

IX-035 - UTILIZAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA PARA DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE ABAETETUBA – PARÁ

Éverton Costa Dias⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestrando em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Giovanni Chaves Penner⁽²⁾

Professor da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará.

Gabriel Pereira Colares da Silva⁽³⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Renan Puyal Ribeiro⁽⁴⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Endereço⁽¹⁾: Rua primeiro de maio, 2058 – São Lourenço - Abaetetuba - PA- CEP: 68440-000 - Brasil - Tel: (91) 99942-5041 - e-mail: eng_evertondias@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho determinou a equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para o município de Abaetetuba-PA, utilizando os dados de precipitação diária obtidos por meio do banco de dados na Agência Nacional de Águas (ANA). O ajuste dos dados de precipitação foi realizado pela distribuição estatística de Pearson a três parâmetros, por ser a melhor distribuição probabilística que aderiu aos dados de precipitação após a análise dos Testes de Filliben e de Variância. A desagregação dos valores de precipitação para durações menores que 24 horas foi realizada utilizando os coeficientes de desagregação da literatura. Os parâmetros da equação IDF foram obtidos utilizando o método de regressão não linear (Gauss-Newton) por meio de planilha dinâmica do *Microsoft Excel* 2013. A partir da aplicação do método chegou-se aos parâmetros da equação: K (1276,0266), a (0,1058), b (13,6541) e c (0,7865). Para avaliação da equação obtida foi encontrado o coeficiente de determinação (R^2) com resultado de 0,9969. Acredita-se que a equação ora obtida pode contribuir com o dimensionamento hidráulico-hidrológico e agrícola onde seja necessário determinar a vazão máxima.

PALAVRAS-CHAVE: Chuvas intensas, Pluviômetro, Equação IDF, Abaetetuba – PA.

INTRODUÇÃO

As precipitações máximas ou chuvas extremas, são fenômenos aleatórios e de ocorrência natural, geralmente caracterizados por forte precipitação em um curto espaço de tempo e de forma contínua, cujas intensidades ultrapassam um determinado valor mínimo (Silva et al., 2003; Araújo et al., 2008). A determinação dessas intensidades é crucial em projetos de drenagem urbana. Além disso, o estudo de chuvas extremas também é importante para o sucesso da operação no controle e detecção de inundação de várzea, no qual podem ser utilizados os modelos de previsões de vazões (Filho & Marcellini, 2015).

A ocorrência das chuvas intensas pode ocasionar as chamadas inundações, principalmente em áreas mais baixas e onde o sistema de drenagem está comprometido. No meio urbano, as inundações podem ser responsáveis por acarretar a destruição de bens materiais e até mesmo, em caso mais extremos, perdas humanas (MCT/CGE, 2002). Dessa forma, para mitigar os efeitos das inundações, o conhecimento de dados de vazão máxima observados através de análises de dados de precipitação é de fundamental importância em estudos relacionados a dimensionamentos de projetos hidráulicos (vertedores, canais, barragens e sistemas de drenagem, canais de terraços, drenagem agrícola, urbana e rodoviária, desvio de cursos d'água e práticas mecânicas de controle de erosão hídrica, entre outros) (Garcia et al., 2011).

Nesse sentido, a quantificação dessas chuvas pode ser realizada por meio do emprego de equações de chuvas intensas, também denominadas de equações intensidade-duração-frequência (IDF) (Cecílio & Pruski, 2003; Damé et al., 2008). Para que haja a determinação das equações IDF é necessário que se tenha registros de

dados de precipitação, obtidos por valores extraídos de pluviógrafos, dados estes que são diferentes para cada estação e local estudado (Svensson et al., 2007; Campos et al., 2014). Além disso, também é necessário que se realize os ajustes dos parâmetros que serão empregados na equação de chuvas intensas. Porém, utilizar dados de pluviógrafos é uma tarefa trabalhosa, devido ao grande número de dados a serem processados e também pela carência de estações pluviográficas em grande parte do país.

Desta forma, algumas metodologias, conhecidas como métodos de desagregação de chuvas diárias foram desenvolvidas e reproduzidas por diversos autores, visando a obtenção das precipitações de menor duração, a partir dos dados pluviométricos diários (chuvas de 1 dia) (Back, Oliveira e Henn, 2012). Sendo assim, a determinação das equações de chuvas intensas se torna menos trabalhosa e mais acessível aos municípios que possuem apenas estações pluviométricas.

