

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Rio de Janeiro
Município: Santa Maria Madalena

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2015

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

**PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES
INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES**

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

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA**

Município: Santa Maria Madalena/RJ

**PORTO ALEGRE
2015**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

CARTAS DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright © 2015 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa
Porto Alegre - RS - 90.840-030
Telefone: (51) 3406-7300
Fax: (51) 3233-7772
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência
Município: Santa Maria Madalena/RJ. Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade
Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2015.

11p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

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

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil

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

Ladice Peixoto

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

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 REGIONAL DE PORTO ALEGRE

José Leonardo Silva Andriotti
Superintendente

Marcos Alexandre de Freitas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Alexandre Goulart
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

Achiles Monteiro (*In memorian*)

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade

Sandra Fernandes da Silva

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

Andressa Macêdo Silva de Azambuja-Sureg/BE

José Alexandre Moreira Farias-REFO

Karine Pickbrenner-Sureg/PA

Equipe Executora

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 Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH
Osvalcélio Mercês Furtunato -Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento -Sureg/BH

Apoio Técnico

Betânia Rodrigues dos Santos– Sureg/GO

Celina Monteiro - Sureg/BE

Danielle Cutolo - Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar - Sureg/SP

Eliamara Soares Silva– RETE

Priscila Nishihara Leo - Sureg/SP

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a 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, 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 regional estabelecida por Davis e Naghettini (2001) no Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Santa Maria Madalena e regiões incluídas na Região Homogênea 1, definida por Davis e Naghettini (2001).

O município de Santa Maria Madalena está localizado no estado do Rio de Janeiro, na Latitude 21°57'19" S e Longitude 42°00'37" W. Situa-se a uma distância de 261 km da capital Rio de Janeiro, fazendo divisa ao norte com o município de São Fidélis, a leste com Campos dos Goytacazes, ao sul com Conceição de Macabu e Trajano de Moraes e a oeste com São Sebastião do Alto. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 10.321 habitantes. O município possui área de 814,8 Km² e encontra-se a uma altitude média de 659 metros, situando-se no divisor de águas entre a sub-bacia 58, do rio Paraíba do Sul, e a sub-bacia 59, que compreende as sub-bacias Litorâneas do Rio de Janeiro. O município possui uma hidrografia diversa em que se destacam três rios: o rio Grande que deságua no rio Paraíba do Sul, e os rios Imbé e Macabu, que apresentam seu fluxo direcionado ao litoral.

As estações pluviográficas cujos dados foram utilizados para a definição da Região Homogênea 1 são as seguintes: Álcalis Cabo Frio, Cabo Frio, Campos, Iguaba Grande, Itaperuna, Macaé, Ordinária do Carmo, Rio Mole, Santo Antônio de Pádua e Saquarema. Estas estações são ou foram de responsabilidade da SERLA (Superintendência Estadual de Rios e Lagoas), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e ANA (Agencia Nacional de Águas).

A Figura 01 apresenta a localização do município de Santa Maria Madalena.

