

SENSIBILIDADE DE SOFTWARES NA APLICAÇÃO DE TESTE DE ADERÊNCIA PARA AJUSTE DE DISTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DE PROBABILIDADE

**VIVIANE RODRIGUES DORNELES¹, RITA DE CÁSSIA FRAGA DAMÉ²,
CLAUDIA FERNANDA ALMEIDA TEIXEIRA-GANDRA², EMANUELE BAIFUS
MANKE³, MARIO ANDRES ARCOS RAMIREZ⁴**

¹Tecnóloga em Gestão Ambiental, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, (53) 99929-1319, vivianerdorneles@gmail.com.

²Eng. Agrícola, Prof. Doutora Associada, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

³Eng. Hídrica, Doutoranda no Programa de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas.

⁴Acadêmico do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Nacional da Colômbia.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Para a obtenção de equações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas, os valores de intensidades máximas devem ser ajustados a diferentes distribuições de probabilidade, com a finalidade de associá-los, em cada duração, às suas probabilidades de excedência e/ou períodos de retorno. Objetivou-se comparar os resultados do teste Kolmogorov-Smirnov (KS), obtidos pela aplicação de dois softwares (R e Winstat), no ajuste das distribuições de probabilidade Normal, Gumbel, Gama e log-Normal, às séries de precipitação máxima diária anual, da localidade de Pelotas/RS. Os resultados do teste KS, obtidos mediante o software R, indicaram que a distribuição de probabilidade de Gumbel foi a que melhor se ajustou às séries de intensidades máximas. Entretanto, considerando a utilização do software Winstat, a distribuição log-Normal obteve o melhor ajuste. Para as distribuições Normal e Gama, os valores da estatística calculada do teste KS foram iguais para os dois softwares; porém, para Gumbel, os resultados foram discrepantes. O software Winstat obteve maior variação nos valores de KS entre as distribuições, comparativamente aos resultados da estatística calculada pelo software R.

PALAVRAS-CHAVE: chuvas intensas, modelagem hidrológica, teste de aderência.

SENSITIVITY OF SOFTWARE IN THE APPLICATION OF ADHESION TEST FOR THE ADJUSTMENT OF THEORETICAL DISTRIBUTIONS OF PROBABILITY

ABSTRACT: In order to obtain Intensity-Duration-Frequency equations of intense rains, the values of maximum intensities must be adjusted to different probability distributions, with the purpose of associating them, in each duration, with their probabilities of exceedance and / or periods of return. The objective of this study was to compare the Kolmogorov-Smirnov (KS) test results obtained by the application of two software (R and Winstat) in the adjustment of the Normal, Gumbel, Gamma and log-Normal probability distributions to the annual maximum daily precipitation series, From the town of Pelotas / RS. The results of the KS test, obtained through software R, indicated that the probability distribution of Gumbel was the one that best fit the series of maximum intensities. However, considering the use of the Winstat software, the log-Normal distribution obtained the best fit. For the Normal and Gamma distributions, the values of the calculated statistic of the KS test were the same for both softwares; However, for Gumbel, the results were discrepant. The Winstat software

obtained greater variation in the KS values between the distributions, compared to the results of the statistic calculated by the software R.

KEYWORDS: intense rains, hydrological modeling, adherence test.

INTRODUÇÃO

Para a análise de chuvas intensas é necessário conhecer a sua distribuição temporal, obtida a partir de registros pluviográficos, dados de radar meteorológicos, ou a partir de pluviômetros. No entanto, neste último, é necessário desagregar a chuva diária, em durações horárias e sub-horárias, para que a análise possa ser realizada (DAMÉ, 2001).

O método das relações das alturas de chuva em função das suas respectivas durações, conhecido apenas como Método das Relações, permite que sejam conhecidas a partir da chuva diária, as alturas de precipitação para durações de até 5 min (CETESB, 1979).

Com objetivo principal de determinar as relações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para algumas localidades representativas da variabilidade climática do estado de Pernambuco, SILVA et al. (2012) utilizaram registros pluviográficos e dados pluviométricos para validação das curvas IDF, oriundas de dados pluviométricos. Os autores encontraram como resultado bons ajustes das curvas, com coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,9700 a 0,9990, em comparação com as relações IDF obtidas com registros pluviográficos.

Para obter uma relação da duração da precipitação associada à sua respectiva intensidade e frequência de ocorrência, é necessário o entendimento da melhor metodologia para ajuste das distribuições de probabilidade aos dados observados, fundamental para minimizar os impactos decorrentes dos eventos extremos (JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2015).

