

Determinação de curva IDF para o município de Governador Newton Bello no estado do Maranhão

Determination of IDF curve for the Governador Newton Bello city in the state of Maranhão

Determinación de la curva IDF para la ciudad de Governador Newton Bello en el estado de Maranhão

Recebido: 09/12/2019 | Revisado: 10/12/2019 | Aceito: 11/12/2019 | Publicado: 19/12/2019

Basílio Pires Rocha Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3606-3105>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: rochab.neto@gmail.com

Claudio José Cavalcante Blanco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8022-2647>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: blanco@ufpa.br

Resumo

A necessidade de informações sobre as precipitações de determinadas durações e frequências é muito grande em projetos hidráulicos diversos. Assim, o objetivo do trabalho é ajustar a função cumulativa de probabilidades de Gumbel para se obter as intensidades máximas de precipitações esperadas para diferentes períodos de retorno, obtendo-se a equação de intensidade-duração-frequência, por meio do método das isozonas, para dados de precipitação máxima diária anual. Nesse caso, foram adotados os dados pluviométricos da estação pluviométrica Newton Belo no período entre 1985 e 2013. Uma série de máxima intensidade pluviométrica para um dia de precipitação foi elaborada, utilizando-se a metodologia de Gumbel. Os valores extremos para os períodos de retorno de 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos foram estimados, pelo método das isozonas, ajustando-se a curva IDF, que foi comparada a curvas IDF da região nordeste e sudeste, demonstrando boa estimativa para as intensidades de chuvas. Essa comparação sugere que a equação gerada pode ser utilizada para o cálculo da intensidade máxima de chuvas com diferentes durações e períodos de retorno para estudos de engenharia hidráulica e de recursos hídricos na região de Governador Newton Bello.

Palavras-chave: Isozonas de chuvas; Desagregação de chuva de 24h; Projetos de drenagem.

Abstract

The need for information on rainfall of certain durations and frequencies is very large in various hydraulic designs. Thus, the objective of this work is to adjust the cumulative Gumbel probability function to obtain the maximum expected precipitation intensities for different return periods, obtaining the intensity-duration-frequency equation by means of the isozone method for maximum annual daily rainfall data. In this case, the rainfall data from the Newton Belo rainfall gauge station between 1985 and 2013 were adopted. A series of maximum rainfall intensity for one day of precipitation was elaborated using the Gumbel methodology. The extreme values for the return periods of 5, 10, 20, 30, 50 and 100 years were estimated by the isozone method, adjusting the IDF curve, which was compared to IDF curves of the Northeast and Southeast region of Brazil, showing good estimate for rainfall intensities. This comparison suggests that the generated equation can be used to calculate the maximum rainfall intensity with different durations and return periods for hydraulic and water resources engineering studies in the Governador Newton Bello region.

Keywords: Rainfall isozones; 24-hour rainfall disaggregation; Drainage projects.

Resumen

La necesidad de información sobre la lluvia de ciertas duraciones y frecuencias es muy grande en varios diseños hidráulicos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es ajustar la función de probabilidad acumulativa de Gumbel para obtener las intensidades de precipitación máximas esperadas para diferentes períodos de retorno, obteniendo la ecuación de intensidad-duración-frecuencia mediante el método de isozona para datos de precipitación diaria máxima anual. En este caso, se adoptaron los datos de lluvia de la estación de pluviómetros Newton Belo entre 1985 y 2013. Se elaboró una serie de intensidad de lluvia máxima para un día de precipitación utilizando la metodología Gumbel. Los valores extremos para los períodos de retorno de 5, 10, 20, 30, 50 y 100 años se estimaron mediante el método de la isozona, ajustando la curva IDF, que se comparó con las curvas IDF de la región noreste y sureste de Brasil, mostrando una buena estimación de las intensidades de lluvia. Esta comparación sugiere que la ecuación generada puede usarse para calcular la intensidad máxima de lluvia con diferentes duraciones y períodos de retorno para estudios de ingeniería hidráulica y de recursos hídricos en la región del Governador Newton Bello.

Palabras clave: Isozonas de lluvia; Desglose de lluvia de 24 horas; Proyectos de drenaje.

