

A ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ALTITUDE NA TEMPERATURA E NA PRECIPITAÇÃO DA MESORREGIÃO NORTE DE MINAS – MINAS GERAIS.

Samuel Alves Maciel.
Universidade Federal de Uberlândia.
samuelgeo56@gmail.com

Bruno Fernandes Barcelos
Universidade Federal de Uberlândia.
bruno.barcelos@outlook.com

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

CLIMATOLOGIA: APORTES TEÓRICOS, METODOLÓGICOS E TÉCNICOS.

Resumo:

Como elementos constituintes do clima, a temperatura e a precipitação podem ser influenciados por determinados fatores que os modificam. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é analisar a correlação entre estes últimos com o fator altitude. Como método, o tratamento matemático analisado foi à correlação linear na análise das variáveis envolvidas, que neste caso determinam a correlação entre a altitude e seus condicionantes. A área de estudo deste trabalho é a mesorregião Norte de Minas – Minas Gerais e suas respectivas estações meteorológicas convencionais situadas nos municípios de Espinosa, Janaúba, Janaúria, Mocambinho, Monte Azul, Montes Claros, Pirapora e Salinas. Os dados utilizados permeiam uma série histórica de trinta e um anos, no período de 1981 a 2011. Como resultado final, a correlação da altitude para com a temperatura e a precipitação apresentaram os seguintes valores $R^2=0,1522$ e $R^2=0,00002$. O que neste caso demonstra uma correlação fraca e um alto índice de dispersão em ambos os casos. Fato este, que pode ser justificado pela baixa amplitude da altitude das estações, assim como a influência de condições de circulação e a proximidade dos valores de temperatura e precipitação. Ou ainda pela influência da condição local.

Palavras-Chaves: altitude, temperatura, precipitação, correlação.

Abstract:

As elements of the climate temperature and precipitation may be influenced by certain factors which modify them. Thus, the aim of this study is to analyze the correlation between these latest factors and altitude. As the method, the mathematical treatment analyzed was the linear correlation in the analysis of the variables involved, which in this case determine the correlation between altitude and determinants. The study area of this paper is the mesoregion of northern Minas - Minas Gerais and its conventional meteorological stations in the towns of Spinoza, Janaúba, Janaúria Mocambinho, Monte Azul, Montes Claros, Pirapora and Salinas. The data used has been gone through a historical period of thirty-one years, from 1981 to 2011. As a result, the correlation of altitude with temperature and precipitation showed the following values of $R^2 = 0.1522$ and $R^2 = 0.00002$, what shows a low correlation and a high dispersion in both cases. This can be justified by the low amplitude of the altitude of the stations, as well as the influence of traffic conditions and the proximity of the values of temperature and precipitation or even by the influence of local conditions.

Keywords: altitude, temperature, precipitation, correlation.

INTRODUÇÃO

A complexidade atmosférica relaciona-se à sua estrutura, movimento constituição e interação entre os elementos constituintes. Os gases, os aerossóis e o material particulado em suspensão constituem os elementos atmosféricos, enquanto que a temperatura, umidade e pressão representam as

variáveis atmosféricas. As variáveis sofrem a influencia de vários fatores, tais como a posição atmosférica e a geografia da região ou país, a configuração do território, as altitudes e as linhas mestras do relevo a latitude a altitude, a proximidade do mar, a vegetação e o efeito da continentalidade. As atividades antrópicas também têm condicionado alterações nas variáveis, principalmente temperatura e precipitação.

Sendo assim, como elementos constituintes do clima a temperatura do ar e a precipitação são influenciadas por diversos fatores que as modificam, dentre tais pode-se destacar a correlação existente destes com a variação de altitude.

A temperatura do ar é influenciada também pela altitude, latitude e longitude e, normalmente, decresce com a elevação da altitude numa proporção de aproximadamente 1 °C/100m (gradiente adiabático do ar seco). Esta taxa de arrefecimento ocorre, pois uma massa de ar seco em ascensão está sujeita a pressão cada vez menor, aumentando seu volume e diminuindo a temperatura. Como este gradiente térmico depende da saturação do ar, o decréscimo da temperatura média com a altitude se situa em torno de 1 °C a cada 180 metros. (FRITZONS 1972 apud DURY, 2008).

