



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DA CONTINUIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO EM SUA ÁREA DE OCORRÊNCIA NO ESTADO DE MINAS GERAIS- BRASIL, SÉRIE HISTÓRICA 2004 A 2017

Guilherme David Dantas^(a), Luiz Antônio Oliveira^(b)

(a) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, guilhermedd@yahoo.com.br

(b) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, luiz.oliveira@ufu.br

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Espacial e Geografia Física

Resumo/

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento da continuidade espacial da precipitação na bacia do Rio São Francisco em sua área de ocorrência no estado de Minas Gerais, série histórica 2004 a 2017. Os dados de precipitação, oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, foram organizados e tratados em planilha do Microsoft Excel. A análise geoestatística utilizando as técnicas do semivariograma, krigagem ordinária e validação cruzada foi desenvolvida no software SGEMs. O tratamento no semivariograma resultou como parâmetros ótimos: lag de 44; distância h de 20.000m; efeito pepita de 3.000; sill de 30.000 e alcance variográfico de 210Km. A Krigagem Ordinária foi configurada com os parâmetros resultantes do semivariograma sobre uma malha regular de células de 10x10Km. Estatísticas dos dados validados e dos erros apresentaram médias de 1.223,24mm e 0,31mm e variâncias de 83.547,7 e 13.383,5, respectivamente nesta ordem. Foi confeccionado o mapa da precipitação estimada.

Palavras chave: Geoestatística, Precipitação, Krigagem, Semivariograma

1. Introdução

No Brasil, a variedade climática é responsável pela formação de um diversificado conjunto de paisagens naturais com aspectos singulares, seja de precipitação, de vegetação, geomorfologia, solos, entre outros (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A precipitação pluviométrica é uma variável climática que possui uma distribuição aleatória no espaço e no tempo, exercendo forte influência nas condições ambientais. Para a compreensão e o entendimento do comportamento dessa variável climática são necessários estudos e pesquisas a partir da análise de registros pluviométricos, (Tucci, 2001; Moulin, 2005; Caram, 2007). Sobre esta mesma temática, Mello (2016) descreve:

“A série temporal de dados de chuva geradas pelos pluviômetros e pluviógrafos será homogênea se as variações forem causadas pelo tempo e clima, uma vez que a homogeneidade é representada por uma série de dados climáticos que tenham variações causadas por características físicas. Porém, não é uma tarefa simples ao pesquisador determinar a homogeneidade da série, o acesso ao metadado é um instrumento que possibilita verificar se o equipamento foi transferido de local, as mudanças na paisagem e manutenção. Sendo um exemplo de dificuldade na análise, pois os fatores não climáticos interferem na homogeneidade, gerando uma tendência gradual dos dados e/ou descontinuidade na variância.” (Tucci, 2001; Caram, 2007).

Ainda com base ao exposto por Mello (2016), quando se realiza o mapeamento de uma variável climática a partir de estações de superfície tem-se a problemática de generalizar o resultado para uma área a partir de amostras pontuais.

A precipitação apresenta certo grau de dependência espacial, desta forma a geoestatística ou teoria das variáveis regionalizadas é uma alternativa na análise amostral, pois permite definir o raio de dependência entre os exemplares. No conceito fundamental da geoestatística tem-se que as amostras mais próximas no tempo e no espaço sejam mais similares entre si (Baú et al., 2006; Caram, 2007).

No Brasil, uma das principais fontes de dados meteorológicos disponíveis para consulta pública, principalmente dados de precipitação, provém do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esta instituição disponibiliza séries históricas de precipitação obtidas de 262 estações meteorológicas/climatológicas distribuídas ao longo do território nacional, tendo como atribuição o fornecimento de dados meteorológicos e configurando-se como base de dados indispensável das pesquisas na área meteorológica ou climatológica. Contudo, os dados de precipitação das estações são pontuais e sua distribuição ao longo do território é irregular, sendo mais densa nas regiões de maior ocupação populacional: Nordeste, Sudeste e Sul. Sob a condição de que a manifestação deste fenômeno meteorológico não é homogênea ao longo do espaço, algumas regiões dependem diretamente de estimativas para determinação dos valores de precipitação locais.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Dentre as técnicas estatísticas de estimativa, a krigagem é um método univariado de inferência espacial que usa a dependência no espaço expressa no semivariograma/variograma entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição da área de estudo, sem tendência e com variância mínima, tornando-se um ótimo estimador. A utilização da krigagem possibilita o cálculo de uma medida do erro de estimação para cada valor e de um intervalo de confiança (Mello, 2004; Moulin, 2005; Baú et al., 2006; Carvalho et al., 2004).

