



RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES INTENSAS DE DIFERENTES DURAÇÕES OCORRIDAS NOS MUNICÍPIOS DE PORTO ALEGRE – RS, FLORIANÓPOLIS – SC E CURITIBA – PR.

*Adriana Torres Medeiros*¹; *Leonardo Augusto Thomas*²; *Fernando Dornelles*³; *Joel Avruch Goldenfum*⁴

RESUMO – Os coeficientes de desagregação de chuvas intensas para relações entre diferentes durações são comumente usados para estimar precipitações em regiões com escassez de registros pluviográficos com discretização subdiária. Assim, o objetivo desse estudo é analisar os coeficientes publicados pela CETESB, em 1986, para as cidades de Porto Alegre – RS, Florianópolis – SC e Curitiba – PR, comparando com resultados obtidos a partir de dados pluviométricos observados. Para isso, foram utilizados os dados de chuva subdiários de 30 postos pluviométricos fornecidos pela rede de monitoramento de risco de desastres naturais do CEMADEN, no período de 2014 a 2020. Concluiu-se que, apesar das diferenças obtidas entre os coeficientes calculados neste estudo e as médias nacionais apresentadas pela CETESB, em 1986, os resultados apresentaram elevada divergência, indicando a necessidade da continuidade da rede de monitoramento de dados pluviométricos.

ABSTRACT – Severe rainfall disaggregation coefficients for relationships of different durations are commonly used to estimate rainfall in regions with poor rainfall records. Thus, the objective of this study is to analyze the coefficients published by CETESB, in 1986, for the cities of Porto Alegre - RS, Florianópolis - SC and Curitiba - PR, comparing with results obtained from recorded rainfall data. For this, we used the subsidiary rain data from 30 rain stations provided by the natural disaster risk monitoring network of CEMADEN, from 2014 to 2020. It was concluded that despite the differences between the coefficients calculated in this study and the national averages presented by CETESB in 1986, the results showed high divergence, indicating the need for continuity of the monitoring network of rainfall data.

Palavras-Chave – Coeficiente de desagregação, CETESB.

¹) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Av. Bento Gonçalves, 91501-970; Porto Alegre – RS, adriana.medeiros@ctec.ufal.br

²) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Av. Bento Gonçalves, 91501-970; Porto Alegre – RS, leonardoaugustothomas@gmail.com

³) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Av. Bento Gonçalves, 91501-970; Porto Alegre – RS, fernando.dornelles@ufrgs.br

⁴) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Av. Bento Gonçalves, 91501-970; Porto Alegre – RS, joel@iph.ufrgs.br



1 INTRODUÇÃO

O método da relação de chuvas de diferentes durações consiste na desagregação de chuvas máximas de 1 dia em chuvas para diversas durações menores, variando entre 5 minutos e 24 horas. Baseia-se na hipótese que existe a tendência das curvas de probabilidade de diferentes durações se manterem paralelas entre si e há similaridade nas relações entre precipitações máximas de diferentes durações em diversos locais (BERTONI e TUCCI, 2002). Assim, baseado na similitude das proporções entre precipitações médias máximas de diferentes durações, tem-se a equação 1.

$$r_{\frac{t_1}{t_2}} = \frac{\text{precipitação de duração } t_1}{\text{precipitação de duração } t_2} \quad (1)$$

No Brasil, esses coeficientes de desagregação foram apresentados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (1986) com valores médios, a partir de séries parciais curtas com valores médios de precipitações de localidades distribuídas em todo território brasileiro, conforme ilustra a tabela 1.

Tabela 1: Coeficientes de desagregação de chuvas para diferentes relações de durações.

Relação de durações	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	1 h	6 h	8 h	10 h	12 h	24 h
	30 min	30 min	30 min	30 min	30 min	1 h	24 h	24 h	24 h	24 h	24 h	1 dia
Relação de chuvas	0,34	0,54	0,7	0,81	0,91	0,74	0,42	0,72	0,78	0,82	0,85	1,14

Fonte: CETESB (1986).

Apesar dos coeficientes de desagregação apresentarem características de diversas localidades nacionais, esses podem acomodar erros consideráveis nas estimativas devido à generalização nas diferentes regiões brasileira (BACK & PAOLA, 2016). Para tanto, uma das alternativas é determinação de relações com dados de pluviógrafos locais, a fim de completar as características em cada região (BACK *et al.*, 2012).

O uso de coeficientes é vantajoso já que há uma abundância de dados diários na Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN, que possui atualmente registros de 4.641 pontos de monitoramento (ANA, 2020), todavia a disponibilidade de dados subdiários de precipitação ainda são escassos (BACK *et al.*, 2012).

