

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
Levantamento da Geodiversidade

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Município: Tatuí/SP

Estação Pluviométrica: Fazenda São Mateus

Código: 02347058 (ANA)

Estação Pluviométrica: Campo do Paiol

Códigos: 02347058 (ANA) e E5-062R (DAEE)

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

Achiles Monteiro (*in memoriam*)

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Sandra Fernandes da Silva

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Coordenação Executiva do DEHID - Projeto Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto - Cartas Municipais de Suscetibilidade

Tiago Antonelli

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Superintendente

Jânio Souza Nascimento

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Homero Reis de Melo Junior

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Cesar Lisboa Chaves

Gerente de Infraestrutura Geocientífica

Cristiane Silva de Sousa

Gerência de Administração e Finanças

Sônia Cristina dos Santos Cavalcante

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
Levantamento da Geodiversidade

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Estação Pluviométrica: Fazenda São Mateus / **Códigos:** 02348018 (ANA)
Estação Pluviométrica: Campo do Paiol / **Códigos:** 02348018 (ANA) e E5-062R (DAEE)
Município: Tatuí/SP

AUTORES

Catharina dos Prazeres Campos de Farias
Karine Pickbrenner
Eber José de Andrade Pinto



Belém
2020

REALIZAÇÃO

Superintendência de Belém

AUTORES

Catharina dos Prazeres Campos de Farias
Karine Pickbrenner
Eber José de Andrade Pinto

COORDENADORES REGIONAIS DO PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO

José Alexandre Moreira Farias - REFO (*In memoriam*)
Karine Pickbrenner - SUREG /PA

EQUIPE EXECUTORA

Adriana Burin Weschenfelder - SUREG/PA
Adriano da Silva Santos – SUREG/RE
Caluan Rodrigues Capozzoli – SUREG /SP
Catharina dos Prazeres Campos de Farias– SUREG /BE
Jean Ricardo da Silva Nascimento – RETE
Luana Késsia Lucas Alves Martins – SUREG /BH
Osvalcélvio Mercês Furtunato - SUREG /SA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E MAPA

Ivete Souza do Nascimento- SUREG /BH

APOIO TÉCNICO

Maximiliano Paschoaloti Messa – SUREG /PA

PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

Capa (DIEDIG)

Juliana Colussi

Miolo (DIEDIG)

Agmar Alves Lopes
Juliana Colussi

Diagramação (SUREG-PA)

Alessandra Luiza Rahel

Referências

Ana Lúcia Borges Fortes Coelho (Organização e Formatação)

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

F224 Farias, Catharina dos Prazeres Campos de
Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-
Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias): Município Tatuí/
SP / Catharina dos Prazeres Campos de Farias; Karine Pickbrenner; Eber
José de Andrade Pinto. – Belém : CPRM , 2020.
1 recurso eletrônico : PDF

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade

ISBN 978-65-5664-004-4

1. Hidrologia. 2. Pluviometria - Brasil. 3. Equações IDF I. Pickbrenner,
Karine. II. Pinto, Eber José de Andrade. III. Título

CDD 551.570981

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Ana Lúcia Borges Fortes Coelho – CRB10 - 840

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Levantamentos da Geodiversidade que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional.

Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se, a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF). Essas relações serão estabelecidas para os pontos da rede hidrometeorológica nacional que dispõe de registros contínuos de chuva, ou seja, estações equipadas com pluviógrafos ou estações automáticas.

Entretanto, em localidades nas quais existem somente pluviômetros, ou seja, não existem registros contínuos das precipitações, obtidos com pluviógrafos ou estações automáticas, as relações IDF serão estabelecidas a partir da desagregação das precipitações máximas diárias.

As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

Na definição das relações IDF foram priorizados os municípios onde serão mapeadas, pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, as áreas suscetíveis a movimentos de massa e enchentes.

Este estudo, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta duas equações IDF para o município de Tatuí/SP. As duas equações foram elaboradas pelo método da desagregação. Para a primeira IDF, chamada neste estudo de IDF1 e elaborada pela autora, foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Fazenda São Mateus, código 02347058 (ANA), localizada a 8,7 km da sede de Tatuí. Para a segunda IDF, chamada neste estudo de IDF2 e elaborada por Pickbrenner e Pinto (2020), foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Campo do Paiol, códigos 02348018 (ANA) e E5-062R (DAEE), localizada a 19,5 km da sede de Tatuí.

