

Eventos de extremos mensais da precipitação na cidade do Recife/PE (1961-2010)

Monthly events of extreme rainfall in the city of Recife / PE (1961-2010)

Yoly S. Ramos¹, George do N. Ribeiro² e Hugo Moraes de Alcântara³

RESUMO - A precipitação pluviométrica é um dos elementos do clima que podem afetar diversos setores da sociedade, por meio de eventos extremos. O intento deste trabalho foi verificar os eventos extremos mensais da precipitação, na cidade do Recife/PE, no íterim de (1961-2010). Utilizou-se o banco de dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE). No entanto, a série histórica do posto pluviométrico é oriunda da antiga rede pluviométrica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O box-plot foi uma ferramenta estatística para a análise de valores discrepantes (outliers). A distribuição normal dos dados da série estudada foi transformada utilizando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. Observou-se 7 (sete) outliers meses de janeiro (267,00 mm em 2000), fevereiro (376,0 mm em 2009), março (521,00 mm em 1986), abril (771,00 mm em 1973), agosto (657,00 mm em 1986), setembro (308,00 mm em 2000) e dezembro (182,00 mm em 1981). O teste de Kolmogorov-Smirnov indica uma distribuição de probabilidade adequada, com valores entre 0,07 e 0,10, coerentes com o tamanho da amostra de dados (N=50) para cada mês e nível de significância de 5%, o que revelam que os valores extremos de precipitação são aceitáveis. Por fim, constatou-se que os eventos extremos mensais estão concentrados nos meses secos da região.

Palavras-chave: precipitação pluviométrica, eventos extremos e variabilidade climática.

ABSTRACT - Rainfall is one of the elements of weather that can affect various sectors of society, through extreme events. The purpose of this study was to investigate the events of the monthly precipitation extremes in the city of Recife / PE, period (1961-2010). We used the database of the Meteorological Laboratory of Pernambuco (LAMEPE). However, the historical position of the rainfall comes from the old network rainfall from the National Institute of Meteorology (INMET). The box-plot is a statistical tool for the analysis of outliers (outliers). The normal distribution of the data series studied was transformed using the Kolmogorov-Smirnov test. There are 7 (seven) months of outliers in January (267.00 mm in 2000), in February (376.0 mm in 2009), March (521.00 mm in 1986), April (771.00 mm in 1973), August (657.00 mm in 1986), September (308.00 mm in 2000) and December (182.00 mm in 1981). The Kolmogorov-Smirnov test indicates a proper probability distribution, with values between 0.07 and 0.10, consistent with the size of the sample data (N = 50) for each month and a significance level of 5%, which reveal that extreme values of precipitation are acceptable. Finally, it was found that the monthly extreme events are concentrated in the dry months in the region.

Keywords: rainfall, climate variability and extreme events.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é um dos elementos do clima que apresenta alta variabilidade temporal e espacial, e sua ocorrência comprometem diretamente diversos setores da sociedade, de forma que o regime pluviométrico afeta a economia, o meio ambiente e a sociedade, como um todo.

A cidade do Recife é constituída sobre uma planície com nível médio acima do mar de 2,00 m e é circundada por elevações topográficas (RADAM, 1983). As superfícies pavimentadas e impermeáveis, que compõem quase em a sua totalidade a cidade, dificultam a infiltração da água no solo, elevando a quantidade de água

e a velocidade de escoamento na superfície, provocado pelas enchentes urbanas e deslizamento de encostas.

