



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Validade da estatística na compreensão do clima para diagnóstico e previsão

Eucymara França Nunes Santos¹, Inajá Francisco de Souza², Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto³ Paulo José Duarte Neto⁴

¹Professora Mestre do Departamento de Estatística e Ciências Atuariais, São Cristóvão-SE, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Biometria e Estatística Aplicada - DINTER - UFRPE, eucymara@gmail.com ²Professor Doutor da Pós Graduação em Recursos Hídricos, São Cristóvão-SE, Universidade Federal de Sergipe - UFS, inajafrancisco@gmail.com ³Professora Doutora do Departamento de Geografia, São Cristóvão-SE, Universidade Federal de Sergipe - UFS, josefaeliane@ufs.br ⁴Professor Doutor da Pós Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Recife-PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, pjduarteneto@gmail.com

Artigo recebido em 08/02/2017 e aceito em 06/08/2017

RESUMO

A proposta deste artigo é o desenvolvimento instrumental integrado de conhecimentos, buscando desvendar parte da complexidade atmosférica que cerca a Climatologia, a Agrometeorologia e a Geografia, com técnicas estatísticas aplicadas a previsão do tempo, especialmente direcionadas para a Agricultura e tendo como variável a precipitação pluviométrica. A modelagem estatística da variável resposta precipitação em relação às médias mensais é aplicada em 40 municípios do Estado de Sergipe, considerando 100 anos de observações, nos 12 meses do ano, anual e períodos seco e chuvoso. Verifica-se um bom desempenho dos modelos, onde todos os valores apresentados estão próximos de zero, indicando menor erro. Os valores médios que representam o período com maior intensidade de precipitação estão entre os meses de Abril a Agosto. O melhor modelo apresentado foi para o mês de outubro, com 82,72% de associação entre as variáveis.

Palavras-chave: climatologia – modelo linear - precipitação – previsão do tempo.

Validity of statistics in understanding the climate for diagnosis and forecasting

ABSTRACT

The purpose of this article is the integrated instrumental development of knowledge, seeking to unravel part of atmospheric complexity surrounding the Climatology, the Agrometeorology and Geography, with statistical techniques applied the weather forecast, especially directed to the Agriculture and having as variable rainfall. Statistical modeling of variable rainfall response in relation to the monthly average is applied in 40 municipalities of the State of Sergipe, considering 100 years of observations in the 12 months of the year, annual and dry and rainy seasons. There is a good performance of the models, which all displayed values are close to zero, indicating minor error. Average values that represent the period with higher intensity of rainfall are between the months of April to August. The best model was presented for the month of October, with 82.72 % of the association between variables.

Keywords: climatology - linear model - precipitation – weather forecast.

Introdução

A climatologia tem sido objeto de pesquisas pela Meteorologia, Geografia, e Agrometeorologia, entre outros conhecimentos, auxiliadas ou não pela Estatística e por outros instrumentos de pesquisa.

Há sim uma preocupação constante em compreender o comportamento do clima em sua extrema inconstância, ao longo do tempo e conforme os espaços, para fins de predição ou para gerar explicações sobre seu conhecimento. E tal preocupação se reverte de significância quando se refere aos seus efeitos sociais, econômicos e ambientais, no campo, na cidade e na qualidade de vida da população em geral.

Assim o propósito desta pesquisa se aplica ao desenvolvimento de métodos e técnicas de análise estatística aplicada ao conhecimento do clima em sua derivação para diagnóstico e previsão, destinadas às atividades agrícolas.

Na produção agrícola, há muitas vezes a necessidade de descrever e prever o comportamento dos dados meteorológicos, principalmente da variável precipitação pluviométrica, devido a irregularidade da intensidade, visando o planejamento dos recursos hídricos para diminuir os riscos nas atividades.

