

## AJUSTE DOS PARÂMETROS DO MODELO NEYMAN-SCOTT DO PULSO RETANGULAR MODIFICADO PARA A CIDADE DE PELOTAS-RS

ROBERTA MACHADO KARSBURG<sup>1</sup>:

EMANUELE BAIFUS MANKE<sup>2</sup>; CLAUDIA FERNANDA ALMEIDA TEIXEIRA-GANDRA<sup>3</sup>; RITA DE CÁSSIA FRAGA DAMÉ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UFPel – [robertakarsburg@gmail.com](mailto:robertakarsburg@gmail.com); <sup>2</sup>UFPel – [manumanke@gmail.com](mailto:manumanke@gmail.com); <sup>3</sup>UFPel – [ctfeixei@gmail.com](mailto:ctfeixei@gmail.com); <sup>4</sup>UFPel – [ritah2o@hotmail.com](mailto:ritah2o@hotmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Conhecer a série de precipitação de um determinado local, especificamente seus valores máximos em uma dada duração e período de retorno, é importante para o dimensionamento de obras hidráulicas. Desta forma, a análise das chuvas intensas parte do pressuposto de que as essas ocorrem em pequenas durações, fato que demonstra a necessidade de se analisar dados de precipitações em escalas sub-horárias, as quais são obtidas por meio de registros pluviográficos. Há de se mencionar também a escassez de registros pluviográficos, cujos valores representam a variabilidade temporal da precipitação e que são necessários, para a obtenção da curva de Intensidade-Duração-Freqüência (IDF) de ocorrência da precipitação.

Uma alternativa para a obtenção das curvas IDF em locais em que só estão disponíveis dados de chuva obtidos de pluviômetros, é o uso de modelos que simulam a precipitação em durações sub-horárias. Um dos modelos que tem sido aplicado com esse objetivo é o modelo Neyman-Scott de Pulso Retangular Modificado (NSPRM), o qual fundamenta-se na teoria do processo pontual de agrupamento, fazendo com que as características estatísticas da série histórica sejam preservadas (ENTEKHABI et al., 1989).

Com base no exposto, este trabalho objetivou realizar o ajustamento dos parâmetros do modelo NSPRM relativos ao inverno utilizando como estudo de caso os dados pluviográficos da cidade de Pelotas/RS. Este trabalho faz parte de um trabalho maior, representando uma etapa inicial do mesmo. Esse ajuste foi realizado de modo a selecionar qual combinação estatística melhor representa os dados observados de precipitação, para depois, como etapa posterior, iniciar as simulações de chuva através do modelo NSPRM. Com as séries sintéticas de precipitação simuladas, curvas de IDF de precipitação serão construídas, para a cidade de Pelotas para o inverno, realizando a comparação com a curva IDF obtida por DORNELES et al. (2019), para a mesma localidade.

### 2. METODOLOGIA

Os dados de precipitação utilizados na realização deste estudo referem-se ao período de 1982 a 2015 (34 anos consecutivos), os quais são provenientes da Estação Agroclimatológica, de responsabilidade da EMBRAPA, INMET e em conjunto com a UFPel. A classificação climática da localidade, segundo Koeppen, caracteriza a região como clima sub-tropical (ou quase temperado), úmido, sem estiagem.

A partir dos dados históricos de precipitação constituiu-se as séries de precipitação nas durações de 5, 10, 15, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 min. Para tanto, utilizou-se a rotina computacional desenvolvida por PEDROLLO (2018).

Esta metodologia foi utilizada pra a discretização dos dados no período de inverno, o qual é composto pelos meses de junho, julho, agosto e setembro, compondo um total de 34 anos.

O modelo NSPRM possui como parâmetros  $\lambda$ ,  $\beta$ ,  $\mu_x$ ,  $\mu_c$ ,  $\alpha$  e  $\theta$ , em que:  $\lambda$  é o parâmetro que governa o tempo de origem das tormentas ( $h^{-1}$ );  $\beta$  é o parâmetro que representa o início da célula de chuva ( $h^{-1}$ );  $\mu_x$  representa a média das alturas de células de chuvas associadas às tormentas ( $mm\ h^{-1}$ );  $\mu_c$  representa a média do número de células por tormenta (adimensional);  $\alpha$  e  $\theta$  são os parâmetros de forma e escala, respectivamente, da distribuição gama, que foram introduzidos na versão modificada do modelo NSPRM para simular  $\eta$ , que especifica a duração (h) de cada célula de chuva, sendo variável de tormenta a tormenta.