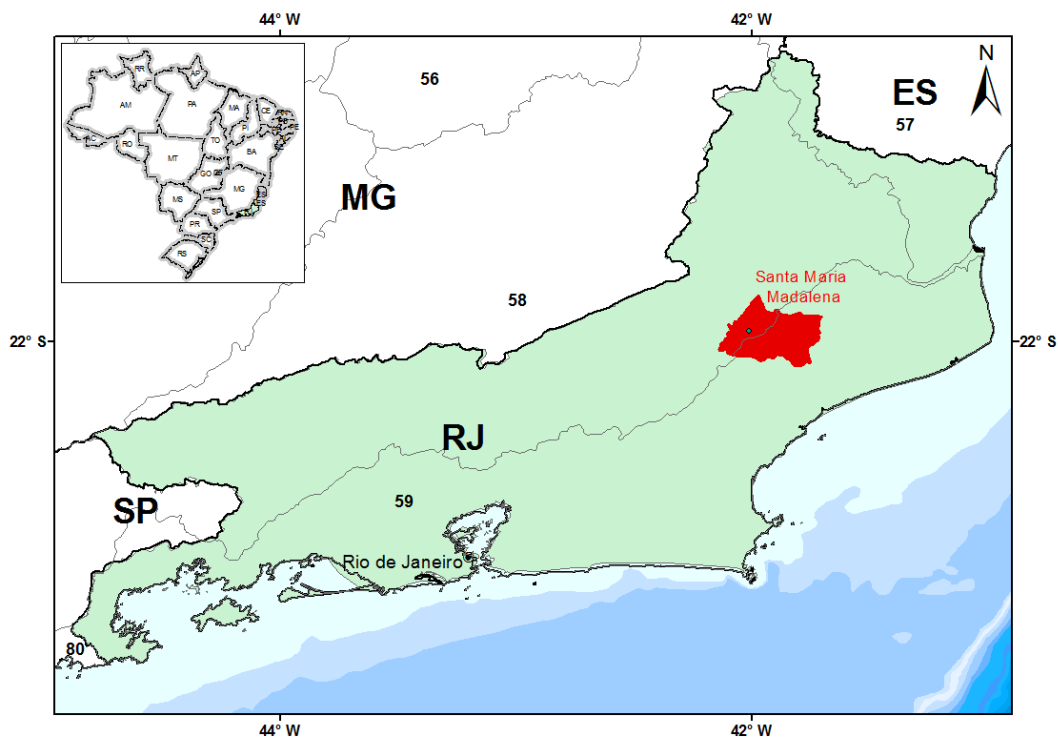


Figura 01 – Localização do Município Santa Maria Madalena

2 – EQUAÇÃO

A metodologia utilizada na definição da equação IDF indicada para o município de Santa Maria Madalena está apresentada em Davis e Naghettini (2001), no estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro. Neste estudo, os autores utilizaram metodologia de análise de frequência regional, utilizando vários postos de medição em uma região hidrológicamente homogênea, de maneira a permitir a transferência de informações espacialmente nos limites da região homogênea. A distribuição de frequência ajustada aos dados da Região Homogênea 1, na qual Santa Maria Madalena se insere, foi a Logística Generalizada para séries parciais.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

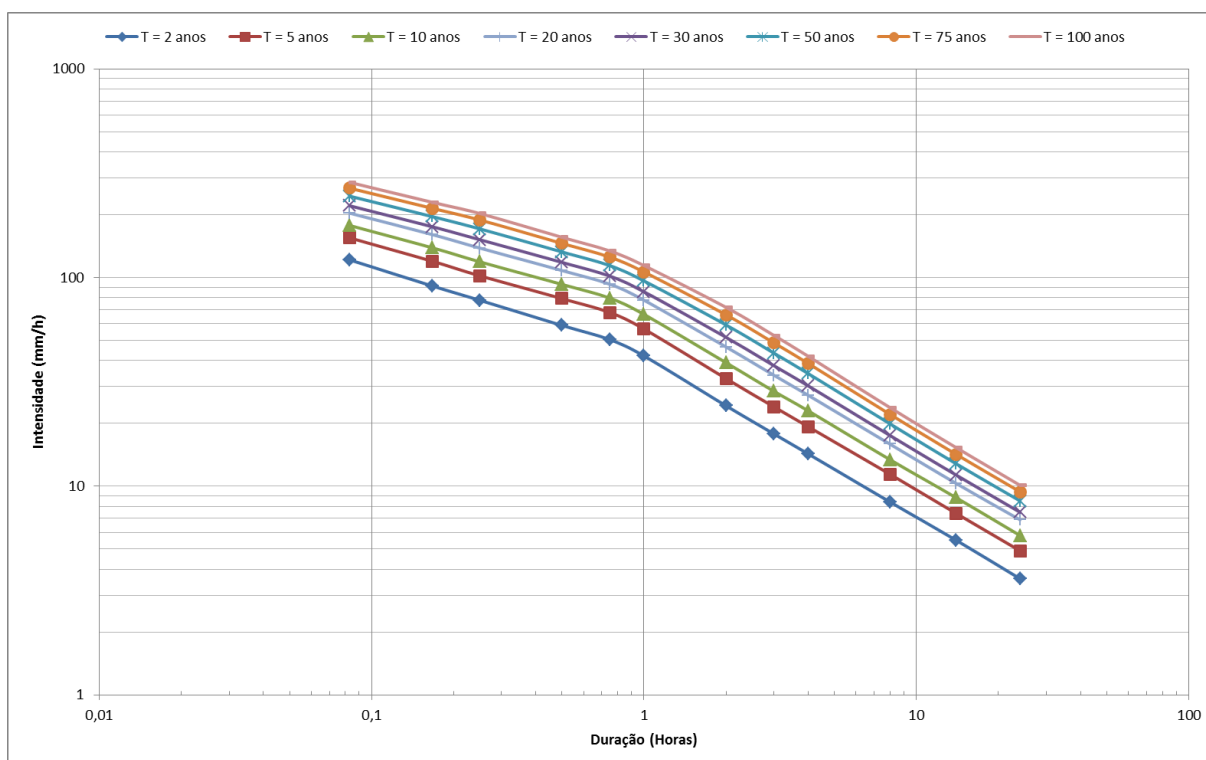


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 foram ajustadas para o 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 Santa Maria Madalena, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 1300,4; b = 0,2458; c = 19,1 \text{ e } d = 0,8252;$$