A estatística descritiva tem como objetivo sintetizar uma série de valores da mesma natureza, permitindo dessa forma que se tenha uma visão global da variação desses valores. Para tanto, possibilita a criação de modelos e favorece a integração de conhecimentos, como foco em pesquisas.

Análise de regressão múltipla é uma técnica estatística utilizada principalmente com o propósito de previsão, consiste em determinar uma função matemática que busca descrever o comportamento de determinada variável com base em mais de uma característica com poder explicativo. Auxilia a compreensão do comportamento do clima.

Integrada a análise, tem-se que a Meteorologia é a ciência produtora do conhecimento que *“explica a extrema dinamicidade do ar atmosférico, tendo como produto de aplicação direta a previsão do tempo”* (Jesus, 2005, p.166). Por sua vez a Climatologia se explica pela sucessão de tipos de tempo e tem em seu ritmo, a inter-relação com um conjunto de fatores, preconizado no modelo de Monteiro (1971) e em debates de sua obra. A título de exemplo *“De tempos e ritmos: Entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas (2001)”*, onde o autor discute conceitos básicos, recorrendo às raízes mitológicas e suporte

Santos, E. F. N.; Souza, I. F.; Pinto, J. E. S. de S.; Neto, P. J.

filosófico para compreensão de termos climatológicos, extrapolando o conhecimento geográfico.

Unir, analisar e interpretar conteúdos tem sido apregoado nos amplos campos de conhecimento e, objeto de publicação em livro, a Geografia, Climatologia, Meteorologia e Agrometeorologia, se constituíram em abordagem por Pinto & Aguiar Netto (2008).

Encontram-se concepções a respeito da validade em conectar conhecimentos, como por exemplo:

“O estudo dos fenômenos atmosféricos, compartilhado entre a Meteorologia e a Climatologia, é caracterizado por uma interface que, nas diversas fases da evolução das ciências, esteve presente em numerosas áreas do conhecimento” (Sant’anna Neto, 2004, p. 7)

Previsão do tempo então é a meta que se desenvolve em estudos climatológicos na condição de defesa das intempéries advindas de inconstâncias de seu comportamento e sobre as condições socioeconômicas e ambientais, especificamente sobre a economia baseada na agricultura. Pressupõe um prognóstico em bases teóricas, que pode ser auxiliado em análise quantitativa.

Por fim, há que se refletir e se procederem a pesquisas que tenham como teoria a integração de conhecimento, pelo fato de que:

“O sistema climático é formado por um conjunto de elementos altamente dinâmicos que interagem com os fatores geográficos do clima, existindo assim uma permanente troca de energia e interdependência.” (Jesus, 2005, p. 165)

Mas o tema norteador do presente estudo é a busca da prática, de um modelo, que favoreça princípios teóricos.

“A teoria precisa da prática, para ser real.

A prática precisa da teoria, para continuar inovadora. A diversidade de estruturas e movimentos é percebida logo na divergência natural da passagem: toda teoria é remodelada pela prática, quando não é rejeitada; toda prática é revista, refeita na teoria. Nenhuma prática esgota a teoria, nenhuma teoria dá conta de todas as práticas.” (Demo apud Mendonça et al, 2009, p. 6).

Em síntese, a estatística pode contribuir como instrumento de pesquisa, para a compreensão e para a previsão do clima, em suas variáveis e em seus modelos aplicados, devendo se integrar a distintos campos do conhecimento acadêmico-científico.

Material e Métodos

O banco de dados utilizado para as análises deste trabalho foi objeto de coleta no site do EMDAGRO, oriundos de 39 municípios do Estado de Sergipe, no período de 1912 a 2012, totalizando 100 anos para as estações mais completas. As variáveis presentes são as coordenadas geográficas latitude e longitude em graus e altitude em metros, em séries mensal, anual e por estações seca e chuvosa.

