EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA - SUL DO ESTADO DA BAHIA - BRASIL

Lorena Lima Ferraz¹, Lorena Souza da Silva², Lucas Farias de Sousa³, Carlos Amilton Silva Santos⁴, Juliana Rocha Duarte Neves⁵

¹ Mestranda em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil. E-mail: lorenalferraz@gmail.com.

² Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil.

³ Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil.

⁴ Prof. Dr. do Instituto Federal da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

⁵ Prof. MSc. do Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Universidade Federal do Sul da Bahia, Itabuna, Bahia, Brasil.

Recebido em: 15/08/2020 – Aprovado em: 15/09/2020 – Publicado em: 30/09/2020
DOI: 10.18677/EnciBio_2020C17

RESUMO

Para o dimensionamento de diversas obras hidráulicas, faz-se necessário o conhecimento da relação intensidade-duração-frequência (IDF) da precipitação, o que garantirá a segurança e viabilidade econômica do projeto. Assim, o presente trabalho possuiu como objetivo realizar a estimativa dos parâmetros da equação de chuvas intensas para 10 estações localizadas dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Cachoeira, utilizando dois métodos de regressão: regressão linear múltipla e regressão não linear. O ajuste dos parâmetros das equações IDF utilizando os métodos de regressão linear e não linear apresentaram bons resultados, com coeficientes de desempenho superiores a 0,98% para ambos. Foram observadas diferenças entre a intensidade máxima calculada para uma mesma estação utilizando os diferentes métodos de ajuste, de forma que a escolha do método de regressão pode afetar o cálculo de dimensionamento de estruturas hidráulicas, bem como seus custos de projeto. A variabilidade dos parâmetros K e “a” reforçam a necessidade de modelar e ajustar os parâmetros da IDF para cada localidade, com vistas a uma melhor estimativa da intensidade de precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: Relação IDF, obras hidráulicas, Precipitação, relação IDF

INTENSE RAIN EQUATIONS FOR THE CACHOEIRA RIVER HYDROGRAPHIC BASIN - SOUTH OF THE STATE OF BAHIA - BRAZIL

ABSTRACT

For the dimensioning of several hydraulic works, it is necessary to know the intensity-duration-frequency (IDF) of the precipitation, which will guarantee the safety and economic viability of the project. Thus, the present work aimed to estimate the parameters of the intense rain equation for ten stations located within the limits of the hydrographic basin of the Cachoeira River, using two regression methods: multiple linear regression and non-linear regression. The adjustment of the parameters of the IDF equations using the linear and non-linear regression methods showed good results, with performance coefficients greater than 0.98% for both. Differences were observed between the maximum intensity calculated for the same station using the different adjustment methods, so that the choice of the regression method can affect the design calculation of hydraulic structures, as well as their design costs. The variability of parameters K and "a" reinforce the need to model and adjust the IDF parameters for each location, with a view to a better estimate of the intensity of precipitation.

KEYWORDS: Precipitation, IDF ratio, hydraulic works.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição espacial e temporal das variáveis que compõem o ciclo hidrológico é fundamental para a correta gestão dos recursos hídricos. Dentre essas variáveis, destaca-se a precipitação, que é a principal forma de entrada de água em bacias hidrográficas. Entretanto, apesar de haver certa facilidade em obter dados de estações pluviométricas já operantes no Brasil através dos bancos de dados on-line, na maioria das vezes, dependendo da região e da escassez de coletores pluviométricos, séries com dados horários podem ser inexistentes, escassas ou falhos, e sendo a precipitação uma variável contínua, seu estudo torna-se, portanto, um desafio (BACK, 2009; BACK et al., 2012; TRENBERTH; ZHANG, 2017).