Assim, diante do que foi exposto, o objetivo desta pesquisa é analisar a continuidade espacial da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em seu trecho no estado de Minas Gerais, utilizando técnicas geoestatísticas que incluem semivariograma/variograma, Krigagem e validação.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo delimita-se pela Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais, que abrange uma área de 235.635 Km², é delimitada pelas coordenadas Latitudinais de 14°11'S e 21°03'S e de Longitude 42°29'O e 47°21'O, regiões do alto e médio curso da referida bacia (Figura 1).

Neste trabalho utilizou-se dos dados de precipitação de 39 estações pluviométricas do INMET, da série histórica de 2004 e 2017, conforme Quadro 1. Os dados encontram-se disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), no endereço eletrônico do INMET: www.inmet.gov.br.

No programa SGEM's utilizou-se do recurso metodológico do semivariograma/variograma relativo aos dados de precipitação total anual média referente à série histórica adotada. O semivariograma ou variograma é a ferramenta básica, pois permite analisar quantitativamente a variação de um fenômeno. As propriedades típicas de um variograma analisadas foram: alcance (a); efeito pepita (C0); variância estrutural (C) e patamar (C0 + C). Destaca-se que utilizou-se das 39 estações pluviométricas para geração do modelo.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

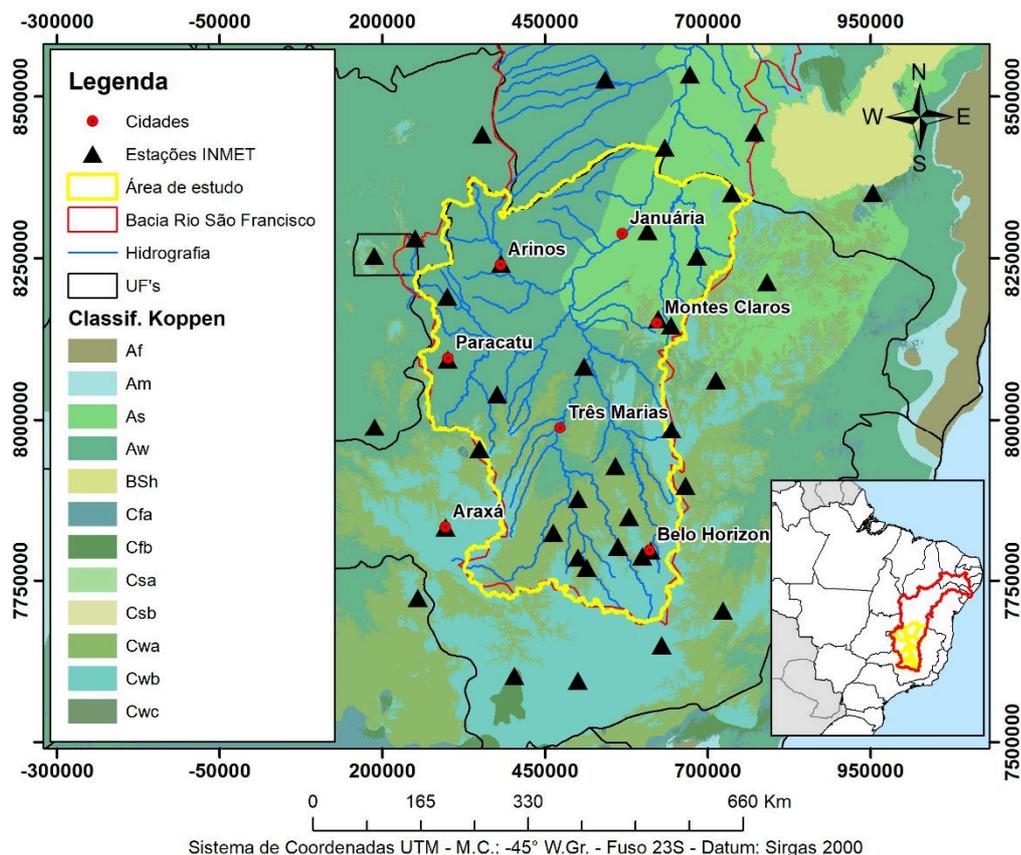


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais

Quadro 1 – Lista das estações pluviométricas do INMET. Coordenadas na projeção UTM, fuso 23 Sul.