Objetivo

Pelo exposto este trabalho objetiva determinar a equação Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas para o município de Abaetetuba (PA) a partir da série histórica pluviométrica obtida por meio do banco de dados na Agência Nacional de Águas (ANA), utilizando os coeficientes de desagregação de chuvas diárias de Silveira (2000). Além disso, buscou-se comparar os valores de intensidades observadas e calculadas, e analisar as diferenças obtidas entre elas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e análise de dados

Os dados de precipitação diária utilizados neste estudo referem-se à estação pluviométrica do município de Abaetetuba, por meio do banco de dados Hidroweb pertencente ao Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA), código 148010, estando nas coordenadas 1° 45' 1" S e 48° 52' 1" O.

A série inicial de dados de chuvas contava com 38 anos. Porém, devido a falhas de registro em alguns deles, a série foi reduzida para 36 anos, com início em janeiro de 1982 a dezembro de 2017, com exceção dos anos de 1981 e 1992, os quais foram retirados. A partir desta nova série foram extraídas as precipitações diárias máximas anuais para serem utilizadas no decorrer do estudo.

Para avaliar qual seria a melhor distribuição de frequência e mais ajustada aos dados observados para serem usados neste estudo utilizou-se o *software* SEAF (Sistema Especialista em Análise de Frequência) 1.0. A partir dos Testes de Filibenn e de Variância realizados por esta ferramenta computacional, verificou-se que a distribuição que melhor se aderiu aos dados observados foi a de Pearson a 3 parâmetros.

De acordo com Silva (2009) e Sampaio (2011), para que uma variável aleatória X possua uma distribuição de Pearson Tipo III é necessário que a variável $(X - \gamma)$ seja distribuída conforme uma Gama com parâmetros de escala α e parâmetro de forma β . De fato, se o parâmetro de posição γ , da distribuição Pearson do Tipo III, for nulo, essa distribuição reduz-se a uma Gama. Por este motivo, a distribuição de Pearson Tipo III também recebe o nome de Gama a 3 parâmetros. A função de probabilidades acumuladas da distribuição Pearson Tipo III é expressa pela Equação 1:

$$P_X = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{x - \gamma}{\alpha} \right\}^{\beta-1} \exp \left\{ -\frac{x - \gamma}{\alpha} \right\} \quad (1)$$

Onde:

α = parâmetro de escala;

β = parâmetro de forma;

γ = parâmetro de posição.

A variável x é definida no intervalo $\gamma < x < \infty$. Em geral, o parâmetro de escala α pode ser positivo ou negativo. Entretanto, se $\alpha < 0$, a distribuição é limitada superiormente.

Obtenção dos parâmetros da Equação IDF

A partir dos resultados obtidos por meio do programa SEAF 1.0 e da escolha da distribuição de Pearson a três parâmetros, utilizou-se os valores da lâmina precipitada estimada pelo *software*, para cada período de retorno, para realizar a desagregação das chuvas diárias em alturas pluviométricas de menor duração. Para isso, utilizou-se os coeficientes de desagregação de Silveira (2000), conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Coeficientes de desagregação para a metodologia de Silveira (Adaptado de Silveira, 2000).

SILVEIRA (2000)			
Relação entre durações	Fator de desagregação	Relação entre durações	Fator de desagregação
5 min / 24 h	0,104	6 h / 24 h	0,724
10 min / 24 h	0,177	8 h / 24 h	0,778
15 min / 24 h	0,226	10 h / 24 h	0,820
30min / 24 h	0,318	12 h / 24 h	0,856
1 h / 24 h	0,420	18 h / 24 h	0,936
2 h / 24 h	0,531	24 h / 1 dia	1,00
4 h / 24 h	0,651		

A partir da desagregação foram obtidas as alturas de precipitações para as durações de 5, 10, 15, 30, 60, 120, 240, 360, 480, 600, 720, 1080 e 1440 minutos, gerando dados suficientes para a definição das curvas IDF, considerando os tempos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100, 200 e 1000 anos. Ressalta-se que a altura de chuva precipitada em 1440 minutos (24 horas) é considerada, por Silveira (2000), igual a chuva de 1 dia. A equação 1 é utilizada para representar a relação Intensidade-Duração-Frequência, de acordo com Villela e Mattos (1975):

$$i = \frac{K \cdot T_r^a}{(t + b)^c} \quad (2)$$

Onde:

i = intensidade da precipitação (mm/h);

T_r = tempo de retorno (anos);

t = duração da precipitação (minutos);

K , a , b , c são os parâmetros da equação que descrevem características locais (adimensional)

A partir da forma geral da equação IDF representada, deu-se prosseguimento ao processamento dos dados de precipitação do pluviômetro, estimando os parâmetros dessa equação (K , a , b e c) para o município de Abaetetuba. Para isso, neste trabalho utilizou-se a metodologia de regressão não-linear, também conhecida como método Gauss – Newton, por meio de planilha eletrônica da ferramenta eletrônica *software Microsoft Excel* 2013.