As precipitações intensas, ou também denominadas chuvas extremas, são eventos pluviométricos que geram grandes lâminas precipitadas em curto período de tempo (BERTONI; TUCCI, 2013). Estes eventos podem causar danos de pequena e grande escala tanto em áreas urbanas quanto em zonas rurais, fortalecendo que o conhecimento a respeito das chuvas intensas de uma região é fundamental para o planejamento do uso da água e do solo (SOUZA et al., 2012; TUCCI, 2013; SILVA NETO, 2016).

O estudo das três variáveis que compõem a equação intensidade-duração-frequência (IDF) é a principal ferramenta para caracterizar e analisar os parâmetros da IDF e estudar as chuvas intensas (SOUZA et al., 2012; DORNELLES; COLLISCHONN, 2016). Estas equações são ajustadas empiricamente através da aplicação de diferentes princípios de probabilidade nas séries históricas de dados pluviométricos de cada estação (ARAGÃO et al., 2013).

Dentre algumas formas de ajuste dos parâmetros da equação IDF, tem-se os métodos de regressão linear múltipla e regressão não-linear. Diversos estudos (SILVA; ARAÚJO, 2013; DIAS et al, 2020; FERRAZ, et al., 2020; PANSEIRA, et al., 2020) utilizaram essas técnicas de regressão para estimativa dos parâmetros da equação de

chuvas intensas, entretanto, são poucos os estudos que aplicam diferentes metodologias e avaliam as diferenças na estimativa das intensidades máximas de precipitação.

Diante do exposto, este trabalho possui como objetivo realizar a estimativa dos parâmetros da equação de chuvas intensas para 10 estações localizadas dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Cachoeira, utilizando dois métodos de regressão: regressão linear múltipla (RLM) e regressão não linear (RNL).

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e caracterização da área em estudo

A bacia hidrográfica do Rio Cachoeira está localizada na porção sul da Bahia (Figura 1), ocupando uma área de 4.273 km². Apresenta a Mata Atlântica como bioma predominantemente e concentra uma população estimada em quase 500.000 habitantes segundo dados do IBGE (2019), abrangendo os municípios de Ilhéus, Itabuna, Ibicaraí, Itapé, Jussari, Santa Cruz da Vitória, São José, Itajú do Colônia, Floresta Azul, Itororó, Itapetinga, Firmino Alves e Lomanto Júnior.

Os climas predominantes na bacia são classificados como Tropical Úmido de Floresta (Af), com altas temperaturas e elevado nível de umidade e Tropical Úmido e Subúmido (Am), clima de transição entre o Af e o Aw (KÖPPEN, 1936). A região apresenta precipitação mensal média superior a 60mm, com período chuvoso entre novembro a abril (ENGELBRECHT et al., 2019). A bacia representa grande importância para o desenvolvimento socioeconômico da região, pois é fonte de água para irrigação e base de subsistência das famílias ribeirinhas que utilizam os afluentes como fonte de alimentação, renda e lazer.

FIGURA 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Cachoeira

Fonte: os autores (2020)

Base de dados de entrada

Os dados diários de precipitação foram obtidos no banco de dados da Agência Nacional das Águas - ANA, acessíveis no Portal *Hidroweb*. Foram utilizados 10 postos de monitoramento pluviométrico localizados no interior dos limites da bacia, cujo critério adotado para escolha foi possuir mais de 20 anos de dados diários (Tabela 1).

TABELA 1 - Descrição e localização das estações pluviométricas.

Código	Município	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Período (anos)
1439001	Lomanto Júnior	151	-14.8103	-39.4714	48
1439002	Floresta Azul	210	-14.8597	-39.6583	50
1439089	Ibicaí	163	-14.8694	-39.5880	34
1439044	Santa Cruz da Vitória	243	-14.9589	-39.8075	50
1539008	Itaju do Colônia	182	-15.1389	-39.7242	56
1539016	Itaju do Colônia 2	180	-15.1544	-39.7692	49
1439010	Ilhéus	78	-39.0514	-14.7894	36
1439019	Itabuna	55	-39.2667	-14.8000	25
1439023	Itajuípe	107	-14.6771	-39.3893	75
1539002	São José	153	-15.0921	-39.3456	49

Fonte: ANA (2020).