Assim, considerando a instalação da rede de monitoramento pluviométrico com discretização com intervalo mínimo de 10 minutos a partir de 2014 na região (CEMADEN, 2020) e a possibilidade de investigar as chuvas intensas, o objetivo deste trabalho é avaliar se há diferença significativa na geração dos coeficientes de desagregação para as relações de 10 e 20 minutos para 30 minutos; 30 minutos para 60 minutos; 60, 90, 120, 360, 480, 600 e 720 minutos para 1.440 minutos e de 1.440



minutos para 1 dia para os municípios de Porto Alegre, Florianópolis e Curitiba a partir dos dados pluviométricos da rede CEMADEM e os apresentados em CETESB (1986) para o território nacional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para este trabalho consistiu em: I) selecionar e analisar a consistência dos eventos de precipitação intensa a partir dos registros de 30 pluviômetros instalados nas cidades de Porto Alegre – RS, Florianópolis – SC e Curitiba – PR; II) determinar as relações de precipitação intensa de diferentes durações e III) comparar os resultados obtidos entre as relações calculadas e os valores propostos pela CETESB (1986).

I) Seleção dos eventos intensos a partir dos registros nos pluviômetros

A síntese descritiva das séries de precipitações de 30 postos pluviométricos, no período de 2014 a 2020, foi obtida no *site* do CEMADEN (2020) e está apresentada no quadro 1.

Quadro 1: Postos pluviométricos, ativos e inativos, nas cidades de Porto Alegre – RS, Florianópolis – SC e Curitiba – PR

Porto Alegre – RS		Florianópolis – SC		Curitiba – PR	
Código	Nome da estação	Código	Nome da estação	Código	Nome da estação
431490201A	Centro	420540702A	Coqueiros	410690201A	Butiatuvinha
431490202A	Cristal	420540703A	Areias Campeche	410690202A	Cachoeira
431490203A	Restinga	420540704A	Agronômica	410690203A	Vista Alegre
431490204A	São João	420540705A	Rodovia SC406	410690204A	Pilarzinho
431490205A	Cidade Baixa	420540706A	Costeira do Pirajubaé	410690205A	Boa Vista
431490215A	Navegantes	420540707A	Canasvieiras	410690206A	Santa Felicidade
431490216A	Belém Velho	420540708A	Rio Vermelho	410690207A	São Braz
431490217A	Serraria			410690208A	Atuba
431490218A	Agronomia			410690209A	Santa Felicidade
431490219A	Protásio Alves			410690210A	Umbará
431490220A	Partenon			410690211A	Novo Mundo
431490221A	Hípica				

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Para a seleção dos eventos extremos nos postos pluviométricos, foi adotado o tamanho da série de dados como critério para definição da metodologia de séries parciais, uma vez que as essas são utilizadas quando o tamanho da série for menor do que 12 anos e os tempos de retorno calculados forem inferiores a 5 anos (Wilken, 1978).

Assim, foram definidos os picos de precipitações cujas magnitudes excederam um determinado valor por meio da equação 4, conforme descrito no trabalho publicado por NERC (1975).

$$\lambda = M/N \quad (2)$$



$$\beta = \underline{P} - P_0 = \sum_{i=1}^M (P_i - P_0) / M \quad (3)$$

$$\underline{P} = P_0 + \beta \cdot \ln(\lambda) + 0,5772 \cdot \beta \quad (4)$$

onde: \underline{P} é o valor da precipitação associada a uma duração (mm), P_0 é o precipitação mínima excedida em média 3 a 5 vezes ao ano (mm), M é a quantidade de picos identificados em N anos de registro, N é o tempo da série observada (anos), λ é a variável de Poisson e o β é parâmetro da distribuição exponencial.

Desse modo, foram determinados os valores dos picos cujos valores ultrapassem os valores obtidos em todos os 30 postos pluviômetros, conforme os intervalos de tempo de 10, 20, 30, 60, 90, 120, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos. No mínimo, os eventos selecionados apresentam intervalos sem precipitação no período de um dia entre eles e os limites mínimos definidos foram escolhidos de modo que, em cada posto e para cada duração, se obtivesse na média 3 eventos de precipitações intensas por ano de observação (PFAFSTETTER, 1957)

Acerca da análise de consistência dos eventos, foram avaliados os seguintes critérios: falhas mensais e valores sistemáticos ao longo das séries de precipitações. Os anos que apresentaram alguma das interferências citadas foram descartados, a fim de manter a consistência dos dados.