Os dados foram organizados na planilha do EXCEL e posteriormente importada para o R-Studio, programa gratuito no qual foram realizadas as análises. O primeiro procedimento é uma análise estatística descritiva dos dados para se obterem informações básicas a respeito da principal variável (precipitação) a ser estudada, nos diferentes períodos.

O coeficiente de correlação de Pearson quantifica a força de associação linear entre duas variáveis, descreve o quanto uma linha reta se ajusta através de uma nuvem de pontos formado pelo conjunto de dados, é definido como:

$$r = \frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - (\sum x \cdot \sum y)}{\sqrt{[n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2] \cdot [n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad \text{Eq 1}$$

onde $-1 \leq r \leq 1$, quanto mais próximo de 1 melhor a associação de forma crescente quando positivo e decrescente quando negativo, entre duas variáveis x e y .

A análise de regressão linear múltipla fornece a relação entre variáveis, será utilizada para ajustar modelos lineares para a variável resposta (precipitação), ou dependente, que será explicada pelas variáveis preditoras, ou seja, independentes (altitude, longitude e latitude), a equação do modelo estatístico pelo método dos mínimos quadrados que minimiza a soma dos erros quadráticos é definida por:

$$P = \beta_0 + \beta_1 ALT + \beta_2 LAT + \beta_3 LON + \varepsilon \quad \text{Eq 2}$$

onde P é a variável precipitação média mensal, anual ou do período seco e chuvoso, β_0 é o parâmetro de intersecção da reta com o eixo Y , β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes angulares obtidos da regressão, ALT , LAT e LON são as variáveis independentes (altitude, latitude e longitude), e representa o resíduo.

O procedimento stepwise é um método de busca sequencial que estima a variável primeiramente com um conjunto de variáveis independentes, e a partir deles, elimina cada variável para examinar a contribuição adicional ao modelo, a melhor combinação de variáveis explicativas é a que apresenta a menor soma dos quadrados dos resíduos (Castañeda, 2015). O método será aplicado para seleção das variáveis mais significativas.

A validação do modelo consiste em determinar o grau em que o modelo é capaz de realizar uma representação precisa dos valores, procurando atingir o melhor ajuste. O coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}) é obtido através da análise de variância, seu valor varia entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1 melhor é a explicação. A medida representa o poder explicativo do modelo de regressão, fornece a proporção da variável que é explicada pelas variáveis independentes. Representado por:

$$R^2_{ajust} = 1 - \frac{(1-R^2)(n-1)}{n-k} \quad \text{Eq 3}$$

onde R^2 coeficiente de determinação, n número de observações e k número de variáveis.

Os índices de desempenho estatístico usados na avaliação, visando à análise de diferentes aspectos das séries temporais, erro quadrado médio (EQM), erro padrão de previsão (EQM) e fator de viés (FV), calculados por:

$$EQM = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n (V_{0,i} - V_{s,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq 4}$$

$$EQM = \sqrt{QMDR} \quad \text{Eq 5}$$

$$FV = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{0,i} - V_{s,i}) \quad \text{Eq 6}$$

onde V_0 variável observada, V_s variável simulada e QMDR quadrado médio do desvio da regressão.

Resultados e Discussão

A estatística descritiva da variável resposta precipitação em relação às médias mensais dos 40 municípios do estado de Sergipe, considerando os 100 anos de observações, nos 12 meses do ano, anual e períodos seco e chuvoso, estão expostos na Tabela 1.

Os valores médios que representam o período com maior intensidade de precipitação estão entre os meses de Abril a Agosto, oscilando entre 102,50 mm a 175,20 mm, intervalo onde se encontra o valor médio do período chuvoso, sendo que os meses de março e setembro pertencem a este período, os quais não apresentam uma média alta de precipitação, mas ainda foram um pouco maiores comparando com os meses referentes ao período seco, que compreende os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

Teixeira-Gandra et al. (2015) não conseguiram concluir com clareza os meses do ano correspondente às estações secas e chuvosas, para o estado do Rio Grande do Sul, a precipitação média mensal oscilou entre 115,28 mm e 153,36 mm, para os meses de novembro e setembro.