É possível que as mudanças no clima alterem a temperatura e a precipitação, e que aumentem a variabilidade dos eventos de precipitação, os quais poderão causar inundações e secas mais intensas e frequentes (DUFEK; AMBRIZZI, 2008). Eventos extremos de precipitação, que incluem chuvas extremas e longos períodos de dias consecutivos secos, são os fenômenos atmosféricos mais perturbadores (ZIN et al., 2010). A variabilidade espaço-temporal das precipitações pluviométricas constitui uma

característica marcante no clima da Região Nordeste do Brasil (NEB), em particular sobre a porção

Recebido em 10 03 2012 e aceito 22 12 2012

1. *Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG/CTRN, Av. Aprígio Veloso, 882, Bloco CQ, Bodocongó, CEP: 58.429-900, Campina Grande, PB. E-mail: yolysramos@hotmail.com*
2. *Professor, UFCG/CDSA/UATEC, R. Luiz Grande, sn, CEP: 58.540-000 – Sumé, PB. E-mail: george@ufcg.edu.br*
3. *Professor, UFCG/CDSA/UATEC, R. Luiz Grande, sn, CEP: 58.540-000 – Sumé, PB. E-mail: hugoma@ufcg.edu.br*

semiárida, onde a irregularidade das chuvas é um fator importante (LACERDA et al., 2009). Estudos recentes sobre mudanças climáticas regionais mostram uma variação no padrão total anual de precipitação sobre o NEB.

Dessarte, o intento deste trabalho foi verificar os eventos extremos mensais da precipitação, na cidade do Recife/PE, no íterim de 1961 a 2010. Assim, as informações sublinhadas nesse trabalho contribuirão para o entendimento da climatologia das tendências recentes dos eventos extremos de precipitação na cidade do Recife/PE.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados atualizados de precipitação pluviométrica mensais foram obtidos do banco de dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE), no entanto, a série histórica do posto pluviométrico é oriunda da antiga rede pluviométrica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foi elencada uma estação pluviométrica no bairro da Várzea por dispor de uma série histórica abrangendo o período entre janeiro de 1961 e a dezembro de 2010, totalizando 50 anos de observação.

O posto pluviométrico utilizado neste trabalho passou por um controle de qualidade, que incluiu consistência espacial e temporal das observações diárias de precipitação (Tabela 1).

Tabela 1. Dados da estação Pluviométrica do INMET.

Estação	Latitude	Longitude	Período
Várzea	8°3'0"	34°55'0"	1961-2010

Para identificarmos a contagem dos eventos extremos mensais foram utilizados gráficos de box-plot, por ser uma ferramenta estatística para a análise de valores discrepantes. Os gráficos detectaram valor máximo (V_{máx}), valor mínimo (V_{mín}), mediana (Md), primeiro (Q1) e terceiro quartil (Q3) da variável quantitativa, desvio padrão (S), coeficiente de variação (CV),

coeficiente de assimetria (Cs) e coeficiente de curtose (Ck). Este conjunto de medidas oferece a idéia da posição de dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes. Ressalta-se que outlier ou ponto discrepante é um valor que se localiza distante de quase todos os outros pontos da distribuição, conforme Triola (2008). E segundo Vieira (1999) está metodologia é relativamente nova (Figura 1).

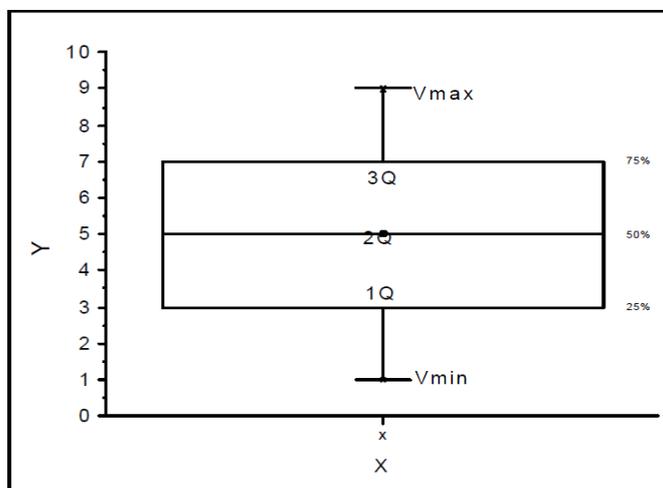


Figura 1 - Esquema de interpretação do gráfico tipo Box-plot (Fonte: Raimundo et al., 2010).

