

# **DETERMINAÇÃO DO FATOR DE REDUÇÃO DE ÁREA, APLICADO EM CHUVAS DE PROJETO.**

Fernando Duarte BARBALHO; Klebber Teodomiro Martins FORMIGA.

Escola de Engenharia Civil - Universidade Federal de Goiás.

Palavras-chave: chuva média; chuva de projeto; fator de redução de área.

## **1 INTRODUÇÃO**

A chamada chuva de projeto é indispensável em diversos estudos hidrológicos, sendo sua estimativa muitas vezes feita com base observações pontuais, gerando a necessidade de uma ferramenta para transformação destas informações em espaciais (RODRIGUEZ-ITURBE; MEJÍA, 1974). Esta transformação para uma chuva de projeto média sobre uma área, com mesmo tempo de recorrência e duração, pode ser feita empregando-se um coeficiente de correção, também chamado fator de redução de área – FRA (SRIKANTHAN, 1995). Svensson e Jones (2010) citam vários fatores que influenciam os FRA baseados em uma extensa revisão.

O emprego do FRA com segurança deve ser precedido de estudos que avaliem as condições locais de precipitação e seu do comportamento espacial. Para a cidade de Goiânia e para as cidades do Centro-Oeste não existem estudos regionais específicos para determinação desses coeficientes. Diante o exposto, é objetivo geral deste estudo propor uma metodologia de cálculo para o fator de redução de área que avalie as precipitações pontuais simultaneamente às chuvas médias, e comparar seus resultados com os de outras metodologias encontradas na literatura.

## **2 METODOLOGIA**

O modelo a ser proposto em si, do tipo empírico, ainda está em elaboração, sendo necessários estudos preliminares, em especial o da técnica a ser empregada para cálculo da chuva média e um estudo sobre a variabilidade espacial de eventos extremos. Neste sentido, o enfoque atual desta pesquisa foi a escolha de uma técnica suporte para cálculo da chuva média. Para tanto deve-se não apenas considerar seus resultados, mas também as vantagens e desvantagens destas. Assim, foram comparadas e avaliadas as seguintes: o Método de Thiessen - MT

(THIESSEN, 1911); O Método do Inverso do Quadrado das Distâncias - MIQD (WEI; McGUINNES, 1973) e o Método Multiquadric - MQ (SHAW; LYNN, 1972).

Como não se conhece a superfície real de precipitação, assumiu-se que quanto menos informação um método necessitasse para melhor se aproximar de seus resultados na situação mais favorável de disponibilidade de dados, mais recomendável seria seu emprego. Considerou-se, que a velocidade com que o método converge é um indicador de sua melhor ajuste à superfície real.

Como área de estudos, foi escolhida a região da Bacia do Córrego Botafogo, que se encontra dentro da zona urbana de Goiânia, apresentando área de 32,2 km<sup>2</sup>, comprimento de rio principal igual a 10,7 km, comprimento aproximado de 10,1 km e declividade do rio de 0,0163 m/m. Selecionou-se então oito pluviógrafos do modelo RG3-M, marca Onset, para que fosse gerada uma série de 28 dias de observação sem falhas. A Tabela 1 trata da locação da rede.

Tabela 1 - Pluviógrafos empregados em cada cenário. Os "X" indicam os pluviógrafos empregados em cada cenário.

Pluviógrafo	Longitude	Latitude	REF	SC-3	SC-2	SC-1
P-01	-49° 14' 40,44"	-16° 39' 23,45"	X			
P-02	-49° 16' 03,05"	-16° 38' 58,42"	X	X	X	X
P-03	-49° 15' 43,99"	-16° 40' 40,87"	X	X	X	
P-04	-49° 17' 12,07"	-16° 41' 07,20"	X	X		
P-05	-49° 16' 21,64"	-16° 44' 29,27"	X			
P-06	-49° 15' 29,75"	-16° 42' 49,25"	X	X	X	X
P-08	-49° 13' 38,66"	-16° 42' 40,20"	X	X	X	X
P-010	-49° 14' 30,36"	-16° 40' 37,77"	X	X	X	

