

**PROGRAMA GESTÃO
DE RISCOS E DE DESASTRES**

Levantamentos, Estudos, Previsão
e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Município: Ouro Preto do Oeste/RO

Estação Pluviométrica: Rondominas (Barrocas)

Código: 01061003 (ANA)



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Andrea de Oliveira Germano

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Emanuel Duarte Silva

Achiles Monteiro (*in memoriam*)

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Coordenação Executiva do DEHID - Projeto Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto - Cartas Municipais de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações

Douglas Silva Cabral

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Superintendente

Marlon Marques Coutinho

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

José Alexandre Pinto Coelho Filho

Gerente de Infraestrutura Geocientífica

Júlio Murilo Martino Pinho

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Júlio Cesar Lombello

Gerência de Administração e Finanças

Margareth Marques dos Santos

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

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DE DESASTRES
Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Estação Pluviométrica: Rondoninas (Barrocas)

Código: 01061003 (ANA)

Município: Ouro Preto do Oeste / RO

AUTOR

Eber José de Andrade Pinto



Belo Horizonte

2023

REALIZAÇÃO

Superintendência de Belo Horizonte

AUTOR

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

Cristiane Ribeiro de Melo - SUREG/RE

Catharina dos Prazeres Campos de Farias - SUREG/BE

Osvalcélcio Mercês Furtunato - SUREG/SA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E MAPA

Ivete Souza do Nascimento - SUREG/BH

PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO

Capa (DIEDIG)

Juliana Colussi

Miolo (DIEDIG)

Agmar Alves Lopes

Juliana Colussi

Diagramação (SUREG/PA)

Alessandra Luiza Rahel

Revisão (SUREG/PA)

Alessandra Luiza Rahel

Referências

Maria Madalena Costa Ferreira (Organização e Formatação)

Serviço Geológico do Brasil – (SGB-CPRM)

www.sgb.gov.br

seus@sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P659 Pinto, Eber José de Andrade.
Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração
Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias): estação pluviométrica
Rondominas (Barrocas): código 01061003 (ANA), município Ouro Preto do
Oeste, Rondônia / Eber José de Andrade Pinto. – Belo Horizonte: SGB-
CPRM, 2023.
1 recurso eletrônico: PDF

Programa Gestão de Riscos e de Desastres
Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos
Críticos
ISBN 978-65-5664-429-5

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

CDD 556

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Maria Madalena Costa Ferreira CRB-6/1393

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma iniciativa dentro do programa de Gestão de Riscos e de Desastres 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 as áreas suscetíveis a movimentos de massa e enchentes ou inseridos em sub-bacias monitoradas pelos Sistemas de Alerta Hidrológico e projetos executados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM).

Este estudo, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Ouro Preto do Oeste / RO, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Rodominas (Barrocas), código 01061003 (ANA), localizada no mesmo município.

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta a equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) estabelecida para o município de Ouro Preto do Oeste/RO. A série de dados utilizada no estudo foi elaborada a partir de registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Rodominas (Barrocas), código 01061003 (ANA), localizada no mesmo município. A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a de 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 Pfafstetter (1957) para o município de Porto Velho/RO. As equações ajustadas para representar a família de curvas IDF podem ser aplicadas para durações entre 5min e 24h e são recomendadas para tempos de retorno até 100 anos. A aplicação da equação IDF elaborada para o município de Ouro Preto do Oeste permite associar intensidades de precipitação, nas diferentes durações, a frequências de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de estruturas hidráulicas. Também pode 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, de acordo com a caracterização de chuva extrema local.