A variabilidade em quedas nos períodos se apresenta normais, sendo a maior para os meses de maio e setembro, sem apresentação de valores atípicos, o que poderia apresentar desvio da média para valores mais extremos.

Melo e Silva (2009) destacou que o mês de setembro e o período seco apresentam as maiores variabilidades de precipitação no estado de Minas Gerais, este comportamento ocorre devido a transição do período seco para o chuvoso, razão pela qual gerou precipitação média de 46 mm para este mês.

Tabela 1. Estatística descritiva da variável resposta precipitação por períodos, mensal, anual, chuvoso e seco, dos municípios de Sergipe, com dados de 1912 a 2012.

Período	Média (mm)	D. P.	C.V. (%)	L. I. (95%)	L.S. (95%)	Med. (mm)	Mín. (mm)	Máx. (mm)
Janeiro	46,76	9,38	20,07	43,81	49,70	48,90	29,10	68,30
Fevereiro	56,35	18,34	32,56	50,58	62,10	53,50	21,40	96,10
Março	82,48	20,81	25,23	75,95	89,01	78,60	48,80	128,20
Abril	134,20	47,06	35,06	119,45	148,99	118,70	61,40	216,30
Maio	175,20	67,16	38,33	154,14	196,30	164,60	63,80	349,60
Junho	163,70	51,73	31,59	147,48	179,96	154,50	63,20	266,10
Julho	150,90	46,07	30,53	136,41	165,33	142,70	55,30	229,20
Agosto	102,50	34,74	33,87	91,64	113,45	104,90	31,20	168,50
Setembro	63,42	23,58	37,18	56,02	70,82	65,40	16,30	100,90
Outubro	43,97	16,18	36,80	38,88	49,04	46,60	12,10	72,29
Novembro	43,72	13,54	30,99	39,46	47,97	44,60	19,20	70,60
Dezembro	39,20	7,46	19,04	36,85	41,53	38,80	24,00	54,10
Chuvoso	124,9	39,84	31,90	112,37	137,38	117,00	49,60	195,70
Seco	46,15	11,43	24,76	42,56	49,74	47,60	25,60	64,70
Anual	92,63	27,23	29,40	84,08	101,17	91,20	41,80	137,70

D.P.: desvio padrão; C.V.: coeficiente de variação (%); L.I. (95%): limite inferior do intervalo de confiança para a média com 95% de confiança; L.S. (95%): limite superior do intervalo de confiança para a média com 95% de confiança; Med.: mediana (mm); Mín: valor mínimo da série (mm); Máx: valor máximo da série (mm).

A análise do coeficiente de correlação de Pearson apresentada na Tabela 2 tem como objetivo verificar quais variáveis preditoras são mais significativas para o modelo. A variável Latitude foi altamente significativa (1%) em praticamente todos os períodos, só para o mês de janeiro que foi significativo a 5%, verificou-se que as variáveis Longitude e Latitude mostraram-se não significativas para nos meses de janeiro e novembro, sendo as duas significativas para os

meses de abril, maio, junho, julho, agosto, chuvoso e anual.

Conforme Ferreira (2005), coeficientes de correlação baixos e não significativos podem influenciar no ajuste do modelo reduzindo a qualidade da predição. Melo e Silva (2009) mostrou que a precipitação em função das coordenadas geográficas e altitude, nos meses de abril e novembro apresentaram coeficientes de correlação baixos e não significativos para as três variáveis: latitude, longitude e altitude.

Teixeira-Gandra et al. (2015) verificaram que para a variável latitude somente para o mês de julho não apresentou significância, para as variáveis longitude e altitude, os meses de fevereiro, março, outubro, novembro, os períodos

de inverno e outono mostraram-se não significativos. A maior correlação encontrada em Ferreira et al. (2013) foi observada durante a previsão das precipitações do mês de julho.

