

CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS (ALTITUDE, TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO) NA MESORREGIÃO SUL E SUDOESTE DE MINAS GERAIS – MG

Aline de Freitas Roldão
Universidade Federal de Uberlândia
alineroldao@yahoo.com.br

Juliana Gonçalves Santos
Universidade Federal de Uberlândia
juliana.udi@hotmail.com

Luiz Antônio de Oliveira
Universidade Federal de Uberlândia
luizantonio@ig.ufu.br

CLIMATOLOGIA: APORTES TEÓRICOS, METODOLÓGICOS E TÉCNICOS.

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo analisar a correlação entre as variáveis climáticas (altitude, temperatura e precipitação) e caracterizar o clima da Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais (MG). Para a realização dessa pesquisa foram utilizados dados de temperatura e precipitação das estações climatológicas convencionais, do INMET, nos municípios de Poços de Caldas, Machado, Maria da Fé, Passa Quatro, São Lourenço e Lambari, período de 1980 a 2011, aplicando a metodologia de Pearson para o cálculo da correlação. A pluviosidade média anual na mesorregião foi 1591,8 mm e a temperatura média anual registrada foi 20,5 °C. Além disso, os dados analisados mostraram que há uma forte correlação entre altitude e temperatura, com um valor de 0,9, de maneira que a estação de maior altitude apresenta a menor temperatura média, cerca de 19 °C, e a estação com menor altitude apresenta a maior temperatura média, cerca de 21,6 °C. Os dados demonstraram que não há correlação entre altitude e precipitação na área de estudo. O clima local apresenta uma sazonalidade anual, classificado, segundo Köppen como do tipo Cwa, quente e úmido no verão e com temperaturas amenas no inverno.

Palavras-chave: Correlação, Altitude, temperatura, precipitação

Abstract

The correlation between altitude and rainfall and altitude and temperature is an important link in the study of climate. This study aimed to analyze the correlation between climatic variables (altitude, temperature and precipitation) and to characterize the climate of the Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais (MG). To perform this study we used data from temperature and precipitation from conventional weather stations in the cities of Poços de Caldas, Machado, Maria da Fé, Passa Quatro, São Lourenço and Lambari, available at INMET, applying the methodology for calculating the Pearson correlation. The average annual rainfall was 1591.8 mm in the middle region and the average annual temperature recorded was 20.5 °C. Thus, the local climate has an annual seasonality, classified according to Köppen Cwa, hot and humid in summer and mild temperatures in winter. Also, the analyzed data showed that there is a strong correlation between altitude and temperature, so that station has the lowest elevation higher average temperature of about 19 °C, and a lower altitude station has the highest average temperature of about 21.6 °C. The data showed no correlation between altitude and precipitation in the study area.

Keywords: Correlation, Altitude, Temperature, Precipitation

Introdução

O clima é um dos mais importante e influente componente do ambiente, pois condiciona diversos processos naturais, influenciando no desenvolvimento de diversos organismos, inclusive o homem. Relativo às atividades humanas, estudar o clima, numa escala menor, regional é fundamental. O clima sobre determinada região seria então “... a síntese de todos os elementos climáticos em uma combinação de certa forma singular, determinada pela interação dos controles e dos processos climáticos. (...) existe uma variabilidade de climas ou de tipos climáticos reinantes sobre a superfície terrestre” (AYOADE, 2010, p.224).

Dentre os elementos importantes do clima que influenciam nas atividades antrópicas estão a temperatura e a precipitação. Além dos elementos do clima, alguns fatores são denominados de modificadores do clima, dentre eles, um muito importante e que se correlaciona principalmente com a temperatura e a precipitação é o relevo, ou seja, as diferentes altitudes.

Segundo Medeiros et. al. (2005), a temperatura do ar é um dos elementos climáticos que promove efeitos diretos e significativos sobre processos fisiológicos. Assim, seu conhecimento é muito importante, principalmente quando é utilizado no planejamento agrícola e análises de adaptação de culturas. A temperatura sofre influência de diversos fatores, dentre eles está a quantidade de insolação recebida, a natureza da superfície, a distância de cursos d’água, o relevo, os ventos predominantes, além das correntes oceânicas (AYOADE, 2010).

