

Análise da distribuição da precipitação pluviométrica média anual no estado do Ceará

Analysis of the distribution of mean annual rainfall in the state of Ceará

Herlon Bruno Ferreira Barreto¹, Wesley de Oliveira Santos², Celso Mariano da Cruz³

RESUMO - A chuva é um dos elementos climáticos que estão mais diretamente relacionados à produção agrícola, o Estado do Ceará é relativamente o que detém maior área na região semi-árida cerca de 80 % do seu território, fato este faz com que a agricultura cearense, de um modo geral, e o pequeno agricultor em especial, tenha dificuldades na sua condução e evolução. Os dados de precipitação pluviométrica média utilizados neste estudo foram obtidos de 342 postos pluviométricos localizadas no Ceará, Foi realizada a análise exploratória dos dados. Foi realizada a análise do grau de dependência espacial, que segundo Cambardella, e de acordo com a análise do grau de dependência espacial para a precipitação média anual, verificou-se uma forte dependência espacial. A precipitação pluviométrica média anual do Ceará apresenta-se autocorrelacionada no espaço. As observações são espacialmente dependentes até um alcance de 47,22 km.

Palavras-chave: Dependência espacial, série pluviométrica, semivariograma.

ABSTRACT - Rain is one of the climatic elements that are more directly related to agricultural production, the State of Ceará is relatively the largest holding in the semi-arid region about 80% of its territory, a fact that makes agriculture in Ceará, the generally, small farmers and in particular, have difficulties in driving and evolution. The mean rainfall data used in this study were obtained from 342 rain gauge stations located in Ceará, was performed exploratory data analysis. We performed the analysis of the degree of spatial dependence, which according to Cambardella, and according to the analysis of the degree of spatial dependence of the average annual rainfall, there was a strong spatial dependence. The mean annual rainfall of Ceará presents autocorrelated in space. The observations are spatially dependent to a range of 47.22 km.

Key-words: Spatial dependence, rainfall database, semivariograms.

*autor para correspondência

Recebido para publicação em 22/01/2012; aprovado em 30/06/2012

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, Bolsista CAPES, DCAT, UFERSA, Mossoró-RN, e-mail: foboca@hotmail.com*

² Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DCAT, UFERSA, Mossoró-RN Eng. Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, Bolsista CAPES, DCAT, UFERSA, Mossoró-RN

³ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DCAT, UFERSA, Mossoró-RN

INTRODUÇÃO

O estudo das distribuições de variáveis climáticas, como um meio de compreender os fenômenos meteorológicos, determinando seus padrões de ocorrência e permitindo uma previsibilidade do comportamento climático de uma região é uma ferramenta para o planejamento e gestão de inúmeras atividades agropecuárias e humanas. Conhecer as disponibilidades climáticas de uma região é fundamental para o planejamento da agricultura irrigada ou de sequeiro, sendo que a chuva é uma das variáveis que mais limita a produção agrícola. A obtenção da correta distribuição espacial para precipitação é relevante no planejamento agrícola, no que diz respeito à instalação de culturas e sua influência na agricultura (SANTOS, 2010).

A chuva é um dos elementos climáticos que estão mais diretamente relacionados à produção agrícola, devido o seu caráter aleatório, aumentando, assim, os riscos na programação das atividades do setor agrícola (MELO JUNIOR et al., 2006).

O Estado do Ceará é relativamente o que detém maior área na região semi-árida cerca de 80 % do seu território, fato este faz com que a agricultura cearense, de um modo geral, e o pequeno agricultor em especial, tenha dificuldades na sua condução e evolução.

O estudo da variabilidade temporal da precipitação permite definir o grau de correlação temporal das amostras e tem mostrado ser uma poderosa ferramenta de aplicação prática, permitindo estimar precipitações com variância mínima (SILVA et al., 2003). O conhecimento da variabilidade da precipitação dá suporte a qualquer atividade econômica além de limitar os impactos dos

distúrbios no ambiente físico (CANO; BRANDÃO, 2002).

O objetivo desse trabalho foi verificar a ocorrência de dependência espacial da precipitação pluviométrica média anual para o Estado do Ceará por meio da análise geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS

O Estado do Ceará é o terceiro maior estado, em extensão, do nordeste brasileiro, com 75% de sua área total incluída na isoietas abaixo de 800 mm anuais (FUNCEME, 1991) e médias térmicas elevadas, variando de 23° a 27° C, além disso, o Ceará apresenta zonas com balanço hídrico anual negativo. De acordo com a classificação climática de Köppen, o Estado apresenta três tipos de clima: BSw'h', Aw' e Cw', havendo uma predominância em aproximadamente 80% do tipo BSw'h' (quente e seco, com estação chuvosa no verão, atrasando-se para o outono).