II) Cálculo das relações de durações diferentes

Com base nas relações de duração apresentadas pela CETESB (1986), foram calculadas as relações de durações diferentes, para cada posto por meio da média dos valores obtidos com a equação 1. Dessa forma, calcularam-se os coeficientes de desagregação para cada cidade com as médias dos postos pluviométricos, obtendo as relações de 10 e 20 minutos para 30 minutos; 30 minutos para 60 minutos; 60, 90, 120, 360, 480, 600 e 720 minutos para 1.440 minutos e de 1.440 minutos para 1 dia.

III) Comparação entre as relações de durações diferentes

Para verificar os resultados, foram avaliadas as diferenças obtidas entre as relações obtidas para as três cidades a partir dos dados dos postos pluviométricos e as apresentadas pela CETESB (1986), por meio da equação 5.

$$d = \frac{\text{Coeficiente calculado}}{\text{Coeficiente CETESB}} \quad (5)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO



A partir das precipitações dos municípios de Porto Alegre, Florianópolis e Curitiba, no período de 2014 a 2020, foram obtidas as relações de diferentes durações para chuvas intensas, as quais estão apresentadas nas tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2: Relações de diferentes durações estimadas neste trabalho (2014 – 2020), pela CETESB (1986) e por Weschfeldner *et al.* (2015), para a cidade de Porto Alegre – RS.

Relação (r)	CETESB (1986)	Weschfeldner <i>et al</i> (2015)		(2014 - 2020)		$r_{Calculado}$	$r_{Calculado}$	
	Médio	Máximo	Médio	Mínimo	Médio	Desvio Padrão	r_{CETESB}	$r_{Weschfeldner}$
5min/30min	0,34	0,37	0,34	0,33	-	-	-	-
10min/30min	0,54	0,55	0,54	0,53	0,61	0,06	112,96%	112,96%
15min/30min	0,7	0,69	0,68	0,68	-	-	-	-
20min/30min	0,81	-	-	-	0,84	0,03	103,70%	-
25min/30min	0,91	-	-	-	-	-	-	-
30min/1h	0,74	0,80	0,77	0,77	0,78	0,05	105,41%	101,30%
1h/24h	0,42	0,47	0,46	0,41	0,38	0,07	90,48%	82,61%
1,5h/24h	-	-	-	-	0,43	0,06	-	-
2h/24h	-	0,51	0,50	0,48	0,46	0,06	-	92,00%
6h/24h	0,72	-	-	-	0,64	0,03	88,89%	-
8h/24h	0,78	0,73	0,68	0,66	0,68	0,04	87,18%	100,00%
10h/24h	0,82	-	-	-	0,72	0,04	87,80%	-
12h/24h	0,85	-	-	-	0,79	0,04	92,94%	-
24h/1dia	1,14	-	-	-	1,14	0,06	100,00%	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Utilizando os critérios expostos, a tabela 2 apresenta as relações de diferentes durações que foram calculadas com 12 séries pluviométricas comparadas aos coeficientes publicados pela CETESB (1986) e aos desenvolvidos pelo estudo de Weschfeldner *et al* (2015), com um posto pluviométrico situado nas dependências da sede do 8º Distrito de Meteorologia, no bairro Jardim Botânico, do período de 1974 até 2014.



Tabela 3: Relações de diferentes durações estimadas neste trabalho (2014 – 2020), pela CETESB (1986) e por Back et al (2012), para a cidade de Florianópolis – SC.

Relação (r)	CETESB (1986)	Back et al (2012)	(2014 - 2020)		$r_{Calculado}$	$r_{Calculado}$
	Médio	Médio	Médio	Desvio Padrão	r_{CETESB}	r_{Back}
5min/30min	0,34	0,36	-	-	-	-
10min/30min	0,54	0,53	0,68	0,16	125,93%	128,30%
15min/30min	0,7	0,65	-	-	-	-
20min/30min	0,81	0,78	0,89	0,07	109,88%	114,10%
25min/30min	0,91	0,89	-	-	-	-
30min/1h	0,74	0,63	0,78	0,07	105,41%	123,81%
1h/24h	0,42	0,23	0,36	0,09	85,71%	156,52%
1,5h/24h	-	0,29	0,41	0,10	-	141,38%
2h/24h	-	0,35	0,44	0,08	-	125,71%
6h/24h	0,72	0,53	0,68	0,05	94,44%	128,30%
8h/24h	0,78	0,60	0,76	0,04	97,44%	126,67%
10h/24h	0,82	0,64	0,81	0,04	98,78%	126,56%
12h/24h	0,85	0,72	0,85	0,04	100,00%	118,06%
24h/1dia	1,14	1,24	1,19	0,08	104,39%	95,97%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Já, para o município de Florianópolis, os coeficientes foram calculados com 7 séries pluviométricas comparadas aos coeficientes publicados pela CETESB (1986) e aos desenvolvidos pelo estudo de Back *et al.* (2012), que utilizou com um posto pluviométrico que apresentava 22 anos de dados observados, do período de 1984 a 2005.