Fritzon et. al (2008) descreve que nas regiões tropicais e subtropicais, uma diferença de altitude de algumas centenas de metros provoca sensíveis mudanças no clima, no solo, na vegetação e em consequência na adaptação de animais e vegetais e no uso da terra.

Sobre a relação da temperatura com o relevo e conseqüentemente com as diferentes altitudes, Mendonça (2007) comenta que “O gradiente vertical médio da troposfera é de 0,6°C/100m, o que significa que o ar nessa camada apresenta uma relação de resfriamento com a altitude na ordem de 0,6 a cada 100m de elevação”. Dury (1972) explica ainda que essa taxa de arrefecimento ocorre em decorrência da ascensão das massas de ar, que ao subir estão sujeitas a uma menor pressão, expandindo e diminuindo assim, a temperatura.

A correlação entre altitude e precipitação é outra relação importante no estudo do clima. No Brasil, as chuvas orográficas são muito frequentes nas regiões abrangidas pela Serra do Mar, provocando nestas regiões muita pluviosidade, em virtude da barreira topográfica existente na região, fazendo com que a umidade fique ali retida.

A precipitação orográfica ou chuva de relevo é o fenômeno que se inicia quando um fluxo de ar saturado é obrigado a elevar-se frente a um obstáculo de relevo, sofrendo resfriamento em maiores altitudes; em seguida, condensando e gerando nebulosidade, tendo em seu final a possibilidade da

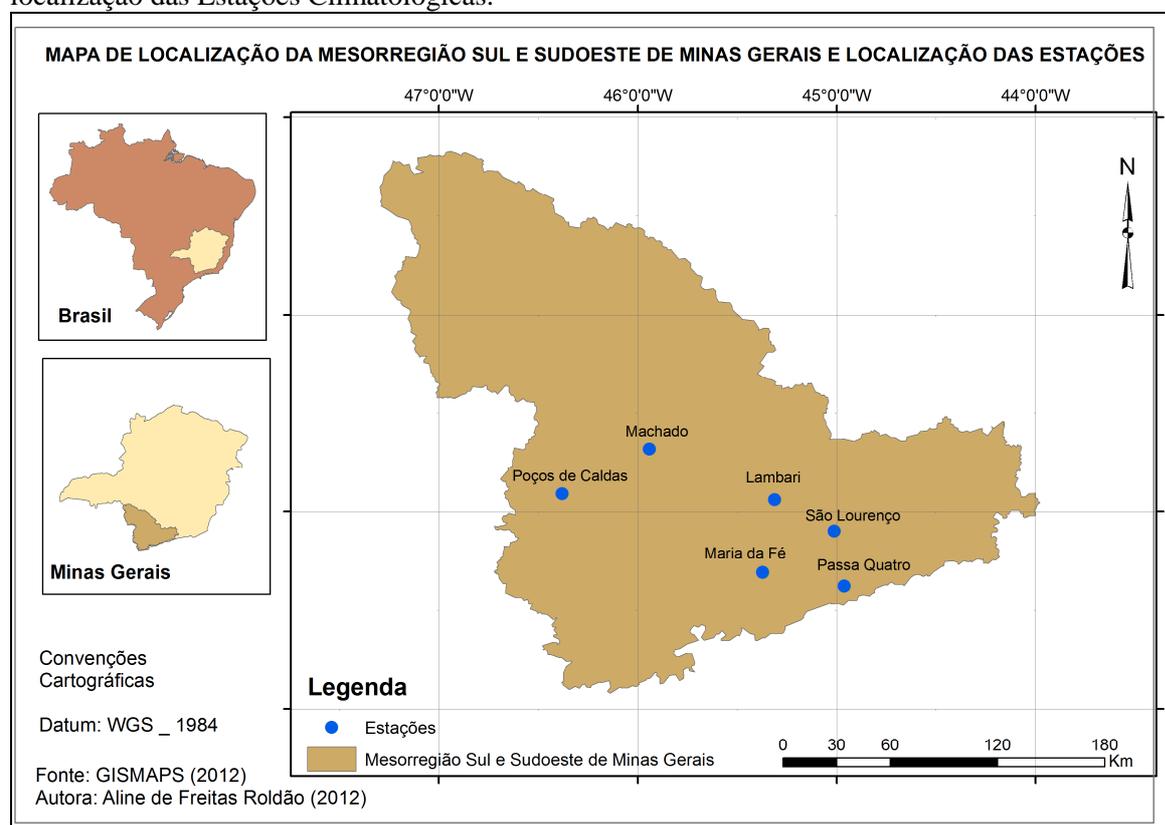
precipitação, que pode apresentar elevação das quantidades de chuva conforme a altitude (MILANESI e GALVANI, 2009).