Para avaliar o ajuste das intensidades obtidas a partir da equação determinada neste trabalho às intensidades obtidas a partir da distribuição de Pearson III foi utilizado o Coeficiente de Determinação, ou simplesmente R^2 .

RESULTADOS

Desagregação da Precipitação Diária e Determinação das Curvas IDF

Com os valores da lâmina precipitada para cada período de retorno calculados com a distribuição Pearson a três parâmetros, conduziu-se a desagregação da chuva de 1 dia utilizando os coeficientes de desagregação propostos por Silveira (2000). Os períodos de retorno empregados foram 2, 5, 10, 50, 100, 200 e 1000 anos. As alturas precipitadas para cada tempo de recorrência constam na Tabela 1.

Tabela 2: Estimativa da precipitação máxima diária pela distribuição estatística de Pearson III, realizada para cada tempo de Retorno.

Tempo de Retorno (anos)	Precipitação máxima de 1 dia (mm)
2	93,01
5	120,20
10	135,06
50	162,21
100	172,13
200	181,36
1000	200,86

Pela Tabela 2 verifica-se que há uma relação diretamente proporcional entre o tempo de recorrência e as alturas precipitadas, conforme já se esperava. Tal fato se torna perceptível quando se observa que, quanto maior é o tempo de retorno obtido, maior é a altura (volume) de chuva precipitada prevista. Isto significa que, à medida que o tempo de recorrência aumenta, maiores são os valores de precipitação que podem vir a ocorrer neste período analisado.

Aos valores de precipitação máxima diária presentes na Tabela 2 aplicou-se os coeficientes de desagregação de Silveira (2000). Dessa forma, obteve-se os valores de precipitação para durações inferiores a 1 dia, correspondentes a cada tempo de retorno utilizado. Posteriormente à desagregação obteve-se as intensidades de precipitação máxima através da divisão dos valores de altura precipitada por suas respectivas durações, ver Tabela 3. Ressalta-se que estas intensidades são relativas as chuvas observadas e ajustadas, e não as intensidades calculadas a partir da equação IDF.

Tabela 3: Intensidades observadas de precipitação de acordo com a duração e o período de retorno.

Duração (min)	Período de Retorno (anos)						
	2	5	10	50	100	200	1000
5	116,079	150,016	168,554	202,441	214,818	226,337	250,671
10	98,779	127,658	143,433	172,269	182,802	192,604	213,311
15	84,083	108,665	122,093	146,640	155,606	163,949	181,576
30	59,156	76,450	85,898	103,167	109,475	115,345	127,746
60	39,065	50,486	56,725	68,129	72,295	76,171	84,360
120	24,695	31,914	35,858	43,067	45,701	48,151	53,328
240	15,138	19,563	21,981	26,400	28,014	29,516	32,690
360	11,223	14,505	16,297	19,574	20,770	21,884	24,237
480	9,045	11,690	13,134	15,775	16,740	17,637	19,533
600	7,627	9,857	11,075	13,301	14,115	14,872	16,470
720	6,635	8,575	9,634	11,571	12,279	12,937	14,328
1080	4,837	6,251	7,023	8,435	8,951	9,431	10,445
1440	3,876	5,009	5,627	6,759	7,172	7,557	8,369

Quando analisadas as variáveis intensidade de chuva e duração de precipitação uma relação inversamente proporcional foi verificada, indicando que quanto maior é a duração, menor será a intensidade de chuva obtida. Porém, para uma mesma duração, a relação observada é diretamente proporcional entre o tempo de retorno e a intensidade, sendo que quanto maior for o período de retorno, maior será a intensidade de precipitação. Portanto, ao analisar as três variáveis, quanto menor for a duração de precipitação e maior for o tempo de retorno, maior será a intensidade da chuva (Figura 1).