O Estado do Ceará está inteiramente inserido na região intertropical, entre os paralelos 2,5° e 8° de latitude Sul e os meridianos 37° e 42° de longitude Oeste. O Ceará tem área total igual a 146.348,30 km², equivalente a 9,37% da área da região Nordeste e 1,7% da superfície do Brasil (GEC, 2010).

Os dados de precipitação pluviométrica média utilizados neste estudo foram obtidos de 342 postos pluviométricos localizados no Ceará de uma série histórica de 1911 a 1990, na qual selecionou-se dados consistentes com no mínimo 20 anos, a localização geográfica desses postos podem ser visualizadas na Figura 1, as coordenadas utilizadas encontram-se em UTM.

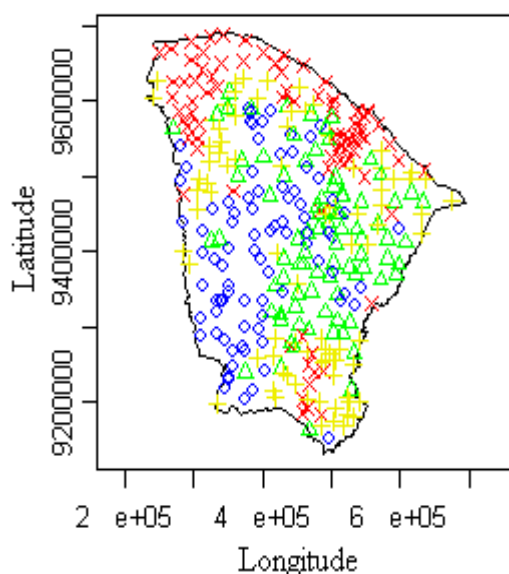


Figura 1: Localização espacial e dispersão dos 342 postos pluviométricos no estado do Ceará.

Foi realizada a análise exploratória dos dados (quartil inferior e superior, média, erro padrão da média, mediana, desvio padrão, CV, coeficientes de assimetria e curtose, precipitação máximo e mínimo, além da distribuição de frequência), com o objetivo de verificar a variação da precipitação média anual. A análise de dependência espacial foi feita por meio de semivariograma, o programa GeoR (RIBEIRO JUNIOR E DIGGLE, 2001), de livre acesso, foi utilizado em todas as etapas do trabalho, sendo que a semivariância foi calculada por meio da Equação 1.

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

Eq.1

sendo: $\gamma(h)$ a semivariância para uma distância h , $N(h)$ o número de pares possíveis para a distância h , h é a distância de separação das observações calculada em função da latitude e da longitude e $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$ as observações da variável aleatória regionalizada na posição x_i e x_i+h , respectivamente. Foi feito o estudo utilizando o modelo exponencial (Equação 2), pelo método da máxima verossimilhança.

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp\left(-3 \frac{h}{a}\right) \right]$$

Eq. 2

sendo $0 < h < d$, onde d é a distância máxima na qual o semivariograma é definido.

Foi realizada a análise do grau de dependência espacial, que segundo Cambardella et al., (1994), a classificação da dependência espacial entre os dados pode ser forte, moderada ou fraca. O critério proposto para classificação é a relação $[C_0/(C_0+C)] \times 100$. Valores inferiores a 25% caracterizam forte dependência espacial,

entre 25% e 75% moderada e acima de 75%, fraca dependência espacial.

O mapa da precipitação média anual do Estado do Ceará no período do estudo foi feito tendo como base os valores interpolados por meio da krigagem (Equação 3). Todos os estimadores de krigagem são variantes do estimador básico de regressão linear $Z^*(u)$, que é definido por:

$$Z(U) - m(u) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}(u) \{Z(u_{\alpha}) - m(u)\}$$

Eq.3

onde $\lambda_{\alpha}(u)$ são os pesos definidos para os dados $z(u_{\alpha})$, interpretado como uma realização da variável aleatória $Z(u_{\alpha})$. As quantidades $m(u)$ e $m(u_{\alpha})$ são os valores esperados das variáveis aleatórias $Z(u)$ e $Z(u_{\alpha})$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Climatologicamente o setor norte do Nordeste brasileiro, no qual engloba o Estado do Ceará, apresenta uma pré-estação (novembro a janeiro), Alves et al., (1993) e uma estação chuvosa propriamente dita, que se manifesta durante os meses de fevereiro a maio (ALVES; REPELLI, 1992).