1. Introdução

A caracterização das chuvas intensas é imprescindível para solucionar problemas de interesse de engenharia, de modo especial, o controle do escoamento superficial em áreas urbanas e rurais. A precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica e pode atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros (Bertoni & Tucci, 2015). A necessidade de informações sobre as precipitações de determinadas durações e frequências é muito grande, como por exemplo em projetos hidráulicos diversos, como os relacionados a drenagem urbana e rural, tais como galerias de águas pluviais, bueiros, reservatórios de detenção (piscinões), vertedores de proteção contra erosões entre outros projetos que consideram a intensidade das precipitações associadas a períodos de retorno. Esse tipo de conhecimento, no caso de obras rurais, é necessário para o planejamento de sistemas de drenagem de estradas pavimentadas, ferrovias e implantação de barragens para atenuação de cheias.

A precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. O estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para se determinar a vazão de enchente de uma bacia. De acordo com Tucci (2003), as séries de dados de precipitação são, frequentemente, mais longas do que as de vazão, razão pela qual o estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para se conhecer a vazão de enchente de uma bacia hidrográfica. Sendo um dos mais importantes usos das chuvas intensas, a estimativa de vazões máximas para rios com poucas ou nenhuma medição de vazões, geralmente cursos d'água de pequenas bacias, urbanas ou rurais, e que constituem a macrodrenagem natural dessas bacias (Genovez & Zuffo, 2000).

A determinação de curvas IDF e chuvas intensas para municípios brasileiros ainda vem sendo objeto de estudo de vários trabalhos, por exemplo, Santos, 2015 calculou chuvas intensas para os municípios de João Pessoa, São Gonçalo, Campina Grande, Cajazeiras, Patos e Monteiro no estado da Paraíba. Borges & Thebaldi, 2016 estimaram chuvas intensas para o município de Formiga, Minas Gerais. Pereira et al., 2017 determinaram curvas IDF para o município de Ipameri, Goiás. Nascimento & Jesus, 2017 determinaram curvas IDF para o município de Tucano, Bahia.

Nesse contexto e devido à necessidade de maior segurança na elaboração de projetos e dimensionamento de obras hidráulicas é proposto, neste estudo, a obtenção de curvas IDF de

precipitações para a região do município de Governador Newton Bello-MA. Essas curvas podem ser usadas nas obras de drenagem de trecho da estrada de ferro de Carajás. Logo, o trabalho tem como objetivo ajustar a função cumulativa de probabilidades de Gumbel para se obter as intensidades máximas de precipitações esperadas para diferentes períodos de retorno, obtendo-se a equação de intensidade-duração-frequência, por meio do método das isozonas, para dados de precipitação máxima diária anual.

2. Metodologia

Na Figura 1 é apresentada a localização do município de Governador Newton Bello com detalhe da estação pluviométrica da ANA, código 355013 (<http://hidroweb.ana.gov.br/>), e sub-bacias ao sul de trecho da ferrovia de Carajás. Para essas sub-bacias, foram determinadas curvas IDF através dos dados de precipitação da estação Newton Belo. O município de Governador Newton Bello possui uma área de 1.160 km² com uma população de aproximadamente 11.922 habitantes e uma densidade demográfica de 10,27 habitantes/km² (IBGE, 2010). A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas -3°25'12" de latitude Sul e -45°40'12" de longitude Oeste de Greenwich (IBGE, 2010).