Código	Nome	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Código	Nome	Coord. E (m)	Coord. N (m)
83579	Araxa	296528	7831626	83630	Franca	253996	7722552
83384	Arinos	382251	8240710	83632	Ibirite	599372	7787130
83582	Bambui	500000	7785199	83395	Janauba	683160	8252443
83689	Barbacena	628663	7649679	83386	Januaria	607284	8291652
83587	Belo Horizonte	611982	7795908	83481	Joao Pinheiro	375947	8039300
83533	Bom Despacho	462266	7823889	83452	Juramento	642818	8145406
83288	Bom Jesus Da Lapa	672260	8533563	83687	Lavras	500000	7594844
83377	Brasilia	187129	8253230	83683	Machado	402753	7602297



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

83589	C do Mato Dentro	665239	7896222	83437	Montes Claros	623689	8155485
83339	Caetite	772144	8444183	83479	Paracatu	300113	8092922
83485	Carbonita	712315	8060696	83531	Patos de Minas	349045	7952790
83408	Carinhanha	633754	8420950	83483	Pirapora	509562	8081723
83526	Catalao	187912	7987391	83570	Pompeu	500000	7875936
83286	Correntina	542236	8526337	83441	Salinas	790892	8212551
83536	Curvelo	557974	7926745	83586	Sete Lagoas	578720	7848102
83538	Diamantina	643796	7983834	83428	Unai	299189	8190315
83635	Divinopolis	513584	7769701	83642	Viçosa	722800	7702938
83338	Espinosa	736666	8350459	83344	Vitoria da Conquista	953214	8350665
83581	Florestal	561765	7801690	83332	Posse	353184	8440790
83379	Formosa	250088	8280584				

A função variograma, denominada $2\gamma(h)$, é definida, conforme Journel et.al. (1978); Santos et. al. (2014) com a esperança matemática do quadrado da diferença entre pares de pontos separados por uma distância h :

$$2\gamma(h) = E\{[Z(x) - Z(x + h)]^2\}$$

Como consequência, define a função semivariograma como sendo a metade da função variograma, ou seja:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Onde:

$\gamma^*(h)$ = valor experimental do semivariograma para o intervalo da distância h ;

$N(h)$ = número de pares de pontos amostrais separados pela distância maior de h

$z(x_i)$ = valor da variável de interesse em um ponto amostral x_i $z(x_i+h)$ = valor da variável de interesse no ponto amostral $x_i + h$.

Foram utilizados nesta pesquisa quatro variações de modelos teóricos de variogramas para a série de dados, diferenciando-os em relação valor de h . Este parâmetro, ao ser alterado, resulta em diferentes valores no alcance, efeito pepita, variância estrutural e patamar. O critério utilizado para avaliação do melhor modelo de semivariograma baseou-se na aplicação da técnica de Validação



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Cruzada, ao qual comparou-se as médias dos resultados estimados de precipitação, o coeficiente de correlação dos dados estimados em relação dos dados originais e o erro médio quadrático de cada modelo. Tal comparação tem finalidade qualitativa e não quantitativa, sendo apenas utilizada para comparar os modelos de variograma e assim, definir o melhor parâmetro para interpolação.

Após verificar a dependência espacial da amostra através dos semivariogramas e definir qual modelo apresentou melhor ajuste em relação aos dados, foi possível aplicar a técnica de krigagem. Estimativas geoestatísticas são muitas vezes superiores aos demais métodos de interpolação justamente pela utilização da função variograma, que depende da existência ou não do efeito pepita, da amplitude e da presença de anisotropia. (Alvares, 2011; Wanderley et al., 2012; Yamamoto et al., 2013).