Os parâmetros do modelo NSPRM foram estimados pelo método dos momentos (RODRIGUEZ-ITURBE et al., 1987; ISLAM et al., 1990; VELGHE et al., 1994; KHALIQ e CUNNANE 1996). Destaca-se que o modelo possui seis parâmetros e três equações, fato determinante para a quantidade mínima de equações utilizadas na estimativa dos parâmetros, que é seis, uma vez que esse é o número de parâmetros do modelo.

As três equações do modelo NSPRM, as quais representam a esperança, variância e a covariância dos valores de precipitação para cada uma das durações pré-estabelecidas estão em ENTEKHABI et al. (1989).

Para o ajuste dos seis parâmetros do modelo NSPRM, foi necessário constituir combinações estatísticas, as quais relacionam-se com as formulações estatísticas do modelo (média, variância e covariância), e as durações pré-estabelecidas (5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 min). Nesse sentido, percebe-se que a escolha das características estatísticas para o ajuste, é essencialmente subjetiva.

Foram constituídas duas combinações estatísticas (A e B). A elaboração da combinação A foi inspirada na elaborada por ENTEKHABI et al. (1989) e VELGHE et al. (1994), assim como a combinação B foi inspirada no estudo de MANKE et al. (2018). As combinações estatísticas e seus respectivos níveis de agregação temporal estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Combinações estatísticas utilizadas na estimativa dos parâmetros do modelo NSPRM e seus respectivos níveis de agregação temporal.**

Combinações	Média (mm)	Variância (mm <sup>2</sup> )	Covariância 1*
A	5	5 e 30	5, 10 e 15
B	5	5 e 60	5, 30 e 1440

Covariância 1 \* → covariância de retardo 1.

Após o ajuste dos parâmetros, utilizou-se a função objetivo (DAMÉ, 2001), a qual relaciona o valor da estatística obtida através do modelo NSPRM e o valor da estatística observada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros resultados são referentes às estatísticas históricas dos dados históricos de precipitação, as quais estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Estatísticas históricas das alturas de chuva (mm) da cidade de Pelotas.

Estatísticas	Inverno										
	5min	10min	15min	20min	30min	1h	2h	6h	12h	24h	
Média (mm)	0,013	0,026	0,039	0,052	0,078	0,157	0,313	0,936	1,892	3,660	
COV 1*	0,008	0,024	0,046	0,074	0,145	0,442	1,279	5,380	11,059	21,295	
Var* (mm <sup>2</sup> )	0,011	0,027	0,075	0,123	0,244	0,774	2,412	13,658	38,398	96,117	

COV 1\*: covariância de retardo 1. Var\*: Variância.

Observando-se a Tabela 2, os resultados para as médias nas durações estudadas demonstram que a lâmina precipitada aumenta gradativamente para maiores durações, sendo este comportamento esperado visto as características naturais dos eventos de precipitação. Neste sentido, a média das precipitações variou de 0,013 a 3,660mm. Os valores de covariância de retardo 1 mantiveram-se ordenados de forma crescente em função do aumento de suas durações.

A variância também cresce em relação aos intervalos de tempo discretizados, seus valores variaram de 0,011 a 96,117 mm<sup>2</sup>. Neste caso, para maiores durações, tem-se consequentemente, uma maior diferença entre a precipitação acumulada em cada instante, como ocorre na duração de 24h, onde naturalmente há uma maior variação do total precipitado a cada dia quando comparada a cada 5 min (Tabela 2).

Após a constituição das combinações estatísticas (Tabela 1), foram ajustados os parâmetros do modelo NSPRM de acordo com as suas equações. O ajuste dos parâmetros está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros do modelo NSPRM ajustados a partir dos dados históricos de precipitação da cidade de Pelotas, para as combinações estatísticas A e B.

Combinações	Inverno					
	$\lambda$ (h <sup>-1</sup> )	$\beta$ (h <sup>-1</sup> )	$\theta$ (h)	$\alpha$	$\mu_x$ (mm/h)	$\mu_c$
A (min)	0,017	2,668	0,001	5,100	70,591	217,318
B (min)	0,002	0,169	0,006	5,100	48,877	501,243