Nesse contexto, a relação existente entre a temperatura e a altitude é de suma importância para as regiões tropicais e subtropicais, na qual uma oscilação altitudinal pode evidenciar-se em transformações no clima, na vegetação natural, no solo, no processo de adaptação dos seres vivos e para diversos sistemas de uso da terra. (FRITZSONS, MANTOVANI e AGUIAR, 2008).

No que diz respeito, além da temperatura, a precipitação também se correlaciona com a altitude, este último atua como sendo um dos fatores que podem modificar essa variável.

A ocorrência de precipitações consta no rol das mais determinantes variáveis climáticas, mas acaba, muitas vezes, analisada por processos estatísticos pouco seguros que não consideram sua variabilidade espacial, tampouco sua correlação com outros fenômenos. Embora se conheça a forte influencia do relevo topográfico na determinação do clima, um estudo mais aprofundado de sua real correlação com outros fenômenos exige a utilização de ferramentas geoestatísticas ainda pouco utilizadas. (FENILLE 2001 apud CARDIM, 2007).

Ainda sobre as variáveis, precipitação e altitude no estado de São Paulo:

As estimativas da distribuição espacial da precipitação sobre uma determinada região são importantíssimas para o bom planejamento de aplicações de processos hidrológicos e manejo de recursos naturais na agricultura, segundo Philips et al. (1992), que afirma também que o relevo topográfico tem grande efeito sobre as precipitações, ocorrendo aumento da

intensidade destas últimas com a altitude. (FENILLE, CARDIM et al., 2007, p.2).

Sobre os altos índices de precipitação pluviométrica no território brasileiro Fuckner, Maia, Iwashita e Bispo (2007, p.1), explica que tal situação, pode ser ocasionada pela presença de altas temperaturas. “[...] Associadas à zona de convergência intertropical, elas permitem o desenvolvimento de exuberantes formações florestais latifoliadas, como é o caso da Floresta Amazônica”.

Ainda cita que:

Em outros casos, a atuação constante de sistemas frontais é responsável por elevada precipitação em estações como o inverno, como ocorre em algumas áreas da região sul do Brasil. Outro fator, a maritimidade, também está associada à ocorrência maior de chuvas em áreas litorâneas em relação a áreas mais distantes da costa. Altos índices de precipitação também podem ser explicados pela orientação e pujância das feições do relevo, que favorecem a ocorrência de chuvas orográficas em determinadas áreas. (FUCKNER, MAIA, IWASHITA e BISP et al., 2007 p.1).

Alguns autores entendem como efeitos orográficos, a parcela de interações nítidas entre a atmosfera e a superfície terrestre. “O controle que uma rugosidade do terreno exerce sobre os atributos do clima pode ser observado por meio do aquecimento diferenciado de parcelas de ar, a formação de brisas e nuvens, a precipitação do tipo orográfica”. (MILANESI & GALVANI, p.3).

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. Posteriormente, condensando e gerando nebulosidade e tem seu final com a possibilidade da precipitação, que pode apresentar elevação das quantidades de chuva conforme a altitude. Um efeito associado a esse fenômeno é identificado como sombra de chuva e refere-se à redução das quantidades de chuva do lado oposto do relevo após a transposição do fluxo de ar, agora descendente, sobre a linha de cumeeira. (MILANESI & GALVANI et al., p.3).

Para a compreensão dessas variáveis climáticas, o tratamento matemático dos dados é de suma importância, principalmente as análises de correlação entre variáveis e seus condicionantes. Um dos coeficientes de correlação mais utilizados em tratamento de dados climatológicos é o coeficiente de correlação linear (r) também pode ser denominado como coeficiente de correlação momento-produto de Person.

