DEFINIÇÃO DA EQUAÇÃO IDF A PARTIR DE DADOS DE PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO – TERESINA/PI

Ana Héllen Sales Sobral [1]; Josélia de Carvalho Leão [2]& Claudio Damasceno de Souza [3]

Palavras-Chave – IDF, Pluviômetro automático, Drenagem urbana.

INTRODUÇÃO

As curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) são ferramentas utilizadas para quantificar a intensidade das chuvas de um determinado local e correlacionam as principais características de precipitações intensas. Pode ser expressa, segundo Oliveira *et al*. (2016), pela Equação (1):

$$I = \frac{k * Tr^b}{(d + d_0)^m} \quad (1)$$

Onde:

- I é a intensidade da precipitação;
- Tr é o tempo de retorno, em anos;
- d é o intervalo de tempo em que ocorreu a chuva, em minutos;
- k, b, d_0, m são parâmetros a serem ajustados para o município.

Segundo Silva (2022), essa ferramenta é utilizada como elemento de dimensionamento, planejamento, gestão de recursos hídricos e infraestrutura associada, como barragens, reservatórios, canais, rodovias, ferrovias e outras obras sujeitas a escoamento superficial. Além disso, seu uso se estende a pesquisas acerca de bacias hidrográficas, planejamento urbano, avaliação de impactos das mudanças climáticas, definição de políticas públicas e auxílio à tomada de decisões voltadas à redução de riscos de inundações.

A definição de uma equação IDF representativa da realidade pluviométrica local é imprescindível, pois trará maior precisão no planejamento e dimensionamento de obras hidráulicas, resultando em sistemas de drenagem mais eficientes e adequados às condições climáticas da região. Para o cálculo dessa ferramenta probabilística, utiliza-se dados confiáveis, advindos de dispositivos específicos de medição de chuva, a exemplo dos pluviógrafos, que fornecem registros de precipitação acumuladas ao longo do tempo em gráficos, denominados pluviogramas, fonte de dados mais utilizada para o desenvolvimento das equações IDF atualmente (Rêgo, 2020), e dos pluviômetros, que mensuram volumes diários de precipitação e, em modelos atuais, podem transmitir em tempo real os dados de precipitação (automáticos).

Este trabalho tem como objetivo obter a equação IDF para o município de Teresina-PI com base na análise de séries históricas de precipitação registradas por pluviômetros automáticos, contribuindo para o planejamento de sistemas de drenagem urbana e a mitigação dos impactos causados por eventos de chuvas intensas. Para isso, os dados serão ajustados a equações do tipo IDF por meio de duas metodologias distintas, CETESB (1986) e CPRM (2007), permitindo a realização de comparações entre as equações obtidas.

METODOLOGIA

Obtenção e organização dos dados

No presente trabalho, foram utilizados os dados da estação Santa Isabel (Código 221100101A) - CEMADEN/MCTI, por ser a estação com maior série histórica e por estar localizada na zona Leste do município, região urbana historicamente suscetível a alagamentos, devido a falhas nos dispositivos

1) Autor, Universidade Federal do Piauí – UFPI. E-mail: anahellen132@hotmail.com
2) Coautor, Universidade Estadual do Piauí – UESPI. E-mail: joselialeao@gmail.com
3) Coautor, Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, e-mail: claudio.damasceno@sgb.gov.br

de drenagem ou a ausência desses. O período de dados adotado para a obtenção da série de precipitações foi de 2018 a 2024.

Foi feito o controle de qualidade e consistência dos dados seguindo os seguintes critérios:

a) Removeu-se registros com valores negativos;
b) Detectou-se saltos e valores atípicos (*outliers*) por meio do teste de Grubbs e Beck (1972) (Naghettini e Pinto, 2007);
c) Preencheu-se os intervalos não registrados pelo aparelho onde não houve precipitação para que a sequência de blocos dos dados seja ininterrupta, pois o aparelho há um mecanismo de economia de bateria em que não transmite dados quando não detecta chuva.