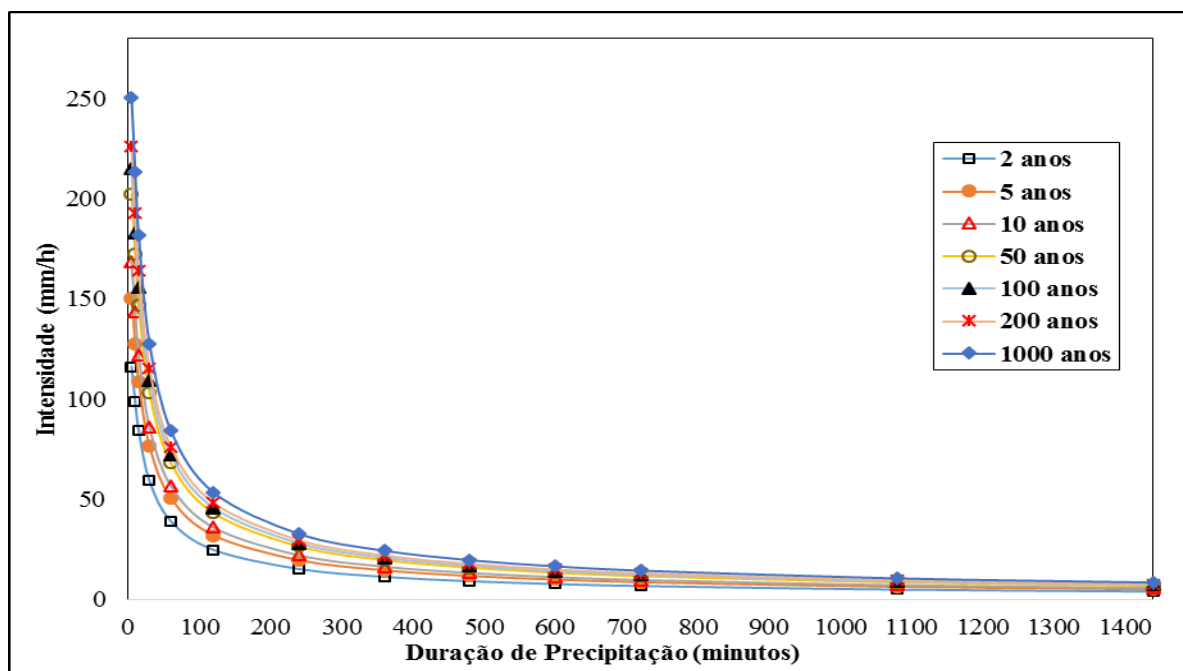


Figura 1: Curvas IDF para o município de Abaetetuba, considerando as intensidade observadas para as durações de 5, 10, 15, 30, 60, 120, 240, 360, 480, 600, 720, 1080, e 1440 minutos e os tempos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100, 200 e 1000 anos.

As relações diretas e inversamente proporcionais descritas são essenciais para evidenciar a importância da escolha ideal do período de retorno para o dimensionamento correto de obras hidráulicas. De acordo com Beijo, Muniz e Castro Neto (2005), concebe-se os projetos hidráulicos de forma a considerar o custo mínimo, associando a eles um risco admissível de falha, sendo que para tal é necessário que haja previsão de variáveis hidrológicas de grandes magnitudes com um tempo de retorno elevado, podendo ser estimado por meio da aplicação de relações IDF.

Determinação e avaliação dos parâmetros da equação IDF

A determinação dos parâmetros da Equação 2 é feita com base nos valores de precipitação observados. A intensidade observada refere-se aos valores de intensidade obtidos anteriormente por meio da distribuição de probabilidade de Pearson III e desagregação de chuva diária.

Para a determinação dos coeficientes K , a , b e c da equação de chuvas intensas para Abaetetuba inicialmente utilizou-se os valores obtidos por Souza et al. (2012) – que em seus estudos já haviam determinado uma equação IDF para o município em questão – como primeira tentativa. Após várias iterações no *Microsoft Excel 2013* obteve-se os novos valores dos coeficientes da equação de chuvas intensas, admitindo-se sempre quatro casas decimais, sendo estes: $K = 1276,0266$; $a = 0,1058$; $b = 13,6541$; $c = 0,7865$.

