

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ROGÉRIO SILVA OLIVEIRA

**DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA O
MUNICÍPIO DE TOLEDO/PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2017

ROGÉRIO SILVA OLIVEIRA

**DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA O
MUNICÍPIO DE TOLEDO/PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Calil Abumanssur

TOLEDO

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 110

Determinação da equação de chuvas intensas para o município de Toledo/PR

por

Rogério Silva Oliveira

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 17:00 h do dia 09 de **Novembro de 2017** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. MSc. Patrícia Steffen
(UTFPR – TD)

Prof. Dr. Adir Parizzoto
(Unioeste)

Prof. MSc. Calil Abumanssur
(UTFPR – TD)
Orientador

Visto da Coordenação
Prof. Dr Fúlvio Natércio Feiber
Coordenador da COECI

*“A felicidade não se resume na ausência de problemas,
mas sim na sua capacidade de lidar com eles”.*

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu alcançasse esse objetivo, seja com uma palavra, com um ato de bondade, ou um afeto compreensivo, a todos esses que com atitudes exemplares reforçam a Fé.

A todos aqueles que de forma respeitosa, criaram vínculos que serão eternos. Aos professores que dedicaram parte de sua vida, para complementar a minha, com muitas lições das quais me basearei para tomar diversas decisões em minha vida, buscando sempre optar por uma decisão com conceitos racionais, éticos e morais.

Um agradecimento especial para meus Pais e Familiares, que durante toda a minha vida, me apoiaram, para que eu realiza-se o estudo que muitos deles não tiveram oportunidade.

Ao município de Toledo, que com sua infraestrutura, permitiu que eu concluisse um curso de qualidade, com qualidade de vida, devido aos diversos meios saúde, cultura e esporte, que me foram disponibilizados, nas proximidades do meu Lar (Diamante D'Oeste).

Aos técnicos administrativos, que “atrás dos panos”, contribuem para cada passo que a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, dá em direção a um futuro de excelência.

Ao meu País e a todos aqueles que vão de encontro ao seu melhor.

Ao meu Acaso, também reconhecido como Deus, que de modo protetor, sempre esteve presente nos detalhes.

RESUMO

OLIVEIRA, Rogério S. *Determinação da equação de chuvas intensas para o município de Toledo/PR*. 2017. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2017.

Por meio das precipitações intensas, que relacionam a intensidade, duração e a frequência de chuvas, se torna possível analisar as questões voltadas às obras hidráulicas, por intermédio de uma equação característica para a localidade em questão. O objetivo do presente trabalho foi determinar os parâmetros das equações de chuvas intensas para as estações pluviométricas de Toledo/PR. Foi utilizada uma série histórica dos registros pluviométricos de precipitação coletados de 5 estações pluviométricas situadas no Município de Toledo/PR com dados suficientes para realização do estudo, disponibilizada no Sistema de Informação Hidrológica da Agência Nacional de Águas (HIDROWEB). Com as precipitações máximas diárias mensais de cada ano, selecionaram-se as que possuíam valores superiores, e foram analisadas segundo a distribuição de probabilidades Gumbel. A desagregação da chuva de um dia em chuvas de menor duração foi obtida pela metodologia proposta pelo DAEE/CETESB (1980), sendo que as durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos, foram utilizadas pelo emprego dos coeficientes multiplicativos, gerando a quantidade de pontos necessária para definir as curvas de intensidade-duração referentes a diferentes períodos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos. A determinação dos parâmetros foi realizado por meio do processo de linearização descrito por Villela (1975). Para validar as equações, utilizou-se do Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe (COE) (MACHADO; VETTORAZZI, 2003). Com a metodologia descrita, obtiveram-se as equações para cada estação pluviométrica e uma equação característica para o município de Toledo/PR, sendo conferida uma boa adaptação das equações para a região através do método de validação.

Palavras-chave: chuvas intensas; equações de chuvas; desagregação das chuvas.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Rogério S. *Determination of the intense rainfall equation for the municipality of Toledo / PR*. 2017. 77 p. Course Completion Work - Graduation in Civil Engineering, Federal Technological University of Paraná. Toledo, 2017.

Through intense rainfall, which relates the intensity, duration and frequency of rainfall, it becomes possible to analyze the questions related to hydraulic works, by means of a characteristic equation for the locality in question. The objective of the present work was to determine the parameters of the intense rainfall equations for the rainfall stations of Toledo/PR. A historical series of precipitation records collected from 5 rainfall stations located in the Municipality of Toledo/PR with sufficient data to carry out the study was made available in the Hydrological Information System of the National Water Agency (HIDROWEB). With the maximum monthly daily precipitation of each year, those with higher values were selected and analyzed according to the Gumbel probability distribution. The breakdown of one-day rainfall into smaller rainfall was obtained by the methodology proposed by the DAEE/CETESB (1980), and the durations of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 and 1440 minutes were used by multiplicative coefficients, generating the number of points necessary to define the intensity-duration curves for different return periods of 5, 10, 20, 50 and 100 years. The determination of the parameters was performed through the linearization process described by Villela (1975). To validate the equations, the Nash Efficiency Coefficient and Sutcliffe (COE) (MACHADO; VETTORAZZI, 2003) were used. With the methodology described, equations were obtained for each rainfall station and a characteristic equation for the municipality of Toledo/PR, and a good adaptation of the equations to the region was verified through the validation method.

Keywords: design rains, rainfall equations; disaggregation of rains.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da metodologia.....	27
Figura 2 - Localizações: Paraná no Brasil/ Toledo no estado do Paraná.....	28
Figura 3 - Delimitações do município de Toledo/PR.	28
Figura 4 - Localização das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA).	30
Figura 5 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).	37
Figura 6 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).	37
Figura 7 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).	37
Figura 8 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).	38
Figura 9 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).	38
Figura 10 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a	39
Figura 11 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação.....	41
Figura 12 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).	41
Figura 13 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).	42
Figura 14 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).	42
Figura 15 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).	42

Figura 16 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a	43
Figura 17 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).....	45
Figura 18 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).....	46
Figura 19 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).....	46
Figura 20 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).....	46
Figura 21 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).....	47
Figura 22 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a	47
Figura 23 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).....	50
Figura 24 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).....	50
Figura 25 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).....	50
Figura 26 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).....	51
Figura 27 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).....	51
Figura 28 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a	52
Figura 29 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).....	54
Figura 30 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).....	54
Figura 31 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).....	55

Figura 32 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).....	55
Figura 33 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).....	55
Figura 34 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Postos pluviométricos utilizados da cidade de Toledo/PR.	29
Tabela 2 - Coeficiente de desagregação da chuva de 24 h de duração.	31
Tabela 3 - Valores mínimos de precipitação.	31
Tabela 4 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de VILA NOVA (02453033).	35
Tabela 5 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação VILA NOVA (02453033).	36
Tabela 6 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação VILA NOVA (02453033), e respectivos tempos de retorno (T) adotados. ...	36
Tabela 7 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 5, 6, 7, 8 e 9.	38
Tabela 8 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.	39
Tabela 9 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de NOVA CONCÓRDIA (02453017).	40
Tabela 10 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).	40
Tabela 11 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017), e respectivos tempos de retorno (T) adotados.	40
Tabela 12 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 11, 12, 13, 14 e 15.	43
Tabela 13 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.	43
Tabela 14 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de BOM PRINCÍPIO (02453027).	44
Tabela 15 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).	44
Tabela 16 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027), e respectivos tempos de retorno (T) adotados.	45
Tabela 17 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 17, 18, 19, 20 e 21.	47
Tabela 18 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.	48

Tabela 19 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de DOIS IRMÃOS (02453028).....	48
Tabela 20 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).	49
Tabela 21 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação DOIS IRMÃOS (02453059), e respectivos tempos de retorno (T) adotados.	49
Tabela 22 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 23, 24, 25, 26 e 27.	51
Tabela 23 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.	52
Tabela 24 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de TOLEDO (02453059).....	53
Tabela 25 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação TOLEDO (02453059).	53
Tabela 26 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação TOLEDO, e respectivos tempos de retorno (T) adotados.....	53
Tabela 27 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 29, 30, 31, 32 e 33.	56
Tabela 28 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.	56
Tabela 29 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica VILA NOVA (02453033).....	57
Tabela 30 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017).	58
Tabela 31 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027).....	58
Tabela 32 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028).....	59
Tabela 33 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica TOLEDO (02453059).	59
Tabela 34 - Parâmetros correspondentes a cada estação pluviométrica em estudo e sua respectiva média aritmética.	60
Tabela 35 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica VILA NOVA (02453033) aplicada à equação característica.....	61
Tabela 36 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017) aplicada à equação característica.	61
Tabela 37 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027) aplicada à equação característica.....	61
Tabela 38 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028) aplicada à equação característica.....	62

Tabela 39 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica TOLEDO (02453059) aplicada à equação característica.	62
Tabela 40 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica VILA NOVA (02453033) aplicada à equação de Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.	63
Tabela 41 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017) aplicada à equação Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.	63
Tabela 42 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027) aplicada à equação Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.	63
Tabela 43 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028) aplicada à equação Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.	63
Tabela 44 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica TOLEDO (02453059) aplicada à equação Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.	63

LISTA DE SIGLAS

- ANA – Agência Nacional de Águas
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
COE – Coeficiente de Eficiência de Nash e Sticliffe
DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica
IAP – Instituto das Águas do Paraná
IDF – Intensidade-Duração-Frequência
PR – Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA	18
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 PRECIPITAÇÃO E PLUVIÔMETRIA	21
2.1.1 Formas de medição para precipitações	22
2.2 PRECIPITAÇÕES PLUVIAIS MÁXIMAS	23
2.3 ANÁLISES DE FREQUÊNCIAS DAS CHUVAS	24
2.4 RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF)	24
2.5 MÉTODO DE DESAGREGAÇÃO DE CHUVAS	26
3 METODOLOGIA	27
3.1 O MUNICÍPIO	27
3.2 DADOS DE CHUVA DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS	29
3.3 MODELAGEM ESTOCÁSTICA DA PRECIPITAÇÃO	30
3.4 DESAGREGAÇÃO DAS CHUVAS	31
3.5 ESTIMATIVA DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS	32
3.5.1 Determinação dos Parâmetros	33
3.6 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA	33
4 RESULTADOS	35
4.1 DETERMINAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS	35
4.1.1 Estação Pluviométrica VILA NOVA (02453033)	35
4.1.2 Estação Pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017)	39
4.1.3 Estação Pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027)	44
4.1.4 Estação Pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028)	48
4.1.5 Estação Pluviométrica TOLEDO (02453059)	52
4.2 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES	57
4.2.1 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica VILA NOVA (02453033)	57
4.2.2 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017)	57
4.2.3 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027)	58
4.2.4 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028)	59
4.2.5 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica TOLEDO (02453059)	59
4.3 EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA	60

4.3.1 Determinação da Equação Característica	60
4.3.2 Validação da Equação Característica da Região do Município de Toledo/PR .	61
4.3.3 Análise da Equação de Cascavel em Relação aos Dados das Estações Pluviométricas de Toledo	62
4.4 COMPARAÇÃO ENTRE A EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA DE TOLEDO/PR E A EQUAÇÃO DE CASCAVEL/PR DISPOSTA NA LITERATURA	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE – Tabelas obtidas através do processo de Desagregação das Chuvas proposto por DAEE/CETESB (1980) para os períodos de retorno (anos) e estações pluviométricas indicadas	69

1 INTRODUÇÃO

O estudo hidrológico é muito importante para entender os fenômenos relacionados às chuvas. Cada chuva possui características específicas que podem ser registradas e analisadas, visando entender tal fenômeno. Em alguns casos, a ocorrência de uma chuva é considerada intensa de acordo com a quantidade de precipitação pluviométrica registrada que é caracterizada como excessiva. Esse valor acima do esperado de lâmina d'água tende a gerar grandes problemas, como enchentes, escoamento superficial ou até mesmo erosão do solo, devido às vazões de pico que possuem valores muito próximos, ou superiores aos que a obra foi dimensionada para suportar (TUCCI, 2005).

Segundo o mesmo autor anteriormente nominado, entender o comportamento das chuvas dadas como intensas, é de grande importância na engenharia. Desse modo, é necessário realizar estudos, que forneçam conhecimentos suficientes para prever possíveis eventos durante a vida útil da estrutura, buscando evitar consequências muitas das vezes irreversíveis em obras de pequeno porte como galerias pluviais e bueiros, em que a vazão suportada não atende a demanda de água escoada no local, ou mesmo em obras de grande porte como canais ou vertedouros de barragens, que a falta de cuidado no dimensionamento pode resultar em catástrofes, gerando prejuízos materiais, além de expor a população próxima a risco de vida, sendo que essas considerações devem ser previstas e sanadas antes da realização da obra.

Para se estimar a intensidade pluviométrica de um projeto, utilizado para obras de drenagem urbana, é necessário que a quantidade de dados fornecidos pelos pluviógrafos seja suficiente, de modo a se estabelecer as relações entre a intensidade, a duração e a frequência com que ocorrem as chuvas no local em estudo. Porém, devido ao custo dos aparelhos, sua quantidade é muito reduzida, sugerindo métodos alternativos e ainda assim viáveis (GOMES, 2011).

Desse modo, utilizam-se equações do tipo Intensidade-Duração-Frequência (IDF), obtidas aplicando-se o método de desagregação de chuvas que a partir de chuvas diárias, podem-se obter chuvas de 24 horas de duração com determinada frequência e desagregá-las para durações menores, com base em uma série

histórica local, utilizando as relações propostas por DAEE/CETESB (1980), sendo que, quando estas informações são inexistentes para a área de projeto, normalmente é adotada uma equação do pluviômetro mais próximo em região similar, do ponto de vista climático, ou interpolando os resultados obtidos em torno do local de interesse (GOMES, 2011).

As relações IDF de chuvas são caracterizadas por intermédio da equação de chuvas intensas. Estas relações variam em função da posição geográfica, da mesma forma que é variável com o comportamento espaço-temporal das chuvas (OLIVEIRA *et. al.*, 2005).

Para a determinação da equação, há necessidade de séries de dados pluviométricos possua uma boa extensão, sendo que a estimativa de vazões para o projeto de obras hidráulicas de drenagem requer conhecimento das possíveis intensidades de precipitação e durações das chuvas críticas sobre a área drenada nos períodos de retorno desejados (OLIVEIRA *et. al.*, 2005).

A importância desse estudo se deve a inexistência de uma equação específica para a região do município de Toledo/PR. Mesmo que a quantidade e a qualidade dos dados registrados pelos pluviômetros locais sejam suficientes, é adotada a equação desenvolvida para o município de Cascavel/PR, o que pode acumular erros, já que o comportamento de cada chuva intensa varia entre regiões.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo principal, determinar os parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Toledo por meio do método de desagregação de chuvas proposto por DAEE/CETESB (1980), além de validar o modelo através de análise estatística, gerando assim as equações características para cada estação pluviométrica em estudo da região do Município de Toledo situado no Estado do Paraná, além de avaliar a equação característica obtida, com uma disposta na literatura desenvolvida para o Município de Cascavel/PR.

1.1 JUSTIFICATIVA

No que se refere aos projetos relacionados ao ramo de hidráulica, para cada estrutura a ser dimensionada, estima-se um tempo de vida útil, que se trata do tempo que determinada obra irá desempenhar sua função sem qualquer risco de

falha, isso devido ao fato da possível ocorrência de um evento extremo que resulte o colapso da obra, ou até mesmo a fragilize (TUCCI, 2005).

Visando evitar possíveis problemas, ou até mesmo catástrofes, fazem-se necessárias análises pontuais ou regionais das relações IDF, de acordo com o tipo de obra a ser implantada, utilizando-se dos dados hidrológicos disponíveis na própria bacia hidrográfica em que se situa a obra (GOMES, 2011).

Atualmente, o Plano Municipal de Saneamento do município de Toledo/PR, não possui uma relação IDF característica, utilizando a obtida da região de Cascavel/PR, isso porque as regiões são consideradas próximas e semelhantes, possibilitando essa adoção. Contudo, segundo Negri (2014), em questão de quilômetros de distância, pode haver variações já que se utilizam dados obtidos de chuvas de localidade próxima, além da não representar a realidade, podendo resultar, como consequência, em projetos subdimensionados ou superdimensionados.

Desse modo, devido à existência e disponibilidade de uma série de dados históricos registrados por meio dos pluviômetros do Instituto de Águas Paraná (ÁGUAS PARANÁ) e disponível na plataforma HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA), torna-se viável a determinação de uma própria relação IDF com os dados hidrológicos da cidade.

Assim sendo, a relevância deste estudo se caracteriza por possibilitar o seu uso pela comunidade técnica e auxiliando na elaboração de projetos hidráulicos para a drenagem urbana local, evitando o possível acúmulo de erros por superdimensionamento ou subdimensionamento das obras, apresentando um resultado mais coerente de acordo com os eventos hidrológicos da observados na região.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

Estimar as relações IDF para o município de Toledo-PR, utilizando o método de desagregação de chuvas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar os dados hidrológicos (pluviométricos) disponíveis;
- Determinar os parâmetros da equação de chuvas intensas para cada estação pluviométrica;
- Avaliar o ajuste das curvas IDF geradas para o município em estudo;
- Avaliar a adequação da curva IDF característica da região, com uma curva característica da região de Cascavel/PR, registrada na literatura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A chuva se caracteriza por ser um fenômeno completamente aleatório quantitativamente, do ponto de vista hidrológico (TUCCI, 2005). Sendo assim, a busca por dimensionar as estruturas hidráulicas, de modo a considerar a possibilidade de que ocorram eventos extremos, é de suma importância do ponto de vista da engenharia.

2.1 PRECIPITAÇÃO E PLUVIOMETRIA

Nas áreas urbanas, chuvas intensas acabam por ocasionar cheias nos sistemas de drenagem naturais e causam picos de escoamento nas galerias pluviais (RIGUETTO, 1998), sendo seu estudo fundamental para a determinação da chuva de projeto para esses sistemas. Já no meio rural, o conhecimento das características das chuvas intensas é de grande importância, uma vez que a sua intensidade é fator expressivo no processo de erosão do solo (REYES *et. al.*, 1993)

Ao decorrer do ano, a disponibilidade de precipitação em uma bacia é um fator determinante para quantificar a necessidade de irrigação de culturas, além do abastecimento doméstico e industrial de água (DAMÉ; TEIXEIRA; TERRA, 2008). Conforme esses conceitos, determinar a intensidade com que essa precipitação é indispensável, também possibilita o controle da quantidade de água disponível, buscando evitar inundações e erosões resultantes do processo de escoamento.

