

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Município: Piraí - RJ

**Estação Pluviométrica: Desvio Várzea
Código ANA 02244097**

**BELO HORIZONTE
2016**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright © 2016 CPRM - Superintendência de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 – Funcionários
Belo Horizonte - MG – 30.140-002
Telefone: 0(xx)(31)3878-0307
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Piraí, Estação Pluviométrica: Desvio Várzea. Código 02244097. Luana
Kessia Lucas Alves Martins e Eber José de Andrade Pinto – Belo Horizonte:
CPRM, 2016.

14p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – MARTINS, L.K. L.
A.; PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTRO DE ESTADO

Carlos Eduardo de Souza Braga

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Luiz Eduardo Barata

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Carlos Nogueira da Costa Junior

Vice-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Conselheiros

Demetrius Ferreira e Cruz

Janaina Gomes Pires da Silva

Ladice Peixoto

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Roberto Ventura Santos

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Eduardo Santa Helena

SUPERINTENDÊNCIA DE BELO HORIZONTE

Paulo César de Souza
Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Marcio Antonio da Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Frederico André Favre
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Cléria Sebastiana Vieira
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial

Jorge Pimentel

Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade

Marlon Colombo Hoelzel

Coordenadores Regionais do Projeto

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Karine Pickbrenner - Sureg/PA

Equipe Executora

Adriano da Silva Santos – Sureg/RE

Adriana Burin Weschenfelder-Sureg/PA

Albert Teixeira Cardoso – Sureg/GO

Caluan Rodrigues Capozzoli-Sureg/SP

Catharina Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado Nascimento – RETE

Luana Kessia Lucas Alves Martins – Sureg/BH
Osvalcélio Mercês Furtunato – Sureg/SA
Vanesca Sartorelli Medeiros - Sureg/SP

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA
Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA
Celina Monteiro – Sureg/BE
Debora Gurgel – REFO
Douglas Sanches Soller – Sureg/PA
Eliane Cristina Godoy Moreira - Sureg/SP
Jennifer Laís Assano - Sureg/SP
João Paulo Vicente Pereira - Sureg/SP
Juliana Oliveira - Sureg/BE
Fabiana Ferreira Cordeiro - Sureg/SP
Luisa Collischonn – Sureg/PA
Murilo Raphael Dias Cardoso - Sureg/GO
Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

Estagiários de Hidrologia

Caroline Centeno – Sureg/PA
Cassio Pereira – Sureg/PA
Cláudio Dálio Albuquerque Júnior - Sureg/MA
Diovana Dausg Borges Fortes - Sureg/PA
Fernanda Ribeiro Gonçalves Sotero de Menezes - Sureg/BH
Fernando Lourenço de Souza Junior – Sureg/RE
Ivo Cleiton Costa Bonfim - REFO
João Paulo Lopes Chaves Miranda - Sureg/BH
José Érico Nascimento Barros - Sureg/RE
Márcia Faermann - Sureg/PA
Mariana Carolina Lima de Oliveira - Sureg/BH
Mayara Luiza de Menezes Oliveira - Sureg/MA
Nayara de Lima Oliveira - Sureg/GO
Pedro da Silva Junqueira - Sureg/PA
Rosangela de Castro – Sureg/SP
Taciana dos Santos Lima – RETE
Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP
Vanessa Romero - Sureg/GO

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, pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, as áreas suscetíveis a movimentos de massa e enchentes.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Pirai/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Desvio Várzea, Código ANA 02244097, localizada no município de Rio Claro, vizinho a Pirai.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Pirai/RJ.

O município de Pirai está localizado no Rio de Janeiro, na microrregião do Vale do Paraíba Fluminense e na Mesorregião do Sul Fluminense. A área total é de 505,375 km² e a população em 2010 era de 26.314 habitantes e foi estimada em 27.838 habitantes em 2015 (IBGE, 2016).