No caso da análise dos valores extremos existem diversas distribuições de probabilidade empregadas, porém, são exigidos alguns fundamentos teóricos para a utilização das mesmas, como por exemplo, da Gumbel e log-Normal (BACK, 2001; OLIVEIRA et al., 2005; RIBEIRO et al., 2007; SILVA et al., 2013; DAMÉ et al., 2016).

A estimativa dos parâmetros de cada distribuição de probabilidade, a partir dos dados observados, pode ser feita numericamente, utilizando-se o método dos momentos, o método dos momentos-L ou o método da máxima verossimilhança. Este último é aceito como sendo mais eficiente, embora numericamente difícil, comparativamente ao método dos momentos (SANSIGOLO, 2008; HARTMANN et al., 2011).

Ao se ajustar uma série de dados a uma distribuição de probabilidade, trabalha-se com a hipótese de que a distribuição pode representar adequadamente aquele conjunto de dados. Um critério para comprovar essa hipótese é através de alguns testes não paramétricos. Segundo BACK (2001), a definição da melhor distribuição de probabilidade aplicada pode ser feita com base empírica ou a partir de testes de aderência mais objetivos, em que os resultados são dependentes, em parte dos parâmetros do modelo e da posição de plotagem utilizada.

Visto que os estudos de análise de chuvas intensas demandam grande esforço, os quais foram descritos simplificada e acima, utilizam-se ferramentas que podem auxiliar nos procedimentos para a modelagem hidrológica, como os softwares desenvolvidos para tal.

Desta forma, objetivou-se comparar os resultados do teste Kolmogorov-Smirnov (KS), obtidos por dois softwares, no ajuste das distribuições de probabilidade Normal, Gumbel, Gama e log-Normal, utilizando-se as séries de precipitação máxima diária anual para a localidade de Pelotas/RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Como local de estudo foi utilizada a cidade de Pelotas, localizada no estado do Rio Grande do Sul – Brasil, que segundo a classificação climática de Köppen, o clima dessa região é sub-tropical (ou quase temperado), úmido, sem estiagem com precipitação total anual média de 1366,9 mm.

O conjunto de dados utilizados foi obtido a partir da Estação Agroclimatológica, localizada na latitude 31°51'S, longitude 52°21'O, e a 13,2 m de altitude, mantida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Foram utilizados 34 anos de dados pluviométricos, no período de 1982 a 2015, obtendo-se séries contínuas, portanto, sem falhas.

A série de dados foi constituída por valores de precipitação diária, e a partir desses obteve-se a série de chuva máxima diária anual, cuja lâmina foi desagregada para as durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 min, utilizando-se o método das relações de CETESB (1979) (Tabela 1).

TABELA 1. Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva segundo CETESB (1979). **Disaggregation coefficients for different rain durations by CETESB (1979).**

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficientes de desagregação
5 min para 30 min	0,34
10 min para 30 min	0,54
15 min para 30 min	0,70
20 min para 30 min	0,81
30 min para 1 h	0,74
1 h para 24 h	0,42
2 h para 24 h	0,48
6 h para 24 h	0,72
12 h para 24 h	0,85
24 h para 1 dia	1,14

Após a desagregação da chuva diária, foram obtidas as séries de intensidades máximas (mm h^{-1}), considerando-se que cada duração é uma série, a partir da divisão da altura de chuva pela sua duração correspondente.

Em seguida, os valores de intensidades máximas foram ajustados às distribuições de probabilidade Normal, Gumbel, Gama e log-Normal, com o objetivo de associar as intensidades máximas de cada duração, às suas probabilidades de excedência e/ou períodos de retorno. Os parâmetros dos modelos probabilísticos foram ajustados utilizando-se o método da máxima verossimilhança (BLAIN & CAMARGO 2012; PEREIRA et al., 2014).

A definição e a escolha da distribuição que melhor se ajustou ao conjunto de dados em análise foi realizada comparando-se as frequências teóricas às frequências observadas, por meio do teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov (KS), considerando-se como hipótese de nulidade (H_0), que os dados são oriundos da população da distribuição testada, para um nível α de probabilidade de 5%. Desta forma, aceita-se H_0 quando a estatística calculada for menor do que a estatística crítica do teste. Ressalta-se que os resultados desses testes dependem, de

acordo com BACK (2001), dos parâmetros da distribuição de probabilidades e da equação de posição de plotagem.