Tabela 2. Valores do coeficiente de correlação de Pearson da variável resposta precipitação média nos períodos mensal, anual, chuvoso e seco em função das características explicativas coordenadas geográficas latitude, longitude e altitude, dos municípios de Sergipe.

Período	Coeficiente de Correlação de Pearson		
	Latitude	Longitude	Altitude
Janeiro	-0,39*	0,01 ^{ns}	-0,26 ^{ns}
Fevereiro	-0,79**	-0,11 ^{ns}	-0,32*
Março	-0,71**	0,11 ^{ns}	-0,45**
Abril	-0,58**	0,41**	-0,58**
Mai	-0,55**	0,39*	-0,58**
Junho	-0,49**	0,53**	-0,47**
Julho	-0,49**	0,50**	-0,43**
Agosto	-0,65**	0,33*	-0,36*
Setembro	-0,69**	0,28 ^{ns}	-0,40*
Outubro	-0,78**	0,19 ^{ns}	-0,46**
Novembro	-0,87**	-0,11 ^{ns}	-0,25 ^{ns}
Dezembro	-0,62**	-0,46**	0,04 ^{ns}
Chuvoso	-0,59**	0,43**	-0,51**
Seco	-0,84**	-0,05 ^{ns}	-0,34*
Anual	-0,64**	0,37*	-0,50**

* e ** Significativo a 1% e a 5% de probabilidade respectivamente; ^{ns} não significativo.

Os modelos para os períodos com seus respectivos coeficientes de determinação ajustados (R^2_{ajust}) e o valor do teste F estão apresentados na Tabela 3. A adição de uma variável aumenta o valor do coeficiente de determinação (R^2), mesmo que variáveis não significativas sejam adicionadas, então o R^2_{ajust} mede a qualidade de ajuste corrigido para o número de variáveis e observações, sendo menor, mas com a mesma interpretação, quanto

mais próximo de um, melhor é a porção de explicação da variável dependente pelas independentes, os meses de abril, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro, períodos chuvoso, seco e anual foram bem representativos, pois no mínimo 70% dos dados estão sendo explicados pelo modelo proposto.

Tabela 3. Equações de regressão linear múltipla, coeficiente de determinação ajustado e estatística F de Fisher para a estimativa das medidas de precipitação média mensal, anual e estações seca e chuvosa dos municípios do estado de Sergipe.

Período	Equação	$R^2_{ajustado}$	p-valor
Janeiro	$P = 80,844 - 0,007 ALT - 8,295 LAT + 3,246 LON$	0,1179	0,06 ^{ns}
Fevereiro	$P = -136,054 - 0,028 ALT - 29,950 LAT + 3,292 LON$	0,6360	1,97e-08**
Março	$P = 370,500 - 0,038 ALT - 33,283 LAT + 17,039 LON$	0,6310	2,47e-08**
Abril	$P = 2344,493 - 0,078 ALT - 72,202 LAT + 79,345LON$	0,7375	6,85e-11**
Mai	$P = 2981,781 - 0,144 ALT - 94,697 LAT+101,421LON$	0,6680	4,00e-09**
Junho	$P = 3957,054 + 0,048 ALT - 83,044 LAT+125,278LON$	0,7582	1,64e-11**
Julho	$P = 3453,504 + 0,060 ALT - 74,124 LAT+109,668LON$	0,7115	3,53e-10**
Agosto	$P = 2117,712 + 0,064 ALT - 65,619 LAT+72,856 LON$	0,7489	3,17e-11**
Setembro	$P = 1193,984 + 0,020 ALT - 44,173 LAT + 42,911LON$	0,7480	3,38e-11**
Outubro	$P = 525,008 - 0,010 ALT - 30,899 LAT + 21,632 LON$	0,8247	6,12e-14**
Novembro	$P = 58,506 + 0,005 ALT - 26,585 LAT + 8,010 LON$	0,7757	4,48e-12**

