

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO RIO GRANDE: Estudo para o período de outubro de 2016 a março de 2017

Osvalcélio Furtunato^{1*}; *Miguel Cidreira*²; *Gastão Guimarães Neto*³; *George Rodrigues Araújo*⁴
& *Vanusca Bertazo*⁵

Resumo – A ocorrência da precipitação é um dos fenômenos de maior importância na determinação do clima e a que mais afeta a produção agrícola devido a sua característica aleatória. Como a maioria dos demais fenômenos climáticos, apresenta uma variabilidade espacial contínua que pode ser detectada através de métodos geoestatísticos. Aliada aos métodos de estatística clássica a geoestatística torna-se uma poderosa ferramenta nos estudos hidrológicos. Para o estudo geoestatístico é fundamental o uso de uma função de estrutura denominada variograma, que permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno no espaço. Utilizando parâmetros da função variograma, pode-se fazer a krigagem, que é o método de interpolação através de médias móveis ponderadas, que possibilita minimização da variância de estimação. Neste trabalho analisou-se a variabilidade espacial da chuva. As séries temporais de precipitação mensal no período chuvoso 2016-2017 foram estudadas.

Palavras-Chave – Variabilidade Espacial, Precipitação.

ANALYSIS OF THE SPATIAL VARIABILITY OF RAIN IN THE RIO GRANDE BASIN: Study for the period from October 2016 to March 2017

Abstract – The rain occurrence is one of the most important phenomena to determinate the climate and a factor that affects the agricultural production due to its random character. Most of the other climatic phenomena, shows a continuous spatial variability that can be detected through geostatistical methods. Geostatistics becomes a powerful tool in the hydrological studies when associated with the classic statistical methods. In the geostatistical study, the use of a structural function named variogram is fundamental, allowing to numerically represent the variation of the phenomenon (precipitation) in space. Using the variogram parameters, we can do the kriging, that is an interpolation method, using weighted moving averages, which implies the minimization of variance estimation. In this paper, the spatial variability of the rain was analyzed. Monthly precipitation of historical series in the period between 2016-2017 had been studied.

Keywords – Spatial Variability, Rain.

¹ * Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). osvalcelio.furtunato@cprm.gov.br.

² Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). miguel.cidreira@cprm.gov.br.

³ Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). gastao.guimaraes@cprm.gov.br.

⁴ Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). george.araujo@cprm.gov.br.

⁵ Pesquisadora em Geociências – Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). vanusca.bertazo@cprm.gov.br.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica tem grande importância na caracterização do clima de uma região, interferindo nas alternâncias de rendimento das culturas. A caracterização espacial e temporal da precipitação, como forma de estabelecer o comportamento hídrico de uma região, torna-se mais importante na medida em que se percebe uma alta variabilidade na sua ocorrência, inviabilizando a utilização de valores médios para subsidiar os estudos em recursos hídricos (FONTES *et al.*, 2007).

A estimativa da precipitação numa bacia hidrográfica é um dos principais problemas que se apresentam em hidrologia. Trata-se, na prática, do problema de passagem de uma informação pontual, dada por observações em postos pluviométricos situados em pontos isolados, para valores sobre a área da bacia, obtendo-se assim o que se denomina “média espacial” da precipitação. Esta média espacial é usada como dado de entrada nos modelos hidrológicos chuva-vazão, para dimensionamento de obras hidráulicas (AMARAL *et al.*, 2004).

Ao longo do tempo vêm sendo utilizadas várias técnicas para representar espacialmente variáveis cujos valores são medidos em pontos bem definidos no espaço, desde uma simples análise visual de mapas de isolinhas, passando pela utilização de técnicas de estatística clássica univariável, até técnicas de estatística multivariável. Os métodos estatísticos, uni ou multivariáveis, classicamente utilizados não consideram a repartição espacial das variáveis estudadas, a saber, nem sua posição relativa (coordenadas geográficas), nem a variabilidade ou as correlações que porventura existam em função da distância de um ponto de observação a outro. Da mesma forma, a maior parte dos métodos de interpolação utilizados, também não consideram a variabilidade espacial da variável estudada.

