

# EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA INDAIAL – SANTA CATARINA

Luiz Henrique Lana<sup>1</sup>

## RESUMO

O estudo das chuvas intensas para utilização em projetos de engenharia é fundamental, especialmente no que concerne às obras hidráulicas. Ele é feito por meio da relação entre a intensidade, a duração e a frequência destas. Este trabalho buscou determinar estas relações para o município de Indaial, Santa Catarina, devido à falta de estudos relacionados, bem como à recorrência e à importância histórica dos desastres hidrológicos na região. Os dados de chuva foram ajustados à distribuição estatística de Gumbel de forma a obter os valores de precipitação máxima para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25 e 50 anos. A verificação do ajuste dos dados observados a esta distribuição foi feita com o uso dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling, ao nível de significância de 1%. A desagregação das chuvas em durações menores que 24 horas foi feita utilizando o método das Relações de Durações. Os parâmetros K (842,3771), a (0,2024), b (10,4937) e c (0,7514) da equação de chuvas intensas foram obtidos por meio do método do Gradiente Reduzido Generalizado. A avaliação da equação obtida foi realizada por meio do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do índice de concordância de Willmott (d), com resultados respectivos de 0,9977 e 0,9994. Destarte, esta pesquisa contribuiu para o entendimento das chuvas intensas no município de Indaial, permitindo seu uso no dimensionamento de estruturas hidráulicas do local.

**Palavras-chave:** Chuvas intensas. Relações intensidade-duração-frequência. Drenagem urbana. Distribuição de Gumbel. Indaial.

## 1 INTRODUÇÃO

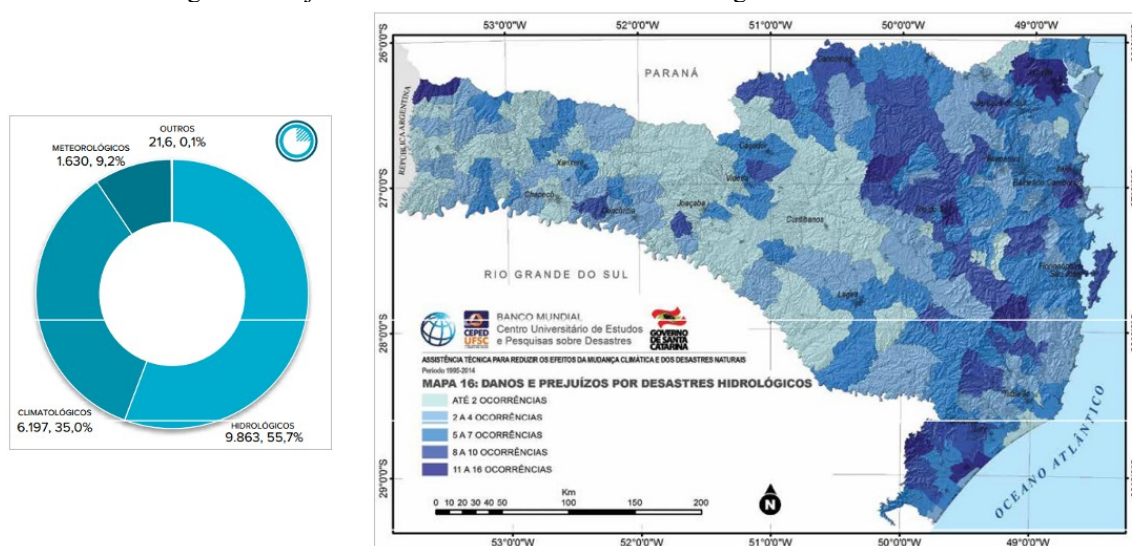
Inundações, enxurradas e alagamentos são os desastres classificados como hidrológicos pela Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). As inundações são a submersão de áreas pelo extravasamento do curso de água, as quais normalmente não se encontram nesta situação e são causadas por um grande volume de chuvas, superior à capacidade de drenagem, que podem ser tanto graduais quanto intensas. Enxurradas – também chamadas de inundações bruscas – são escoamentos superficiais de alta velocidade e energia, com grande poder destrutivo e causadas por eventos chuvosos intensos

<sup>1</sup> Luiz Henrique Lana – Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Cadete do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. email: lhenrique@cblm.sc.gov.br

ou extremos. Já o alagamento está relacionado à extrapolação da capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem, devido a eventos chuvosos intensos, gerando acúmulo de água nas ruas e perímetros urbanos (BRASIL, [201-]; TUCCI, 2001; KOBIYAMA, 2006).