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta duas equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) estabelecidas para o município de Tatuí/SP. As séries de dados utilizadas nos estudos foram elaboradas a partir de registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico das estações pluviométricas Fazenda São Mateus, código 02347058 (ANA), e Campo do Paiol, códigos 02348018 (ANA) e E5-062R (DAEE). As estações estão localizadas respectivamente a 8,7 e 19,5 km da sede de Tatuí. A metodologia para definição das equações por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). As distribuições de frequência ajustadas aos dados diários foram Exponencial e Gumbel, respectivamente para a primeira e segunda IDF, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas da equação IDF estabelecida por Martinez Júnior e Magni (1999 apud DAEE 2018) para o município de Tatuí/SP. As equações adotadas para representar a família de curvas IDFs podem ser aplicadas para durações entre 10min e 24h e são recomendadas para tempos de retorno até 100 anos. A aplicação das equações IDFs permite associar intensidades de precipitação, nas diferentes durações, a frequências de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de estruturas hidráulicas. Também podem ser utilizada de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido numa determinada duração, definindo se o evento foi raro ou ordinário, dentro da caracterização de chuva extrema local.

ABSTRACT

This work presents two Intensity-Duration-Frequency (IDF) equations established to the city of Tatuí/SP. The data series used in the studies were prepared from records of maximum daily rainfall per hydrological year of the Fazenda São Mateus rain station, code 02347058 (ANA), and of the Campo do Paiol rain station, codes 02348018 (ANA) e E5-062R (DAEE). The stations are located respectively 8,7 and 19,5 km from the municipal headquarter of Tatuí. The methodology for defining the equation by disaggregating daily rainfall is described in detail in Pinto (2013). The frequency distributions adjusted to the daily data were Exponential and Gumbel, respectively for the first and second IDF, with the parameters calculated by the L-moment method. The disaggregation of daily quantiles in other durations was carried out with the relationship between rainfall times of different durations obtained from the IDF equation established by Martinez Júnior and Magni (1999 apud DAEE 2018) for the city of Tatuí/SP. The equations adopted to represent the family of IDFs curves can be applied for durations between 10min and 24h and are recommended for return times up to 100 years. The application of the IDFs equations allows the association of precipitation intensities, in different durations, with frequencies of occurrence, which will be used in the design of hydraulic structures. They can also be used in an inverse way, that is, to estimate the frequency of a precipitation event that occurred over a given duration, defining whether the event was rare or ordinary, within the characterization of local extreme rain.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
EQUAÇÃO IDF1	7
EQUAÇÃO IDF2	10
REFERÊNCIAS	13
ANEXO I	14
ANEXO II	15
ANEXO III	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização do Município e das Estações Pluviométricas	7
Figura 02 - Curvas intensidade-duração-frequência da IDF1	8
Figura 03 - Curvas intensidade-duração-frequência da IDF2	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Intensidade da chuva em mm/h da IDF1	9
Tabela 02 - Altura de chuva em mm da IDF1	9
Tabela 03 - Intensidade da chuva em mm/h da IDF2	11
Tabela 04 - Altura de chuva em mm da IDF2	12

INTRODUÇÃO

As equações podem ser utilizadas no município de Tatuí/SP e regiões circunvizinhas, recomendando-se a escolha da equação (IDF1 ou IDF2) de acordo com a proximidade do posto pluviométrico utilizado para sua elaboração.

O município de Tatuí está localizado a 125 km de São Paulo, capital do estado de São Paulo e faz fronteira com os municípios de Cesário Lange, Cerquillo, Itapetininga, Alambari, Boituva, Iperó, Capela do Alto, Guareí e Quadra. O município possui uma área aproximada de 523,465 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 645 metros em sua sede. A população de Tatuí, segundo IBGE (2010), é de 107.326 habitantes.

As estações Fazenda São Mateus, código 02347058 (ANA) e Campo do Paiol, códigos 02348018 (ANA) e E5-062R (DAEE) estão localizadas no município de Tatuí, distantes 28,2 km uma da outra. Ambas as estações inserem-se na sub-bacia 62, sub-bacia dos rios Paraná, Tietê e outros. A estação Fazenda São Mateus está localizada na Latitude 23°19'40"S e Longitude 47°45'51"W, a uma distância de 8,7 km a leste da sede de Tatuí e encontra-se em operação desde 1944. O período utilizado na elaboração da IDF1 foi de 1944 a 2019 e os dados utilizados foram diários de precipitação coletados em pluviômetro operado pela empresa CONSTRUFAM Engenharia e Empreendimentos LTDA. A estação Campo do Paiol está localizada na Latitude 23°23'01"S e Longitude 48°01'40"W, a 19,5 km oeste da sede de Tatuí e encontra-se em operação desde 1970. O período utilizado na elaboração da IDF2 foi de 1970 a 2017. Os dados utilizados foram diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo - DAEE, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas - ANA.