A mediana é uma medida de localização do centro da distribuição de n elementos, definida do seguinte modo: ordenados os elementos da amostra, a mediana é o valor, que a divide ao meio, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais à mediana e os outros 50% são maiores ou iguais à mediana (RAIMUNDO, 2008). Se n é ímpar, a mediana é o elemento médio $(n+1)/2$. Se n é

par, a mediana é a semi-soma dos dois elementos médios $(E1 + E2)/2$, ou o resultado da média simples $(n/2)$.

Para encontrarmos a posição do 1º Quartil (Q1) na série de dados utilizou-se $(n+1)/4$, onde N = número de anos correspondentes da série. Já a mediana ou 2º Quartil (Q2), utiliza-se $2(n+1)/4$. Por ultimo 3º Quartil (Q3) utilizamos $3(n+1)/4$. Os três quartis, Q1, Q2 e Q3 dividem o conjunto de dados formando quatro subconjuntos, de

maneira que 25% dos dados encontram-se abaixo do 1º Q1; 25% entre Q1 e Q2; 25% entre o Q2 e Q3 e 25% acima de Q3 (Figura 1). Lembrando que Q2 é a mediana, ou seja, 50% dos dados estão acima ou abaixo da mediana. As observações que estiverem acima de $Q3+(1,5)IQR$ ou abaixo de $Q1-(1,5) IQR$ são chamadas extremos exteriores e representadas por () denominados de outlier, onde IQR (Intervalo Inte quartil).

A distribuição normal dos dados da série estudada foi transformada utilizando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. O teste mediu a distância máxima entre os resultados de uma distribuição a ser testada e os valores associados à distribuição hipoteticamente verdadeira. A estatística do teste é dada por D, representando a diferença máxima entre as funções acumuladas de probabilidade teórica (F(x)) e empírica (F(a)), o teste apresenta a seguinte forma:

$$D = \max | F(x) - F(a) | \quad (1)$$

A aceitação do ajuste dos dados à função pretendida foi exigente, visto que considerou-se o nível de significância de 5% e N=50. Os gráficos polares de precipitação pluviométrica, box-plot e distribuição da probabilidade foram elaborados pelo programa Microsoft Excel versão 2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos polares representam as precipitações pluviométricas mensais ao longo da série histórica estudada de 1961 a 2010, o que revelam a distribuição e os valores discrepantes da série estudada, exceto os meses de maio, junho, julho, outubro e novembro (Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13).



Figura 2 – Precipitação pluviométrica do mês de janeiro (1961 a 2010).

Figura 3 – Precipitação pluviométrica do mês de fevereiro (1961 a 2010).



Figura 4 – Precipitação pluviométrica do mês de março (1961 a 2010).

Figura 5 – Precipitação pluviométrica do mês de abril (1961 a 2010).



Figura 6 – Precipitação pluviométrica do mês de maio (1961 a 2010).

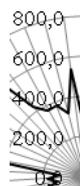


Figura 7 – Precipitação pluviométrica do mês de junho (1961 a 2010).



Figura 8 – Precipitação pluviométrica do mês de julho (1961 a 2010).



Figura 9 – Precipitação pluviométrica do mês de agosto (1961 a 2010).



Figura 10 – Precipitação pluviométrica do mês de setembro (1961 a 2010).



Figura 11 – Precipitação pluviométrica do mês de outubro (1961 a 2010).

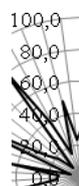


Figura 12 – Precipitação pluviométrica do mês de novembro (1961 a 2010).



Figura 13 – Precipitação pluviométrica do mês de dezembro (1961 a 2010).