O Relatório de Danos e Prejuízos CEPED (2016b) cita que os danos e prejuízos em todo o país com desastres hidrológicos entre 1995 e 2014 foram de 72,3 bilhões de reais. Deste total, Santa Catarina aparece em segundo lugar com 9,86 bilhões de reais em prejuízos - Figura 1, ficando atrás apenas do Rio de Janeiro, com 10,79 bilhões de reais, sendo as regiões do vale do Itajaí e sul do estado as que registraram maiores prejuízos.

Figura 1- Prejuízos e recorrência de desastres hidrológicos em Santa Catarina



Fonte: Adaptado de CEPED (2016a, p.55-56)

O ciclo de Proteção e Defesa Civil atualmente envolve as etapas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação em desastres. Enquanto a gestão de desastre está mais relacionada à resposta, a gestão do risco compreende o planejamento, a coordenação e a execução das ações e medidas preventivas, com objetivo de reduzir os riscos de desastres (BRASIL, 2017).

Nesse sentido, o conjunto de medidas a fim de minimizar riscos às populações, diminuir os prejuízos causados por inundações e promover o desenvolvimento urbano sustentável é chamado de drenagem urbana. Para o dimensionamento de obras de engenharia tais como vertedores de barragens, sistemas de drenagem urbana, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, etc. é essencial que se conheçam as grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e frequência (TUCCI, 2001).

A intensidade da chuva pode ser entendida como a quantidade de água por unidade de tempo. Assim, as chuvas intensas ou precipitações máximas são as que geram volumes significativos em pequenos intervalos de tempo, e por consequência, costumam gerar danos e prejuízos consideráveis, além de riscos à vida (TUCCI, 2001).

As relações entre as grandezas que caracterizam as precipitações máximas são obtidas pela análise histórica de chuvas, preferencialmente por um período longo, a fim de classificar as ocorrências em relação as suas probabilidades (CASTRO; SILVA; SILVEIRA, 2011).

Portanto, buscou-se neste trabalho determinar relações intensidade-duração-frequência (IDF) para o município de Indaial, Santa Catarina, para tempos de retorno comumente utilizados em projetos de engenharia, de forma a obter maior segurança nas obras hidráulicas, tanto urbanas quanto agrícolas do município, principalmente no que tange à mitigação de desastres naturais hidrológicos.

## **2 METODOLOGIA**

Neste item é descrita a metodologia utilizada neste trabalho.

### **2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

Esta pesquisa utilizou o método indutivo, pois partiu de dados particulares com o fito de obter relações gerais. Quanto à natureza, pode ser classificada como aplicada, vez que se destina a solucionar problemas ou diagnosticar a realidade. Quanto à abordagem, diz-se que é quantitativa. Quanto aos objetivos, ela pode ser dita descritiva, pois tem como fim descrever as características do fenômeno chuvas intensas em Indaial. A população considerada são os dados pluviométricos de precipitação do município e os instrumentos de coleta de dados são livros, teses, dissertações, sítios da internet e dados hidrológicos de agências governamentais (LAKATOS; MARCONI, 2003; PRODANOV; FREITAS, 2013; GIL, 2002).

### **2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

A população estimada do município de Indaial em 2017 foi de 66.497 habitantes, numa área territorial de 430,790 km<sup>2</sup> localizada na região nordeste de Santa Catarina, no Vale do Itajaí (IBGE, 2017). Quanto aos desastres de origem natural, CEPED (2013) indica o

registro de 10 desastres no município entre 1991 e 2012, sendo 5 enxurradas, 3 inundações e 2 vendavais. Ou seja, dos 10 desastres registrados apenas nesse período, 80% são hidrológicos.

### 2.3 COLETA DOS DADOS

A série histórica dos valores de precipitação foi obtida da Estação Meteorológica código 2649001, de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operada pela EPAGRI/SC. Está localizada à latitude de  $-26,9436^{\circ}$ ; e longitude de  $-49,2894^{\circ}$ , no bairro Warnow. A estação começou a operar em janeiro de 1941 e possui dados até o ano de 2015. O acesso aos dados é feito por meio do portal Hidroweb (ANA, 2018).