A Figura 01 apresenta a localização do município e das estações pluviométricas.

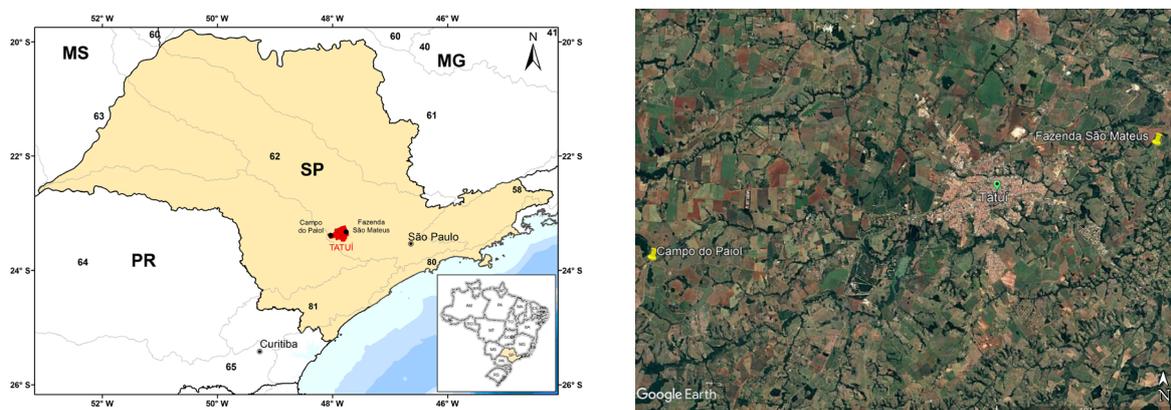


Figura 01 - Localização do Município e das Estações Pluviométricas (Fonte: Google Earth, 2020)

EQUAÇÃO IDF1

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Fazenda São Mateus, código 02347058 (ANA), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 31/Set), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas da equação IDF estabelecida por Martinez Júnior e Magni (1999 apud DAEE 2018) para o município de Tatuí. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo III.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

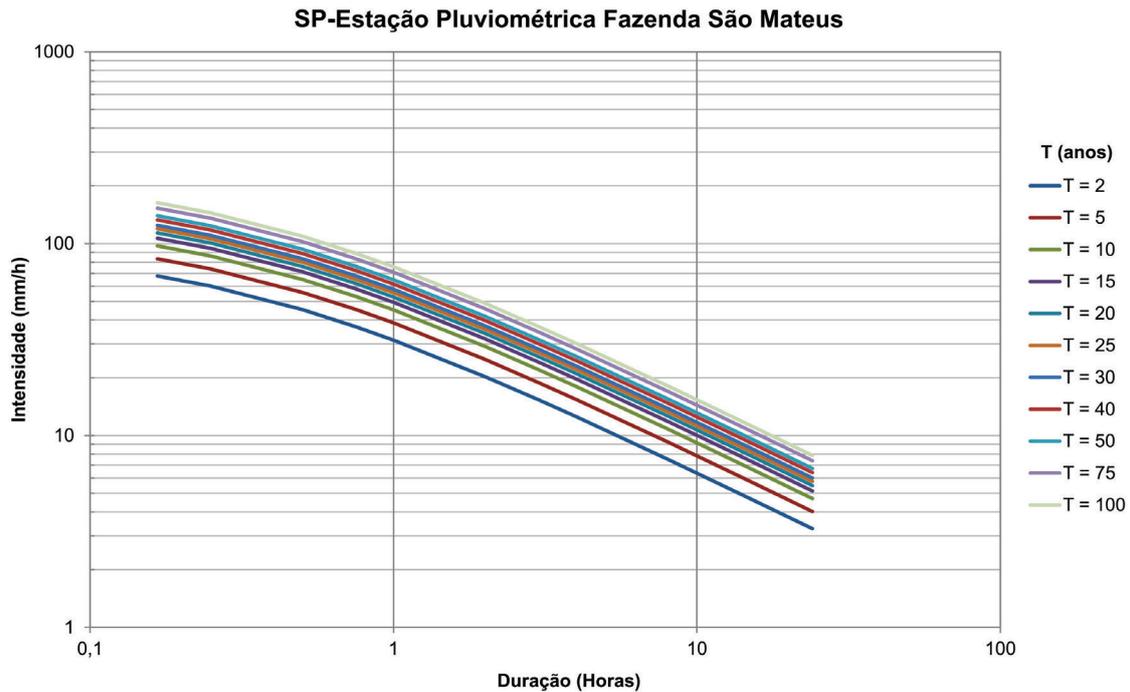


Figura 02 - Curvas intensidade-duração-frequência da IDF1

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t + c)^d} \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (minutos)

