação muda de lugar para lugar; temporal, quando a variação muda com o tempo e temática, quando as variações são detectadas por meio de mudanças de características. Essas três maneiras de observar os fenômenos que ocorrem na superfície da Terra compõem, coletivamente, as informações denominadas de dados espaciais.

Podem-se identificar os seguintes componentes relacionados de forma hierárquica num SIG:

- interface com usuário;
- entrada e integração de dados;
- consulta, análise espacial e processamento de imagens;
- visualização e plotagem;
- armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Os SIGs são ferramentas cada vez mais utilizadas nos processos de planejamento econômico, territorial e ambiental, relacionados com vários campos tecnológicos em desenvolvimento, que manipulam dados espaciais. A utilização em larga escala de técnicas de geoprocessamento como apoio científico e tecnológico, numa abordagem de natureza agronômica, tem merecido cada vez mais a atenção dos usuários (Fernandes, 1997). Na agricultura, os SIGs apresentam inúmeras aplicações e podem ser utilizados para fornecer informações sobre rotas, estudos de impactos ambientais, qualidade de água, cobrança de impostos, monitoramento e gerenciamento agrícola, modelagem e previsão de clima, apoio à decisão na aplicação fertilizantes em taxa variável, manejo, planejamento e otimização da extração e replantio de florestas, etc. (Burrough & McDonnell, 1998; Longley et al., 2001; Silva, 2003).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Base de dados para realização do trabalho**

#### **3.1.1 Obtenção dos dados**

O banco de dados climatológicos digital disponibilizado pela organização internacional WorldClim, versão de dados 1.4 (Hijmans et al., 2005), foi desenvolvido com dados de estações climatológicas dispostas em todo o mundo, principalmente no período entre 1950 e 2000.

Para o Brasil, os principais dados foram obtidos por meio da rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses dados estão presentes nas Normais Climatológicas (1961-1990) (Brasil, 1992), publicadas pelo próprio INMET e disponibilizadas mundialmente pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO), tendo sido desta fonte internacional que os dados foram obtidos. Dados complementares da R-Hydronet (dados regionais para a América Latina e Caribe) e da FAO-CLIM 2.0 base global de dados climáticos (Food and Agriculture Organization - FAO, 2001) também fazem parte do conjunto de informações utilizadas para a composição dos arquivos digitais de dados para a América do Sul.

Dentro do limite político do estado de Minas Gerais existem 32 estações climatológicas principais no INMET (Figura 8) e outras 19 estações localizadas em regiões próximas ao estado, as quais que exercem certa influência na espacialização dos dados.

A localização das estações principais do INMET no estado de Minas Gerais e nos estados vizinhos, totalizando 51 estações, está ilustrada na Figura 8.





Para melhor composição da espacialização dos dados primários mundiais, foi necessário dividir o mundo em 13 zonas. A sobreposição dessas zonas foi efetuada de forma a obter uma transição suave nas camadas de informações. Cada uma das zonas foi sobreposta em pelo menos 15°, chegando, em algumas áreas, a 30°.

Os dados de precipitação média mensal, temperaturas mínimas mensais e temperaturas máximas mensais foram interpoladas utilizando-se, como variáveis independentes, latitude, longitude e altitude. A técnica utilizada foi a thin-plate splines (TPS) que, segundo Hutchinson (1995), fornece uma excelente performance da interpolação. Segundo Bookstein (1989), citado por Barbosa et al. (2008), um interpolante Thin Plate Spline (TPS) pode ser ilustrado fisicamente como sendo uma chapa fina de metal se estendendo para o infinito, presa em alguns pontos de controle, de tal forma que a energia necessária para isto seja mínima, desprezando-se a energia elástica e a energia gravitacional.

### **3.1.1.2 Validação dos dados WorldClim**

A validação do banco de dados climáticos digitais, obtidos a partir de interpolação, foi feita pelo método da validação cruzada (Hijmans et al., 2005). A variação da resolução espacial em cada célula nos dados de altitude foi inferior a 3 segundos de arco, o equivalente a menos de 50 m.

O método identificou desvios de precipitação mais fortemente observados em zonas com elevada precipitação. O erro de validação cruzada encontrado é razoavelmente baixo, menor que 10 mm mês<sup>-1</sup>. Os desvios de temperatura observados foram muito pequenos na validação cruzada, menores que 0,3°C em grande parte das áreas.

É importante ressaltar que os erros observados são menores quanto maior é a densidade de pontos amostrados.

Os arquivos de dados de precipitação média mensal, temperaturas máximas e mínimas mensais e altitude utilizados neste trabalho estão disponíveis em <http://www.worldclim.org/current.htm>, em formato Raster, isto é, um arquivo de imagens que contém a descrição de cada pixel, em oposição aos gráficos vectoriais.

### **3.1.2 Resolução dos dados**

Para este trabalho, foi utilizada a grade de resolução espacial de 30 segundos de arco, o que corresponde a um pixel ou célula com área de, aproximadamente, 0,86 km<sup>2</sup> (considerando 1° = 111,2 km). As unidades espaciais, chamadas células ou pixels, contêm informação considerada completamente homogênea, portanto, receberam um único valor para cada atributo que caracteriza uma determinada área do estado.

### **3.2 Programa computacional utilizado**

A análise exploratória de dados e a cartografia elaborada foram realizadas com a utilização do software ArcGIS<sup>®</sup> versão 9.1 e extensões Geostatistical Analyst, Analyst, Spatial Analyst, 3D Analyst, Xtools Pro e Data Management no ArcMap.

### **3.3 Manipulação preliminar dos dados**

#### **3.3.1 Dados para o estado de Minas Gerais**

A primeira etapa na preparação dos dados foi extrair, do banco de dados mundial, os dados referentes ao estado de Minas Gerais.

Foi utilizado um arquivo digital da Base Cartográfica IBGE (2002) com o limite político do estado, para extrair os dados médios mensais de precipitação, temperaturas mínimas e máximas, gerando, ao final desse processo, 36 arquivos independentes.

### 3.3.2 Dados de temperatura

Foi necessário fazer a correção dos dados de temperatura, pois estes se apresentavam originalmente em graus Celsius, multiplicado por 10. Dessa maneira, a temperatura de 24°C, registrada em um pixel, apresentava-se como 240°C. Em seguida, foram criados arquivos de dados com a temperatura média mensal. Como os dados WORLDCLIM são disponibilizados apenas com temperaturas máximas e mínimas, não foi possível criar os arquivos de temperatura média por meio da média compensada, sendo estes gerados a partir da média aritmética da temperatura máxima e mínima para cada um dos meses, totalizando 12 arquivos independentes. Do mesmo modo, também foi criado um arquivo com a temperatura média anual a partir da soma das temperaturas médias máximas e mínimas, de acordo com a seguinte equação:

$$\frac{\sum_{i=1}^{12} T_{Max_{mensal}} + \sum_{i=1}^{12} T_{Min_{mensal}}}{24} \quad (1)$$

### 3.3.3 Dados de precipitação pluvial

Os dados mensais médios de precipitação pluvial foram somados para se obter um arquivo de precipitação total anual média em milímetros; em seguida, criado um segundo arquivo, em que a unidade inicial foi transformada em centímetros, unidade esta necessária à classificação do grupo climático B.

### 3.3.4 Convenção das estações climáticas no hemisfério Sul

Na classificação climática proposta por Köppen, é necessária a divisão dos meses do ano em estações climáticas, para se processar a classificação de determinados grupos, tipos e variedades climáticas. Como os arquivos de dados

disponibilizados estão divididos em meses, a subdivisão das estações climáticas durante o ano foi considerada conforme apresentado na Tabela 5, desconsiderando a convenção astronômica de início das respectivas estações.

TABELA 5 Convenção dos períodos das estações climáticas

<b>Estação climática</b>	<b>Período determinado</b>
Verão	Janeiro – Fevereiro – Março
Outono	Abril – Maio – Junho
Inverno	Julho – Agosto – Setembro
Primavera	Outubro – Novembro – Dezembro

### 3.4 Sistema de projeção cartográfica

Para obter dados relacionados à área de cada uma das classes climáticas obtidas, assim como a porcentagem de área ocupada por estas nas mesorregiões do estado, foi necessário fazer a projeção cartográfica dos arquivos em um sistema mais apropriado para o estado de Minas Gerais. Isso porque o estado ocupa extensa área geográfica, que se alonga por cerca de onze graus em longitude e nove graus em latitude, não podendo, por isso, ser representado de forma completa por meio do sistema de projeção UTM, projeção do arquivo original, que se limita a seis graus em longitude. Dessa maneira, segundo Timbó Elmiro (2001), o sistema de projeção cartográfica que melhor representa o estado de Minas Gerais é a projeção cônica conforme de Lambert, sendo esta utilizada na projeção dos arquivos de dados obtidos para as classes climáticas.

A transformação de Datun, obrigatória quando há a necessidade de modificação da projeção cartográfica, entre WGS84 (arquivo original) para o SAD69 (Datum planimétrico Córrego Alegre, Brasil), foi realizada com o arquivo de transformação “SAD\_1969\_To\_WGS\_1984\_14”, indicado pela ESRI, fabricante do software, como sendo o correspondente para dados

processados no Brasil. A tabela de códigos de transformações entre Datums recomendada pela ESRI, pode de acessada em:

<<http://downloads.esri.com/support/techArticles/PE9xtrans.zip>>.

### **3.5 Classificação climática**

Inicialmente, os grupos climáticos D (climas frios com neve) e E (climas polares) foram descartados, pois não há registros, na literatura, de ocorrência desses climas em Minas Gerais.

#### **3.5.1 Sequência de classificação dos grupos climáticos**

Conforme recomendação da metodologia em questão, excetuando o grupo E, o primeiro grupo a ser classificado foi o B e, subsequentemente, os grupos A e C.

Os cálculos de classificação dos dados foram efetuados com a utilização da ferramenta Raster Calculator, integrante da extensão Spatial Analyst no ArcGIS® 9.1.

Para cada grupo climático classificado foi gerado um arquivo independente que, posteriormente, foi reclassificado segundo as condições propostas para classificar os tipos e variedades climáticas aplicados ao grupo em questão.

No caso de classes climáticas compostas por três letras, foram gerados três arquivos diferentes, sendo este último o arquivo que determina efetivamente a classe climática que foi representada dentro do estado de Minas Gerais.

Vianello & Alves (1991) recomendam que, para se caracterizar a subdivisão “b”, é necessário que haja temperatura menor que 22°C e, no caso da subdivisão “a”, temperatura maior que 22°C, ambas no mês mais quente do ano. Entretanto, na hipótese de haver pixels com valor igual a 22°C estes não estariam classificados nem como “a” e ou “b”. Neste caso, foi admitido que,

para a subdivisão “b”, a temperatura deverá ser menor ou igual a 22°C, para o mês mais quente.

### **3.5.2 Zoneamento**

Utilizando-se os critérios propostos pela metodologia da classificação, podem-se separar zonas com padrão homogêneo de informações. Essas zonas climáticas, ainda em formato raster, foram unidas, compondo um único arquivo e posteriormente transformadas em polígonos vetorizados sem generalização das linhas, procedimento necessário para que não haja distorção dos polígonos formados.

O conjunto de polígonos independentes contendo informações homogêneas, isto é, polígonos que representam uma determinada classe climática, mas que se encontram individualizados, foram unidos, formando um só arquivo com polígono que foi nomeado por sua classe correspondente. Esse procedimento também permitiu calcular a área que cada classe ocupa dentro do estado de Minas Gerais.

### **3.5.3 Divisão em mesorregiões**

Após se processar o zoneamento no estado, este foi subdividido de acordo com as mesorregiões propostas pelo IBGE.

Foi utilizado um arquivo digital da Base Cartográfica IBGE (2002) com a divisão política do estado em mesorregiões, para extrair as classes climáticas pertencentes a cada uma destas.

### **3.5.4 Gráficos das classes climáticas**

Para melhor compreensão do comportamento da precipitação pluvial e temperatura em cada classe climática observada, foram gerados gráficos de precipitação média mensal e temperatura média mensal para o período de doze meses.

Os gráficos foram gerados, com arquivo ainda em formato raster, a partir do cálculo da média dos valores dos pixels em cada uma das classes correspondentes.

### **3.6 Validação dos mapas de zoneamento**

#### **3.6.1 Dados de validação**

Utilizou-se a base de dados da rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) presentes nas Normais Climatológicas (1961-1990), para as 32 estações climatológicas principais do INMET (Figura 8) localizadas dentro do limite político do estado de Minas Gerais.

A partir dos dados climatológicos registrados em cada uma das estações do INMET, foi possível realizar a classificação climática pontual, em que cada estação obteve uma classificação relacionada às condições climáticas ali registradas.

Com os dados de latitude, longitude, nome do município onde se localiza a estação climatológica e sua classe correspondente, foi criado um sistema de informações geográficas (SIG). Este arquivo serviu para plotar os pontos referentes à classe climática em cada estação e compará-los com os resultados da classificação obtida pelo zoneamento.

#### **3.6.2 Índice de concordância**

O índice concordância das classes climáticas zoneadas com as classes climáticas obtidas por cálculo pontual dos valores das estações foi realizado da seguinte maneira:

- para cada par de classes climáticas idênticas foi atribuído o valor 1;
- para cada par de classes climáticas distintas foi atribuído o valor 0.



Dessa maneira, sendo o valor 1 equivalente a 100% de concordância e 0 nenhuma concordância, o índice de concordância foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$\frac{\sum_{i=1}^n Par_i}{n} = 1 \quad (2)$$

em que n = número de pares observados

Para a classificação do índice de concordância obtido, foram adotados os valores tabelados do índice de Kappa, que classifica a concordância de acordo com os valores obtidos (Tabela 6).

TABELA 6 Classes de concordância do índice de Kappa

Valores de Kappa	Concordância
< 0	Nenhuma
0-0,19	Pobre
0,20-0,39	Ligeira
0,40-0,59	Moderada
0,60-0,79	Substancial
0,80-1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis & Koch (1977).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Classes climáticas observadas no estado de Minas Gerais

Após manipulação digital dos arquivos de dados climáticos criados especificamente para a classificação, foram observados três grupos (A, B e C) e cinco classes climáticas (Am, Aw, BSh, Cwa e Cwb) em Minas Gerais.

O mapa do zoneamento climático do estado, apresentado na Figura 9, mostra a ocupação espacial das classes climáticas observadas. O sistema de convenção de cores, que aqui representa cada uma das classes climáticas observadas, é o mesmo utilizado pelo zoneamento de Köppen & Geiger (1928).

A classe climática com maior representatividade dentro de Minas Gerais foi a classe Aw, com cerca de 67% da área total do estado, seguido das classes Cwa, com 21% e Cwb, com 11%. As classes climáticas Am e BSh apresentaram área inferior a 1%, conforme representação da Figura 10.

A classe climática BSh não apresentou uma ocupação expressiva como esperada na região norte do estado, divisa com o estado da Bahia, onde ocorrem, historicamente, precipitações irregulares e escassas. Este fato é atribuído tanto à resolução espacial dos dados utilizados para o zoneamento quanto à metodologia utilizada na interpolação das informações primárias, uma vez que há uma baixa densidade de estações climatológicas principais do INMET nesta região (Figura 8), o que poderá ter acarretado em um maior erro na especialização dos dados.

Para Laslett (1994), a densidade amostral, assim como o método utilizado na interpolação de dados, exerce forte influência sobre o resultado obtido, sendo os erros minimizados quanto maior a densidade de pontos amostrados e mais adequado seja o interpolado aos dados utilizados.

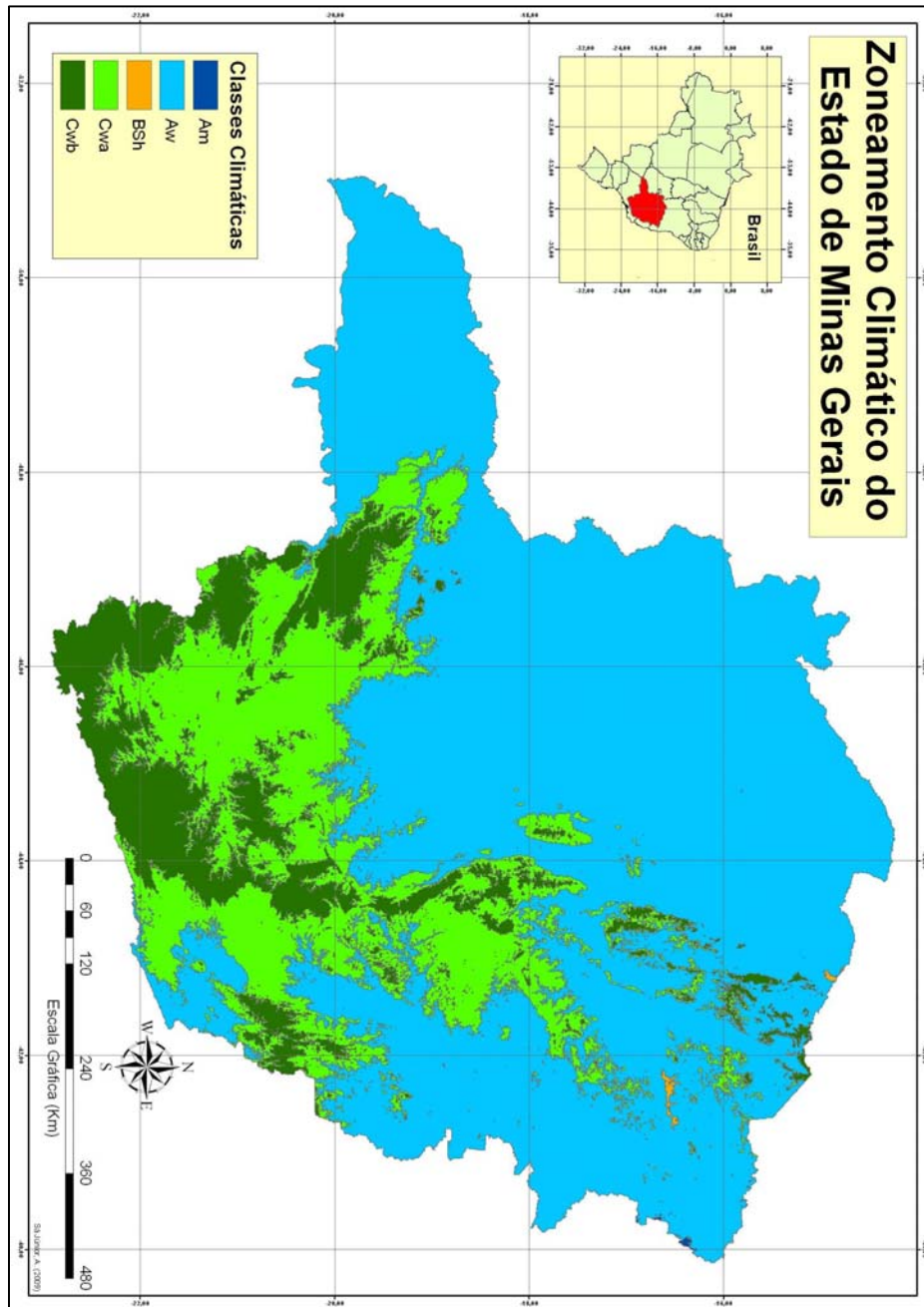


FIGURA 9 Zoneamento climático do estado de Minas Gerais, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