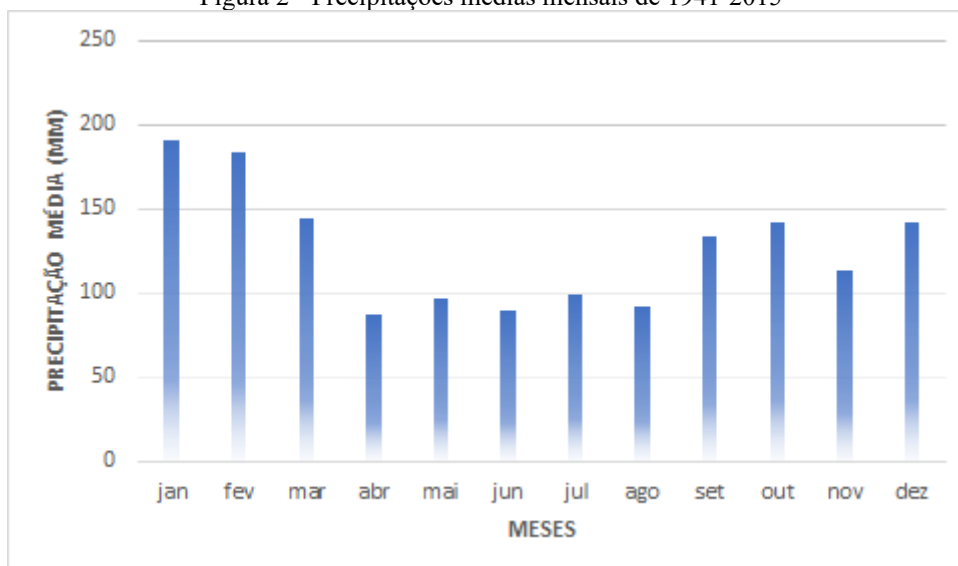
A escolha desta estação se deve ao fato de ela apresentar dados consistidos de um período relativamente longo e da facilidade de acesso a estes, ao passo que outras estações próximas, dentro do mesmo município e em municípios vizinhos consultados – Apiúna e Timbó – apresentam dados de um período menor e não consistidos.

### 2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Primeiramente buscou-se estabelecer o ano hidrológico para o município em questão, de acordo com Naghettini e Pinto (2007). Nesta etapa, utilizou-se as médias mensais de todos os anos disponíveis, mostrados na Figura 2. A análise dos dados corroborou o citado por Back, Oliveira e Henn (2010), de que para o estudo de chuvas intensas em Santa Catarina pode-se considerar o início do ano hidrológico em qualquer dos meses do ano. Portanto, considerou-se o ano hidrológico de janeiro a dezembro.

Foram analisados, na sequência, os valores de precipitação diária dos anos de 1982 a 2000, destacando-se os dias e meses que não possuíam todos os valores. A escolha destes anos deu-se devido aos fatos dos dados estarem consistidos e à falta de dados entre 1966 e 1981. Para cada ano hidrológico completo, determinou-se a precipitação máxima diária anual, que corresponde ao maior valor de precipitação ocorrido em um dia ao longo do ano em questão.

Figura 2 - Precipitações médias mensais de 1941-2015



Fonte: do autor.

## 2.5 AJUSTE À DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA

Uma vez que neste trabalho se buscou determinar tempos de retorno maiores que o número de anos de observações da série – 19 anos – fez-se necessário o ajuste dos dados a distribuições de probabilidade (OLIVEIRA et al, 2011), aqui utilizada a de Gumbel.

A escolha desta distribuição deu-se por ser a distribuição de extremos mais utilizada na análise de frequência de variáveis hidrológicas – notadamente vazão e precipitação, bem como por apresentar vantagens como a não utilização de tabelas de probabilidade, vez que os dados são ajustados utilizando-se apenas a média e o desvio padrão dos valores de precipitação máxima diária anual (OLIVEIRA et al, 2011; NAGHETTINI e PINTO, 2007; TUCCI, 2001; SUBRAMANYA, 2008, COLOMBELLI; MENDES, 2013).

O ajuste foi feito utilizando a Equação 1 (SUBRAMANYA, 2008), que utiliza como entrada os valores estatísticos de média e de desvio padrão dos valores de máxima precipitação anual para determinação da altura máxima de precipitação de um dia, de acordo com os tempos de recorrência desejados.

$$X_T = X_m + K \cdot s \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

$X_T$  = valor extremo para um determinado período de retorno (mm);

$X_m$  = valor médio da amostra (mm);

K = fator de frequência;

s = desvio padrão da amostra.

O fator de frequência K foi determinado de acordo com Subramanya (2008); a média e o desvio padrão de acordo com Lanna (2001). Os tempos de recorrência escolhidos foram 2, 5, 10, 15, 20, 25 e 50 anos, por serem valores frequentemente utilizados no estudo das chuvas intensas (PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017, COLOMBELLI; MENDES, 2013).