Os resultados da análise descritiva da precipitação mensal (Tabela 2). O mês de abril apresentou maior precipitação com 771,00 mm e o mês de novembro foi o 1,00 mm. Os meses janeiro, fevereiro, setembro, outubro, novembro e dezembro apresentaram distribuição assimétrica positiva, com os valores médios maiores que a mediana, evidenciando alta variação da precipitação mensal na estação estudada. Os meses de março, abril, maio, junho, julho e agosto apresentam assimetria negativa. A curtose com distribuição platicúrtica – achatada - é evidenciada nos meses de fevereiro, abril, agosto, setembro, outubro e dezembro e leptocúrtica – alongada - nos demais meses.

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos da precipitação mensal (mm) na Estação Climatológica do Recife -PE, no período de 1961 a 2010.

Meses	A	M	S	Md	Vmín	Vmáx	Q1	Q3	Coeficientes		
									CV	C _s	C _k
Jan	50	93,43	66,02	79,5	6,0	267,0	47,25	112,5	66,02	1,04	0,23
Fev	50	103,27	97,59	100,5	7,0	376,0	47,00	170,75	88,08	1,30	0,51
Mar	50	197,67	117,16	200,0	27,0	521,0	149,25	284,00	59,50	0,75	-0,21
Abr	50	240,77	151,38	252,0	78,0	771,0	139,25	356,25	57,40	1,24	1,27
Mai	50	287,47	135,59	292,5	56,0	575,0	198,25	390,75	47,56	0,45	-0,74
Jun	50	322,38	135,59	382,0	125,0	709,0	143,25	4453,00	47,34	0,50	-0,60
Jul	50	282,32	148,48	311,0	133,0	657,3	239,5	419,25	48,32	0,81	-0,26
Ago	50	168,95	132,59	169,5	38,0	657,0	132,25	217,50	55,17	2,06	6,83
Set	50	84,73	71,69	82,5	13,0	308,0	47,6	134,00	76,38	1,34	0,96
Out	50	49,39	42,56	48,0	4,0	170,5	24,00	83,25	101,98	2,98	0,39
Nov	50	35,42	23,50	31,5	1,0	97,0	31,5	49,00	77,02	1,08	-0,14
Dez	50	50,19	46,25	43,0	2,0	182,0	43,00	79,87	83,57	1,26	0,97

A: amostra; M: média ;S: Desvio-Padrão; Md: Mediana; VMin: Valor Mínimo; VMáx: Valor Máximo; Q1: primeiro Quartil; Q3: terceiro quartil;CV: Coeficiente de Variação; Cs: Coeficiente de Assimetria; Ck: Coeficiente de Curtose e DP: Desvio padrão.

Interessante notar que, muitas vezes, considera-se que uma série histórica mensal superior a 30 anos possui distribuição normal, ou próxima desta, o que não aconteceu para todos os meses no presente estudo, corroborando com os estudos de Silva et al. (2003) e Lima et al. (2008). A alta variabilidade das precipitações mensais é fator decisivo para esse tipo de comportamento.

Os coeficientes de variação (CV) da precipitação mensal mostram que a variabilidade desse atributo é alta, segundo classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), evidenciando a variabilidade da precipitação. Na estação chuvosa, o mês de maio apresentou CV (47,56%), enquanto que na estação seca, o mês de outubro CV (101,98%). Segundo Silva et al. (2003) e Lima et al. (2008) trabalhando com dados de Uberaba – MG e

Alegre-ES, a ausência total de chuvas em alguns anos da série, nos meses de seca, também pode ser a explicação dessa variabilidade.

Observa-se também que há uma antecipação do período chuvoso, iniciando no mês de abril (Figura 14). Estimativas da média aritmética podem não apresentar precisão e confiabilidade pela influência que sofrem pelos valores atípicos, o que também é sugerido por Blain et al. (2007). Entretanto, observa-se que a precipitação média anual acumulada tem CV de 67,36%, também de variação alta. Esse fato se explica, porque a somatória da chuva anual é compensada nos meses de pouca chuva e com os de maior intensidade, mantendo menor variabilidade entre a acumulada anual do que entre os meses em diferentes anos.