a, b, c, d são parâmetros da equação

No caso de Fazenda São Mateus, os parâmetros da IDF1 são os seguintes:

$$10\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 808,8; b = 0,2248; c = 19,6; d = 0,7777$$

$$i = \frac{808,8T^{0,2248}}{(t + 19,6)^{0,7777}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno de até 100 anos. A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 02 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

Tabela 01 - Intensidade da chuva em mm/h da IDF1

DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	67,8	83,3	97,4	106,7	113,8	119,6	124,6	133,0	139,8	145,7	153,2	163,4
15 Minutos	60,1	73,8	86,2	94,5	100,8	106,0	110,4	117,8	123,8	129,0	135,6	144,7
20 Minutos	54,1	66,4	77,6	85,1	90,7	95,4	99,4	106,0	111,5	116,2	122,1	130,3
30 Minutos	45,4	55,8	65,2	71,4	76,2	80,1	83,4	89,0	93,6	97,5	102,5	109,4
45 Minutos	37,0	45,4	53,1	58,1	62,0	65,2	67,9	72,5	76,2	79,4	83,5	89,0
1 HORA	31,4	38,6	45,1	49,4	52,7	55,4	57,8	61,6	64,8	67,5	71,0	75,7
2 HORAS	20,3	24,9	29,1	31,9	34,1	35,8	37,3	39,8	41,8	43,6	45,8	48,9
3 HORAS	15,4	18,9	22,1	24,2	25,8	27,1	28,3	30,1	31,7	33,0	34,7	37,0
4 HORAS	12,5	15,4	18,0	19,7	21,0	22,1	23,0	24,6	25,8	26,9	28,3	30,2
5 HORAS	10,7	13,1	15,3	16,8	17,9	18,8	19,6	20,9	22,0	22,9	24,1	25,7
6 HORAS	9,3	11,5	13,4	14,7	15,6	16,4	17,1	18,3	19,2	20,0	21,1	22,5
7 HORAS	8,3	10,2	11,9	13,1	14,0	14,7	15,3	16,3	17,1	17,9	18,8	20,0
8 HORAS	7,5	9,3	10,8	11,8	12,6	13,3	13,8	14,8	15,5	16,2	17,0	18,1
12 HORAS	5,6	6,8	8,0	8,7	9,3	9,8	10,2	10,9	11,4	11,9	12,5	13,4
14 HORAS	4,9	6,1	7,1	7,8	8,3	8,7	9,1	9,7	10,2	10,6	11,2	11,9
20 HORAS	3,8	4,6	5,4	5,9	6,3	6,6	6,9	7,4	7,8	8,1	8,5	9,1
24 HORAS	3,3	4,0	4,7	5,1	5,5	5,8	6,0	6,4	6,7	7,0	7,4	7,9

Tabela 02 - Altura de chuva em mm da IDF1

DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	11,3	13,9	16,2	17,8	19,0	19,9	20,8	22,2	23,3	24,3	25,5	27,2
15 Minutos	15,0	18,4	21,6	23,6	25,2	26,5	27,6	29,4	31,0	32,3	33,9	36,2
20 Minutos	18,0	22,1	25,9	28,4	30,2	31,8	33,1	35,3	37,2	38,7	40,7	43,4
30 Minutos	22,7	27,9	32,6	35,7	38,1	40,0	41,7	44,5	46,8	48,7	51,3	54,7
45 Minutos	27,7	34,1	39,8	43,6	46,5	48,9	50,9	54,4	57,1	59,5	62,6	66,8
1 HORA	31,4	38,6	45,1	49,4	52,7	55,4	57,8	61,6	64,8	67,5	71,0	75,7
2 HORAS	40,6	49,9	58,3	63,9	68,1	71,6	74,6	79,6	83,7	87,2	91,7	97,8
3 HORAS	46,1	56,7	66,2	72,5	77,4	81,4	84,8	90,4	95,1	99,1	104,1	111,1
4 HORAS	50,1	61,6	72,0	78,8	84,1	88,4	92,1	98,3	103,3	107,7	113,2	120,8
5 HORAS	53,3	65,5	76,5	83,8	89,4	94,0	98,0	104,5	109,9	114,5	120,4	128,4
6 HORAS	55,9	68,7	80,3	88,0	93,9	98,7	102,8	109,7	115,3	120,2	126,3	134,8
7 HORAS	58,2	71,5	83,6	91,6	97,7	102,7	107,0	114,2	120,0	125,1	131,5	140,3