A alta variabilidade da precipitação durante o ano, tanto sob o ponto de vista espacial como temporal, ocasiona sérios e grandes impactos socioeconômicos à população do Estado do Ceará (MAGALHÃES; GLANTZ, 1992).

A Tabela 1 representa o resumo da estatística descritiva (quartil inferior e superior, média, erro padrão da média, mediana, desvio padrão, CV, coeficientes de assimetria e curtose, precipitação máxima e mínima).

Tabela 1: Resumo da análise exploratória dos dados de precipitação média anual para o Estado do Ceará, estatística descritiva.

Média (mm)	874,90
Erro padrão da média (mm)	± 12,54
Mediana (mm)	823,30
Moda (mm)	539,80
Variância (mm ²)	53751,65
Desvio padrão (mm)	321,84
CV (%)	26,50
Coeficiente de Assimetria (Cs)	1,06
Coeficiente de Curtose (Cc)	1,57
Quartil 1 (mm)	724,5 – 724,9
Quartil 3 (mm)	971,3 – 976,6
Mínimo (mm)	316,50
Máximo (mm)	1910,60

O quartil 1 (inferior) está compreendido no intervalo de 724,5 – 724,9 mm, o que significa dizer que 25% dos dados de precipitação média anual se encontram abaixo desse intervalo, já o quartil 3 (superior) está compreendido entre 971,3 – 976,6 mm, o que significa

que 25% dos dados de precipitação média anual se encontram acima desse intervalo. A mediana (quartil 2), indica que 50% dos dados de precipitação média anual são representados por um precipitação de 823,30 mm. A moda indica que a precipitação média anual com maior

freqüência é 539,80 mm. O CV de 26,50% representa uma moderada dispersão dos dados de precipitação pluviométrica média anual.

De acordo com os valores apresentados por Coeficiente de curtose e Coeficiente de assimetrias (TABELA 1) a distribuição da precipitação média anual é assimétrica à direita e é leptocúrtica. De acordo com Triola (1999), o comportamento dos dados, ou seja, a distribuição dos dados é de fundamental importância para a seleção de estatísticas e de métodos inferenciais para a análise de uma variável.

De acordo com Guimarães (2005), o comportamento assimétrico dos dados apesar de não ser

um fator limitante à análise geoestatística, pode dificultar o ajuste de modelos de semivariogramas. De acordo com o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos dados de precipitação média anual ao nível de 5% de significância verificou-se que os dados não seguem a distribuição normal, resultado este comum a dados de precipitação.

A Figura 2 (a) representa o histograma da distribuição de freqüência da precipitação média anual e a Figura 2 (b) o histograma da distribuição de freqüência acumulada da precipitação média anual. Na Figura 2 (c) o gráfico em boxplot fornece informações sobre posição, dispersão, assimetria, caudas e observações extremas ou outliers.