Os dados de precipitação foram organizados em planilhas na plataforma Excel e posteriormente, foram obtidos os registros de precipitação máxima diária anual. Os dados de chuvas de 24 horas foram desagregados para durações menores: 1440, 360, 60, 30, 20, 15, 10 e 5 minutos, utilizando os coeficientes da CETESB (1986), expostos na Tabela 2.

TABELA 2 – Coeficientes utilizados para desagregação das chuvas.

Relação entre alturas pluviométricas	Fator de desagregação
1 dia/ 24h	1,14
12 hr/ 24h	0,85
6 hr/ 24h	0,72
1 hr/ 24h	0,42
30 min/ 1h	0,74
20 min/ 30 min	0,81
15 min/ 30 min	0,70
10 min/30 min	0,54
5 min/30 min	0,34

Fonte: CETESB (1986)

As frequências observadas foram calculadas de acordo com a equação de Kimbal, que determina a frequência com que dado evento pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez em um período de anos (VILLELA; MATTOS, 1975):

$$F = \frac{m}{n+1} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: f é frequência observada, m é o número de ordem da chuva máxima anual e n é igual ao número de anos da série observada. O tempo de retorno (TR), foi calculado através da Equação 2 e descreve o intervalo em anos em que um evento de precipitação pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez em um determinado tempo.

$$TR = \frac{1}{P(x \geq xi)} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: TR é o período de retorno e P é a probabilidade de ocorrer um valor igual ou superior ao analisado, no período de retorno considerado.

Posteriormente, foi realizada a estimativa das chuvas máximas para cada duração e TR de 2, 10, 20, 50 e 100 anos, aplicando-se a distribuição de Gumbel, avaliando a aderência previamente pelo teste de Komolgorov-Sminorv ao nível de significância de 5% de probabilidade. Posteriormente, foi realizado o ajuste dos parâmetros da Equação 3 para cada estação. Os métodos para estimativa dos parâmetros foram: regressão linear múltipla e Gradação Reduzida Generalizada (GRG), um método de regressão não linear calculada através da ferramenta *Solver do Microsoft Excel*.

$$i = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: i é a intensidade máxima da chuva, em (mm/h), T é o período de retorno, em anos; t é o tempo de duração da chuva, em minutos; e K , a , b , e c são parâmetros que dependem de cada estação pluviométrica.

Análise de desempenho

A análise de desempenho das equações foi realizada por meio do coeficiente de determinação R^2 (Equação 4) e coeficiente de correlação de Pearson (Equação 5). O coeficiente de determinação (R^2) é amplamente utilizado em estudos hidrológicos, e descreve o grau de colinearidade entre dados simulados e observados, variando entre -1 e 1, sendo estes extremos considerados valores ótimos. Já o coeficiente de Pearson, os valores deste índice variam de 0 a 1, sendo 0 sem concordância e 1 concordância perfeita.

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_{o,i} - x_{o,m})(x_{s,i} - x_{s,m})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{o,i} - x_{o,m})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{s,i} - x_{s,m})^2}} \right]^2 \quad (\text{Equação 4})$$

$$r = \frac{\sum (x_o - \bar{x}) \cdot (y_o - \bar{y})}{\sqrt{(\sum (x_o - \bar{x})^2) \cdot (\sum (y_o - \bar{y})^2)}} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde R^2 é o coeficiente de determinação; r é o coeficiente de correlação; y_s a intensidade observada do método dos momentos; x_s é a intensidade predita pelo

modelo; $\bar{y}$ é a média da intensidade do método; x_o é a intensidade observada, $x_{o,m}$ é a intensidade média observada, e $x_{s,m}$ é a intensidade média simulada.