Tabela 02 - Altura de chuva em mm da IDF1 (continuação)

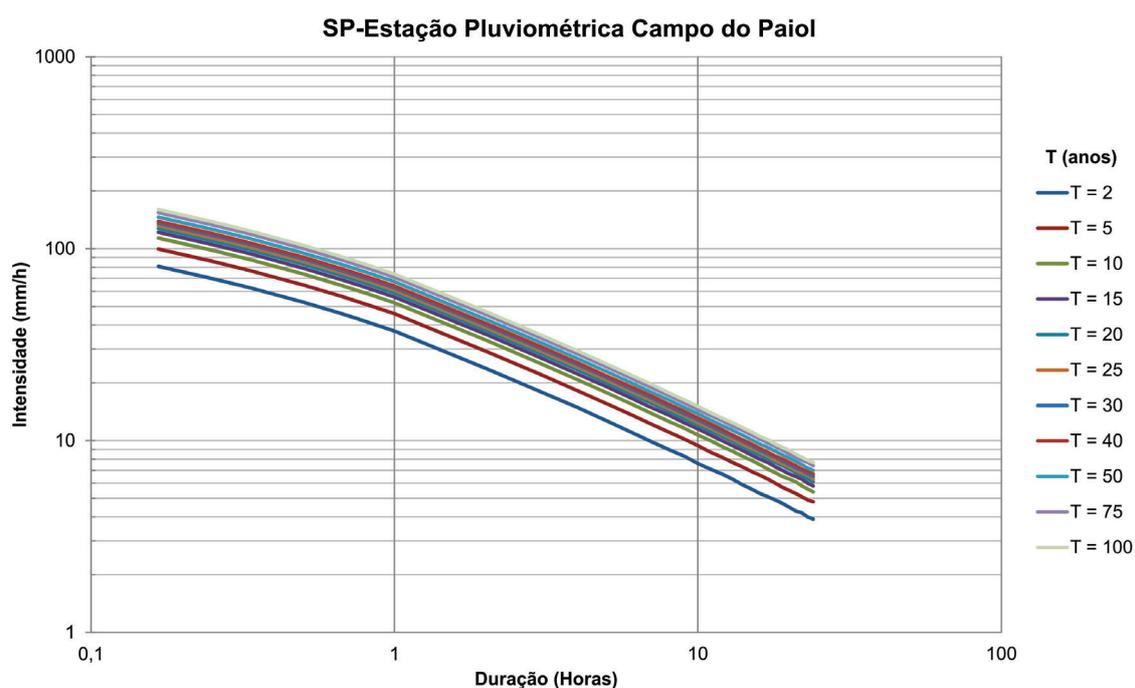
DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
8 HORAS	60,2	74,0	86,5	94,8	101,1	106,3	110,7	118,1	124,2	129,4	136,1	145,1
12 HORAS	66,6	81,8	95,6	104,8	111,8	117,5	122,4	130,6	137,3	143,1	150,4	160,5
14 HORAS	69,1	84,9	99,3	108,7	116,0	122,0	127,1	135,6	142,5	148,5	156,1	166,6
20 HORAS	75,2	92,4	108,0	118,3	126,2	132,7	138,3	147,5	155,1	161,6	169,9	181,3
24 HORAS	78,5	96,5	112,7	123,5	131,7	138,5	144,3	153,9	161,9	168,6	177,3	189,2

EQUAÇÃO IDF2

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Campo do Paiol, códigos 02348018 (ANA) e E5-062 (DAEE), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentada no Anexo II. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas da equação IDF estabelecida por Martinez Júnior e Magni (1999 apud DAEE 2018) para o município de Tatuí. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo III.

A Figura 03 apresenta as curvas ajustadas.