## 2.6 TESTE DE ADERÊNCIA

Para avaliar a qualidade do ajuste dos dados à distribuição estatística, foram realizados dois testes de aderência: Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling. O objetivo dos testes foi verificar se a distribuição de Gumbel se ajusta de forma precisa aos valores de precipitação máxima anual. O nível de significância utilizado foi de 1% ( $\alpha = 0,01$ ), comum em estudos de chuvas intensas, dos quais citam-se Pereira, Duarte e Sarmiento (2017) e Oliveira et al. (2011).

Foi calculada a distribuição empírica de probabilidade pelo método Califórnia (PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017). Já a probabilidade de acordo com a distribuição de Gumbel foi calculada por sua função probabilidade (SUBRAMANYA, 2008):

$$P = 1 - e^{-e^y} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

P = probabilidade (adimensional);

e = base dos logaritmos neperianos (adimensional);

y = variável reduzida de Gumbel (adimensional).

Comparando-se os valores de precipitação da distribuição empírica e da distribuição teórica (Gumbel), foram calculados os valores estatísticos para o teste de aderência.

## 2.7 DESAGREGAÇÃO DA CHUVA

Para o estudo das chuvas intensas e relações entre intensidade, duração e frequência, faz-se necessário conhecer as características destas precipitações em locais que não dispõem

de pluviógrafos, apenas de dados totais de chuva em um dia, os quais são fornecidos por pluviômetros. Nestes casos, utiliza-se o método das relações de durações, que se baseia no fato de que as curvas de probabilidade de diferentes durações mantêm-se paralelas entre si e de que para diferentes locais existe grande similaridade entre as relações de precipitações médias máximas de diferentes durações. Cita-se ainda que tal método é simples e de grande aplicabilidade, em face da existência de pluviômetros espalhados por quase todo o território nacional (TUCCI, 2001; CETESB, 1986; OLIVEIRA et al, 2011).

As durações de chuva utilizadas neste trabalho foram 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 180, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos, valores comumente utilizados em estudos de chuvas intensas (PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017, COLOMBELLI; MENDES, 2013). Estas durações são obtidas pela multiplicação da precipitação de duração maior pelo coeficiente que a transforma na precipitação de menor duração, de acordo com a metodologia proposta por CETESB (1986). Estes valores são ainda comparados aos mínimos preconizados por esta metodologia, ou seja, se forem obtidos, na desagregação, valores menores que os valores de referência, estes são utilizados e aqueles desconsiderados.

A partir dos valores de precipitação obtidos pela metodologia até aqui descrita, as respectivas intensidades são obtidas dividindo-se os valores encontrados pela duração correspondente, e a partir destas é possível gerar as curvas IDF para os dados analisados, com uma curva para cada tempo de recorrência.

## 2.8 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO IDF

Os dados das precipitações intensas podem ser resumidos numa equação, que tem sua forma padrão apresentada na Equação 3 (PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017).

$$i = \frac{KTr^a}{(t+b)^c} \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

i = intensidade de precipitação (mm/h);

Tr = tempo de recorrência (anos);

t = duração da chuva (minutos);

K, b e c = parâmetros que descrevem características locais (adimensional);

a = parâmetro regional constante (adimensional).

Para a determinação destes parâmetros foi utilizado o Solver, ferramenta computacional do programa Excel<sup>®</sup>. Uma das formas utilizadas por ele na resolução de problemas é o Método do Gradiente Reduzido Generalizado (GRG), aplicado na otimização e solução de problemas não lineares (PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017). Esta determinação baseia-se nos valores de precipitação observados – obtidos por Gumbel e desagregação – e nos estimados – obtidos por meio da Equação 3.

Foram calculadas ainda a soma quadrática total (SQT), a soma dos quadrados dos resíduos (SQRes) e a soma dos quadrados devido à regressão (SQReg). A SQT foi feita pela diferença entre os valores observados e a média destes, com todos os termos elevados ao quadrado e somados. A SQReg foi feita de forma análoga, porém utilizando os valores estimados. Já a SQRes é obtida subtraindo-se os valores estimados dos observados, elevando cada termo ao quadrado e somando-os (PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017).

De forma resumida, a obtenção dos parâmetros IDF foi feita, definindo-se: (i) o objetivo (menor valor possível para SQRes), (ii) as células variáveis (K, a, b e c), (iii) a restrição ( $SQT - (SQReg + SQRes) = 0$ ) e (iv) o Método GRG. Desta forma, encontrou-se os valores dos parâmetros da equação IDF que mais se adequam ao objetivo proposto.