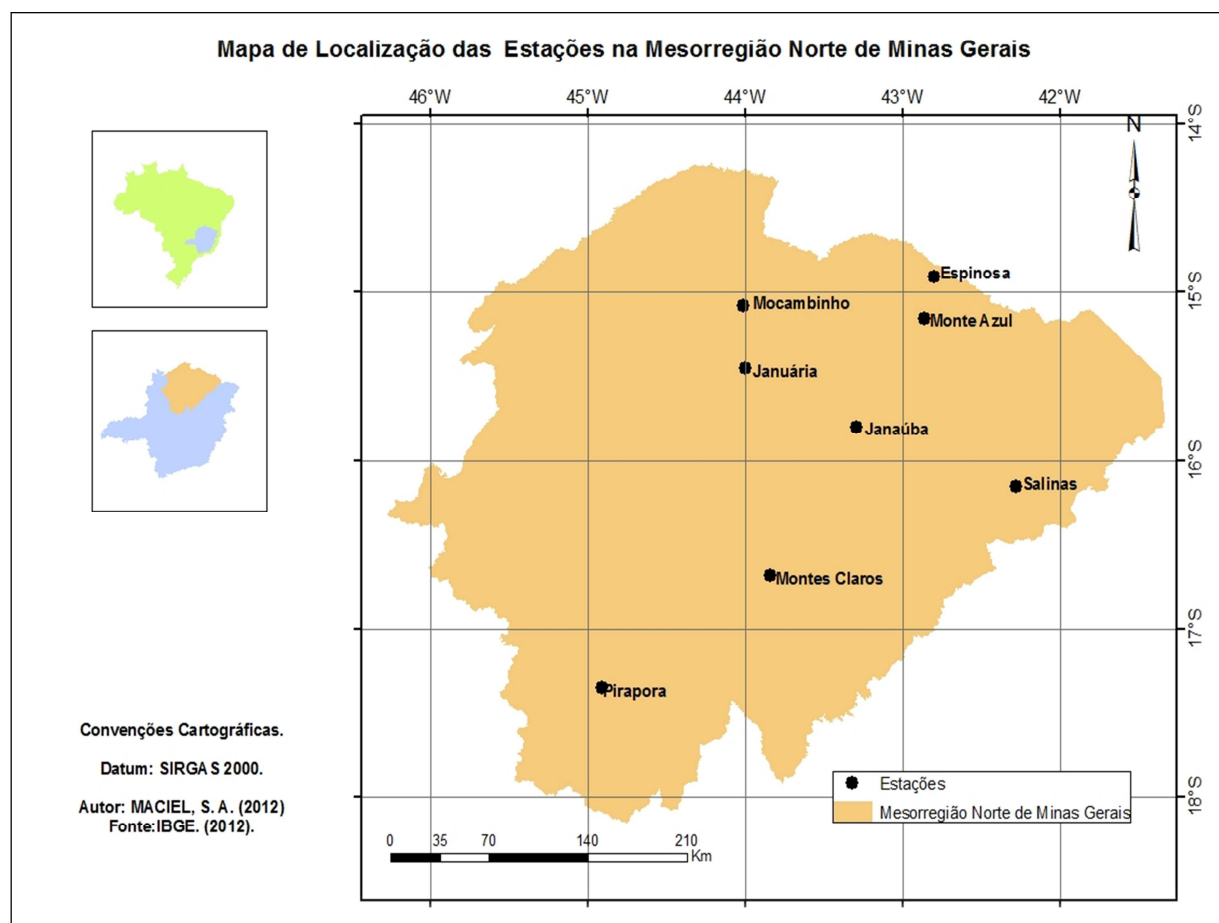
Neste trabalho será analisada a influência do relevo na variação da temperatura e da precipitação nas cidades de Espinosa, de Janaúba, de Januária, de Mocambinho, de Monte Azul, de Montes Claros, de Pirapora e de Salinas. Da Mesorregião Norte de Minas do estado de Minas Gerais.

Tendo-se como referencia os dados das estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudos abrange a mesorregião Norte de Minas, IBGE (2012), tendo sido analisadas os dados das estações convencionais de Espinosa, de Janaúba, de Janaúria, de Mocambinho, de Monte Azul, de Montes Claros, de Pirapora e de Salinas. A mesorregião esta localizada entre 452 e 652 metros acima do nível do mar, INMET (2012) e entre as coordenadas 46°W/14°S e 42°W/18°S IBGE (2012).

Figura1: Mapa de localização das estações na mesorregião Norte de Minas – MG.



OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar a correlação entre os dados de precipitação e temperatura com os de altitude na mesorregião de Norte de Minas – MG, utilizando-se dados das estações meteorológicas convencionais das cidades de Espinosa, Janaúba, Janaúria, Mocambinho, Monte Azul,

Montes Claros, Pirapora e Salinas. Com intuito de analisar a possível correlação entre os mesmos no período de trinta e um anos, entre 1980 e 2011.