Dezembro	$P = -2,89 + 9,31e-04ALT - 8,25e+00LAT - 6,42e+0LON$	0,4222	5,45e-05**
Chuvoso	$P = 2,44e+03 - 2,38e-03ALT - 66,69e+01LAT + 8,11e+01LON$	0,7627	1,19e-11**
Seco	$P = 59,849 - 0,008 ALT - 21,222 LAT + 6,389 LON$	0,7517	2,61e-11**
Anual	$P = 1,48e+03 - 4,77e-03ALT - 4,78e+01LAT + 5,09e+01 LON$	0,7745	4,89e-12**

P: precipitação média (mm); ALT: altitude (m); LAT: latitude (graus decimais); LON: longitude (graus decimais); F_{tabelado} (5%, 3-35 G.L.) = 2,88, * e ** Significativo a 1% e a 5% de probabilidade respectivamente; ns não significativo.

O procedimento de seleção de variável *stepwise* é chamado de método por etapas, possibilitando a contribuição adicional de cada variável independente ao modelo, e, no primeiro passo, a variável que apresenta maior correlação com a variável dependente é selecionada. Sendo significativa acrescenta-se a próxima, parando o processo até que não seja significativa.

Os resultados deste procedimento estão apresentados na Tabela 4, onde apenas o mês de janeiro apresentou-se não significativo, nos demais a variável passível de exclusão é a Altitude, a Longitude para o mês de fevereiro, e sem remoção de variáveis para os meses de abril, maio e agosto.

O scatterplot é um gráfico de dispersão no qual os pontos são baseados nas variáveis plotadas

no eixo de coordenadas cartesianas x, y e z, fornece informação sobre a conexão entre os valores. O melhor ajuste foi para o mês de outubro com 82,72% de explicação do modelo aos dados, pode-se visualizar a associação das variáveis precipitação, latitude e longitude no Gráfico 1.

Teixeira-Gandra et al. (2015) selecionaram os modelos mais adequados a partir do processo backward, representaram adequadamente a variável precipitação média mensal para as 26 estações do Rio Grande do Sul, a variável altitude foi a mais removida em praticamente todos os períodos com exceção do mês de fevereiro que foi a longitude e a latitude para os meses de agosto e o período de inverno, sem remoção de variáveis para a primavera.

Tabela 4. Equações de regressão linear múltipla, coeficiente de determinação ajustada e estatística F de Fisher para a estimativa dos valores de precipitação média mensal, anual e estações seca e chuvosa, considerando o procedimento Stepwise dos municípios do estado de Sergipe.

Período	Equação	Remoção	R ² _{ajustado}	p-valor
Janeiro	$P = -37,47 - 7,88 LAT$	ALT e LON	0,1348	0,0123 ^{ns}
Fevereiro	$P = -247,37 - 0,03 ALT - 28,94 LAT$	LON	0,6438	3,21e-09**
Março	$P = 574,36 - 36,17 LAT + 23,47 LON$	ALT	0,6233	8,8e-09**
Abril	$P = 2344,49 - 0,07ALT - 2,20LAT + 79,34LON$	-	0,7375	6,85e-11**
Maio	$P = 2981,78 - 0,14ALT - 94,69LAT + 101,42LC$	-	0,6680	4,00e-09**
Junho	$P = 3697,12 - 79,36 LAT + 117,08LON$	ALT	0,7582	1,64e-11**
Julho	$P = 3132,04 - 69,57 LAT + 99,52 LON$	ALT	0,7103	7,78e-11**
Agosto	$P = 2117,71 + 0,06ALT - 65,61LAT + 72,85LON$	-	0,7489	3,17e-11**
Setembro	$P = 1082,94 - 42,60 LAT + 39,41 LON$	ALT	0,7508	5,19e-12**
Outubro	$P = 582,05 - 31,71 LAT + 23,43 LON$	ALT	0,8272	7,09e-15**
Novembro	$P = 30,30 - 26,19 LAT + 7,12 LON$	ALT	0,7811	5,04e-13**
Dezembro	$P = -294,72 - 8,18 LAT - 6,58 LON$	ALT	0,4382	1,17e-05**
Chuvoso	$P = 2460,77 - 67,14 LAT + 81,59 LON$	ALT	0,7693	1,29e-12**
Seco	$P = 107,03 - 21,89 LAT + 7,87 LON$	ALT	0,7554	3,72e-12**
Anual	$P = 1512,39 - 48,24 LAT + 51,71 LON$	ALT	0,7806	5,23e-13**