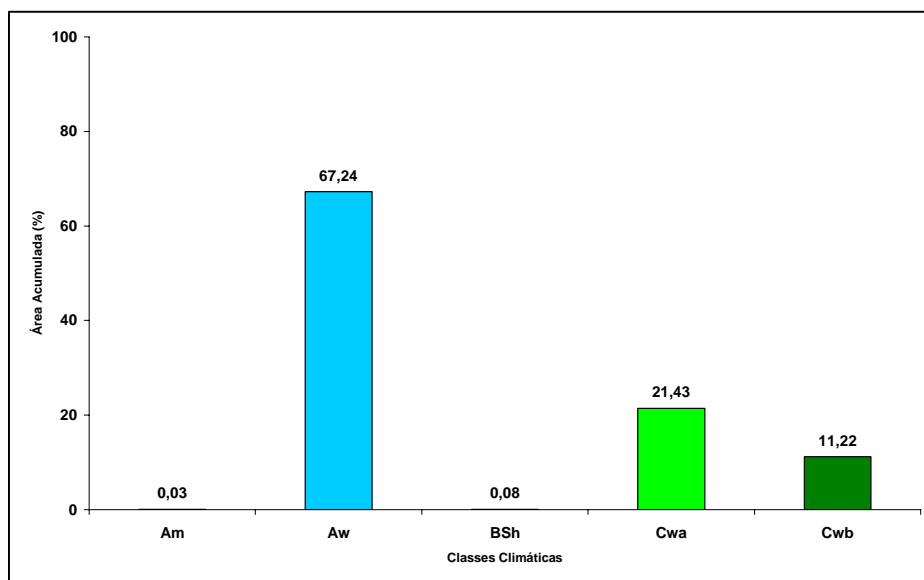


FIGURA 10 Porcentagem de área das classes climáticas observadas no estado de Minas Gerais, de acordo com a classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

Resultados apresentados por Antunes (1980), citado por Aspiazú et al. (1990), mostram certo grau de semelhança com os dados aqui apresentados. Os grupos climáticos observados foram os mesmos, porém, as classes climáticas Am e BSh não foram observadas, sendo encontrada a classe BSw em áreas próximas às que compreendem as zonas classificadas como BSh.

Este fato pode ser explicado devido à utilização de banco de dados distintos, visto que, no período em que ocorreu a pesquisa e a publicação do artigo realizado por Antunes (1980), havia disponíveis apenas dados referentes às Normais Climatológicas de 1931 a 1960. É importante ressaltar que os dados aqui utilizados foram especializados por meio de técnicas computacionais avançadas, obtendo-se arquivos com uma grade de resolução espacial de 30 segundos de arco, isto é, cada pixel corresponde a uma área de 0,86 km<sup>2</sup> a partir de dados compreendidos no período de 1961 a 2000 e que o processamento

desses arquivos ocorreu com a utilização de técnicas de geoprocessamento capazes de fornecer resultados confiáveis. Podem, ainda, ter ocorrido possíveis modificações no padrão climático em algumas regiões nesse período, justificando, assim, a ocorrência de classes climáticas diferentes.

Recentemente, Kottek et al. (2006) publicaram uma atualização do mapa mundial da classificação climática de Köppen & Geiger (1928), com dados oriundos do Climatic Research Unit (CRU) para precipitação e temperatura e do Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) para dados de precipitação, ambos do período de 1961-2000. Todavia, a grade de resolução espacial adotada é de 0,5°, isto é, 30 minutos de arco, equivalente a uma área de aproximadamente 3091 km<sup>2</sup>.

Neste trabalho, predominantemente, foram apenas observados os grupos climáticos A e C, entretanto, houve a ocorrência de duas diferentes classes climáticas Cfa e Cfb, conforme Kottek et al. (2006), localizadas no sudeste do estado, divisa com os estados de São Paulo e Rio de Janeiro (Figura 11-A). A ocorrência dessas classes climáticas pode ser atribuída à influência da espacialização dos dados de observações próximas a divisa do estado de Minas Gerais que predominam no nordeste do estado de São Paulo e no sudoeste do estado do Rio de Janeiro. Da mesma maneira, pode-se observar que, no sudoeste do estado do Espírito Santo e no centro-norte do estado de São Paulo, há ocorrência da classe climática Cwa (Figura 11-B).

Também se pode observar que, no centro-sul do estado da Bahia, na divisa com o estado de Minas Gerais, há a ocorrência da classe climática BSh, em localização próxima àquela onde se observa esta mesma classe na Figura 9.

Diferentes metodologias de espacialização dos dados climáticos e a baixa resolução espacial dos arquivos utilizados na classificação proposta por Kottek et al. (2006) podem ter contribuído para a ocorrência de classes climáticas diferentes daquelas observadas neste zoneamento climático.

As classes climáticas observadas no zoneamento proposto por Kottek et al. (2006), com grade de resolução espacial de 0,5°, são apresentadas na Figura 11.

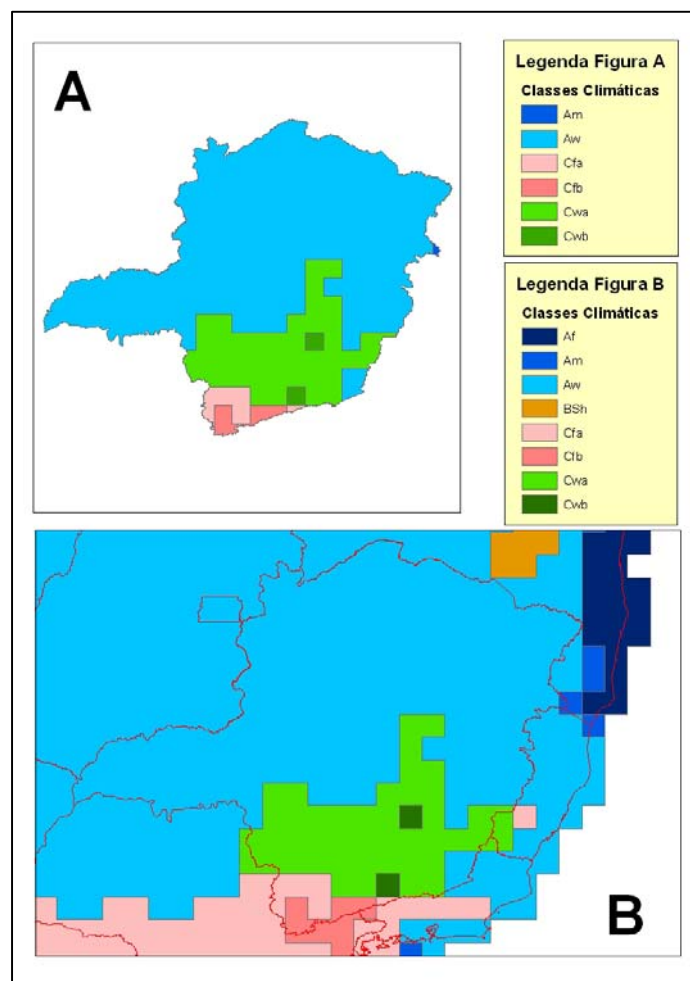


FIGURA 11 Classes climáticas observadas em Minas Gerais (A) e influência de outras regiões no clima do estado (B).  
Fonte: Adaptado de Kottek et al., (2006).

#### 4.1.1 Características específicas das classes climáticas observadas

##### 4.1.1.1 Grupo climático A

Clima tropical chuvoso (megatérmico), caracterizado por apresentar temperatura média do mês mais frio maior que 18°C, ou seja, temperatura média de todos os meses maior que 18°C.

##### 4.1.1.1.1 Classe climática Aw

Clima tropical úmido de savana (zonas de transição entre bosques e prados cuja vegetação predominante são as gramíneas). A época mais seca coincide com o inverno, tendo como precipitação máxima observada para o mês mais seco nesta estação valores menores que 60 mm. A vegetação observada nessas áreas é arbustiva e rasteira.

A partir das médias dos valores obtidos nos pixels para precipitação e temperatura médias mensais (Tabela 8) na área correspondente à classe climática Aw, foi possível observar o comportamento desses elementos ao longo de um ano (Figura 12).

TABELA 8 Precipitação e temperatura médias mensais observadas na classe Aw

Estação	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Meses	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Prec. (mm)	191,0	150,0	137,0	73,0	34,5	33,5	36,0	27,5	38,5	104,5	180,5	227,0
Temp (°C)	24,6	24,7	24,0	22,7	21,1	20,4	20,6	22,0	23,2	23,9	23,9	23,7

A menor temperatura média foi observada no mês de junho, com 20,4°C e a máxima no mês de fevereiro, com 24,7°C. A média de temperatura invernal é de 22°C e de verão, 24,4°C

O gráfico do comportamento da temperatura e precipitação no período anual é mostrado na Figura 12.

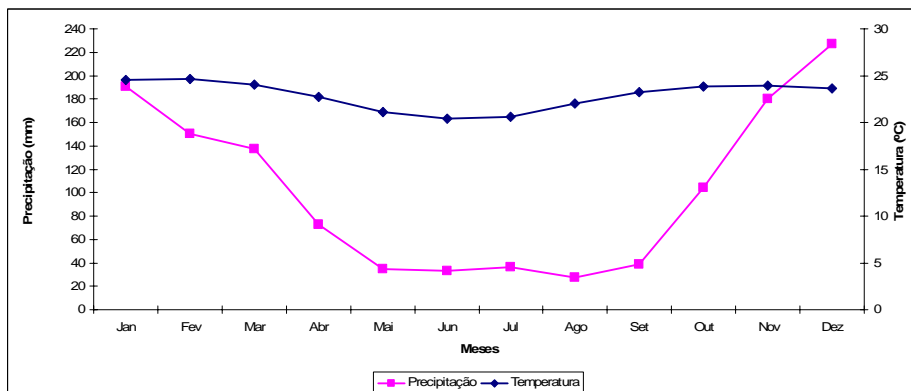


FIGURA 12 Comportamento anual da temperatura e precipitação para a classe climática Aw.

A distribuição percentual de precipitação nas estações no ano é mostrada na Figura 13.

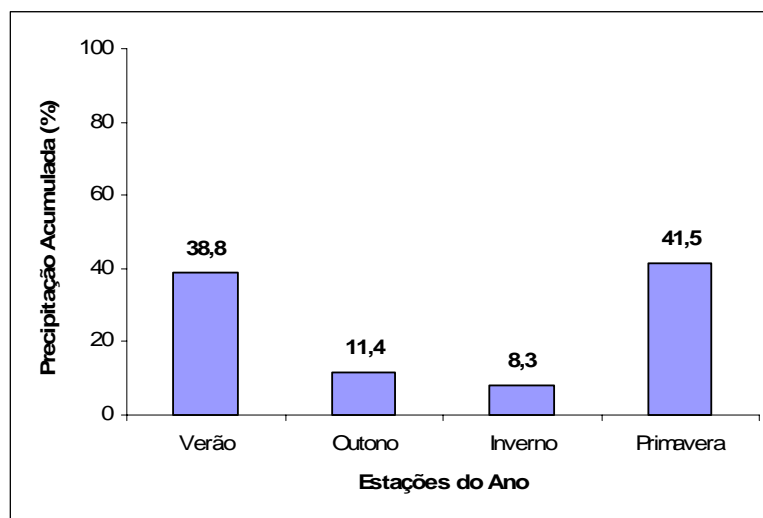


FIGURA 13 Distribuição percentual de precipitação anual nas estações do ano, para a classe climática Aw.



A partir do mês de maio, estendendo-se até setembro, inicia-se o período seco com a ocorrência de precipitação menor que 40 mm mês<sup>-1</sup>.

Os menores valores de precipitação por estação foram observados nos meses de julho, agosto e setembro, período de inverno, com um total de 102 mm, média de 34 mm mês<sup>-1</sup>, correspondendo a 8,3% (Figura 13) do total de precipitação anual.

Observa-se que os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro concentram as maiores precipitações, sendo responsáveis por, aproximadamente, 60% do total das precipitações ocorridas no ano.

#### 4.1.1.1.2 Classe climática Am

Clima tropical de monção (designação dada aos ventos sazonais, em geral associados à alternância entre a estação das chuvas e a estação seca) é uma forma intermediária das classes Af e Aw, caracterizado por apresentar uma breve estação seca no ano e chuvas intensas no restante do período.

A partir das médias dos valores obtidos nos pixels para precipitação e temperatura médias mensais (Tabela 9) na área correspondente à classe climática Am, foi possível observar o comportamento desses elementos ao longo de um ano (Figura 14).

TABELA 9 Precipitação e temperatura médias mensais observadas na classe Am

Estação	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Prec. (mm)	123,6	97,4	85,8	83,0	62,0	65,5	70,6	60,5	63,2	99,4	138,5	124,5
Temp (°C)	23,3	23,3	22,9	21,7	20,2	19,0	18,7	19,5	21,2	21,7	22,0	22,4

A menor temperatura média foi observada no mês de julho, 18,7°C e a máxima nos meses de janeiro e fevereiro, com 23,3°C. A média de temperatura invernal é de 20,3°C e de verão, 23,2°C.

O gráfico do comportamento da temperatura e precipitação no período anual é mostrado na Figura 14.

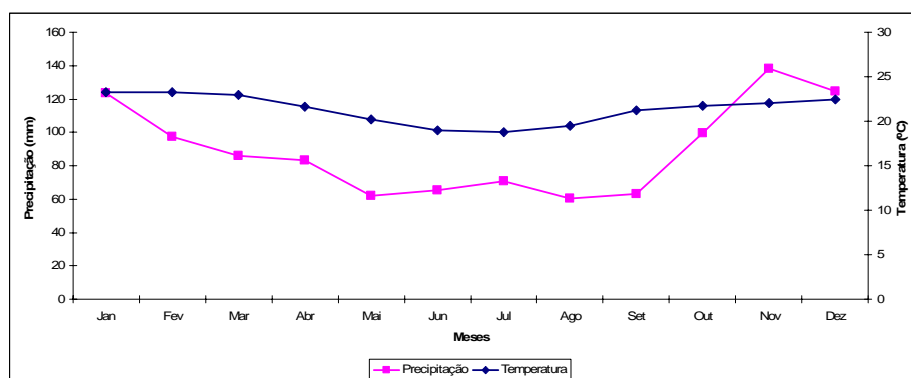


FIGURA 14 Comportamento anual da temperatura e precipitação para a classe climática Am.

A partir do mês de maio, estendendo-se até setembro, inicia-se o período seco, porém, a precipitação observada é maior que 60 mm em todos os meses.

Os menores valores de precipitação por estação foram observados no período de inverno, entre os meses de julho e setembro, com um total de 194,2 mm, média de 64,7 mm mês<sup>-1</sup>, correspondendo a 18,1% do total de precipitação anual (Figura 15).

Observa-se que há uma distribuição regular na distribuição da precipitação e que os meses de novembro, dezembro, janeiro concentram as maiores precipitações, sendo responsáveis por, aproximadamente, 36% do total das precipitações ocorridas no ano.

A distribuição percentual de precipitação nas estações no ano é mostrada no gráfico da Figura 15.

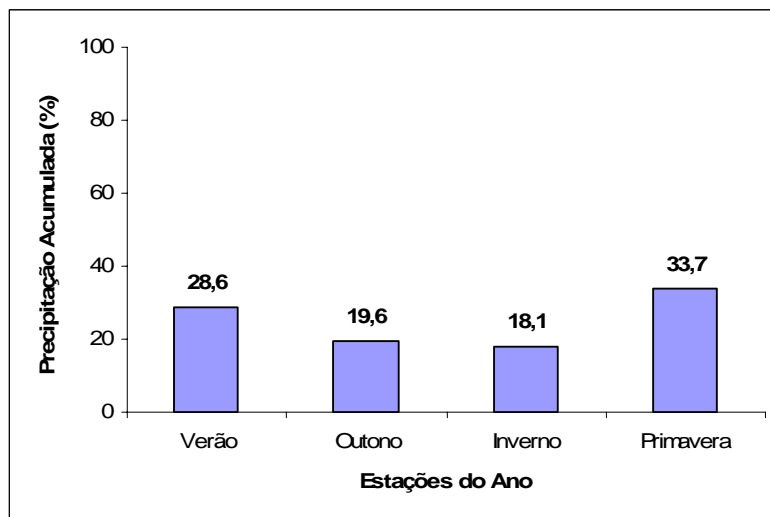


FIGURA 15 Distribuição percentual de precipitação anual nas estações do ano para a classe climática Am.

#### 4.1.1.2 Grupo climático B

Clima seco. Apresenta altas taxa de evapotranspiração e baixas quantidades de precipitação, não existindo, assim, excedente de água.

##### 4.1.1.2.1 Classe climática BSh

Clima seco de estepe (ecossistema de transição entre as áreas bioclimáticas úmidas e as terras áridas desérticas), quente, com temperatura média anual superior a 18°C e precipitação anual sempre inferior a 1.000 mm.

A partir das médias dos valores obtidos nos pixels para precipitação e temperatura médias mensais (Tabela 10) na área correspondente à classe climática BSh, foi possível observar o comportamento desses elementos ao longo de um ano (Figura 16).

A menor temperatura média foi observada no mês de junho, com 19°C e a máxima no mês de janeiro, com 25,5 °C. A média de temperatura invernal é de 22,8°C e de verão, 25,3°C.

TABELA 10 Precipitação e temperatura médias mensais observadas na classe BSh

Estação	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
Meses	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Prec. (mm)	125,6	79,1	82,3	42,75	14,4	6,0	6,6	4,5	13,6	65,1	146,8	166,6
Temp (°C)	25,5	25,4	25,1	24,0	22,3	19,0	21,5	22,7	24,2	25,0	24,6	24,9

A partir do mês de maio, estendendo-se até setembro, inicia-se o período seco, com a ocorrência de precipitação menor que 15 mm mês<sup>-1</sup>.

Os menores valores de precipitação por estação foram observados no período de inverno, entre os meses de julho a setembro, com um total de 24,7 mm, média de 8,2 mm mês<sup>-1</sup>, correspondendo a 3,3% (Figura 17) do total de precipitação anual.