Observando-se a Tabela 3, percebe-se similaridade da estimativa dos parâmetros  $\lambda$  (h<sup>-1</sup>) e  $\beta$  (h<sup>-1</sup>) com os resultados estimados no estudo de ENTEKHABI et al. (1989), onde os valores dos parâmetros  $\lambda$  (h<sup>-1</sup>) e  $\beta$  (h<sup>-1</sup>) variaram entre 0,010 a 0,011 h<sup>-1</sup> e entre 0,137 a 0,149 h<sup>-1</sup>, respectivamente. O parâmetro  $\beta$  (h<sup>-1</sup>) no conjunto estatístico A (2,668 h<sup>-1</sup>) não permanece dentro do intervalo de valores de 0,169 a 0,967 h<sup>-1</sup>. Em relação ao parâmetro  $\theta$  (h), em ENTEKHABI et al. (1989) esse variou entre 1,063 a 1,221 h, o que difere-se do encontrado nesse estudo, no qual os valores para esse parâmetro variaram entre 0,001 a 0,006 h. Os valores de  $\mu_x$  (mm/h) e  $\mu_c$  (Tabela 3) foram os mais distantes dos encontrados por ENTEKHABI et al. (1989). No presente estudo, o parâmetro  $\mu_x$  (mm/h) variou entre 48,877 e 70,591 mm/h, em ENTEKHABI et al. (1989)  $\mu_x$  (mm/h) variou entre os valores de 3,140 e 3,244 mm/h. O parâmetro  $\mu_c$  variou entre 217,318 a 501,243 (Tabela 3), e em ENTEKHABI et al. (1989) apresentou valores entre 6,276 a 6,983.

Após o ajuste dos parâmetros, foi utilizada a metodologia de função objetivo para verificar a relação entre as estatísticas dos valores de precipitação simulados pelo modelo NSPRM e os observadas. Os resultados referentes a esta etapa estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores da função objetivo para as combinações estatísticas A e B.

Combinação estatística	Função objetivo
A	0,003
B	0,145

Observando-se a Tabela 4, a combinação estatística A obteve menores valores de função objetivo entre as combinações estudadas. O que representa maior similaridade entre as estatísticas dos valores de precipitação simulados pelo modelo NSPRM e os valores de precipitação histórica.

#### 4. CONCLUSÕES

Pela combinação estatística A ter obtido melhores resultados, essa será a selecionada para constituir as próximas partes deste trabalho, as quais serão a simulação de chuva pelo modelo NSPRM e obtenção de curva IDF para o inverno para Pelotas, a qual será comparada em diversos aspectos com a IDF obtida para a mesma localidade por DORNELES et al. (2019).

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAMÉ, R.C.F. **Desagregação de Precipitação Diária Para Estimativa de Curvas Intensidade-Duração-Freqüência**. 2001. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DORNELES, V.R.; DAMÉ, R.C.F.; TEIXEIRA-GANDRA, C.F. A.; MELLO, L.B.; RAMIREZ, M.A.A.; MANKE, E.B. Intensity-duration-frequency relationships of rainfall through the technique of disaggregation of daily rainfall. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.7, p.506-510, 2019.
- ENTEKHABI, D.; RODRIGUEZ-ITURBE, I.; EAGLESON, P. S. Probabilistic Representation of the Temporal Rainfall Process by a Modified Neyman-Scott Rectangular Pulses Model. **Water Resources Research**, v.25, n.2, p.295-302, 1989.
- PEDROLLO, O. Rotina computacional desenvolvida no software MATLAB, 2018.
- RODRIGUEZ-ITURBE, I., FEBRES DE POWER, B.; VALDÉS, J.B. Rectangular Pulses Point Process Models for Rainfall: Analysis of Empirical Data. **Journal of Geophysical Research**, v.92, n.8, p.9645-9656, 1987.
- VELGHE, T.; TROCH, P. A.; DE TROCH, F. P.; VAN DE VELDE. Evaluation of cluster-based rectangular pulses point process models for rainfall. **Water Resources Research**, v.30, n.10, p.2847-2857, 1994.
- KHALIQ, M.N.; CUNNANE, C. Modelling point rainfall occurrences with the modified Bartlett-Lewis Rectangular Pulses Model. **Journal of Hydrology**, v.180, p.109–138, 1996.
- MANKE, E.B.; VEBER, P.M; BERGMANN, H.M.; Teixeira-Gandra, C.F.A.; DAMÉ, R.C.F. Análise dos parâmetros do modelo de Bartlett-Lewis do pulso retangular modificado para a cidade de Pelotas-RS. In: **XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE**, Maceió, 2018, Anais... ABRH, 2018.
- ISLAM, S., ENTEKHABI, D., BRAS, R. L. Parameter estimation and sensitivity analysis for the modified Bartlett-Lewis Rectangular Pulses Model of rainfall. **Journal of Geophysical Research**, v.95, n.3, p.2093-2100, 1990.