P: precipitação média (mm); LAT: latitude (graus decimais); LON: longitude (graus decimais); ALT: altitude (m); F_{tabelado} (5%, 3-35 G.L.) = 2,88; F_{tabelado} (5%, 2-36 G.L.) = 4,11; F_{tabelado} (5%, 1-37 G.L.) = 3,25, * e ** Significativo a 1% e a 5% de probabilidade respectivamente; ns não significativo.

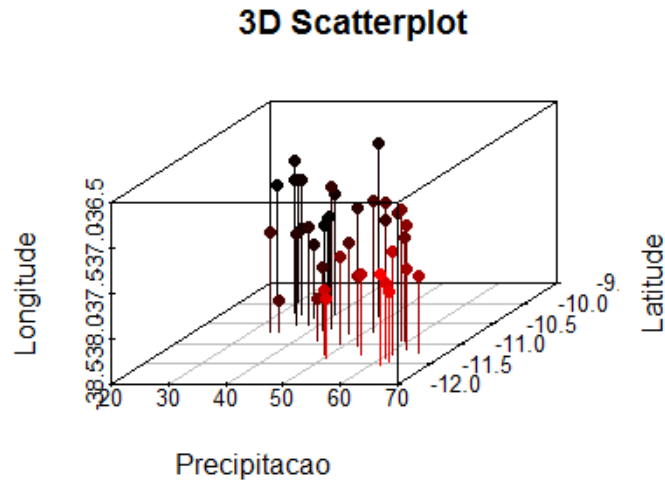


Figura 1. Gráfico do modelo estatístico do mês de outubro.

A Tabela 5 mostra os resultados das métricas utilizadas para avaliar os modelos propostos pelo procedimento *stepwise*, o EQM é uma medida de acurácia entre os resultados simulados e as observações, medida esta que representa a dispersão dos valores. Os resultados apresentados mostram maiores valores para os meses de abril, maio, junho e julho. O EPP representa uma estimativa dos desvios padrão dos erros de previsão, que também apresentou maiores medidas para os meses de abril, maio, junho e julho, corroborando com os resultados do EQM. O FV indica o viés estatístico, o erro sistemático entre a série modelada e a observada.

Verifica-se um bom desempenho dos modelos, onde todos os valores apresentados estão próximos de zero, indicando menor erro. Cabral et al. apresentou o modelo de precipitação com erros de viés em todo o período chuvoso para a bacia do Alto Jaguaribe no Ceará utilizando 65 estações pluviométricas. O EQM do modelo de precipitação em Teixeira-Granda et al. (2015) variaram de 5,71 a 24,90 para os meses de novembro e janeiro respectivamente, o maior valor encontrado foi para o período anual 102,32.

Tabela 5. Índices de desempenho estatístico utilizados para comparar os dados de precipitação estimados pelo procedimento *Stepwise* com os observados, considerando as coordenadas geográficas latitude, longitude e altitude.