## 2.9 AVALIAÇÃO DA EQUAÇÃO IDF

Para avaliar os coeficientes estimados pela metodologia proposta para a equação IDF encontrada foram utilizados dois parâmetros, quais sejam o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e índice de concordância de Willmott (d). O objetivo destes testes é avaliar o quão próximos estão os valores estimados pela equação dos valores observados.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é obtido pela divisão da SQReg pela SQT, devendo sempre ser um valor positivo que varia entre 0 e 1. Este coeficiente é utilizado na avaliação do ajuste dos parâmetros da equação IDF, de forma que quanto mais próximo de 1 for, melhor o ajuste (NAGHETTINI e PINTO, 2007; PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017).

O índice de concordância de Willmott (d) determina a exatidão do método utilizado, ou seja, avalia o afastamento entre os valores estimados e observados, e tem seu valor numérico entre 0 e 1, dado pela Equação 4 (NAGHETTINI e PINTO, 2007; WILLMOTT, 1981).



$$d=1-\frac{\sum (P_i-O_i)^2}{\sum (|P_i-O|+|O_i-O|)^2} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que:

P<sub>i</sub> = valor estimado (mm/h);

O<sub>i</sub> = valor observado (mm/h);

O = média dos valores observados (mm/h).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item passa-se à discussão dos resultados obtidos.

#### 3.1 DADOS DE CHUVA

Foram selecionados manualmente os anos com dados completos e consistidos, obtendo-se um total de 19 anos, compilados na Tabela 1. Cita-se que outros trabalhos já foram realizados utilizando séries de tamanho similar ou menores (COLOMBELLI; MENDES, 2013; GARCIA et al., 2011; FREITAS, 2016) para os cálculos das relações IDF, em situações nas quais não havia mais dados disponíveis.

Tabela 1 - Valores de precipitação máxima anual

Ordem "m"	Ano	Precip. máx. (mm)	Probabilidade acumulada (Califórnia)	Tempo de retorno (anos)	Precip. máx. 24 horas (mm)
1	1982	146,6	0,0526	19	167,12
2	1999	115,9	0,1053	9,5	132,13
3	1995	98,8	0,1579	6,3333	112,63
4	1984	94,8	0,2105	4,75	108,07
5	1992	94,6	0,2632	3,8	107,84
6	1994	94	0,3158	3,1667	107,16
7	1997	89,4	0,3684	2,7143	101,92
8	1991	86,1	0,4211	2,375	98,154
9	1998	85,7	0,4737	2,1111	97,698
10	1983	81,4	0,5263	1,9	92,796
11	1993	79,4	0,5789	1,7273	90,516
12	1989	78,6	0,6316	1,5833	89,604
13	1996	78	0,6842	1,4615	88,92
14	1990	76,9	0,7368	1,3571	87,666
15	1985	73,2	0,7895	1,2667	83,448
16	2000	57,1	0,8421	1,1875	65,094
17	1988	56,2	0,8947	1,1176	64,068

Ordem "m"	Ano	Precip. máx. (mm)	Probabilidade acumulada (Califórnia)	Tempo de retorno (anos)	Precip. máx. 24 horas (mm)
18	1987	46,9	0,9474	1,0556	53,466
19	1986	40,8	1	1	46,512

Fonte: do autor.

Ao analisar as precipitações máximas de 1 dia, percebe-se que o ano com maior lâmina de precipitação, entre os analisados, foi 1982, com 146,6 mm, enquanto a menor máxima ocorreu em 1986, com apenas 40,8 mm.