ABSTRACT

This work presents the Intensity-Duration-Frequency (IDF) equation established to the city of Ouro Preto do Oeste/RO. The data series used in the study was prepared from records of maximum daily rainfall per water year of the Rodominas (Barrocas) rainfall station, code 01061003 (ANA), located in the same city. The methodology for defining the equation by disaggregating daily rainfall is described in detail in Pinto (2013). The frequency distribution adjusted to the daily data was Gumbel, with the parameters calculated by the L-moment method. The disaggregation coefficients for sub-daily time scales were obtained from the IDF equation established by Pfafstetter (1957) for the city of Porto Velho/RO. The equations fitted to represent the family of IDF curves can be applied for durations between 5min and 24h and are recommended for return period up to 100 years. The application of the IDF equation developed for the city of Ouro Preto do Oeste allows the association of precipitation intensities, in different durations, with frequencies of occurrence, which will be used in the design of hydraulic structures. It 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 how unusual or ordinary the event was, according to the local extreme rain characterization.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
EQUAÇÃO	01
EXEMPLO DE APLICAÇÃO	04
REFERÊNCIAS	04
ANEXO I	05
ANEXO II	06

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Ouro Preto do Oeste.

O município de Ouro Preto do Oeste está localizado a 330 km de Porto Velho, capital do estado de Rondônia e faz divisa com os municípios de Jaru, Ji-Paraná, Nova União, Teixeirópolis, Vale do Paraíso. O município possui área de 1.969,850 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2021) e localiza-se a uma altitude de 280 metros em sua sede. A população de Ouro Preto do Oeste, segundo IBGE (2022), é de 35.044 habitantes.

A estação Rondominas (Barrocas), código 01061003 (ANA), está localizada na Latitude 10°31'24,961"S e Longitude 62°02'14,454"O; na sub-bacia 15, sub-bacia do rio Madeira. A estação pluviométrica localiza-se no município de Ouro Preto do Oeste, a 36,328 km da sede do município. Esta estação encontra-se em operação desde 01/04/1987 e o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1987 a 2022. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM).

A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação pluviométrica.

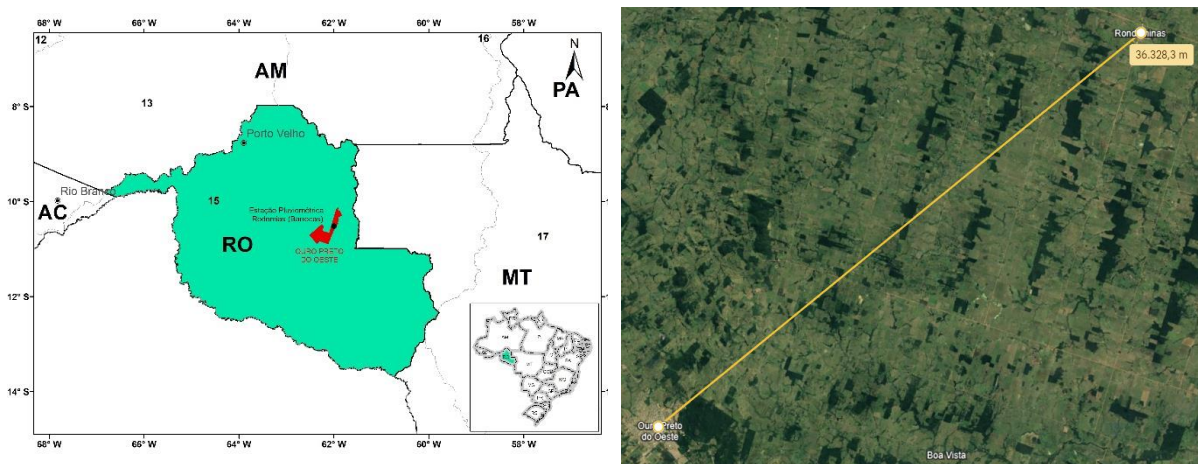


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: Google Earth, 2023).