Segundo Wilken (1978), as características que definem uma precipitação são altura pluviométrica, duração, intensidade e tempo de recorrência, as quais são conceituadas por eles como:

a) Altura pluviométrica (P): considerada como uma espessura média da lâmina de água que se precipita em uma região específica, desconsiderando fenômenos de perda, como por infiltração, escoamento ou até mesmo evapotranspiração;

b) Duração (t): tempo decorrente de uma determinada chuva;

c) Intensidade ($i = P/t$): atribuída à característica que relaciona a altura pluviométrica da chuva com seu tempo decorrente;

d) Tempo de recorrência (T): considerado como o período médio, em anos, que se estima para a precipitação em estudo seja igualada, ou até mesmo superada; já o inverso do tempo de recorrência ($1/T$) trata-se da probabilidade de uma chuva, com características semelhantes, se iguale, ou até mesmo seja superada, em um ano aleatório.

2.1.1 Formas de medição para precipitações

Comumente, as formas de medições da chuva são pontuais utilizando-se pluviômetros e pluviógrafos, sendo que de forma espacial, é estimada por meio de radares meteorológicos ou até mesmo satélites. Em relação à primeira forma, mais utilizada, mede-se a altura da chuva de forma distribuída homoganeamente sendo que não envolve o processo de evaporação (GOMES, 2011).

O registro da quantidade e o tempo decorrente da precipitação são determinados pelo pluviógrafo, facilitando o processo de obtenção da intensidade. Desse modo, todas as informações obtidas utilizando esses equipamentos resultam nas séries de precipitação, tanto anuais como parciais (PAIVA; PAIVA, 2003).

Devido a sua simplicidade de instalação e operação, o pluviômetro é mais utilizado, principalmente em municípios. No aparelho é observada a altura total de água precipitada, ou seja, a lâmina acumulada no pluviômetro durante o processo de precipitação, tendo como unidade de medida milímetros por dia, ou milímetros por chuva. Porém, esse processo manual de obtenção de dados depende, unicamente, da precisão e correta aplicação do responsável, o que pode contrair erros até mesmo grosseiros no processo, além da necessidade de medições mensais, o que também acaba por gerar um déficit em casos em que não foram feitas tais medições (UFCEG, 2017).

Já o pluviógrafo é mais encontrado nas próprias estações meteorológicas e registra a intensidade de precipitação, sendo à variação da altura de chuva com o tempo. Em um modelo de papel específico, o aparelho registra, tanto a quantidade, como também a duração da precipitação. Contudo, o que dificulta a utilização desta aparelhagem é o custo (UFCEG, 2017).

A importância de pluviógrafo se dá em casos de projetos para galerias pluviais onde devem ser conhecidas as variações da altura de chuva em função do tempo de duração, sendo possível somente através da utilização deste

equipamento. Do ponto de vista econômico, a utilização dos dados históricos registrados manualmente nos pluviômetros, é mais viável, já que possui um baixo custo de instalação e manutenção (PAIVA; PAIVA, 2003).

2.2 PRECIPITAÇÕES PLUVIAIS MÁXIMAS

Para Back (1997), a precipitação máxima é reconhecida por uma ocorrência extrema entre suas características como duração, distribuição temporal e espacial em uma determinada bacia hidrográfica. Para Righetto (1998), acaba sendo indispensável o estudo e estimativa de chuvas intensas em relação a projetos de obras hidráulicas, visando garantir a segurança de estruturas hidráulicas, como barragens e pontes, além de manter o funcionamento de infraestruturas.

Segundo Gonçalves (2011), na avaliação da precipitação pluvial máxima para uma área urbana é necessária para identificar as condições de risco e impacto sobre a drenagem. A partir da distribuição temporal e espacial da precipitação máxima, bem como das características da bacia hidrográfica, é possível determinar o hidrograma da chuva correspondente, característico do escoamento ao longo do tempo em uma determinada seção do rio, através do ajuste dos parâmetros de modelos hidrológicos de escoamento superficial, que permitem obter o hidrograma de projeto. Com base neste hidrograma é possível conhecer o risco de vazões máximas e volumes. Esta análise é realizada quando não existe série representativa de vazões ou quando a série existente não é estacionária.

Desse modo, para a análise, Tucci (2000) sugere a aplicação de métodos indiretos aonde se observa escassez ou inexistência de registros de vazões, situação comum à grande maioria das bacias de drenagem urbanas, sendo que tais métodos se baseiam na transformação da precipitação pluvial ocorrente sobre uma bacia urbana em vazão. Isto pode ser feito por meio de modelos estritamente empíricos, no qual as relações matemáticas não possuem relação com o comportamento físico dos processos, por meios conceituais ou físicos.

Assim, para a estimativa do hidrograma de projeto faz-se necessário determinar a precipitação pluvial de projeto, sendo um a causa direta do outro, porque grande parte dos projetos de drenagem urbana recorre aos dados de chuvas intensas, visando, através destes, utiliza-los no processo de dimensionamento das

estruturas do sistema de drenagem urbana, por meio das vazões de projeto a serem atendidas (GOMES, 2011).

2.3 ANÁLISE DE FREQUÊNCIAS DAS CHUVAS

Nada mais é do que a determinação da frequência com que um evento ocorrerá, além de ser possível estimar magnitude em relação a um determinado tempo de retorno. A importância dessa análise se dá em decorrência de eventos climáticos extremos, em que os projetos de obras hidráulicas possuem risco de falha devido ao tempo de vida útil da obra, ou mesmo, devido a possíveis falhas no processo de dimensionamento ou até mesmo na execução (GOMES, 2011).

Desse modo, para o mesmo autor citado no anteriormente, a análise que visa evitar as possíveis catástrofes, pode ser feita na localidade em estudo de forma pontual, considerando somente um posto de medição, ou de forma mais abrangente como a regional, levando em consideração os postos de medição distribuídos por toda a bacia hidrográfica, sendo que destas análises são obtidas as relações IDF locais.

2.4 RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF)

Bertoni e Tucci (2000 *apud* GOMES, 2011) afirmam que é por meio da relação entre a precipitação máxima provável e das curvas IDF, de forma pontual, que as precipitações máximas são expostas, pois, enquanto que a relação IDF está relacionada ao valor máximo de risco com que uma precipitação pode, ou não, ser igualada ou superada, a precipitação máxima provável se detém ao mínimo valor de risco possível, levando em consideração sua utilização para obras de grande porte.

Visando restrições para obter um resultado característico de qualidade, para se determinar uma relação IDF, é de grande importância que a série histórica disponível para estudo seja, no mínimo, representativa, baseada na quantidade de anos de coleta e a qualidade dos dados, considerando séries anuais ou parciais, já que é necessário possuir conhecimento sobre as peculiaridades dos eventos extremos do local (BACK, 1997). Segundo Gomes (2011), a quantidade de anos com dados disponíveis deve ser de no mínimo 15 anos.

De acordo com Pinto *et. al.* (1976), através de uma duração adotada, como no caso o tempo de retorno (T) de 5, 10, 20, 50 e 100 anos, o método consiste em selecionar os eventos em que se obtiveram as maiores precipitações mensais de cada ano. Em seguida, aplica-se a o modelo de distribuição de Gumbel, por apresentar uma série de valores em que os extremos da distribuição se ajustam, podendo ser aplicado juntamente aos coeficientes do método desagregação de chuvas proposto por DAEE/CETESB (1980).

A relação IDF, que relaciona as características das chuvas intensas é representada por meio de curvas obtidas em função do tempo de duração da precipitação (eixo das abscissas) e da intensidade (eixo das ordenadas), respectivo a cada tempo de retorno, possui a característica expressa na equação (01) (BACK, 1997):

$$i = \frac{K.(T)^a}{(t + b)^c} \quad (01)$$

Em que:

- i - intensidade máxima (mm/h);
- t - duração da precipitação (min);
- T - período de retorno (anos);
- a, b, c e K - parâmetros relativos ao local de estudo (constantes).

Segundo Wilken (1978), deve-se atentar ao parâmetro b (constante de anamorfismo), dado em minutos, pois se trata de uma correção em relação ao tempo de duração da precipitação. Ao se acrescentar a t , para cada ponto na curva, a dada correção b , possibilita o deslocamento dos pontos de modo a diminuir (cair), sobre o que pode ser considerada a aproximação de uma reta.

Os resultados característicos da equação devem ser avaliados de forma a minimizar possíveis erros de ajuste das curvas IDF, de modo que a equação de chuvas intensas estimada, não apresente resultados sem credibilidade (GOMES, 2011).

2.5 MÉTODO DE DESAGREGAÇÃO DE CHUVAS

Os métodos de estimativa de precipitação foram desenvolvidos visando estudar as precipitações ocorridas no local de interesse (SILVA *et. al.*, 2003; COSTA *et. al.*, 2001). Entretanto, a escassez para obtenção de registros de pluviógrafos das relações IDF, devido à baixa quantidade e do pequeno período de observações disponíveis, tem-se um trabalho de tabulação muito complexo, além da análise e interpretação de grande quantidade de pluviogramas (OLIVEIRA *et. al.*, 2005; CECÍLIO; PRUSKI, 2003).

Desse modo, visando utilizar os dados e aparelhos disponíveis em campo, desenvolveu-se, no Brasil, uma metodologia com vista à obtenção de chuvas de menor duração a partir de registros pluviométricos, devido à existência, no território nacional, de uma vasta rede pluviométrica. Essa metodologia emprega coeficientes para transformar chuva de 24 h em chuvas de menor duração, denominada de desagregação de chuvas, proposta por DAEE-CETESB (1980).

É recomendado o uso da metodologia de desagregação em localidades em que não há disponibilidade de registros pluviográficos, como Robaina (1996) após avaliar a técnica da desagregação para um total de 32 locais do estado do Rio Grande do Sul, afirma que a metodologia é eficaz, sendo que os desvios máximos obtidos foram em torno de 15%. Barbosa *et. al.* (2000), aplicaram a metodologia da desagregação da chuva de 24 horas para algumas localidades do Estado de Goiás, a qual afirmam ser adequada, com valores de desvios menores do que 14,4%.

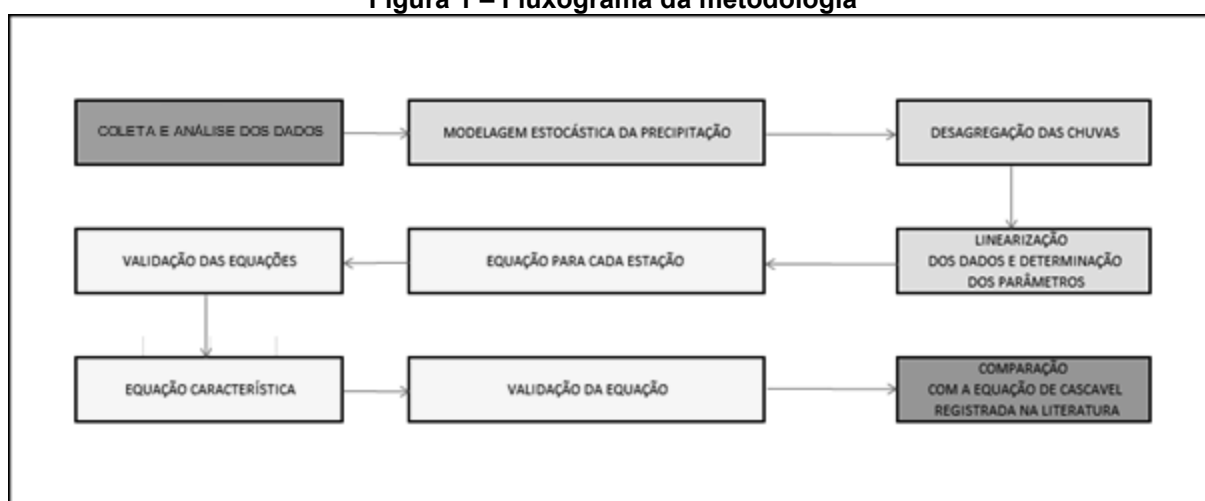
Desse modo, a falta de informações de chuvas críticas de projeto e a baixa densidade de estações pluviográficas no Brasil levaram os projetistas a buscar uma metodologia alternativa que possa ser empregada com segurança no dimensionamento de obras hidráulicas.

No caso do município de Toledo/PR, 5 das estações registradas no site da Agência Nacional de Águas - ANA, apresentam séries históricas de dados pluviométricos suficientes, o que permite e justifica a aplicação do método de desagregação de chuvas no local, sendo economicamente viável, já que não há a necessidade de pluviógrafos.

3 METODOLOGIA

Neste tópico serão apresentados os dados relativos ao município de Toledo/PR e as 5 estações pluviométricas, além dos métodos que serão utilizados para a determinação das relações IDF e validá-las. Após isso, será validada uma única equação dentre as determinadas, através da média aritmética relacionando cada parâmetro correlacionado por meio da equação (01), evidenciando uma equação que englobe as características da região, para que assim, seja utilizada para comparação com a equação característica do município de Cascavel/PR registrada na literatura. Esse processo será realizado em acordo com o fluxograma da figura (01).

Figura 1 – Fluxograma da metodologia



Fonte: O autor (2017).

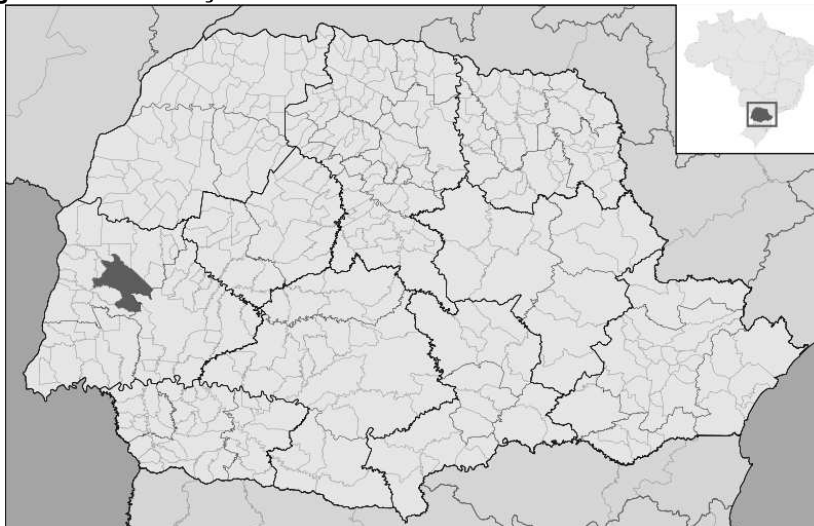
3.1 O MUNICÍPIO

Localizado na região Oeste do Estado do Paraná, o município de Toledo possui uma extensão de 1.197,016 km², com 135.538 habitantes, sendo considerada como uma das cidades promissoras, reconhecida como "Capital do Agronegócio do Paraná", devido à qualidade do solo e perfil plano, o que incentivou a criação e implantação de diversas cooperativas e empresas do ramo agropecuário que se concentram na região, fazendo com que o município seja considerado um dos

maiores produtores de grãos do interior do Estado, além de possuir um PIB (Produto Interno Bruto) elevado (IBGE, 2017).

Na Figura 2, está representada a localização do estado do Paraná no Brasil, e também a localização do município de Toledo, no estado do Paraná.

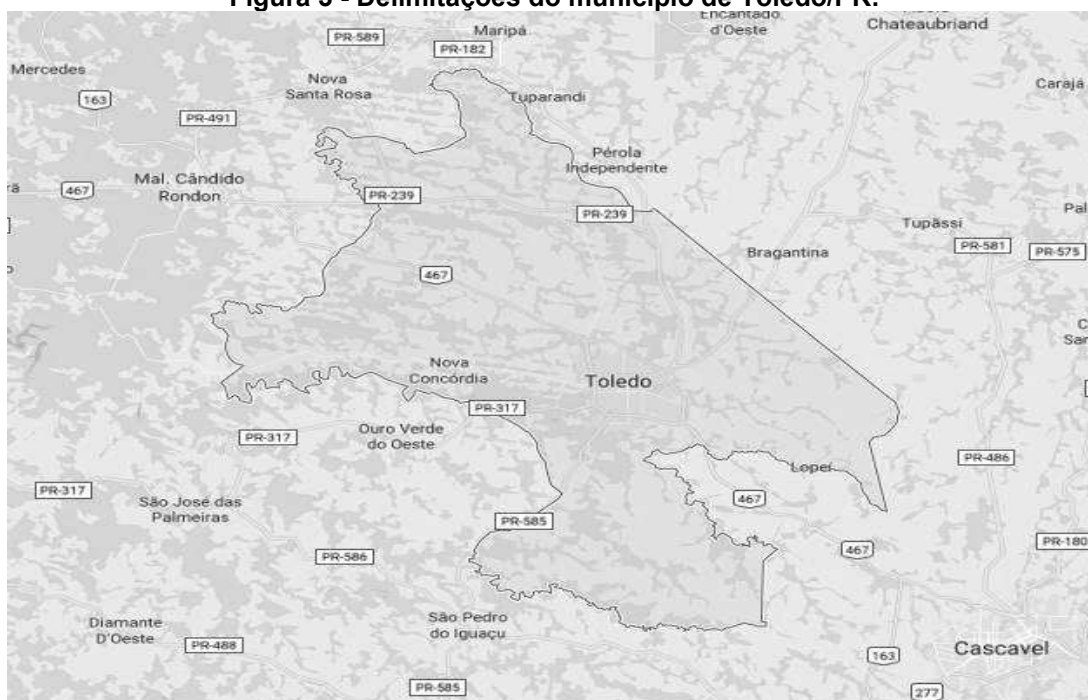
Figura 2 - Localizações: Paraná no Brasil/ Toledo no estado do Paraná



Fonte : Abreu, R. L. (2006).

Na Figura 3, consta a representação das delimitações do município de Toledo/PR.

Figura 3 - Delimitações do município de Toledo/PR.



Fonte: Google Maps (2017).

3.2 DADOS DE CHUVA DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

Neste trabalho serão utilizadas as séries históricas dos dados pluviométricos somente dos anos que não apresentam falhas, do município de Toledo/PR. Os dados serão obtidos no Sistema de Informação Hidrológica (HIDROWEB) da Agência Nacional de Águas (2017), perfazendo 5 estações pluviométricas conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Postos pluviométricos utilizados da cidade de Toledo/PR.