Partindo da importância do condicionamento da altitude no comportamento das variáveis temperatura e precipitação, este trabalho objetiva verificar se há correlação entre essas variáveis na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais – MG, além de caracterizar o regime climático nessa mesorregião.

Localização da área de estudo

A Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas (figura 01) é uma das doze mesorregiões do estado de Minas Gerais. De acordo com o IBGE 2012 a mesma é formada por 146 municípios, os quais estão distribuídos em dez microrregiões, sendo as mesmas: Alfenas, Andrelândia, Itajubá, Passos, Poços de Caldas, Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí, São Lourenço, São Sebastião do Paraíso e Varginha.

Figura 01- Mapa de Localização da Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais e localização das Estações Climatológicas.



Materiais e Métodos

Na elaboração deste trabalho, inicialmente foi feito levantamento do referencial teórico a respeito do tema e da área de estudo de maneira a conhecer a mesorregião além de constituir o referencial teórico metodológico.

Na caracterização climática foram utilizados os dados das estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), período de 1980 a 2011 localizadas nos municípios de Poços de Caldas (83681) Machado (83683), Maria da Fé (83015), Passa Quatro (83737), São Lourenço (83736) e Lambari (83032), Tabela 1. Foram utilizados os dados de Temperatura do Bulbo seco (°C) e de precipitação (mm), compreendendo uma série histórica de 31 anos (1980-2011).

Tabela 1- Localização das estações climatológicas localizadas na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais.

Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Caldas (Poços de Caldas)	21°91'	46°38'	1150
Machado	21°68'	45°94'	873
Maria da Fé	22°31'	45°37'	1276
Passa Quatro	22°38'	44°96'	920
São Lourenço	22°1'	45°01'	953
Lambari	21°94'	45°31'	878

Fonte: INMET (2012)

Para o tratamento dos dados e geração de gráficos e tabelas foi utilizado o software Microsoft Office Excel 2010. Além do Excel foi utilizado o software SSPS Statistics 17.0 para as análises estatísticas, calculando soma e média.

A metodologia utilizada para o cálculo da correlação foi o coeficiente de correlação de Pearson (1892). O coeficiente de correlação é a verificação do grau de relação entre duas variáveis ou mais ligadas por uma relação estatística. Calcula-se o coeficiente de correlação de Pearson (1892) segundo a seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

Onde:

X_1, X_2, \dots, X_N são os valores de altitude, ou seja, a variável condicionante na correlação;

Y_1, Y_2, \dots, Y_N são os valores medidos das variáveis precipitação e temperatura e

\bar{x} e \bar{y} são as médias aritméticas de ambas variáveis podem ser determinadas pela seguinte expressão:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

Os valores resultantes da correlação entre duas variáveis lineares estarão sempre entre +1 e -1, o que irá indicar se a correlação é positiva e negativa e a força da correlação. Assim, 0.70 para mais ou

para menos indica uma forte correlação, 0.30 a 0.7 positivo ou negativo indica correlação moderada e 0 a 0.30 indica fraca correlação.

Para espacializar os resultados do coeficiente de correlação foi utilizado o diagrama de dispersão, que é um gráfico, na qual pontos no espaço cartesiano XY foram utilizados para representar os valores das variáveis altitude e temperatura; altitude e precipitação.

Para observar a variação da temperatura com a altitude foi levado em consideração o gradiente térmico de 0,6°C/100m (Mendonça, 2007). Dessa forma foi calculada a variação de altitude entre as estações da mesorregião e feita a relação com o valor correspondente a temperatura de acordo com o gradiente térmico.

Para confeccionar o mapa de localização da mesorregião e das estações meteorológicas foi utilizado o software Arc Gis 9.3.