### 3.2 TRATAMENTO E TESTE DE ADERÊNCIA

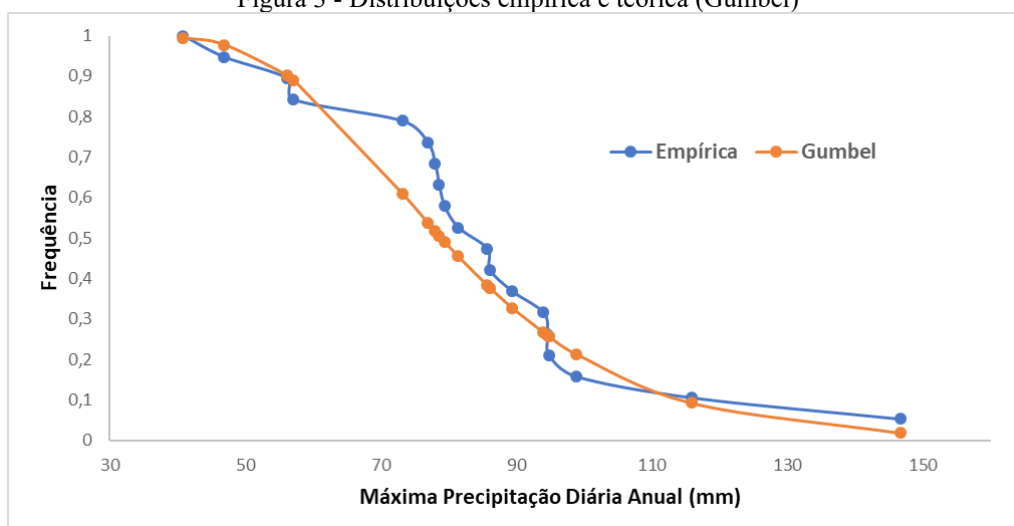
O primeiro passo foi determinar os valores de média e desvio padrão referentes às máximas precipitações anuais presentes na Tabela 1. A partir daí, utilizando a Equação 1, estimaram-se os valores de precipitação diária máxima anual para os tempos de recorrência de 2, 5, 10, 15, 20, 25 e 50 anos, a partir da distribuição estatística de Gumbel.

Na Figura 3 é apresentado o comportamento da série de precipitações máximas anuais, com a frequência empírica de precipitação encontrada pelo método Califórnia, bem como a curva de distribuição estimada pelo modelo de Gumbel, relativo ao município de Indaial. Da observação desta figura depreende-se boa aderência entre a distribuição de valores observados e aqueles estimados pela distribuição teórica.

Um dos testes de aderência utilizado foi o de Kolmogorov-Smirnov, com o valor de  $D$  observado de 0,199. Para um tamanho de amostra igual a 19 ( $N=19$ ), consulta-se a tabela de valores limites  $D_{N,\alpha}$ , qual seja 0,361 (NAGHETTINI; PINTO, 2007), considerando um nível de significância de 0,01 (1%). Comparando os dois resultados, percebe-se que  $D < D_{N,\alpha}$ , portanto a hipótese é aceita, ou seja, a distribuição de Gumbel não pode ser rejeitada como representativa dos dados de precipitação máxima analisados.

No teste de Anderson-Darling o valor encontrado para a estatística foi de 0,7177. Como a distribuição utilizada foi Gumbel, deve-se utilizar o fator de correção  $(1+0,2\sqrt{N})$  (NAGHETTINI; PINTO, 2007). Desta forma, a estatística corrigida teve o valor de 0,7549. Para um nível de significância de 0,01 (1%), tem-se o valor de 1,038 para  $A^2_{crit,\alpha}$ . Comparando os resultados desvela-se que  $A^2 < A^2_{crit,\alpha}$  e, assim, o ajuste à distribuição probabilística de Gumbel não pode ser rejeitado.

Figura 3 - Distribuições empírica e teórica (Gumbel)



Fonte: do autor.

### 3.3 DESAGREGAÇÃO DA CHUVA DIÁRIA E CURVAS INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

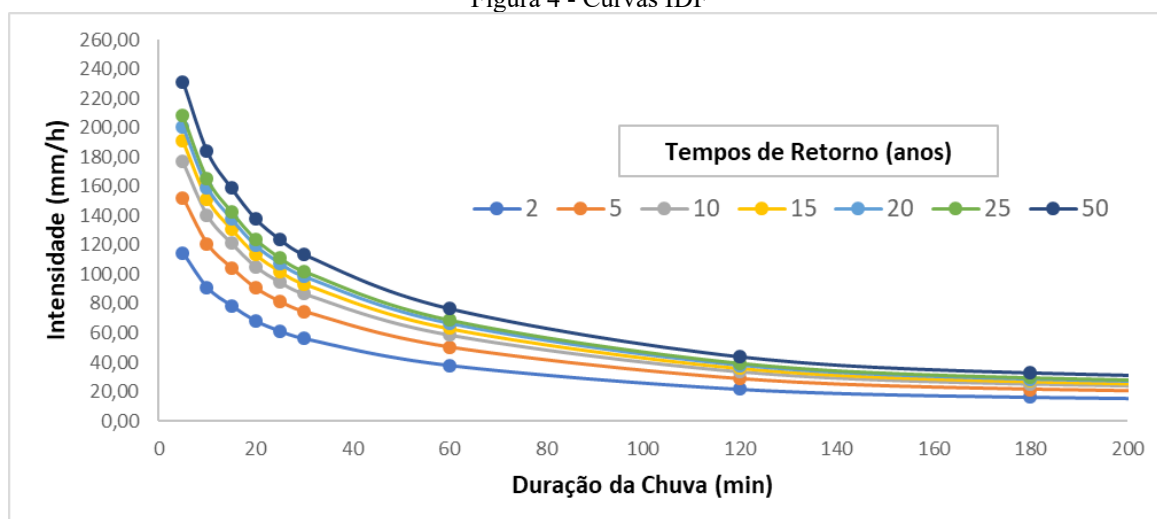
A partir dos valores de precipitação máxima diária calculados por Gumbel, foi aplicado o Método das Relações de Durações (CETESB, 1986). Por este se obteve os valores de precipitações para durações de 24 horas e inferiores a um dia, correspondentes a cada tempo de recorrência utilizado no estudo. Já a intensidade de precipitação foi determinada através da divisão dos valores de precipitação por suas respectivas durações.