NOME	CÓDIGO	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)	ALTITUDE (m)	SÉRIES HISTÓRICAS (ANOS)	QUANTIDADE DISPONÍVEL (ANOS)
VILA NOVA	02453033	-24,57	-53,80	490	1976 a 1978 1980 a 1981 1983 a 1996	18
NOVA CONCÓRDIA	02453017	-24,43	-53,51	500	1965 a 1971 1973 a 1975 1978 - 1979 1981 a 1987 1989 a 1990 1996 1998 a 2012 2015	38
BOM PRINCÍPIO	02453027	-24,77	-53,64	643	1979 a 2012 2014	35
DOIS IRMÃOS	02453028	-24,62	-53,93	500	1976 a 1990 1992 a 2012 2014 - 2015	38
TOLEDO	02453059	-24,73	-53,72	578	1980 a 1991 1993 a 1997 1999 a 2012 2014 - 2015	33

Fonte: HIDROWEB (2017).

A Figura 4 apresenta a disposição das estações pluviométricas em estudo, do município de Toledo/PR.

Figura 4 - Localização das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA).



Fonte: Agência Nacional de Águas (2017).

3.3 MODELAGEM ESTOCÁSTICA DA PRECIPITAÇÃO

O modelo de distribuição de probabilidades de Gumbel será utilizado para o cálculo das precipitações máximas diárias por meio da seguinte sequência de equações 02, 03 e 04, conforme Pinto (1995):

$$Y_T = -\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right] \quad (02)$$

$$K_T = -0,45 + [0,78.(Y_T)] \quad (03)$$

$$X_T = \bar{X} + [K_T.(S)] \quad (04)$$

Em que:

Y_T - variável reduzida da distribuição de Gumbel;

T - período de retorno (anos);

X_T - precipitação máxima diária para determinado TR (mm);

K_T - fator de frequência (adimensional);

\bar{X} - média da precipitação máxima diária (mm);

S - desvio padrão dos dados de precipitação máxima diária (mm).

3.4 DESAGREGAÇÃO DAS CHUVAS

A desagregação da chuva de um dia em chuvas de menor duração é obtida pela metodologia proposta pelo DAEE/CETESB (1980). As durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos, utilizadas pelo emprego dos coeficientes multiplicativos, apresentados na Tabela 2, permitem a geração de pontos suficientes para definir as curvas de IDF referentes aos diferentes períodos de retorno.

Tabela 2 - Coeficiente de desagregação da chuva de 24 h de duração.

Duração	Coeficientes	Duração	Coeficientes
24h/24h	1,14	30min/h	0,74
12h/24h	0,85	25min/30min	0,91
10h/24h	0,82	20min/30min	0,81
8h/24h	0,78	15min/ 30min	0,70
6h/24h	0,72	10min/ 30min	0,54
1h/24h	0,42	5min/ 30min	0,34

Fonte: Adaptado de DAEE/CETESB (1980).

Na tabela 2, as relações da primeira e terceira coluna, tratam-se do que justifica o nome de desagregação para o método, pois consiste em analisar a chuvas máximas de um dia, para menores durações, sendo que cada valor possui um coeficiente correspondente, aplicando esse coeficiente de modo a multiplica-lo pelo valor de X_T obtido por meio da distribuição de Gumbel.

Tabela 3 - Valores mínimos de precipitação.

DURAÇÃO (MINUTOS)	VALORES MÍNIMOS DE PRECIPITAÇÃO													
	5	10	15	20	30	45	60	120	180	240	360	480	720	1440
PRECIPITAÇÃO ADOTADA (mm)	5	10	15	20	25	25	25	30	35	35	40	40	50	50

Fonte: DAEE/CETESB (1980).

Com o auxílio da tabela 3, determinam-se quais dados não se enquadram como chuvas intensas de acordo com a sua precipitação (mm) e duração (min), que ao se aplicar os métodos, deve-se observar se se encontram acima dos valores mínimos.

Desse modo, com os valores obtidos de chuvas máximas para diferentes durações e tempos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos, será estimado cada parâmetro da equação, que expressa a relação IDF, para cada estação.

3.5 ESTIMATIVA DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

A desagregação da chuva em um dia de chuvas de menor duração, gera pontos suficientes para definir as curvas de intensidade-duração-frequência referentes a diferentes períodos de retorno (BACK, 1997).

Com os valores obtidos de chuvas máximas para diferentes durações e tempos de retorno, torna-se possível estimar os parâmetros para cada equação que expressa sua relação IDF característica, conforme a equação (01) citada na revisão bibliográfica, para cada estação observada.

3.5.1 Determinação dos Parâmetros

Para a determinação dos parâmetros a , b , c e K , foi necessária a linearização da equação (05) e (06), utilizando o método descrito por Villela (1975), de modo a renomear o numerador da equação como descrito na equação (06) por uma constante (Z):

$$Z = K.(T)^a \quad (05)$$

$$i = Z/(t + b)^c \quad (06)$$

Em que:

i - intensidade máxima (mm/h);

t - duração da precipitação (min);

T - período de retorno (anos);

a , b , c e K - parâmetros relativos ao local de estudo (constantes);

Z - é a constante de substituição para aplicação do método.

Multiplicando pelo logaritmo natural em ambos os lados, e aplicando as regras da função logarítmica nas equações (05) e (06), resulta nas equações (07) e (08), que se apresenta na forma de uma equação linear conforme a equação (09):

$$\ln(i) = \ln(Z) - c \cdot \ln(t + b) \quad (07)$$

$$\ln(Z) = \ln(K) + a \cdot \ln(T) \quad (08)$$

$$Y = A + BX \quad (09)$$

Assim é possível efetuar as comparações necessárias, entre cada parcela das equações:

$$Y = \ln(i); A = \ln(Z); B = -c \text{ e } X = \ln(t + b) \quad (10)$$

$$Y = \ln(Z); A = \ln(K); B = a \text{ e } X = \ln(T) \quad (11)$$

Para se determinar a constante de anamorfismo (b), faz-se através de tentativas, permitindo a anamorfose da curva intensidade-duração em uma reta, evidenciado ao se atribuir valores de modo a maximizar o coeficiente de determinação ou variância (R^2), utilizando o software EXCEL. O que colabora para análise e determinação dos demais parâmetros.

3.6 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

Para a estatística, um dos mais importantes critérios avaliativos para ajustes de modelos hidrológicos é o Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe (COE), calculado por meio da equação (09) (MACHADO; VETTORAZZI, 2003):

$$COE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_m - E_s)^2}{\sum_{i=1}^n (E_m - \bar{E}_s)^2} \quad (12)$$

Em que:

E_m - evento observado;

E_s - evento simulado;

n - número de eventos;

\bar{E}_s - média do evento observado no período de simulação.

O coeficiente de Eficiência (COE) pode variar de negativo infinito a 1, considerando que, quando igual a 1, têm-se como o melhor ajuste possível (ASCE, 1993).

Conforme Silva *et. al.*(2008), quando o valor obtido de COE for maior que 0,75, considera-se que o modelo possui um bom desempenho. Já para valores de COE entre 0,36 e 0,75, o desempenho é considerado aceitável, entretanto, valores de COE inferiores a 0,36 fazem com que o modelo seja considerado inaceitável.

4 RESULTADOS

Através dos dados disponíveis no HIDROWEB, foi possível selecionar as máximas chuvas mensais registradas, para cada ano, sendo esse processo realizado para cada estação pluviométrica com dados suficientes, e assim, adotou-se a máxima mensal de cada ano, respeitando o mínimo para ser considerada como uma chuva intensa, de acordo com o método de desagregação de chuvas, seguindo a tabela 3. Também foram descartados os registros anuais incompletos, por não ser representativo em uma escala anual.

4.1 ANÁLISE DOS DADOS E VERIFICAÇÃO DE FALHAS

4.1.1 Estação Pluviométrica VILA NOVA (02453033)

Os dados disponíveis da estação pluviométrica VILA NOVA (02453033), e os anos que apresentaram dados suficientes para realização do estudo, são apresentados na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de VILA NOVA (02453033).

ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1976	77,4	1988	59,5
1978	85,2	1989	85,0
1980	87,2	1990	90,2
1981	93,1	1991	111,0
1983	170,9	1992	110,7
1984	200,0	1993	101,8
1985	119,4	1994	68,7
1986	150,0	1995	88,0
1987	167,1	1996	87,8

Fonte: Adaptado do site da ANA (2017).

Efetua-se a análise dos dados, de modo a obter a média aritmética e o desvio padrão da amostra (tabela 5).

Tabela 5 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação VILA NOVA (02453033).

MÉDIA ARITMÉTICA (mm)	DESVIO PADRÃO (mm)
108,50	38,7442

Fonte: O autor (2017).

Com os dados foi possível aplicar o modelo de probabilidades de Gumbel através das equações 02, 03 e 04, conforme capítulo 3 (seção 3.3), para os tempos de retorno (T) de 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Obtendo assim a tabela 6.

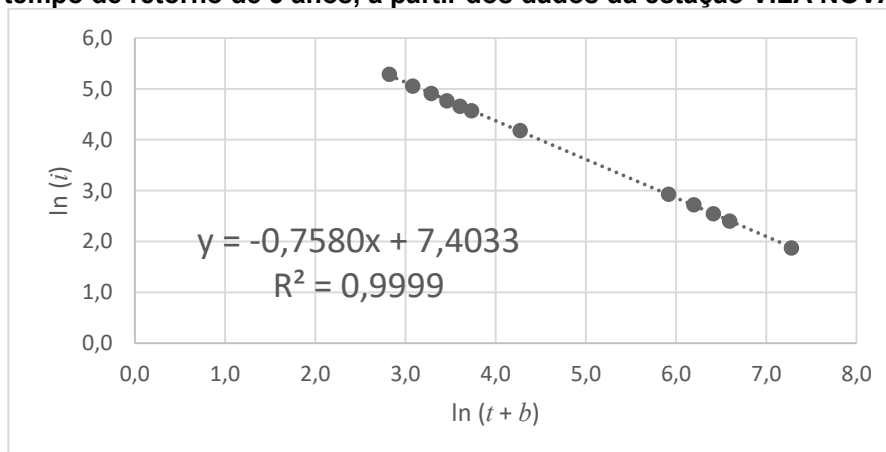
Tabela 6 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação VILA NOVA (02453033), e respectivos tempos de retorno (T) adotados.

T (anos)	Y_T	K_T	X_T
5	1,4999	0,7195	136,3766
10	2,2504	1,3046	159,0461
20	2,9702	1,8659	180,7912
50	3,9019	2,5923	208,9381
100	4,6001	3,1367	230,0302

Fonte: O autor (2017).

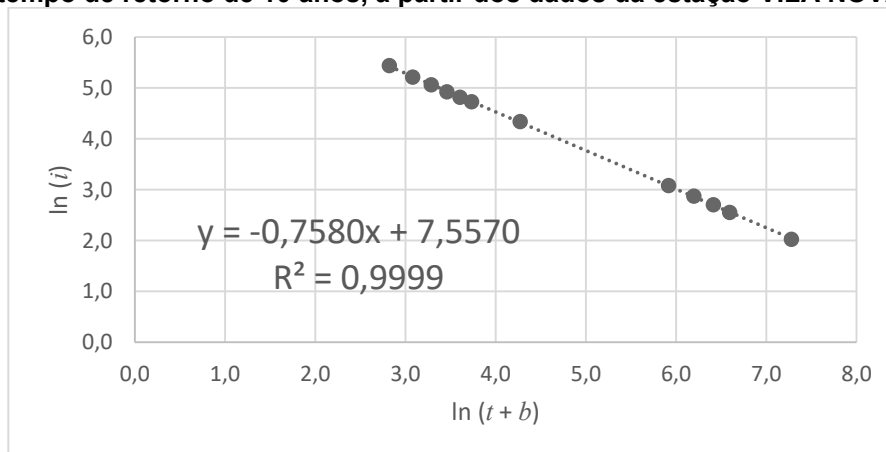
Em seguida, por meio do processo de linearização da equação (01), considerando a constante de anamorfismo (b) com o valor de 11,83 visando maximizar o Coeficiente de Determinação (R^2), efetuou-se o processo de desagregação das chuvas com base nos coeficientes do método proposto por DAEE/CETESB (1980), através dos dados da tabela 6, determinaram-se os dados das tabelas 45, 46, 47, 48 e 49, e seus respectivos gráficos representados pelas figuras 5, 6, 7, 8 e 9, respectivamente, referentes à parametrização da intensidade de chuvas para intervalos de até 1 dia, para cada período de retorno (T) adotados (5, 10, 20, 50 e 100 anos), apresentadas no Apêndice, e suas funções geradas com base na relação $\ln(i)$ por $\ln(t+b)$, para cada tempo de retorno, são apresentadas na tabela 7.

Figura 5 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).



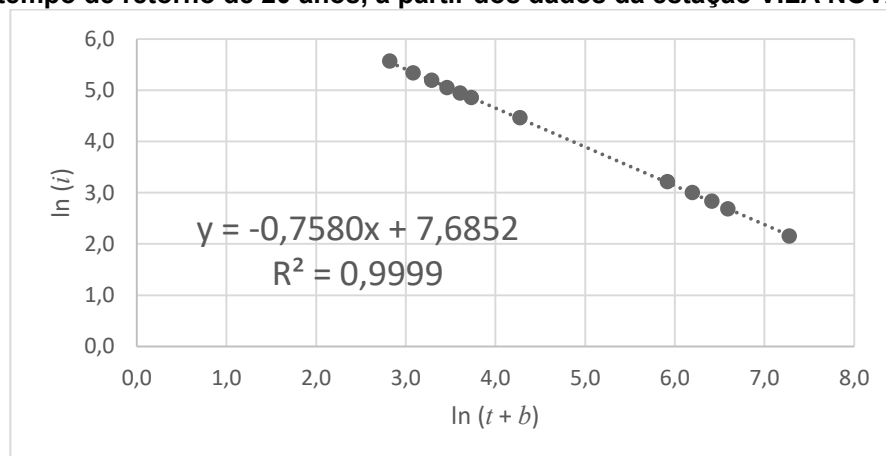
Fonte: O autor (2017).

Figura 6 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).



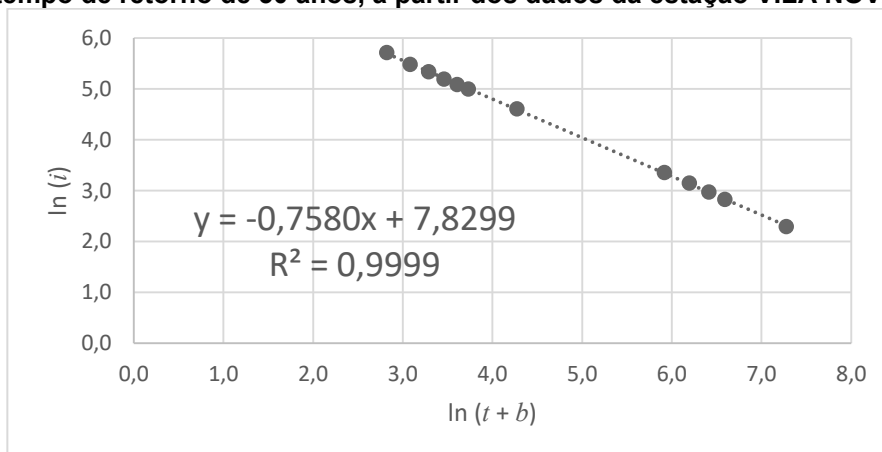
Fonte: O autor (2017).

Figura 7 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).



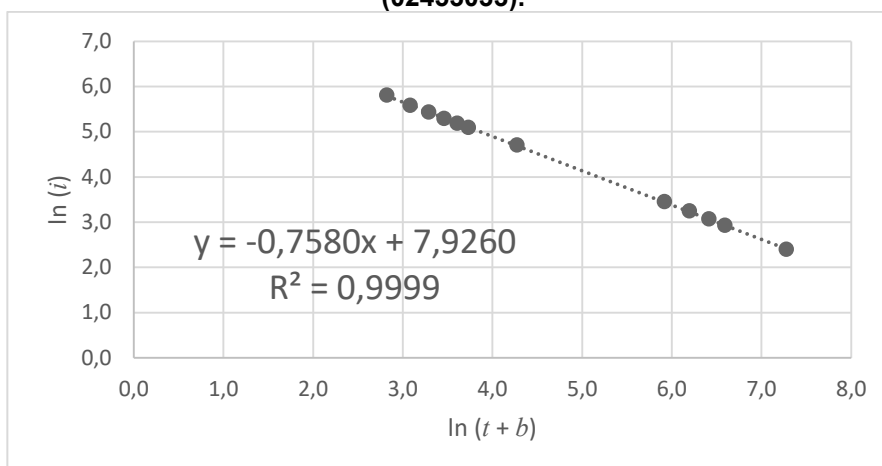
Fonte: O autor (2017).

Figura 8 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).



Fonte: O autor (2017).

Figura 9 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação VILA NOVA (02453033).



Fonte: O autor (2017).

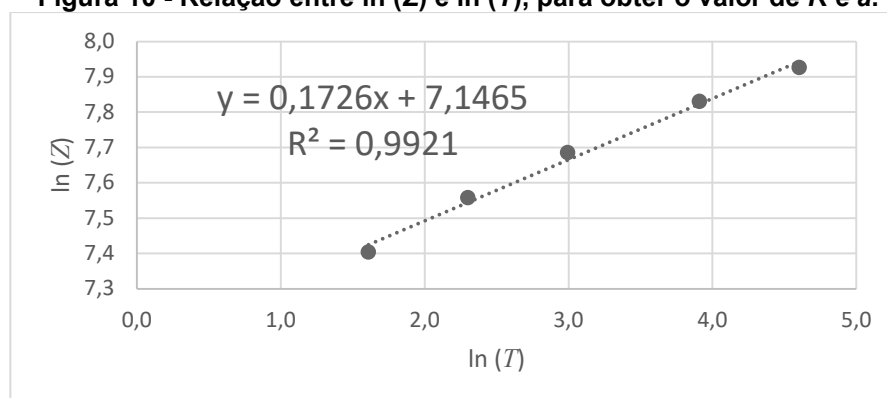
Tabela 7 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 5, 6, 7, 8 e 9.

EQUAÇÃO	T (anos)	c	$\ln(Z)$	$\ln(T)$
$y = -0,7580x + 7,4033$	5	0,7580	7,4033	1,6094
$y = -0,7580x + 7,5553$	10	0,7580	7,5553	2,3026
$y = -0,7580x + 7,6835$	20	0,7580	7,6835	2,9957
$y = -0,7580x + 7,8282$	50	0,7580	7,8282	3,9120
$y = -0,7580x + 7,9260$	100	0,7580	7,9260	4,6052

Fonte: O autor (2017).