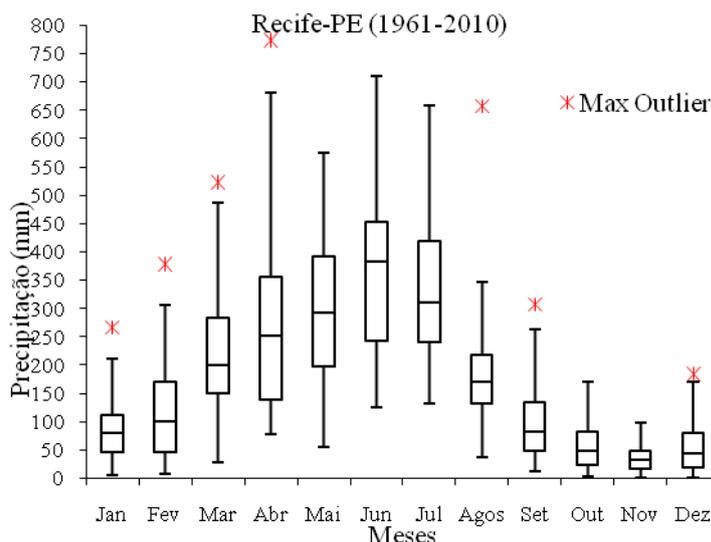


Figura 14 – Box-plot da precipitação pluviométrica e seus extremos, do município de Recife/PE.

Analisando os box-plots, percebeu-se que a longa cauda acima de todas as caixas indica que as distribuições das precipitações pluviométricas são assimétricas positivamente. O outlier (asterisco) indica que existe uma observação atípica neste conjunto de dados, ressalva cujo valor foi encontrado em 7 (sete) meses observados exceto nos meses de maio, junho, julho, outubro e novembro

(Tabela 3). A maior quantidade e/ou frequência das observações atípicas, ocorreram nos meses de janeiro (267,00 mm em 2000), fevereiro (376,0 mm em 2009), março 521,00 mm em 1986), abril (771,00 mm em 1973), agosto (657,00 mm em 1986), setembro (308,00 mm em 2000) e dezembro (182,00 mm em 1981), tal qual observado na Figura 14.

Tabela 3. Distribuição do número de meses apresentando outliers e frequência mensal para toda a série estudada.

Município	N.º meses	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Recife	12	4	4	1	1	0	0	0	3	2	0	0	3

Legenda: J: janeiro; F: fevereiro; M: março; A: abril; M: maio; J: junho; J: julho; A: agosto; S: setembro; O: outubro; N: novembro; D: dezembro.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para averiguar a adequação dos dados utilizados à distribuição de probabilidade (Figuras 15 a 26). Os resultados indicam que a distribuição de probabilidade é adequada, pois o teste indica valores entre 0,07 e 0,10, coerentes com o

tamanho da amostra de dados (N=50) para cada mês e nível de significância de 5%, vale ressaltar que são valores extremos de precipitação, ou seja, valores únicos para o município estudado e analisados, conforme a metodologia proposta