$$i = \frac{1300,4T^{0,2458}}{(t+19,1)^{0,8252}} \quad (02)$$

Estas equações são válidas para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 24 horas. A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e 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 | 90 | 100 |
| 5 Minutos | 111,6 | 139,8 | 165,7 | 183,1 | 196,5 | 207,6 | 217,1 | 233,0 | 246,2 | 257,5 | 272,0 | 284,4 | 291,9 |
| 10 Minutos | 95,5 | 119,6 | 141,9 | 156,7 | 168,2 | 177,7 | 185,8 | 199,5 | 210,7 | 220,4 | 232,8 | 243,5 | 249,8 |
| 15 Minutos | 83,8 | 105,0 | 124,5 | 137,5 | 147,6 | 155,9 | 163,1 | 175,0 | 184,9 | 193,3 | 204,2 | 213,6 | 219,2 |
| 20 Minutos | 74,9 | 93,8 | 111,2 | 122,8 | 131,8 | 139,3 | 145,6 | 156,3 | 165,1 | 172,7 | 182,4 | 190,8 | 195,8 |
| 30 Minutos | 62,0 | 77,7 | 92,1 | 101,8 | 109,2 | 115,4 | 120,7 | 129,5 | 136,8 | 143,1 | 151,2 | 158,1 | 162,3 |
| 45 Minutos | 49,8 | 62,4 | 73,9 | 81,7 | 87,7 | 92,6 | 96,9 | 104,0 | 109,8 | 114,8 | 121,3 | 126,9 | 130,2 |
| 1 HORA | 41,8 | 52,4 | 62,2 | 68,7 | 73,7 | 77,9 | 81,4 | 87,4 | 92,3 | 96,6 | 102,0 | 106,7 | 109,5 |
| 2 HORAS | 26,3 | 32,9 | 39,0 | 43,1 | 46,3 | 48,9 | 51,1 | 54,9 | 57,9 | 60,6 | 64,0 | 67,0 | 68,7 |
| 3 HORAS | 19,5 | 24,5 | 29,0 | 32,1 | 34,4 | 36,3 | 38,0 | 40,8 | 43,1 | 45,1 | 47,6 | 49,8 | 51,1 |
| 4 HORAS | 15,7 | 19,7 | 23,3 | 25,8 | 27,7 | 29,2 | 30,6 | 32,8 | 34,7 | 36,3 | 38,3 | 40,1 | 41,1 |
| 5 HORAS | 13,2 | 16,6 | 19,7 | 21,7 | 23,3 | 24,6 | 25,8 | 27,6 | 29,2 | 30,5 | 32,3 | 33,7 | 34,6 |
| 6 HORAS | 11,5 | 14,4 | 17,1 | 18,8 | 20,2 | 21,4 | 22,3 | 24,0 | 25,3 | 26,5 | 28,0 | 29,3 | 30,0 |
| 7 HORAS | 10,2 | 12,7 | 15,1 | 16,7 | 17,9 | 18,9 | 19,8 | 21,2 | 22,4 | 23,5 | 24,8 | 25,9 | 26,6 |
| 8 HORAS | 9,2 | 11,5 | 13,6 | 15,0 | 16,1 | 17,0 | 17,8 | 19,1 | 20,2 | 21,1 | 22,3 | 23,3 | 23,9 |
| 12 HORAS | 6,6 | 8,3 | 9,8 | 10,9 | 11,7 | 12,3 | 12,9 | 13,8 | 14,6 | 15,3 | 16,1 | 16,9 | 17,3 |
| 14 HORAS | 5,8 | 7,3 | 8,7 | 9,6 | 10,3 | 10,9 | 11,4 | 12,2 | 12,9 | 13,5 | 14,2 | 14,9 | 15,3 |
| 20 HORAS | 4,4 | 5,5 | 6,5 | 7,2 | 7,7 | 8,1 | 8,5 | 9,1 | 9,7 | 10,1 | 10,7 | 11,2 | 11,5 |
| 24 HORAS | 3,8 | 4,7 | 5,6 | 6,2 | 6,7 | 7,0 | 7,3 | 7,9 | 8,3 | 8,7 | 9,2 | 9,6 | 9,9 |