De posse desses valores e substituindo-os na Equação 2, pode-se formar a equação atualizada de intensidade-duração-frequência para o município de Abaetetuba (Equação 3):

$$i = \frac{1276,0266 \times T_r^{0,1058}}{(t + 13,6541)^{0,7865}} \quad (3)$$

Ao final da aplicação do método Gauss-Newton (regressão não linear) para a obtenção dos coeficientes da equação IDF, atingiu-se um R^2 igual a 0,9969, sendo considerado um ótimo valor para expressar a relação entre as intensidades obtida com a distribuição Pearson III e a calculada pela equação IDF proposta neste trabalho. Isto significa que 99,69% dos valores de intensidade calculados (variável dependente) variam por influência das intensidades observadas (variável independente), tal influência é diretamente proporcional. A raiz quadrada de R^2 , chamada de coeficiente de correlação (R), foi calculada 0,9984, demonstrando uma dependência

proporcional quase perfeita entre as duas variáveis (intensidades calculadas e observadas). A relação entre as intensidades observadas e calculadas a partir da Equação 3 pode ser visualizada a partir da Figura 2.

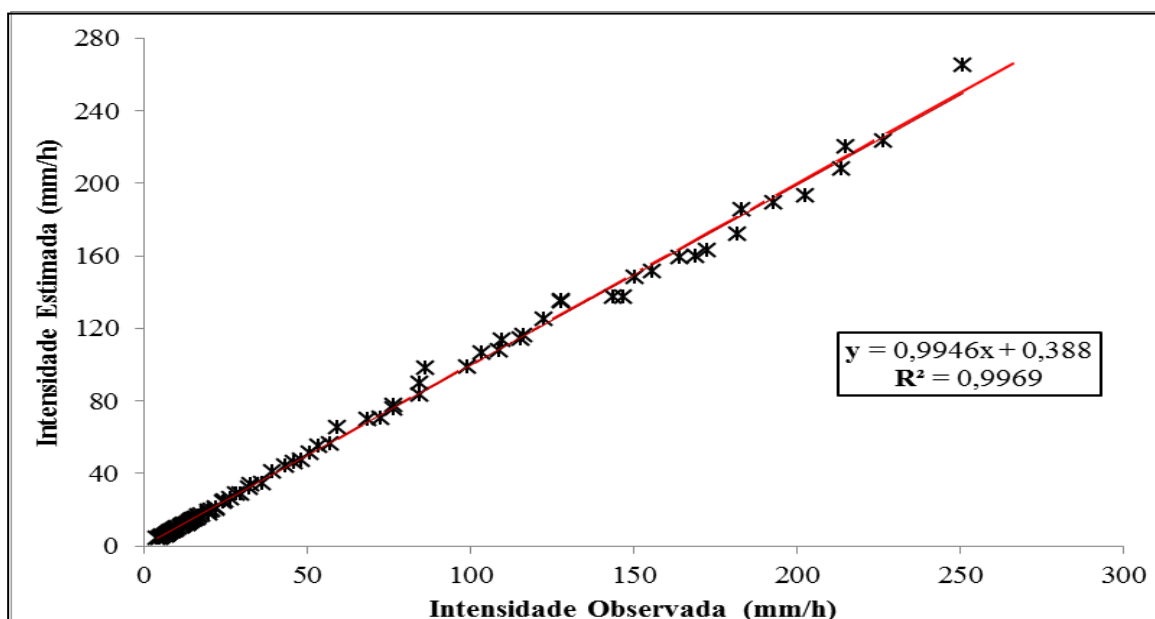


Figura 2: Relação entre as intensidades observadas e as estimadas após determinação dos parâmetros da Equação IDF para o município de Abaetetuba.

Além da relação entre as intensidades também foi possível verificar a aderência das intensidades calculadas às observadas, por meio das Figuras 3 e 4. Para que a visualização ficasse melhor, decidiu-se fragmentar, em duas partes, as intensidades de precipitação de acordo com as suas respectivas durações.