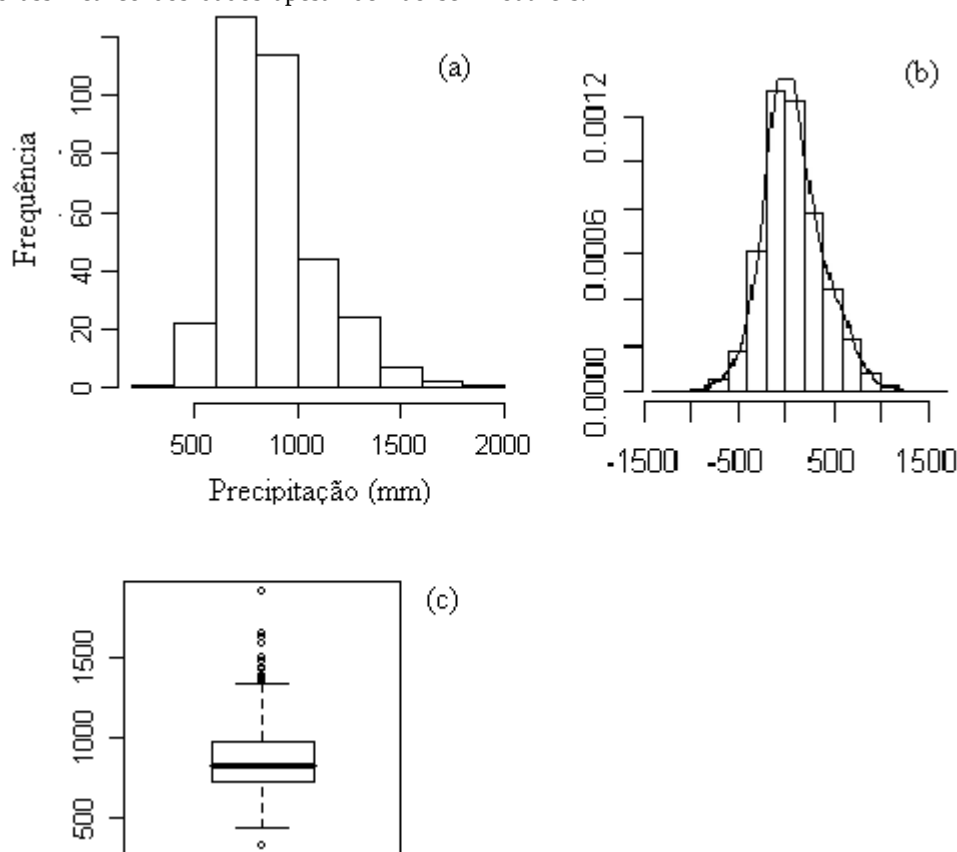


Figura 2: Distribuição de freqüência (a), histograma da precipitação (b), gráfico em boxplot (c), da precipitação média anual no Estado do Ceará.

Na Figura 3, verifica-se o modelo de semivariograma ajustado aos dados experimentais para a

precipitação média anual segundo o método da máxima verossimilhança.

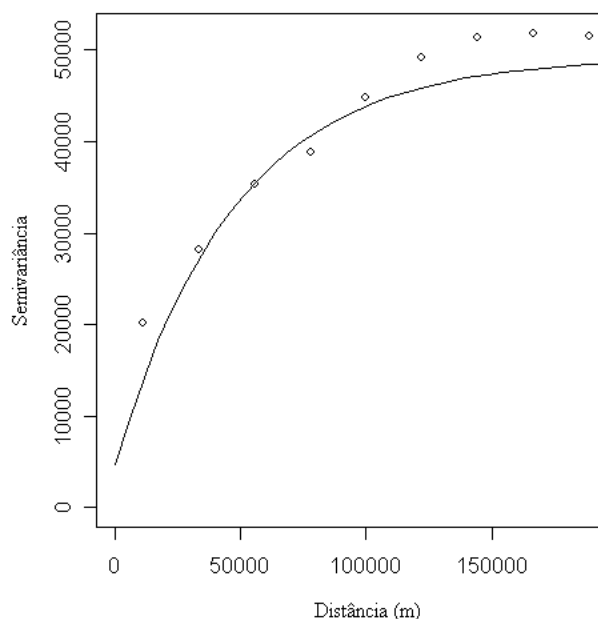


Figura 3: Semivariograma da precipitação média anual, no Estado do Ceará, de acordo com o modelo exponencial utilizando o logaritmo da máxima verossimilhança.

Os parâmetros beta (média espacial), tausq (efeito pepita), sigmasq (patamar) e phi (alcance), assim como o grau de dependência espacial, estão representados na

Tabela 2. Segundo Cambardella et al., (1994), de acordo com a análise do grau de dependência espacial

para a precipitação média anual, verificou-se uma forte dependência espacial para o modelo exponencial, usando o método da máxima verossimilhança.

Tabela 2: Parâmetros estimados por meio do método da máxima verossimilhança para o modelo exponencial.

Modelo Exponencial	Alcance (m)	47221,6
	Efeito pepita (m)	4684,6
	Patamar (m)	49252,7
	Média espacial (m)	888,6
Grau de dependência espacial	$\frac{C_0}{C_0 + C} < 25\%$	9,51% (Forte)

Salgueiro e Montenegro (2004) utilizaram a geoestatística para analisar a variabilidade espacial e os padrões de precipitação na bacia do rio Ipojuca, Pernambuco, e comprovaram que as duas variáveis apresentam forte estrutura de correlação espacial e, portanto, devem ser tratadas como variáveis regionalizadas.

Quanto menor esta relação $[C_0/(C_0+C)] \times 100$, menor o valor relativo do efeito pepita, e,

conseqüentemente, mais bem arranjado espacialmente se encontra o atributo estudado (BERNER et al., 2007). O alcance para o modelo exponencial foi de 47,22 km, significa que todos os vizinhos dentro desse raio podem ser usados na estimativa de valores em espaçamentos mais próximos.

Na Figura 4 verifica-se o mapa da distribuição espacial do índice de precipitação pluviométrica média anual no estado do Ceará pelo método da máxima verossimilhança utilizando o algoritmo da Krigagem.