Com estes dados foram calculadas as precipitações médias sobre a bacia empregando apenas a média simples entre os postos, a fim de que nenhum método fosse favorecido. Foram escolhidos os eventos mais chuvosos compatíveis com o tempo de concentração da bacia, 71,5 minutos, determinado pela metodologia sugerida pelo *Federal Highway Administration* (BROWN *et al*, 2009), resultando nas durações de 05 (A), 10 (B), 15 (C), 30 (D), 45 (E), 60 (F), 90 (G) e 120 (H) minutos (Tabela 2). Desta forma, foi posteriormente calculado o valor da chuva média por cada método para os intervalos de tempo indentificados na etapa anterior. A discretização espacial foi de 0,0025 °.

Criou-se três cenários para verificação da convergência, variando-se o número de postos (tabela 3). O cenário de referência é chamado de REF, e os demais cenários

SC-3, SC-2 e SC-1, com 6, 5 e 3 postos empregados respectivamente. Foram então calculados os erros de cada método entre os três cenários criados e o cenário de referência, para cada evento. Assim foi realizada uma comparação entre erros e a avaliada a forma de convergência dos mesmos. Por fim, os resultados da avaliação, apresentados adiante em conjunto com uma breve discussão, indicaram o Multiquadric como método a ser empregado para subsidiar a metodologia de cálculo do FRA sugerida.

### 3 RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

Como disposto anteriormente, os resultados até então obtidos se referem à escolha do método de referência para cálculo da chuva média, a ser posteriormente empregado na metodologia estimativa do FRA em desenvolvimento. A Tabela 2 adiante expõe os resultados obtidos por cada método para o cálculo da chuva média sobre a bacia em cada evento.

Tabela 2 - Precipitação média sobre a bacia obtida para cada método: a. MQ; b. MIQD e c. MT; para cada cenário, indicando o erro relativo ao cenário de referência.

a.

Evento	SC-01 (mm)	Erro (%)	SC-02 (mm)	Erro (%)	SC-03 (mm)	Erro (%)	REF (mm)
A	1,67	37,22	2,16	18,86	2,83	6,46	2,66
B	3,20	31,40	3,81	18,27	4,99	7,00	4,66
C	4,72	21,76	4,79	20,68	6,54	8,36	6,04
D	7,68	5,28	6,16	24,06	8,85	9,19	8,11
E	22,37	57,99	17,44	23,18	14,89	5,19	14,16
F	11,38	29,90	16,09	0,88	16,32	0,54	16,23
G	15,21	20,90	19,27	0,24	19,43	1,02	19,23
H	17,24	24,39	23,03	1,01	22,97	0,75	22,80

b.

Evento	SC-01 (mm)	ERRO (%)	SC-02 (mm)	ERRO (%)	SC-03 (mm)	ERRO (%)	REF (mm)
A	1,52	43,58	2,13	21,11	3,02	12,11	2,70
B	2,92	38,58	3,75	21,03	5,33	12,26	4,75
C	4,31	30,70	4,69	24,61	7,00	12,46	6,22
D	7,03	20,46	5,95	32,59	9,45	7,01	8,83
E	21,44	47,39	16,63	14,30	15,07	3,61	14,55
F	11,44	28,99	15,50	3,74	16,46	2,20	16,11
G	15,05	21,96	18,57	3,68	19,71	2,19	19,28
H	17,13	24,61	22,26	2,01	23,23	2,27	22,72

Tabela 2 - continuação.

c.							
Evento	SC-01 (mm)	ERRO (%)	SC-02 (mm)	ERRO (%)	SC-03 (mm)	ERRO (%)	REF (mm)
A	1,74	30,41	2,21	11,83	2,63	4,84	2,51
B	3,34	23,90	3,87	11,96	4,62	5,16	4,39
C	4,94	12,05	4,76	15,37	5,94	5,64	5,62
D	8,04	7,97	5,87	21,15	7,81	4,95	7,45
E	22,87	50,60	16,57	9,12	15,52	2,18	15,19
F	11,77	29,59	16,68	0,18	16,70	0,05	16,71
G	15,76	20,16	19,77	0,13	19,84	0,50	19,74
H	17,62	24,49	23,65	1,35	23,45	0,47	23,34