MÉTODOS

Neste trabalho, foram utilizados os dados de altitude e de temperatura e precipitação das estações meteorológicas convencionais de Espinosa (OMM: 83338), Janaúba (OMM: 83395), Janaúria (OMM: 83386), Mocambinho (OMM: 83389), Monte Azul (OMM: 83388), Montes Claros (OMM: 83437), Pirapora (OMM: 83483) e Salinas (OMM: 83441), estado de Minas Gerais. Disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 3 de junho de 2012 e armazenados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), correspondendo a uma série histórica de trinta e um anos, no período de 1980 a 2011.

A organização e o tratamento dos dados foram feito em planilha eletrônica do Microsoft Excel visando à elaboração do climograma e dos gráficos de correlação da mesorregião Norte de Minas - MG. A análise estatística foi feita nos softwares SPSS Statistics 17.0.

Como já descrito no capítulo introdutório, o coeficiente de correlação de Pearson é utilizado para analisar a correlação entre dados, a verificação da existência e o objeto de estudo da correlação.

O coeficiente de correlação varia entre -1 e + 1 por definição. Quando duas variáveis são perfeitamente relacionadas (que variam juntas) $r=1$, já quando estão correlacionadas negativamente (uma cresce e outra decresce) $r=-1$. As variáveis que não possuem correlação têm $r=0$. (REBOITA et al., 2005, p.21).

Sendo assim a expressão para obtenção de coeficiente de correlação linear de acordo com (Wilks et al, 1995) é:

$$r_{xy} = \frac{\text{cov}(x, y)}{s_x s_y}$$

Sendo s_x e s_y - desvio-padrão da série temporal x e da série temporal y , respectivamente.

Também é possível escrever a expressão do coeficiente de correlação linear como (Chatfield et al, 1996):

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Sobre regressão linear, vários autores escrevem:

Uma regressão é uma função funcional entre uma variável aleatória independente e uma ou mais variáveis aleatórias dependentes. Para um dado conjunto de valores das variáveis independentes a regressão dá um valor médio da variável dependente. A análise de regressão é usada em

climatologia para estimar as constantes em relações funcionais onde estas não são dadas diretamente como quantidades físicas. Isto é comumente feito pelo método dos mínimos quadrados aplicados aos resíduos em torno da função de regressão quando os valores da variável independente são substituídos. (QUEFACE, AFONSO).

Segundo REBOITA (2005), em seu projeto “Introdução a estatística aplicada à climatologia”, as equações de regressão linear são as seguintes:

$$Y_t = a + bt$$

Onde y_t é igual ao valor predito da série temporal, a é igual ao coeficiente linear da reta e b é igual ao coeficiente angular da reta e t é igual ao tempo.

REBOITA (2005) ainda cita, que as equações de a e b são expressas desta maneira:

$$b = \frac{n \sum ty - \sum t \sum y}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum t}{n}$$

Onde n é igual ao número de observações.

Tais expressões numéricas são utilizadas por REBOITA (2005), em uma série temporal da média anual da umidade específica para um município X.

RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 ilustram o resultado das médias mensais históricas de precipitação e temperatura ao do período de 1981 a 2011 das estações meteorológicas convencionais da mesorregião Norte de Minas – Minas Gerais.

Tabela 1: Médias mensais históricas de precipitação do período 1980-2011, das estações meteorológicas da mesorregião Norte de Minas – Minas Gerais.

Precipitação									
Meses	Espinosa	Janaúba	Januária	Mocambinho	Monte Azul	Montes Claros	Pirapora	Salinas	Média
Jan	128.4	155.1	160.4	150.6	137.5	188.3	225.6	137.5	160.4
Fev	78.9	81.1	116.0	97.4	95.8	104.5	107.0	76.0	94.6
Mar	105.0	111.4	151.0	114.3	118.5	145.1	143.3	132.0	127.6
Abr	38.4	33.5	45.9	53.8	35.9	39.1	51.9	47.7	43.3
Mai	8.5	6.1	7.1	7.2	5.0	8.2	13.5	14.0	8.7

A ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ALTITUDE NA TEMPERATURA E NA PRECIPITAÇÃO DA MESORREGIÃO NORTE DE MINAS – MINAS GERAIS.