A estação Desvio Várzea, Código ANA 02244097 é de responsabilidade e operação da Ligth. Fica localizada na Latitude 22°46'17"S e Longitude 44°05'26"W, no município de Rio Claro, distando 26Km da sede de Pirai. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação, entre os anos de 1915 e 2012. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

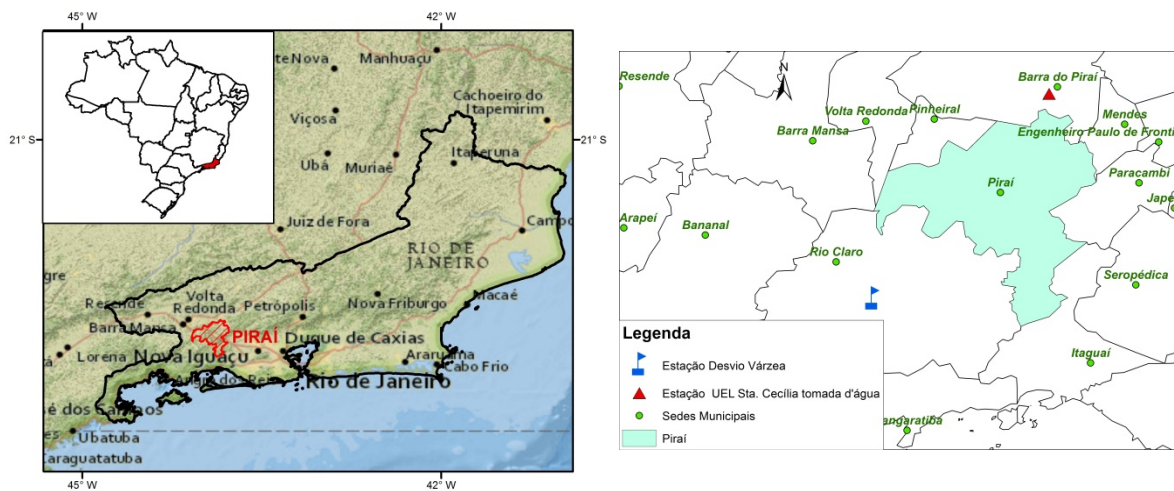


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

2 - 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 Desvio Várzea, Código ANA 02244097, 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 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 com as relações IDF estabelecidas por Capozzoli *et al* (2015) para a estação UEL Santa Cecília tomada d'água localizada no município de Barra do Pirai, que é limítrofe ao município de Pirai, conforme Figura 1 acima. A estação UEL Santa Cecília Tomada d'água dista 17 Km da Sede de Pirai e 42 Km da estação Desvio Várzea em Rio Claro. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações da estação UEL Santa Cecília Tomada d'água constam no Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