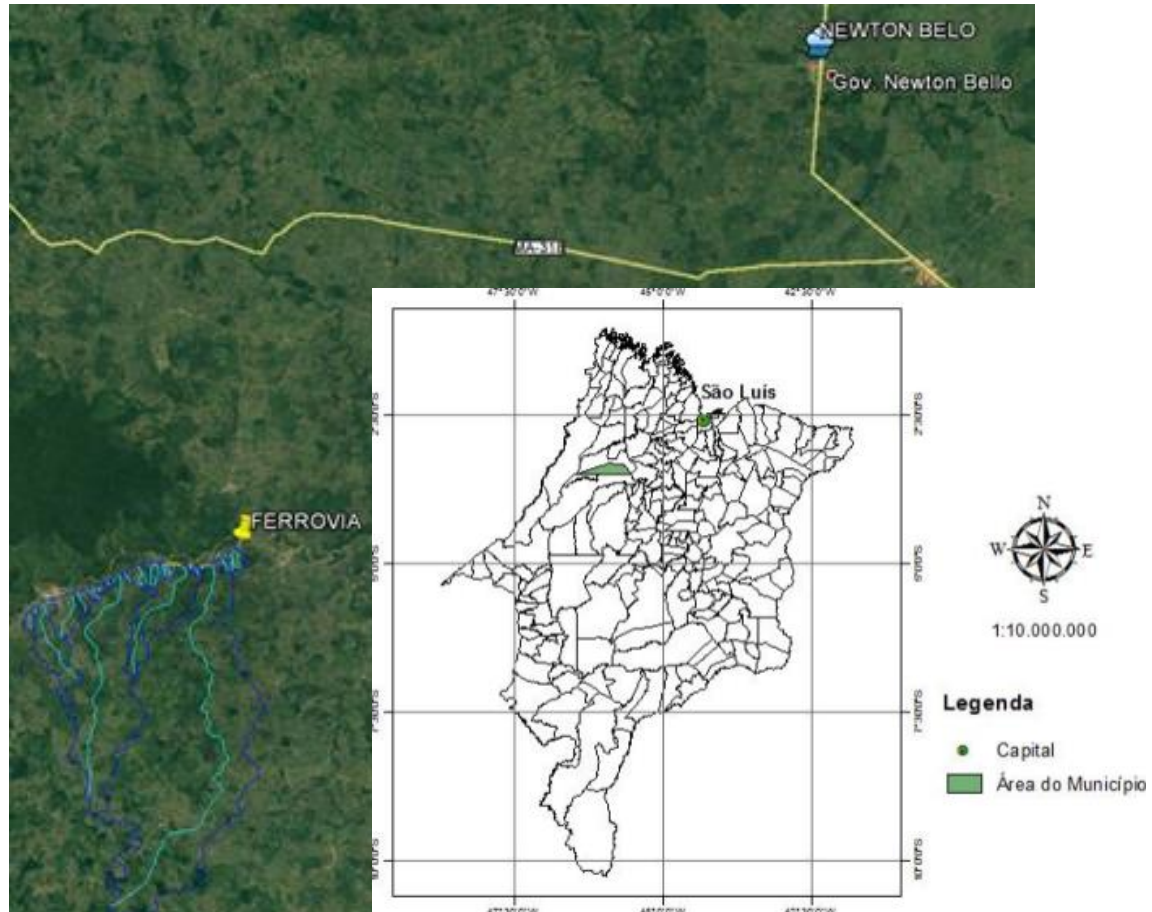


Figura 1 – Localização do Município de Governador Newton Bello com detalhe da estação pluviométrica Newton Belo e sub-bacias em torno da ferrovia de Carajás.

O estado do Maranhão, por se encontrar em uma zona de transição dos climas semiárido, do interior do Nordeste, para o úmido equatorial, da Amazônia, e por ter maior extensão no sentido norte-sul, apresenta diferenças climáticas e de regimes pluviométricos. Na região oeste, predomina o clima tropical quente e úmido (As), típico da região amazônica. Sendo nessa região que se encontra o município de Governador Newton Bello. Nas demais regiões, o estado é marcado por clima tropical quente e semiúmido (Aw). As temperaturas em todo o Maranhão são elevadas, com médias anuais superiores a 24°C, sendo que ao norte a temperatura chega a atingir 26°C. Esse estado é caracterizado pela ocorrência de um regime pluviométrico com duas estações bem definidas. O período chuvoso, que se concentra durante o semestre de dezembro a maio, apresenta registros mensais da ordem de 290,4 mm, com os maiores picos de chuva no mês de março. O período seco, que ocorre no semestre de junho a novembro, com menor incidência de chuva por volta do mês de agosto, registra médias mensais da ordem de 17,1 mm. Na região oeste do estado, onde predomina o clima tropical quente e úmido (As), as chuvas ocorrem em níveis elevados durante praticamente todo o ano, superando os 2.000 mm. Nas outras regiões, prevalece o clima tropical quente e semiúmido (Aw), com sucessão de chuvas durante o verão e o inverno seco, cujas precipitações reduzidas alcançam 1.250 mm. Há registros ainda menores na região sudeste, podendo chegar a 1.000 mm.