O gráfico do comportamento da temperatura e precipitação no período anual é apresentado na Figura 16.

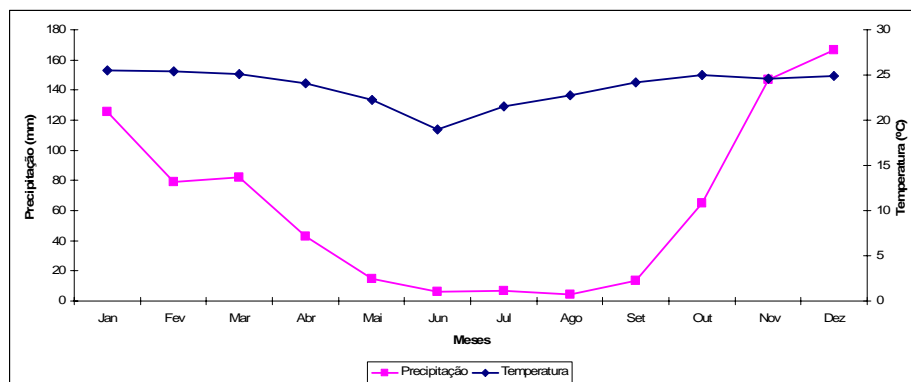


FIGURA 16 Comportamento anual da temperatura e precipitação para a classe climática BSh.

Observa-se que a distribuição de precipitação dessa classe climática é irregular, concentrada principalmente nos meses de novembro, dezembro e janeiro, sendo responsáveis por, aproximadamente, 58% do total das precipitações ocorridas no ano.

A distribuição percentual de precipitação nas estações no ano é mostrada no gráfico da Figura 17.

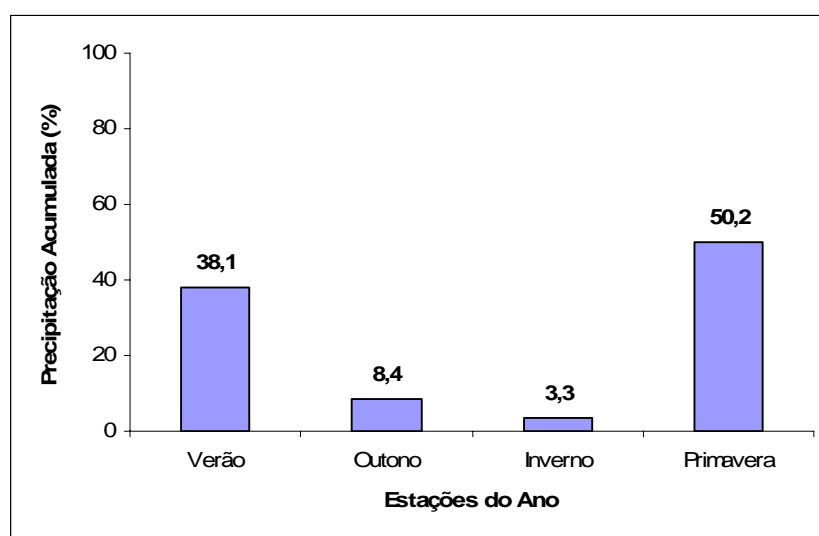


FIGURA 17 Distribuição percentual de precipitação anual nas estações do ano para a classe climática BSh.

#### 4.1.1.3 Grupo climático C

Clima temperado chuvoso e moderadamente quente, com temperaturas médias dos meses mais frios do ano compreendidas entre  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ .

##### 4.1.1.3.1 Classe climática Cwa

Clima temperado úmido com inverno seco. A precipitação média é inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação. Apresenta verão quente e a temperatura média do mês mais quente deverá ser superior a  $22^{\circ}\text{C}$ .

A partir das médias dos valores obtidos nos pixels para precipitação e temperatura médias mensais (Tabela 11) na área correspondente à classe climática Cwa, foi possível observar o comportamento desses elementos ao longo do ano (Figura 18).

TABELA 11 Precipitação e temperatura médias mensais observadas na classe Cwa

Estação	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
Meses	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Prec. (mm)	213,0	160,0	157,0	71,5	34,33	35,4	36,9	30,0	45,5	117,0	208,4	264,4
Temp (°C)	23,5	22,9	21,8	20,0	17,9	16,6	17,6	19,9	21,6	21,5	21,9	21,4

O gráfico do comportamento da temperatura e precipitação no período anual é mostrado na Figura 18.

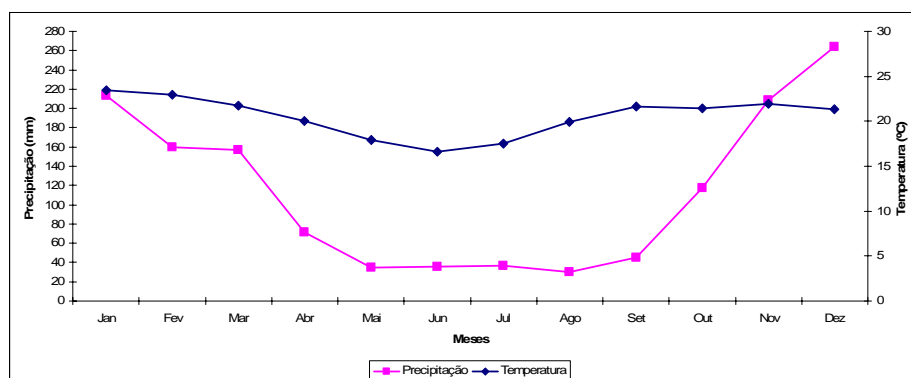


FIGURA 18 Comportamento anual da temperatura e precipitação para a classe climática Cwa.

A menor temperatura média foi observada no mês de junho, com 16,6°C e a máxima no mês de janeiro, com 23,5°C. A média de temperatura invernal é de 19,7°C e de verão 22,7°C.

A partir do mês de maio, estendendo-se até setembro, inicia-se o período seco, com a ocorrência de precipitação menor que  $50 \text{ mm mês}^{-1}$ .

Observa-se que a distribuição de precipitação dessa classe climática concentra-se, principalmente, nos meses de novembro, dezembro e janeiro, com precipitação superior a  $200 \text{ mm mês}^{-1}$ , sendo responsáveis por, aproximadamente, 50% do total de precipitação ocorrido no ano.

A distribuição percentual de precipitação nas estações no ano é mostrada no gráfico da Figura 19.

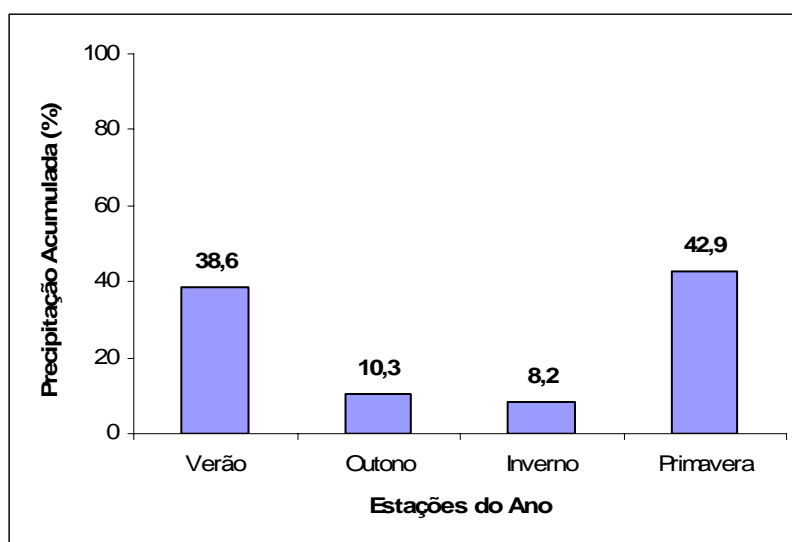


FIGURA 19 Distribuição percentual de precipitação anual nas estações do ano, para a classe climática Cwa.

Os menores valores de precipitação por estação foram observados no período de inverno, entre os meses de julho e setembro, com um total de  $112,4 \text{ mm}$ , média de  $37,5 \text{ mm mês}^{-1}$ , correspondendo a 8,2% do total de precipitação anual (Figura 19).

#### 4.1.1.3.2 Classe climática Cwb

Clima temperado úmido com inverno seco, precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação e verão moderadamente quente, com a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e, durante pelo menos quatro meses, é superior a 10°C.

A partir das médias dos valores obtidos nos pixels para precipitação e temperatura médias mensais (Tabela 12) na área correspondente à classe climática Cwb, foi possível observar o comportamento desses elementos ao longo de um ano (Figura 20).

TABELA 12 Precipitação e temperatura médias mensais observadas na classe Cwb

Estação	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
Meses	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Prec. (mm)	250,3	210,0	187,0	92,0	42,0	35,2	31,4	33,1	61,5	137,5	213,0	265,0
Temp (°C)	17,2	17,3	16,6	15,6	13,64	12,7	12,9	14,4	15,6	16,13	16,3	16,6

Na Figura 20 observa-se o gráfico do comportamento da temperatura e precipitação no período anual.

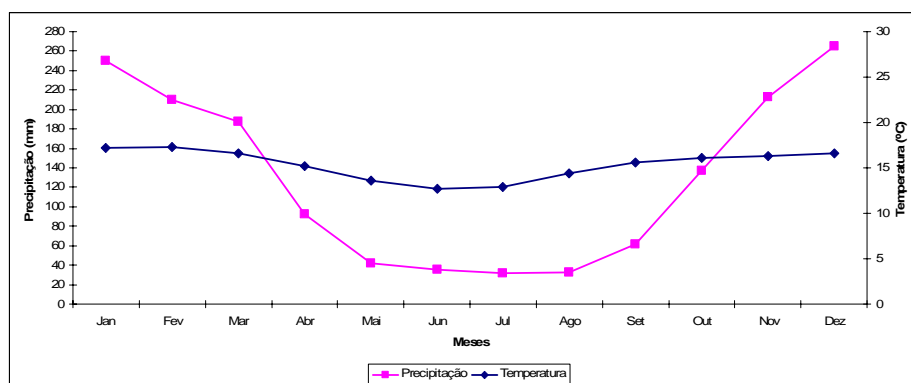


FIGURA 20 Comportamento anual da temperatura e precipitação para a classe climática Cwb.



A menor temperatura média foi observada no mês de junho, com 12,7°C e a máxima, no mês de fevereiro, com 17,3°C. A média de temperatura invernal é de 14,3°C e de verão, 17°C.

O período seco inicia-se em maio, estendendo-se até agosto; neste período, a precipitação é menor que 45 mm mês<sup>-1</sup>.

Observa-se que a distribuição de precipitação dessa classe climática concentra-se, principalmente, nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, com precipitações superiores a 200 mm mês<sup>-1</sup>, sendo responsáveis por aproximadamente 60% do total de precipitação ocorrido no ano.

Os menores valores de precipitação por estação foram observados no período de inverno, entre os meses de julho e setembro, com um total de 126 mm, média de 42 mm mês<sup>-1</sup>, correspondendo a 8,1% do total de precipitação anual (Figura 21).

A distribuição percentual de precipitação nas estações no ano é mostrada no gráfico da Figura 21.

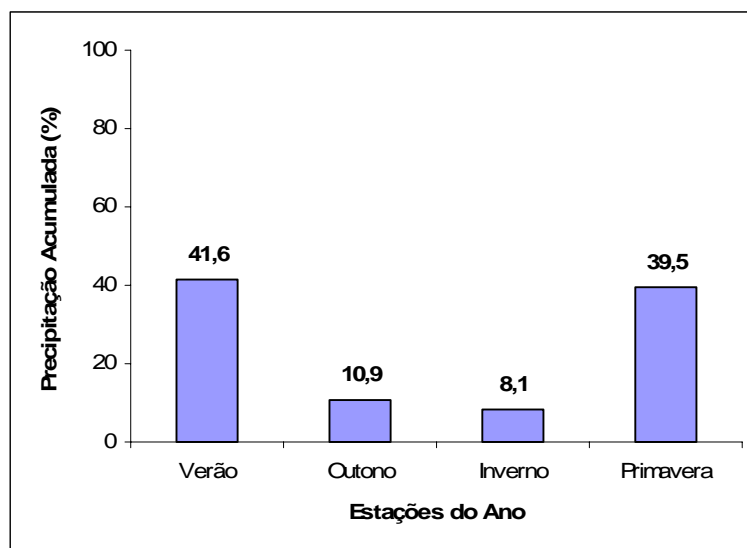


FIGURA 21 Distribuição percentual de precipitação anual nas estações do ano para a classe climática Cwb.

## 4.2 Zoneamento por mesorregião do estado

### 4.2.1 Mesorregião Campo das Vertentes

Três classes climáticas foram observadas (Figura 23), com destaque para as classes climáticas Cwa e Cwb, que representam, tecnicamente, a totalidade da região (Figura 22) com, aproximadamente, 47% e 53%, respectivamente.

A porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Campo das Vertentes é mostrada na Figura 22.

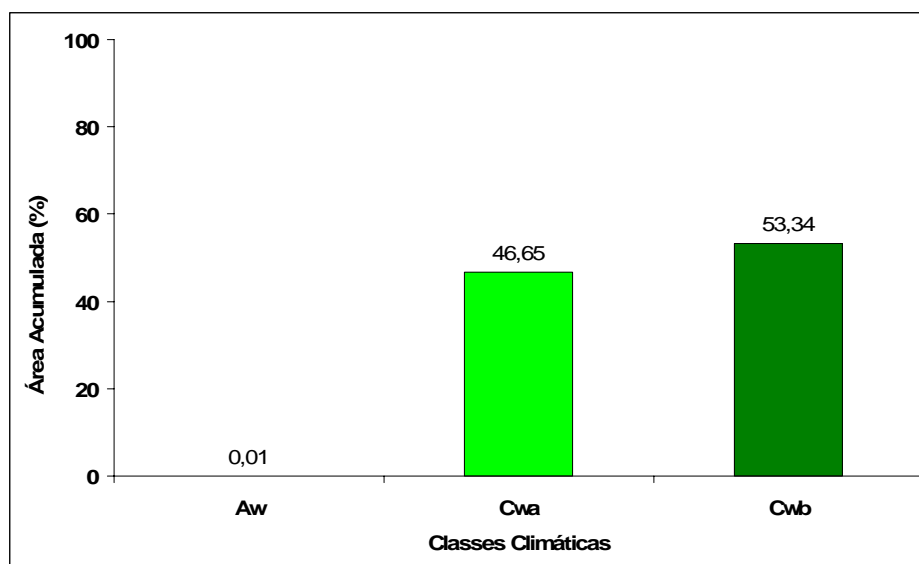


FIGURA 22 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Campo das Vertentes

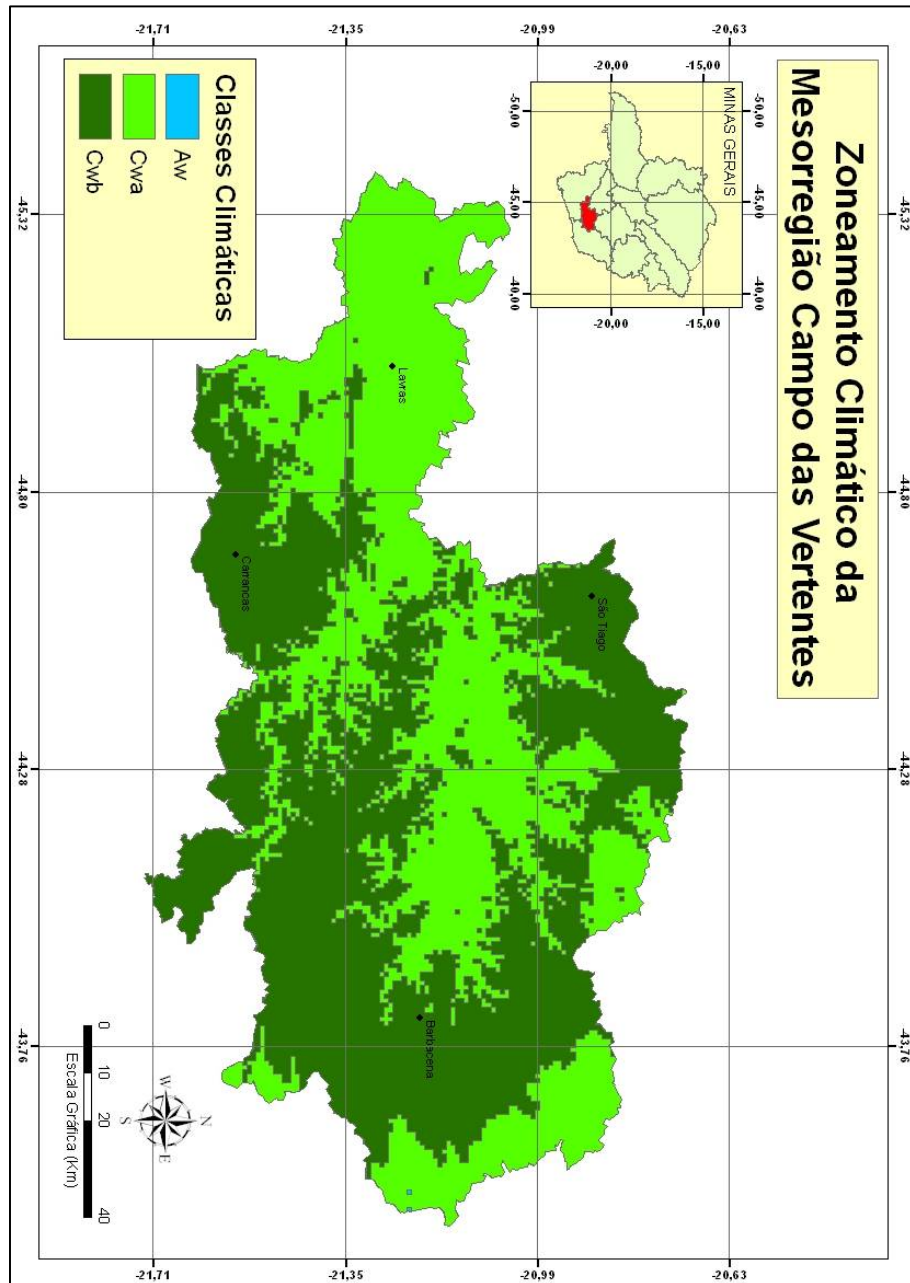


FIGURA 23 Zoneamento climático da mesorregião Campo das Vertentes, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.2 Mesorregião Central Mineira

Três classes climáticas foram observadas (Figura 25), com destaque para a classe climática Aw, que representa, aproximadamente, 90% da mesorregião (Figura 24).