Foi selecionada para esta pesquisa a Krigagem Ordinária, por ser o método mais utilizado devido a sua simplicidade e os resultados que proporciona. Estimou-se valores de precipitação para os locais não amostrados dentro da área de análise, ao qual adotou-se os parâmetros obtidos através do semivariograma.

Conforme Goovaerts (1997); Kim et. al. (2004) o valor previsto, kriging estimador $Z(u)$, é baseado na combinação de regressões lineares básicas definidas como:

$$Z(u) = \sum_{i=1}^{n(u)} \lambda_i Z(u_i)$$

Onde:

u e u_i = indicam respectivamente os vetores de localização para ponto de estimativa e pontos de dados vizinhos no número de pontos de dados, $n(u)$;

λ_i = são pesos de krigagem que são estimados como soluções do sistema de krigagem para minimizar a variância do estimador;

Os parâmetros utilizados na krigagem, aplicada sobre os valores de precipitação anual média das 39 estações pluviométricas, foram definidos a partir do semivariograma adotado. O dado matricial referente ao resultado da interpolação foi exportado em formato de texto (.csv) e convertido em formato de tabela para carregamento no programa SIG ArcGis 10.2.2. em formato vetorial.

No ArcGIS, o dado importado em formato vetorial foi recortado (delimitado) dentro do perímetro da área de estudo, sendo possível a partir das ferramentas disponíveis do programa,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

determinar os valores estatísticos do resultantes da Krigagem. Também, confeccionou-se o Mapa da Precipitação Anual Média da bacia do Rio São Francisco dentro do estado de Minas Gerais.

3. Resultados e discussões

Na bacia hidrográfica do alto e médio rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais, no período histórico de 2004 a 2017, a média anual de precipitação variou entre 1903 mm no Alto São Francisco e 566 mm no Médio São Francisco (INMET 2018) (Figura 2).

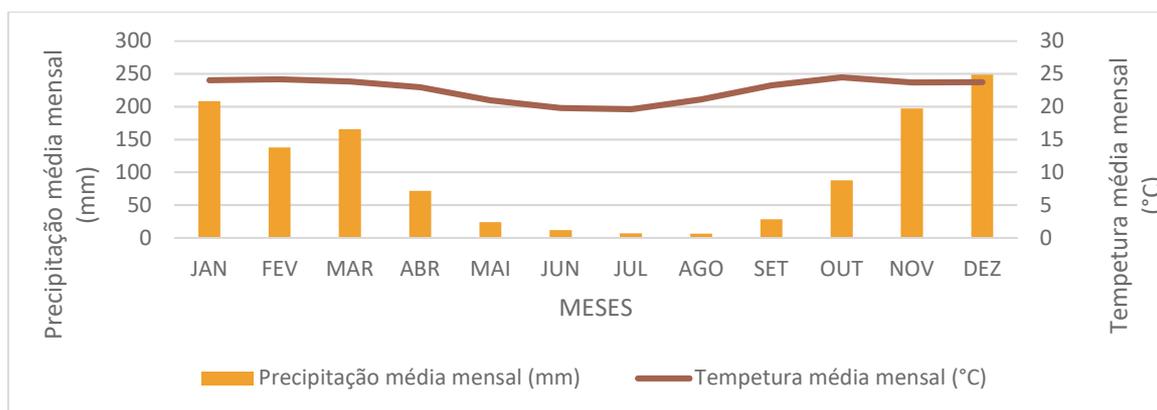


Figura 2 – Climograma da área de estudo para a série histórica de 2004 a 2017

O quadro 2 apresenta o sumário da estatística exploratória dos dados das médias dos totais anuais de precipitação. A amostra representada por 39 dados de precipitação (médias dos totais anuais), apresentou valores que variam de 594 a 1730 mm, média de 1223 mm, desvio padrão de 310 e variância de 98668. O coeficiente de Skewness, com valor negativo, indica assimetria negativa. A curtose, com valor negativo, platicúrtica, indica que a forma da distribuição é mais “achatada” que a distribuição normal.