O estudo da pluviometria, com vistas ao fornecimento do insumo chuva de projeto, é necessário à avaliação do escoamento superficial e consiste no estabelecimento da Equação IDF que permite calcular a intensidade de uma precipitação em função de sua duração e de sua frequência. Para definição da equação representativa da precipitação pluviométrica sobre a região, foram utilizados os dados da estação pluviométrica de Newton Belo (Figura 1) no período de 1985 a 2013. Os dados da estação foram organizados com o objetivo de se obter as precipitações máximas diárias anuais e posteriormente, ordenadas em ordem decrescente para a obtenção da frequência de excedência, constituindo uma série com 28 valores (1985 a 2013) de precipitação máxima diária anual para Newton Bello, MA, Brasil. Esses dados foram utilizados para determinação de parâmetros, tais como: tempo de retorno e de duração, equação de chuvas intensas (IDF), períodos de retorno e alturas pluviométricas esperadas.

Para a determinação do tempo de retorno, foi utilizada a metodologia exposta em Torrico (1974), na qual o autor após analisar diversos postos pluviométricos, constatou a proporcionalidade existente entre alturas de precipitações, em diversas regiões do Brasil, entre

as chuvas de 1 hora e 24 horas, para diferentes tempos de retornos; e entre chuvas de 6 minutos e 24 horas, para tempos de retorno entre 5 e 50 anos, denominando-as de Isozonas (Figura 2). As relações entre as isozonas, as proporcionalidades das chuvas e os tempos de retorno de chuvas estão apresentados na Tabela 1.

