



## XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

# DISTRIBUIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA ANUAL PARA O MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS

*Viviane Rodrigues Dorneles<sup>1</sup>; Rita de Cássia Fraga Damé<sup>2</sup>; Patrick Morais Veber<sup>3</sup>; Letícia Burkert Mélo<sup>3</sup> & Gustavo Bubolz Klumb<sup>3</sup>.*

**RESUMO** Para a obtenção de equações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas, os valores de intensidades máximas devem ser ajustados à distribuição de probabilidade, com a finalidade de associar as intensidades máximas de cada duração às suas probabilidades de excedência e/ou períodos de retorno. Objetivou-se com este trabalho, identificar, dentre as distribuições Normal, Gumbel, Gama a 2 parâmetros, log-Normal a 2 e 3 parâmetros e log-Pearson, qual a que melhor se adequa às séries históricas de precipitação máxima diária anual no município de Pelotas/RS. Para isso, foi obtida a série histórica de chuva diária dos dados pluviométricos no período, 1982 a 2015. Os parâmetros de cada distribuição foram estimados pelos métodos dos momentos e máxima verossimilhança. Pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, a distribuição log-Normal 2 parâmetros estimada pelo método dos momentos obteve os ajustes menos adequados. A distribuição log-Pearson, pelo método da máxima verossimilhança, foi a mais adequada para análise probabilística de precipitação máxima diária anual para o município de Pelotas/RS.

**ABSTRACT** To obtain equations intensity-duration-frequency of heavy rainfall, the values of maximum intensities shall be adjusted to the probability distribution, in order to associate the maximum intensities of each duration to its probability of exceedance and / or return periods. The aim of this work was to identify, among the Normal, Gumbel, Gama 2 parameters, log-Normal 2 and 3 parameters and log-Pearson distributions, which best fits the historical series of annual maximum daily rainfall in the city Pelotas/RS. For this, it obtained the historical series of daily rainfall of rain data in the period 1982 – 2015. The parameters of each distribution were estimated by the methods of moments and maximum likelihood. The adherence of Kolmogorov-Smirnov, the log-Normal 2 parameters distribution estimated by the method of moments obtained the lesser appropriate adjustments. The log-Pearson distribution by maximum likelihood method was the most suitable for probabilistic analysis of annual maximum daily rainfall for the city for Pelotas/RS.

**Palavras-Chave:** Eventos extremos; Hidrologia; Distribuições de probabilidade.

1) Mestranda do PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas-UFPel/Pelotas-RS, (53)99291319, vivianerdorneles@gmail.com;

2) Docente do Centro de Engenharias e do PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas-UFPel/Pelotas-RS, (53)3284-1641, ritah2o@hotmail.com;

3) Graduandos do curso de Engenharia Agrícola - UFPEL - Pelotas/ RS; (53)84227507, patrick.veber@hotmail.com; (53) 84253225, leticia-burkert@hotmail.com e (53)81144092, gustavo19klumb@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

A precipitação consiste na principal entrada de água em uma bacia hidrográfica e a compreensão da sua distribuição temporal e espacial, assim como sua quantificação e probabilidade de ocorrência são fundamentais para os estudos relacionados a obras hidráulicas, planejamento da irrigação, entre outros (Quadros *et al.*, 2011). Nesse contexto, os estudos hidrológicos que antecedem o dimensionamento hidráulico, exigem o conhecimento das chuvas máximas observadas nas séries históricas e a sua probabilidade de ocorrência, em determinada localidade (Araújo *et al.*, 2008).

Segundo Tucci (1997), uma das formas de representar as precipitações máximas são as relações intensidade-duração-frequência (IDF), que se caracterizam pelo risco de uma precipitação ser igualada ou superada, relacionada à sua duração e intensidade. O conhecimento dessa relação se torna importante, visto que frequentemente é aplicada nos modelos hidrológicos, que fazem a transformação chuva-vazão para a obtenção da vazão de projeto.