A relação entre a precipitação e a duração é diretamente proporcional, ou seja, quanto maior for a duração maior o volume precipitado. De maneira análoga, o tempo de recorrência aumenta proporcionalmente ao aumento do volume precipitado.

Já no que tange à intensidade de precipitação e sua duração, a relação é inversamente proporcional para um mesmo tempo de recorrência, o que significa que o aumento da duração da precipitação ocorre quando há diminuição na intensidade avaliada. Este comportamento é típico ao se relacionar intensidade e duração das chuvas (TUCCI, 2001).

Os valores de desagregação das chuvas máximas seguindo a distribuição de Gumbel para os tempos de retorno já mencionados, divididos pela duração respectiva, quando dispostos graficamente formam as curvas IDF - Figura 4, utilizadas como base para projetos de engenharia.

Figura 4 - Curvas IDF



Fonte: do autor.

### 3.4 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO IDF

Após a determinação dos parâmetros da equação pelo método GRG com a utilização dos dados pluviométricos do município de Indaial, a equação IDF deste, na forma padrão da Equação 3, já com os parâmetros substituídos, assume a forma mostrada na Equação 5.

$$i = \frac{842,3771 \cdot Tr^{0,2024}}{(t+10,4937)^{0,7514}} \quad \text{Eq. (5)}$$

### 3.5 AVALIAÇÃO DA EQUAÇÃO IDF

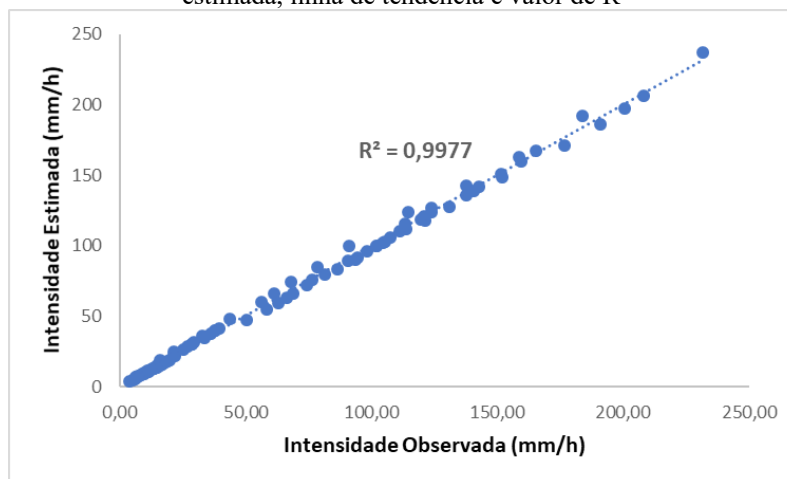
Um dos indicadores utilizados para a avaliação da equação obtida foi o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Este indicador apresentou boa qualidade do ajuste da equação, com valor de  $R^2$  igual a 0,9977. A Figura 5 apresenta a relação entre os valores estimados e observados, bem como a linha de tendência dos valores e o  $R^2$ .

O índice de concordância de Willmott (d) também apresentou bom desempenho, com valor igual a 0,9994.