A geoestatística, desenvolvida inicialmente por G. Matheron, Matheron (1965), visando à solução de problemas de estimação de reservas minerais, é um método topo-probabilístico, isto é, que utiliza um modelo probabilístico e a posição espacial das observações, para estudar a variabilidade dos valores observados. A principal característica da geoestatística é o uso de variogramas, para quantificar o modelo de correlação espacial dos dados e também técnicas de krigagem, que utilizam esses modelos de correlação espacial para estimar e interpolar os dados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A Bacia do Rio Grande (Figura 1), está localizada entre os paralelos 10°00” e 14°00” latitude sul e os meridianos 42°00” e 46°00” longitude oeste da região da Bahia e possui área de aproximadamente 116.084km², abrangendo cerca de 57 municípios.

Na região as maiores precipitações vão de novembro a março. O período menos chuvoso inicia-se em abril, estendendo-se até outubro, sendo junho, julho e agosto os meses de menores precipitações. A Bacia tem a particularidade de conter a prospera região do Oeste baiano, expoente na produção de soja e algodão.

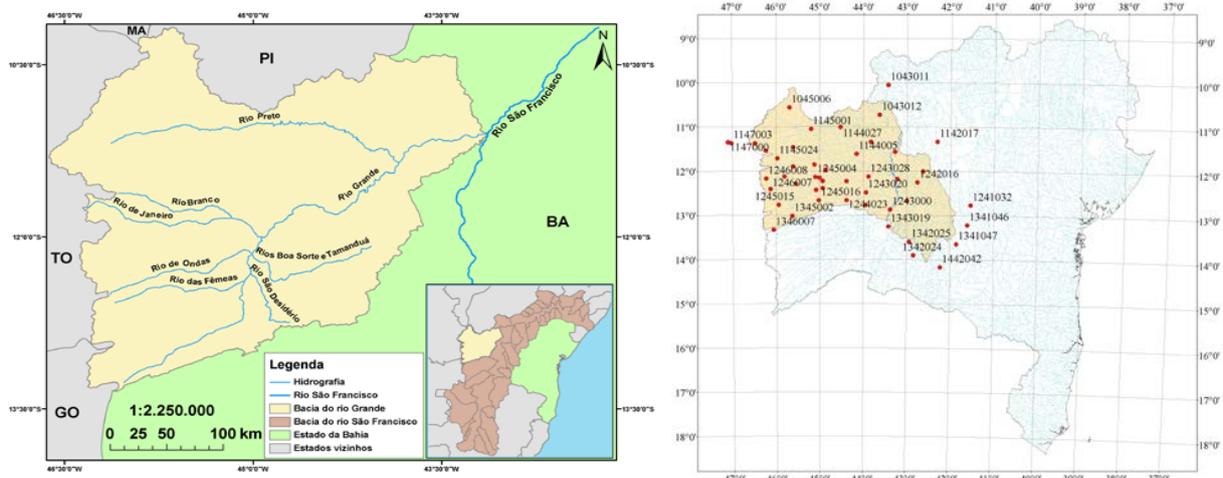


Figura 1. Localização da bacia do Rio Grande no Estado da Bahia.

Dados Utilizados

Foram utilizadas as séries temporais de precipitação mensal de 44 estações pluviométricas (Figura 2) no período compreendido entre os meses de outubro de 2016 a março de 2017.

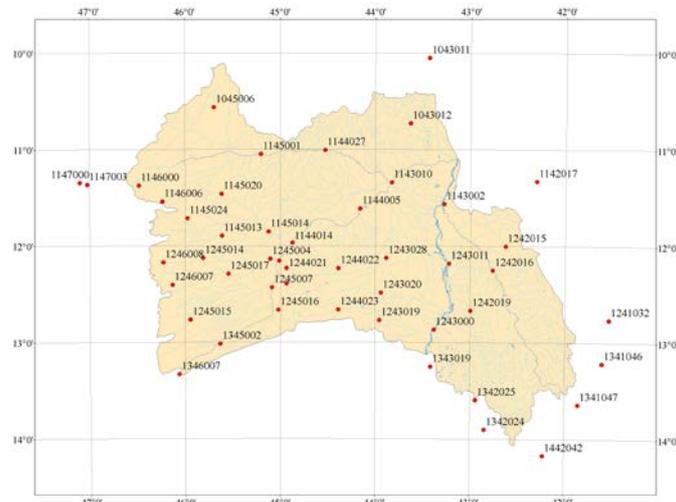


Figura 2. Localização das estações pluviométricas na área de estudo.

Métodos

Foi realizada uma análise estatística dos dados coletados com o objetivo de avaliar a variação das chuvas mensais, calculados os parâmetros descritivos: média, desvio padrão e coeficiente de variação. Sendo também testado o ajuste da distribuição de frequência à distribuição normal e log-normal, segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov (DKS) no nível de significância de 5%, utilizando o programa STATISTICA® (StatSoft Inc., 2001).