Para o ajuste dos modelos probabilístico e aplicação do teste KS às séries, foram utilizadas as rotinas do software R na versão 3.3.2. do R-Project (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011; 2012), bem como, o software WINSTAT (MACHADO & CONCEIÇÃO, 2008), com a finalidade de comparar a mesma metodologia na aplicação dos diferentes softwares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentadas as séries de intensidades máximas diárias anuais obtidas, mediante a desagregação da chuva diária, nas durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720, 1440 min, para a localidade de Pelotas/RS.

TABELA 2. Valores de intensidades máximas para o período de 1982 a 2015 para séries de duração de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720, 1440 min. **Maximum intensities values for the period from 1982 to 2015 for series of 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720, 1440 min.**

Ano	Duração (min)									
	5	10	15	20	30	60	120	360	720	1440
1982	97,8	83,7	71,2	62,1	50,1	33,1	16,5	9,5	5,6	3,3
1983	257,2	220,0	187,1	163,3	131,7	87,0	43,5	25,0	14,8	8,6
1984	125,7	107,6	91,5	79,8	64,4	42,5	21,3	12,2	7,2	4,2
1985	71,1	60,8	51,7	45,1	36,4	24,0	12,0	6,9	4,1	2,4
1986	109,3	93,5	79,5	69,4	56,0	37,0	18,5	10,6	6,3	3,6
1987	126,0	107,8	91,7	80,0	64,5	42,6	21,3	12,2	7,2	4,2
1988	85,3	73,0	62,0	54,1	43,7	28,8	14,4	8,3	4,9	2,8
1989	112,1	95,9	81,5	71,1	57,4	37,9	18,9	10,9	6,4	3,7
1990	112,3	96,1	81,7	71,3	57,5	38,0	19,0	10,9	6,4	3,7
1991	111,5	95,4	81,1	70,8	57,1	37,7	18,9	10,8	6,4	3,7
1992	112,3	96,1	81,7	71,3	57,5	38,0	19,0	10,9	6,4	3,7
1993	120,2	102,9	87,5	76,3	61,6	40,7	20,3	11,7	6,9	4,0
1994	133,4	114,1	97,0	84,7	68,3	45,1	22,5	13,0	7,7	4,4
1995	150,0	128,4	109,2	95,3	76,8	50,7	25,4	14,6	8,6	5,0
1996	93,2	79,7	67,8	59,2	47,7	31,5	15,8	9,1	5,3	3,1
1997	207,7	177,7	151,1	131,9	106,3	70,2	35,1	20,2	11,9	6,9
1998	183,1	156,7	133,2	116,2	93,8	61,9	31,0	17,8	10,5	6,1
1999	73,5	62,9	53,5	46,7	37,6	24,9	12,4	7,1	4,2	2,5
2000	119,2	102,0	86,7	75,6	61,0	40,3	20,1	11,6	6,8	4,0
2001	123,0	105,2	89,5	78,1	63,0	41,6	20,8	11,9	7,1	4,1
2002	124,3	106,4	90,5	78,9	63,7	42,0	21,0	12,1	7,1	4,1
2003	115,1	98,4	83,7	73,0	58,9	38,9	19,5	11,2	6,6	3,8
2004	201,1	172,1	146,3	127,7	103,0	68,0	34,0	19,5	11,5	6,7
2005	116,4	99,6	84,7	73,9	59,6	39,4	19,7	11,3	6,7	3,9
2006	87,5	74,8	63,6	55,5	44,8	29,6	14,8	8,5	5,0	2,9
2007	131,2	112,2	95,4	83,3	67,2	44,4	22,2	12,7	7,5	4,4
2008	102,8	87,9	74,8	65,2	52,6	34,7	17,4	10,0	5,9	3,4

Continuação TABELA 2.

Ano	Duração (min)									
	5	10	15	20	30	60	120	360	720	1440
2009	156,6	134,0	113,9	99,4	80,2	53,0	26,5	15,2	9,0	5,2
2010	91,3	78,1	66,4	58,0	46,7	30,9	15,4	8,9	5,2	3,0
2011	82,0	70,2	59,6	52,1	42,0	27,7	13,9	8,0	4,7	2,7
2012	103,4	88,5	75,3	65,7	53,0	35,0	17,5	10,0	5,9	3,4
2013	94,1	80,6	68,5	59,8	48,2	31,8	15,9	9,1	5,4	3,1
2014	111,0	94,9	80,7	70,4	56,8	37,5	18,8	10,8	6,4	3,7
2015	160,2	137,0	116,5	101,7	82,0	54,2	27,1	15,6	9,2	5,3

As Tabelas 3 e 4 apresentam a estatística calculada do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS), no nível de probabilidade de 5%, obtidos pelos Softwares R e WINSTAT, respectivamente.