Jun	1.1	1.4	2.8	1.6	1.1	4.5	5.5	14.0	4.0
Jul	1.1	0.6	1.0	0.8	0.4	0.7	4.4	5.0	1.7
Ago	1.6	2.7	1.6	1.2	1.3	1.6	6.2	2.6	2.4
Set	11.2	7.4	8.8	7.1	12.9	17.5	21.9	16.7	12.9
Out	47.6	48.7	60.7	57.1	52.5	76.7	83.1	71.1	62.2
Nov	127.1	151.5	177.0	155.0	134.3	206.9	212.2	171.5	166.9
Dez	161.4	176.1	179.5	180.9	170.6	252.9	253.9	191.3	195.8
Total	710.3	775.5	911.8	827.0	765.8	1046.0	1128.6	879.3	880.5

Fonte: INMET.

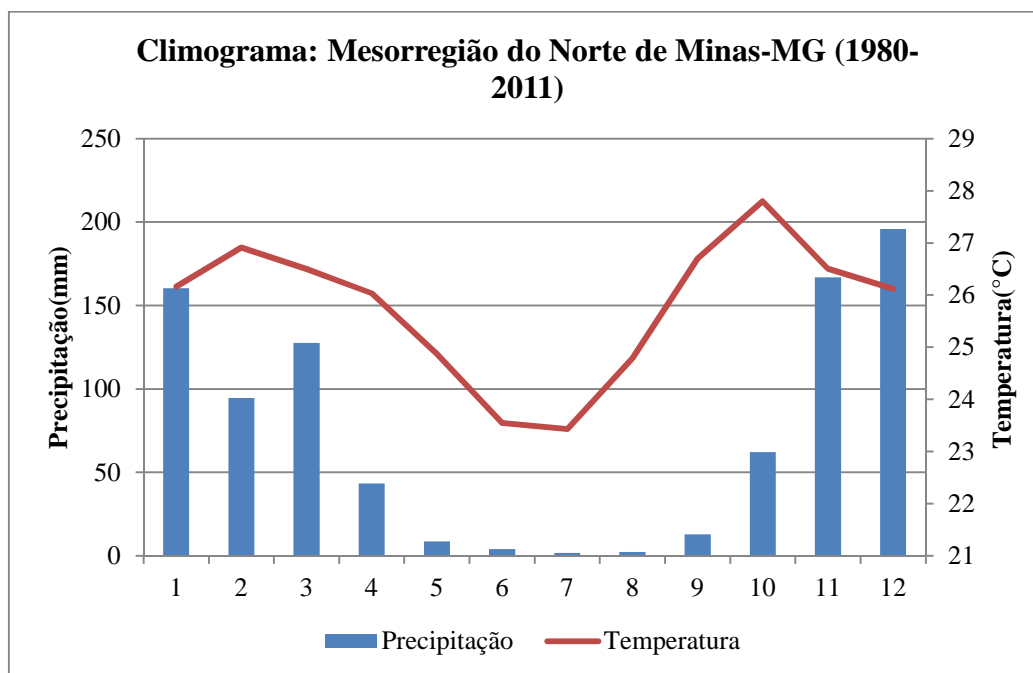
Tabela 2: Médias mensais históricas de temperatura do período 1980-2011, das estações meteorológicas da mesorregião Norte de Minas – Minas Gerais.

Temperatura									
Meses	Espinosa	Janaúba	Januária	Mocambinho	Monte Azul	Montes Claros	Pirapora	Salinas	Média
Jan	26.44	26.76	25.79	26.73	26.18	25.07	26.40	25.94	26.16
Fev	27.12	27.50	26.68	27.41	26.90	25.78	27.20	26.69	26.91
Mar	26.73	27.32	26.37	26.94	26.62	25.27	26.60	26.17	26.50
Abr	26.31	26.97	26.14	26.80	26.34	24.77	25.81	25.12	26.03
Mai	25.53	25.95	25.03	25.64	25.67	23.44	24.03	23.67	24.87
Jun	24.20	24.46	23.85	24.69	24.34	22.08	22.47	22.31	23.55
Jul	23.93	24.46	23.40	24.45	24.08	22.20	22.69	22.25	23.43
Ago	24.99	25.53	24.90	25.80	25.00	23.53	24.72	23.82	24.79
Set	26.66	27.33	27.16	27.48	26.72	25.53	26.99	25.76	26.70
Out	27.67	28.51	28.27	28.75	27.82	26.46	27.93	27.00	27.80
Nov	26.60	27.21	26.64	27.07	26.73	25.16	26.66	25.98	26.50
Dez	26.32	26.68	26.06	26.62	26.34	24.85	26.13	25.95	26.12
Total	26.04	26.55	25.85	26.53	26.06	24.51	25.63	25.05	25.78

Fonte: INMET.