Para avaliar o desempenho da modelagem com base nos coeficientes estatísticos descritos, foram utilizados os critérios propostos por Hopkins (2000) e Moriasi et al. (2015), descrito na Tabela 3.

TABELA 3 – Critérios de avaliação de desempenho do modelo

Coeficiente de Pearson (r)	Classificação	R²	Classificação
0,9-1,0	Quase perfeita	>0,85	Muito bom
0,7-0,9	Muito Alta	0,75-0,85	Ótimo
0,5-0,7	Alta	0,61-0,75	Bom
0,3-0,5	Moderada	0,51-0,60	Satisfatório
0,1-0,3	Baixa	0,40-0,50	Insatisfatório
0,0-0,1	Muito baixa	<0,4	Sofrível

Fonte: Hopkins (2000); Moriasi et al. (2015)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as estações apresentaram ajuste a distribuição de Gumbel, cuja verificação foi realizada pelo teste de aderência Kolmogorov-Smirnov à 5% de probabilidade. Outros estudos, como visto em Souza et al. (2019); Oliveira Júnior et al. (2019); e Petrucci e Oliveira (2019); Nascimento et al. (2020) e Lima et al. (2020), também apresentaram resultados semelhantes, justificando o uso dessa função de distribuição na análise de eventos extremos. Nas Tabela 4 e 5, estão os valores dos parâmetros obtidos por regressão não linear e regressão linear múltipla, respectivamente, bem como as estatísticas de desempenho do modelo para cada método.

TABELA 4 - Parâmetros ajustados por regressão não linear e estatísticas de desempenho.

Localidade	K	a	b	c	R²	r
Lomanto Júnior	645.3651	0.2434	9.2416	0.7073	0.9904	0.9952
Floresta Azul	605.2813	0.2035	10.4999	0.7446	0.9942	0.9971
Ibicaraí	585.0570	0.2204	9.3305	0.7099	0.9928	0.9964
Santa Cruz	602.2241	0.2159	9.2545	0.7077	0.9932	0.9966
Itajú	607.0524	0.2322	9.2889	0.7087	0.9916	0.9958
Fazenda Manaus	611.8550	0.2204	9.2945	0.7089	0.9928	0.9964
Ilhéus	773.3384	0.2011	9.2545	0.7077	0.9945	0.9981
Itabuna	627.2586	0.2289	9.2918	0.7088	0.9920	0.9960
São José	650.4715	0.1785	9.2631	0.7079	0.9961	0.9973
Itajuípe	502.0071	0.2593	9.2751	0.7083	0.9884	0.9942

TABELA 5 - Parâmetros ajustados por regressão linear múltipla e estatísticas de desempenho.

Localidade	<i>K</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	R ²	<i>r</i>
Lomanto Júnior	759.9834	0.2065	12.5077	0.7684	0.9935	0.9967
Floresta Azul	685.4907	0.1874	12.4220	0.7676	0.9946	0.9972
Ibicaraí	759.4844	0.2065	12.4959	0.7683	0.9935	0.9967
Santa Cruz	791.6774	0.2012	12.4728	0.7681	0.9938	0.9968
Itajú	785.6087	0.2202	12.5605	0.7688	0.9926	0.9962
Fazenda Manaus	798.4894	0.2063	12.5070	0.7684	0.9935	0.9967
Ilhéus	1025.6797	0.1848	12.4232	0.7676	0.9947	0.9973
Itabuna	813.4937	0.2162	12.5396	0.7686	0.9929	0.9963
São José	635.1561	0.2542	12.7693	0.7706	0.9896	0.9947
Itajuípe	869.6056	0.1609	12.3451	0.7670	0.9957	0.9978

O ajuste dos parâmetros da equação IDF tanto para o método RLM quanto para RNL apresentaram coeficientes de correlação com desempenho considerado “quase perfeito” para o coeficiente de Pearson e “muito bom” para o coeficiente de determinação, conforme critério exposto na Tabela 3. Nos ajustes das equações, apenas uma estação (São José) apresentou R² igual a 0,98% tanto pelo método de RLM quanto para RNL.