Para a análise da variabilidade espacial empregou-se métodos geoestatísticos. Geoestatística, ou Teoria das Variáveis Regionalizadas, é a ciência que estuda a variabilidade de uma quantidade através de um modelo probabilístico associado à consideração da posição relativa das observações

no espaço e possíveis correlações dessas observações em função da distância de separação entre elas.

Os semivariogramas experimentais foram calculados e modelados com o programa geoestatístico VARIOWIN® (PANNATIER, 1996). A seleção dos modelos teóricos se baseou na inspeção visual e no índice IGF (*Indicative goodness of fit*) dos semivariogramas experimentais.

Determinado o modelo de melhor ajuste ao semivariograma experimental, a técnica de interpolação kriging é utilizada para representar a variabilidade espacial e busca de correlações das variáveis em estudo, para diferentes períodos (VIEIRA, 2000). Os mapas de distribuição espacial da precipitação na área de estudo foram produzidos com o programa ArcMap na versão 8.1 (ESRI, 2001), que utiliza a Krigagem ordinária para a interpolação de dados.

Para a caracterização do grau de variabilidade, foram analisados os valores de coeficiente de variação (CV), conforme sugerido por Warrick & Nielsen (1980), os quais sugerem os limites $CV < 12\%$, $12 \leq CV \leq 52\%$ e $CV > 52\%$ para as propriedades de baixa, média e alta variabilidade, respectivamente.

Segundo classificação proposta por Cambardella *et al.* (1994), os semivariogramas podem ser considerados como caracterizando forte, moderada ou fraca dependência espacial entre os dados. O critério proposto para classificação é a relação $[C_0/(C_0+C_1)] \times 100$. Valores inferiores a 25% caracterizam forte (Fort) dependência espacial, entre 25% e 75% moderada (Mode) e acima de 75%, fraca (Frac) dependência espacial.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados mostrados na Tabela 1 é possível verificar que a distribuição normal dos dados foi formalmente confirmada comparando-se os valores de D_t (KS) com o valor admissível $D_{c,n,5\%}$ (KS) do teste de Kolmogorov-Smirnov.

De acordo com a classificação sugerida por Warrick & Nielsen (1980), os valores de CV denotaram uma alta variabilidade para os dados do mês de janeiro de 2017. Sendo média para os demais meses do período avaliado.

Tabela 1 - Resumo da estatística descritiva dos dados para o período analisado

Período Analisado	Estatística Descritiva dos Dados					
	n	Média	Desvio Padrão	CV (%)	D_t (KS)	$D_{c,n,5\%}$ (KS)
Outubro de 2016	44	96,3 mm	44,9 mm	46,7	0,073	0,204
Novembro de 2016	44	175,3 mm	77,4 mm	44,2	0,128	0,204
Dezembro de 2016	44	169,5 mm	62,1 mm	36,7	0,104	0,204
Janeiro de 2017	44	137,8 mm	76,5 mm	55,5	0,135	0,204
Fevereiro de 2017	44	146,7 mm	66,5 mm	45,4	0,099	0,204
Março de 2017	44	208,7 mm	96,9 mm	46,4	0,203	0,204
Média do Período	44	155,6 mm	42,8 mm	27,5	0,088	0,204

D_t (KS) = máx [F(X)-G(X)], em que F(X)=P(X ≤ x) e G(X) são as frequências acumuladas dos valores observados;

$D_{c,n,5\%}$ (KS) é o valor crítico do teste KS para n= N° de pontos.

Na Tabela 2 pode ser visualizado o resultado da análise geoestatística dos dados com o modelo de melhor ajuste e seus respectivos parâmetros (efeito pepita = C_0 ; patamar = C_0+C_1 e alcance = a), a dependência espacial e o índice IGF para o período analisado.

Os resultados mostram que os dados apresentaram dependência espacial, ou seja, a variação média entre duas observações é uma função da distância entre elas. Dos principais modelos de semivariogramas teóricos testados, os que melhor se ajustaram ao semivariograma experimental foram o modelo Exponencial (Exp) e o Esférico (Esf).

Conforme a classificação proposta por Cambardella *et al.* (1994), para os meses de novembro de 2016 e fevereiro de 2017 a precipitação tem uma dependência espacial caracterizada como fraca, sendo moderada para janeiro de 2017 e forte para os demais meses do período de avaliação desta variável.