A classe climática Cwa foi observada com maior expressividade no Sul, ocorrendo também no Norte, representando pouco mais de 8% da área total da mesorregião (Figura 24).

No gráfico da Figura 24 observa-se a porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Central Mineira.

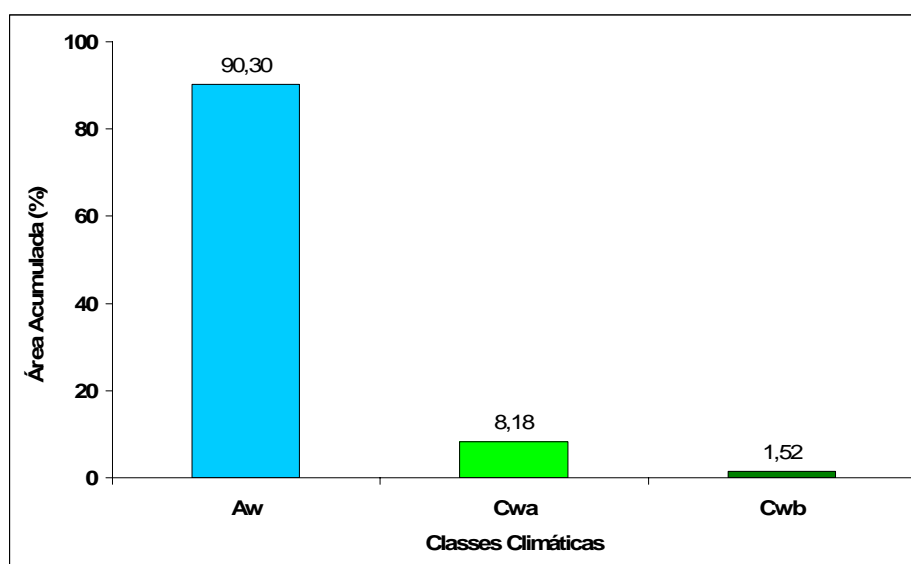


FIGURA 24 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Central Mineira.

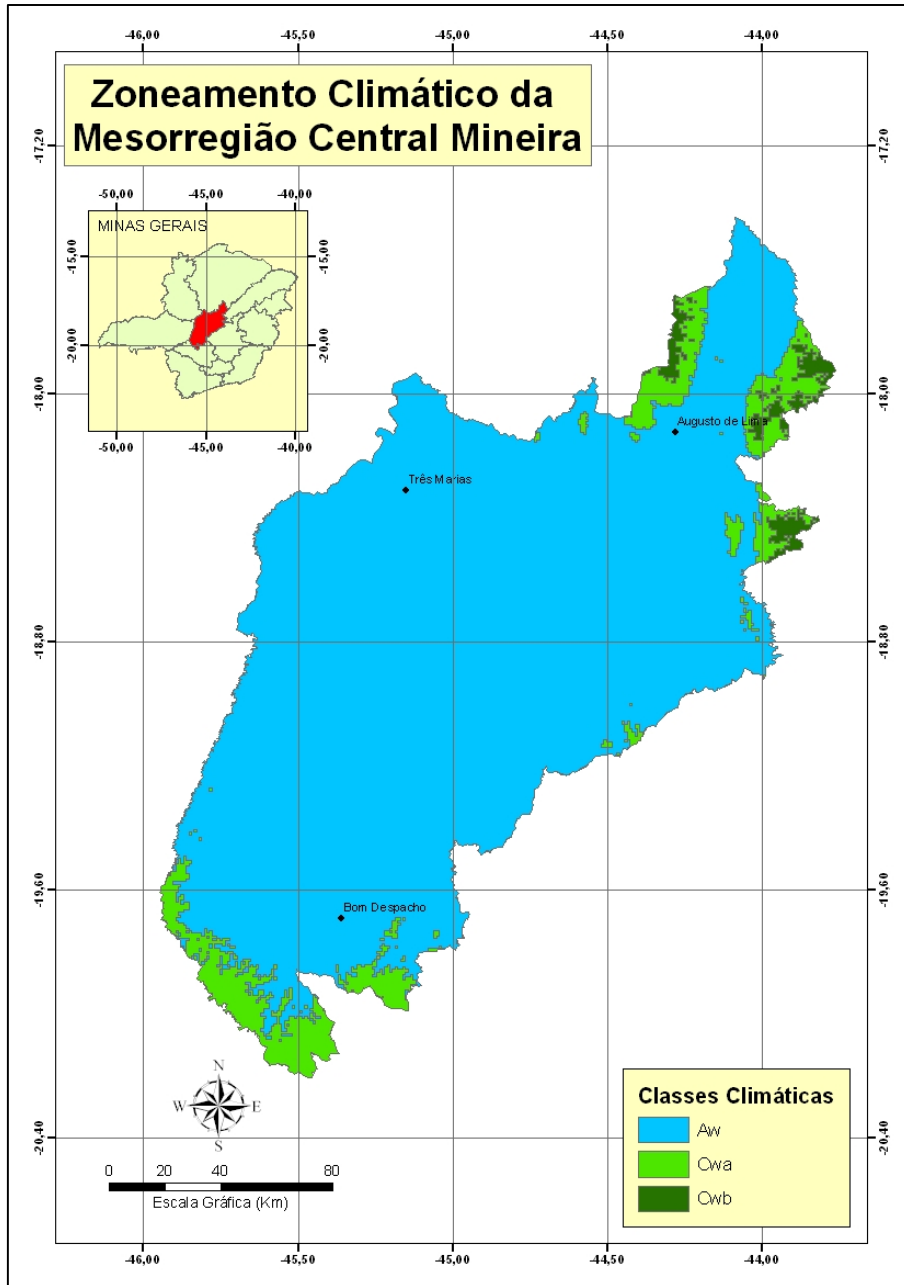


FIGURA 25 Zoneamento climático da mesorregião Central Mineira, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

### 4.2.3 Mesorregião Jequitinhonha

É a mesorregião de maiores contrastes climáticos, sendo a única a apresentar todas as cinco classes climáticas observadas no estado (Figura 27). Entretanto, há uma maior representatividade da classe climática Aw (Figura 26), com aproximadamente 77% da área total da mesorregião.

Nesta mesorregião está localizada a única porção da classe climática Am, compreendendo um área menor que 0,4%. Também se encontra a maior área com a classe climática BSh, todavia, sua extensão representa menos de 1% da área total da mesorregião.

A porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Jequitinhonha pode ser observada no gráfico da Figura 26.

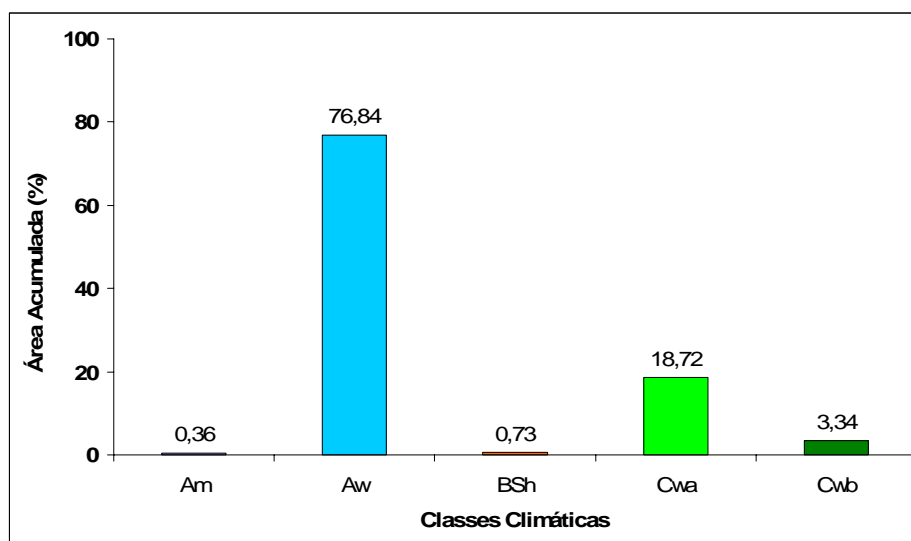


FIGURA 26 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Jequitinhonha.

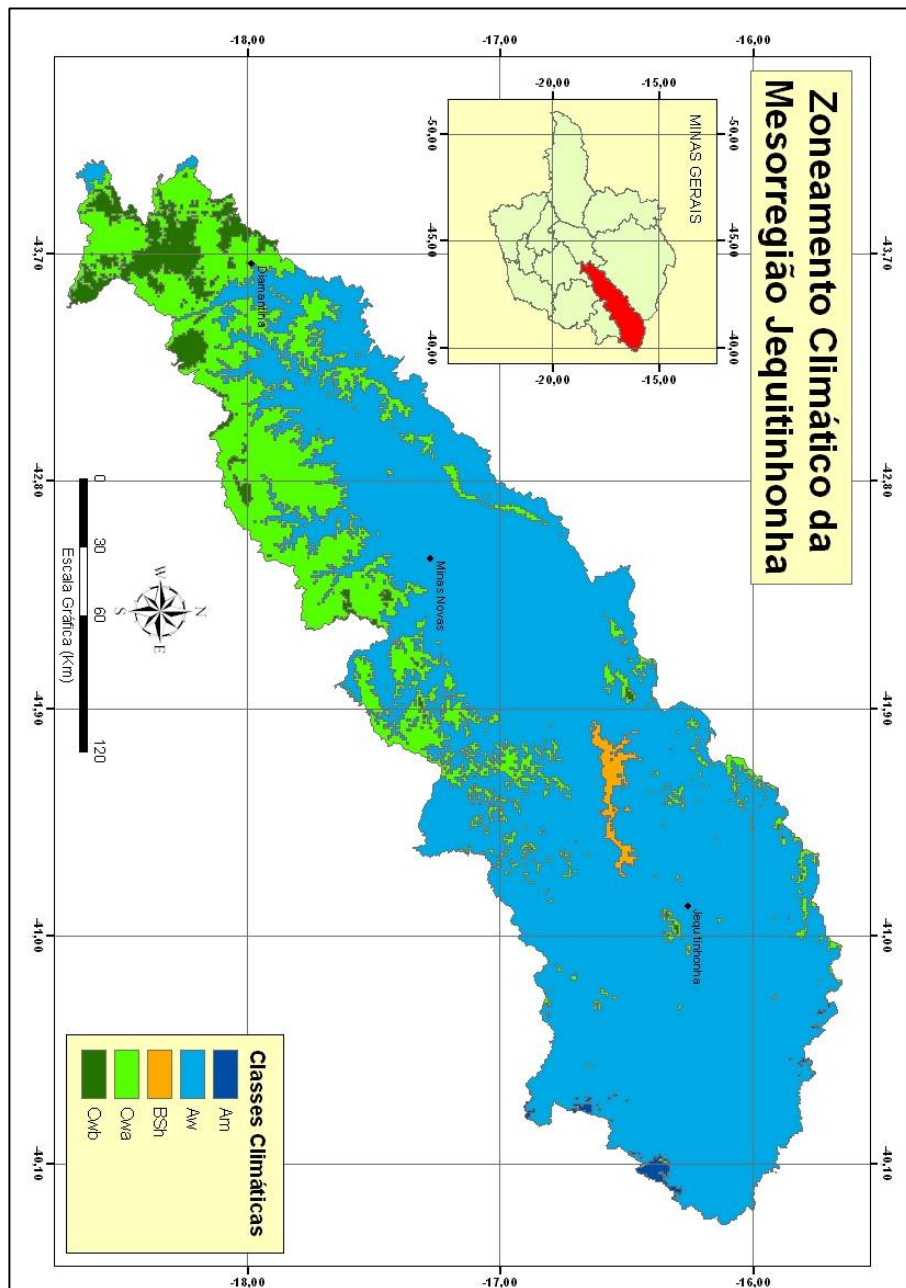


FIGURA 27 Zoneamento climático da mesorregião Jequitinhonha, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.4 Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte

Três classes climáticas foram observadas (Figura 29) de forma bem distribuída na área, com destaque para a classe climática Cwa, que representa aproximadamente 51% da mesorregião (Figura 28), ocorrendo em praticamente todas as suas áreas.

No gráfico da Figura 28, observa-se a porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.

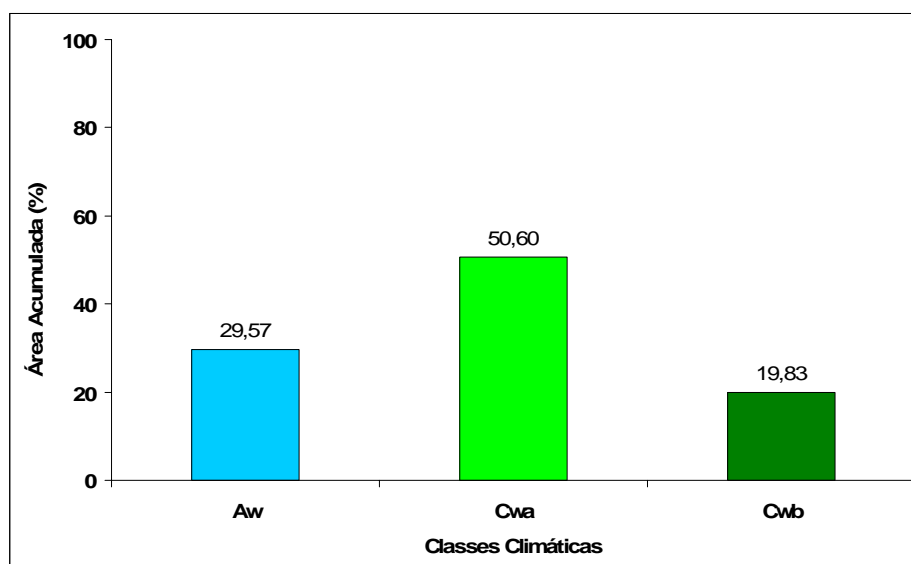


FIGURA 28 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.



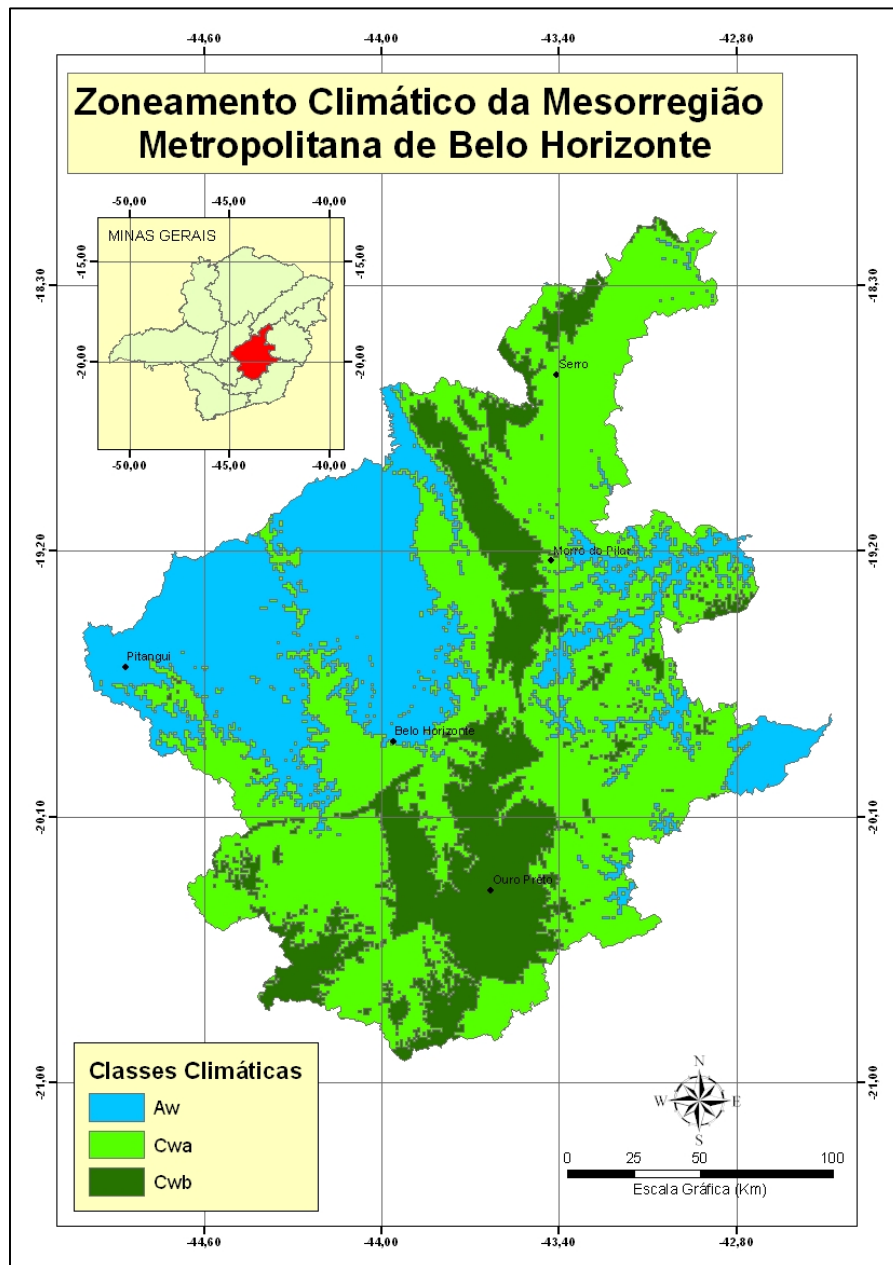


FIGURA 29 Zoneamento climático da mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.5 Mesorregião Noroeste de Minas

A mesorregião Noroeste de Minas foi a única que apresentou apenas uma classe climática (Figura 30), Aw.