Foram montadas séries de duração parcial – devido ao tamanho da série histórica – a partir das durações de 10, 20, 30, 40, 60, 120, 180, 240, 480, 840 e 1440 minutos. As precipitações mínimas (P_{min}) para cada uma dessas durações, foram calculadas a partir dos valores propostos por Davis e Naghettini (2000), ajustadas em equações por Rocha (2016).

Na série adotada, o número de dados encontrados para a duração de 840 minutos não foi suficiente para aplicar um teste de aderência, por isso preferiu-se não adotar a duração. Além disso, nenhuma precipitação de 1440 minutos ultrapassou a P_{min} adotada (55 mm) no período analisado. Dessa forma, foram trabalhadas as durações: 10, 20, 30, 40, 60, 120, 180, 240, 480 minutos.

O tempo mínimo para considerar dois picos como eventos independentes (*TME*) foi de 4 horas.

Delimitados os eventos, foram extraídas as precipitações intensas para cada duração por intermédio do cálculo das somas móveis (*sliding window*), em que se adota uma janela (um intervalo fixo de tamanho n) e a "desliza" sobre os dados, calculando a soma somente dos valores que estão dentro dessa janela a cada passo. Assim garantiu-se que as precipitações identificadas foram maiores que P_{min} e que não sobreporam dois eventos distintos.

As precipitações máximas e suas intensidades foram calculadas a partir das metodologias CETESB (1986), que indica a plotagem no papel bilog para que seja feita a extrapolação das chuvas para os tempos de retorno de interesse, e CPRM (2007) - que indica utilizar a distribuição de Poisson para calcular as probabilidades e tempos de recorrência utilizando um ajuste de excedências anuais - para tempos de retorno de 1, 2, 3, 5, 7, 10, 12, 51, 18, 20, 25 anos.

Ajuste da equação e da curva IDF

De posse das intensidades para as durações e tempos de recorrência desejados, estimou-se os parâmetros *k, b,* d_0*, m* da curva equação IDF.

O valor de d_0 foi estimado utilizando iterações de modo que seu valor gerasse o R^2 mais próximo de 1 possível para as duas metodologias simultaneamente. Os demais parâmetros foram calculados utilizando o método dos mínimos quadrados para cada metodologia separadamente.

RESULTADOS

As Equações (2 e 3) de chuva obtidas para cada uma das metodologias adotadas foram as seguintes, com durações até 480 minutos e tempo de retorno até 25 anos:

a) Para a metodologia CETESB (1986):

$$I = \frac{101{,}409 * Tr^{0{,}245}}{(d + 20{,}60)^{0{,}833}} \quad (2)$$

b) Para a metodologia CPRM (2007):

$$I = \frac{114{,}530 * Tr^{0{,}127}}{(d + 20{,}60)^{0{,}836}} \quad (3)$$

Onde:

- I é a intensidade em mm/min;
- Tr é o tempo de retorno em anos;
- d a duração em minutos.

Considerando a equação obtida a partir da metodologia CETESB (1986) como referência, por ser uma metodologia amplamente utilizada para vários projetos de drenagem e hidráulica no Brasil e já ser amplamente citada na literatura, é possível fazer uma análise das diferenças absoluta e relativa entre os parâmetros, mostradas na Tabela 2:

Tabela 2 – Diferenças absoluta e relativa entre os parâmetros *k, b, d0 e m*.

Parâmetros	**Diferenças**	
	Absoluta	Relativa
k	13,121	12,94%
b	-0,118	-48,16%
do	0,000	0,00%
m	0,003	0,36%

O aumento de k de 101,409 para 114,530, com diferença de 13,121 (12,94%) indica que a equação obtida pela metodologia da CPRM (2007) prevê chuvas mais intensas para uma mesma duração e tempo de retorno, pois esse parâmetro atua como fator de escala, elevando a curva IDF verticalmente.

A redução de b em 48,16% (0,245 para 0,127) mostra que na equação da CPRM (2007), a influência do tempo de retorno sobre a intensidade diminuiu, ou seja, o aumento da intensidade com o crescimento do tempo de retorno é menos acentuado.