**Figura 03** - Curvas intensidade-duração-frequência da IDF2

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 03 são do tipo:

$$i = \left\{ \left[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60)) \right] + c \ln(T) + d \right\} / t \quad (03)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

a, b, c, d e δ são parâmetros da equação

No caso de Campo do Paiol, a IDF2 foi dividida em 2 equações, sendo os parâmetros das equações os seguintes:

$10\text{min} \leq t \leq 1\text{h}$

$a = 5,2087; b = 17,2267; c = 8,2545; d = 27,2968$ e $\delta = 13,5$

$$i = \left\{ \left[(5,2087 \ln(T) + 17,2267) \cdot \ln(t + (13,5/60)) \right] + 8,2545 \ln(T) + 27,2968 \right\} / t \quad (04)$$

$1\text{h} < t \leq 24\text{h}$

$a = 4,969; b = 16,4735; c = 7,3871; d = 24,4492$ e $\delta = 28,3$

$$i = \left\{ \left[(4,969 \ln(T) + 16,4735) \cdot \ln(t + (28,3/60)) \right] + 7,3871 \ln(T) + 24,4492 \right\} / t \quad (05)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de até 100 anos. A Tabela 03 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 04 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

Tabela 03 - Intensidade da chuva em mm/h da IDF2

DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	80,9	99,5	113,5	121,7	127,5	132,0	135,7	141,5	146,0	149,7	154,3	160,1
15 Minutos	70,0	86,1	98,2	105,3	110,3	114,2	117,4	122,5	126,4	129,6	133,5	138,5
20 Minutos	62,6	77,0	87,8	94,2	98,7	102,2	105,0	109,5	113,0	115,9	119,4	123,9
30 Minutos	52,6	64,7	73,8	79,1	82,9	85,9	88,3	92,1	95,0	97,4	100,3	104,1
45 Minutos	43,3	53,2	60,8	65,1	68,3	70,7	72,6	75,8	78,2	80,2	82,6	85,7
1 HORA	37,2	45,8	52,2	56,0	58,7	60,8	62,5	65,1	67,2	68,9	71,0	73,7
2 HORAS	23,8	29,2	33,4	35,8	37,5	38,8	39,9	41,6	42,9	44,0	45,3	47,0
3 HORAS	18,1	22,3	25,4	27,2	28,5	29,5	30,4	31,7	32,7	33,5	34,5	35,8
4 HORAS	14,9	18,2	20,8	22,3	23,4	24,2	24,9	26,0	26,8	27,5	28,3	29,4
5 HORAS	12,7	15,6	17,8	19,1	20,0	20,7	21,3	22,2	22,9	23,5	24,2	25,1
6 HORAS	11,1	13,7	15,6	16,7	17,5	18,1	18,6	19,4	20,1	20,6	21,2	22,0
7 HORAS	9,9	12,2	13,9	14,9	15,7	16,2	16,7	17,4	17,9	18,4	18,9	19,7
8 HORAS	9,0	11,1	12,6	13,6	14,2	14,7	15,1	15,8	16,3	16,7	17,2	17,8
12 HORAS	6,7	8,2	9,3	10,0	10,5	10,8	11,1	11,6	12,0	12,3	12,7	13,1
14 HORAS	5,9	7,3	8,3	8,9	9,3	9,6	9,9	10,3	10,7	10,9	11,3	11,7

Tabela 03 - Intensidade da chuva em mm/h da IDF2 (continuação)

DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
20 HORAS	4,5	5,5	6,3	6,7	7,1	7,3	7,5	7,8	8,1	8,3	8,5	8,9
24 HORAS	3,9	4,8	5,4	5,8	6,1	6,3	6,5	6,8	7,0	7,2	7,4	7,7