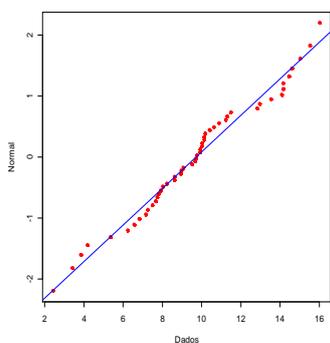


Figura 15 – Distribuição da

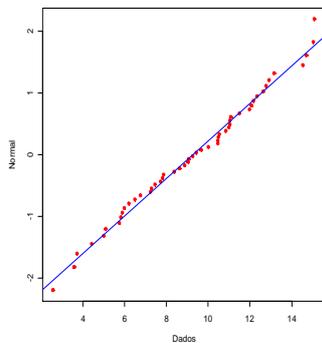


Figura 16 – Distribuição da

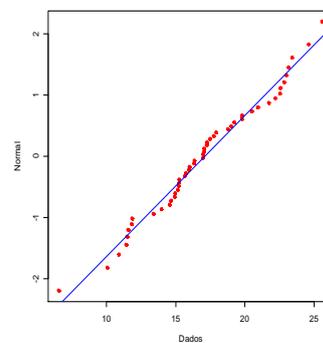


Figura 17 – Distribuição da

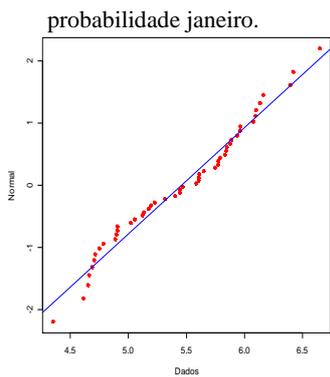


Figura 18 – Distribuição da probabilidade abril.

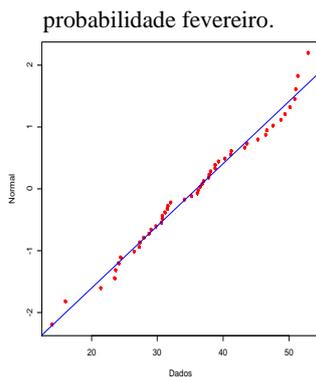


Figura 19 – Distribuição da probabilidade maio.

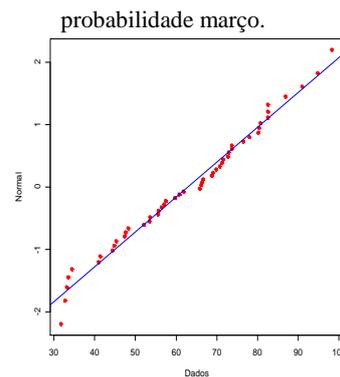


Figura 20 – Distribuição da probabilidade junho.

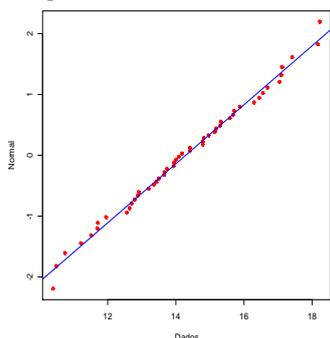


Figura 21 – Distribuição da probabilidade julho.

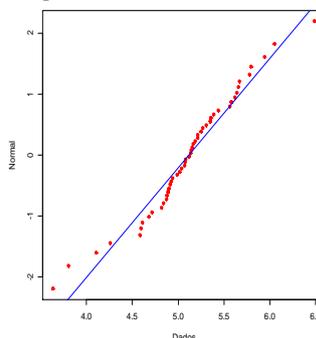


Figura 22 – Distribuição da probabilidade agosto.

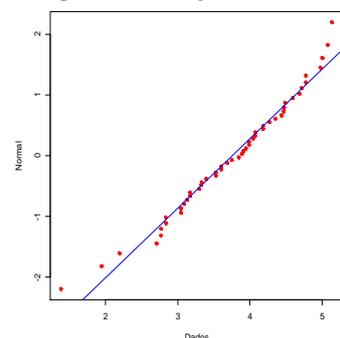


Figura 23 – Distribuição da probabilidade setembro.

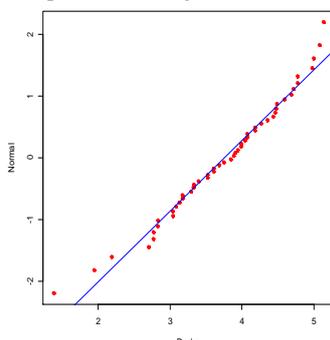


Figura 24 – Distribuição da probabilidade outubro.

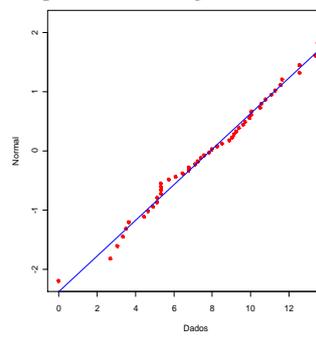


Figura 25 – Distribuição da probabilidade novembro.