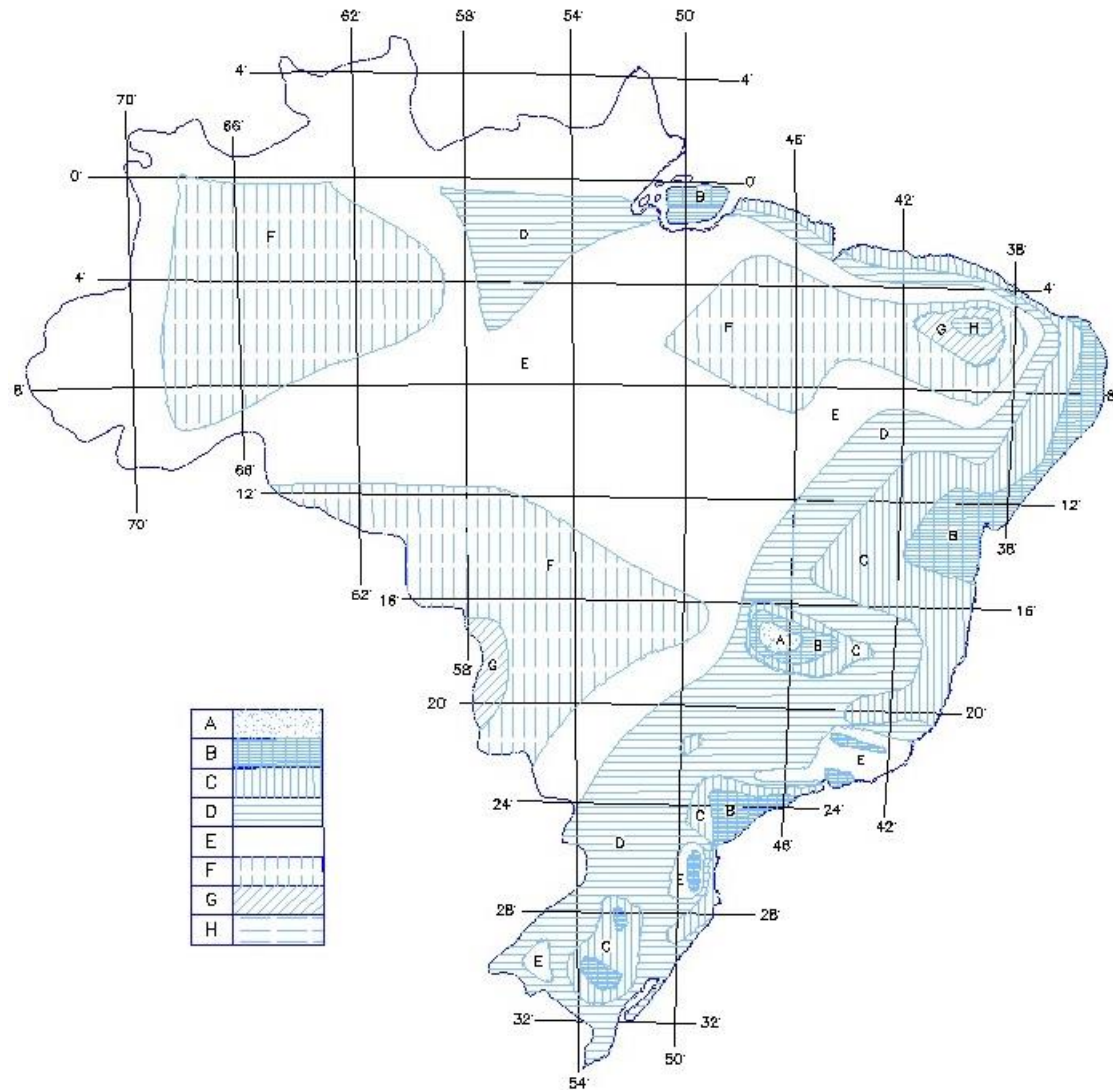


Figura 2 – Mapas do Brasil com isozonas para definição de tempo de retorno de chuvas.
Fonte: Torrico, 1974.

Tabela 1 – Tempo de retorno em função da relação entre as intensidades de chuvas e isozonas brasileiras.

TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS								
ISOZONA	b = 1h/24h chuva						a = 6min/24h	
	5	10	15	25	50	100	5 - 50	100
A	0,36	0,36	0,39	0,35	0,35	0,35	0,07	0,07
B	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,08	0,08
C	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,10	0,09
D	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,11	0,10
E	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42	0,13	0,11
F	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,44	0,14	0,12
G	0,48	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,15	0,14
H	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,17	0,15

Fonte: Torrico, 1974.

O tempo de duração foi considerado igual ao tempo de concentração da bacia de contribuição. O valor do tempo de concentração foi obtido pelas expressões propostas pelo California Highways and Public Works (CALIFORNIA DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS, 1966), apresentadas através das Equações 1 e 2, respectivamente, as quais são funções da área de drenagem da bacia de contribuição.

$$\text{Para bacias com área até 80ha} \quad t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (1)$$

$$\text{Para bacias com área acima de 80ha} \quad t_c = 85,2 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (2)$$

Em que t_c é igual ao tempo de concentração (min); L é igual ao comprimento do talvegue (km); e H é igual ao desnível do talvegue (m).

Assim, com os métodos apresentados para determinação dos tempos de duração e retorno, a intensidade da chuva foi definida pela Equação 3 (Silveira & Goldenfum 2007).

$$i = \frac{a \cdot T_r^n}{(t + b)^m} \quad (3)$$

Em que i é a intensidade da precipitação (mm/h); t é o tempo de duração do evento (min); T_r é o tempo de retorno (ano); a e b são parâmetros determinados a partir das isozonas; n e m são expoentes a serem calculados especificamente para o local em estudo.

Para a determinação dos períodos de retorno, foram observadas as séries históricas, com o objetivo de se analisar a frequência com que os eventos ocorriam. As séries anuais relacionam as máximas precipitações ocorridas durante o ano, e são as que enquadram melhor a distribuição do tipo “Ficher – Tippett”, conhecidas também com distribuição de Gumbel (Equação 4).

$$P = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (4)$$

Em que P é a probabilidade de um valor extremo da série ser igualado a “ x ”; e “ y ” é a variável reduzida. Sendo o tempo de retorno (Equação 6), definido como o inverso da frequência de probabilidade, ou seja,

$$T = \frac{1}{1 - e^{-e^{-y}}} \quad (5)$$

3. Resultados e Discussão

De posse da série histórica de dados pluviométricos do posto, apresentada na sequência e do respectivo processamento estatístico, ajustou-se uma curva representativa das precipitações máximas diárias em função de sua probabilidade de ocorrência, utilizando a metodologia dos “Mínimos Quadrados e o Método de Gumbel”, resultando para a estação pluviométrica de Newton Belo a Equação 6.

$$i = \frac{28,614 \cdot T_r^{0,103}}{(t + 11)^{0,787}} \quad (6)$$

O tempo de concentração, t , considerado, nesse caso, igual ao tempo de duração do evento, foi calculado com base nos dados fisiográficos das sub-bacias apresentadas na Figura 1 e nas Equações 1 e 2. Os dados fisiográficos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados fisiográficos das sub-bacias para determinação do tempo de concentração para uso no cálculo de intensidade de chuva.