Os referidos dados também embasaram as análises para a elaboração do climograma da área de estudo deste trabalho (Figura 2).

Figura 2: Climograma da mesorregião Norte de Minas – MG (média de temperatura e de precipitação de 1980 a 2011).



Análise do climograma demonstra que os meses de junho a agosto, é o período em que ocorrem as menores temperaturas de 23.55°C, de 23.43°C e de 24.79°C, sendo também os de menores índices de precipitação de 4.0mm, de 1.7mm e de 2.4mm. Concomitantemente os meses de setembro a novembro possuem os valores mais elevados de temperatura de 26.70°C, de 27.80°C e de 26.50°C, enquanto que os meses de novembro a março é o período onde ocorrem os maiores volumes de precipitação de 166.9mm, de 195.8mm, de 160.4mm, de 94.6mm e de 127.6mm. Sendo assim, caracterizam-se dois períodos bem definidos na mesorregião, quente e úmido, de setembro a novembro, e frio e seco, de junho a agosto.

Na tabela 3 estão sumariados os dados de altitude e médias anuais de temperatura e precipitação das estações analisadas.

Tabela 3: Relação das médias históricas anuais de temperatura e precipitação com a altitude de cada estação meteorológica da mesorregião Norte de Minas - Minas Gerais.

Estação	Altitude (m)	Temperatura Média Anual (°C)	Precipitação Média Anual (mm)
Montes Claros	652	24.51	1046
Monte Azul	625	26.06	765.7
Espinosa	569.64	26.04	710.2
Janaúba	516	26.55	775.5
Pirapora	505.24	25.63	1128.5
Januária	473,71	25.85	911.8

Salinas	471.32	25.05	879.3
Mocambinho	452	26.53	826.9

Fonte: INMET.

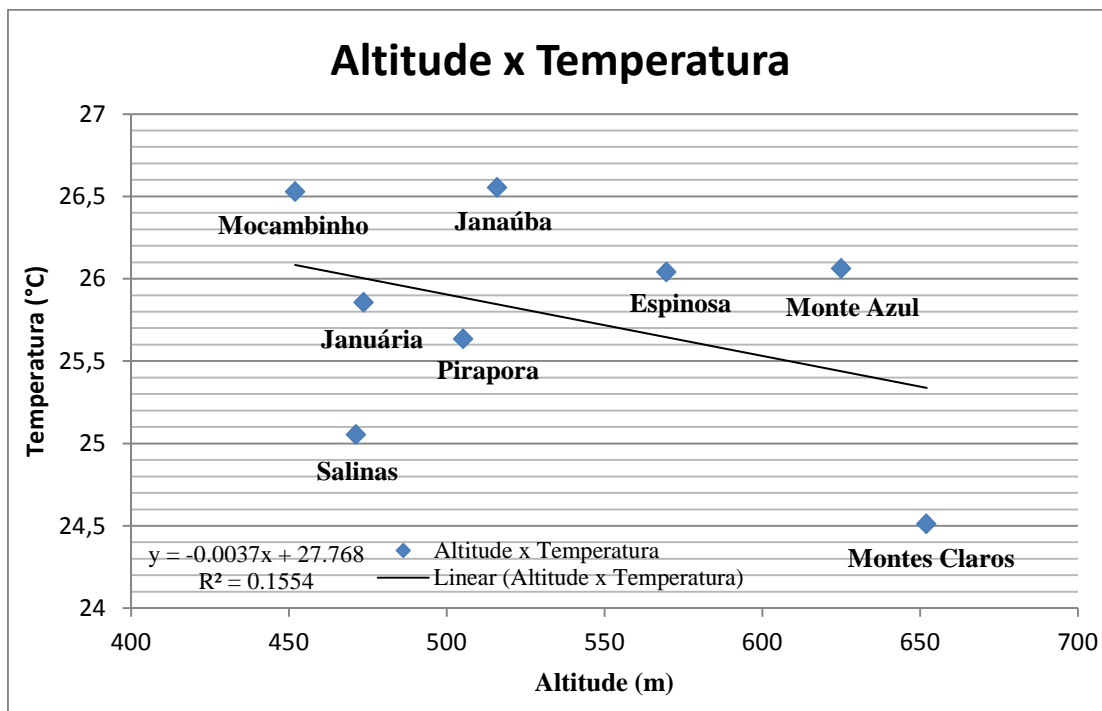
Análise da Tabela 3 demonstra baixa amplitude entre as variáveis de altitude, temperatura e a precipitação, sendo de 200 metros entre as estações de Montes Claros (652m) e de Mocambinho (252m). A estação de maior altitude - Montes Claros - apresentou o menor índice de temperatura (24.51°C) e realmente a estação de menor altitude - Mocambinho – teve uma das maiores médias de temperatura (26.53°C). Constatou-se relação, em valores relativos, entre a altitude e a temperatura, porém, essa relação não segue a precisão do gradiente térmico de -1°C para cada 150 m em altitude. A mesma lógica não se aplica para a precipitação, onde os valores não possuem relação com a altitude.