Resultados e discussões

Com base na análise dos dados climatológicos do período histórico em questão foi possível estabelecer a manutenção da sazonalidade de dois períodos com comportamentos climáticos distintos, sendo um de maior concentração pluviométrica, com duração de nove meses em média e outro de estiagem, com cerca de três meses de duração. Analisando a tabela 02 e o gráfico 01, observa-se que o volume médio anual de chuvas na região é de 1591,8 mm, sendo que o período chuvoso se inicia, geralmente, em setembro, podendo ocorrer variações, e se prolonga até o mês de maio. O volume acumulado na estação chuvosa representa cerca de 95% do total anual, sendo que o mês de janeiro se configura como o mais chuvoso com cerca de 314 mm em média. O período de estiagem compreende apenas três meses, se iniciando na maioria dos anos no mês de junho e se encerrando no mês de agosto. Nesse período o acumulado pluviométrico é em média 223 mm, apenas 15% do total das alturas pluviométricas. O mês de agosto se configura como o mês com menor ocorrência de chuvas, apenas 23 mm em média.

Tabela 02 – Precipitação na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais

Meses	Precipitação						
	Caldas	Machado	Maria da Fé	Passa Quatro	São Lourenço	Lambari	Média
Jan	287,0	311,3	310,4	309,0	316,8	352,6	314,5
Fev	211,7	211,5	204,5	183,6	198,1	195,0	200,7
Mar	178,7	198,0	185,2	157,8	180,7	183,5	180,7
Abr	80,0	78,9	93,9	72,8	76,9	89,3	82,0
Mai	62,9	59,0	76,4	59,0	60,7	56,5	62,4
Jun	23,8	22,9	45,8	38,3	30,0	30,3	31,9
Jul	19,4	18,8	32,0	28,7	24,8	23,7	24,6
Ago	28,6	14,5	33,6	17,5	23,9	18,9	22,8

CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS (ALTITUDE, TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO) NA MESORREGIÃO SUL E SUDOESTE DE MINAS GERAIS – MG

Set	76,1	76,9	91,3	79,0	78,3	91,3	82,2
Out	133,6	123,5	137,8	143,2	119,6	118,9	129,4
Nov	170,5	172,8	193,8	173,9	166,7	192,4	178,4
Dez	280,9	266,2	285,3	287,7	283,2	290,5	282,3
Total	1553,2	1554,3	1690,1	1550,4	1559,7	1643,4	1591,8

Fonte: INMET, 2012

Analisando a tabela 03 e o gráfico 01, verifica-se que a temperatura média para o período analisado é de 20,5°C. Observa-se também que os meses com maiores médias de temperaturas são novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, sendo janeiro o mês mais quente, com temperatura média de 22,8°C. De modo contrário, os meses com menores médias de temperatura, são maio, junho, julho e agosto, os quais coincidem com o período de estiagem na mesorregião. Desses meses o mês com menor temperatura média foi junho, com uma média de 16,4°C.

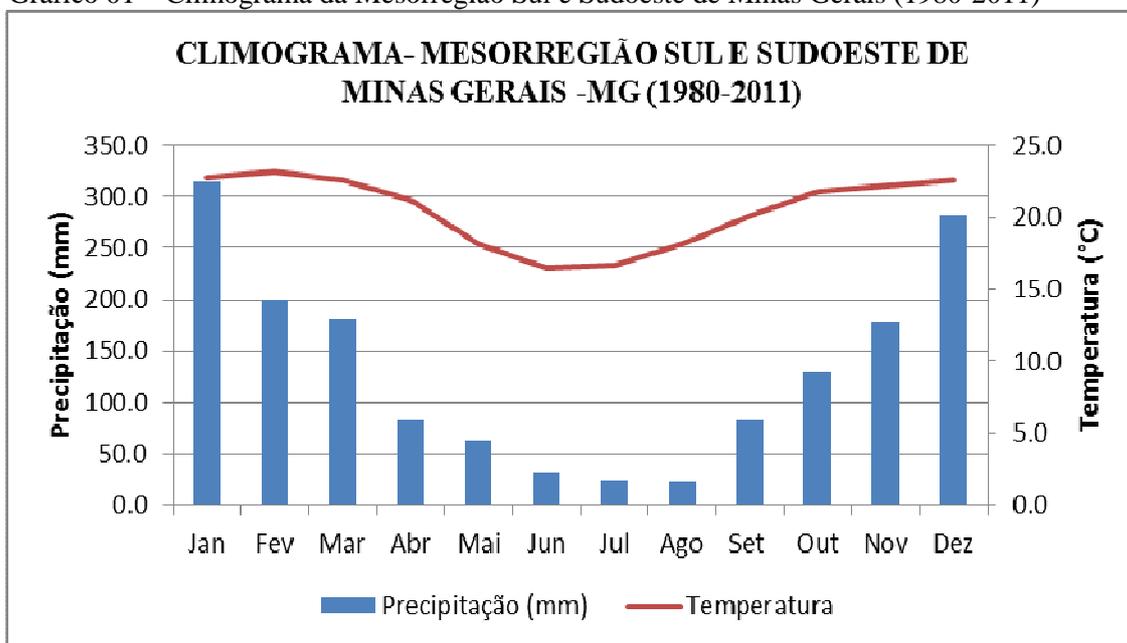
Tabela 03 – Temperatura na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais

Meses	Temperatura						Média
	Caldas	Machado	Maria da Fé	Passa Quatro	Lambari	São Lourenço	
Jan	22,0	23,6	21,4	22,9	23,8	23,2	22,8
Fev	22,1	24,0	21,5	23,7	24,0	23,7	23,2
Mar	21,8	23,5	21,0	22,9	23,2	23,1	22,6
Abr	20,6	22,2	19,6	21,4	21,7	21,6	21,2
Mai	17,9	19,3	16,6	18,4	18,6	18,3	18,2
Jun	16,3	17,7	15,2	16,6	16,5	16,3	16,4
Jul	16,6	17,9	15,8	16,7	16,6	16,6	16,7
Ago	18,3	19,8	17,1	18,2	17,8	18,6	18,3
Set	19,9	21,5	18,4	20,2	20,4	20,6	20,1
Out	21,3	23,0	19,9	21,6	22,2	22,5	21,8
Nov	21,4	23,1	20,2	22,3	23,0	23,1	22,2
Dez	21,7	23,3	21,0	22,6	23,5	23,3	22,6
Média	20,0	21,6	19,0	20,6	20,9	20,9	20,5

Fonte: INMET, 2012

Para melhor entendimento do comportamento do clima da região, os dados foram organizados na forma de climograma, gráfico 01. Analisando o climograma observa-se que os meses em que as médias de temperatura são mais baixas (maio a agosto) são também os meses com menores acumulados de chuva e os meses que possuem maiores temperaturas coincidem com os meses de maiores volumes de precipitação.

Gráfico 01 – Climograma da Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais (1980-2011)



Fonte: INMET, 2012

Os dados utilizados na análise de relação entre altitude precipitação média anual na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais nas estações analisadas estão sumariadas na tabela 04.

Tabela 04 - Altitude e Precipitação nas estações da Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais

Estação	Altitude	Prec. média anual
Maria da Fé	1276	1690,0
Caldas	1150	1553,1
São Lourenço	953	1559,7

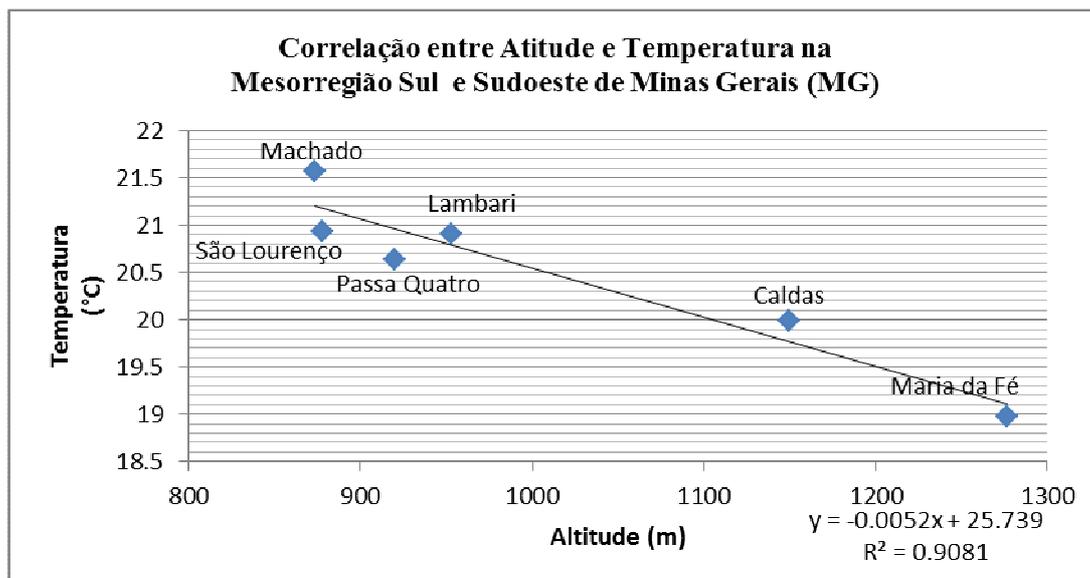
Passa Quatro	920	1550,4
Lambari	878	1643,4
Machado	873	1554,2