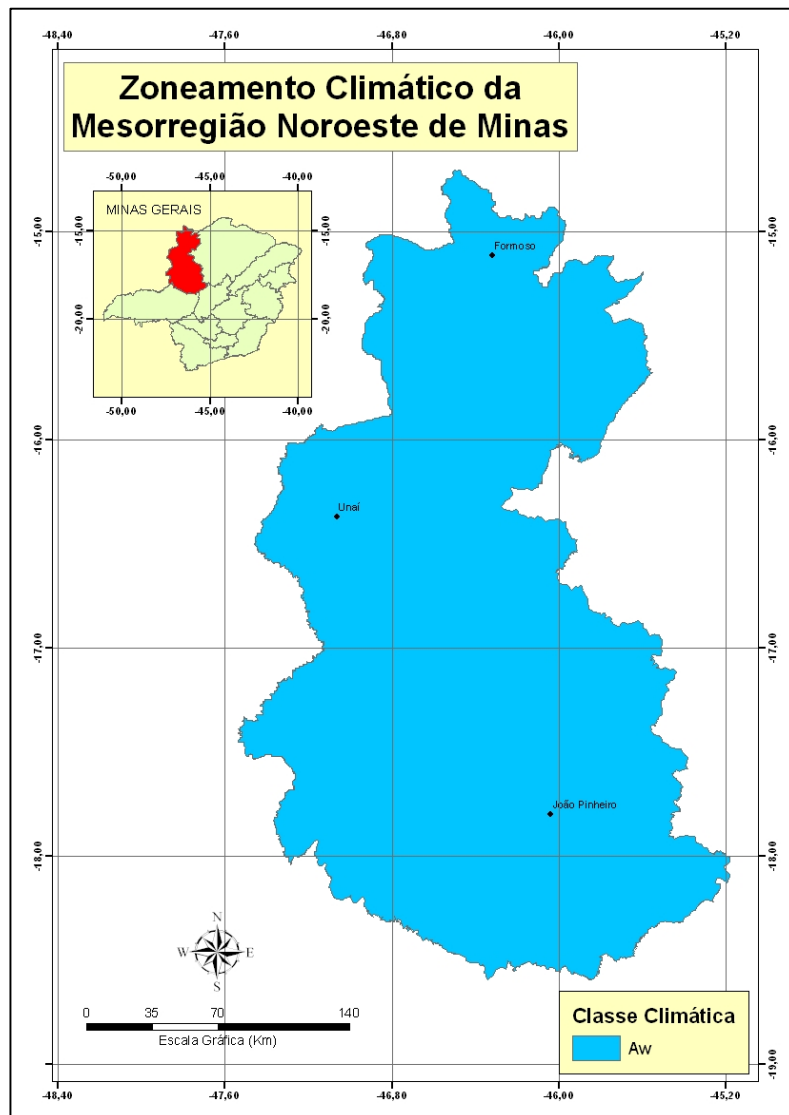


FIGURA 30 Zoneamento climático da mesorregião Noroeste de Minas, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.6 Mesorregião Norte de Minas

Nesta mesorregião, quatro classes climáticas foram observadas (Figura 32), com destaque para a classe climática Aw, que representa aproximadamente 92% da área total da mesorregião (Figura 31).

Observou-se, ainda, ocorrência da classe climática BSh; entretanto, a área correspondente a essa classe é menor que 0,1%.

A porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Norte de Minas pode ser observada no gráfico da Figura 31.

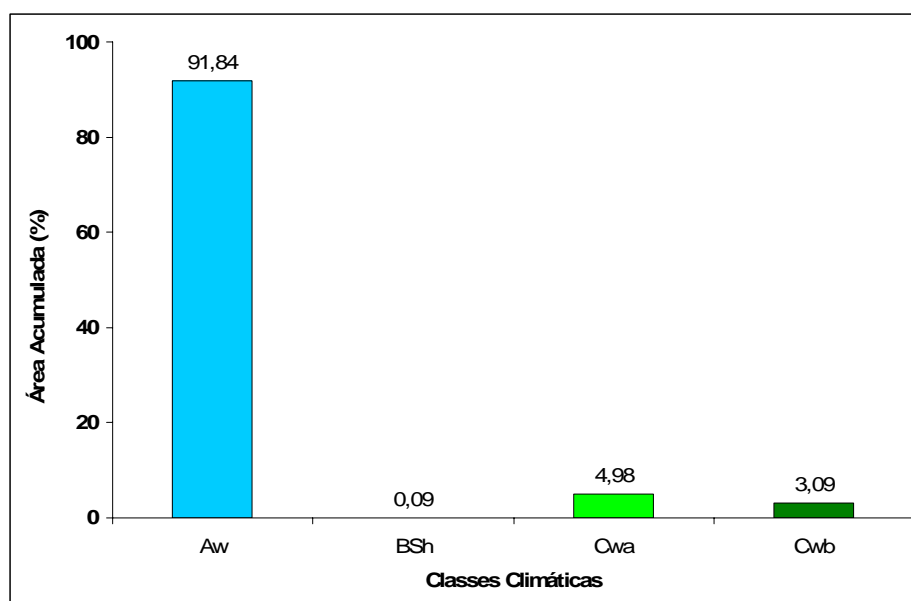


FIGURA 31 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Norte de Minas.

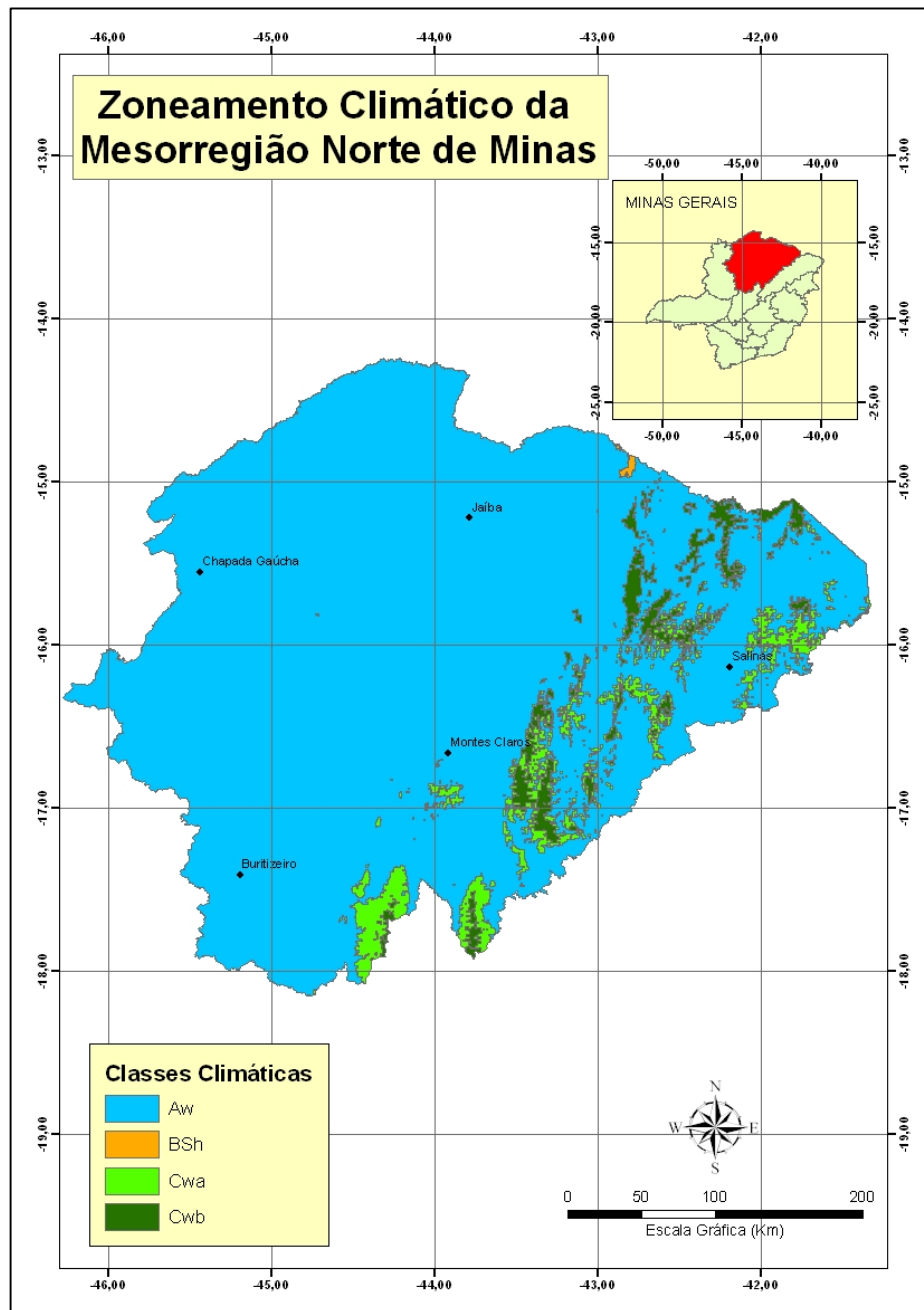


FIGURA 32 Zoneamento climático da mesorregião Norte de Minas, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.7 Mesorregião Oeste de Minas

Três classes climáticas foram observadas (Figura 34), com destaque para a classe climática Cwa, que representa aproximadamente 78% do total da área da mesorregião (Figura 33).

A porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Oeste de Minas é mostrada no gráfico da Figura 33.

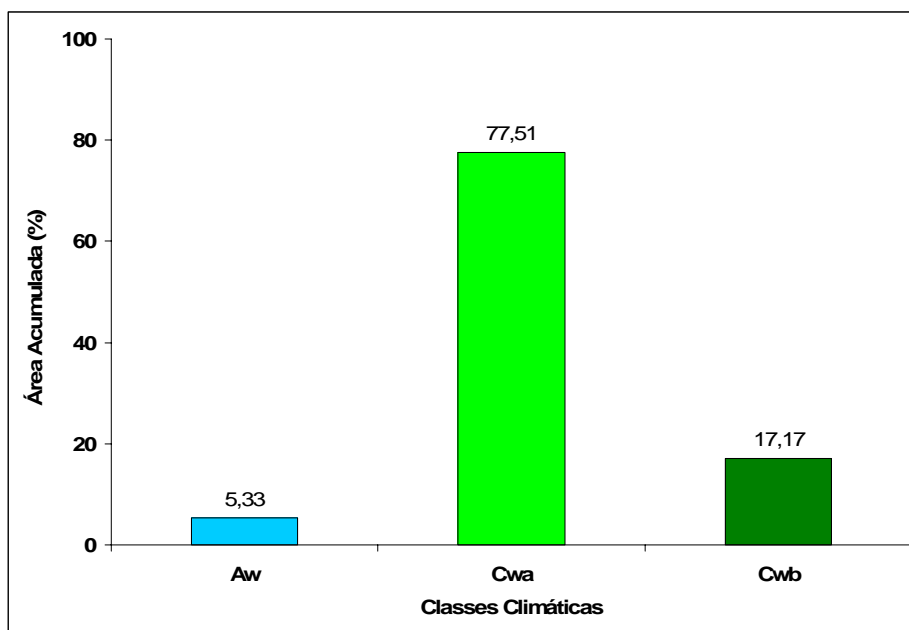


FIGURA 33 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Oeste de Minas.

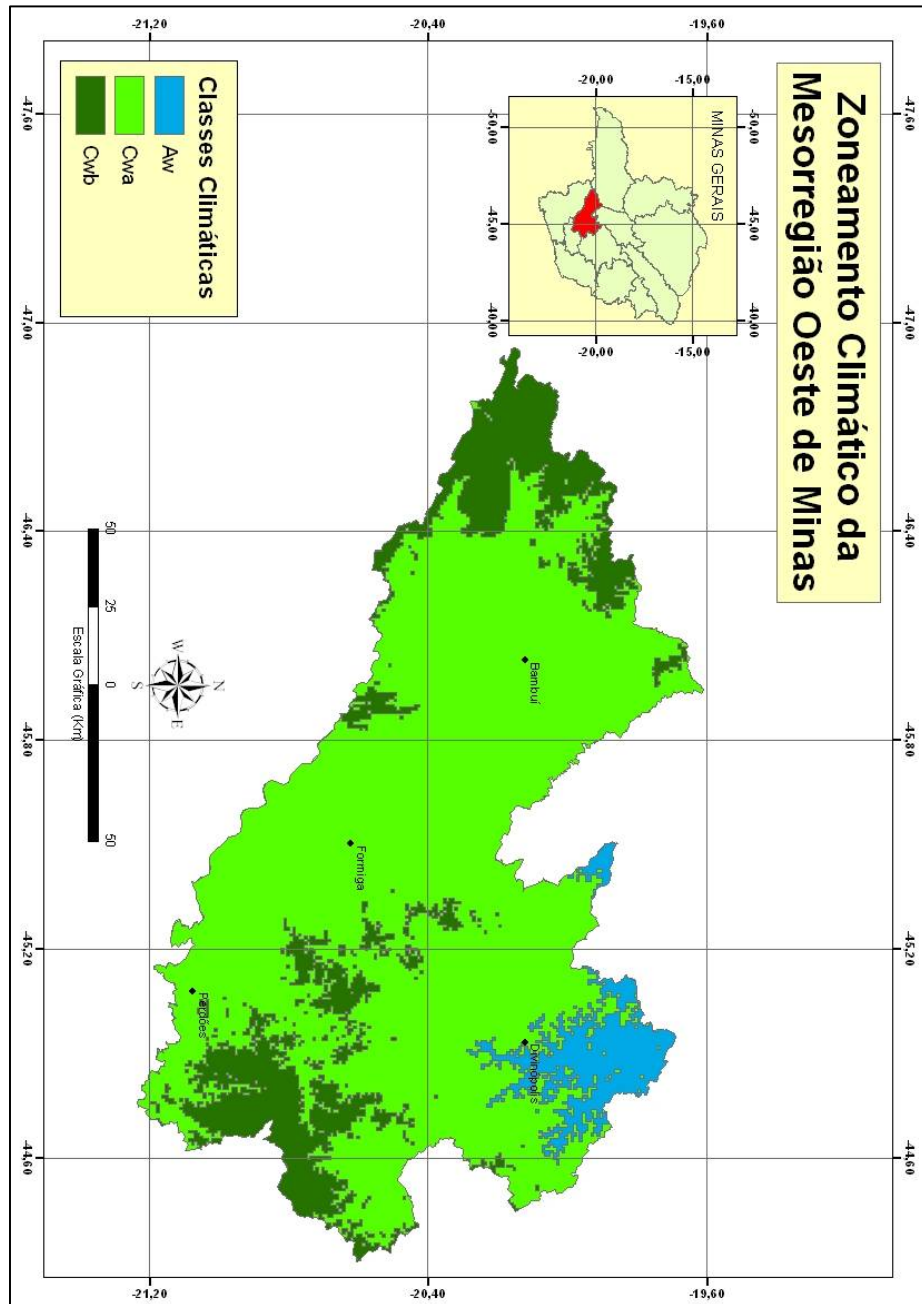


FIGURA 34 Zoneamento climático da mesorregião Oeste de Minas, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.8 Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas

Três classes climáticas foram observadas (Figura 36), com destaque para as classes climáticas Cwb e Cwa, que representam, aproximadamente, 56% e 43% do total da área da mesorregião, respectivamente (Figura 35).

No gráfico da Figura 35, observa-se a porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Sul e Sudoeste de Minas.

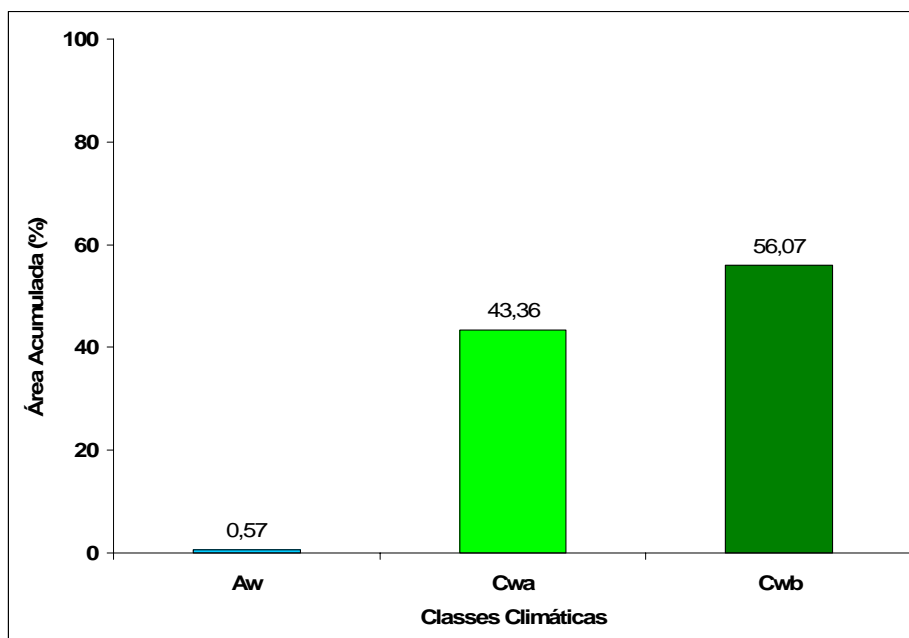


FIGURA 35 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Sul e Sudoeste de Minas.

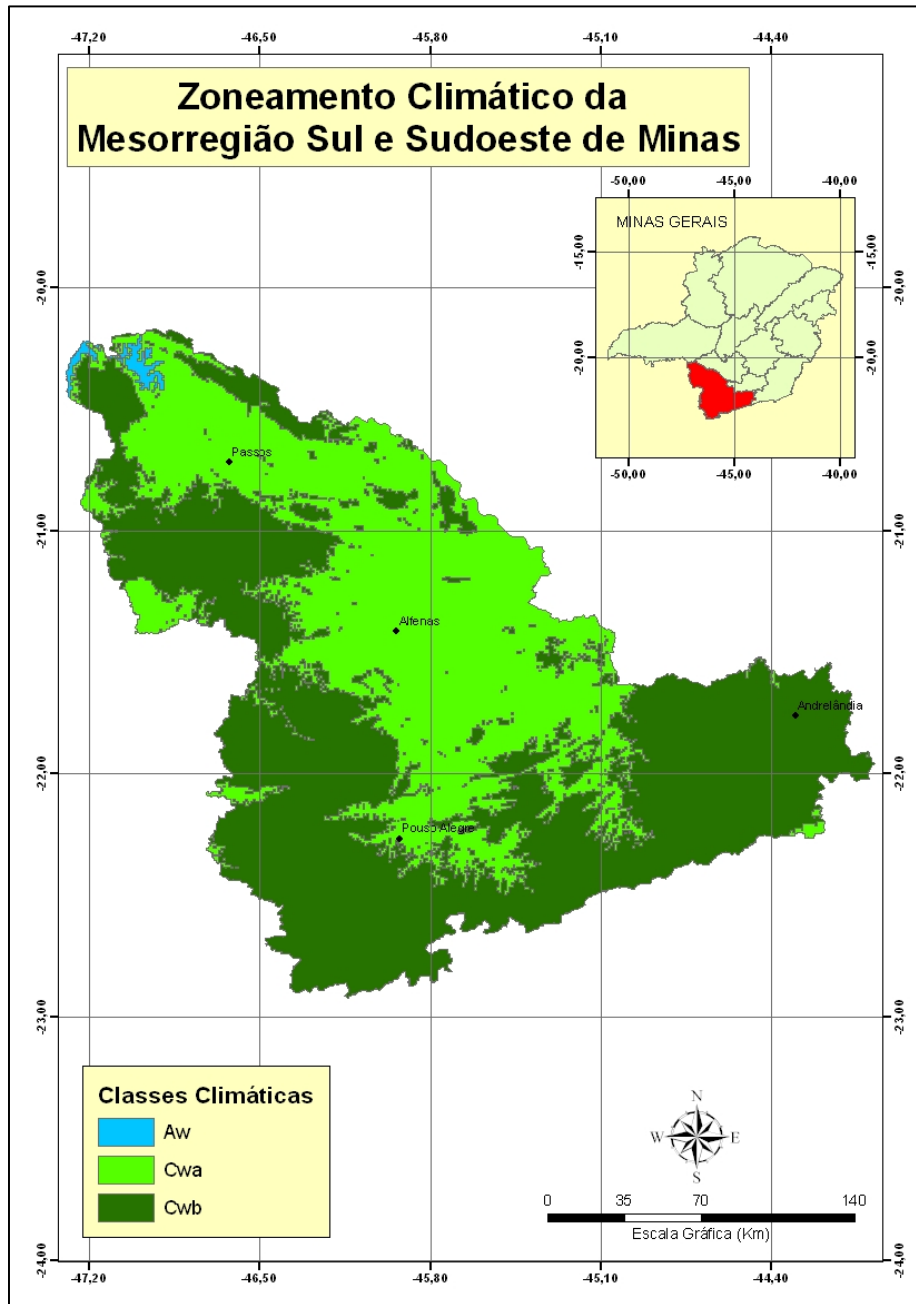


FIGURA 36 Zoneamento climático da mesorregião Sul e Sudoeste de Minas, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).