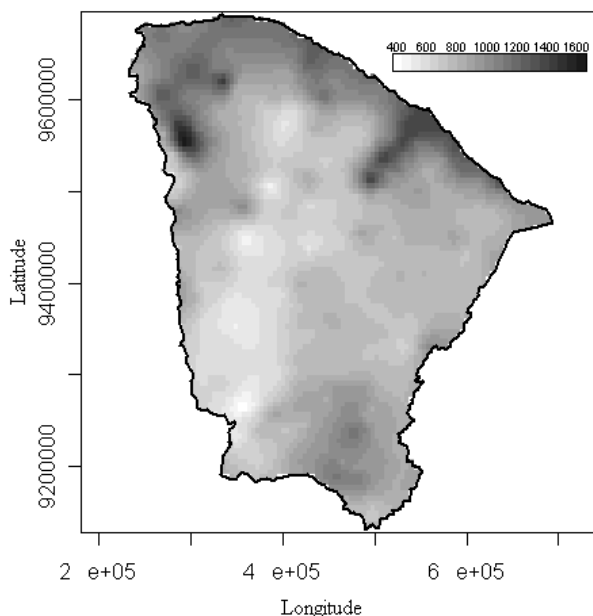


Figura 4: Mapa da precipitação média anual (mm), no Estado do Ceará, de acordo com o modelo exponencial utilizando o logaritmo da máxima verossimilhança, por meio da Krigagem.

A distribuição das chuvas no Ceará pode ser explicada pela influência dos tipos de precipitações em cada região do Estado. As regiões da Serra da Ibiapaba e do Maciço de Baturité sofrem uma forte influência do efeito orográfico nos regimes pluviométricos, enquanto que a região litorânea está sob a influência das massas úmidas vindas do oceano, bem como a influencia da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (CAIATANO et al., 2011).

CONCLUSÕES

A precipitação pluviométrica média anual do Ceará apresenta-se autocorrelacionada no espaço. As observações são espacialmente dependentes até um alcance de 47,22 km. A precipitação média anual apresenta um forte grau de dependência espacial que corresponde a 9,51%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J.M.B. e REPELLI, C.A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Niño/Oscilação Sul (ENOS). **Rev. Bras. de Meteorologia**, 7(2): 583-592, 1992.

ALVES, J.M.B.; REPELLI, C.A.; MELLO, N.G. A pré-estação chuvosa no norte do Nordeste Brasileiro e sua

relação com a temperatura dos oceanos adjacentes. **R. Bras. de Meteorol.**, 8(1): 22-30, 1993.

BERNER, P. G. M.; VIEIRA, S. R.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C. (2007). Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:837-844.

CAITANO, R. F., LOPES, F. B., TEIXEIRA, A. dos SANTOS. Estimativa da aridez no Estado do Ceará usando Sistemas de Informação Geográfica, **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F., KORNOPKA, A. E. (1994) Fieldscale Variability of Soils Properties in Central Iowa Soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, V.58, p1501 – 1511.

CANO, W.; BRANDÃO, C. A. (Coords). **A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, finanças e meio ambiente**. Campinas:Unicamp, 2002. 439 p.

FUNCEME, 1991. **Análise preliminar do fator mais provável da medida de tendência central das series anuais de precipitação no Ceará**. Fortaleza, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

GEC, 2010. **Governo do Estado do Ceara**. Disponível em <http://www.ceara.gov.br/index.php/ceara-emnumeros>>. Acesso em 02 de novembro de 2010.

GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística Básica e Aplicada**. Uberlândia: UFU, 75p., 2005. (Disponível em: www.ufu.famat.br/prof/ednaldo/ednaldo.htm).

MAGALHÃES, A.R. and GLANTZ, M.H. **Socioeconomics impacts of climate variations and policy responses in Brazil**. UNEP, Secretariat for Planning and Coordination State of Ceara, Esquel Brazil Foundation, 1992. 155pp.

MELO JUNIOR, J. C. F. et al. Distribuição espacial da frequência de chuvas na região hidrográfica do Atlântico, Leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 02, 2006.

RIBEIRO JUNIOR, P. P.; DIGGLE, P. P. GeoR: a package for geoestatistical analysis. **R News**, Rochester, v. 1, n. 2, p. 15-18, 2001.

SALGUEIRO, J. H. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2004). Geoestatística aplicada à variabilidade espacial e

padrões de precipitação na bacia do rio Ipojuca em Pernambuco . VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.

SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade**. 2010. 222 f. Monografia (Graduação em Agronomia)- Universidade Federal Rural do SemiÁrido (UFERSA), Mossoró-RN.

SILVA, J. W.; GUIMARAES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 03, p. 665-674, maio/jun. 2003.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 7ed. Rio de Janeiro: LTC. 410 p. 1999. VIEIRA, D. B.; LOMBARDI NETO, F.; SANTOS, R. P; Análise das intensidades máximas de chuva em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 255-260, 1994.