Assim, plota-se o gráfico representado pela figura (10) que relaciona $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, utilizado para determinar o $\ln(K)$, K e a , apresentados na tabela 8.

Figura 10 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a .



Fonte: O autor (2017).

A função obtida a partir do gráfico foi utilizada para a determinação dos valores de $\ln(K)$, K e a , para a estação pluviométrica VILA NOVA (02453033).

Tabela 8 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.

$\ln(K)$	K	a
7,1465	1269,6544	0,1726

Fonte: O autor (2017).

Obtendo assim os parâmetros necessários para substituição no modelo representado pela equação (01), para a estação pluviométrica VILA NOVA (02453033).

$$i = \frac{1269,6544.(T)^{0,1726}}{(t + 11,83)^{0,7580}} \quad (13)$$

4.1.2 Estação Pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017)

Os dados disponíveis da estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017), e as datas dos anos que apresentaram amostragens suficientes para realização do estudo, são apresentados na tabela 9 a seguir:

Tabela 9 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de NOVA CONCÓRDIA (02453017).

ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1965	139,8	1989	103,1
1966	101,8	1990	90,3
1967	75,6	1996	65,4
1968	101,0	1998	94,5
1969	100,0	1999	87,8
1970	72,0	2000	86,5
1971	51,9	2001	94,5
1973	50,4	2002	94,5
1974	66,0	2003	65,2
1975	100,5	2004	110,8
1978	60,5	2005	95,0
1979	79,5	2006	115,3
1981	130,6	2007	131,7
1982	80,4	2008	103,0
1983	84,9	2009	121,9
1984	85,0	2010	110,4
1985	50,0	2011	111,1
1986	55,4	2012	131,0
1987	52,4	2014	104,5

Fonte: O autor (2017).

Em seguida, efetuou-se a análise dos dados, de modo a obter a média aritmética e o desvio padrão da amostragem (tabela 10).

Tabela 10 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).

MÉDIA ARITMÉTICA (mm)	DESVIO PADRÃO (mm)
90,90	24,5365

Fonte: O autor (2017).

Com os dados foi possível aplicar o modelo de probabilidades de Gumbel através das equações 02, 03 e 04, conforme capítulo 3 (seção 3.3), para os tempos de retorno (T) de 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Obtendo assim a tabela 11.

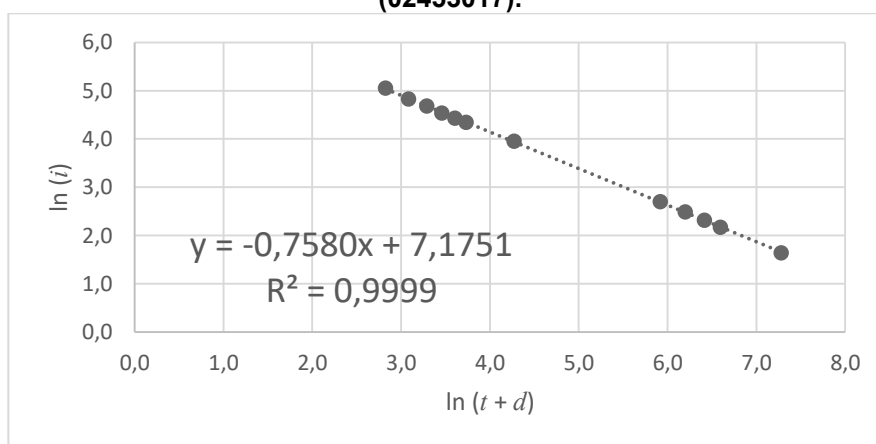
Tabela 11 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017), e respectivos tempos de retorno (T) adotados.

T (anos)	Y_T	K_T	X_T
5	1,4999	0,7195	108,5541
10	2,2504	1,3046	122,9106
20	2,9702	1,8659	136,6816
50	3,9019	2,5923	154,5069
100	4,6001	3,1367	167,8644

Fonte: O autor (2017).

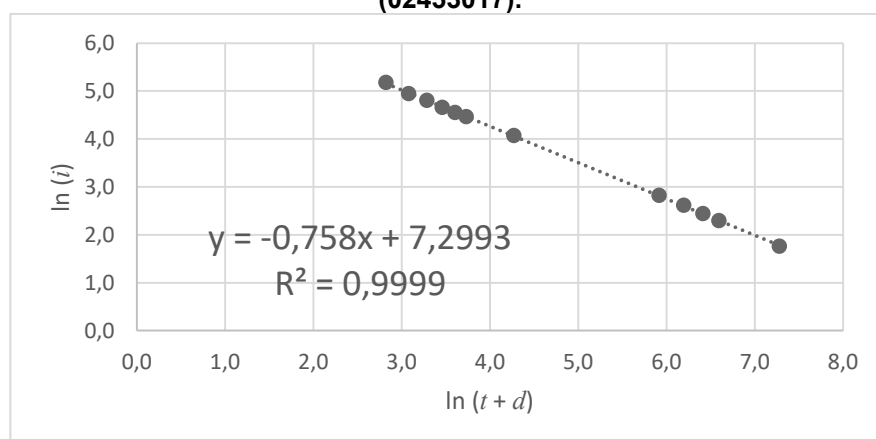
Em seguida, executou-se o mesmo processo efetuado para determinação das relações IDF da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017), em que, através dos dados da tabela 16, obtiveram-se os dados das tabelas 50, 51, 52, 53 e 54, apresentadas no Apêndice, e seus gráficos correspondentes representados pelas figuras 11, 12, 13, 14 e 15, respectivamente, referentes à parametrização da intensidade de chuvas para intervalos de até 1 dia, para cada período de retorno (T) adotados (5, 10, 20, 50 e 100 anos), e suas funções geradas com base na relação $\ln(i)$ por $\ln(t+b)$, para cada tempo de retorno, são apresentadas na tabela 12.

Figura 11 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).



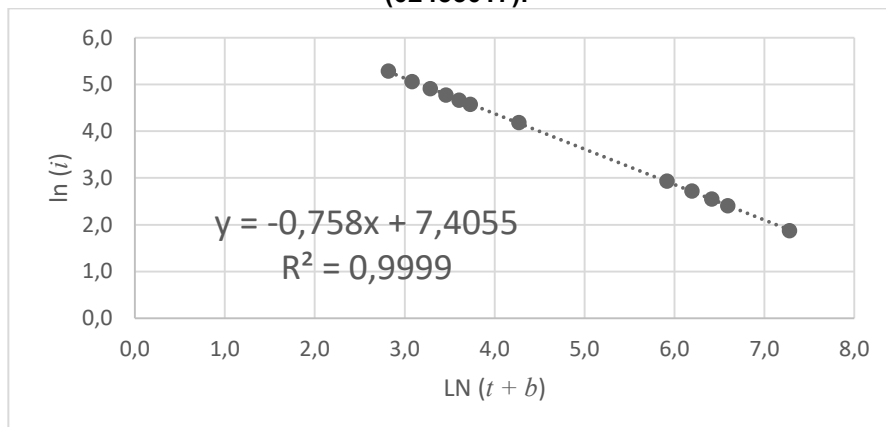
Fonte: O autor (2017).

Figura 12 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).



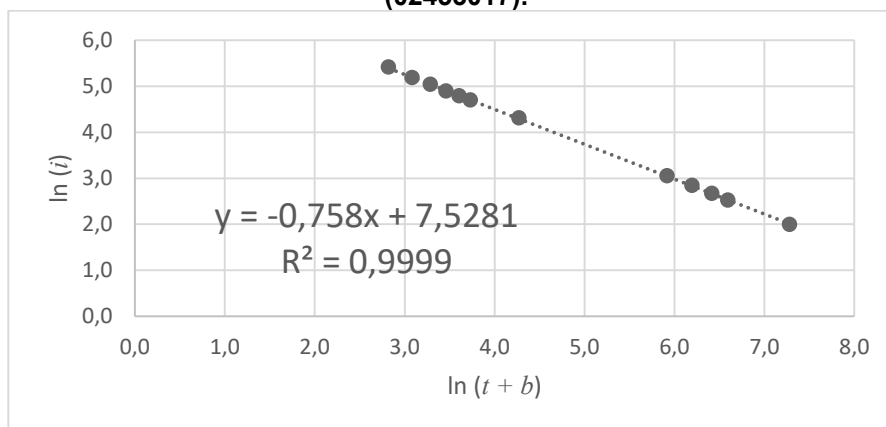
Fonte: O autor (2017).

Figura 13 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).



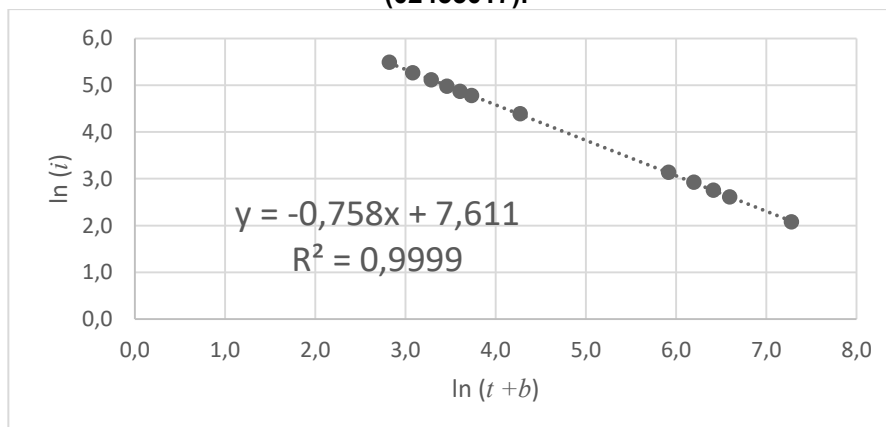
Fonte: O autor (2017).

Figura 14 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).



Fonte: O autor (2017).

Figura 15 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação NOVA CONCÓRDIA (02453017).



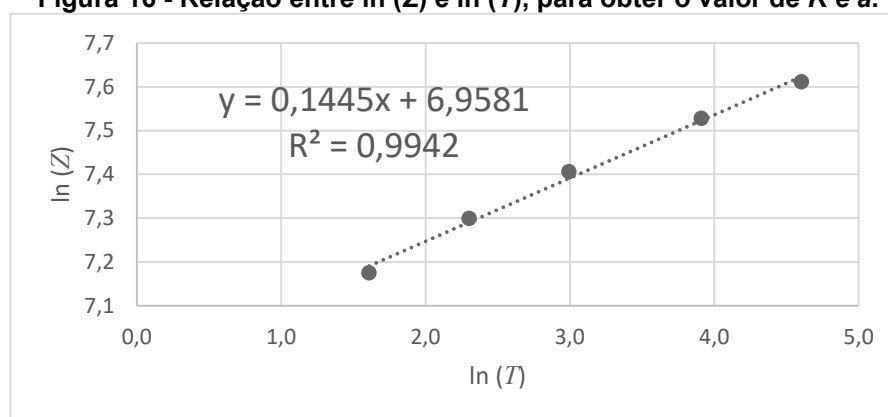
Fonte: O autor (2017).

Tabela 12 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 11, 12, 13, 14 e 15.

EQUAÇÃO	$T(\text{anos})$	c	$\ln(Z)$	$\ln(T)$
$y = -0,7580x + 7,1751$	5	0,7580	7,1751	1,6094
$y = -0,7580x + 7,2993$	10	0,7580	7,2993	2,3026
$y = -0,7580x + 7,4055$	20	0,7580	7,4055	2,9957
$y = -0,7580x + 7,5281$	50	0,7580	7,5281	3,9120
$y = -0,7580x + 7,6110$	100	0,7580	7,6110	4,6052

Fonte: O autor (2017).

Assim, plota-se o gráfico representado pela figura (16) que relaciona $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, utilizado para determinar o $\ln(K)$, K e a , apresentados na tabela 13.

Figura 16 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a .

Fonte: O autor (2017).

A função obtida a partir do gráfico foi utilizada para a determinação dos valores de $\ln(K)$, K e a , para a estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017).

Tabela 13 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.

$\ln(K)$	K	a
6,9581	1051,6336	0,1445

Fonte: O autor (2017).

Obtendo assim os parâmetros necessários para substituição no modelo representado pela equação (01), para a estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017).

$$i = \frac{1051,6336.(T)^{0,1445}}{(t + 11,83)^{0,7580}} \quad (14)$$

4.1.3 Estação Pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027)

Os dados disponíveis da estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027), e as datas dos anos que apresentaram amostragens suficientes para realização do estudo, são apresentados na tabela 14 a seguir:

Tabela 14 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de BOM PRINCÍPIO (02453027).

ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1979	110,7	1997	116,4
1980	111,1	1998	79,8
1981	86,2	1999	67,1
1982	77,3	2000	125,3
1983	147,6	2001	90,5
1984	78,0	2002	102,5
1985	53,2	2003	90,3
1986	84,4	2004	84,7
1987	161,6	2005	69,0
1988	75,0	2006	161,2
1989	70,0	2007	111,9
1990	92,4	2008	104,1
1991	99,2	2009	112,8
1992	124,4	2010	101,0
1993	107,4	2011	104,4
1994	105,3	2012	163,4
1995	117,6	2014	118,5
1996	63,2		

Fonte: Adaptado do site da ANA (2017).

Em seguida, efetuou-se a análise dos dados, de modo a obter a média aritmética e o desvio padrão da amostragem (tabela 15).

Tabela 15 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).

MÉDIA ARITMÉTICA (mm)	DESVIO PADRÃO (mm)
101,9286	27,6277

Fonte: O autor (2017).

Com os dados foi possível aplicar o modelo de probabilidades de Gumbel através das equações 02, 03 e 04, conforme capítulo 3 (seção 3.3), para os tempos de retorno (T) de 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Obtendo assim a tabela 16.

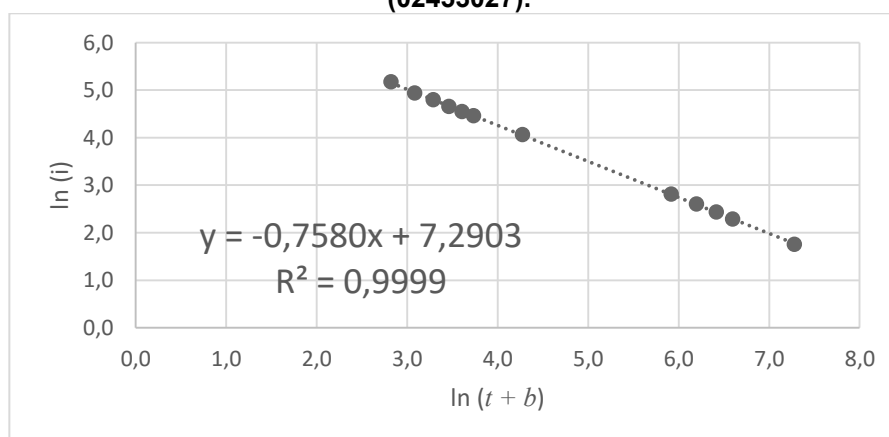
Tabela 16 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027), e respectivos tempos de retorno (T) adotados.

T (anos)	Y_T	K_T	X_T
5	1,4999	0,7195	108,5541
10	2,2504	1,3046	122,9106
20	2,9702	1,8659	136,6816
50	3,9019	2,5923	154,5069
100	4,6001	3,1367	167,8644

Fonte: O autor (2017).

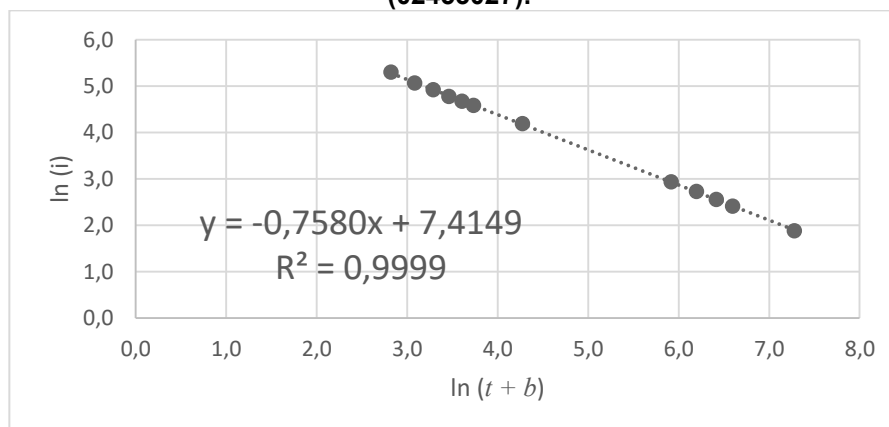
Em seguida, executou-se o mesmo processo efetuado para determinação das relações IDF das estações anteriores, utilizando dos dados da tabela 16, e se obteve os dados das tabelas 55, 56, 57, 58 e 59, apresentadas no Anexo A, e seus gráficos correspondentes representados pelas figuras 17, 18, 19, 20 e 21, respectivamente, referentes à parametrização da intensidade de chuvas para intervalos de até 1 dia, para cada período de retorno (T) adotados (5, 10, 20, 50 e 100 anos), e suas funções geradas com base na relação $\ln(i)$ por $\ln(t+b)$, para cada tempo de retorno, são apresentadas na tabela 17.

Figura 17 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).



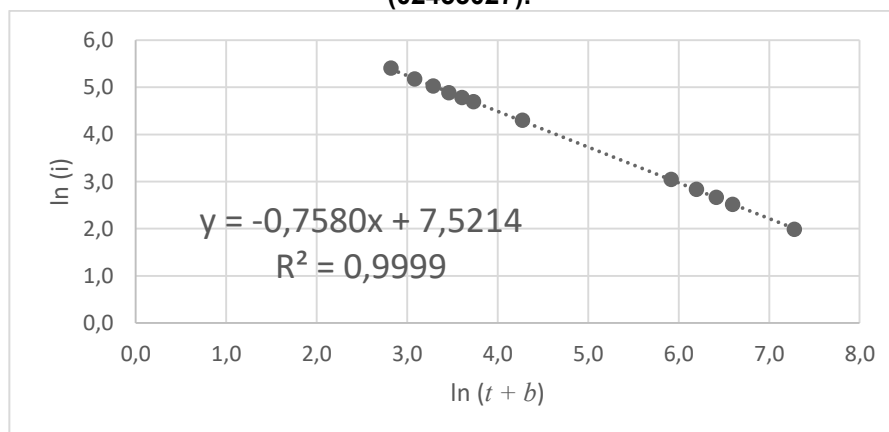
Fonte: O autor (2017).