Percebe-se também para o mês de outubro de 2017 a menor relação de dependência espacial (6,67%) quando comparado com os outros meses do período avaliado. Uma provável explicação para este fato pode ser devido ao baixo valor do total de chuva observado para esse mês, já que para os outros meses do período analisado ocorreram precipitações superiores ao que foi contabilizado para o referido mês. Ou seja, a menor precipitação está associada à menor dependência espacial.

Tabela 2 - Resumo da análise geoestatística dos dados para o período analisado

Período Analisado	Análise Geoestatística dos Dados					
	Modelo	C_0	C_0+C_1	$[C_0/(C_0+C_1)] \times 100$	a (km)	IGF
Outubro de 2016	Esf	204,7	3071	6,67 (Fort)	102,5	0,073
Novembro de 2016	Exp	3918	5140	76,22 (Frac)	125,5	0,239
Dezembro de 2016	Exp	761	5510	13,81 (Fort)	127,5	0,201
Janeiro de 2017	Exp	2381	5910	40,29 (Mode)	124,9	0,107
Fevereiro de 2017	Exp	3541	4006	88,39 (Frac)	124,5	0,186
Março de 2017	Exp	3325	13443	24,73 (Fort)	122,5	0,117
Média do Período	Esf	654	4371	14,93 (Fort)	126,5	0,203

Os alcances foram praticamente os mesmos, variando de 102,5 a 126,5 km. Amaral *et al.* (2004) fazendo uma análise espacial de eventos máximos de precipitação pelo método geoestatístico nas bacias do alto São Francisco e alto rio Doce observaram que, na grande maioria dos anos avaliados, o valor do alcance ficou entre 110 e 200 km.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os mapas da distribuição espacial da precipitação na área estudada, os quais foram produzidos a partir da análise geoestatística e a interpolação por krigagem ordinária utilizando o programa ArcMap na versão 8.1 (ESRI, 2001).

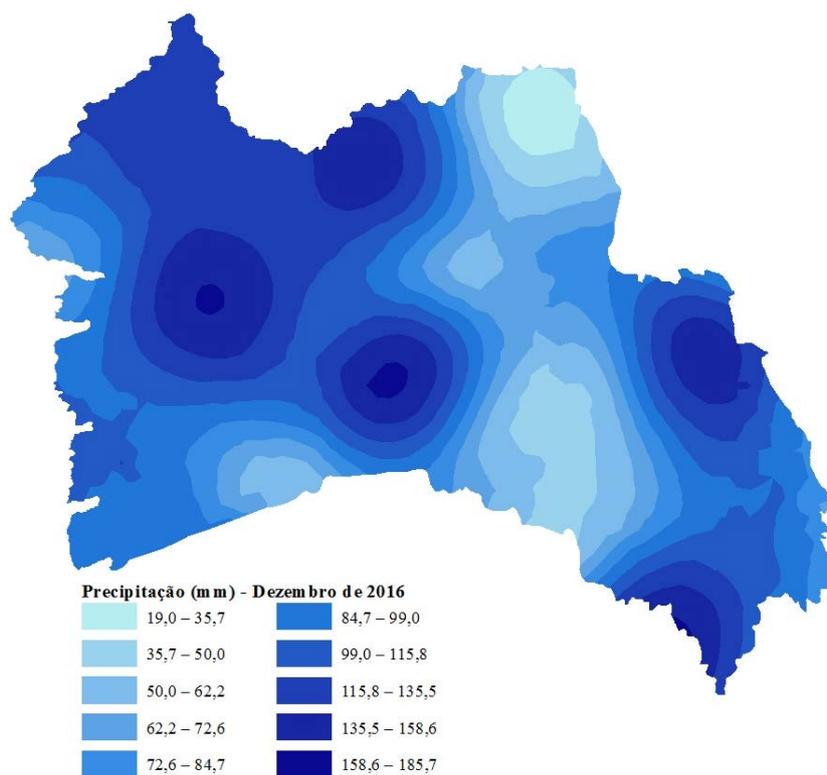


Figura 3 – Distribuição Espacial da precipitação (mm) no mês de dezembro de 2016.