Como resultado é importante frisar que analisando áreas com baixo gradiente topográfico, o efeito de condições locais de circulação atmosférica tem maior peso no condicionamento da variação de temperatura e precipitação do que a altitude. Como exemplo para esta região, pode se citar o caso da estação de Pirapora, cuja cidade é ribeirinha ao rio São Francisco, e por influência do rio, os índices pluviométricos são os maiores da região (1128.5 mm) e as temperaturas entre as mais amenas (25.63 °C).

Outra possível análise entre a relação correspondente das variáveis temperatura e precipitação com a altitude é verificada a partir da figura 1 e da tabela 3. Sendo assim, constata-se que à medida que as estações meteorológicas convencionais se concentram mais ao norte da área analisada, como é o caso de Espinosa, de Monte Azul, de Mocambinho e Januária, menor são os índices de precipitação e maiores serão os índices de temperatura. O que neste caso, demonstra a influência regional das condições de circulação que caracterizam o polígono das secas, que se estende desde o semi-árido nordestino até o norte de Minas Gerais.

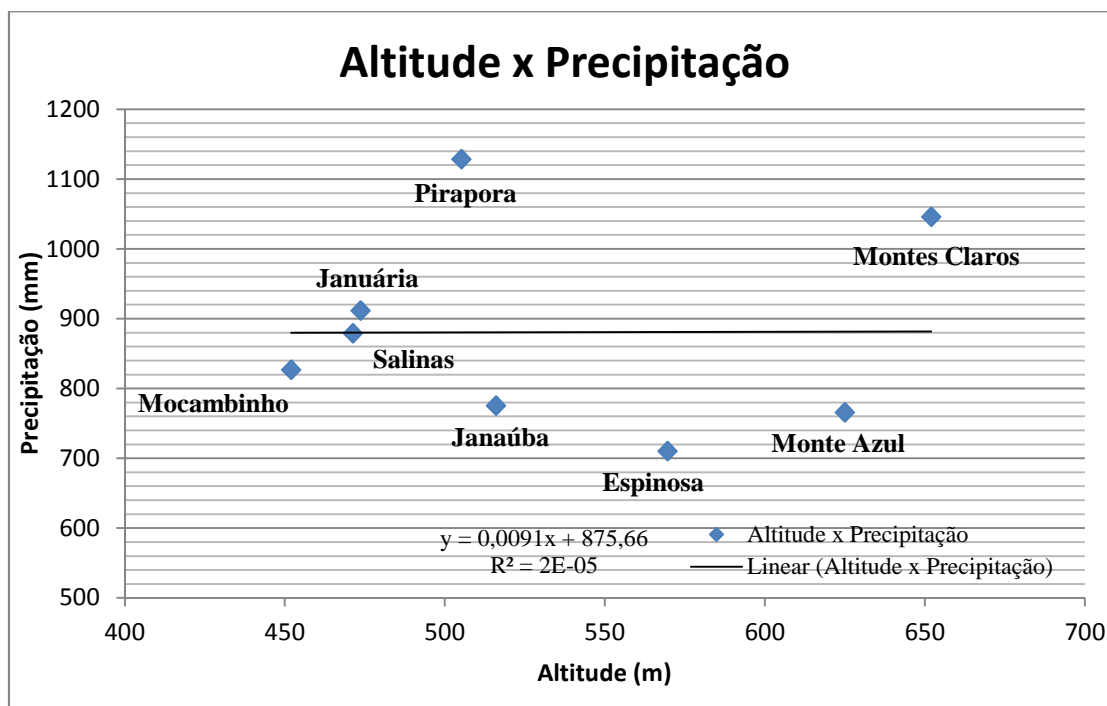
Os resultados das análises de correlação, entre altitude com a variável temperatura e a precipitação da mesorregião a partir dos dados analisados, realizadas no Microsoft Excel podem ser visualizados nos gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 - Correlação entre altitude e temperatura das estações meteorológicas da mesorregião Norte de Minas – MG.