Figura 18 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).



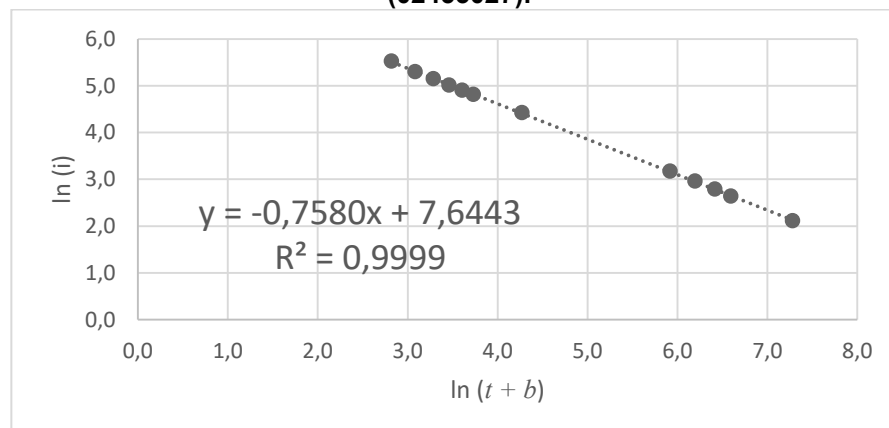
Fonte: O autor (2017).

Figura 19 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).



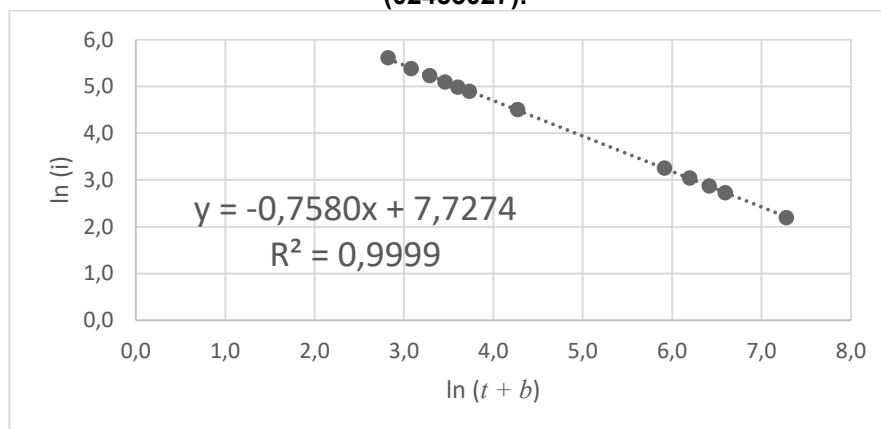
Fonte: O autor (2017).

Figura 20 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).



Fonte: O autor (2017).

Figura 21 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação BOM PRINCÍPIO (02453027).



Fonte: O autor (2017).

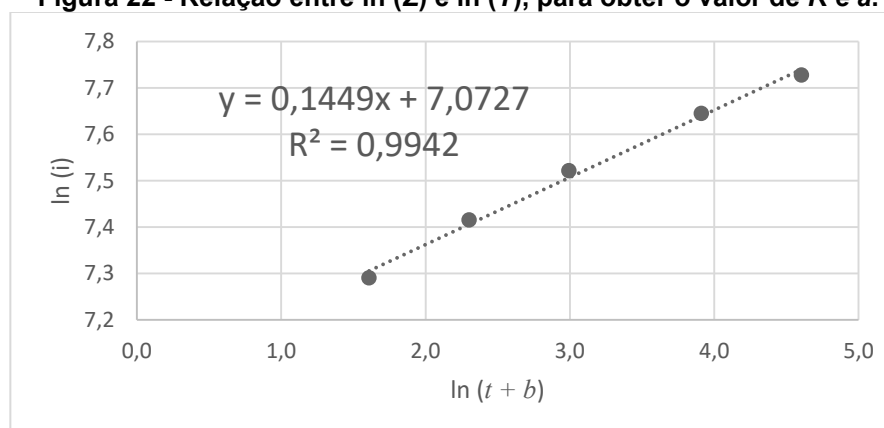
Tabela 17 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 17, 18, 19, 20 e 21.

EQUAÇÃO	T (anos)	c	$\ln(a)$	$\ln(T)$
$y = -0,7580x + 7,2903$	5	0,7580	7,2903	1,6094
$y = -0,7580x + 7,4149$	10	0,7580	7,4149	2,3026
$y = -0,7580x + 7,5214$	20	0,7580	7,5214	2,9957
$y = -0,7580x + 7,6443$	50	0,7580	7,6443	3,9120
$y = -0,7580x + 7,7274$	100	0,7580	7,7274	4,6052

Fonte: O autor (2017).

Assim, plota-se o gráfico representado pela figura (22) que relaciona $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, utilizado para determinar o $\ln(K)$, K e a , apresentados na tabela 18.

Figura 22 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a .



Fonte: O autor (2017).

A função obtida a partir do gráfico foi utilizada para a determinação dos valores de $\ln(K)$, K e a , para a estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027).

Tabela 18 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.

$\ln(K)$	K	a
7,0727	1179,3279	0,1449

Fonte: O autor (2017).

Obtendo assim os parâmetros necessários para substituição no modelo representado pela equação (01), para a estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027).

$$i = \frac{1179,3279.(T)^{0,1449}}{(t + 11,83)^{0,7580}} \quad (15)$$

4.1.4 Estação Pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028)

Os dados disponíveis da estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028), e as datas dos anos que apresentaram amostragens suficientes para realização do estudo, são apresentados na tabela 19 a seguir:

Tabela 19 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de DOIS IRMÃOS (02453028).

ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1976	105,0	1996	145,0
1977	87,6	1997	92,4
1978	61,0	1998	103,5
1979	113,0	1999	118,5
1980	94,2	2000	61,2
1981	93,8	2001	97,4
1982	78,2	2002	81,8
1983	137,6	2003	85,0
1984	75,0	2004	95,0
1985	65,0	2005	90,5
1986	115,0	2006	114,0
1987	197,8	2007	97,0
1988	69,4	2008	103,3
1989	71,2	2009	80,0
1990	101,7	2010	74,5
1992	99,2	2011	91,7
1993	112,8	2012	181,3
1994	70,2	2014	93,7
1995	109,2	2015	113,2

Fonte: Adaptado do site da ANA (2017).

Em seguida, efetuou-se a análise dos dados, de modo a obter a média aritmética e o desvio padrão da amostragem (tabela 20).

Tabela 20 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).

MÉDIA ARITMÉTICA (mm)	DESVIO PADRÃO (mm)
99,3658	29,0106

Fonte: O autor (2017).

Com os dados foi possível aplicar o modelo de probabilidades de Gumbel através das equações 02, 03 e 04, conforme capítulo 3 (seção 3.3), para os tempos de retorno (T) de 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Obtendo assim a tabela 21.

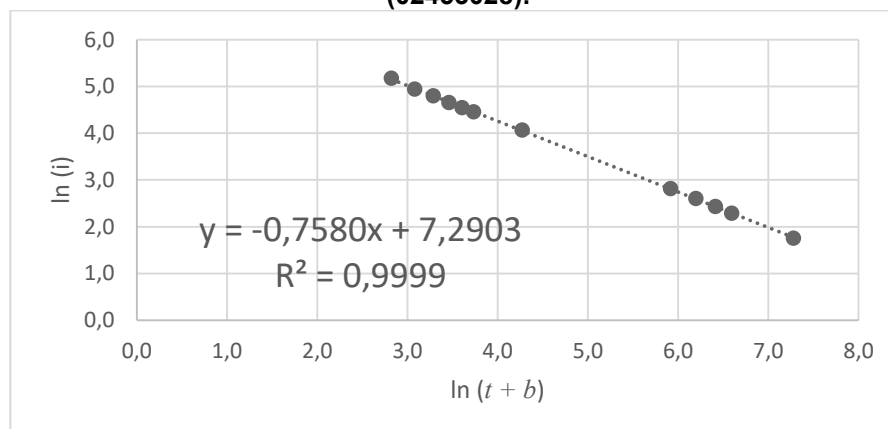
Tabela 21 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação DOIS IRMÃOS (02453059), e respectivos tempos de retorno (T) adotados.

T (anos)	Y_T	K_T	X_T
5	1,4999	0,7195	120,2390
10	2,2504	1,3046	137,2134
20	2,9702	1,8659	153,4956
50	3,9019	2,5923	174,5713
100	4,6001	3,1367	190,3645

Fonte: O autor (2017).

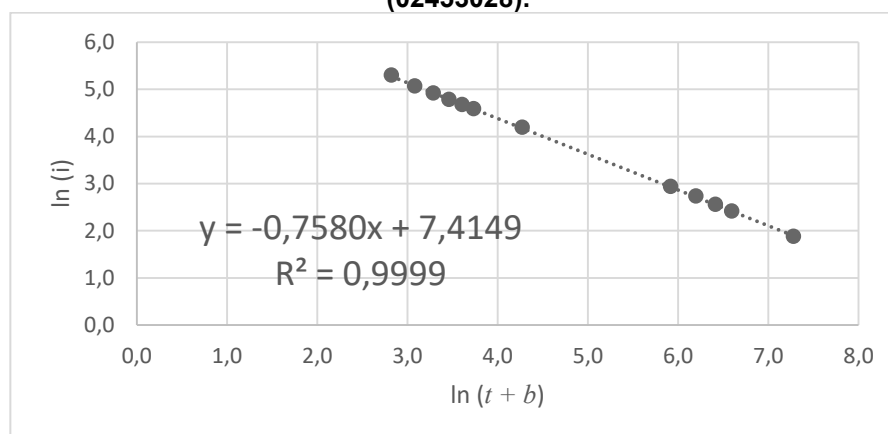
Executa-se o mesmo processo efetuado para determinação das relações IDF das estações anteriores, utilizando dos dados da tabela 21, se obteve os dados das tabelas 60, 61, 62, 63 e 64, apresentadas no Anexo A, e seus gráficos correspondentes representados pelas figuras 23, 24, 25, 26 e 27, respectivamente, referentes à parametrização da intensidade de chuvas para intervalos de até 1 dia, para cada período de retorno (T) adotados (5, 10, 20, 50 e 100 anos), e suas funções geradas com base na relação $\ln(i)$ por $\ln(t+b)$, para cada tempo de retorno, são apresentadas na tabela 22.

Figura 23 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).



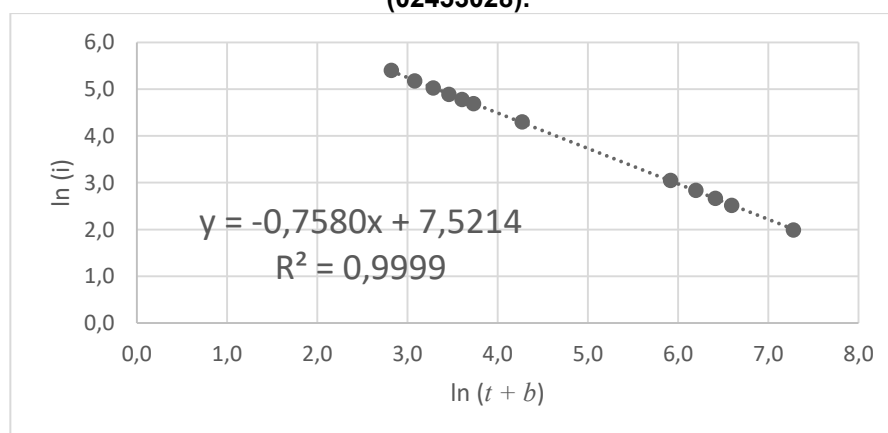
Fonte: O autor (2017).

Figura 24 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).



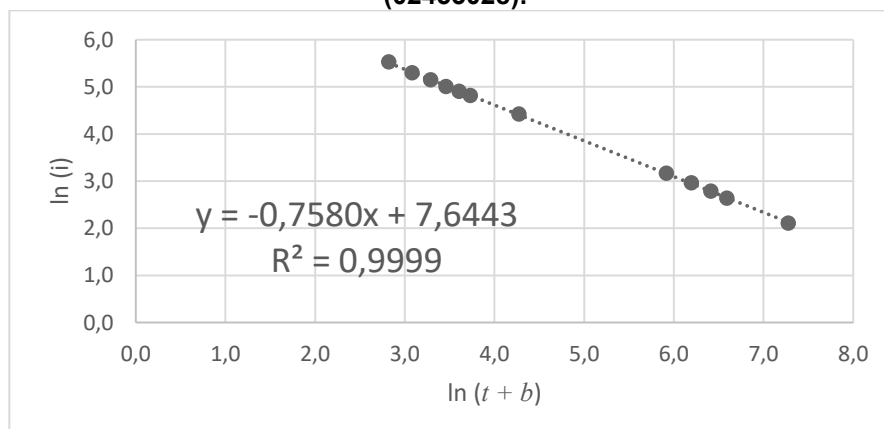
Fonte: O autor (2017).

Figura 25 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).



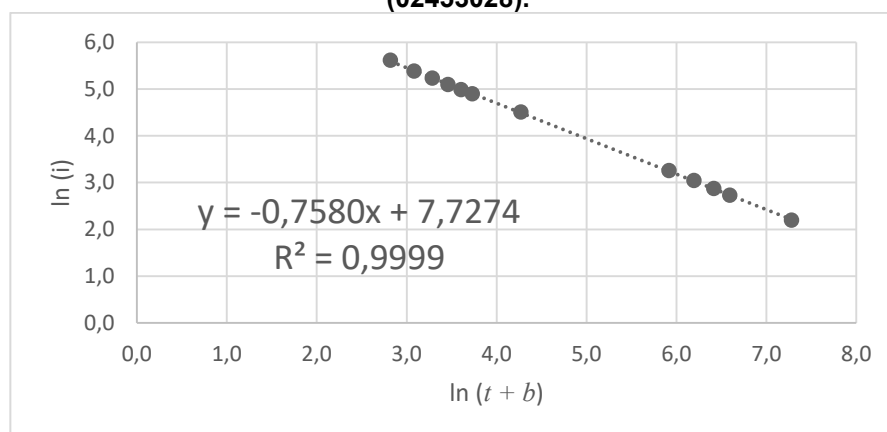
Fonte: O autor (2017).

Figura 26 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).



Fonte: O autor (2017).

Figura 27 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação DOIS IRMÃOS (02453028).



Fonte: O autor (2017).

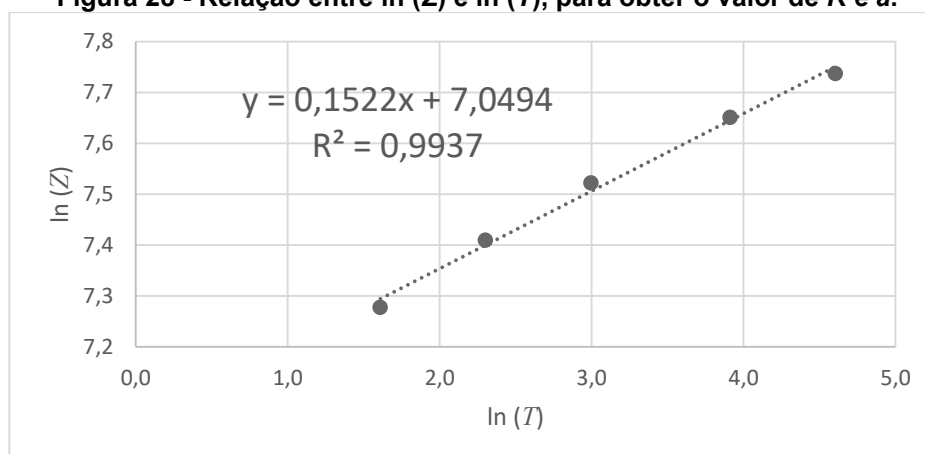
Tabela 22 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 23, 24, 25, 26 e 27.

EQUAÇÃO	T (anos)	c	$\ln(a)$	$\ln(T)$
$y = -0,7580x + 7,2903$	5	0,7580	7,2903	1,6094
$y = -0,7580x + 7,4149$	10	0,7580	7,4149	2,3026
$y = -0,7580x + 7,5214$	20	0,7580	7,5214	2,9957
$y = -0,7580x + 7,6443$	50	0,7580	7,6443	3,9120
$y = -0,7580x + 7,7274$	100	0,7580	7,7274	4,6052

Fonte: O autor (2017).

Assim, plota-se o gráfico representado pela figura (27) que relaciona $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, utilizado para determinar o $\ln(K)$, K e a , apresentados na tabela 23.

Figura 28 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a .



Fonte: O autor (2017).

A função obtida a partir do gráfico foi utilizada para a determinação dos valores de $\ln(K)$, K e a , para a estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028).

Tabela 23 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.

$\ln(K)$	K	a
7,0494	1152,1672	0,1522

Fonte: O autor (2017).

Obtendo assim os parâmetros necessários para substituição no modelo representado pela equação (01), para a estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028).

$$i = \frac{1152,1672 \cdot (T)^{0,1522}}{(t + 11,83)^{0,7580}} \quad (16)$$

4.1.5 Estação Pluviométrica TOLEDO (02453059)

Os dados disponíveis da estação pluviométrica TOLEDO (02453059), e as datas dos anos que apresentaram amostragens suficientes para realização do estudo, são apresentados na tabela 24 a seguir:

Tabela 24 - Precipitações máximas mensais referentes a cada ano registrado para a estação de TOLEDO (02453059).

ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1980	99,2	1999	98,7
1981	134,2	2000	124,8
1982	87,6	2001	119,7
1983	122,8	2002	84,8
1984	88,3	2003	73,0
1985	74,2	2004	97,7
1986	97,4	2005	97,2
1987	206,4	2006	118,5
1988	59,2	2007	113,4
1989	66,2	2008	115,1
1990	101,8	2009	110,5
1991	117,5	2010	92,1
1993	106,4	2011	116,0
1994	70,8	2012	110,0
1995	112,2	2014	107,7
1996	122,1	2015	111,7
1997	131,6		

Fonte: Adaptado do site da ANA (2017).

Efetua-se a análise dos dados, de modo a obter a média aritmética e o desvio padrão da amostragem (tabela 25).

Tabela 25 - Média aritmética e desvio padrão da amostragem dos dados da estação TOLEDO (02453059).

MÉDIA ARITMÉTICA (mm)	DESVIO PADRÃO (mm)
105,7212	29,0106

Fonte: O autor (2017).