A determinação das equações de chuvas intensas apresenta grande dificuldade, em função da escassez de registros pluviográficos. No entanto, os registros são essenciais para o ajuste dos parâmetros da equação IDF que representa as chuvas intensas da localidade estudada (Oliveira *et al.*, 2000). Entretanto, a maioria das regiões disponibilizam dados diários, de longas séries de chuva obtidas através de pluviômetros, ou seja, séries que informam o valor da chuva diária. Para a compreensão da distribuição temporal da precipitação, a partir da chuva acumulada diária, deve-se utilizar uma metodologia que permita o conhecimento da intensidade máxima de chuva, em durações menores que 24 horas. Tal metodologia denomina-se de desagregação de chuva diária (Damé *et al.*, 2014).

Para algumas localidades da metade sul do Rio Grande do Sul, Damé *et al.* (2014) estimaram as relações IDF, utilizando a metodologia da desagregação da chuva diária, através do método de otimização não linear, comparando-as com as obtidas mediante registros pluviográficos, em locais considerados homogêneos do ponto de vista meteorológico. Os valores de intensidade máxima de precipitação pluvial, obtidos pela desagregação da chuva diária, apresentaram similaridade com os obtidos por relações IDF's padrões, apresentando-se como uma alternativa viável.

Para a obtenção da equação IDF os valores de intensidades máximas devem ser ajustados às distribuições de probabilidade (Teixeira *et al.*, 2011; Hartmann *et al.*, 2011), com a finalidade de associar as intensidades máximas, de cada duração, às suas probabilidades de excedência e/ou períodos de retorno.

Com base em modelos probabilísticos, como por exemplo, Gumbel, que é aplicado por vários pesquisadores (Silva *et al.*, 2003; Back *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2012; Caldeira *et al.*, 2015), log-Normal 2 e 3 parâmetros, Gama 2 e 3 parâmetros, descritas por Back (2001) e Catalunha *et al.* (2002), é possível estimar eventos hidrológicos relacionados a diversas probabilidades de excedência. Para

estimar os parâmetros desses modelos utilizam-se, por exemplo, os métodos dos momentos (MM) e máxima verossimilhança (MMV) (Junqueira Júnior *et al.*, 2015).

Em vista disso, o objetivo do presente trabalho foi identificar, dentre as distribuições Normal, Gumbel, Gama a 2 parâmetros, log-Normal a 2 e 3 parâmetros e log-Pearson 3, qual a mais indicada para aplicação às séries históricas de precipitação máxima diária anual, e dentro das distribuições determinar qual o método de estimativa de parâmetros mais adequado, para o município de Pelotas/RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

O conjunto de dados utilizados foi obtido na estação agroclimatológica mantida pelo convênio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). O posto selecionado localiza-se na coordenada 31° 51' de latitude sul e 52° 21' de longitude oeste. Foram utilizados 33 anos de dados de chuva diária (1982 a 2015), obtendo-se a série de chuva máxima diária anual, cuja lâmina foi desagregada para as durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 360, 720, 1440 min, utilizando o método das relações (CETESB, 1979), mediante a Equação 1, apresentada em Silveira (2000), que as relaciona como:

$$P_t = 1,1 \cdot \exp \frac{1,5 \cdot \ln(\ln(t \cdot 60))}{7,3} \cdot P_{dia} \quad (1)$$

Em que:

P<sub>t</sub> - chuva máxima (t horas de duração);

P<sub>dia</sub> - chuva máxima (um dia de duração).

Para cada duração, os valores de intensidades máximas foram ajustados às distribuições Gumbel, Normal, Gama 2 parâmetros (Gama 2p), log-Normal 2 e 3 parâmetros (LN2p e LN3p) e log-Pearson 3 parâmetros (LP) (Haan, 1979).