Uma das condições para aplicação do teste geoestatístico é de os dados apresentem uma distribuição normal. Portanto foi aplicado teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, $d = 0,124$, $p > 0,05$, indicativo de normalidade.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Quadro 2 - Estatística descritiva dos dados originais e do resultado da krigagem (médias dos totais anuais de precipitação mm)

Estatística exploratória		Precipitação média anual (mm) - Dados das estações pluviométricas	Precipitação média anual (mm) - Dados da Krigagem
Medidas de tendência central	Média	1222,93	1236,42
	Mediana	1306,35	1237,72
	Moda	1375	1075,00
Medidas de dispersão	Mínimo	594,02	613,49
	Máximo	1729,91	1718,59
	Amplitude	1135,89	1105,1
	Variância	96134,94	69299,50
	Desvio padrão	310,06	263,25
	Quantil 25%	971,52	1055,52
	Quantil 75%	1460,94	1457,32
Medidas de distribuição	Skewness	-0,35	-0,23
	Curtose	-1,03	-0,69

Foram testados semivariogramas com valores h iguais a 20, 30, 40 e 60 km para um fenômeno é isotrópico com alcance variográfico de 210 Km. Dos semivariogramas testados (Quadro 3 e Figura 3), o de número 1 retornou os melhores resultados com média do erro de 0,31 mm e coeficiente de correlação de 0,93, relativo aos dados estimados em relação aos dados originais.

Quadro 3 – Parâmetros dos modelos dos semivariogramas e resultados da Validação Cruzada

Parâmetros do Semivariograma	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Número de Lags	44	30	22	15
Lag Separation (Espaçamento)	20000	30000	40000	60000
Lag Tolerance (Tolerância)	10000	15000	20000	30000
Isotropia/Anisotropia	Isotrópico	Isotrópico	Isotrópico	Isotrópico
Bandwidth (Largura da Banda)	100000	100000	100000	100000
Nugget (Efeito Pepita)	3000	10000	10000	10000
Sill (Patamar)	30000	20000	25000	20000
Type (Modelo)	Gaussian	Exponencial	Gaussian	Exponencial
Range (Amplitude)	210000	198000	230000	225000
Resultados da Validação Cruzada	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Média	1223,24	1209,23	1218,14	1219,41



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Diferença em Relação ao Dado Bruto	0,31	-13,7	-4,79	-3,52
Variância	83547,7	113449	78999,8	73807,1
Diferença em Relação ao Dado Bruto	-12587,24	17314,06	-17135,14	-22327,84
Erro Médio Quadrático	13040,5	28958,3	14136,7	16676,7
Variância do Erro	13040,38	28770,49	14113,69	16664,25
Diferença do Erro Médio Quadrático e Variância	0,1	187,8	23,0	12,4
Scaterplot Real X Xval	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Coef. Correl	0,929758	0,862894	0,924151	0,910346
Spearman	0,896154	0,84332	0,884413	0,856073