Com os dados foi possível aplicar o modelo de probabilidades de Gumbel através das equações 02, 03 e 04, conforme capítulo 3 (seção 3.3), para os tempos de retorno (T) de 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Obtendo assim a tabela 26.

Tabela 26 - Valores das variáveis da distribuição de Gumbel para os dados da estação TOLEDO, e respectivos tempos de retorno (T) adotados.

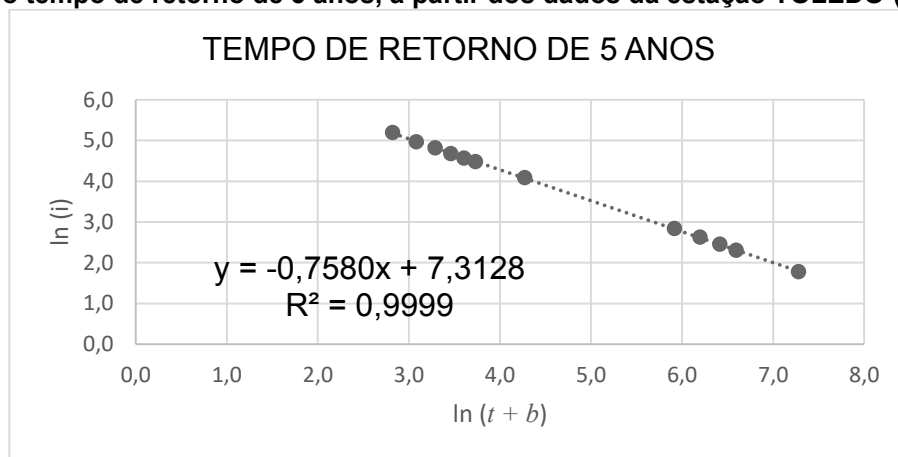
T (anos)	Y_T	K_T	X_T
5	1,4999	0,7195	120,2390
10	2,2504	1,3046	137,2134
20	2,9702	1,8659	153,4956
50	3,9019	2,5923	174,5713
100	4,6001	3,1367	190,3645

Fonte: O autor (2017).

Executa-se o mesmo processo efetuado para determinação das relações IDF das estações anteriores, utilizando dos dados da tabela 26, e se obteve os

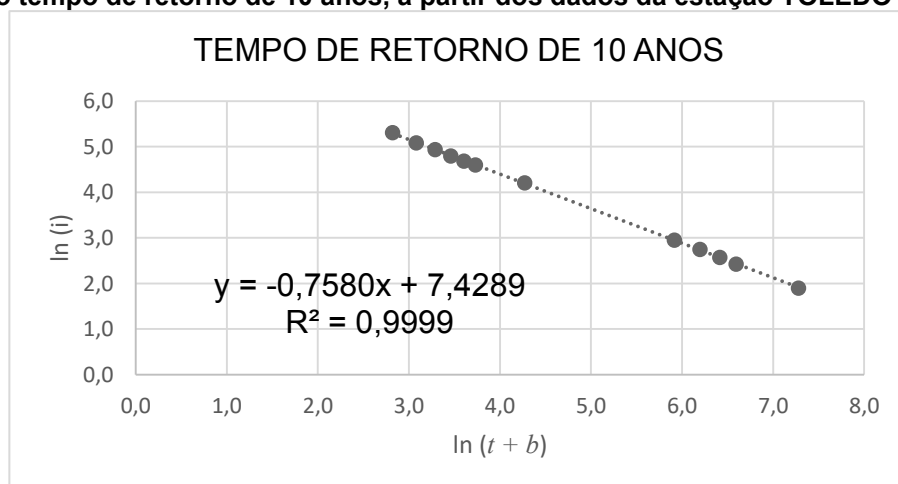
dados das tabelas 47, 48, 49, 50 e 51, apresentadas no Anexo A, e seus gráficos correspondentes representados pelas figuras 29, 30, 31, 32 e 33, respectivamente, referentes à parametrização da intensidade de chuvas para intervalos de até 1 dia, para cada período de retorno (T) adotados (5, 10, 20, 50 e 100 anos), e suas funções geradas com base na relação $\ln(i)$ por $\ln(t+b)$, para cada tempo de retorno, são apresentadas na tabela 27.

Figura 29 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 5 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).



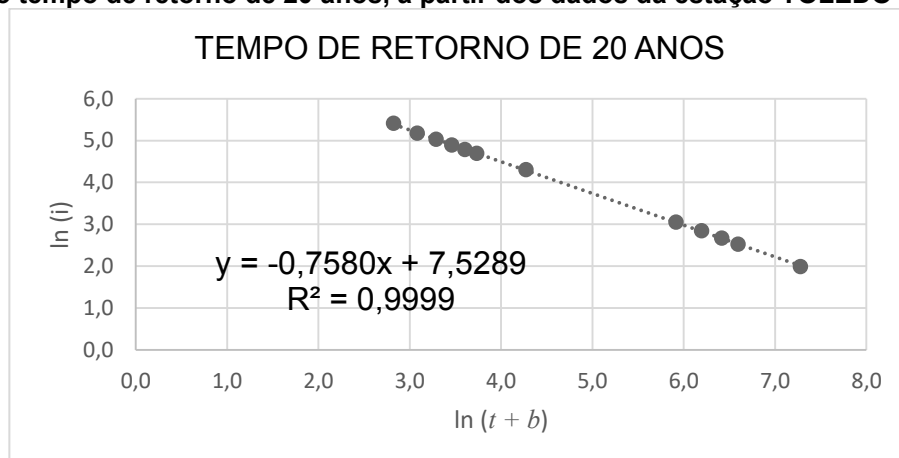
Fonte: O autor (2017).

Figura 30 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 10 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).



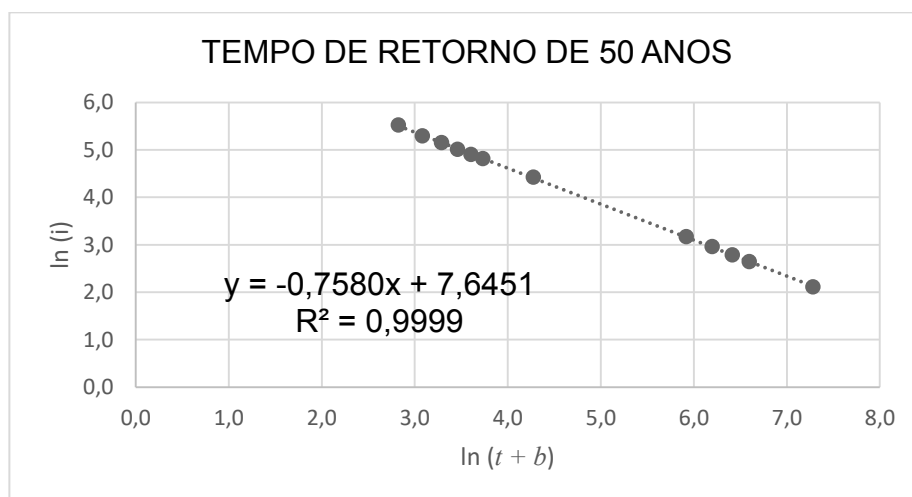
Fonte: O autor (2017).

Figura 31 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 20 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).



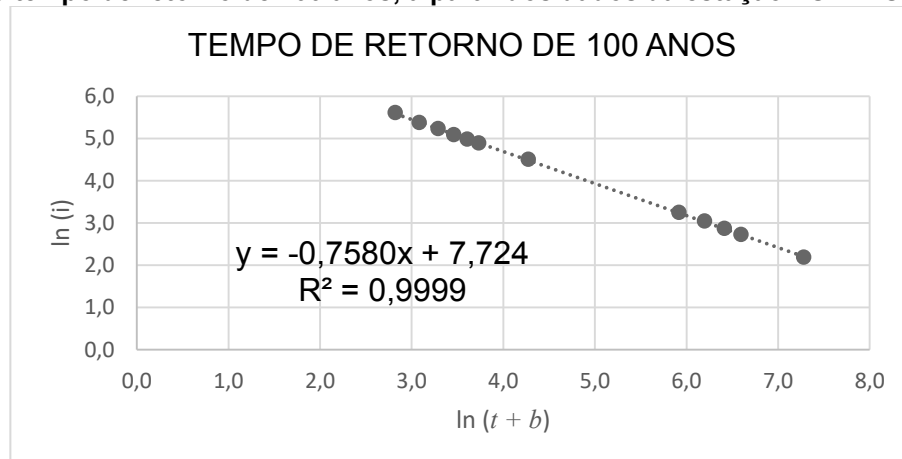
Fonte: O autor (2017).

Figura 32 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 50 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).



Fonte: O autor (2017).

Figura 33 - Gráfico que relaciona $\ln(i)$ e $\ln(t+b)$, maximizando o coeficiente de Determinação (R^2) para o tempo de retorno de 100 anos, a partir dos dados da estação TOLEDO (02453059).



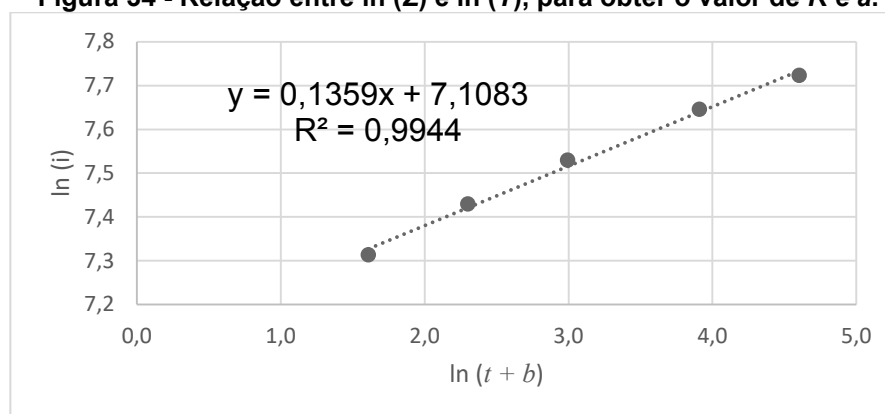
Fonte: O autor (2017).

Tabela 27 - Equações e valores referentes aos gráficos das figuras 29, 30, 31, 32 e 33.

EQUAÇÃO	T (anos)	c	$\ln(K)$	$\ln(T)$
$y = -0,7580x + 7,3128$	5	0,7580	7,3128	1,6094
$y = -0,7580x + 7,4289$	10	0,7580	7,4289	2,3026
$y = -0,7580x + 7,5289$	20	0,7580	7,5289	2,9957
$y = -0,7580x + 7,6451$	50	0,7580	7,6451	3,9120
$y = -0,7580x + 7,7224$	100	0,7580	7,7224	4,6052

Fonte: O autor (2017).

Assim, plota-se o gráfico representado pela figura (34) que relaciona $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, utilizado para determinar o $\ln(K)$, K e a , apresentados na tabela 28.

Figura 34 - Relação entre $\ln(Z)$ e $\ln(T)$, para obter o valor de K e a .

Fonte: O autor (2017).

A função obtida a partir do gráfico foi utilizada para a determinação dos valores de $\ln(K)$, K e a , para a estação pluviométrica TOLEDO (02453059).

Tabela 28 - Valor de $\ln(K)$, obtido para determinar os parâmetros K e a da equação.

$\ln(K)$	K	a
7,0494	1222,0683	0,1359

Fonte: O autor (2017).

Obtendo assim os parâmetros necessários para substituição no modelo representado pela equação (01), para a estação pluviométrica TOLEDO (02453059).

$$i = \frac{1222,0683 \cdot (T)^{0,1359}}{(t + 11,83)^{0,7580}} \quad (17)$$

4.2 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES

4.2.1 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica VILA NOVA (02453033)

Avaliando o ajuste do modelo hidrológico através do Coeficiente de Eficiência (*COE*), de Nash e Sutcliffe, calculado por meio da equação (09) segundo Machado e Vettorazzi (2003), determinaram-se os seguintes coeficientes da tabela 29, de acordo com o tempo de retorno (*T*) adotado:

Tabela 29 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica VILA NOVA (02453033).

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9985
10	0,9989
20	0,9981
50	0,9992
100	0,9990

Fonte: O autor (2017).

Assim, todos os valores são superiores a 0,75, evidenciando um bom ajuste.

4.2.2 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017)

Avaliando o ajuste do modelo hidrológico através do Coeficiente de Eficiência (*COE*), de Nash e Sutcliffe, calculado por meio da equação (09) segundo Machado e Vettorazzi (2003), determinaram-se os seguintes coeficientes da tabela 30, de acordo com o tempo de retorno (*T*) adotado:

Tabela 30 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017).

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,8855
10	0,8890
20	0,8951
50	0,8510
100	0,8214

Fonte: O autor (2017).

Assim, todos os valores são superiores a 0,75, evidenciando um bom ajuste.

4.2.3 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027)

Avaliando o ajuste do modelo hidrológico através do Coeficiente de Eficiência (*COE*), de Nash e Sutcliffe, calculado por meio da equação (09) segundo Machado e Vettorazzi (2003), determinaram-se os seguintes coeficientes da tabela 31, de acordo com o tempo de retorno (*T*) adotado:

Tabela 31 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027).

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9612
10	0,9638
20	0,9568
50	0,9358
100	0,9113

Fonte: O autor (2017).

Assim, todos os valores são superiores a 0,75, evidenciando um bom ajuste.

4.2.4 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028)

Avaliando o ajuste do modelo hidrológico através do Coeficiente de Eficiência (*COE*), de Nash e Sutcliffe, calculado por meio da equação (09) segundo Machado e Vettorazzi (2003), determinaram-se os seguintes coeficientes da tabela 32, de acordo com o tempo de retorno (*T*) adotado:

Tabela 32 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028).

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9541
10	0,9609
20	0,9568
50	0,9395
100	0,9178

Fonte: O autor (2017).

Assim, todos os valores são superiores a 0,75, evidenciando um bom ajuste.

4.2.5 Análise para Validação da Equação da Estação Pluviométrica TOLEDO (02453059)

Avaliando o ajuste do modelo hidrológico através do Coeficiente de Eficiência (*COE*), de Nash e Sutcliffe, calculado por meio da equação (09) segundo Machado e Vettorazzi (2003), determinaram-se os seguintes coeficientes da tabela 33, de acordo com o tempo de retorno (*T*) adotado:

Tabela 33 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica TOLEDO (02453059).

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9985
10	0,9989
20	0,9981
50	0,9992
100	0,9990

Fonte: O autor (2017).

Assim, todos os valores são superiores a 0,75, evidenciando um bom ajuste.

4.3 EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA

Visando estabelecer uma única equação de chuvas intensas que englobe as características do município de Toledo/PR, optou-se por correlacionar os parâmetros obtidos por meio das relações IDF geradas para cada estação em estudo.

4.3.1 Determinação da Equação Característica

A determinação da equação característica do município de Toledo/PR foi obtida por meio da média aritmética entre os parâmetros correlacionados através da equação 01, dando origem a equação 15, já que após a validação das equações por meio do tópico 4.2, observou-se que o Coeficiente de Eficiência (*COE*) apresentou um bom ajuste, evidenciado por valores superiores a 0,75 para todos os casos. Os valores utilizados e a média aritmética para cada parâmetro estão dispostos na tabela 34.

Tabela 34 - Parâmetros correspondentes a cada estação pluviométrica em estudo e sua respectiva média aritmética.

ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	PARÂMETROS			
	<i>K</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
VILA NOVA	1269,6544	0,1726	11,83	0,7580
NOVA CONCÓRDIA	1051,6336	0,1445	11,83	0,7580
BOM PRINCÍPIO	1179,3279	0,1449	11,83	0,7580
DOIS IRMÃOS	1152,1672	0,1522	11,83	0,7580
TOLEDO	1222,0683	0,1359	11,83	0,7580
MÉDIA ARITMÉTICA	1174,9703	0,1500	11,83	0,7580

Fonte: O autor (2017).

$$i = \frac{1174,9703.(T)^{0,150}}{(t + 11,83)^{0,7580}} \quad (18)$$

4.3.2 Validação da Equação Característica da Região do Município de Toledo/PR

A análise para validação da equação característica de Toledo/PR foi realizada da mesma forma que as equações das estações pluviométricas. Desse modo, utilizando dos dados de cada estação para verificar a adequação, obteve-se os seguintes Coeficientes de Eficiência (*COE*) apresentados nas tabelas 35, 36, 37, 38 e 39.

Tabela 35 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica VILA NOVA (02453033) aplicada à equação característica.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9750
10	0,9406
20	0,9183
50	0,9109
100	0,9188

Fonte: O autor (2017).

Tabela 36 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017) aplicada à equação característica.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9605
10	0,9706
20	0,9827
50	0,9644
100	0,9531

Fonte: O autor (2017).

Tabela 37 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027) aplicada à equação característica.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9986
10	0,9995
20	0,9994
50	0,9992
100	0,9971

Fonte: O autor (2017).

Tabela 38 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028) aplicada à equação característica.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9970
10	0,9994
20	0,9994
50	0,9994
100	0,9983

Fonte: O autor (2017).

Tabela 39 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica TOLEDO (02453059) aplicada à equação característica.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9750
10	0,9406
20	0,9183
50	0,9109
100	0,9188

Fonte: O autor (2017).

Desse modo, observa-se que todos os valores do Coeficiente de Eficiência são superiores a 0,75.

4.3.3 Análise da Equação de Cascavel em Relação aos Dados das Estações Pluviométricas de Toledo

Adotando o mesmo processo de análise para possível validação da equação característica de Toledo/PR, obtiveram-se os seguintes Coeficientes de Eficiência (*COE*) para a equação 16, como característica da região de Cascavel/PR, registrada na literatura por Fendrich (1987, *apud* Festi, A. V.), apresentados nas tabelas 40, 41, 42, 43 e 44.

$$i = \frac{1062,92 \cdot (T)^{0,141}}{(t + 5)^{0,776}} \quad (19)$$

Tabela 40 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica VILA NOVA (02453033) aplicada à equação de Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9770
10	0,9728
20	0,9644
50	0,9583
100	0,9590

Fonte: O autor (2017).

Tabela 41 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica NOVA CONCÓRDIA (02453017) aplicada à equação Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,8832
10	0,9003
20	0,9307
50	0,9014
100	0,9531

Fonte: O autor (2017).

Tabela 42 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica BOM PRINCÍPIO (02453027) aplicada à equação Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9481
10	0,9589
20	0,9994
50	0,9597
100	0,9086

Fonte: O autor (2017).