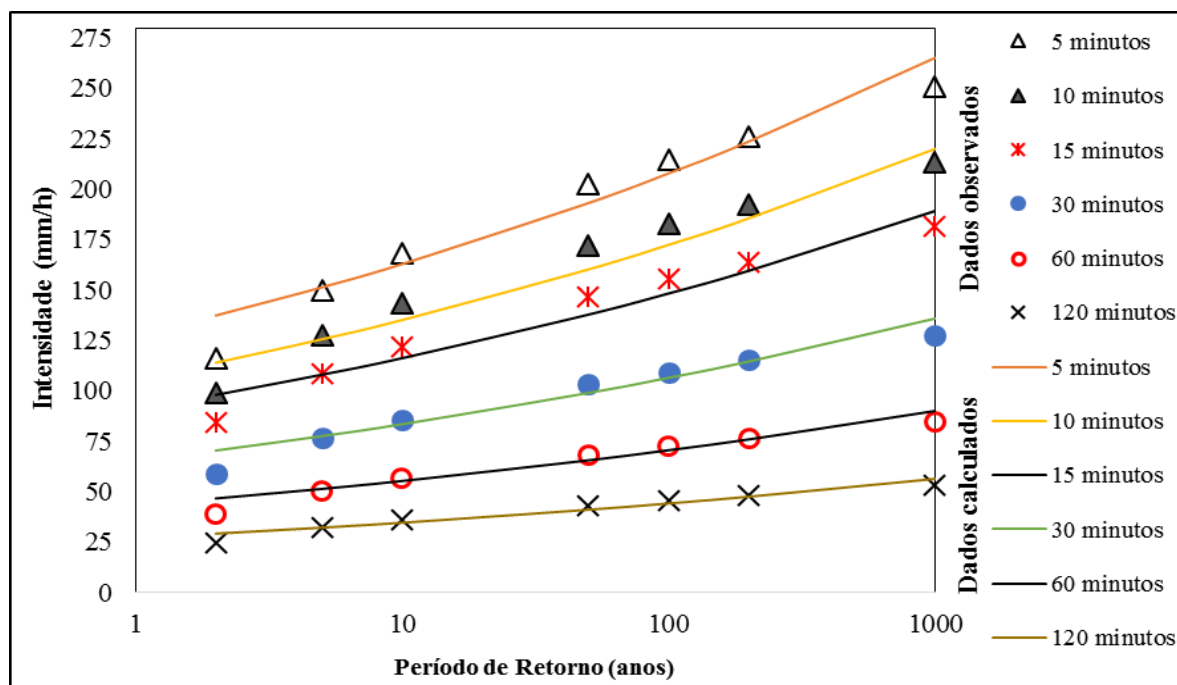


Figura 3: Gráfico de Curvas IDF linearizadas para o município de Abaetetuba com dados de intensidade observadas e calculadas, para duração de 5 a 120 minutos e diferentes períodos de retorno.