TABELA 3. Estatística calculada do teste Kolmogorov-Smirnov (KS), obtidas pelo Software R, para as distribuições de probabilidade Normal, Gama, Gumbel e log-Normal, estimados pelo método da máxima verossimilhança (MMV), para as séries de intensidades máximas (mm h^{-1}) de precipitação nas durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720, 1440 min. **Calculated statistic of the Kolmogorov-Smirnov (KS) test, obtained by Software R, for the Normal, Gama, Gumbel and log-Normal probability distributions estimated by the maximum likelihood (MMV) method for the series of maximum intensities (mm h^{-1}) of precipitation in the durations of 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720, 1440 min.**

Duração (min)	Estatística calculada do teste KS pelo Software R			
	Distribuição de Probabilidade			
	Normal	Gama	Gumbel	log-Normal
5	0,2110	0,1699	0,1243	0,1480
10	0,2110	0,1700	0,1244	0,1480
15	0,2105	0,1694	0,1238	0,1475
20	0,2108	0,1697	0,1241	0,1478
30	0,2113	0,1703	0,1248	0,1484
60	0,2112	0,1702	0,1247	0,1483
120	0,2124	0,1715	0,1260	0,1496
360	0,2151	0,1744	0,1290	0,1525
720	0,2149	0,1741	0,1285	0,1522
1440	0,2073	0,1657	0,1186	0,1436

$\alpha = 5\%$; KS estatística crítica: 0,2274

TABELA 4. Estatística calculada do teste Kolmogorov-Smirnov (KS), obtidas pelo Winstat, para as distribuições de probabilidade Normal, Gama, Gumbel e log-Normal, estimados pelo método da máxima verossimilhança, para as séries de intensidades máximas (mm h^{-1}) de precipitação nas durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720, 1440 min. **Calculated from the Kolmogorov-Smirnov (KS) test, obtained by Winstat, for the Normal, Gama, Gumbel and log-Normal probability distributions, estimated by the maximum likelihood method, for the maximum intensities series (mm h^{-1}) of Precipitation in the durations of 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720, 1440 min.**

Duração (min)	Estatística calculada do teste KS pelo Winstat			
	Distribuição de Probabilidade			
	Normal	Gama	Gumbel	log-Normal
5	0,2110	0,1699	0,1977	0,1493
10	0,2110	0,1699	0,1960	0,1493
15	0,2105	0,1694	0,1982	0,1487
20	0,2108	0,1697	0,1899	0,1491
30	0,2113	0,1703	0,1863	0,1497
60	0,2112	0,1702	0,1921	0,1495
120	0,2114	0,1744	0,1874	0,1497
360	0,2151	0,1704	0,1744	0,1537
720	0,2149	0,1741	0,1891	0,1534
1440	0,2073	0,1657	0,1685	0,1449

$\alpha = 5\%$; KS estatística crítica: 0,2274.

Observa-se que tanto pelo ajuste das distribuições pelo software R, quanto pelo software WINSTAT, todas as distribuições de probabilidade se ajustaram adequadamente às séries de dados de intensidades máximas, para todas as durações, uma vez que os valores da estatística calculada, do teste KS, foram inferiores a estatística crítica de 0,2274. Assim, a hipótese de nulidade, H_0 , é aceita, demonstrando que os dados observados são oriundos de uma população que se distribui pelas distribuições teóricas de probabilidade testadas.

Os resultados obtidos, mediante o software R, indicaram que a distribuição de probabilidade que melhor se ajustou às séries de intensidades máximas foi a distribuição de Gumbel, devido às menores diferenças entre os valores observados e ajustados, cujos valores da estatística calculada para o teste KS, variaram de 0,1186 a 0,1290.

PEREIRA et al. (2014) objetivaram estimar a equação de chuvas intensas para o estado do Mato Grosso do Sul, aplicando a técnica da desagregação da chuva diária, pelo método das relações de CETESB, utilizando 105 estações pluviométricas. As séries de intensidades máximas anuais para cada duração foram ajustadas à distribuição de Gumbel, cujos parâmetros foram estimados pelo método da máxima verossimilhança, sendo a verificação da aderência dos dados à distribuição teórica, realizada pelo teste de KS, para um nível α de probabilidade de 20%. Quanto à distribuição de probabilidade, os autores concluíram que a distribuição de Gumbel mostrou-se adequada para estimar as chuvas intensas, nas áreas estudadas.