Para estimativa dos parâmetros de cada distribuição de probabilidade foi utilizado os métodos dos momentos (MM) e máxima verossimilhança (MMV), com o auxílio do software WINSTAT (Machado e Conceição, 2008). Para verificação da aderência dos ajustes dos parâmetros das distribuições de probabilidade, foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS), aceitando-se a hipótese de que os dados provêm da população da distribuição ajustada, quando a estatística calculada for inferior à crítica, para um valor de  $\alpha = 5\%$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os parâmetros das distribuições de probabilidade Gama 2p, Gumbel, LN2p, LN3p, LP e Normal, estimados pelos métodos dos momentos (MM) e máxima verossimilhança (MMV), para as séries de intensidades máximas (mm h<sup>-1</sup>) de precipitação nas durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 360, 720 e 1440 min.

Tabela 1 – Parâmetros das distribuições de probabilidade Gama 2p, Gumbel, LN2p, LN3p, LP e Normal, estimados pelos métodos dos momentos (MM) e máxima verossimilhança (MMV), para as séries de intensidades máximas ( $\text{mm h}^{-1}$ ) de precipitação nas durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 360, 720 e 1440 min, do município de Pelotas/RS.

		Distribuições de Probabilidade													
Duração (min)	Métodos Estimativa	Gama 2p		Gumbel		Log Normal 2p		Log Normal 3p			Log Pearson 3p			Normal	
		$\alpha$	$\lambda$	$\gamma$	$\lambda$	$\lambda$	$\alpha$	$\theta$	$\lambda$	$\alpha$	$\theta$	$\lambda$	$\alpha$	$\mu$	$\sigma$
5	MM	9,52	12,98	105,53	0,03	4,77	0,10	45,38	4,24	0,48	3,26	0,06	26,40	123,56	40,05
	MMV	11,76	10,51	106,90	0,04	4,77	0,29	50,61	4,16	0,51	3,92	0,09	9,10	123,56	40,05
10	MM	9,52	11,10	90,29	0,04	4,61	0,10	38,80	4,09	0,48	3,11	0,06	26,40	105,71	34,26
	MMV	11,76	8,99	91,46	0,04	4,62	0,29	43,28	4,01	0,51	3,76	0,09	9,10	105,71	34,26
15	MM	9,52	9,44	76,77	0,04	4,45	0,10	32,98	3,92	0,48	2,94	0,06	26,50	89,89	29,13
	MMV	11,76	7,65	77,77	0,05	4,46	0,29	36,79	3,84	0,51	3,6	0,09	9,10	89,89	29,13
20	MM	9,51	8,24	66,99	0,05	4,31	0,10	28,82	3,79	0,48	2,81	0,06	26,30	78,44	25,43
	MMV	11,76	6,67	67,86	0,06	4,32	0,29	32,13	3,71	0,51	3,46	0,09	9,10	78,44	25,43
30	MM	9,52	6,65	54,04	0,06	4,10	0,10	23,21	3,57	0,48	2,59	0,06	26,50	63,27	20,51
	MMV	11,75	5,38	54,74	0,07	4,10	0,29	25,87	3,49	0,51	3,24	0,09	9,10	63,27	20,51
60	MM	9,52	4,39	35,89	0,10	3,68	0,10	15,33	3,16	0,48	2,18	0,06	26,40	41,78	13,54
	MMV	11,75	3,56	36,15	0,11	3,69	0,29	17,08	3,08	0,51	2,83	0,09	9,20	41,78	13,54
360	MM	9,51	1,26	10,25	0,33	2,44	0,10	4,41	1,91	0,48	0,93	0,06	26,43	12,00	3,89
	MMV	11,74	1,02	*	*	2,44	0,29	4,88	1,84	0,51	1,57	0,09	9,380	12,00	3,89
720	MM	9,46	0,75	6,05	0,56	1,91	0,10	2,60	1,38	0,48	0,41	0,06	26,18	7,08	2,30
	MMV	11,70	0,60	6,13	0,66	1,91	0,29	2,94	1,29	0,52	1,08	0,10	8,69	7,08	2,30
1440	MM	9,42	0,44	3,50	0,96	1,36	0,10	1,53	0,83	0,49	-0,10	0,06	24,99	4,11	1,34
	MMV	11,70	0,35	*	*	1,37	0,29	1,80	0,69	0,54	0,61	0,11	7,13	4,11	1,34

\* Não foi possível a estimativa dos parâmetros da distribuição.