Tabela 4: Relações de diferentes durações estimadas neste trabalho (2014 – 2020) e pela CETESB (1986), para a cidade de Curitiba – PR.

Relação (r)	CETESB (1986)	(2014 - 2020)		$r_{Calculado}$
	Médio	Médio	Desvio Padrão	r_{CETESB}
5min/30min	0,34	-	-	-
10min/30min	0,54	0,55	0,05	101,85%
15min/30min	0,7	-	-	-
20min/30min	0,81	0,85	0,04	104,94%
25min/30min	0,91	-	-	-
30min/1h	0,74	0,79	0,05	106,76%
1h/24h	0,42	0,55	0,07	130,95%
1,5h/24h	-	0,61	0,07	-
2h/24h	-	0,64	0,07	-
6h/24h	0,72	0,73	0,06	101,39%
8h/24h	0,78	0,76	0,07	97,44%
10h/24h	0,82	0,78	0,06	95,12%
12h/24h	0,85	0,81	0,05	95,29%
24h/1dia	1,14	1,19	0,07	104,39%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).



As grandes diferenças observadas entre as relações de precipitações máximas médias obtidas nas três estações para cada duração e as divulgadas pelo CETESB, em 1986, podem ser justificadas pelas características pluviométricas específicas das cidades de Porto Alegre – RS, Florianópolis – SC e Curitiba – PR. Contudo, cabe ressaltar que o tamanho das séries de dados utilizados nesse estudo interferem nessa afirmação somada à elevada divergência entre as médias calculadas dos coeficientes dos postos pluviométricos e os estudos de Back *et al* (2012) e Weschefelder *et al* (2015).

Dessa forma, constatam-se a necessidade da obtenção de séries maiores das localidades de interesse, que representem as condições das chuvas intensas e que possibilitem ser revisadas, devido a possíveis erros na estimativa da precipitação intensas utilizando a média nacional da CETESB (1986).

4 CONCLUSÕES

Os desempenhos das estimativas de precipitação a partir de dados pluviométricos mostram diferenças significativas na desagregação de chuvas com o uso das relações publicadas nos estudos mencionados nesse artigo, contudo, os resultados não foram definitivos devido à dispersão das relações verificadas e as curtas séries analisadas. Ainda, constatou-se a importância do aumento da rede de dados pluviométricos monitorados, com discretização com intervalo mínimo de 10 minutos, principalmente em bacias urbanas para a ampliação de estudos de regionalização de coeficientes de desagregação.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas (2020). Disponível em < <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>, acesso em setembro de 2020.
- BACK, A.J.; POLA, A.C. (2016) Relações entre precipitações intensas de diferentes durações de Videira, Santa Catarina. Revista Tecnologia e Ambiente, v. 22, p. 125-135.
- BACK, A.J.; OLIVEIRA, J.L.R.; HENN, A. (2012). Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental, v.16, p. 391-398. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v16n04/v16n04a09.pdf>>, acesso em setembro de 2020.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (2002). Hidrologia Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, cap. 5, p. 177-231.
- CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (2020). Disponível em <<https://www.cemaden.gov.br/>>, acesso em setembro de 2020.
- CETESB - Companhia De Tecnologia de Saneamento Ambiental (1986). Drenagem urbana: manual de projeto. CETESB, São Paulo – SP, pp. 476.



NERC – Natural Environment Reserch Council (1975). Flood studies report, Londres, v.1 e 2.

PFAFSTETTER, O. (1957) Chuvas intensas no Brasil: Relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. Rio de Janeiro: DNOCS, 19p.

WILKEN, P.S. (1978). Engenharia de drenagem superficial. CETESB, São Paulo – SP, pp. 477.

WESCHENFELDER, A.B.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E.J.A. (2015). Atlas Pluviométrico do Brasil. Equações Intensidade Duração Frequência. Município: Porto Alegre, Estação Pluviográfica: Porto Alegre, Código 03051011. CPRM/SGB. Porto Alegre. Disponível em <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/18700/1/Relatorio_idf_pa.pdf>, acesso em setembro de 2020.