Os resultados do software WINSTAT indicaram que a melhor distribuição de

probabilidade ajustada às séries de dados foi a distribuição log-Normal, considerada a mais adequada para representação das séries de dados, por apresentar os menores valores da estatística calculada para o teste KS.

SILVA et al. (2002) ajustaram modelos teóricos de distribuição de probabilidade aos dados de chuvas intensas e estabeleceram a relação entre intensidade, duração e frequência da precipitação pluvial de 19 estações pluviográficas localizadas no estado da Bahia. Os autores obtiveram como resultado que, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, os modelos teóricos de distribuição de probabilidade de Gumbel e log-Normal de dois parâmetros, foram os que melhor se ajustaram, ao nível de significância de 20% de probabilidade, às séries de intensidades máximas anuais.

No presente trabalho, para as distribuições de probabilidade Gama e Normal, os valores da estatística calculada do teste KS foram iguais para os dois softwares. Da mesma forma, os valores da estatística calculada do teste KS para log-Normal, para os dois softwares, foram semelhantes, ou seja, obtiveram como resultado valores aproximados.

No entanto, uma variável aleatória contínua pode ser representada por mais de um modelo probabilístico. Desta forma, evidencia-se a importância da escolha da distribuição adequada para a série de dados da localidade estudada, visando minimizar o erro de estimativa dos valores de intensidade máxima, em grandes períodos de retorno (SANSIGOLO et al., 2008; BACK et al., 2011; BESKOW et al., 2015).

CONCLUSÕES

O software R indicou que a distribuição de probabilidade que melhor se ajustou a todas às séries de intensidades máximas foi a de Gumbel, porém, a distribuição de probabilidade log-Normal mostrou-se mais adequada para representar os valores de intensidades máximas quando utilizado o software WINSTAT, para as séries de durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 min.

Quando utilizado o software WINSTAT, os resultados obtidos da estatística calculada, entre as distribuições, foram mais oscilantes, comparativamente aos obtidos pelo software R, que se apresentaram mais uniformes.

REFERÊNCIAS

- BACK, A. J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.16, p.211-222, 2001.
- BACK, A. J.; HEN, A., OLIVEIRA, J. L. R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.2127–2134, 2011.
- BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; MELLO, C. L.; FARIA, L. C.; GUEDES, H. A. S. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v.4, part B, p.123–133, September. 2015.
- BLAIN, G. C.; CAMARGO, M. B. P. Probabilistic structure of an annual extreme rainfall series of a coastal area of the State of São Paulo, Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.552-559, 2012.
- DAMÉ R.C.F.; TEIXEIRA-GANDRA, C.F.A.; GUEDES, H.A.S.; SILVA, G.M.; SILVEIRA, S.C.R. Intensity-duration-frequency relationships: stochastic modeling and disaggregation of daily rainfall in the lagoa Mirim watershed, Rio Grande do Sul, Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.3, p.492-502, 2016.
- DAMÉ, Rita de Cassia Fraga. Desagregação de precipitação diária para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência. 2001. 131 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos

Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

HARTMANN, M.; MOALA, F.A.; MENDONÇA, M.A. Estudo das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, p.561-568, 2011.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A.; MELLO, C.R.; ALVES, G.J. Eventos extremos de precipitação no Alto Rio Grande, MG: Análise probabilística. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.301-308, 2015.

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. (2008). “WinStat: Sistema de análise estatística para Windows”. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em:< <http://www.ufpel.edu.br/~amachado>>.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. L.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas para localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.13-18. 2005.

PEREIRA, S. B.; NOIA, C. P. Z.; ALMEIDA, R.A.; COELHO, C. D.. Method adjustment and equation set of maximum rainfall intensity duration and frequency in the Mato Grosso do Sul State. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.4, 2014.

R Development Core Team, 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

R Development Core Team, 2012. An Introduction to R. Vienna, Austria.

RIBEIRO, B.T.; AVANZI, J.C.; MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N. Comparação de distribuição de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.5, p.1297-1302, 2007.

SANSIGOLO, C. A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, p.341-346. 2008.

SILVA F. O. E.; PALÁCIO JÚNIOR, F. F. R.; CAMPOS, J. N. B. Equação de chuvas para Fortaleza-CE com dados do pluviógrafo da UFC. **Revista DAE**, n.192, maio/agosto. 2013.

SILVA, B. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, F. B.; ARAÚJO FILHO, P. F.; Chuvas Intensas em Localidades do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.17, n.3, p.135-147, 2012.

SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. Chuvas intensas no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.362-367, 2002.