Fonte: INMET.

Gráfico 2 - Correlação entre altitude e precipitação das estações meteorológicas da mesorregião Norte de Minas – MG.



Fonte: INMET.

O resultado do coeficiente de Pearson, $R^2=0,1554$ indica fraca correlação entre os dados de temperatura e altitude. O gráfico exibe grande dispersão dos dados em relação à reta, sendo que os maiores desvios são notados nas estações de Janaúba, de Monte Azul, de Salinas e de Montes Claros e os menores desvios são percebidos nas estações de Mocambinho, de Espinosa, de Januária e de Pirapora.

Entre precipitação e altitude, o coeficiente de correlação foi fraco o com valor de $R^2 = 0,00002$. O gráfico exibe grande dispersão dos dados em relação à reta, sendo que os maiores desvios são notados nas estações de Pirapora, de Montes Claros, de Espinosa e de Monte Azul e os menores desvios são percebidos nas estações de Januária, de Salinas, de Mocambinho e de Janaúba.

Sendo assim, alguns fatores podem ter sido contribuintes para estas respostas, tais como, a presença de altitudes muito próximas entre cada estação da mesorregião, ou seja, o fator altitude neste caso não interferiu como variável climática e a falha existente na série de dados utilizados nesse trabalho.

Portanto, quando ocorre a presença de correlação fraca e alta dispersão entre os dados analisados, justifica-se que possivelmente houve a influência de condição local. O que aconteceu com a área de estudo deste trabalho.

Com base nos resultados das análises de temperatura e precipitação, se valida a classificação climatológica de Köppen para a região, sendo BWh: clima quente de deserto, onde a evapotranspiração potencial média anual é maior em relação a precipitação média. Também apresenta estação seca de inverno e temperatura média anual maior do que 18°C .

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do método de correlação linear para comparar variáveis atmosféricas, de precipitação e temperatura se mostra eficiente, no sentido de facilitar a visualização dos dados, bem como o comportamento das variáveis analisadas. Além, disso, análise do gráfico de dispersão e o deslocamento dos dados em relação à reta subsidia a identificação dos pontos que não respondem a uma relação, indicação assim, condições individuais e pontuais e que justificam investigação mais detalhada sobre os condicionantes de comportamento.

Por fim, em relação à série de dados utilizados neste trabalho, ressaltasse que ocorreram algumas falhas em relação aos períodos de dados analisados, porém estas não foram significativas à veracidade dos resultados expostos.

REFERÊNCIA

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; AGUIAR, Ananda Virgínia de. **Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná.** Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/902>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

UCKNER, Marcus Andre et al. **Dados topográficos e sua relação com a distribuição espacial da precipitação: estudo em área teste no estado de São Paulo: Brasil.** Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.17.43/doc/3929-3936.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

FENILLE, Marcio Colombo; CARDIM, Márcio. **Correlação espacial entre a altitude e as precipitações pluviométricas no estado de São Paulo.** Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/1746/1519>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

MILANESI, Marcos Alexandre; GALVANI, Emerson. **A chuva orográfica no parque estadual de ilhabela (PEIb-SP)-estrada de Castelhanos.** Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo8/043.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2012.

QUEFACE, Antônio; AFONSO, Felisberto. **Métodos estatísticos aplicados a climatologia.** Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/51219635/Metodos-Estatisticos-aplicados-a-Clima>>. Acesso em: 16 maio 2012.

REBOITA, Michelle S. **Introdução a estatística aplicada a climatologia.:Parte III - Análise de Séries Temporais.** Disponível em: <<http://mirabeli.meteo.furg.br/aulas/Poligrafos/PoligrafoMichelleIII.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2012.