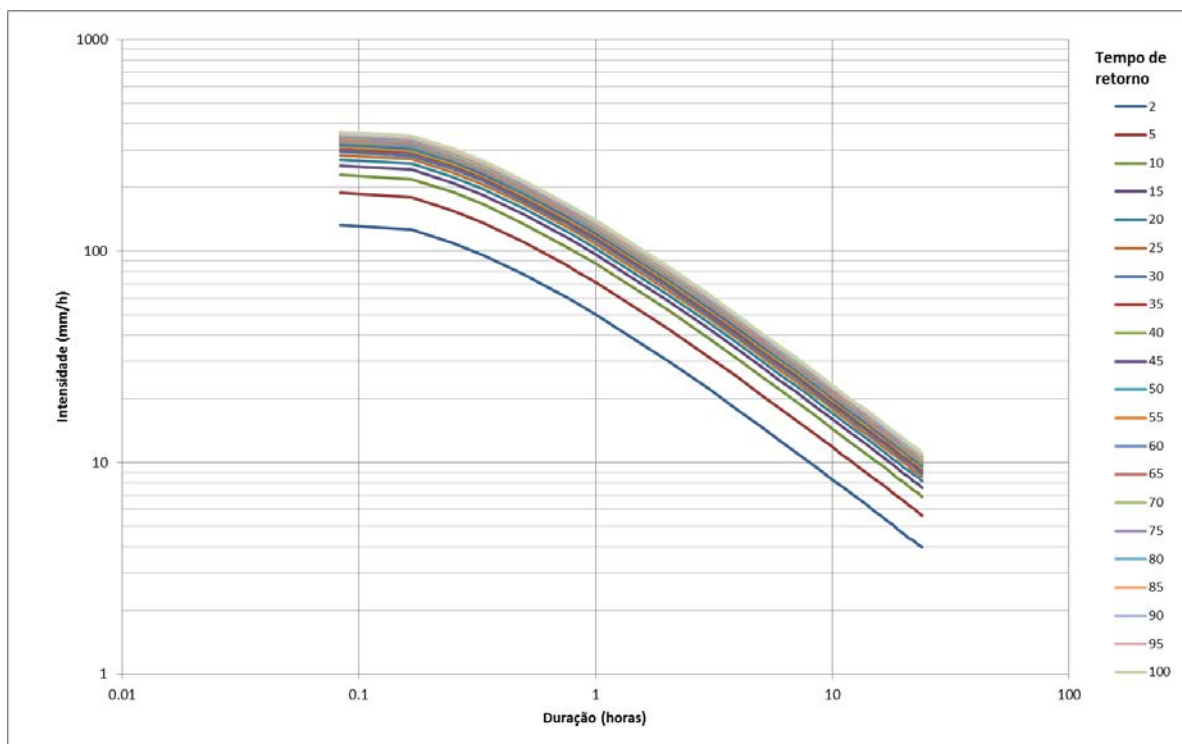


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \{[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60))] + c \ln(T) + d\} / t \quad (01)$$

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, δ são parâmetros da equação

No caso de Piraí, para durações de 5 minutos a 1 hora (inclusive), os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 7,9661 ; b = 11,7659 ; c = 22,8 ; d = 33,97 \text{ e } \delta = 1,5$$

$$i = \{[(7,9661 \ln(T) + 11,7659) \cdot \ln(t + (1,5/60))] + 22,8 \ln(T) + 33,97\} / t \quad (02)$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são:

$$a = 6,0983 ; b = 9,0463 ; c = 24,4 ; d = 36,2 \text{ e } \delta = -12,1$$

$$i = \{[(6,0983 \ln(T) + 9,0463) \cdot \ln(t + (-12,1/60))] + 24,4 \ln(T) + 36,2\} / t \quad (03)$$

Estas equações são válidas 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. Já 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, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	138.3	195.4	238.6	263.9	281.8	295.7	325.0	338.9	350.3	364.2	375.6	382.2
10 Minutos	127.3	180.3	220.4	243.8	260.5	273.4	300.6	313.5	324.0	336.9	347.5	353.6
15 Minutos	109.8	155.7	190.4	210.7	225.1	236.3	259.8	271.0	280.1	291.3	300.4	305.7
30 Minutos	77.3	109.6	134.1	148.5	158.6	166.5	183.1	191.0	197.4	205.3	211.8	215.5
45 Minutos	65.1	85.9	105.1	116.3	124.3	130.4	143.4	149.6	154.7	160.9	165.9	168.8
1 HORA	50.2	71.3	87.2	96.5	103.2	108.3	119.1	124.2	128.4	133.5	137.7	140.2
2 HORAS	30.5	43.3	53.0	58.6	62.7	65.8	72.4	75.5	78.0	81.2	83.7	85.2
3 HORAS	22.3	31.6	38.7	42.9	45.8	48.1	52.9	55.2	57.0	59.3	61.2	62.3
4 HORAS	17.7	25.2	30.8	34.1	36.4	38.3	42.1	43.9	45.4	47.2	48.7	49.5
5 HORAS	14.8	21.0	25.7	28.5	30.4	31.9	35.1	36.7	37.9	39.4	40.6	41.4
6 HORAS	12.7	18.1	22.2	24.5	26.2	27.5	30.3	31.6	32.6	34.0	35.0	35.6
7 HORAS	11.2	15.9	19.5	21.6	23.1	24.2	26.7	27.8	28.8	29.9	30.8	31.4
8 HORAS	10.0	14.3	17.5	19.3	20.7	21.7	23.9	24.9	25.7	26.8	27.6	28.1
12 HORAS	7.2	10.2	12.4	13.8	14.7	15.5	17.0	17.7	18.3	19.1	19.7	20.0
14 HORAS	6.3	8.9	10.9	12.1	12.9	13.6	14.9	15.6	16.1	16.7	17.3	17.6
20 HORAS	4.6	6.6	8.1	8.9	9.5	10.0	11.0	11.5	11.9	12.4	12.7	13.0
24 HORAS	4.0	5.6	6.9	7.6	8.2	8.6	9.4	9.8	10.2	10.6	10.9	11.1