Fonte: INMET, 2012

Nas estações analisadas percebe-se que o maior volume pluviométrico foi registrado na estação Maria da Fé, com um acumulado de 1690 mm coincidindo com a maior altitude, cerca de 1276 m. Já Machado, com a menor altitude registrada, 873m registrou uma média pluviométrica de 1154 mm. Comparando o gradiente topográfico entre Maria da Fé e Machado, poderia-se afirmar que o relevo influencia na precipitação. Porém, quando analisado o comportamento da precipitação em relação à altitude nas demais estações: Poços de Caldas (1150m), São Lourenço (953m), Passa Quatro (920m) e Machado, percebe-se que as mesmas apresentaram volumes de precipitação aproximados (1553mm, 1559mm e 1550mm e 1554mm respectivamente), apesar da diferença entre a altitude. Além disso, Lambari com uma altitude de apenas 878m apresentou alturas pluviométricas aproximadas com Maria da Fé, cerca de 1643mm. De modo geral, a análise da tabela demonstra que o volume de precipitação não possui relação com a variação de altitude das estações, comprovando desta forma que o relevo na mesorregião analisada não é um fator condicionante do regime pluviométrico.

No gráfico 02 está o tratamento de correlação das variáveis analisadas. Analisando o gráfico observa-se que a altitude e precipitação apresentam uma correlação fraca, cerca de 0,2453, ou seja, a característica do relevo na região não influencia diretamente na dinâmica das chuvas da mesma. Das estações analisadas a que mais se distancia da reta é Lambari e as que mais se aproximam são Machado, Passa Quatro e São Lourenço. Desta forma, pode-se afirmar que são as condições locais de circulação, como por exemplo as massas de ar atuantes na Mesorregião que influenciam no regime pluviométrico.

Gráfico 02 – Correlação entre Altitude e Precipitação na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais – MG.



Fonte: INMET, 2012

Os dados utilizados na análise da relação entre a temperatura e a altitude estão sumariados na tabela 5.

Tabela 05 - Altitude e Temperatura nas estações da Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais

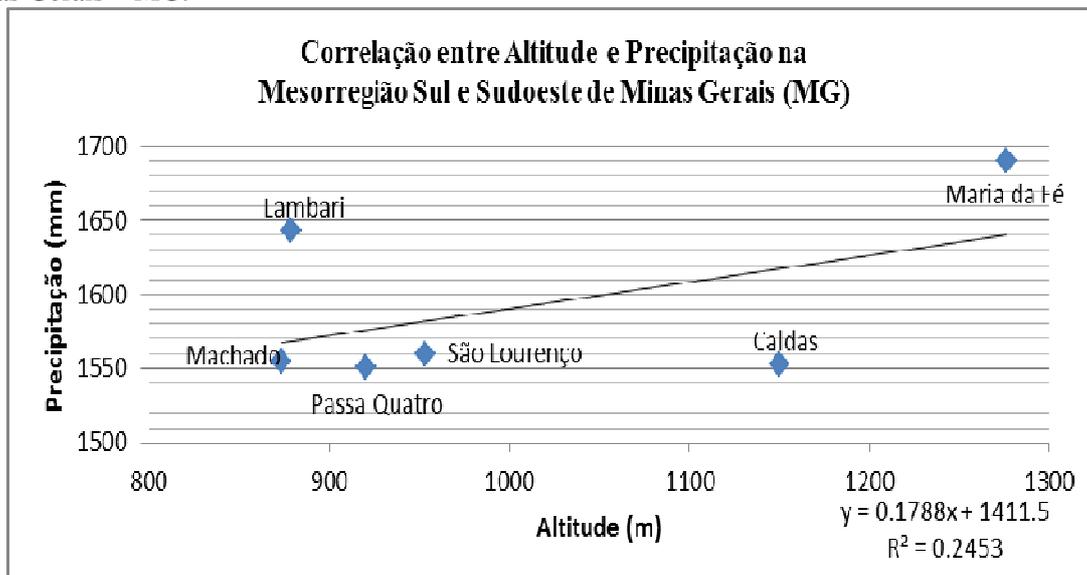
Estação	Altitude	Temp. média anual
Maria da Fé	1276	18,9
Caldas	1150	19,9
São Lourenço	953	20,9
Passa Quatro	920	20,6
Lambari	878	20,9
Machado	873	21,5