No ajuste realizado por meio de regressão linear foi observada uma variação nos valores de *K* e *a*. O maior valor de *K* foi de 1025.6797 para o município de Ilhéus, e o menor valor foi de 635.1561 na estação de São José. O parâmetro *a* variou de 0.2593 (Itajuípe) para 0.1785 observado em São José. Os parâmetros *b* e *c* apresentaram pouca variabilidade, o que se explica pelo fato de serem valores fixados no ajuste para arranjo dos demais parâmetros.

No ajuste efetuado por regressão não linear, também foi possível observar diferenças entre os seus valores. O maior valor de *K* (773.3384) foi observado no município de Ilhéus, e menor valor (502.0071) para a estação São José. O parâmetro *a* variou de 0.1785 para Itajuípe a 0.2593 para estação em São José. O parâmetro *b* teve como menor valor 9.2416 para a estação Lomanto Júnior e 10.4999 como maior valor para Floresta Azul, assim como os valores de *c*, em que a estação Lomanto Júnior também apresentou o menor valor (0.7073) e maior para Floresta Azul (0.7446). Este método também apresentou baixa variação entre os valores dos parâmetros *b* e *c*.

A forma que o parâmetro *K* se distribui espacialmente é similar aos resultados obtidos por Campos et al. (2014), que também ajustaram as equações IDF utilizando os métodos de RLM e RNL. Os autores concluíram que os parâmetros *K* e *a* apresentaram comportamento inverso, de forma que as regiões com maiores valores de intensidade de precipitação apresentaram maiores valores de *K* e menores valores de *a*.

O parâmetro *K* também apresentou maiores valores em regiões com maior intensidade de precipitação nos estudos de Back e Cadorin (2020), que estimaram as equações IDF para o estado do Acre e perceberam altos valores deste parâmetro por se tratar de uma região com altos níveis pluviométricos. Campos et al. (2017), realizando a análise de chuvas intensas para o estado da Paraíba, observaram comportamento semelhante, concluindo que os maiores valores de *K* foram observados em áreas de elevados valores de precipitação média anual.

Assim, essa grande variação entre o K e a pode ser explicada devido à grande variabilidade espacial das distribuições de chuvas, pois são parâmetros diretamente relacionados ao comportamento pluviométrico. Estas variações corroboram a necessidade de modelar e ajustar os parâmetros da IDF para cada localidade, com vistas a uma melhor estimativa dos eventos extremos, sendo uma ideia compartilhada por diversos autores (CAMPOS et al., 2014; GONÇALVES et al., 2019; FERRAZ et al., 2020; NASCIMENTO et al., 2020).

Após a estimativa dos parâmetros, foi realizado o cálculo da intensidade máxima de precipitação. A estação de Ilhéus apresentou valor de 247.64 mm/h utilizando a equação em que os parâmetros foram ajustados através do método RNL (Tabela 6). Quando os parâmetros obtidos por RLM foram utilizados, valor máximo de intensidade foi de 297.87mm/h. Assim, observou-se alteração entre as máximas estimadas para uma mesma estação utilizando diferentes métodos, fato justificado por Campos et al. (2014) devido às diferenças entre ambas as metodologias utilizadas, sendo que a escolha do método de ajuste dos parâmetros pode afetar o dimensionamento de obras hidráulicas e seus custos de projeto.

TABELA 6 – Intensidades estimadas (mm/h) para cada duração e tempo de retorno considerando os diferentes métodos de regressão para a estação de Ilhéus.