Como pode ser observado nos resultados apresentados, o MT obteve o melhor comportamento de convergência, o que poderia sugerir sua melhor performance na estimativa da chuva média para eventos extremos, como os empregados. Mas, dos três métodos testados, o MT é o único que não é indicado para estimar a chuva em um ponto qualquer da bacia, o que não parece maior problema para determinação da chuva média, mas não é razoável para estimar a distribuição espacial da chuva na bacia. Ainda, apesar dos resultados, o MT pode conduzir a erros significativos em eventos que tenham grande variabilidade espacial por causa de sua própria formulação, que podem gerar resultados superestimados no caso de uma estação com grande influência de área registrar um valor considerável precipitado.

Neste sentido, MIQD e MQ, além da vantagem de poder estimar a superfície de precipitação, também reduzem os efeitos oriundos de observações esporádicas, altas ou baixas, na estimativa da chuva média, porque usam as observações existentes em todos os pontos. Além disso, o MQ pode ter melhores efeitos de atenuação devido ao fato de que seus coeficientes de ponderação são derivados das medições e de suas estruturas espaciais como um todo e não apenas do posicionamento dos postos como no caso do MIQD. Ao se comparar o ambos é perceptível que o MQ foi um pouco melhor no aspecto de convergência, na maioria dos eventos. Desta maneira o MQ foi a técnica escolhida para este trabalho, considerando os resultados e a possibilidade de estimativa da distribuição espacial.

#### 4 RESULTADOS ESPERADOS E CONCLUSÃO

Espera-se que a análise da variabilidade espacial das precipitações extremas observadas, bem como seu estudo embasado pela literatura sobre o assunto,

direcione os passos do método a ser elaborado para o cálculo do FRA. De certa forma, espera-se que o comportamento a ser observado aponte para o decaimento do FRA com o aumento da área de interesse e que os eventos extremos possuam alta variabilidade espacial, mas que o padrão desta se repita para eventos de mesma magnitude, permitindo a definição de índices para o cálculo do FRA que garantam a transformação de chuvas de projetos pontuais para médias distribuídas. E assim sendo, que a metodologia e os estudos realizados sirvam de base para a determinação do FRA na região de Goiânia, quando da disponibilidade de dados for suficientemente segura.

## 5 AGRADECIMENTOS

À Finep, pelo apoio financeiro ao projeto Diretrizes Projetuais para Drenagem Urbana no Município de Goiânia, e ao CNPq pelo pagamento da bolsa ao 1º autor.

## 6 REFERÊNCIAS

- BALASCIO, C. C. Multiquadric Equations and Optimal Areal Rainfall Estimation. **Journal of Hydrology Engennering**, v. 6, n. 6, p. 498-505, nov. 2001.
- BROWN, S. A.; SCHALL, J. L.; MORRIS, J. L.; DOHERTY, C. L.; STEIN, S. M.; WARNER, J. C. **Urban Drainage Design Manual**. 3. ed. Fort Collins. Ayeres Associates Inc. 2009.
- RODRIGUEZ-ITURBE, I.; MEJÍA, J. M. On the Transformation of Point Rainfall to Areal Rainfall. **Water Resources Research**, v. 10, n. 4, p. 729-735, 1974.
- SHAW, E. M.; LYNN, P. P. Areal Rainfall Evaluation Using Two Surface Fitting Techniques. **Bulletin of the Intternational Association of Hydrological Sciences**, v. 17, n. 4, p. 419-433, 1972.
- SRIKANTHAN, R. **A Review of the Methods for Estimating Areal Reduction Factors for Design Rainfalls**. Australia: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, 1995. 36 p. ISBN 1 876006 01 3.
- SVENSSON, C.; JONES, A. Review of methods for deriving areal reduction factors. **Journal of Flood Risk Mngement**, v. 3, p. 232-245, jul. 2010.
- THIESSEN, A. H. Precipitacion Averages for Large Areas. **Monthly Weather Review**, v. 39, p. 1082-1084, 1911.
- WEI, T. C.; MCGUINESS, J. L. **Reciprocal distance squared method: a computer technique for estimating areal precipitation**. USDA-ARS-NC-8, p. 1-23, 1973.