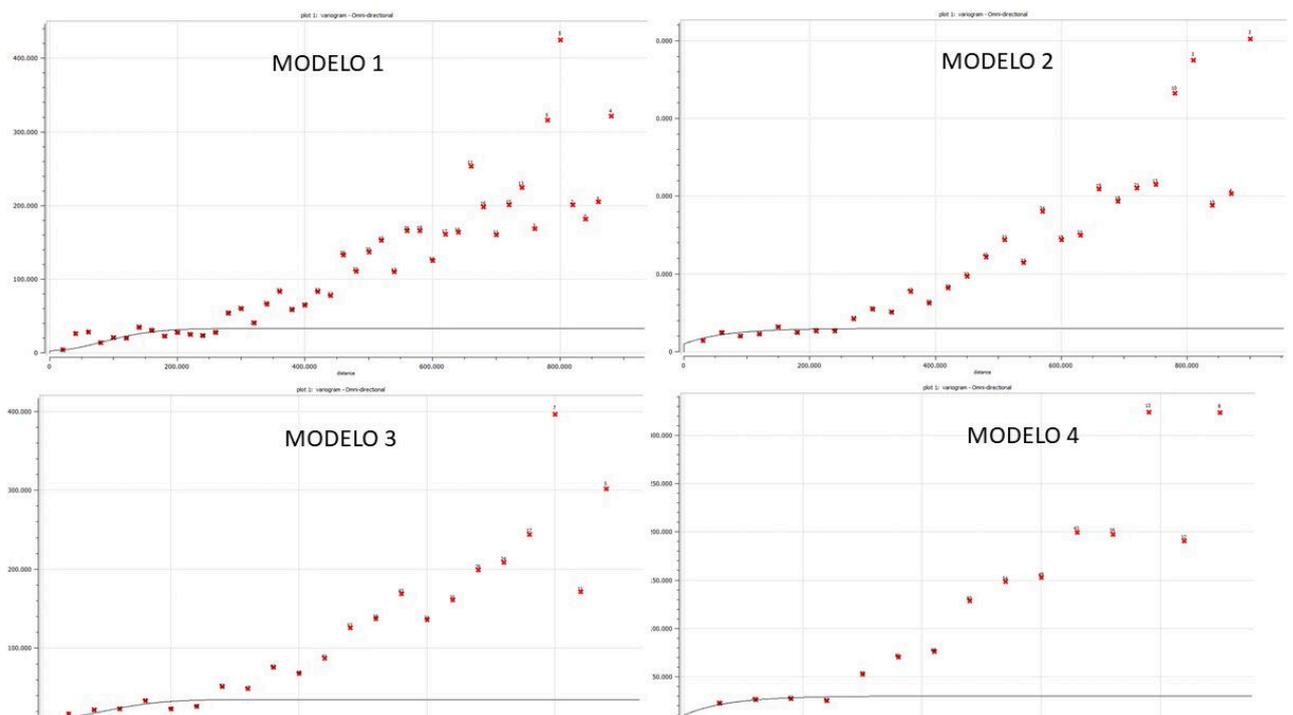


Figura 3 – Modelos testados de semivariogramas

A etapa final consistiu na importação dos dados resultantes do processo de krigagem pelo software ArcGIS, onde foi possível confeccionar o mapa representativo do comportamento espacial da precipitação (Figura 4).

A interpolação foi desenvolvida sobre uma malha regular (*grid*) de dimensão de 540x759 Km e células de 10x10 Km.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