Bacia N ^o	A (ha)	L (m)	H (m)
100	1,580	41,0	4,0
101	113,7	1322	37
103	50,51	980,0	36
104	5,830	312,0	7,0
106	2,650	161,0	1,0
107	5,150	244,0	10
109	24,79	680,0	35
110	8,970	426,0	12
112	11,33	370,0	11
113	67,20	1037	13

114	6,880	410,0	13
117	22,33	741,0	12
119	9,680	435,0	35
120	14,99	433,0	28
121	29,28	411,0	34
122	49,69	957	15
125	10,35	521	10
127	11,99	380	12
128	1,940	164	10
129	66,64	970	14

Na Figura 6 são apresentadas as curvas IDF determinadas para as sub-bacias da Figura 1 com base na Equação 6. As curvas apresentadas são funções dos tempos de duração e retorno.

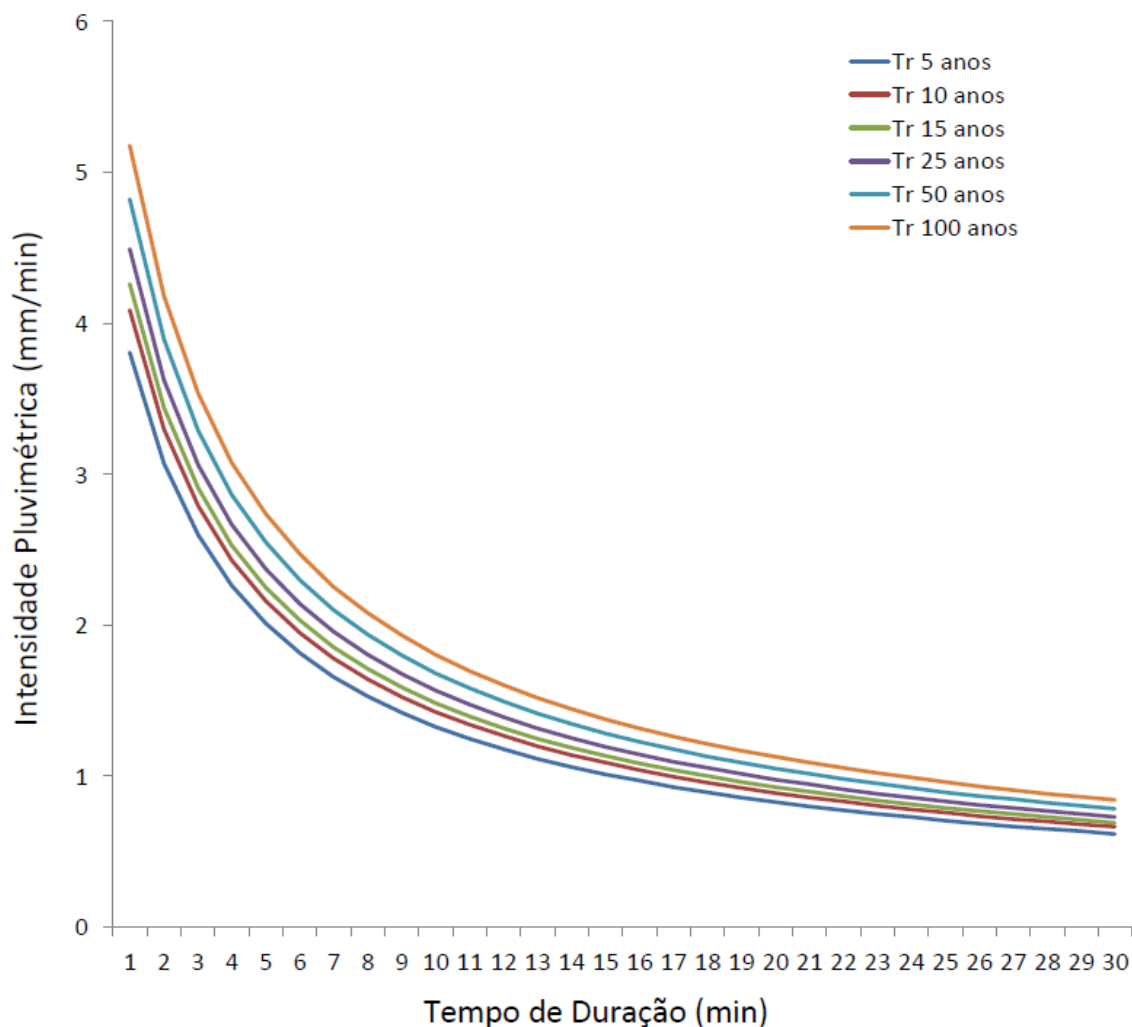


Figura 3 – Curvas IDF para as sub-bacias analisadas em função dos tempos de duração e retorno das precipitações da Estação Pluviométrica Newton Belo.