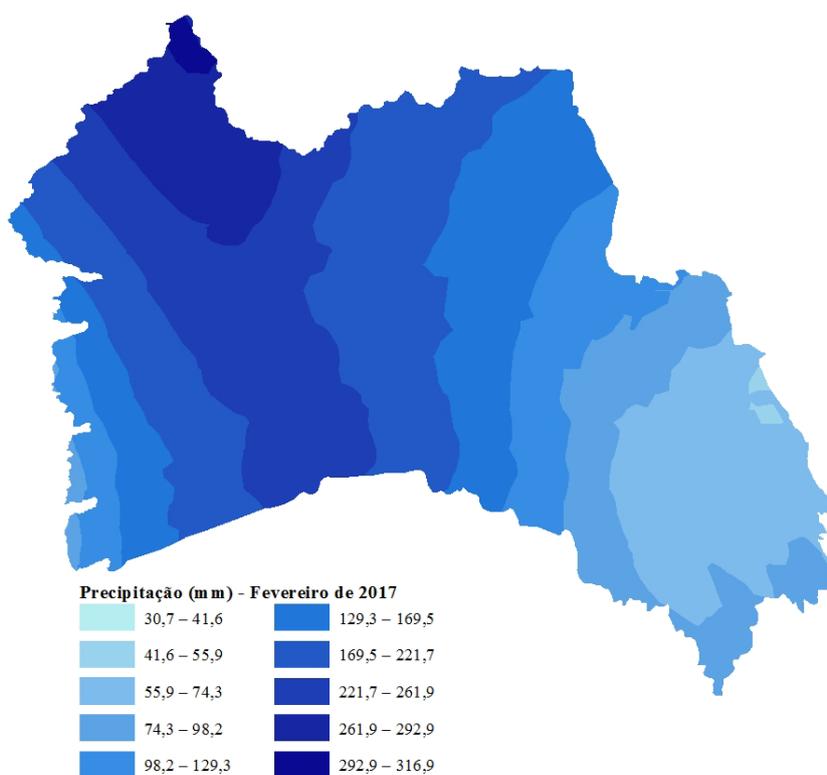


Figura 4 – Distribuição Espacial da precipitação (mm) no mês de fevereiro de 2017.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos são coerentes com os mecanismos de formação de precipitação atuantes na Bacia do Rio Grande e evidenciam a alta variabilidade espacial e temporal da precipitação influenciada por estes sistemas.

As interpolações demonstraram isolinhas com faixas que corresponderam ao atual conhecimento sobre a distribuição espacial das precipitações e seus padrões de ocorrências na área de estudo.

Os mapas produzidos a partir da análise espacial permitem identificar na Bacia estudada quais são as áreas onde há maior ocorrência de chuva. Estas informações são úteis quando se analisa a possibilidade de se disponibilizar uma área para agricultura.

O conhecimento da estrutura de precipitação, pelos variogramas e estimativa da precipitação por krigagem fornecem subsídio para os estudos de modelagem chuva-vazão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) e da Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilização dos dados para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AMARAL, I. R.; GRIPP, A. H.; VERSIANI, B. R. (2004). Análise espacial de eventos máximos de precipitação pelo método geoestatístico estudo das bacias do alto São Francisco e alto rio Doce. In: Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís – MA, nov. 2004, CD-ROM.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIM, T. B.; KARLEN, D. I.; TURCO, R. F.; KOOPKA, A. E. (1994). "Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils". Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 58, n. 5, p.1501-1511.

ESRI. Inc. ArcMap versão 8.1. Copyright – US Patent No. 5710835. 2001.

FONTES, A. S.; CIDREIRA, M. A. S.; ALMEIDA, R. B.; MIRANDA, J. G. V.; SILVA, E. D.; SANTANA, C. N.; GONZÁLES, A.; MEDEIROS, Y. D. P. (2007). Estudo da dependência espacial da precipitação no Semi-Árido baiano – Bacia do Rio Jacuípe. In: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo – SP, nov. 2007, CD-ROM.

MATHERON, G. (1965). "Les variables regionalisées et leur estimation". Paris, Masson et Cie., apud JOURNAL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. Mining Geostatistics (1993). New York: Academic Press.

PANNATIER, Y. Variowin: Software for spatial data analysis in 2D Springer, New York. 1996.

STATSOFT. STATISTICA: Data analysis software system. Version 6. [S. L.]. 2001.

VIEIRA, S. R. (2000). Geoestatística em estudo de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R., (eds). Tópicos em Ciências do Solo. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa-MG, v 1, p.1-54.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. (1980). Spatial variability of soil physics properties in the field. In: HILLEL, D. (ed) Applications of soil physics. New York, Academic Press, p.319-344.