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	11.5	16.3	19.9	22.0	23.5	24.6	27.1	28.2	29.2	30.4	31.3	31.9
10 Minutos	21.2	30.1	36.7	40.6	43.4	45.6	50.1	52.3	54.0	56.2	57.9	58.9
15 Minutos	27.5	38.9	47.6	52.7	56.3	59.1	65.0	67.8	70.0	72.8	75.1	76.4
30 Minutos	38.7	54.8	67.1	74.3	79.3	83.3	91.6	95.5	98.7	102.7	105.9	107.8
45 Minutos	48.8	64.4	78.8	87.2	93.2	97.8	107.6	112.2	116.0	120.7	124.4	126.6
1 HORA	50.2	71.3	87.2	96.5	103.2	108.3	119.1	124.2	128.4	133.5	137.7	140.2
2 HORAS	61.0	86.6	106.0	117.2	125.4	131.6	144.8	151.0	156.0	162.4	167.4	170.4
3 HORAS	66.9	94.8	116.1	128.7	137.4	144.3	158.7	165.6	171.0	177.9	183.6	186.9
4 HORAS	70.8	100.8	123.2	136.4	145.6	153.2	168.4	175.6	181.6	188.8	194.8	198.0
5 HORAS	74.0	105.0	128.5	142.5	152.0	159.5	175.5	183.5	189.5	197.0	203.0	207.0
6 HORAS	76.2	108.6	133.2	147.0	157.2	165.0	181.8	189.6	195.6	204.0	210.0	213.6
7 HORAS	78.4	111.3	136.5	151.2	161.7	169.4	186.9	194.6	201.6	209.3	215.6	219.8
8 HORAS	80.0	114.4	140.0	154.4	165.6	173.6	191.2	199.2	205.6	214.4	220.8	224.8
12 HORAS	86.4	122.4	148.8	165.6	176.4	186.0	204.0	212.4	219.6	229.2	236.4	240.0
14 HORAS	88.2	124.6	152.6	169.4	180.6	190.4	208.6	218.4	225.4	233.8	242.2	246.4
20 HORAS	92.0	132.0	162.0	178.0	190.0	200.0	220.0	230.0	238.0	248.0	254.0	260.0
24 HORAS	96.0	134.4	165.6	182.4	196.8	206.4	225.6	235.2	244.8	254.4	261.6	266.4

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que tenha sido registrada uma precipitação de 154mm em Pirai/RJ. Supondo que essa precipitação teve duração total de 2 horas, 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 154 mm dividido por 2 h é igual a 77 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 e considerando os parâmetros para durações superiores a 1 hora temos:

$$T = \exp \left[\frac{77 \times 2 - 9,0463 \ln(2 + (-12,1/60)) - 36,2}{6,0983 \ln(2 + (-12,1/60)) + 24,4} \right] = 56 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 56 anos corresponde a uma probabilidade de 1,8% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 77 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{56} 100 = 1,8\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Cidades. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/29E>. Acesso em abril de 2016.

CAPOZZOLI, C.R.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A.. *Atlas Pluviométrico do Brasil - Equações Intensidade-Duração-Frequência - Município: Barra do Pirai/RJ* – São Paulo: CPRM, 2015.