EQUAÇÃO

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 Rondominas (Barrocas), 01061003 (ANA), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentada no Anexo I. 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 estabelecida por Pfafstetter (1957) para o município de Porto Velho-RO. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

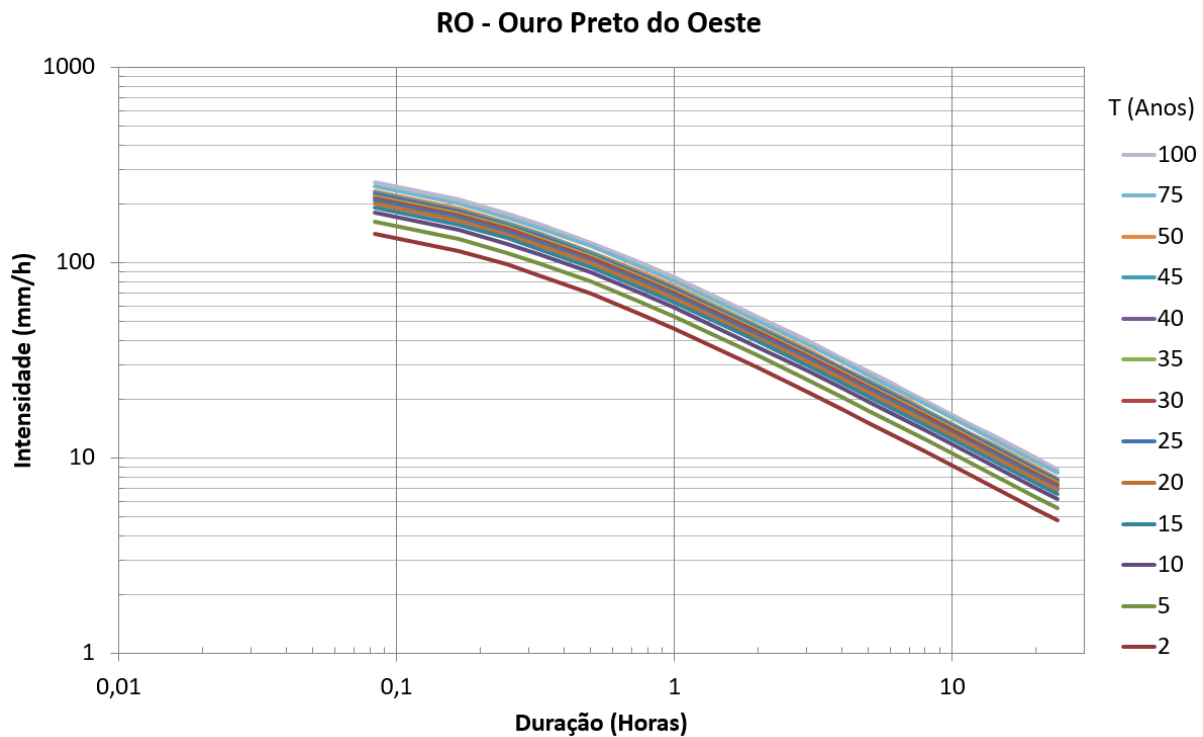


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência.

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é 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 Ouro Preto do Oeste, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 1223,7$; $b = 0,1361$; $c = 12,7$; $d = 0,7775$

e as durações das precipitações no intervalo: $5 \text{ min} \leq t \leq 24\text{h}$

$$i = \frac{1223,7T^{0,1361}}{(t + 12,7)^{0,7775}} \quad (02)$$

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.

DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
5 Minutos	144,0	163,1	179,3	189,4	197,0	203,1	208,2	216,5	223,2	228,8	235,8	245,2
10 Minutos	118,7	134,4	147,7	156,1	162,3	167,3	171,6	178,4	183,9	188,5	194,3	202,1
15 Minutos	101,7	115,2	126,5	133,7	139,1	143,4	147,0	152,8	157,5	161,5	166,5	173,1
20 Minutos	89,3	101,2	111,2	117,5	122,2	126,0	129,2	134,3	138,5	141,9	146,3	152,2
30 Minutos	72,6	82,3	90,4	95,5	99,3	102,4	105,0	109,2	112,5	115,4	118,9	123,7
45 Minutos	57,5	65,1	71,5	75,6	78,6	81,0	83,1	86,4	89,0	91,3	94,1	97,8
1 HORA	48,0	54,4	59,8	63,2	65,7	67,7	69,4	72,2	74,4	76,3	78,6	81,8
2 HORAS	30,1	34,1	37,4	39,6	41,1	42,4	43,5	45,2	46,6	47,8	49,2	51,2
3 HORAS	22,5	25,5	28,0	29,6	30,8	31,7	32,5	33,8	34,9	35,7	36,8	38,3
4 HORAS	18,2	20,6	22,7	24,0	24,9	25,7	26,3	27,4	28,2	29,0	29,8	31,0
5 HORAS	15,4	17,5	19,2	20,3	21,1	21,8	22,3	23,2	23,9	24,5	25,3	26,3
6 HORAS	13,5	15,3	16,8	17,7	18,4	19,0	19,5	20,3	20,9	21,4	22,1	22,9
7 HORAS	12,0	13,6	14,9	15,8	16,4	16,9	17,3	18,0	18,6	19,1	19,6	20,4
8 HORAS	10,8	12,3	13,5	14,3	14,8	15,3	15,7	16,3	16,8	17,2	17,8	18,5
12 HORAS	8,0	9,0	9,9	10,5	10,9	11,2	11,5	12,0	12,3	12,7	13,0	13,6
14 HORAS	7,1	8,0	8,8	9,3	9,7	10,0	10,2	10,6	11,0	11,2	11,6	12,1
20 HORAS	5,4	6,1	6,7	7,1	7,4	7,6	7,8	8,1	8,3	8,6	8,8	9,2
24 HORAS	4,7	5,3	5,8	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,7	8,0

Tabela 02 – Altura de chuva em mm.

DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
5 Minutos	12,0	13,6	14,9	15,8	16,4	16,9	17,3	18,0	18,6	19,1	19,7	20,4
10 Minutos	19,8	22,4	24,6	26,0	27,1	27,9	28,6	29,7	30,7	31,4	32,4	33,7
15 Minutos	25,4	28,8	31,6	33,4	34,8	35,8	36,7	38,2	39,4	40,4	41,6	43,3
20 Minutos	29,8	33,7	37,1	39,2	40,7	42,0	43,1	44,8	46,2	47,3	48,8	50,7
30 Minutos	36,3	41,1	45,2	47,8	49,7	51,2	52,5	54,6	56,3	57,7	59,5	61,8
45 Minutos	43,1	48,8	53,6	56,7	59,0	60,8	62,3	64,8	66,8	68,5	70,6	73,4
1 HORA	48,0	54,4	59,8	63,2	65,7	67,7	69,4	72,2	74,4	76,3	78,6	81,8
2 HORAS	60,1	68,1	74,9	79,1	82,3	84,8	86,9	90,4	93,2	95,5	98,5	102,4
3 HORAS	67,5	76,5	84,0	88,8	92,3	95,2	97,6	101,5	104,6	107,2	110,5	114,9
4 HORAS	72,9	82,6	90,7	95,9	99,7	102,8	105,4	109,6	113,0	115,8	119,4	124,1
5 HORAS	77,2	87,5	96,1	101,6	105,6	108,9	111,6	116,1	119,7	122,7	126,4	131,5
6 HORAS	80,8	91,6	100,6	106,3	110,6	114,0	116,9	121,5	125,3	128,4	132,4	137,7
7 HORAS	84,0	95,1	104,5	110,5	114,9	118,4	121,4	126,2	130,1	133,4	137,5	143,0
8 HORAS	86,7	98,3	108,0	114,1	118,7	122,3	125,4	130,4	134,4	137,8	142,1	147,7
12 HORAS	95,6	108,3	119,0	125,7	130,8	134,8	138,2	143,7	148,1	151,8	156,5	162,8
14 HORAS	99,1	112,3	123,4	130,4	135,6	139,8	143,3	149,0	153,6	157,4	162,3	168,8
20 HORAS	107,7	122,0	134,0	141,6	147,3	151,8	155,6	161,9	166,8	171,0	176,3	183,4
24 HORAS	112,3	127,2	139,8	147,7	153,6	158,3	162,3	168,8	174,0	178,4	183,9	191,2