Regressão não linear								
TR	min							
	1440	360	60	30	20	15	10	5
10	7.05	18.54	60.53	90.45	111.37	127.17	149.74	185.28
50	8.63	22.70	74.14	110.78	136.41	155.76	183.41	226.93
100	9.42	24.77	80.91	120.89	148.85	169.97	200.15	247.64
Regressão linear								
TR	min							
	1440	360	60	30	20	15	10	5
10	7.12	18.74	61.25	91.53	112.70	128.69	151.53	187.45
50	9.84	25.90	84.66	126.52	155.78	177.88	209.45	259.11
100	11.31	29.77	97.32	145.45	179.09	204.49	240.78	297.87

CONCLUSÃO

Para as localidades estudadas, a distribuição Gumbel mostrou-se adequada nas estimativas dos parâmetros da equação IDF, com nível de significância 5% pelo teste de Komolgorov-Smmirnov.

O ajuste dos parâmetros das equações utilizando os métodos de regressão linear e não linear, apresentaram bons resultados, com coeficientes de desempenho superiores a 0,98%.

Foram observadas diferenças entre os valores de intensidade máxima calculadas para uma mesma estação utilizando diferentes métodos de ajuste, de forma que a escolha do método de regressão pode afetar o cálculo de dimensionamento de estruturas hidráulicas, bem como os custos de projeto.

A variabilidade dos parâmetros K e a reforçam a necessidade de modelar e ajustar os parâmetros da IDF para cada localidade, com vistas a uma melhor estimativa da intensidade de precipitação.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; COSTA, C. E. F. F.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. Chuvas intensas para o Estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 243-252, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000300001>>. doi: 10.1590/S1415-43662013000300001

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2013.

BACK, A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 170-175, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000200010>>. doi: 10.1590/S1415-43662009000200010

BACK, Á. J.; OLIVEIRA, J. L. R.; HENN, A. 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, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400009>>. doi: 10.1590/S1415-43662012000400009

BACK, A. J.; CADORIN, S. B. chuvas extremas e equações intensidade-duração-frequência para o estado do Acre. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 55, n. 2, p. 159-170, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200597>>. doi: 10.5327/Z2176-947820200597

CAMPOS, A. R.; SANTOS, G. G.; SILVA, J. B. L.; IRENE FILHO, J.; LOURA, D. de S. Equações de Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 488-498, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000300008>>. doi: 10.1590/S1806-66902014000300008

CAMPOS, A. R.; SILVA, J. B. L.; SANTOS, G. G.; RATKE, R. F.; AQUINO, I. O. Estimate of intense rainfall equation parameters for rainfall stations of the Paraíba State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n.1, p. 15-21, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4743821>>. doi: 10.1590/1983-40632016v4743821

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 2. ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986.

DIAS, E. C.; PENNER, G. C.; SILVA, G. P. C.; RIBEIRO, R. P. Utilização de dados pluviométricos diários para determinação da equação IDF para o município de Abaetetuba – Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.2, p. 8694-8709, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-253>>. doi: 10.34117/bjdv6n2-253

DORNELLES, F.; COLLISCHONN, W. **Hidrologia para engenharias e ciências ambientais**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2016.

ENGELBRECHT, B. Z.; GONÇALVES, R. D.; TERAMOTO, E. H.; CHANG, H. K. Disponibilidade hídrica e balanço hídrico da bacia do rio Cachoeira na região de Itabuna/BA. **Revista Geociências**, v. 38, n. 3, p. 731-740, 2019. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/13603/13198>>.

FERRAZ, L. L.; NEVES, J. R. D.; GONÇALVES, L. J.; SOUSA, L. F.; OLIVEIRA, L. B. Determinação da equação intensidade-duração-frequência da precipitação para a cidade de Itabuna, Bahia (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.2. p. 87-98, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.3782627>>. doi: 10.5281/zenodo.3782627

GONÇALVES, L. J.; TAGLIAFERRE, C.; FILHO, M. N. C.; NETO, R. L. B.; SILVA, B. L.; ROCHA, F. A. Determinação da equação intensidade-duração-frequência para algumas localidades do estado da Bahia. **Irriga**, v. 1 n. 1, p. 109-115, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.15809/irriga.2019v1n1p109-115>>. doi: 10.15809/irriga.2019v1n1p109-115

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população**. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em 09 ago. 2020.