Tabela 43 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica DOIS IRMÃOS (02453028) aplicada à equação Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9423
10	0,9568
20	0,9619
50	0,9617
100	0,9578

Fonte: O autor (2017).

Tabela 44 - Valores do Coeficiente de Eficiência para a estação pluviométrica TOLEDO (02453059) aplicada à equação Cascavel/PR em relação ao tempos de retorno adotados.

<i>T</i> (anos)	<i>COE</i>
5	0,9770
10	0,9728
20	0,9644
50	0,9583
100	0,9590

Fonte: O autor (2017).

Desse modo, observaram-se que os resultados são todos superiores a 0,75 em relação ao Coeficiente de Eficiência.

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE A EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA DE TOLEDO/PR E A EQUAÇÃO DE CASCAVEL/PR DISPOSTA NA LITERATURA

Observa-se por meio dos valores do Coeficiente de Eficiência (*COE*), que todas as equações possuem um nível de confiabilidade elevado, devido ao fato de todas apresentarem um valor superior a 0,75, em relação aos diferentes tempos de retorno adotados (5, 10, 20, 50 e 100 anos).

Sendo assim, cada equação pode ser aplicada a sua estação pluviométrica, sendo que a equação característica de Toledo/PR, e a equação de Cascavel/PR registrada na literatura, também podem ser aplicadas em cada uma das estações por apresentarem um nível de confiabilidade elevado.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Desse modo, com os dados disponíveis através do site da ANA, foi possível determinar uma equação característica para cada estação pluviométrica em estudo, utilizando o método da distribuição de Gumbel, junto ao método de desagregação de chuvas proposto por DAEE/CETESB (1980), sendo possível se obter também uma equação característica da região determinada por meio da média entre os parâmetros correlacionados por meio da equação 01, sendo que após a análise, observou-se a equação de Cascavel também pode ser aplicada a região do município de Toledo/PR.

Como observado através da validação das equações geradas e analisadas, todas apresentam um bom ajuste em relação ao Coeficiente de Eficiência, com um valor superior a 0,75, inclusive a equação de chuvas intensas do município de Cascavel que se encontrava disponível na literatura.

Portanto, os objetivos do presente trabalho foram alcançados, de modo a contribuir com a comunidade técnica e pública, já que o do estudo se mostra adequado. Recomenda-se que para estudos futuros, sejam analisados os dados disponíveis por métodos mais recentes, além de novas formas de validação, visando manter a eficiência e aperfeiçoamento das equações.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. L. *Localizações: Paraná no Brasil/ Toledo no estado do Paraná, 2006*. Imagem. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parana_Municip_Toledo.svg>. Acesso em: Abril de 2017.

ANA – Agência Nacional das Águas. *HIDROWEB: Sistema de Informações Hidrológicas*. Disponível em: < <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: Agosto de 2017.

ASCE. *Task Committee on Definition of Criteria for Evaluation of Watershed Models of the Watershed Management*. Committee Irrigation and Drainage Division. Criteria for evaluation of watershed models. J. Irrig. Drainage Eng., 119:429-442, 1993.

BACK, A. J. *Relações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa Catarina*. Acta Sci. Agron., v. 28, n. 4, p. 575-581, Oct./Dec., 2006.

BACK, A. J. *Equação de chuvas para a região de Urussanga, SC*. Ver. Tecnol. Ambiente. Criciúma, v.3, n.2, p. 31-36, jul/dez. 1997.

BARBOSA, F. O.; OLIVEIRA, L. F. C.; ROMÃO, P. A.; CARVALHO, D. F. *Obtenção de equações de chuva intensa para algumas localidades no Estado de Goiás – método de desagregação de chuvas*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 29, 2000. Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, 2000.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C E. M. *Precipitação*. In: TUCCI, C. E. (org). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS: ABRH, 2000. cap. 5, p.177 – 241.

CECÍLIO, R. A.; PRUNSKI, F. F. *Interpolação dos parâmetros de chuvas intensas com uso do inverno de portências da distância*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.501-504, 2003.

COSTA, A. R.; SANTOS, A. C. C.; OLIVEIRA, L. F. C. *Regionalização de equações de chuva no cerrado*. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14, 2001.

DAEE/CETESB. Departamento de Água e Energia Elétrica Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Drenagem urbana: Manual de projeto*. São Paulo: DAEE/ CETESB, 1980.466p.

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*. Revista Engenharia Agrícola Jaboticabal, v.28, n.2, p.245-255, abr./jun. 2008.

FESTI, A. V. *Coletânea das Equações de Chuva do Brasil*. [entre 2006 e 2015] Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/coletanea_chuvas.pdf>. Acesso em: Out. de 2017.

Google Maps. *Delimitações do município de Toledo/PR*. Imagem. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Toledo+-+PR/@-24.6973311,-54.0689346,10z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x94f3957fa2356a61:0x60a9fc61c3871b50!8m2!3d-24.7251855!4d-53.7418514>>. Acesso em: Ago. de 2017.

GOMES, A. R. 2011. *Modelagem estatística da precipitação: estudo de caso bacia do rio Taquarizinho / MS*. Campo Grande, 2011. 63 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

GONÇALVEZ, L. S. 2011. *Relações intensidade-duração-frequência com base em estimativas de precipitação por satélite*. Porto Alegre, 2011. 135 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Brasil.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*. Toledo, 2017. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=412770>> . Acesso em 13/10/2017.

MACHADO, R.E.; VETTORAZZI, C.A. *Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins, SP*. R. Bras. Ci. Solo, 27:735-741, 2003.

NEGRI, R. *Modelagem da Equação de Chuva (I.D.F) para o Município de Jaraguá do Sul-SC*. Fundação Educacional Regional Jaraguense – FERJ. Projeto de Iniciação Científica, Jaraguá do Sul, 2014.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. P.; GRIEBELER, N. P. *Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para algumas localidades no estado de Goiás e Distrito Federal*. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.35, n.1, p. 13-18, 2005.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (org). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH, 2003.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. *Hidrologia Básica*. Editora Blucher, 1976.

PINTO, F. A. *Chuvas intensas no estado de Minas Gerais: análises e modelos*. Viçosa: UFV, 1995. 87p. Tese Doutorado.

Plano Diretor Participativo - Toledo 2050. *Revisão e Atualização Relatório – Dezembro 2015*. Plano Municipal de Saneamento. Disponível em: < http://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/toledo_plano_diretor_net.pdf>. Acesso em: Agosto de 2017.

RIGHETTO, A. M. *Hidrologia e Recursos Hídricos*. Editora da Escola de Engenharia de São Carlos. 1998.

ROBAINA, A. D. *Modelo para geração de chuvas intensas no Rio Grande do Sul*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.4, n.2, p.95-98, 1996.

SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. *Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins*. Engenharia na Agricultura, v.11, n.1-4, p.7-14, 2003.

SILVA, P.M.O.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. & COELHO, G. *Modelagem da hidrografia de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande*. R. Bras. Eng. Agric. Amb., p. 258-265, 2008.

TUCCI, C.E. M., org. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2ed. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFRGS: ABRH, 2000.

TUCCI, C. E. M. *Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas – Versão 2.0*. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). *Chuvas*. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren02.html>>. Acesso em: Out. de 2017.

VILLELA, S. M. & A. Mattos. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, SP. p. 58-60, 1975.

WILKEN, P. S. *Engenharia de drenagem superficial*. São Paulo: CETESB, 1978.

APÊNDICE

Tabelas obtidas através do processo de Desagregação das Chuvas proposto por DAEE/CETESB (1980) para os períodos de retorno (anos) e estações pluviométricas indicadas.

Tabela 45 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 5$ anos (estação VILA NOVA - 02453033).

TEMPO DE RETORNO DE 5 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	155,4693	1440	24,00	6,4779	1,8684	7,2806
12h / 24h	0,85	132,1489	720	12,00	11,0124	2,3990	6,5955
10h/24h	0,82	127,4848	600	10,00	12,7485	2,5454	6,4165
8h/24h	0,78	121,2660	480	8,00	15,1583	2,7185	6,1981
6h/24h	0,72	111,9379	360	6,00	18,6563	2,9262	5,9184
1h/24h	0,42	65,2971	60	1,00	65,2971	4,1789	4,2743
30 min/1h	0,74	48,3198	30	0,50	96,6397	4,5710	3,7336
25min/30min	0,91	43,9711	25	0,42	105,5306	4,6590	3,6063
20min/30min	0,81	39,1391	20	0,33	117,4172	4,7657	3,4604
15min/30min	0,7	33,8239	15	0,25	135,2956	4,9075	3,2895
10min/30min	0,54	26,0927	10	0,17	156,5563	5,0534	3,0833
5min/30min	0,34	16,4287	5	0,08	197,1450	5,2839	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 46 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 10$ anos (estação VILA NOVA - 02453033).

TEMPO DE RETORNO DE 10 ANOS							
Duração	Coef.	i (mm)	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	181,3125	1440	24,00	7,5547	2,0222	7,2806
12h / 24h	0,85	154,1157	720	12,00	12,8430	2,5528	6,5955
10h/24h	0,82	148,6763	600	10,00	14,8676	2,6992	6,4165
8h/24h	0,78	141,4238	480	8,00	17,6780	2,8723	6,1981
6h/24h	0,72	130,5450	360	6,00	21,7575	3,0800	5,9184
1h/24h	0,42	76,1513	60	1,00	76,1513	4,3327	4,2743
30 min/1h	0,74	56,3519	30	0,50	112,7039	4,7248	3,7336
25min/30min	0,91	51,2803	25	0,42	123,0726	4,8128	3,6063
20min/30min	0,81	45,6451	20	0,33	136,9352	4,9195	3,4604
15min/30min	0,70	39,4464	15	0,25	157,7854	5,0612	3,2895
10min/30min	0,54	30,4300	10	0,17	182,5803	5,2072	3,0833
5min/30min	0,34	19,1597	5	0,08	229,9159	5,4377	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 47 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 20$ anos (estação VILA NOVA - 02453033).

TEMPO DE RETORNO DE 20 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	206,1020	1440	24,00	8,5876	2,1503	7,2806
12h / 24h	0,85	175,1867	720	12,00	14,5989	2,6809	6,5955
10h/24h	0,82	169,0037	600	10,00	16,9004	2,8273	6,4165
8h/24h	0,78	160,7596	480	8,00	20,0949	3,0005	6,1981
6h/24h	0,72	148,3935	360	6,00	24,7322	3,2081	5,9184
1h/24h	0,42	86,5628	60	1,00	86,5628	4,4609	4,2743
30 min/1h	0,74	64,0565	30	0,50	128,1130	4,8529	3,7336
25min/30min	0,91	58,2914	25	0,42	139,8994	4,9409	3,6063
20min/30min	0,81	51,8858	20	0,33	155,6573	5,0477	3,4604
15min/30min	0,70	44,8396	15	0,25	179,3582	5,1894	3,2895
10min/30min	0,54	34,5905	10	0,17	207,5431	5,3353	3,0833
5min/30min	0,34	21,7792	5	0,08	261,3505	5,5659	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 48 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 50$ anos (estação VILA NOVA - 02453033).

TEMPO DE RETORNO DE 50 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	238,1895	1440	24,00	9,9246	2,2950	7,2806
12h / 24h	0,85	202,4610	720	12,00	16,8718	2,8256	6,5955
10h/24h	0,82	195,3154	600	10,00	19,5315	2,9720	6,4165
8h/24h	0,78	185,7878	480	8,00	23,2235	3,1452	6,1981
6h/24h	0,72	171,4964	360	6,00	28,5827	3,3528	5,9184
1h/24h	0,42	100,0396	60	1,00	100,0396	4,6056	4,2743
30 min/1h	0,74	74,0293	30	0,50	148,0586	4,9976	3,7336
25min/30min	0,91	67,3666	25	0,42	161,6800	5,0856	3,6063
20min/30min	0,81	59,9637	20	0,33	179,8912	5,1924	3,4604
15min/30min	0,70	51,8205	15	0,25	207,2820	5,3341	3,2895
10min/30min	0,54	39,9758	10	0,17	239,8549	5,4800	3,0833
5min/30min	0,34	25,1700	5	0,08	302,0395	5,7106	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 49 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 100$ anos (estação VILA NOVA - 02453033).

TEMPO DE RETORNO DE 100 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	262,2345	1440	24,00	10,9264	2,3912	7,2806
12h / 24h	0,85	222,8993	720	12,00	18,5749	2,9218	6,5955
10h/24h	0,82	215,0323	600	10,00	21,5032	3,0682	6,4165
8h/24h	0,78	204,5429	480	8,00	25,5679	3,2413	6,1981
6h/24h	0,72	188,8088	360	6,00	31,4681	3,4490	5,9184
1h/24h	0,42	110,1385	60	1,00	110,1385	4,7017	4,2743
30 min/1h	0,74	81,5025	30	0,50	163,0049	5,0938	3,7336
25min/30min	0,91	74,1673	25	0,42	178,0014	5,1818	3,6063
20min/30min	0,81	66,0170	20	0,33	198,0510	5,2885	3,4604
15min/30min	0,70	57,0517	15	0,25	228,2069	5,4303	3,2895
10min/30min	0,54	44,0113	10	0,17	264,0680	5,5762	3,0833
5min/30min	0,34	27,7108	5	0,08	332,5301	5,8067	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 50 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 5$ anos (estação NOVA CONCÓRDIA - 02453017).

TEMPO DE RETORNO DE 5 ANOS							
Duração	Coef.	I	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	123,7516	1440	24,00	5,1563	1,6402	7,2806
12h / 24h	0,85	105,1889	720	12,00	8,7657	2,1709	6,5955
10h/24h	0,82	101,4763	600	10,00	10,1476	2,3172	6,4165
8h/24h	0,78	96,5263	480	8,00	12,0658	2,4904	6,1981
6h/24h	0,72	89,1012	360	6,00	14,8502	2,6980	5,9184
1h/24h	0,42	51,9757	60	1,00	51,9757	3,9508	4,2743
30 min/1h	0,74	38,4620	30	0,50	76,9240	4,3428	3,7336
25min/30min	0,91	35,0004	25	0,42	84,0010	4,4308	3,6063
20min/30min	0,81	31,1542	20	0,33	93,4627	4,5376	3,4604
15min/30min	0,7	26,9234	15	0,25	107,6936	4,6793	3,2895
10min/30min	0,54	20,7695	10	0,17	124,6169	4,8252	3,0833
5min/30min	0,34	13,0771	5	0,08	156,9250	5,0558	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 51 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 10$ anos (estação NOVA CONCÓRDIA - 02453017).

TEMPO DE RETORNO DE 10 ANOS							
Duração	Coef.	i (mm)	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	140,1180	1440	24,00	5,8383	1,7644	7,2806
12h / 24h	0,85	119,1003	720	12,00	9,9250	2,2951	6,5955
10h/24h	0,82	114,8968	600	10,00	11,4897	2,4414	6,4165
8h/24h	0,78	109,2921	480	8,00	13,6615	2,6146	6,1981
6h/24h	0,72	100,8850	360	6,00	16,8142	2,8222	5,9184
1h/24h	0,42	58,8496	60	1,00	58,8496	4,0750	4,2743
30 min/1h	0,74	43,5487	30	0,50	87,0974	4,4670	3,7336
25min/30min	0,91	39,6293	25	0,42	95,1103	4,5550	3,6063
20min/30min	0,81	35,2744	20	0,33	105,8233	4,6618	3,4604
15min/30min	0,70	30,4841	15	0,25	121,9363	4,8035	3,2895
10min/30min	0,54	23,5163	10	0,17	141,0977	4,9495	3,0833
5min/30min	0,34	14,8066	5	0,08	177,6786	5,1800	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 52 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 20$ anos (estação NOVA CONCÓRDIA - 02453017).

TEMPO DE RETORNO DE 20 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	155,8171	1440	24,00	6,4924	1,8706	7,2806
12h / 24h	0,85	132,4445	720	12,00	11,0370	2,4013	6,5955
10h/24h	0,82	127,7700	600	10,00	12,7770	2,5476	6,4165
8h/24h	0,78	121,5373	480	8,00	15,1922	2,7208	6,1981
6h/24h	0,72	112,1883	360	6,00	18,6980	2,9284	5,9184
1h/24h	0,42	65,4432	60	1,00	65,4432	4,1812	4,2743
30 min/1h	0,74	48,4279	30	0,50	96,8559	4,5732	3,7336
25min/30min	0,91	44,0694	25	0,42	105,7666	4,6612	3,6063
20min/30min	0,81	39,2266	20	0,33	117,6799	4,7680	3,4604
15min/30min	0,70	33,8996	15	0,25	135,5983	4,9097	3,2895
10min/30min	0,54	26,1511	10	0,17	156,9066	5,0557	3,0833
5min/30min	0,34	16,4655	5	0,08	197,5860	5,2862	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 53 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 50$ anos (estação NOVA CONCÓRDIA - 02453017).

TEMPO DE RETORNO DE 50 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	176,1379	1440	24,00	7,3391	1,9932	7,2806
12h / 24h	0,85	149,7172	720	12,00	12,4764	2,5238	6,5955
10h/24h	0,82	144,4331	600	10,00	14,4433	2,6702	6,4165
8h/24h	0,78	137,3875	480	8,00	17,1734	2,8434	6,1981
6h/24h	0,72	126,8193	360	6,00	21,1365	3,0510	5,9184
1h/24h	0,42	73,9779	60	1,00	73,9779	4,3038	4,2743
30 min/1h	0,74	54,7437	30	0,50	109,4873	4,6958	3,7336
25min/30min	0,91	49,8167	25	0,42	119,5601	4,7838	3,6063
20min/30min	0,81	44,3424	20	0,33	133,0271	4,8906	3,4604
15min/30min	0,70	38,3206	15	0,25	153,2822	5,0323	3,2895
10min/30min	0,54	29,5616	10	0,17	177,3694	5,1782	3,0833
5min/30min	0,34	18,6128	5	0,08	223,3541	5,4088	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 54 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 100$ anos (estação NOVA CONCÓRDIA - 02453017).