A Tabela 2 apresenta o nível de significância do teste Kolmogorov-Smirnov (KS) para os métodos de estimativas dos parâmetros de cada série (5,10,15,20,30,60,360,720 e 1440 min) dentro das distribuições de probabilidade aplicadas. Observa-se que as distribuições Gama 2p, Gumbel, LN3p, LP e Normal ajustaram-se adequadamente aos dados das séries de precipitações máximas diárias anuais, tanto por MM, como por MMV, uma vez que os valores de  $p$  foram maiores do que o nível de significância crítico (0,05).

Franco *et al.* (2014) identificaram dentre as distribuições Gumbel, Gama a 2 parâmetros e Generalizada de Valores Extremos (GEV), qual a mais indicada para aplicação às séries históricas de precipitação máxima diária anual, na bacia hidrográfica do rio Verde/MG. Para o ajuste dos parâmetros utilizaram os métodos dos momentos, máxima verossimilhança e momentos-L. Pelos testes de aderência, a distribuição Gumbel, estimada pelos três métodos, obteve os ajustes menos adequados, enquanto que a distribuição GEV, pelo método dos momentos-L, foi a mais adequada.

Baseado nos resultados expostos na Tabela 2, foi considerado que as distribuições de probabilidade que melhor se ajustaram às séries, possuindo perceptível semelhança nos ajustes dos dois métodos de estimativas de parâmetros, foi a LN3p e LP, por apresentarem os maiores valores de  $p$ , mais distantes de  $\alpha = 0,05$ , tanto por estimativa dos parâmetros por MM quanto por MMV. Destaca-se que os maiores valores de  $p$  foram obtidos por LP, pela estimativa dos parâmetros pelo MMV, por esta razão considerada a melhor distribuição de probabilidade ajustada às séries analisadas.

No trabalho de Teixeira *et al.* (2011) os valores do teste da estatística de KS para três distribuições de probabilidade ajustadas (Gumbel, log-Normal e log-Pearson 3) demonstrou que a distribuição LP foi a que melhor se ajustou à amostra de dados, tanto das séries anuais como para as séries de duração parcial, semelhante a este estudo.

A partir da análise da distribuição LN2p, indica-se que a estimativa de parâmetros pelo MMV se ajustou adequadamente a série de dados, porém com menores valores de  $p$  comparados com Gumbel, LN3p e LP. No entanto, a distribuição LN2p, não se ajustou corretamente a série pela estimativa dos parâmetros pelo MM, apresentando valores inferiores a  $\alpha = 0,05$ , obtidos pelo teste KS. O mesmo foi verificado por Caldeira *et al.* (2015) no ajuste dessa distribuição de probabilidade, também pelo MM, às séries de precipitação máxima diária anual no estado do Rio Grande do Sul.

Embora seja um teste não paramétrico pouco rigoroso, KS vem sendo bastante utilizado para verificar a aderência das séries de precipitações máximas às distribuições de probabilidades, como se pode verificar nos trabalhos de Back (2001), Beijo *et al.* (2003), Back *et al.* (2011) e Aragão *et al.* (2013).

Tabela 2 – Nível de Significância do Teste Kolmogorov-Smirnov (KS)  $\alpha=0,05$ , para Gama 2p, Gumbel, LN2p, LN3p, LP e Normal, pelos métodos dos momentos (MM) e máxima verossimilhança (MMV), para as séries de intensidades máximas ( $\text{mm h}^{-1}$ ) de precipitação nas durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 360, 720 e 1440 min, do município de Pelotas/RS.