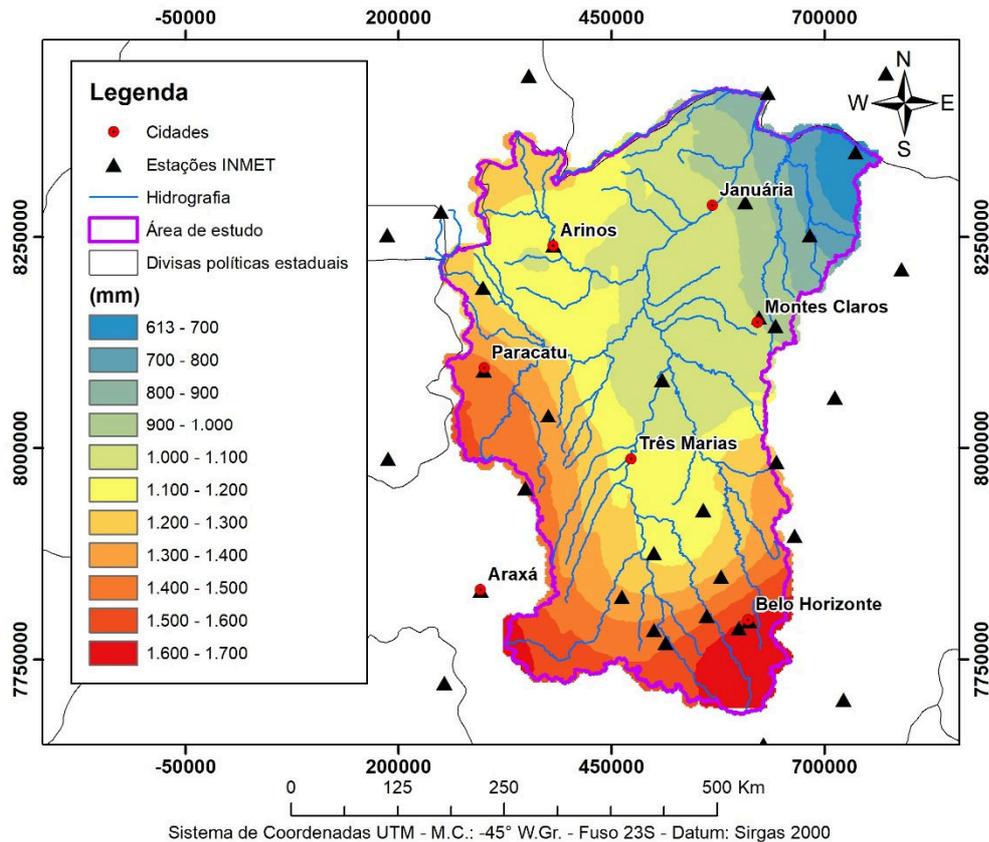


Figura 4 – Mapa da Precipitação Anual Média da área de estudo obtido pela técnica da Krigagem.

4. Considerações finais

A análise da continuidade espacial do fenômeno de precipitação representa um método de grande relevância no contexto dos estudos climatológicos e principalmente, no processo de estimativa em regiões onde não há registros primários de dados pluviométricos. Neste cenário, a geoestatística demonstra-se bastante eficiente na aplicação de análise espacial sobre amostras de dados de diversos fenômenos.

O processo de krigagem permite estimar valores para áreas onde não há dados, aos quais é possível adequar parâmetros específicos para o fenômeno analisado. O programa SGEMS enquadra-se como uma ferramenta de grande utilidade, ao qual é possível gerar semivariogramas cujos resultados modelam o processo de interpolação e geração de estimativas de valores, ou seja, a krigagem. No caso



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

da precipitação, esse processo de estimativa é determinado em função da quantidade e distribuição espacial dos pontos de amostra (estações pluviométricas).

A bacia do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais apresenta relevante heterogeneidade em relação à distribuição espacial de pluviosidade, com maiores valores ao sul e região central e menores valores ao norte, enquadrando-se como uma área de estudo representativa na aplicação da análise da continuidade espacial do fenômeno de precipitação.

Ressalta-se finalmente a importância de estudos que objetivam melhorar os processos de estimativa, visto que sua aplicação de forma eficiente vêm a suprir os “vazios” de informações resultantes do número reduzido de estações pluviométricas no Brasil.

5. Referências bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, n. 22, v. 6, 711-728, 2013.

BAÚ, A.L.; GOMES, B.M.; QUEIROZ, M.M.F. de.; OPAZO, M.A.U.; SAMPAIO, S.C. Comportamento espacial da precipitação pluvial mensal provável da mesorregião oeste do Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 150-168, abril-junho, 2006.

CARAM, R. de O. **Reconstrução de séries e análise geoestatística da precipitação no Estado de Minas Gerais**. Dissertação (Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

CARVALHO, J.R.P. de; VIEIRA, S.R. **Validação de modelos geoestatísticos usando teste de Filliben**: aplicação em agroclimatologia. Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**. Comunicado Técnico, 4 p., 2004.

GOOVAERTS, P. **Geostatistics for natural resources evaluation**. New York, Oxford University Press, 1997. 483p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP)**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 09 de novembro de 2018.

JOURNAL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1978.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

KIM, K.R. et. al. Kriging interpolation method for laser induced breakdown spectroscopy (LIBS) analysis of Zn in various soils. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**. 01 January 2014, Issue 1

MELLO, J.M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. Tese (Doutor em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, 2004.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T.M.N. Análise Estatística e Geoestatística da Precipitação Média para o Município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, 229-239, 2016.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 206p

MOULIN, G.D.. **Técnicas de entropia e de geoestatística no dimensionamento de redes pluviométricas**. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

SANTOS, Paulo Cerqueira dos et al . Estimção volumétrica de resíduos lenhosos de madeira em uma floresta tropical através da Krigagem Ordinária, Paragominas, Estado do Pará. **Ciênc. Florest., Santa Maria** , v. 24, n. 4, p. 959-968, Dec. 2014 . Available from<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198050982014000400959&lng=en&nrm=iso>. access on 12 July 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-509820142404015>.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed.; 2. reimpr. – Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH, 2001.

YAMAMOTO, J., & Landim, P. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações** São Paulo, Oficina de Textos. (2013)

WANDERLEY, H.S.; AMORIM, R.F.C.; CARVALHO, F.O. de. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 347-354, 2012.