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Ouro Preto do Oeste foi registrada uma Chuva de 96 mm com duração de 3 horas (180 minutos). Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

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

$$T = \left[\frac{i(t + c)^a}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 96 mm dividido por 3 h é igual a 32 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{32(180 + 12,7)^{0,7775}}{1223,7} \right]^{1/0,1361} = 26,6 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 26,6 anos corresponde a uma probabilidade de 3,8% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 32 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{26,6} 100 = 3,8\%$$

REFERÊNCIAS

GOOGLE EARTH. **Imagem de localização da Estação pluviométrica Rondominas (Barrocas).** Brasil: Google, [2023]. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em: 14 fev. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística por cidade e estado:** Ouro Preto do Oeste/RO. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/ouro-preto-do-oeste/panorama>. Acesso em: 10 fev. 2023.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil. Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos.** Rio de Janeiro. Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 2a ed., 1982. 1a ed. 1957.

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	1987	1988	07/01/1988	120	14	2007	2008	01/12/2007	88,3
2	1991	1992	30/01/1992	98,8	15	2010	2011	28/02/2011	93,9
3	1995	1996	06/03/1996	114,3	16	2011	2012	03/02/2012	105,1
4	1996	1997	30/01/1997	86,6	17	2012	2013	29/01/2013	91,4
5	1997	1998	16/02/1998	98,6	18	2013	2014	19/02/2014	78,4
6	1999	2000	15/01/2000	97,8	19	2014	2015	19/03/2015	112,7
7	2000	2001	23/03/2001	85	20	2015	2016	08/03/2016	92,1
8	2001	2002	17/10/2001	116,9	21	2016	2017	27/10/2016	115,6
9	2002	2003	20/12/2002	83,8	22	2017	2018	20/03/2018	67,4
10	2003	2004	21/02/2004	114,5	23	2018	2019	22/02/2019	119,2
11	2004	2005	17/03/2005	140,8	24	2019	2020	13/12/2019	86,2
12	2005	2006	03/04/2006	64,2	25	2020	2021	14/01/2021	90,8
13	2006	2007	09/02/2007	92,6	26	2021	2022	18/11/2021	60,1

Estatísticas da Série

Média	Desvio-Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Assimetria	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	AIQ
96,7	19,0	140,8	60,1	80,7	0,114	93,25	86,3	113,9	27,6

Momentos-L e Razões-L

L1	L2	t	t3	t4
96,7346	10,7958	0,1116	0,0180	0,1391

Parâmetros da Distribuição de Gumbel

	Locação (ξ)	Escala (α)
Gumbel (β, α)	87,74	15,575

ANEXO II

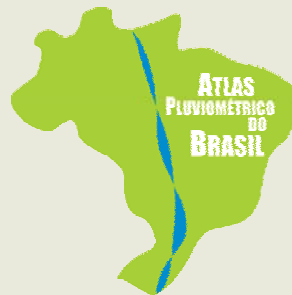
As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1957) para o município de Porto Velho/RO.

Relação 24h/1dia: 1,14

RELAÇÃO 14H/24H	RELAÇÃO 8H/24H	RELAÇÃO 4H/24H	RELAÇÃO 2H/24H	RELAÇÃO 1H/24H
0,90	0,81	0,68	0,56	0,44

RELAÇÃO 30MIN/1H	RELAÇÃO 15MIN/1H	RELAÇÃO 05MIN/1H
0,70	0,49	0,26

O projeto Atlas Pluviométrico é uma iniciativa dentro do programa de Gestão de Riscos e de Desastres 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.



**MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA**