As intensidades das chuvas nas sub-bacias analisadas (Figura 3) estão entre, aproximadamente, 0,8 e 5,2 mm/min ou 48 e 312 mm/h de intensidade para tempos de retorno

de 5 a 100 anos; e de duração de 1 a 30 min. Intensidades entre 60 e 210 mm/h foram encontradas por Nascimento & Jesus 2017, para o município de Tucano no estado da Bahia, considerando os mesmos tempos de duração e de retorno. Essas menores intensidades podem ser explicadas, pois esse município possui clima tropical semi-árido, enquanto o município de Governador Newton Bello possui clima tropical quente e úmido, portanto, mais chuvoso. Também foram observadas intensidades menores para o município de Formiga em Minas Gerais (Borges & Thebaldi 2016), que variaram entre 1,2 mm/min (para um tempo de duração de 5 min) e 4,1 mm/min (para um tempo de duração de 30 min), com mesmos tempos de retorno considerados para o município de Governador Newton Bello. Essas menores intensidades também são explicadas pelo clima quente e temperado da cidade mineira.

4. Conclusão

A equação e as curvas IDF obtidas permitem calcular o valor da intensidade máxima (mm/min) de uma chuva em função da sua duração e período de retorno. Assim, os valores de intensidade encontrados na equação podem auxiliar no dimensionamento de sistemas de drenagem, permitindo projetos seguros de rodovias, ferrovias, aeroportos etc. As curvas IDF para a região do município de Governador Newton Bello também devem ser usadas em projetos de sistemas de drenagem urbana para controle de inundações; dimensionamento de extravasores de barragens, garantindo assim a segurança da população local e de outras estruturas civis. Outro uso é prevenção de desastres naturais causados por chuvas intensas. Essas aplicações demonstram a importância da metodologia aplicada no âmbito de projetos de engenharia hidráulica e de recursos hídricos. Todavia, o trabalho se limita à região do município de Governador Newton Bello, pois os dados de chuva analisados são referentes a essa região. Para outras regiões, a metodologia pode ser assumida, mas se considerando os dados de chuvas dessas regiões.

Referências

Agência Nacional de Águas. (2017). *Hidroweb*: sistema de informações hidrográficas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 31 jan 2017.

Bertoni, J. C.; Tucci, C. E. M. (2015). Precipitação. In: Tucci, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: ABRH; UFRS, p.177-241.

California Department of Public Works. (1966). *California Highways and Public Works*, 44(1-2).

Borges, G. M. R.; Thebaldi, M. S. (2016). Estimativa da precipitação máxima diária anual e equação de chuvas intensas para o município de Formiga, MG, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, 11(4), 891-902, <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1823>.

Silveira, A. L. L.; Goldenfum, J. A. (2007). Metodologia Generalizada para Pré-Dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 12(2), 157-168, DOI: 10.21168/rbrh.v12n2.p157-168.

Genovez, A. M.; Zuffo, A. C. (2000). Chuvas intensas no estado de São Paulo: Estudos existentes e análise comparativa. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5(3), 45-58.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese dos Indicadores de 2009. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/pnad_sintese_2009.pdf. Acesso em 28 fev 2018.

Nascimento, Y, S.; Jesus, J. B. (2017). Relações intensidade-duração-frequência de precipitações para o município de Tucano, Bahia. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 13(4), 302-306, DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v13i4.918>.

Pereira, D. C.; Duarte, L. R.; Sarmiento, A. P. (2017). Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri – Goiás. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 13(2), 233-246, doi:10.5216/reec.V13i2.43330.

Santos, R. A. (2015). Cálculo da chuva intensa pelo método das Isozonas para cidades do estado da Paraíba. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19(2), 1334-1343, doi: 105902/2236117016748, 2015.

Torrico, J. J. T. (1974). *Práticas hidrológicas*. Rio de Janeiro: TRANSCON.

Tucci, C.E.M. (Org.). (2003). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*, 3ª Ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Basílio Pires Rocha Neto – 50%

Claudio José Cavalcante Blanco – 50%