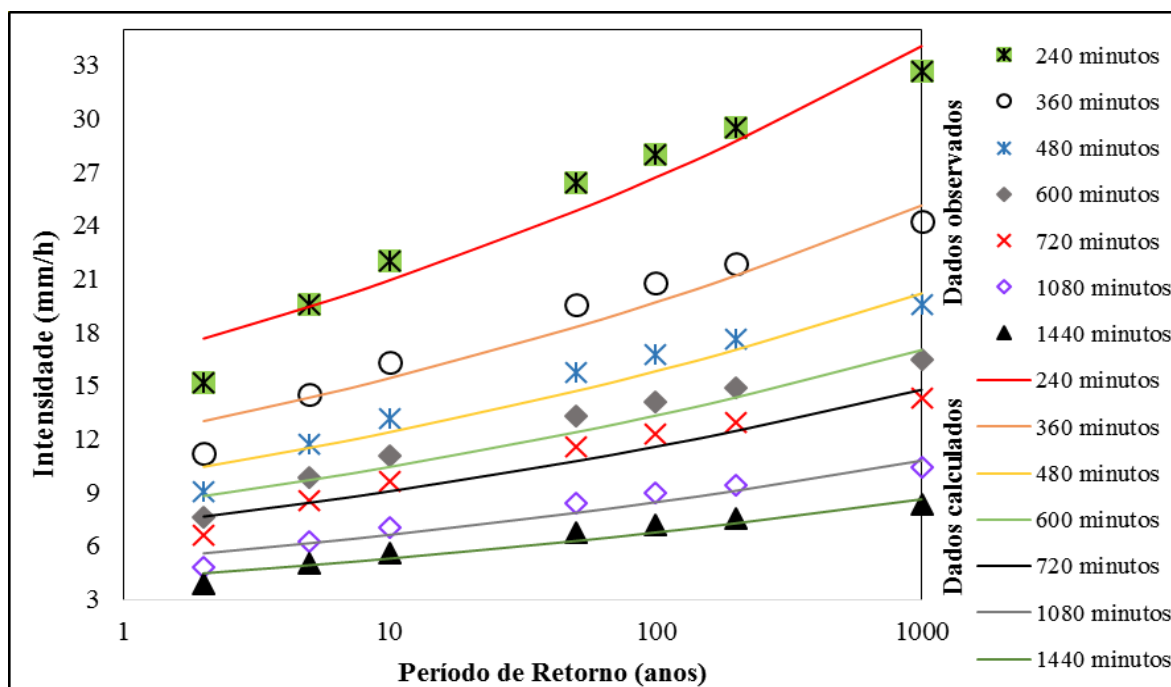


Figura 4: Gráfico de Curvas IDF linearizadas para o município de Abaetetuba com dados de intensidade observadas e calculadas, para duração de 240 a 1440 minutos e diferentes períodos de retorno.

Na Figura 3, para a duração de 5 minutos, verificou-se que ocorreu maior variação nas intensidades, principalmente para os períodos de retorno de 2, 50, 100 e 1000 anos, dando-se destaque ao período de 2 anos, no qual a intensidade calculada com a IDF (137,491 mm/h) foi 18,45% maior do que a desagregada (116,079 mm/h). Ainda considerando o período de retorno de 2 anos, verificou-se que todas as intensidades calculadas foram maiores do que as desagregadas, indicando que a equação obtida superestimou a intensidade para esse período de retorno. Sendo que a maior diferença entre intensidades ocorreu na duração de 60 minutos, de forma que a intensidade calculada (46,68 mm/h) foi 19,51% maior do que a desagregada (39,065 mm/h).

Tal variação pode estar associada principalmente ao fato de que as intensidades são maiores para as primeiras durações de precipitação, confirmando o fato de que quanto menor a duração, maior a intensidade de precipitação. Por esse motivo, o método de regressão não linear não se ajustou tão bem às primeiras durações devido a magnitude das intensidades, visto que qualquer variação no valor dos parâmetros da Equação 3 calculados levaria a uma variação consideravelmente alta a essas intensidades iniciais.

Além disso, outro importante motivo que pode justificar a maior diferença entre as intensidades demonstradas nas primeiras durações de precipitação é o fato de que os próprios coeficientes de desagregação propostos por Silveira (2000), e utilizados neste trabalho para desagregar as chuvas de 1 dia em chuvas de menores durações varia com relação a outros autores, por exemplo, DAEE/CETESB (1980). Sendo que para as durações de 5, 10, 15 e 30 minutos os erros percentuais obtidos foram de -5,5%, 4,1%, 2,7% e 2,7%, respectivamente. Essas diferenças são consideravelmente maiores do que as que ocorrem no segundo período de durações (240 a 1440 min.) e podem ter sua origem desde a fase de desagregação.

Adicionalmente determinou-se o erro médio para cada período de retorno das intensidades, ver Tabela 4. Para o período de 2 anos de retorno, as intensidades calculadas são 16,75% maiores do que as desagregadas, ratificando que para o período de retorno de 2 anos os resultados obtidos são superestimados.

Tabela 4: Erro médio percentual para cada período de retorno.

Período de Retorno (anos)	Erro Médio (%)
2	16,75%
5	-0,47%
10	-4,67%
50	-5,90%
100	-4,57%
200	-2,54%
1000	4,34%

Como já mencionado anteriormente, a intensidade de precipitação aumenta de acordo com a elevação do período de retorno e conforme a diminuição da duração de precipitação. Porém, observando-se os valores da Tabela 4 a mesma relação não ocorre para os erros entre as intensidades calculadas e desagregadas.

Os desvios no ajuste apontados na Figura 3, para as durações de 5 a 120 minutos não são tão relevantes nas intensidades observadas e calculadas do segundo intervalo de durações 240 a 1440 minutos, Figura 4. Provavelmente pelas intensidades serem menores, com reduzidas variações.

CONCLUSÕES

Após avaliar os 36 anos de registros de precipitação da estação pluviométrica de Abaetetuba, constatou-se que a metodologia distribuição de probabilidades de Pearson tipo III foi a qual forneceu o melhor ajuste em relação aos dados de precipitação observados.

Após a aplicação do método Gauss-Newton para determinação dos parâmetros da equação IDF, obteve-se os coeficientes de determinação (R^2) e de correlação (R), respectivamente, de 0,9969 e 0,9984; convergindo para os valores de $K = 1276,0266$; $a = 0,1058$; $b = 13,6541$; $c = 0,7865$.