#### 4.2.9 Mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

Três classes climáticas foram observadas (Figura 38), com destaque para a classe climática Aw, que representa, aproximadamente, 78% do total da área da mesorregião (Figura 37).

No gráfico da Figura 37, observa-se a porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

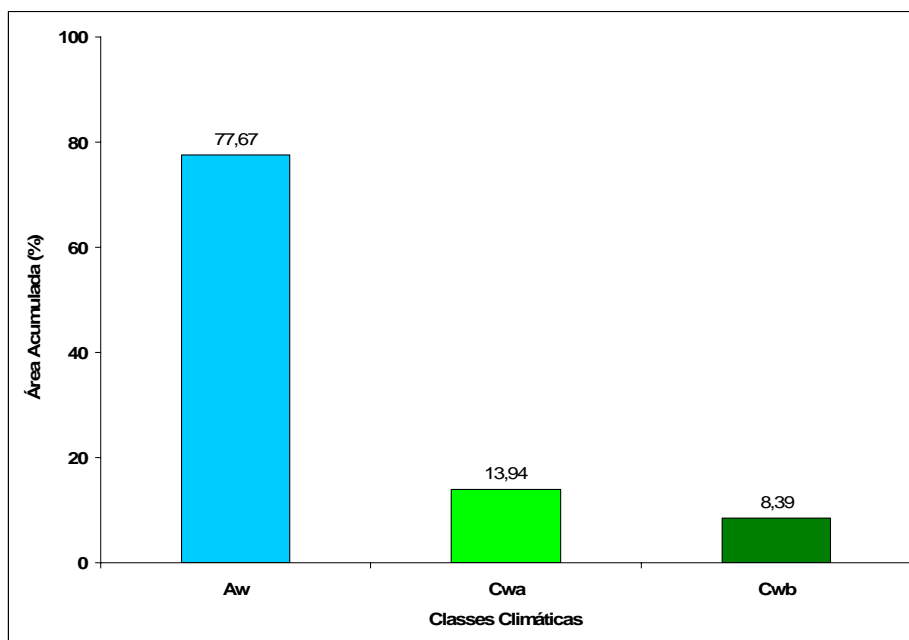


FIGURA 37 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

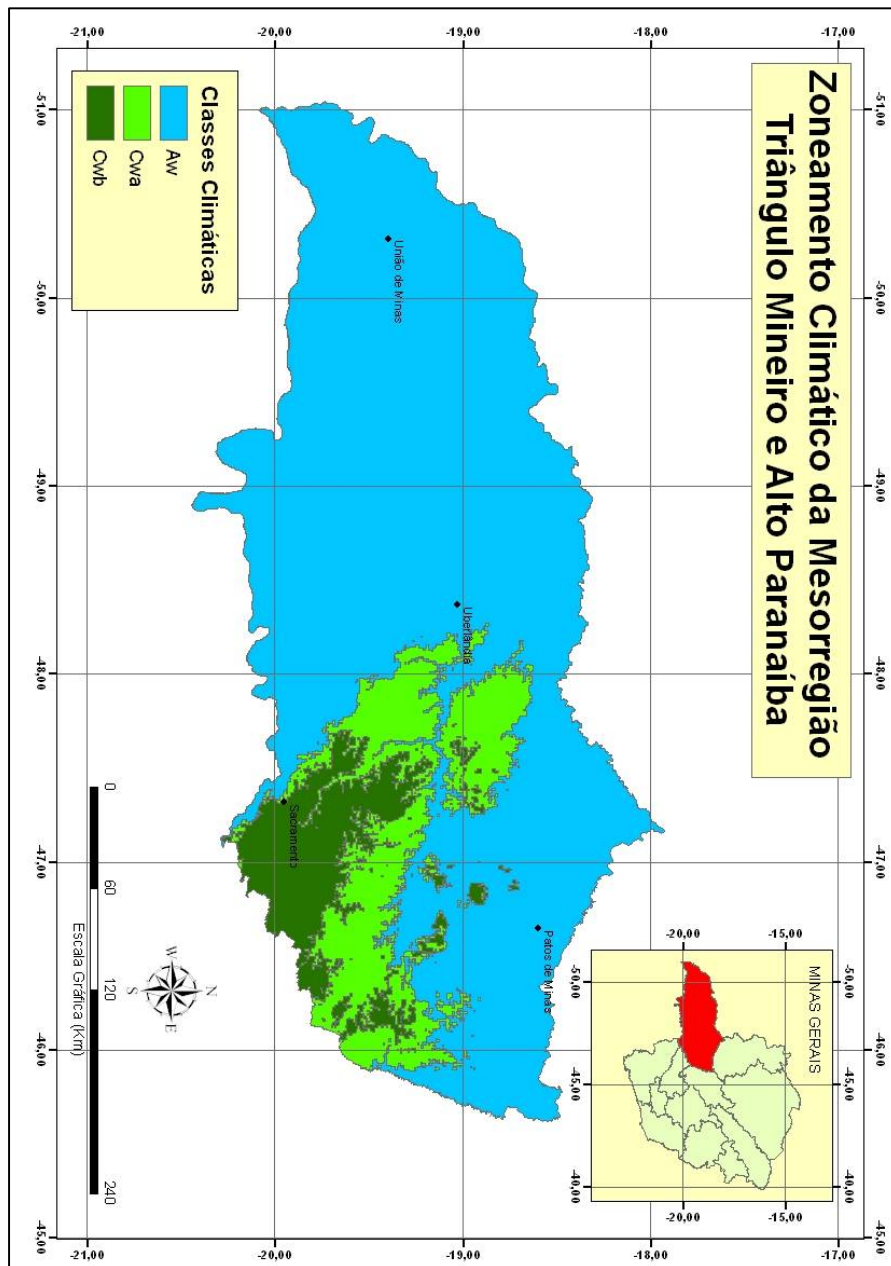


FIGURA 38 Zoneamento climático da mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.10 Mesorregião Vale do Mucuri

Três classes climáticas foram observadas (Figura 40), com destaque para a classe climática Aw, que representa aproximadamente 96% do total da área da mesorregião (Figura 39).

A porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Vale do Mucuri pode ser observada no gráfico da Figura 39.

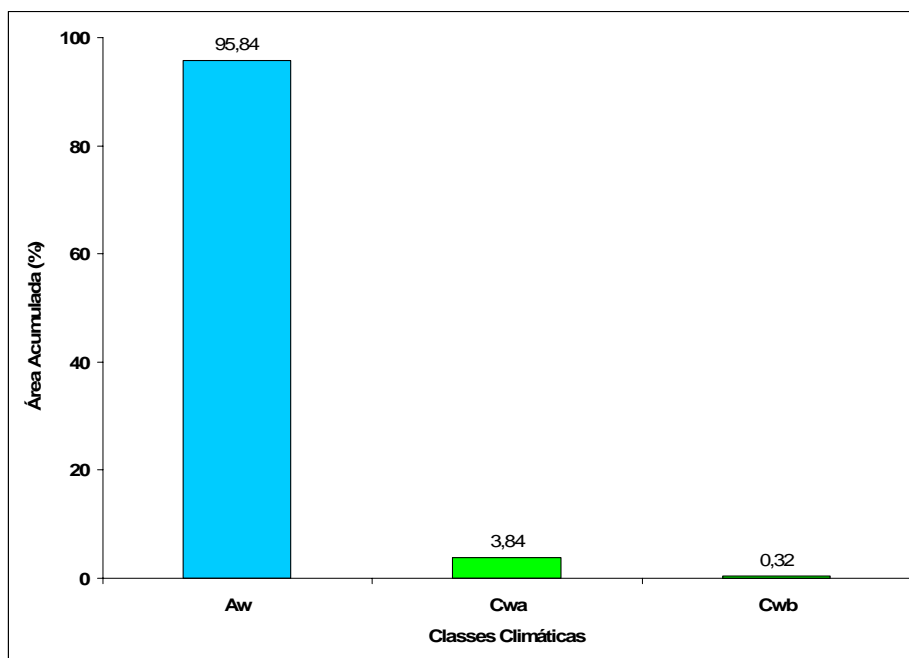


FIGURA 39 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Vale do Mucuri

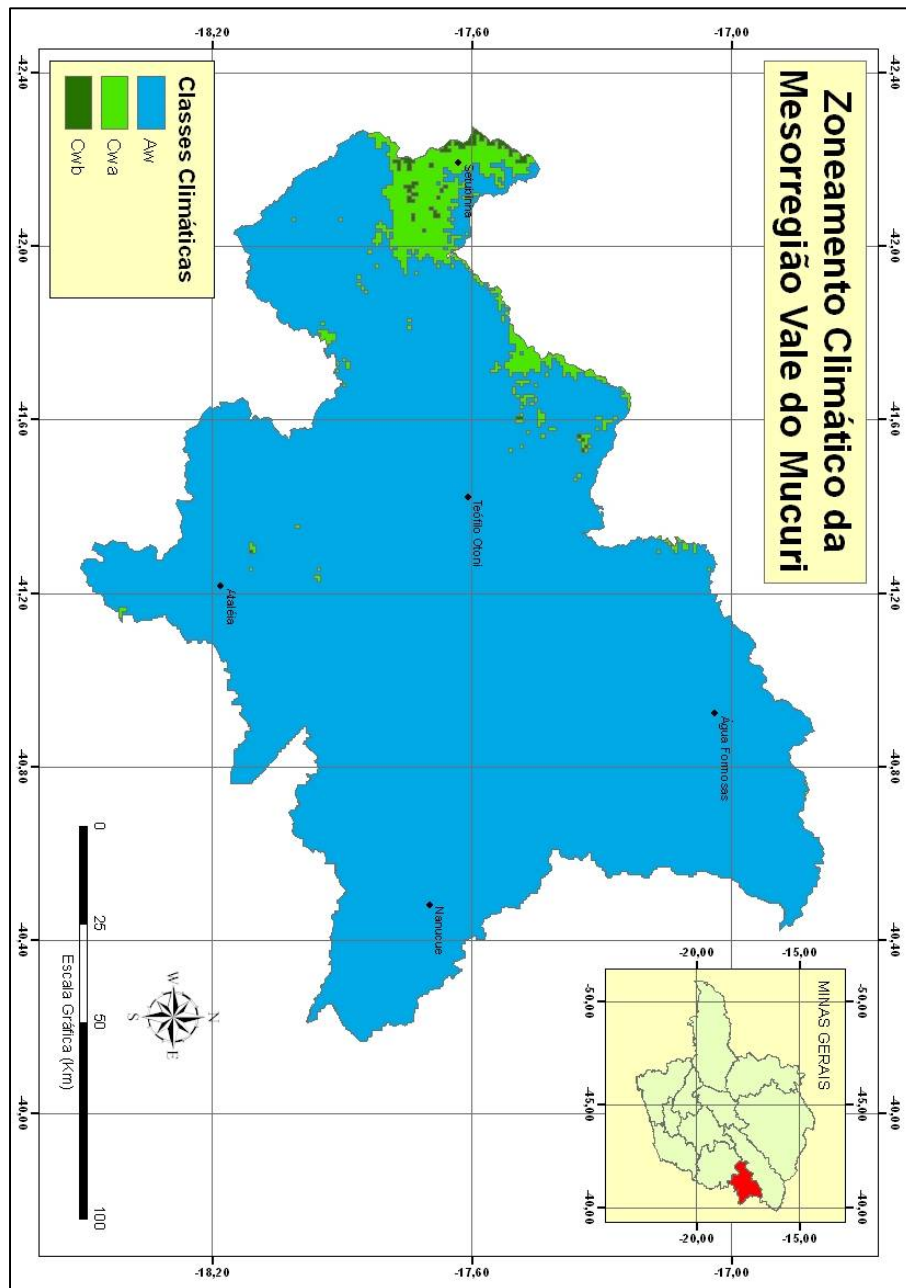


FIGURA 40 Zoneamento climático da mesorregião Vale do Mucuri, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.11 Mesorregião Vale do Rio Doce

Três classes climáticas foram observadas (Figura 42), com destaque para a classe climática Aw, que representa, aproximadamente, 74% do total da área da mesorregião (Figura 41).

No gráfico da Figura 41, observa-se a porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Vale do Rio Doce.

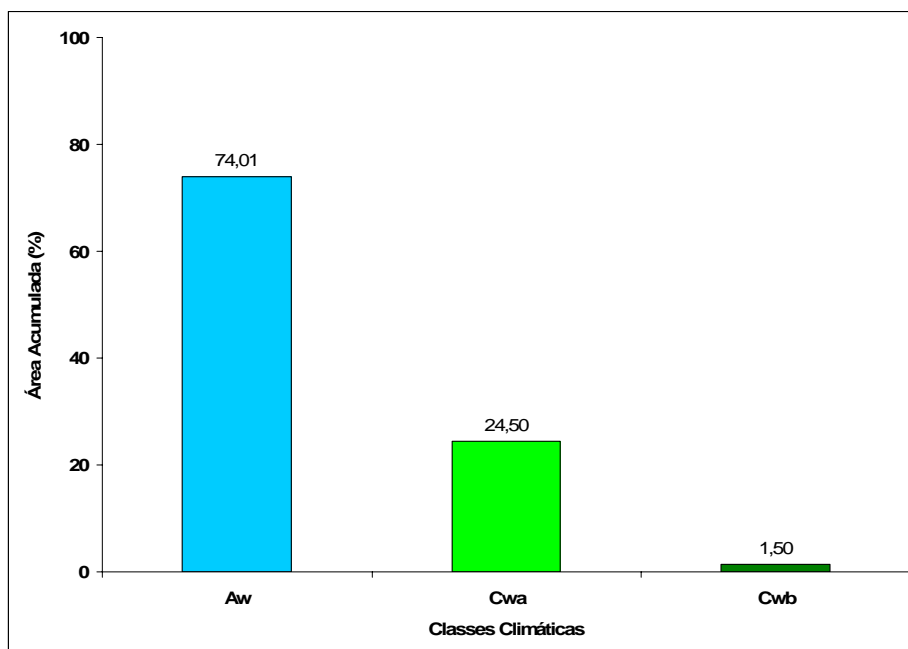


FIGURA 41 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Vale do Rio Doce

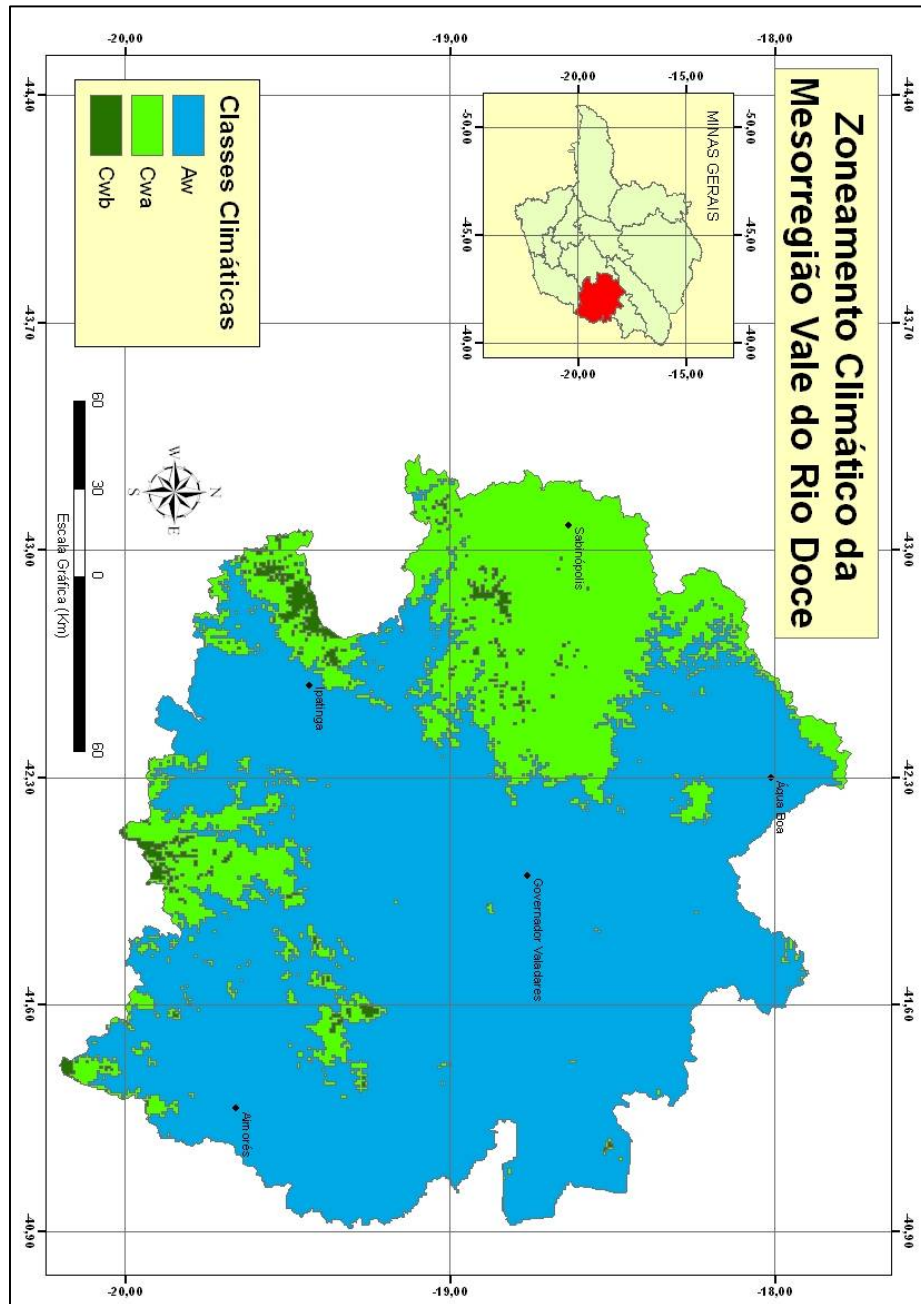


FIGURA 42 Zoneamento climático da mesorregião Vale do Rio Doce, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

#### 4.2.12 Mesorregião Zona da Mata

Três classes climáticas foram observadas (Figura 44), com destaque para as classes climáticas Cwa e Aw, que representam, aproximadamente, 74% e 34% do total da área da mesorregião, respectivamente (Figura 43).