Período	EQM	EPP	FV
Janeiro	7,06	8,72	-1,82e-16
Fevereiro	8,60	10,94	-1,82e-16
Março	9,67	12,77	-1,09e-15
Abril	18,47	24,11	-1,45e-15
Maio	26,90	25,43	-3,67e-16
Junho	20,15	25,43	1,45e-15
Julho	18,44	24,79	0
Agosto	12,22	17,40	5,45e-16
Setembro	9,19	11,77	-9,10e-16
Outubro	5,02	6,73	9,14e-17
Novembro	4,50	6,34	2,73e-16
Dezembro	4,15	5,59	-5,46e-16
Chuvoso	14,63	19,13	-3,66e-16
Seco	4,51	5,65	-9,14e-17
Anual	9,71	12,75	-1,83e-16

EQM: erro quadrático médio; EPP: erro padrão de predição; FV: fator de viés.

Conclusão

A aplicação do modelo de regressão linear múltipla mostrou-se adequado para obter equações de estimativa da precipitação média em função das coordenadas geográficas e da altitude, para os meses do ano, anual, período seco e chuvoso, o método só não apresentou um bom modelo para o mês de janeiro.

A altitude é a característica menos apropriada para ser utilizada na modelagem, por ter sido mais removida no processo de seleção de preditores. O modelo de regressão da precipitação mostrou o melhor ajuste para o mês de outubro com 82,72% de explicabilidade, apresentaram parâmetros estatísticos que os caracterizam como

de boa qualidade, podendo assim ser aplicado para estimar a precipitação do referido mês.

O objetivo da modelagem estatística é encontrar padrões consistentes a fim de identificar relações entre variáveis. A facilidade de obtenção das coordenadas geográficas latitude e longitude, e a falta de dados meteorológicos em algumas regiões justifica a elaboração de modelos para estimar a temperatura devido a importância desta nas atividades humanas.

O menor desempenho dos índices estatísticos foi para o mês de maio. Sugere-se acrescentar novas variáveis e aplicar novos modelos, como por exemplo, os lineares generalizados, que relaciona a distribuição aleatória da variável dependente com a parte não aleatória através de uma função de ligação.

Agradecimentos

À CAPES pela aprovação do projeto DINTER e as instituições UFRPE e UFS, promotora e receptora do projeto, respectivamente.

Referências

- Castañeda, D. F. N., 2013. *Econometria com Aplicações em R e C*, 1 ed. Editora Clube de Autores e Agbook. São Paulo.
- EMDAGRO, Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe, 2015. Disponível: <http://www.emdagro.se.gov.br/>. Acesso em: 24 ago. 2016.
- Ferreira, D. F., 2005. *Estatística Básica*. UFLA, Lavras
- Ferreira, F. F.; Filho, C. T.; Oliveira, P. R. DE., 2013. Previsão estatística da precipitação mensal da região metropolitana do Recife. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, n. 5, 1517 – 1528.
- Gandra, C. F. A. T.; Damé, R. DE. C. F.; Simonete, M. A., 2015. Predição da Precipitação a Partir das Coordenadas Geográficas no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 848-856.
- Jesus, E. F. R. DE., 2005. Algumas reflexões teórico-conceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. *Geotextos: revista da Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. Salvador* 4, 165-187.
- Mello, C. R. DE.; Silva, A. M. DA., 2009. Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13, 68-74.
- Mendonça, F., Sahr, C. L. L., Silva, M. DA., 2009. *Espaço e Tempo: Complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico*. Curitiba: Associação de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento de Antonina, 740.
- Monteiro, C. A. DE F., 1971. *Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho*. *Climatologia*, n.1.
- _____, 2011. De tempos e ritmos: Entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas. *Geografia. Ageteo* 26, 131-154.
- Pinto, J. E. S. DE S., Aguiar Netto, A. DE O., 2008. *Clima, Geografia e Agrometeorologia: Uma abordagem Interdisciplinar*. 1 ed. UFS. São Cristóvão.
- Sant’anna N., João, L., 2004. História da climatologia no Brasil: Gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico. *Cadernos Geográficos* 7, 124.