TEMPO DE RETORNO DE 100 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	191,3655	1440	24,00	7,9736	2,0761	7,2806
12h / 24h	0,85	162,6606	720	12,00	13,5551	2,6068	6,5955
10h/24h	0,82	156,9197	600	10,00	15,6920	2,7531	6,4165
8h/24h	0,78	149,2651	480	8,00	18,6581	2,9263	6,1981
6h/24h	0,72	137,7831	360	6,00	22,9639	3,1339	5,9184
1h/24h	0,42	80,3735	60	1,00	80,3735	4,3867	4,2743
30 min/1h	0,74	59,4764	30	0,50	118,9528	4,7787	3,7336
25min/30min	0,91	54,1235	25	0,42	129,8964	4,8667	3,6063
20min/30min	0,81	48,1759	20	0,33	144,5276	4,9735	3,4604
15min/30min	0,70	41,6335	15	0,25	166,5339	5,1152	3,2895
10min/30min	0,54	32,1172	10	0,17	192,7035	5,2612	3,0833
5min/30min	0,34	20,2220	5	0,08	242,6637	5,4917	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 55 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 5$ anos (estação BOM PRINCÍPIO - 02453027).

TEMPO DE RETORNO DE 5 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	138,8597	1440	24,00	5,7858	1,7554	7,2806
12h / 24h	0,85	118,0308	720	12,00	9,8359	2,2860	6,5955
10h/24h	0,82	113,8650	600	10,00	11,3865	2,4324	6,4165
8h/24h	0,78	108,3106	480	8,00	13,5388	2,6056	6,1981
6h/24h	0,72	99,9790	360	6,00	16,6632	2,8132	5,9184
1h/24h	0,42	58,3211	60	1,00	58,3211	4,0660	4,2743
30 min/1h	0,74	43,1576	30	0,50	86,3152	4,4580	3,7336
25min/30min	0,91	39,2734	25	0,42	94,2562	4,5460	3,6063
20min/30min	0,81	34,9577	20	0,33	104,8730	4,6527	3,4604
15min/30min	0,7	30,2103	15	0,25	120,8413	4,7945	3,2895
10min/30min	0,54	23,3051	10	0,17	139,8306	4,9404	3,0833
5min/30min	0,34	14,6736	5	0,08	176,0830	5,1710	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 56 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 10$ anos (estação BOM PRINCÍPIO - 02453027).

TEMPO DE RETORNO DE 10 ANOS							
Duração	Coef.	i (mm)	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	157,2880	1440	24,00	6,5537	1,8800	7,2806
12h / 24h	0,85	133,6948	720	12,00	11,1412	2,4107	6,5955
10h/24h	0,82	128,9762	600	10,00	12,8976	2,5570	6,4165
8h/24h	0,78	122,6847	480	8,00	15,3356	2,7302	6,1981
6h/24h	0,72	113,2474	360	6,00	18,8746	2,9378	5,9184
1h/24h	0,42	66,0610	60	1,00	66,0610	4,1906	4,2743
30 min/1h	0,74	48,8851	30	0,50	97,7702	4,5826	3,7336
25min/30min	0,91	44,4855	25	0,42	106,7651	4,6706	3,6063
20min/30min	0,81	39,5970	20	0,33	118,7909	4,7774	3,4604
15min/30min	0,70	34,2196	15	0,25	136,8783	4,9191	3,2895
10min/30min	0,54	26,3980	10	0,17	158,3878	5,0650	3,0833
5min/30min	0,34	16,6209	5	0,08	199,4513	5,2956	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 57 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 20$ anos (estação BOM PRINCÍPIO - 02453027).

TEMPO DE RETORNO DE 20 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	174,9649	1440	24,00	7,2902	1,9865	7,2806
12h / 24h	0,85	148,7202	720	12,00	12,3933	2,5172	6,5955
10h/24h	0,82	143,4712	600	10,00	14,3471	2,6635	6,4165
8h/24h	0,78	136,4726	480	8,00	17,0591	2,8367	6,1981
6h/24h	0,72	125,9747	360	6,00	20,9958	3,0443	5,9184
1h/24h	0,42	73,4853	60	1,00	73,4853	4,2971	4,2743
30 min/1h	0,74	54,3791	30	0,50	108,7582	4,6891	3,7336
25min/30min	0,91	49,4850	25	0,42	118,7640	4,7771	3,6063
20min/30min	0,81	44,0471	20	0,33	132,1412	4,8839	3,4604
15min/30min	0,70	38,0654	15	0,25	152,2615	5,0256	3,2895
10min/30min	0,54	29,3647	10	0,17	176,1883	5,1716	3,0833
5min/30min	0,34	18,4889	5	0,08	221,8667	5,4021	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 58 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 50$ anos (estação BOM PRINCÍPIO - 02453027).

TEMPO DE RETORNO DE 50 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	197,8458	1440	24,00	8,2436	2,1094	7,2806
12h / 24h	0,85	168,1690	720	12,00	14,0141	2,6401	6,5955
10h/24h	0,82	162,2336	600	10,00	16,2234	2,7865	6,4165
8h/24h	0,78	154,3197	480	8,00	19,2900	2,9596	6,1981
6h/24h	0,72	142,4490	360	6,00	23,7415	3,1672	5,9184
1h/24h	0,42	83,0952	60	1,00	83,0952	4,4200	4,2743
30 min/1h	0,74	61,4905	30	0,50	122,9810	4,8120	3,7336
25min/30min	0,91	55,9563	25	0,42	134,2952	4,9000	3,6063
20min/30min	0,81	49,8073	20	0,33	149,4219	5,0068	3,4604
15min/30min	0,70	43,0433	15	0,25	172,1734	5,1485	3,2895
10min/30min	0,54	33,2049	10	0,17	199,2292	5,2945	3,0833
5min/30min	0,34	20,9068	5	0,08	250,8812	5,5250	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 59 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 100$ anos (estação BOM PRINCÍPIO - 02453027).

TEMPO DE RETORNO DE 100 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	214,9919	1440	24,00	8,9580	2,1925	7,2806
12h / 24h	0,85	182,7431	720	12,00	15,2286	2,7232	6,5955
10h/24h	0,82	176,2933	600	10,00	17,6293	2,8696	6,4165
8h/24h	0,78	167,6936	480	8,00	20,9617	3,0427	6,1981
6h/24h	0,72	154,7941	360	6,00	25,7990	3,2503	5,9184
1h/24h	0,42	90,2966	60	1,00	90,2966	4,5031	4,2743
30 min/1h	0,74	66,8195	30	0,50	133,6389	4,8951	3,7336
25min/30min	0,91	60,8057	25	0,42	145,9337	4,9832	3,6063
20min/30min	0,81	54,1238	20	0,33	162,3713	5,0899	3,4604
15min/30min	0,70	46,7736	15	0,25	187,0945	5,2316	3,2895
10min/30min	0,54	36,0825	10	0,17	216,4951	5,3776	3,0833
5min/30min	0,34	22,7186	5	0,08	272,6234	5,6081	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 60 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 5$ anos (estação DOIS IRMÃOS - 02453028).

TEMPO DE RETORNO DE 5 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	137,0725	1440	24,00	5,7114	1,7425	7,2806
12h / 24h	0,85	116,5116	720	12,00	9,7093	2,2731	6,5955
10h/24h	0,82	112,3995	600	10,00	11,2399	2,4195	6,4165
8h/24h	0,78	106,9166	480	8,00	13,3646	2,5926	6,1981
6h/24h	0,72	98,6922	360	6,00	16,4487	2,8002	5,9184
1h/24h	0,42	57,5705	60	1,00	57,5705	4,0530	4,2743
30 min/1h	0,74	42,6021	30	0,50	85,2043	4,4451	3,7336
25min/30min	0,91	38,7679	25	0,42	93,0431	4,5331	3,6063
20min/30min	0,81	34,5077	20	0,33	103,5232	4,6398	3,4604
15min/30min	0,7	29,8215	15	0,25	119,2860	4,7815	3,2895
10min/30min	0,54	23,0052	10	0,17	138,0309	4,9275	3,0833
5min/30min	0,34	14,4847	5	0,08	173,8167	5,1580	2,8232

Fonte: O autor (2017).

Tabela 61 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 10$ anos (estação DOIS IRMÃOS - 02453028).

TEMPO DE RETORNO DE 10 ANOS							
Duração	Coef.	i (mm)	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	156,4233	1440	24,00	6,5176	1,8745	7,2806
12h / 24h	0,85	132,9598	720	12,00	11,0800	2,4051	6,5955
10h/24h	0,82	128,2671	600	10,00	12,8267	2,5515	6,4165
8h/24h	0,78	122,0102	480	8,00	15,2513	2,7247	6,1981
6h/24h	0,72	112,6248	360	6,00	18,7708	2,9323	5,9184
1h/24h	0,42	65,6978	60	1,00	65,6978	4,1851	4,2743
30 min/1h	0,74	48,6164	30	0,50	97,2327	4,5771	3,7336
25min/30min	0,91	44,2409	25	0,42	106,1781	4,6651	3,6063
20min/30min	0,81	39,3792	20	0,33	118,1377	4,7719	3,4604
15min/30min	0,70	34,0314	15	0,25	136,1258	4,9136	3,2895
10min/30min	0,54	26,2528	10	0,17	157,5170	5,0595	3,0833
5min/30min	0,34	16,5296	5	0,08	198,3547	5,2901	2,8232

Fonte: O autor (2017).

Tabela 62 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 20$ anos (estação DOIS IRMÃOS - 02453028).

TEMPO DE RETORNO DE 20 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	174,9850	1440	24,00	7,2910	1,9866	7,2806
12h / 24h	0,85	148,7373	720	12,00	12,3948	2,5173	6,5955
10h/24h	0,82	143,4877	600	10,00	14,3488	2,6637	6,4165
8h/24h	0,78	136,4883	480	8,00	17,0610	2,8368	6,1981
6h/24h	0,72	125,9892	360	6,00	20,9982	3,0444	5,9184
1h/24h	0,42	73,4937	60	1,00	73,4937	4,2972	4,2743
30 min/1h	0,74	54,3853	30	0,50	108,7707	4,6892	3,7336
25min/30min	0,91	49,4907	25	0,42	118,7776	4,7773	3,6063
20min/30min	0,81	44,0521	20	0,33	132,1564	4,8840	3,4604
15min/30min	0,70	38,0697	15	0,25	152,2790	5,0257	3,2895
10min/30min	0,54	29,3681	10	0,17	176,2085	5,1717	3,0833
5min/30min	0,34	18,4910	5	0,08	221,8922	5,4022	2,8232

Fonte: O autor (2017).

Tabela 63 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 50$ anos (estação DOIS IRMÃOS - 02453028).

TEMPO DE RETORNO DE 50 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	199,0113	1440	24,00	8,2921	2,1153	7,2806
12h / 24h	0,85	169,1596	720	12,00	14,0966	2,6459	6,5955
10h/24h	0,82	163,1892	600	10,00	16,3189	2,7923	6,4165
8h/24h	0,78	155,2288	480	8,00	19,4036	2,9655	6,1981
6h/24h	0,72	143,2881	360	6,00	23,8814	3,1731	5,9184
1h/24h	0,42	83,5847	60	1,00	83,5847	4,4259	4,2743
30 min/1h	0,74	61,8527	30	0,50	123,7054	4,8179	3,7336
25min/30min	0,91	56,2860	25	0,42	135,0863	4,9059	3,6063
20min/30min	0,81	50,1007	20	0,33	150,3021	5,0126	3,4604
15min/30min	0,70	43,2969	15	0,25	173,1876	5,1544	3,2895
10min/30min	0,54	33,4005	10	0,17	200,4028	5,3003	3,0833
5min/30min	0,34	21,0299	5	0,08	252,3590	5,5309	2,8232

Fonte: O autor (2017).

Tabela 64 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 100$ anos (estação DOIS IRMÃOS - 02453028).

TEMPO DE RETORNO DE 100 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	217,0156	1440	24,00	9,0423	2,2019	7,2806
12h / 24h	0,85	184,4632	720	12,00	15,3719	2,7325	6,5955
10h/24h	0,82	177,9528	600	10,00	17,7953	2,8789	6,4165
8h/24h	0,78	169,2721	480	8,00	21,1590	3,0521	6,1981
6h/24h	0,72	156,2512	360	6,00	26,0419	3,2597	5,9184
1h/24h	0,42	91,1465	60	1,00	91,1465	4,5125	4,2743
30 min/1h	0,74	67,4484	30	0,50	134,8969	4,9045	3,7336
25min/30min	0,91	61,3781	25	0,42	147,3074	4,9925	3,6063
20min/30min	0,81	54,6332	20	0,33	163,8997	5,0993	3,4604
15min/30min	0,70	47,2139	15	0,25	188,8556	5,2410	3,2895
10min/30min	0,54	36,4222	10	0,17	218,5329	5,3869	3,0833
5min/30min	0,34	22,9325	5	0,08	275,1896	5,6175	2,8232

Fonte: O autor (2017).

Tabela 65 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 5$ anos (estação TOLEDO - 02453059).

TEMPO DE RETORNO DE 5 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	142,0253	1440	24,00	5,9177	1,7780	7,2806
12h / 24h	0,85	120,7215	720	12,00	10,0601	2,3086	6,5955
10h/24h	0,82	116,4607	600	10,00	11,6461	2,4550	6,4165
8h/24h	0,78	110,7797	480	8,00	13,8475	2,6281	6,1981
6h/24h	0,72	102,2582	360	6,00	17,0430	2,8357	5,9184
1h/24h	0,42	59,6506	60	1,00	59,6506	4,0885	4,2743
30 min/1h	0,74	44,1415	30	0,50	88,2829	4,4805	3,7336
25min/30min	0,91	40,1687	25	0,42	96,4049	4,5686	3,6063
20min/30min	0,81	35,7546	20	0,33	107,2637	4,6753	3,4604
15min/30min	0,7	30,8990	15	0,25	123,5961	4,8170	3,2895
10min/30min	0,54	23,8364	10	0,17	143,0183	4,9630	3,0833
5min/30min	0,34	15,0081	5	0,08	180,0971	5,1935	2,8232

Fonte: O autor (2017).

Tabela 66 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 10$ anos (estação TOLEDO - 02453059).

TEMPO DE RETORNO DE 10 ANOS							
Duração	Coef.	i (mm)	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	159,5118	1440	24,00	6,6463	1,8941	7,2806
12h / 24h	0,85	135,5851	720	12,00	11,2988	2,4247	6,5955
10h/24h	0,82	130,7997	600	10,00	13,0800	2,5711	6,4165
8h/24h	0,78	124,4192	480	8,00	15,5524	2,7442	6,1981
6h/24h	0,72	114,8485	360	6,00	19,1414	2,9519	5,9184
1h/24h	0,42	66,9950	60	1,00	66,9950	4,2046	4,2743
30 min/1h	0,74	49,5763	30	0,50	99,1526	4,5967	3,7336
25min/30min	0,91	45,1144	25	0,42	108,2746	4,6847	3,6063
20min/30min	0,81	40,1568	20	0,33	120,4703	4,7914	3,4604
15min/30min	0,70	34,7034	15	0,25	138,8136	4,9331	3,2895
10min/30min	0,54	26,7712	10	0,17	160,6271	5,0791	3,0833
5min/30min	0,34	16,8559	5	0,08	202,2712	5,3096	2,8232

Fonte: O autor, (2017).

Tabela 67 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 20$ anos (estação TOLEDO - 02453059).

TEMPO DE RETORNO DE 20 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	176,2854	1440	24,00	7,3452	1,9941	7,2806
12h / 24h	0,85	149,8425	720	12,00	12,4869	2,5247	6,5955
10h/24h	0,82	144,5540	600	10,00	14,4554	2,6711	6,4165
8h/24h	0,78	137,5026	480	8,00	17,1878	2,8442	6,1981
6h/24h	0,72	126,9255	360	6,00	21,1542	3,0518	5,9184
1h/24h	0,42	74,0398	60	1,00	74,0398	4,3046	4,2743
30 min/1h	0,74	54,7895	30	0,50	109,5790	4,6966	3,7336
25min/30min	0,91	49,8584	25	0,42	119,6602	4,7847	3,6063
20min/30min	0,81	44,3795	20	0,33	133,1385	4,8914	3,4604
15min/30min	0,70	38,3526	15	0,25	153,4106	5,0331	3,2895
10min/30min	0,54	29,5863	10	0,17	177,5179	5,1791	3,0833
5min/30min	0,34	18,6284	5	0,08	223,5411	5,4096	2,8232

Fonte: O autor (2017).

Tabela 68 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 50$ anos (estação TOLEDO - 02453059).

TEMPO DE RETORNO DE 50 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	197,9970	1440	24,00	8,2499	2,1102	7,2806
12h / 24h	0,85	168,2974	720	12,00	14,0248	2,6408	6,5955
10h/24h	0,82	162,3575	600	10,00	16,2358	2,7872	6,4165
8h/24h	0,78	154,4376	480	8,00	19,3047	2,9603	6,1981
6h/24h	0,72	142,5578	360	6,00	23,7596	3,1680	5,9184
1h/24h	0,42	83,1587	60	1,00	83,1587	4,4208	4,2743
30 min/1h	0,74	61,5375	30	0,50	123,0749	4,8128	3,7336
25min/30min	0,91	55,9991	25	0,42	134,3978	4,9008	3,6063
20min/30min	0,81	49,8453	20	0,33	149,5360	5,0075	3,4604
15min/30min	0,70	43,0762	15	0,25	172,3049	5,1493	3,2895
10min/30min	0,54	33,2302	10	0,17	199,3814	5,2952	3,0833
5min/30min	0,34	20,9227	5	0,08	251,0728	5,5257	2,8232

Fonte: O autor (2017).

Tabela 69 – Tabela de Desagregação das chuvas: $T = 100$ anos (estação TOLEDO - 02453059).

TEMPO DE RETORNO DE 100 ANOS							
Duração	Coef.	i	t (min)	t (h)	i (mm/h)	ln (i)	ln(t+b)
24h / 24h	1,14	214,2668	1440	24,00	8,9278	2,1892	7,2806
12h / 24h	0,85	182,1267	720	12,00	15,1772	2,7198	6,5955
10h/24h	0,82	175,6987	600	10,00	17,5699	2,8662	6,4165
8h/24h	0,78	167,1281	480	8,00	20,8910	3,0393	6,1981
6h/24h	0,72	154,2721	360	6,00	25,7120	3,2470	5,9184
1h/24h	0,42	89,9920	60	1,00	89,9920	4,4997	4,2743
30 min/1h	0,74	66,5941	30	0,50	133,1882	4,8918	3,7336
25min/30min	0,91	60,6006	25	0,42	145,4415	4,9798	3,6063
20min/30min	0,81	53,9412	20	0,33	161,8237	5,0865	3,4604
15min/30min	0,70	46,6159	15	0,25	186,4635	5,2282	3,2895
10min/30min	0,54	35,9608	10	0,17	215,7649	5,3742	3,0833
5min/30min	0,34	22,6420	5	0,08	271,7040	5,6047	2,8232

Fonte: O autor (2017).