Tabela 04 - Altura de chuva em mm da IDF2

DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	13,5	16,6	18,9	20,3	21,3	22,0	22,6	23,6	24,3	25,0	25,7	26,7
15 Minutos	17,5	21,5	24,6	26,3	27,6	28,6	29,4	30,6	31,6	32,4	33,4	34,6
20 Minutos	20,9	25,7	29,3	31,4	32,9	34,1	35,0	36,5	37,7	38,6	39,8	41,3
30 Minutos	26,3	32,3	36,9	39,6	41,5	42,9	44,1	46,0	47,5	48,7	50,2	52,1
45 Minutos	32,5	39,9	45,6	48,9	51,2	53,0	54,5	56,8	58,6	60,1	61,9	64,3
1 HORA	37,2	45,8	52,2	56,0	58,7	60,8	62,5	65,1	67,2	68,9	71,0	73,7
2 HORAS	47,6	58,5	66,7	71,5	75,0	77,6	79,8	83,2	85,8	88,0	90,7	94,1
3 HORAS	54,4	66,8	76,2	81,7	85,6	88,6	91,1	95,0	98,0	100,5	103,5	107,5
4 HORAS	59,4	73,0	83,3	89,3	93,5	96,9	99,6	103,8	107,1	109,8	113,1	117,4
5 HORAS	63,4	77,9	88,9	95,3	99,9	103,4	106,3	110,9	114,4	117,3	120,8	125,4
6 HORAS	66,8	82,0	93,6	100,3	105,1	108,9	111,9	116,7	120,4	123,5	127,2	132,0
7 HORAS	69,6	85,6	97,6	104,6	109,6	113,5	116,7	121,7	125,6	128,7	132,6	137,6
8 HORAS	72,1	88,6	101,1	108,4	113,6	117,6	120,9	126,1	130,1	133,4	137,4	142,6
12 HORAS	79,8	98,1	111,9	120,0	125,7	130,2	133,8	139,5	144,0	147,6	152,1	157,8
14 HORAS	82,8	101,7	116,1	124,4	130,4	135,0	138,8	144,7	149,3	153,1	157,7	163,6
20 HORAS	89,7	110,2	125,7	134,8	141,3	146,2	150,3	156,8	161,8	165,9	170,8	177,3
24 HORAS	93,3	114,6	130,7	140,2	146,9	152,0	156,3	163,0	168,2	172,4	177,6	184,3

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, na região central de Tatuí, foi registrada uma chuva de 74 mm com duração de 2 horas. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Para este caso, pelo fato de o evento se localizar próximo a área central, será utilizada a equação IDF1.

Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 01. Dessa forma temos:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (06)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 74 mm dividido por 2 h é igual a 37 mm/h. Substituindo os valores na equação 06 temos:

$$T = \left[\frac{37(120 + 19,6)^{0,7777}}{808,8} \right]^{1/0,2248} \approx 29 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 29 anos corresponde a uma probabilidade de 3,5% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 37\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{29} 100 \approx 3,5\%$$

REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (São Paulo). **Precipitações intensas no estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE; Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos da USP, 2018. p. 218-220. Disponível em: http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=743%3Apluviografia&catid=43%3Ahidrometeorologia&Itemid=30. Acesso em: 23 mar. 2020.

GOOGLE EARTH. **Imagem de localização das Estações Pluviométricas Fazenda São Mateus e Campo do Paiol**. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Brasil: Google, [2020]. Acesso em: 02 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística por cidade e estado**: Tatuí. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/tatui>. Acesso em: 23 mar. 2020.

PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. de A. **Atlas Pluviométrico do Brasil**: Equações Intensidade-Duração-Frequência; município: Alambari/SP. Porto Alegre: CPRM, 2019. 12p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.

PINTO, E.J. de A. **Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência** do Projeto Atlas Pluviométrico. Belo Horizonte: CPRM, 2013.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)
Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

N	AI	AF	DATA	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA (MM)	N	AI	AF	DATA	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA (MM)
1	1944	1945	21/06/45	81,0	34	1977	1978	10/01/78	51,8
2	1945	1946	15/01/46	66,0	35	1978	1979	11/11/78	59,9
3	1946	1947	25/09/47	80,0	36	1979	1980	16/12/79	85,6
4	1947	1948	22/02/48	60,0	37	1980	1981	04/05/81	74,6
5	1948	1949	17/12/48	76,6	38	1981	1982	23/01/82	106,4
6	1949	1950	12/01/50	102,0	39	1982	1983	31/05/83	59,4
7	1950	1951	06/10/50	60,3	40	1984	1985	02/12/84	91,5
8	1951	1952	22/11/51	80,0	41	1985	1986	21/02/86	70,9
9	1952	1953	18/10/52	52,4	42	1986	1987	15/06/87	78,0
10	1953	1954	03/12/53	75,2	43	1989	1990	23/03/90	52,3
11	1954	1955	27/08/55	43,8	44	1990	1991	10/02/91	65,2
12	1955	1956	27/10/55	94,2	45	1992	1993	09/01/93	49,4
13	1956	1957	11/02/57	80,8	46	1993	1994	25/06/94	47,4
14	1957	1958	03/03/58	55,6	47	1994	1995	22/10/94	55,7
15	1958	1959	04/01/59	60,6	48	1995	1996	05/01/96	73,8
16	1959	1960	05/11/59	65,8	49	1996	1997	25/01/97	69,2
17	1960	1961	22/12/60	75,6	50	1997	1998	17/11/97	45,2
18	1961	1962	13/03/62	87,6	51	2000	2001	28/12/00	62,3
19	1962	1963	15/04/63	33,6	52	2001	2002	02/10/01	71,0
20	1963	1964	24/09/64	50,6	53	2002	2003	18/02/03	71,0
21	1964	1965	01/12/64	73,6	54	2004	2005	25/05/05	91,2
22	1965	1966	31/01/66	94,6	55	2005	2006	23/03/06	68,9
23	1966	1967	30/01/67	100,4	56	2006	2007	04/01/07	85,4
24	1967	1968	12/01/68	97,2	57	2007	2008	30/01/08	69,5
25	1968	1969	08/01/69	44,8	58	2009	2010	17/12/09	105,8
26	1969	1970	11/02/70	74,8	59	2011	2012	20/06/12	38,2
27	1970	1971	26/03/71	43,8	60	2012	2013	16/12/12	37,2
28	1971	1972	23/01/72	77,6	61	2013	2014	15/02/14	49,8
29	1972	1973	04/10/72	87,8	62	2014	2015	09/09/15	55,8
30	1973	1974	30/12/73	80,2	63	2015	2016	13/01/16	127,0
31	1974	1975	04/02/75	90,8	64	2016	2017	07/06/17	152,8
32	1975	1976	29/05/76	86,9	65	2017	2018	16/09/18	57,5
33	1976	1977	01/02/77	44,6	66	2018	2019	25/01/19	65,3