Duração (min)	Métodos Estimativa	Distribuições de Probabilidade					
		Gama 2p	Gumbel	Log	Log	Log	Normal
				Normal 2p	Normal 3p	Pearson 3p	
<i>p</i>							
5	MM	0,265	0,485	0,044	0,697	0,902	0,084
	MMV	0,255	0,640	0,416	0,626	0,804	0,084
10	MM	0,265	0,484	0,044	0,729	0,636	0,084
	MMV	0,255	0,640	0,405	0,763	0,803	0,084
15	MM	0,268	0,489	0,044	0,734	0,642	0,085
	MMV	0,258	0,646	0,410	0,768	0,808	0,085
20	MM	0,266	0,486	0,044	0,732	0,639	0,084
	MMV	0,256	0,642	0,407	0,765	0,805	0,084
30	MM	0,263	0,481	0,044	0,726	0,633	0,083
	MMV	0,252	0,636	0,402	0,759	0,799	0,083
60	MM	0,263	0,482	0,045	0,727	0,634	0,083
	MMV	0,253	0,637	0,403	0,760	0,800	0,083
360	MM	0,241	0,447	0,044	0,690	0,595	0,074
	MMV	0,229	*	0,369	0,719	0,768	0,074
720	MM	0,242	0,449	0,044	0,694	0,599	0,075
	MMV	0,230	0,599	0,372	0,718	0,726	0,075
1440	MM	0,270	0,483	0,035	0,735	0,661	0,094
	MMV	0,282	*	0,443	0,782	0,781	0,094

\* Não foi possível a estimativa dos valores de *p* da distribuição.

Martins *et al.* (2011), para estimar a precipitação máxima, utilizaram modelos probabilísticos, dentre eles destacou-se log-Pearson 3, onde os resultados obtidos demonstraram a aplicabilidade do modelo teórico para a estimativa da precipitação máxima em diferentes períodos de retorno.

Segundo Millington *et al.* (2011), desde 1967, o Conselho de Recursos Hídricos dos Estados Unidos tem recomendado e exigido o uso da distribuição LP para todas as análises e estudos de precipitações máximas.

Com o objetivo de analisar a distribuição da quantidade diária de precipitação e do número de dias com chuva e determinar a variação da probabilidade de ocorrência de precipitação diária em Santa Maria/RS, Silva *et al.* (2007) aplicaram as funções de distribuições de probabilidade: Gama, Weibull, Normal, log-Normal e Exponencial e obtiveram como resultado que a distribuição Normal

não foi a mais adequada para a série de dados. Assim as funções que melhor descreveram a distribuição das probabilidades foram Gama e Weibull.

## CONCLUSÕES

As distribuições de probabilidade Gama 2 parâmetros, Gumbel, log-Normal 3 parâmetros, log-Pearson 3 e Normal se ajustaram adequadamente as séries de precipitação máxima diária anual, utilizando os métodos dos momentos e máxima verossimilhança. O método da máxima verossimilhança de estimativa de parâmetros para a distribuição log-Normal 2 parâmetros ajustou-se adequadamente para todas as séries, porém quando aplicado o método dos momentos não se ajustou corretamente.

## BIBLIOGRAFIA

ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; COSTA, C. E. F. F. CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO E. E. E SRINIVASAN V. S. (2013). “*Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.3, p.243–252.

ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S. RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MADEIROS, P. C. (2008). “*Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba*”. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.2, p.162-169.

BACK, A. J. (2001). “*Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina*”. Revista Brasileira de Meteorologia, v.16, p.211-222.

BACK, A. J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J. L. R. (2011). “*Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil*”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.2127-2134.

BAENA, L. G. N. (2003). “*Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins*”. Engenharia na Agricultura, v.11, p.7-14.