Após a determinação da intensidade por meio da equação 3 verificou-se que, para o período de retorno de 2 anos, todas as intensidades calculadas foram maiores do que as desagregadas, indicando que a equação obtida superestimou a intensidade para esse período. Desta forma, tal tempo de retorno possui o maior erro médio, sendo este igual a 16,75%. Porém, para os outros períodos obteve-se um erro médio consideravelmente menor, indicando uma boa relação entre as intensidades.

Por fim, a metodologia aplicada neste estudo, para determinação da equação IDF das chuvas intensas para o município de Abaetetuba-PA obteve resultados satisfatórios e pode ser utilizada em outras regiões que também possuam apenas dados de pluviômetros. Desta forma, podendo ser empregada na estimativa da precipitação máxima utilizada para elaboração de diversos projetos hidráulicos, bem como agrícolas, que venham a ser implantados no município de Abaetetuba; indicando a variada faixa de aplicação que esta equação pode assumir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA. Séries Históricas de Estações. 201?. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- 2 ARAÚJO, L.E., SOUSA, F.A.S., RIBEIRO, M.A.F.M., SANTOS, A.S., MEDEIROS, P.C. *Análise estatística de chuvas intensas da bacia hidrográfica do Rio Paraíba*. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.2, p.162-169, 2008.
- 3 BACK, A.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, n.4, p.391–398, 2012.

- 4 BEIJO, L. A.; MUNIZ, J. A.; CASTRO NETO, P. *Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos tipo I*. *Ciência Agrotécnica*, v. 29, n 3, p. 657-667, 2005.
- 5 CAMPOS, A.R., SANTOS, G.G.; SILVA, J.B.L., FILHO, J.I., LOURA, D.S. *Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado do Piauí*. *Revista Ciência Agronômica*, v.45, n.3, p.488-498, jul-set, 2014.
- 6 CECÍLIO, R.A., PRUSKI, F.F. *Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.501-504, 2003.
- 7 DAMÉ, R.C.F., TEIXEIRA, C.F.A., TERRA, V.S.S. *Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas - RS*. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.2, p.245-255, abr.-jun. 2008.
- 8 FILHO, K.Z., MARCELLINI, S.S. *Precipitações Máximas*. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L. & BARROS, M.T., *Drenagem Urbana*. Reimpressão da 1. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 37-76, 2015.
- 9 GARCIA, S.S., AMORIM, R.S.S., COUTO, E.G., STOPA, W.H. *Determinação da equação intensidade-duração-frequência para três estações meteorológicas do Estado de Mato Grosso*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.6, p.575-581, 2011.
- 10 PFAFSTETTER, O. *Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos*. Rio de Janeiro: DNOCS, 419 p., 1957.
- 11 MINISTÉRIO de CIÊNCIA e TECNOLOGIA/CENTRO de ESTUDOS e GESTÃO ESTRATÉGICA - MCT/CGE. *Diretrizes estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*. Brasília, 2002. Disponível em <<http://www.ana.gov.br>> Acesso em: 11 fev. 2018.
- 12 SAMPAIO, M. V. *Determinação e espacialização dos coeficientes das equações de chuvas intensas em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul*. Santa Maria, 2011. Tese de doutorado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Santa Maria, 2011.
- 13 SILVA, D.D., PEREIRA, S.B., PRUSKI, F.F., GOMES FILHO, R.R., LANA, A.M.Q., BAENA, L.G.N. *Equações de Intensidade-Duração-Frequência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins*. *Engenharia na Agricultura*, v.11, n.4, p.7-14, 2003.
- 14 SILVA, B. M. *Chuvas intensas em localidades do estado de Pernambuco*. Recife, 2009. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal do Pernambuco, 2009.
- 15 SILVEIRA, A.L.L. *Equação para os coeficientes de desagregação de chuva*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.5, n.4, p.143-147, out.-dez. 2000.
- 16 SOUZA, O.R.M.; SCARAMUSSA, P.H.M.; AMARAL, M.A.C.M.; PEREIRA NETO, J.A.; PANTOJA, A.V.; SADECK, L.W.R. *Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 9, p.999-1005, 2012.
- 17 SVENSSON, C., CLARKE, R.T., JONES, D.A. *An experimental comparison of methods for estimating rainfall intensityduration-frequency relations from fragmentary records*. *Journal of Hydrology*, v.341, p.79-89, 2007.
- 18 VILLELA, S.M., MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 p., 1975.