ANEXO II

Série de Dados Utilizados na IDF2– Altura de Chuva diária (mm)
 Máximos por ano hidrológico (01/Out a 31/Set)

N	AI	AF	DATA	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA (MM)	N	AI	AF	DATA	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA (MM)
1	1970	1971	19/06/1971	42,8	23	1992	1993	19/10/1992	81,0
2	1971	1972	23/01/1972	70,5	24	1994	1995	07/12/1994	67,1
3	1972	1973	14/02/1973	88,3	25	1995	1996	07/03/1996	100,4
4	1973	1974	17/03/1974	97,0	26	1996	1997	25/01/1997	87,1
5	1974	1975	05/02/1975	167,6	27	1997	1998	22/11/1997	77,0
6	1975	1976	30/11/1975	76,5	28	1998	1999	02/03/1999	155,0
7	1976	1977	23/03/1977	78,3	29	1999	2000	05/01/2000	78,2
8	1977	1978	17/05/1978	54,0	30	2000	2001	29/01/2001	82,5
9	1978	1979	27/12/1978	73,8	31	2001	2002	29/11/2001	89,2
10	1979	1980	23/11/1979	95,0	32	2002	2003	05/12/2002	50,3
11	1980	1981	16/04/1981	64,0	33	2003	2004	26/01/2004	136,5
12	1981	1982	23/01/1982	87,0	34	2004	2005	25/05/2005	87,5
13	1982	1983	29/05/1983	71,2	35	2005	2006	02/09/2006	53,1
14	1983	1984	22/11/1983	91,0	36	2006	2007	04/01/2007	74,6
15	1984	1985	18/03/1985	107,5	37	2007	2008	21/12/2007	77,4
16	1985	1986	26/01/1986	71,5	38	2008	2009	12/03/2009	59,7
17	1986	1987	14/06/1987	86,5	39	2009	2010	17/12/2009	70,4
18	1987	1988	19/04/1988	91,8	40	2010	2011	13/12/2010	90,3
19	1988	1989	01/03/1989	78,7	41	2011	2012	20/06/2012	88,1
20	1989	1990	17/07/1990	54,8	42	2015	2016	13/01/2016	78,1
21	1990	1991	10/02/1991	148,5	43	2016	2017	06/06/2017	98,2
22	1991	1992	07/10/1991	56,3					

ANEXO III

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Martinez Júnior e Magni (1999 apud DAEE 2018) para o município de Tatuí.

Relação 24h/1dia: 1,13

RELAÇÃO 14H/24H	RELAÇÃO 8H/14H	RELAÇÃO 6H/8H	RELAÇÃO 4H/6H	RELAÇÃO 3H/4H	RELAÇÃO 2H/3H	RELAÇÃO 1H/2H
0,88	0,87	0,93	0,89	0,92	0,88	0,77

RELAÇÃO 45MIN/1H	RELAÇÃO 30MIN/45MIN	RELAÇÃO 15MIN/30MIN	RELAÇÃO 10MIN/15MIN
0,88	0,82	0,66	0,75

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O **Serviço Geológico do Brasil – CPRM** atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Levantamentos da Geodiversidade que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional. Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF). As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