Na Figura 43 observa-se a porcentagem de área das classes climáticas observadas na mesorregião Zona da Mata.

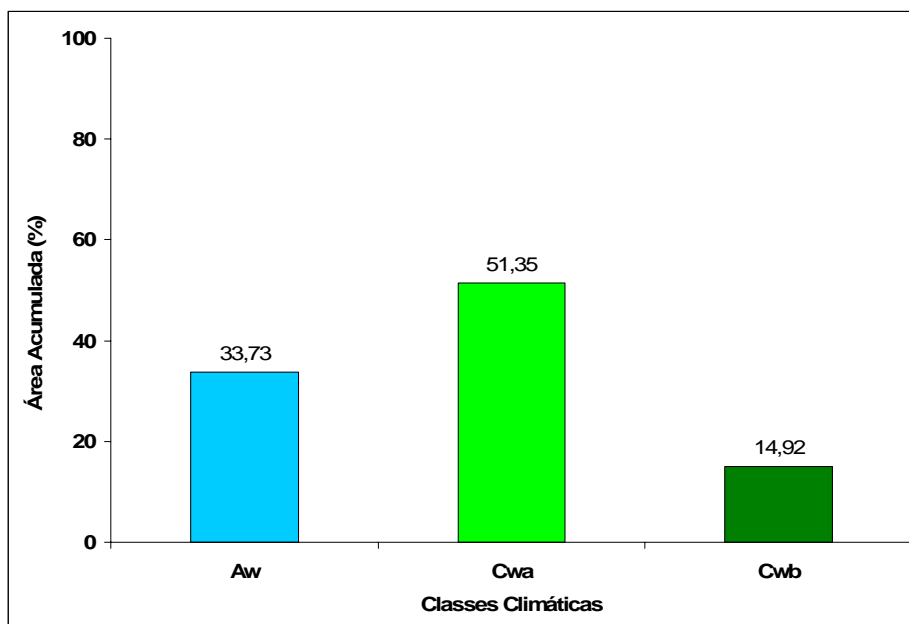


FIGURA 43 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas na mesorregião Zona da Mata

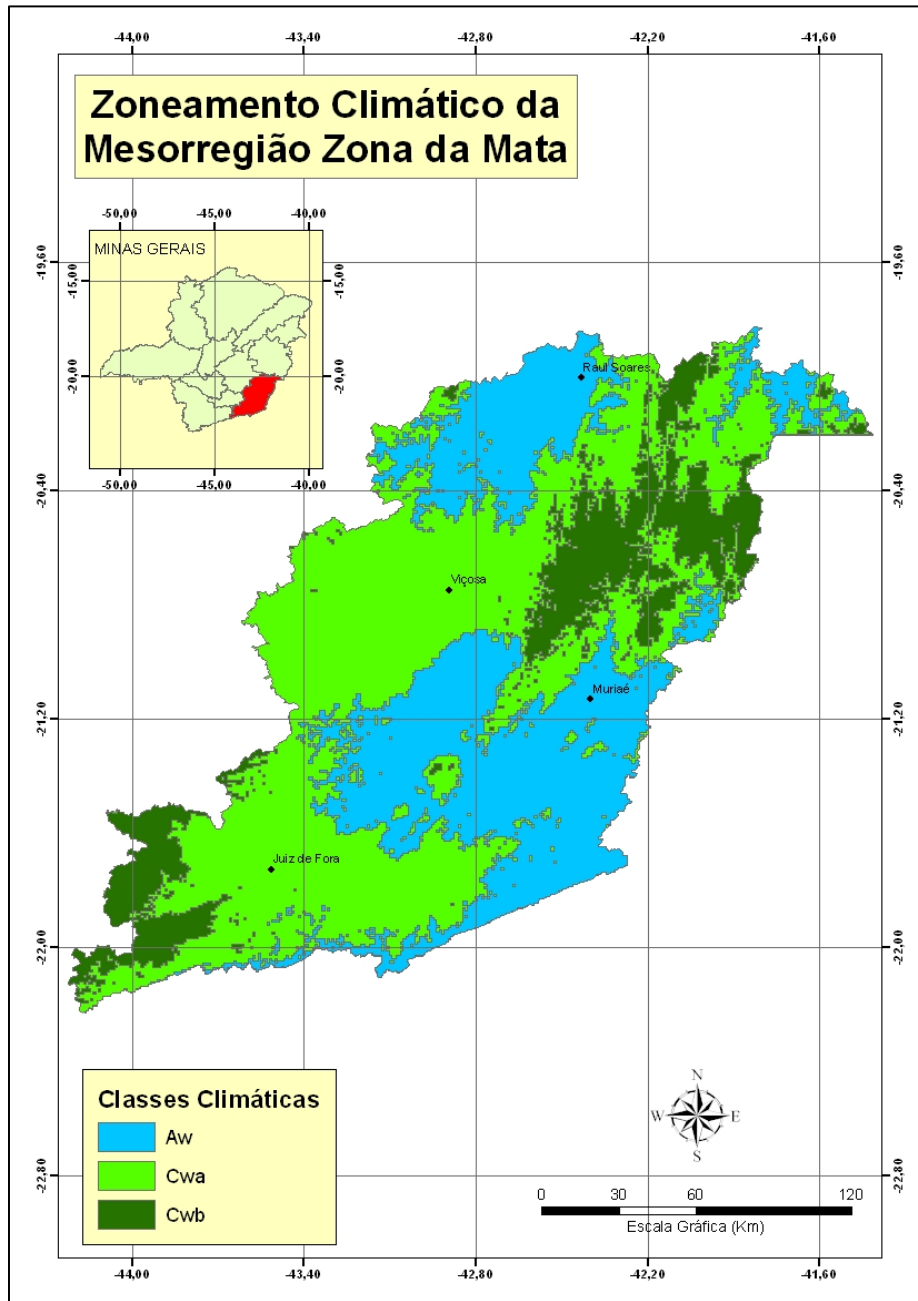


FIGURA 44 Zoneamento climático da mesorregião Zona da Mata, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).



### 4.3 Validação dos resultados

Os dados da rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para as 32 estações climatológicas principais localizadas no estado de Minas Gerais foram classificados e organizados em um SIG (Tabela 13).

São apresentados na Tabela 13 os dados utilizados para compor do SIG.

TABELA 13 SIG das classes climáticas por estação climatológica

<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>	<b>Nome</b>	<b>Classe</b>
-19,4800000	-41,0700000	83	Aimorés	Aw
-16,8700000	-42,0700000	284	Araçuaí	Aw
-19,5666667	-46,9333333	1004	Araxá	Cwa
-20,0000000	-45,9833333	661	Bambuí	Cwa
-21,2500000	-43,7666667	1126	Barbacena	Cwb
-19,9333333	-43,9333333	850	Belo Horizonte	Aw
-20,5166667	-41,8666667	843	Caparaó	Cwb
-18,6833333	-49,5666667	621	Capinópolis	Aw
-19,8000000	-42,1500000	609	Caratinga	Cwa
-21,3833333	-42,6833333	168	Cataguases	Aw
-21,5833333	-43,2500000	453	Cel. Pacheco	Cwa
-19,0333333	-43,4333333	652	C. Mato Dentro	Cwa
-18,2500000	-43,6000000	1296	Diamantina	Cwb
-14,9166667	-42,8500000	570	Espinosa	Bsh
-18,8500000	-41,9333333	277	Gov. Valadares	Aw
-20,0166667	-44,0500000	815	Ibirité	Cwa
-17,8500000	-42,8500000	1097	Itamarandiba	Cwb
-17,7000000	-46,1666667	760	João Pinheiro	Aw
-21,7666667	-43,3500000	940	Juiz de Fora	Cwa
-21,2333333	-45,0000000	919	Lavras	Cwa
-21,6666667	-45,9166667	874	Machado	Cwa
-15,0833333	-42,7500000	604	Monte Azul	Aw
-16,7166667	-43,8666667	646	Montes Claros	Aw
-17,2166667	-46,8666667	711	Paracatú	Aw
-18,6000000	-46,5166667	940	Patos de Minas	Aw
-16,0000000	-41,2833333	649	Pedra Azul	Aw
-19,2166667	-45,0000000	691	Pompeu	Aw
-22,1000000	-45,0166667	900	São Lourenço	Cwa

“...Continua...”

“TABELA 13 Cont.”

-19,4666667	-44,2500000	732	Sete Lagoas	Cwa
-17,8500000	-41,5166667	356	Teófilo Otoni	Aw
-19,7500000	-47,9166667	743	Uberaba	Aw
-20,7500000	-42,8500000	690	Viçosa	Cwa

Os pontos correspondentes às estações e suas respectivas classes climáticas observadas foram plotadas na área do estado de Minas Gerais (Figura 45) e, em seguida, comparadas, ponto a ponto, com as zonas climáticas encontradas no zoneamento.

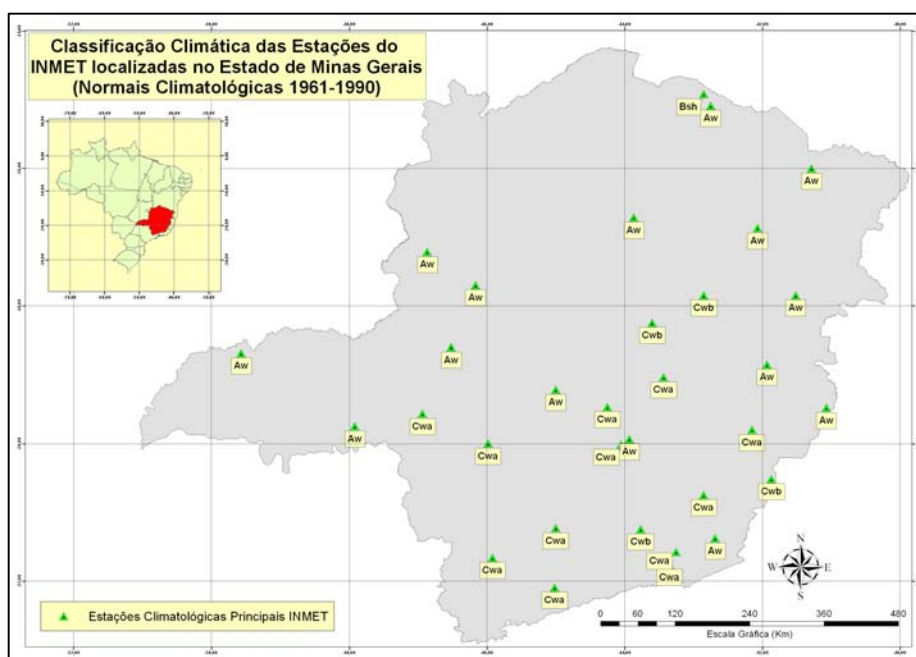


FIGURA 45 Classes climáticas observadas, por estação climatológica principal do INMET, para o período das normais climatológicas (1961-1990).

A partir da comparação entre as classes climáticas observadas nas estações do INMET e aquelas correspondentes ao ponto de localização da

estação no zoneamento, foi possível realizar o cálculo do índice de concordância.

Na Tabela 14 é mostrada a concordância entre as classes climáticas observadas por estação e sua correspondente no zoneamento.

TABELA 14 Concordância entre as classes climáticas por estação e zoneadas.

Estação	Classe climática		Concordância
	Pontual (ECP-INMET)	Zoneamento	
Aimorés	Aw	Aw	1
Araçuaí	Aw	Aw	1
Araxá	Cwa	Cwa	1
Bambuí	Cwa	Cwa	1
Barbacena	Cwb	Cwb	1
Belo Horizonte	Aw	Cwa	0
Caparaó	Cwb	Cwb	1
Capinópolis	Aw	Aw	1
Caratinga	Cwa	Cwa	1
Cataguases	Aw	Aw	1
Cel. Pacheco	Cwa	Aw	0
C. Mato Dentro	Cwa	Cwa	1
Diamantina	Cwb	Cwb	1
Espinosa	Bsh	Bsh	1
Gov. Valadares	Aw	Aw	1
Ibirité	Cwa	Cwa	1
Itamarandiba	Cwb	Cwb	1
João Pinheiro	Aw	Aw	1
Juiz de Fora	Cwa	Cwa	1
Lavras	Cwa	Cwa	1
Machado	Cwa	Cwa	1
Monte Azul	Aw	Aw	1
Montes Claros	Aw	Aw	1
Paracatu	Aw	Aw	1
Patos de Minas	Aw	Aw	1

“...Continua...”

“TABELA 14 Cont.”

Pedra Azul	Aw	Aw	1
Pompeu	Aw	Aw	1
São Lourenço	Cwa	Cwa	1
Sete Lagoas	Cwa	Cwa	1
Teófilo Otoni	Aw	Aw	1
Uberaba	Aw	Aw	1
Viçosa	Cwa	Cwa	1

Dessa maneira, houve concordância das classes climáticas em 30 das 32 estações.

O índice de concordância foi de 0,9375, classificado como excelente de acordo com os valores tabelados por Kappa (Tabela 6).

Embora o município de Belo Horizonte apresente aproximadamente 64% de sua área ocupada pela classe climática Cwa (Figura 46), a classificação dos dados da estação do INMET levou à classe Aw. Isso ocorreu porque o registro da temperatura média do mês mais frio é de 18,1°C, para o mês de julho, temperatura limitante entre os grupos climáticos A e C. Dessa maneira, pode-se afirmar que, apesar de a estação climatológica do INMET apresentar a classificação Aw, a região é mais fortemente influenciada pelo clima Cwa (Figura 47).

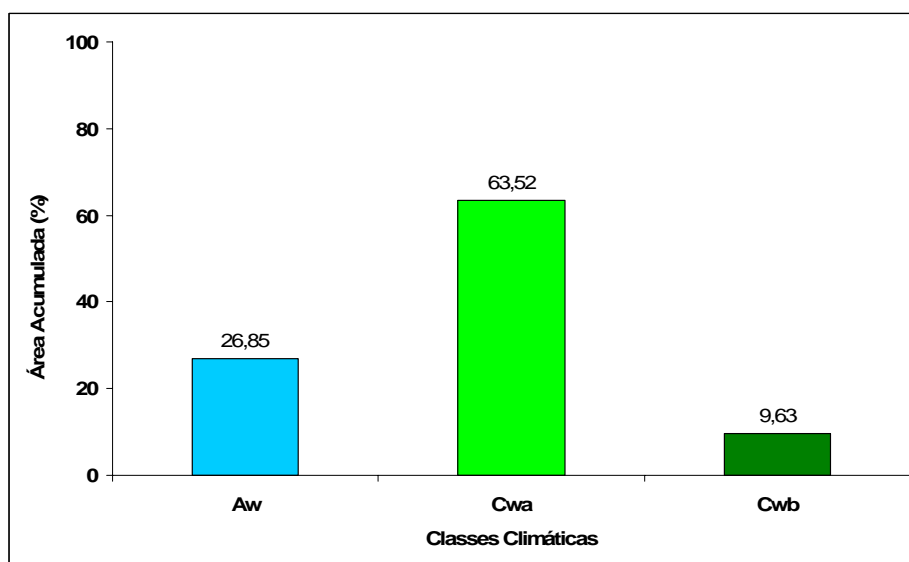


FIGURA 46 Porcentagem de área das classes climáticas observadas no município de Belo Horizonte.

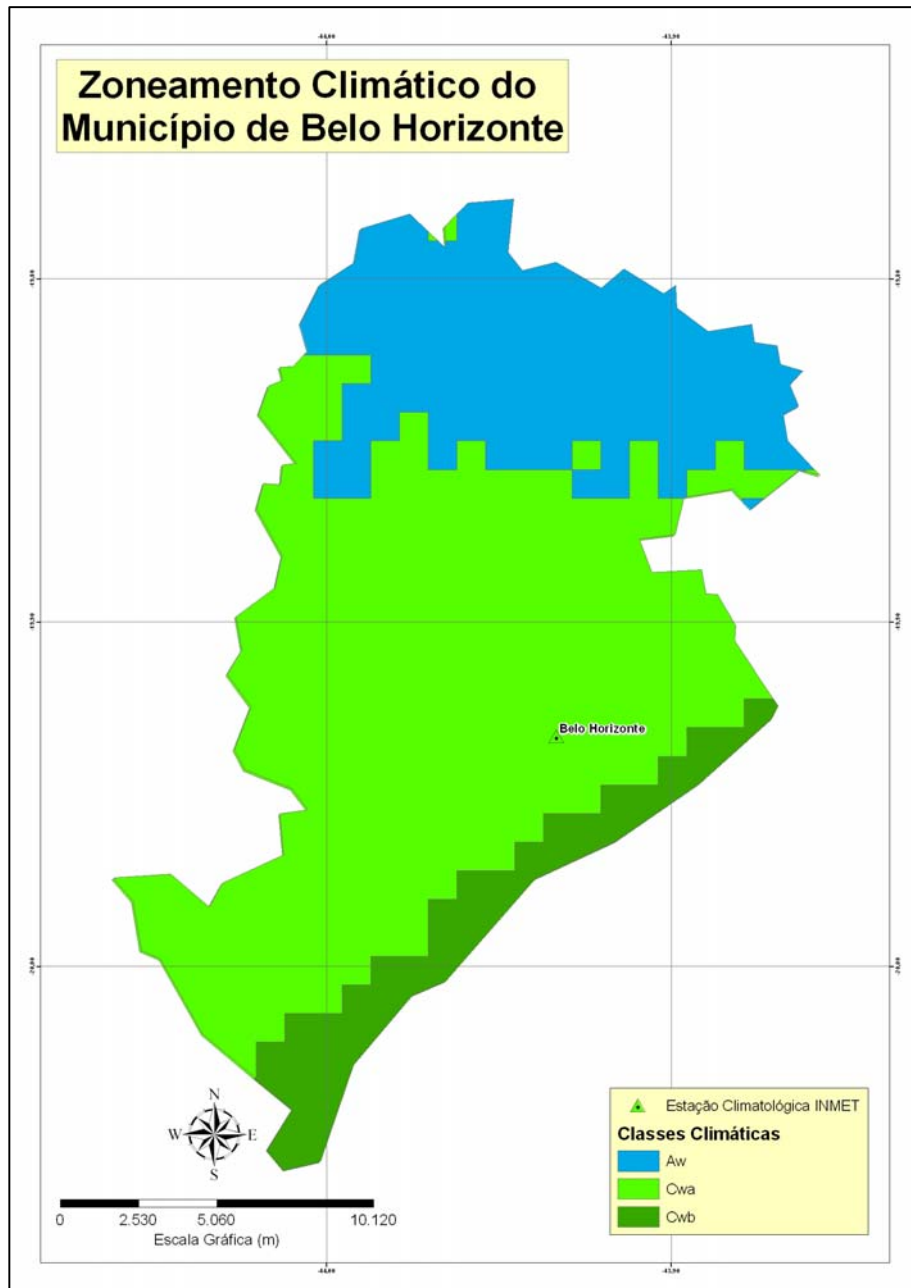


FIGURA 47 Zoneamento climático do município de Belo Horizonte, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).