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

ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)

Máximo por Ano Hidrológico (01/Out a 30/Set)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1915	1916	11/01/1916	91.3
1916	1917	08/01/1917	210
1917	1918	11/01/1918	59.6
1918	1919	30/01/1919	60.8
1919	1920	12/02/1920	77.8
1920	1921	13/01/1921	86.5
1921	1922	01/03/1922	82.7
1922	1923	09/03/1923	99.71
1923	1924	14/11/1923	77.1
1924	1925	19/03/1925	105.4
1925	1926	30/01/1926	121.2
1926	1927	11/12/1926	163.1
1927	1928	24/02/1928	185.7
1928	1929	07/02/1929	89.5
1929	1930	22/01/1930	80.5
1930	1931	27/03/1931	80.8
1931	1932	26/03/1932	95.5
1932	1933	28/11/1932	76.5
1933	1934	24/11/1933	59.5
1934	1935	30/01/1935	90.5
1935	1936	27/03/1936	140.5
1936	1937	09/02/1937	114.1
1937	1938	04/01/1938	96.8
1938	1939	17/10/1938	61.7
1939	1940	28/12/1939	99.2
1940	1941	14/09/1941	77.2
1941	1942	26/11/1941	75.21
1942	1943	20/01/1943	70.9
1943	1944	02/02/1944	130
1944	1945	20/03/1945	134.7
1945	1946	04/01/1946	80.9
1946	1947	12/01/1947	90.2
1947	1948	11/01/1948	130.4
1948	1949	18/01/1949	110
1949	1950	20/01/1950	103.9
1950	1951	14/12/1950	90.8
1951	1952	28/02/1952	111.4
1952	1953	07/04/1953	40.1
1953	1954	16/02/1954	90.21
1954	1955	30/10/1954	49.4
1955	1956	16/02/1956	123.4
1956	1957	10/01/1957	142.3
1957	1958	17/03/1958	63.8
1958	1959	21/12/1958	99.7
1959	1960	12/11/1959	90.4
1960	1961	25/01/1961	61.8
1961	1962	26/01/1962	75.5
1962	1963	29/03/1963	100
1963	1964	13/02/1964	46.2
1964	1965	17/12/1964	101.2
1965	1966	10/01/1966	114

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1966	1967	18/02/1967	175.6
1967	1968	18/12/1967	64.2
1968	1969	19/02/1969	64.6
1969	1970	09/01/1970	84.4
1970	1971	25/02/1971	197.4
1971	1972	23/03/1972	63.6
1972	1973	19/12/1972	239.2
1973	1974	25/12/1973	94.6
1974	1975	27/02/1975	73
1975	1976	30/11/1975	97.8
1976	1977	23/03/1977	63
1977	1978	06/02/1978	69.4
1978	1979	22/12/1978	88.6
1979	1980	26/02/1980	57
1980	1981	11/01/1981	78
1981	1982	09/11/1981	81.6
1982	1983	29/10/1982	62.4
1983	1984	22/01/1984	66.4
1984	1985	24/01/1985	146.6
1985	1986	07/02/1986	92.4
1986	1987	03/04/1987	149.6
1987	1988	21/02/1988	88.61
1988	1989	04/03/1989	53.6
1989	1990	18/04/1990	92
1990	1991	02/03/1991	82.6
1991	1992	23/01/1992	133
1992	1993	04/02/1993	149.2
1993	1994	26/03/1994	164
1994	1995	02/02/1995	100.8
1995	1996	13/02/1996	96.4
1996	1997	20/11/1996	79.4
1997	1998	08/02/1998	86
1998	1999	01/01/1999	89.01
1999	2000	02/01/2000	154.4
2000	2001	21/11/2000	89
2001	2002	25/01/2002	80
2002	2003	02/12/2002	84
2003	2004	06/02/2004	75.2
2004	2005	11/01/2005	58.9
2005	2006	24/12/2005	61.3
2006	2007	15/12/2006	74.5
2007	2008	20/01/2008	72.8
2008	2009	25/02/2009	53.8
2009	2010	14/03/2010	68
2010	2011	16/03/2011	83.2
2011	2012	10/01/2012	52.6

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Capozzoli *et al.* (2015) para o município de Barra do Piraí/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,92	0,88	0,73	0,69	0,64	0,53

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,93	0,79	0,54	0,40	0,23