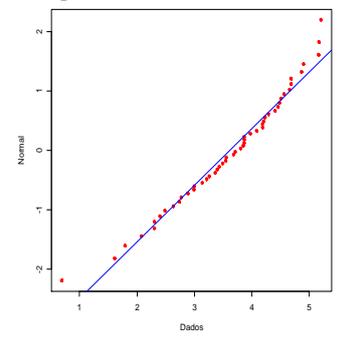


Figura 26 – Distribuição da probabilidade dezembro.

CONCLUSÃO

Constatou-se que ocorre presença de outliers em quase todos os meses do ano, deixando os totais acima da média da precipitação pluviométrica. Verificou-se também número maior de eventos nos meses mais secos da região.

Os resultados obtidos pela distribuição de probabilidade verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov mostraram que a distribuição é realmente apropriada para valores extremos de precipitação pluviométrica mensal. Portanto, a cidade de Recife é uma região que apresenta grande vulnerabilidade aos eventos extremos de precipitação pluviométrica, nos meses mais secos, principalmente no mês de janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLAIN, G.C.; PIEDADE, S.M. de; CAMARGO, M.B.P.C de; GIAROLLA, A. 2007 **Distribuição temporal da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do Instituto Agrônomo, em Campinas, SP**. *Bragantia*, v. 66, n. 02, p. 347-355.
- DUFEK, A. S., AMBRIZZI, T. 2008. **Precipitation variability in São Paulo State, Brazil**. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 93, p. 167-178.

- FISHER, R.A.; TIPPETT, L.H.C. 1928. **Limiting forms of the frequency distributions of the largest or smallest member of a sample.** Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, v.24, p.180-190.
- GUMBEL, E. J. 1958. **Statistics of Extremes.** Columbia University Press, New York, 375p.
- JENKINSON, A. F. 1955. **The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements.** Q. J. R. Met. Soc., v. 81, p. 159-171.
- LACERDA, F. F.; DIAS, H.; ASSAD, E. D.; SANTOS, A. de. A. 2009. Detecção de Sinais de Mudanças Climáticas para Algumas Localidades do Sertão do Pajeú - PE. In: **XVI CBA - Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte. Mudanças Climáticas, Recursos Hídricos e Energia para uma Agricultura Sustentável.**
- LIMA, J.S.S. de; SAMUEL DE ASSIS SILVA, S.A. de; OLIVEIRA, R.B de; CECÍLIO, R.A; XAVIER, A.C. 2008. **Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES.** Revista Ciência Agronômica, v. 39, n. 02, p. 327-332.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 1983. **Projeto RADAM BRASIL N° 30.**
- QIAN, W., LIN, X. 2005. **Regional trends in recent precipitation indices in China.** Meteorology and Atmospheric Physics, v. 90, p. 193-207.
- RAIMUNDO, C.C.; TOLEDO FILHO, M.R; MELO, M.L.; CARNAÚBA, F. 2008. Uso do box plot na detecção dos valores extremos mensais de precipitação na região da Bacia do Rio Paraíba. **XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia.**
- SILVA, J. W.; GUIMARAES, E. C.; TAVARES, M. 2003. **Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG.** Ciência e Agrotecnologia, v. 27, n. 03, p. 665-674.
- VIEIRA, S. 1999. **Princípios de Estatística.** São Paulo: Pioneira, 144p.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. 1980. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D. (Ed.). Application of soil physics. New York: Academic Press, 1980. 385 p.
- ZIN, W. Z. W., JAMALUDIN, S., DENI, S. M., JEMAIN, A. A. 2010. **Recent changes in extreme rainfall events in Peninsular Malaysia: 1971 – 2005.** Theoretical and Applied Climatology, v. 99, p. 303-314.