O município de Coronel Pacheco apresentou duas classes climáticas, sendo a classe Cwa observada com maior expressividade, ocupando aproximadamente 79% da área total do município (Figura 48). Esta classe também foi encontrada na classificação climática da estação INMET, entretanto, a coordenada do ponto onde se localiza a estação encontra-se em uma zona de classe Aw, porém, muito próxima de uma zona da classe Cwa (Figura 49). Dessa maneira, pode-se afirmar que, apesar de a estação climatológica estar localizada em uma zona de classe Aw, a região é mais fortemente influenciada pelo clima Cwa (Figura 49).

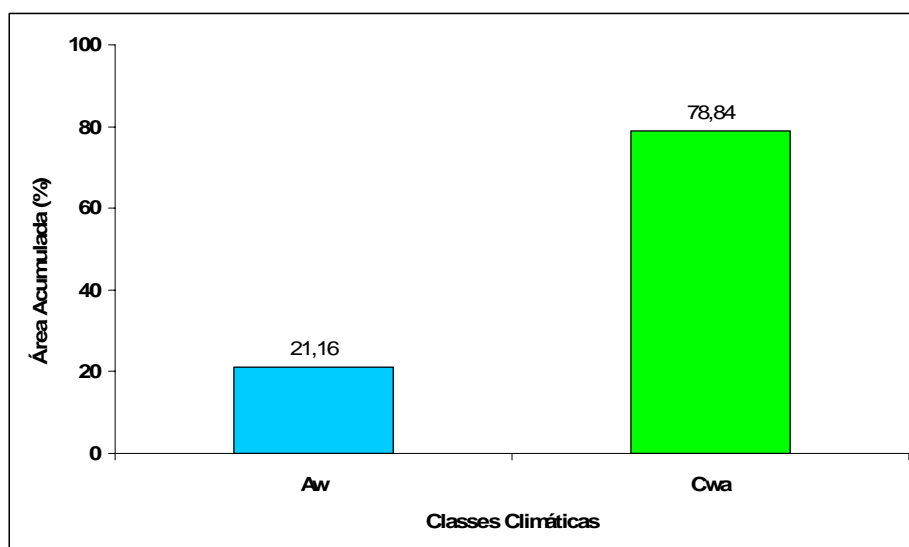


FIGURA 48 Porcentagem de área das classes climáticas observadas no município de Coronel Pacheco.

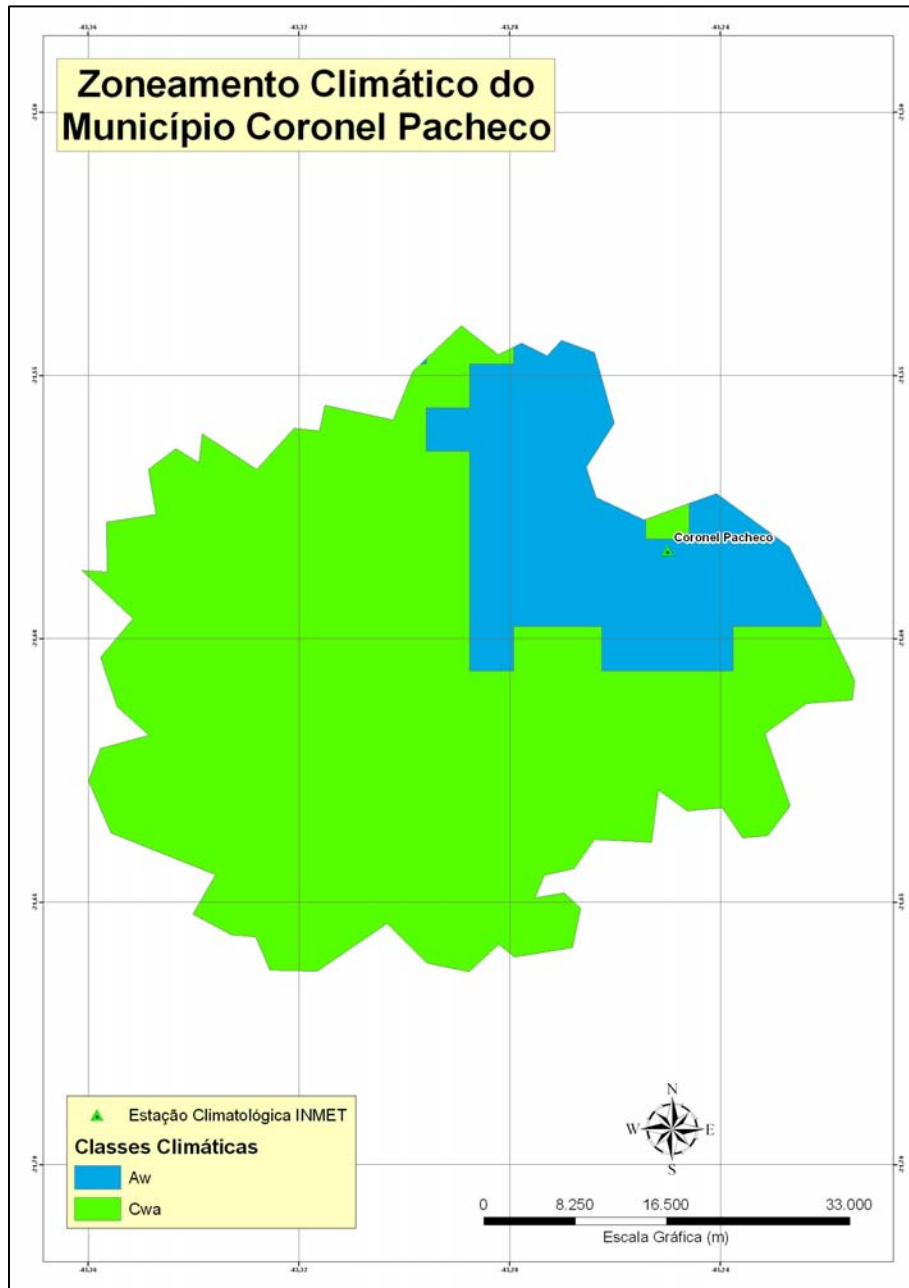


FIGURA 49 Zoneamento climático do município Coronel Pacheco, conforme classificação climática de Köppen & Geiger (1928).



## 5 CONCLUSÕES

Apesar de o sistema de classificação de Köppen & Geiger oferecer um refinamento com relação aos tipos climáticos e às variedades, alguns desses elementos não puderam ser utilizados aqui, pois necessitam de um maior detalhamento em nível de observação regional.

No estado de Minas Gerais foram observadas cinco classes climáticas (Am, Aw, BSh, Cwa e Cwb), entretanto, não houve representatividade em ocupação de área em duas delas (Am e BSh).

Com o banco de dados utilizado na resolução espacial de 30'' de arco, os resultados obtidos na validação do mapa de zoneamento climático do estado de Minas Gerais foram satisfatórios, com o índice de concordância de 0,9375 significando que o zoneamento oferece uma confiabilidade de 93,75% nos resultados apresentados.

Os municípios de Belo Horizonte e Coronel Pacheco não apresentaram resultados concordantes entre o zoneamento e a classificação pontual por estação. Entretanto, a classificação pontual por estação foi fortemente influenciada pela classe climática predominante nestes municípios.

A utilização de um banco de dados com maior resolução espacial, gerados a partir de interpoladores específicos para o tratamento de dados climáticos, associados a uma maior amostragem de informações, contribuirá para uma observação mais expressiva de algumas classes climáticas aqui observadas, assim como poderá também surgir alguma outra classe não contemplada neste zoneamento.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do cerrado em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.65, p.52-63, maio 1980.
- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n.138, p. 9-13, jun. 1986.
- ASPIAZÚ, C.; RIBEIRO, G. A.; VIANELLO, R. L.; RIBEIRO, J. C.; VALENTE, O. F.; PAULA NETO, F. Análise dos componentes principais aplicada na classificação climática do estado de Minas Gerais: teste metodológico. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 14, n. 1, p. 1- 15, jan./jun. 1990.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 322p.
- BANDEIRA, P. S. As mesorregiões no contexto da nova política federal de desenvolvimento regional: considerações sobre aspectos institucionais e organizacionais. In: BRASIL. Ministério da Integração Nacional. (Org.). **Projeto diretrizes para formulação de políticas de desenvolvimento regional**. Brasília, 2004.
- BARBOSA, R. L.; MENEGUETTE JÚNIOR, M.; SILVA, J. F. C. da; GALLIS, R. B. A.; ITAME, O. Y. Análise estatística da qualidade de um modelo digital do terreno gerado com thin plate spline. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2, p. 127-132, ago. 2008.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.
- BÍSCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. Cassilândia: UNIGRAF, 2007. 86 p.
- BONAN, G. B. **Ecological Climatology: concepts and applications**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University, 2008.
- BOOKSTEIN, F. L. Principal Warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, New York, v.11, n.6, p.567-85, June 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

BRASIL. Secretaria [da] Presidência da República. **Circular n. 1 de 31 de janeiro de 1942**. Brasília, 1942. Poder Executivo.

BRASIL. Secretaria [da] Presidência da República. **Resolução n. 143 de 6 de julho 1945**. Brasília, 1945. Poder Executivo.

BURGOS, J. J. **Agroclimatic classifications and representations: report of the applications value of climatic and agroclimatic classification for agricultural purposes**. Varsovia: WMO, Commission for Agricultural Meteorology, 1958. (CaM II/Doc., 18).

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. 2. ed. New York: Oxford University, 1998. 333p.

CARTER, D. B.; MATHER, J. R. **Climatic classification for environmental biology**. Elmer: Associates Laboratory of Climatology, 1966. 395p.

CARVALHO, L. G. de ; OLIVEIRA, M. S. DE ; ALVES, M. C. ; VIANELLO, R. L. ; SEDIYAMA, G. C. ; CASTRO NETO, P. ; DANTAS, A. A. A. Clima. In: SCOLFORO, J. R. S; CARVALHO, L. M. T.; OLIVEIRA, A. D. (Org.). **Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais: componentes geofísico e biótico**. Lavras: UFLA, 2008. p. 89-102.

CECÍLIO, R. A; MEDEIROS, S. S.; NETO, F. S. D.; SOUZA, J. A. A.; SOARES, A. A. Zoneamento climático associado ao potencial de cultivo das culturas do café, cana-de-açúcar e amendoim nas sub-bacias do alto e médio São Francisco em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE Brasil, 2003. p. 39-45.

COLINVAUX, P. **Ecology**. New York: J. Wiley, 1986. 725 p.

COLTRI, P. P.; FERREIRA, N. J.; COSTA, S. S. da; PINTO, H. S. Meteorologia para agricultura: aplicações de produtos de previsão e monitoramento de tempo e clima do CPTEC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. CD-ROM.

DE CANDOLLE, M. A. **Géographie botanique raisonnée**. Paris: Librairie de Victor Masson, 1855.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/atlas/flora.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

FERNANDES, E. N. **Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias**. 1997. 122 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. 1997. 158p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOCLIM 2.0: a world-wide agroclimatic database**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001. Disponível em: <[http://www.fao.org/nr/climpag/data\\_3\\_en.asp](http://www.fao.org/nr/climpag/data_3_en.asp)>. Acesso em: 20 jan. 2009.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Produto Interno Bruto de Minas Gerais**. Mar. 2007. Disponível em: <<http://www.fjp.gov.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

FRANKE, A. E. **Balanco hídrico na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob três níveis de manejo da irrigação**. Santa Maria: UFSM, 1990. 92p.

FRANKE, A. E.; DORFMAN, R. Viabilidade econômica da irrigação, sob condições de risco em regiões de clima subtropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.12, p.2003-2013, dez. 1998.

GOMES, N. M; LIMA, A. L; CUSTÓDIO, A. de P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 564-570, Nov./dez. 2007.

HANN, J. **Handbook of climatology**. New York: MacMillan, 1903.

HANSEN, J. W. Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges. **Agricultural Systems**, Essex, v.74, n. 3, p. 309-330, Sept. 2002.

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**, Chinchester, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, Dec. 2005.

HUTCHINSON, M. F. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. **International Journal of Geographical Information Systems**, London, v. 9, n. 4, p. 385-403, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área territorial oficial**. Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base cartográfica digital**. Disponível em <<http://mapas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão territorial brasileira**. 2002. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/metodologia/anexos/desenho/Anexo\\_C\\_6\\_3\\_1\\_1\\_DTB.doc](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/metodologia/anexos/desenho/Anexo_C_6_3_1_1_DTB.doc)>. Acesso em: 20 maio 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População residente por unidades da Federação**. 2007. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/seculoxx/arquivos\\_xls/palavra\\_chave/populacao/rural.shtm](http://www.ibge.gov.br/seculoxx/arquivos_xls/palavra_chave/populacao/rural.shtm)>. Acesso em: 15 abr. 2009.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Cobertura vegetal de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/florestas>>. Acesso em: 30 maio 2009.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México : Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

KÖPPEN, W. **Die klimate der Erde**. Berlin: W. Guyter, 1923. 369p.

KÖPPEN, W. **Grundriss der klimakunde**. Berlin: W. Guyter, 1931. 390p.

KÖPPEN, W. Klassifikation der klimare nach temperatur, niederschlag und jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Gotha, v. 64, p. 193-203, 1918.

KÖPPEN, W.; GEIGER R. **Handbuch der Klimatologie**, Berlin: G. Borntraeger, 1939. 6v.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. (Wall-map 150cmx200cm.).

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

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 1, p. 159-174, Mar. 1977.

LASLETT, G. M. Kriging and splines: an empirical comparison of their predictive performance in some applications. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 89, n. 426, p. 391-409, 1994.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic information systems and science**. New York: J. Wiley, 2001. 453p.

MACHADO, M. A. M. **Caracterização e avaliação climática da estação de crescimento de cultivos agrícolas para o estado de Minas Gerais**. 1995. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. **Revista Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 48, p. 45-49, mar. 2000.

MARACCHI, G.; PÉRARNAUD, V.; KLESCHENKO, A. D. Applications of geographical information systems and remote sensing in agrometeorology. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, n.103, n. 1/2, p.119-136, June 2000.

MATZENAUER, R.; PONS, A.L.; MALUF, J.R.T.; BUENO, A.C. Efeito da irrigação, adubação e densidade de plantas de milho I: rendimento de grãos e componentes do rendimento. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 33., 1988, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IPAGRO/EMATER, 1989. p. 91-100.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 206 p.

MINAS GERAIS. Governo do Estado. **Mesorregiões de Minas Gerais**. Disponível em: < <http://www.mg.gov.br/portalmg/do/home?op=insertForm> >. Acesso em: 30 abr. 2009.

MITCHELL, N.; ESPIE, P.; HANKIN, R. Rational landscape decision-making: the use of mesoscale climatic analysis to promote sustainable land management. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 67, n. 1/4, p. 131-140, Mar. 2004.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZÚ, M. C. **Roteiro metodológico para planos de manejo em fazendas experimentais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8 p. (Comunicado Técnico, 205).

PATERSON, S. S. **The forest area of the world and its potencial productivity**. Gotenborg: Departament of Geography, 1956. 214p.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, London, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, Sept. 2007.

PEREIRA, A R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 549 p.

PONCELET, L. **Sur Le comportement des pluviomètres**. Bruxelles: Institut Royal Météorologique de Belgique, 1959.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 119p.

R-HYDRONET V. 1.0. **A regional, electronic hydrometeorological data network for South America, Central America, and the Caribbean**.

Disponível em: <<http://www.r-hydronet.sr.unh.edu/english/>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

RIBEIRO, A. M.; LUNARDI, D. M. C. A precipitação mensal provável para Londrina-PR, através da função gama. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 37-44, dez. 1997.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G. R.; MORAES, J. F. L.; Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, jun. 2007.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Unicamp, 2003. 236p.

SILVA, R. I. da; DHEIN, R. A. Viabilização sócio-econômica da rotação de culturas e da adubação verde na COTRIJUI. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1994. p. 15-27.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. (Ed.). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 311-48.

STERN, H.; HOEDT, G.; ERNST, J. **Objective classification of Australian Climates**. Australia: Bureau of Meteorology. Disponível em: <[http://www.bom.gov.au/climate/environ/other/koppen\\_explain.shtml](http://www.bom.gov.au/climate/environ/other/koppen_explain.shtml)>. Acesso em: 28 fev. 2009.

TIMBAU, A. O. **Técnicas modernas de irrigação: aspersão, derramamento e gotejamento**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 223p.

TIMBÓ ELMIRO, M. A. Sistema de projeção cartográfica para os mapas de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 20., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC-RS, 2001. CD-ROM.



TREWARTHA, G. T. **An introduction to climate**. New York: McGraw-Hill, 1954. 402p.

TVEITO, O. E.; SCHÖNER, W. **Applications of spatial interpolation of climatological and meteorological elements by the use of GIS**. Oslo: Norwegian Meteorological Institute, 2001. (Report, 1 / WG2 Spatialisation / COST-719).

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2006. Versão Digital 2.

VIANA, T. V. A.; BASTOS, E. A.; ALVES, D. R. B.; FOLEGATTI, M. V. Algoritmo da classificação climática de Köppen. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 255-259.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 449 p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Climatological normals (CLINO) for the period 1961–1990**. Geneva, 1996.

WORLDCLIM version 1.4. Disponível em: <<http://biogeo.berkeley.edu/worldclim/worldclim.htm>>. Acesso 12 dez. 2008.