O parâmetro m teve o menor aumento na diferença entre os demais (0,36%), tendo diferença absoluta somente na terceira casa decimal. A variação é pequena, mas o leve aumento indica que a curva gerada pela metodologia da CPRM (2007) decai um pouco mais rapidamente com o aumento da duração. Chuvas de curta duração tendem a ser ligeiramente mais intensas quando comparadas com as de durações maiores.

CONCLUSÕES

O presente trabalho trouxe a possibilidade do uso de dados gerados por pluviômetros automáticos para o ajuste de equações IDF. Os dados advindos desses equipamentos ainda são pouco utilizados devido à dificuldade organizacional dos dados, pois o volume de informações transmitidas em tempo real é grande e incessável e à ausência de uma metodologia que padronize a forma como os dados separados por duração devem ser ajustados.

Os dados possuem a vantagem de não necessitarem de coeficientes de desagregação da chuva para transformar alturas pluviométricas acumuladas em chuvas menores, como os pluviômetros exigem. Por já serem disponibilizados de forma discretizada, os eventos são descritos de forma fiel como ocorreram, não estimados, então sabe-se ao certo como a intensidade da chuva se distribuiu ao longo do tempo.

O tamanho da série histórica disponível acarretou a escolha das séries parciais, que limitam os tempos de recorrência a valores baixos (10 anos) quando comparados as séries de máximas anuais (geralmente 100 anos). Mesmo nessas condições, as séries de cada duração adaptaram-se bem às duas metodologias utilizadas, fato constatado pelos valores de R^2 tanto para a plotagem no papel bilogarítmico quanto para a distribuição de Poisson.

Quando comparados entre si, os parâmetros ajustados das equações CETESB (1986) e CPRM (2007) apresentam a mesma ordem de grandeza, ou seja, os valores de k, b, m e d_0 são numericamente próximos entre as duas formulações, diferindo apenas pontualmente. De modo geral, a equação da CETESB mostrou-se mais conservadora, atribuindo maiores intensidades para durações curtas, enquanto a CPRM resultou em uma relação mais suavizada entre intensidade e duração.

REFERÊNCIAS

a) Livro

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Drenagem urbana: manual de projeto. 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 464 p.

b) Livro

NAGHETTINI, M. C.; PINTO, E. J. A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 552 p.,2007.

c) Artigo em anais de congresso ou simpósio

OLIVEIRA, J. S.; FERNANDES, R. J. A. R.; LEÃO, J. de C.; ROCHA, B. da S.; REI, F. W. N. Estudo das chuvas intensas – Estado do Piauí. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. Anais [...]. Aracaju: ABRHidro, 2016. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/27/PAP021623.pdf.

d) Trabalho de Conclusão de Curso

RÊGO, R. L. S.. Estimativa de equações de chuva para a cidade de São Raimundo Nonato-PI. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2020. 89 f.

e) Artigo em anais de congresso ou simpósio

ROCHA, Batystuta da Silva; LEÃO, Joselia de Carvalho; FERNANDES, Roberto José Amorim Rufino; SOUZA, Claudio Damasceno de; ARAÚJO, João Pedro Marinho. Modelo da distribuição temporal de chuvas intensas no município de Teresina, PI. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. Anais [...]. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro), 2016. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/27/PAP021653.pdf.

f) Documento institucional

SEMPLAN – Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação da Prefeitura Municipal de Teresina. Caracterização do Município. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2015. 11 p.

g) Documento institucional

SEMPLAN – Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina – 2010. Teresina: Concremat Engenharia, 2010. v. 25, tomo 5/15. Relatório Final.

h) Tese de doutorado

SILVA, D. F. Curvas IDF não estacionárias na avaliação do efeito de mudanças climáticas em precipitações intensas. 2022. 193 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

AGRADECIMENTOS

Ana Héllen agradece à Professora Dra. Josélia de Carvalho Leão, pelas contribuições acadêmicas e pela escuta amiga e ao Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, pelo incentivo ao estudo na área dos Recursos Hídricos, principalmente aos Mestres Roberto José Amorim Rufino Fernandes, Cláudio Damasceno de Souza e Jean Ricardo da Silva do Nascimento, que acompanharam e apoiaram o desenvolvimento do trabalho, para além de suas atribuições diárias.