BEIJO, L. A.; MUNIZ, J. A.; VOLPE, C. A.; PEREIRA, G. T. (2003). “*Estudo da precipitação máxima em Jaboticabal (SP) pela distribuição de Gumbel utilizando dois métodos de estimação dos parâmetros*”. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, p.141-147.

CALDEIRA, T. L.; BESKOW, S.; MELLO, C. R.; FARIA, L.C.; SOUZA, M. R. E GUEDES H. A. S. (2015). “*Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul*”. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v.19, n.3, p.197–203.

CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, A. (2002). “*Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais*”. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.10, p.153-162.

- CETESB, (1979). *Drenagem Urbana: Manual de projeto*. São Paulo. p 476.
- DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A.; VILLELA, F. A.; SANTOS, J. P.; WINKLER, A. S. (2014). “*Analysis of the relationship intensity, duration, frequency of disaggregated daily rainfall in southern Rio Grande do Sul, Brazil*”. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.34, n.4, p.660-670.
- FRANCO, C. S.; MARQUES, R.F.P.V.; OLIVEIRA, A.S.; OLIVEIRA L.F.C. (2014). “*Distribuição de probabilidades para precipitação máxima diária na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, Minas Gerais*” *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.18, n.7, p.735–741.
- HAAN, C.T. *Statistical methods in hydrology*. (1979). 2a ed. Ames, The Iowa State University Press. 377p.
- HARTMANN, M.; MOALA, F. A.; MENDONÇA, M. A. (2011). “*Estudo das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente*”. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, p.561-568.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; ALVES, G.J. (2015). “*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.
- 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>>.
- MARTINS, C. A; ULIANA, E. M; REIS, E. F. (2011). “*Estimativa da vazão e da precipitação máxima utilizando modelos probabilísticos na bacia hidrográfica do rio Benevente*”. *Enciclopédia biosfera*, v.7, p. 1130-1142.
- MILLINGTON, N.; DAS, S.; SIMONOVIC, S. P. (2011). “*The Comparison of GEV, Log-Pearson Type 3 and Gumbel Distributions in the Upper Thames River Watershed under Global Climate Models*”. Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Western Ontario – Canada, n 77.
- OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS F. C.; BARBOSA, F. O. A.; ROMÃO, P. A. E CARVALHO, D. F. (2000). “*Estimativa das equações de chuvas intensas para algumas localidades no Estado de Goiás pelo método da desagregação de chuvas*”. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 30, n.1, p. 23-27.
- QUADROS, L. E.; QUEIROZ, M. M. F.; E BOAS, M. A. V. (2011). “*Distribuição de frequência e temporal de chuvas intensas*”. *Acta Scientiarum. Agronomy*. Maringá, v.33, n.3, p.401-410.
- SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; e BAENA, L. G. N. (2003). “*Equações de Intensidade-Duração-Frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins*”. *Engenharia na Agricultura, Viçosa*, v.11, n.1-4.

SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G. & GRIMM, E. L. (2007). “*Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, n.1, p.67–72.

SILVEIRA, A. L. L. (2000). “*Equação para os coeficientes de desagregação de chuva*”. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v 5 n.4, p. 143-147.

SOUZA, R. O. R. DE M., SCARAMUSSA, P. H. M., AMARAL, M. A. C. M., PEREIRA NETO J. A., PANTOJA, A. V. & SADECK, L. W. R. (2012). “*Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.9, p.999–1005.

TEIXEIRA, C. F. A., DAMÉ, R. DE C. F. ROSSKOFF J. L. C. (2011). “*Intensity-Duration-Frequency ratios obtained from annual records and partial duration records in the locality of Pelotas RS, Brazil*”. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.4, p.687-694.

TUCCI, C.E.M. (1997). *Hidrologia: ciência e aplicação*. ABRH Porto Alegre - RS 2.ed, p.164.