Foram calculados também os desvios médios – diferença entre o valor estimado e o valor observado, dividida pelo valor observado – de todos os valores de precipitação estimados pela equação IDF em comparação com os obtidos por Gumbel. Os maiores desvios

médios positivo e negativo foram de 15,29% para o tempo de retorno de dois anos e chuvas com três horas de duração e de -6,39% para o tempo de retorno de dez anos e chuvas com 1 hora de duração. Já a média dos desvios médios, calculada com base nos valores absolutos destes, foi de apenas 4%, indicando o bom desempenho da equação obtida.

Figura 5- Relação entre intensidade máxima de precipitação observada e estimada, linha de tendência e valor de R<sup>2</sup>



Fonte: do autor.

#### 4 CONCLUSÃO

Utilizou-se o método de relações entre durações para desagregação dos valores de precipitação máxima diária calculados pelo ajuste dos dados de Indaial – SC – à distribuição de Gumbel, considerando tempos de retorno recomendados – 2, 5, 10, 15, 20, 25 e 50 anos. Além disso, pelo método GRG, obteve-se os parâmetros da equação de chuvas intensas para este município, com o resultado  $K = 842,3771$ ,  $a = 0,2024$ ,  $b = 10,4937$  e  $c = 0,7514$ .

A metodologia aplicada neste estudo para determinação da equação de intensidade, duração e frequência das chuvas intensas para o município de Indaial obteve resultados satisfatórios e pode ser aplicada na determinação das relações IDF para outras cidades ou regiões que não possuam pluviógrafos, mas possuam pluviômetros.

Ressalta-se que os dados aqui calculados podem e devem servir como base para obras hidráulicas, bem como para a tomada de decisão dos órgãos públicos acerca de medidas mitigadoras a serem adotadas. Não obstante, servem também para o planejamento das ações de resposta no caso de futuros desastres hidrológicos, aplicação para a qual devem ser considerados na elaboração do Plano de Contingência municipal e de outros planos correlatos.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb**. 2018. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: 05 fev. 2018.
- BACK, A. J. ; OLIVEIRA, J. L. R. ; HENN, A. **Definição do ano hidrológico no estudo de chuvas extremas de Santa Catarina**. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2010, Fortaleza – CE. Anais do X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2010.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)**. [201-]. Disponível em: <[http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade\\_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0](http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0)>. Acesso em: 16 mar. 2018.
- \_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Noções Básicas em Proteção e Defesa Civil e em Gestão de Riscos: Livro Base**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. 97 p. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesacivil/publicacoes>>. Acesso em: 05 fev. 2018.
- CASTRO, A. L. P. de; SILVA, C. N. P.; SILVEIRA, A. Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT). **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.7, n.2, p.305-315, 2011.
- CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES (CEPED). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012: Volume Santa Catarina**. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 168 p.
- \_\_\_\_\_. **Relatório dos Danos e Prejuízos decorrentes de Desastres Naturais em Santa Catarina: 1995 – 2014**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2016a. 75 p.
- \_\_\_\_\_. **Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais no Brasil: 1995 – 2014**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2016b. 230 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Drenagem urbana: manual de projeto**. 1.ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986. 466p.
- COLOMBELLI, K.; MENDES, R. **Determinação Dos Parâmetros Da Equação De Chuvas Intensas Para O Município De Videira, SC**. Unoesc & Ciência – ACET, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 169-180, nov. 2013. ISSN 2178-342X. Disponível em: <<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/acet/article/view/3708>>. Acesso em: 15 Mar. 2018.
- FREITAS, E. S.. **Determinação e Comparação de Curvas IDF com Dados Pluviográficos na Bacia Hidrográfica Experimental do Riacho Guaraira – PB**. 2016. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.
- GARCIA, S. S. et al. Determinação da equação intensidade-duração-frequência para três estações meteorológicas do Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.], v. 15, n. 6, p.575-581, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO).

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indaial – Panorama**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/indaial/panorama>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 123 p. Disponível em: <<http://logatti.edu.br/images/prevencaodesastres.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

LANNA, A. E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. ed 2. p.79-176.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007. 552 p.

OLIVEIRA, L. F. C. de.; VIOLA, M. R.; PEREIRA, S.; MORAIS, N. R. de. Modelos de predição de chuvas intensas para o estado do Mato Grosso, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v.6, n.3, p.274-290, 2011.

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação Da Curva De Intensidade, Duração E Frequência Do Município De Ipameri – Goiás. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S.l.], v. 13, n. 2, ago. 2017. ISSN 2179-0612. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/43330>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277p.

SUBRAMANYA, K. **Engineering hydrology**. 3ª ed. Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2008, ISBN 978-0-07-015146-8, 434 p.

TUCCI, C. E. M.. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 943 p.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Palm Beach, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.