KOPPEN, W. **Das Geographische System der Klimate**. In: KOPPEN, W. GEIGER, R. (eds.): *Handbuch der Klimatologie*.– Gebruder Borntrager. Berlin, p. 1–44, 1936.

LIMA, G. V. B. A.; CARVALHO, A. C. G.; PEREIRA, M. M.; BORGES, E. J. N.; RODRIGUES, R. S. S. Métodos de estimativa da Intensidade de chuva para projetos de drenagem urbana em Marabá, Amazônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. 1-18, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2701>>. doi: 10.33448/rsd-v9i4.2701

MORIASI, D. N.; GITAU, M. W.; PAI, N.; DAGGUPATI, P. Hydrologic and water quality models: Performance measures and evaluation criteria. **Trans. ASABE**, v. 58, n.6, p. 1763-1785, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>>. doi: 10.13031/trans.58.10715

NASCIMENTO, A. S.; NUNES, A. A.; ABADE, D. S. O.; CASTRO, G. A.; OLIVEIRA, J. C.; CASTRO, K. D. R. Análise de chuvas intensas para o município de Belo Horizonte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.5, p. 32184-32218, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-605>>. doi: 10.34117/bjdv6n5-605

OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; MARTINS, E. S.; COSTA, C. T. F.; CALDAS, H. F. M. Análise da precipitação e determinação de equações de chuvas intensas para o município de Crato-CE situado no semiárido do Brasil. **Revista GEAMA – Ciências Ambientais e Biotecnologia**, v. 5, n. 3, p. 56-65, 2019.

PANSERA, W. A.; GOMES, B. M.; SAAD, J. C. C. desempenho de modelos paramétricos intensidade-duração-frequência no estudo de chuvas intensas. **Irriga**, v. 25, n. 1, p. 102-111, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n1p102-111>>. doi: 10.15809/irriga.2020v25n1p102-111

PETRUCCI, E.; OLIVEIRA, L. A. Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equação de chuvas intensas para a cidade de Uberlândia-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, p. 337-354, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.57767>>. doi: 10.5380/abclima.v25i0.57767

SILVA, S. R.; ARAÚJO, G. R. S. Algoritmo para Determinação da Equação de Chuvas Intensas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.5, p. 1371-1383, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.26848/rbgf.v6.5.p1371-1383>>. doi: 10.26848/rbgf.v6.5.p1371-1383

SILVA NETO, V. L. Avaliação da erosividade das chuvas na microrregião de Taguatinga-TO. Desafios: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 2, n. 1, p.14, 2016. Disponível em:< [dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2015v2n1p149](https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2015v2n1p149) > doi: 10.20873/uft.2359-3652.2015v2n1p149

SOUZA, R. O. R. D. M.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M. D.; PEREIRA NETO, J. A.; PANTOJA, A. V. Equações de chuvas intensas para o estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 999-1005, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000900011>> doi: 10.1590/S1415-43662012000900011

SOUZA, G. R.; BELLO, I. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; CORREA, F. V. Mapas de Chuvas Intensas no Brasil com Tempo de Retorno de 5 Anos. **Ambiente & Água**, v.14, n.5, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2403>>. doi: 10.4136/ambi-agua.2403

TRENBERTH, K. E.; ZHANG, Y. Intermittency in Precipitation: Duration, Frequency, Intensity, and Amounts Using Hourly Data. **American Meteorological Society**, v. 18, n.5, p. 1393-1412, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0263.1>>. doi: 10.1175/JHM-D-16-0263.1

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: FRGS: ABRH, 2013.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. 1. ed. São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, 1975.