Fonte: INMET, 2012

Análise da tabela demonstra que a estação de maior altitude (Maria da Fé) é a que apresenta a menor temperatura média anual na mesorregião, apresentando 18,9°C. Já a estação que apresenta a menor altitude (Machado) é a que apresenta a maior temperatura média anual, a qual é de 21,5°C. A análise desta tabela juntamente com o gráfico 03, permite reforçar a forte correlação existente entre temperatura e altitude na Mesorregião do Sul e Sudoeste de Minas Gerais, porém, não segue a variação do gradiente térmico de 0,6°C/100m (Mendonça, 2007).

A correlação entre temperatura e altitude é tratada no gráfico 3.

Gráfico 03 - Correlação entre Temperatura e Precipitação na Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais – MG.



Fonte: INMET, 2012

Análise do gráfico demonstra que existe uma forte correlação entre as variáveis temperatura e altitude, com o valor de $R^2 = 0.9$. Analisando a reta, percebemos que as estações que mais saíram do padrão da reta foram São Lourenço e Passa Quatro.

Das estações analisadas a que mais divergiu da correlação de $0,6^\circ/100m$ foi à estação Lambari. A divergência dos dados pode estar relacionado com as condições de circulação local e/ou problemas na fonte de dados.

Considerações Finais

A partir dos resultados deste trabalho foi possível ratificar a caracterização do clima da Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais, segundo Köppen, como do tipo Cwa, ou seja, com a precipitação concentrada no verão e temperaturas elevadas no verão, sendo que o mês mais frio a temperatura é superior a $18^\circ C$, (AYOADE, 2010).

Além disso, os dados analisados mostraram que há uma forte correlação entre altitude e temperatura, pois a maioria das estações apresentaram forte correlação. Em relação à precipitação, foi possível observar que não há correlação entre altitude e precipitação, de maneira que o relevo não condiciona a precipitação na região. Essa característica da precipitação nos leva a crer que a variação da chuva está muito mais relacionada à atuação das massas de ar do que ao relevo, sendo que o mesmo só influencia a precipitação em áreas com maior gradiente topográfico, configurando as chuvas orográficas.

Para a realização desse trabalho foi essencial a disponibilidade de dados da série histórica das estações climatológicas convencionais pelo INMET. Para a realização de trabalhos posteriores seria importante que os dados históricos das estações automáticas também estivessem disponíveis online. Ainda em relação aos dados utilizados as maiores dificuldades encontradas consiste nas falhas de dados e nos períodos sem dados, o que interfere nos resultados encontrados.

Referências

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. 13ªed. Rio de Janeiro: Bertrand, 332p, 2010.

DURY, G. H. High temperature extremes in Austrália. **Annals of the Association of American Geographers**. v.62, n.3, p. 388–400. 1972.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.E.; AGUIAR, A.V. Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 01, p. 49-64, 2008.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 1 junho. 2012

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Banco de Dados Agregados (IBGE- SIDRA). Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acessado em: 1 junho. 2012

MEDEIROS, S. de. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JUNIOR, J. C. F. de.; SILVA JUNIOR, J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 n.2, p. 247-255, 2005.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.. **Climatologia** – Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Editora Oficina e Textos, 2007.

MILANESI, M.A; GALVANI, E. Efeito Orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP). **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, n°9, jul/dez, p.68-79, 2011.

PEARSON, K. **The grammar of science**. London, J. M. Dentand Company.1982

PORTES, M. C. G. O; GALVÃO, F; KOEHLER, A. Caracterização florística e estrutural de uma floresta ombrófila densa altomontana no Morro do Anhangava, Quatro Barras –PR. Departamento de Ciências Florestais, UFPR. 2002.