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 | 90 | 100 |
| 5 Minutos | 9,3 | 11,6 | 13,8 | 15,3 | 16,4 | 17,3 | 18,1 | 19,4 | 20,5 | 21,5 | 22,7 | 23,7 | 24,3 |
| 10 Minutos | 15,9 | 19,9 | 23,6 | 26,1 | 28,0 | 29,6 | 31,0 | 33,2 | 35,1 | 36,7 | 38,8 | 40,6 | 41,6 |
| 15 Minutos | 20,9 | 26,2 | 31,1 | 34,4 | 36,9 | 39,0 | 40,8 | 43,7 | 46,2 | 48,3 | 51,1 | 53,4 | 54,8 |
| 20 Minutos | 25,0 | 31,3 | 37,1 | 40,9 | 43,9 | 46,4 | 48,5 | 52,1 | 55,0 | 57,6 | 60,8 | 63,6 | 65,3 |
| 30 Minutos | 31,0 | 38,8 | 46,1 | 50,9 | 54,6 | 57,7 | 60,3 | 64,8 | 68,4 | 71,6 | 75,6 | 79,1 | 81,1 |
| 45 Minutos | 37,3 | 46,8 | 55,5 | 61,3 | 65,8 | 69,5 | 72,6 | 78,0 | 82,4 | 86,1 | 91,0 | 95,2 | 97,7 |
| 1 HORA | 41,8 | 52,4 | 62,2 | 68,7 | 73,7 | 77,9 | 81,4 | 87,4 | 92,3 | 96,6 | 102,0 | 106,7 | 109,5 |
| 2 HORAS | 52,5 | 65,8 | 78,0 | 86,2 | 92,5 | 97,7 | 102,2 | 109,7 | 115,9 | 121,2 | 128,0 | 133,9 | 137,4 |
| 3 HORAS | 58,6 | 73,4 | 87,1 | 96,2 | 103,2 | 109,0 | 114,0 | 122,4 | 129,3 | 135,2 | 142,9 | 149,4 | 153,3 |
| 4 HORAS | 62,9 | 78,8 | 93,4 | 103,2 | 110,7 | 117,0 | 122,4 | 131,3 | 138,7 | 145,1 | 153,3 | 160,3 | 164,5 |
| 5 HORAS | 66,2 | 82,9 | 98,3 | 108,6 | 116,6 | 123,1 | 128,8 | 138,2 | 146,0 | 152,7 | 161,3 | 168,7 | 173,1 |
| 6 HORAS | 68,9 | 86,3 | 102,3 | 113,1 | 121,3 | 128,2 | 134,1 | 143,9 | 152,0 | 159,0 | 167,9 | 175,6 | 180,2 |
| 7 HORAS | 71,2 | 89,2 | 105,8 | 116,8 | 125,4 | 132,5 | 138,6 | 148,7 | 157,1 | 164,3 | 173,5 | 181,5 | 186,3 |
| 8 HORAS | 73,2 | 91,7 | 108,7 | 120,1 | 128,9 | 136,2 | 142,5 | 152,9 | 161,5 | 168,9 | 178,4 | 186,6 | 191,5 |
| 12 HORAS | 79,4 | 99,5 | 118,0 | 130,3 | 139,9 | 147,8 | 154,6 | 165,9 | 175,2 | 183,3 | 193,6 | 202,5 | 207,8 |
| 14 HORAS | 81,9 | 102,5 | 121,6 | 134,3 | 144,2 | 152,3 | 159,3 | 170,9 | 180,6 | 188,8 | 199,5 | 208,6 | 214,1 |
| 20 HORAS | 87,6 | 109,7 | 130,1 | 143,7 | 154,3 | 163,0 | 170,4 | 182,9 | 193,2 | 202,1 | 213,5 | 223,3 | 229,1 |
| 24 HORAS | 90,6 | 113,5 | 134,6 | 148,7 | 159,6 | 168,6 | 176,3 | 189,3 | 199,9 | 209,1 | 220,9 | 231,0 | 237,1 |

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Santa Maria Madalena, foi registrada uma Chuva de 84 mm com duração de 45 minutos, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial da cidade. 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:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 84 mm dividido por 45 minutos é igual a 112 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{112(45 + 19,1)^{0,8252}}{1300,4} \right]^{1/0,2458} = 54,2 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 54,2 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,9%, ou

$$P(i \geq 112\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{54,2} 100 = 1,9\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=330460>. Acesso em novembro de 2015.

Davis, E. G. & Naghettini M.C. *Estudos de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro*. In: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM, CD-ROM. 2001.

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a 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.

ENDEREÇOS

Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar
Brasília – DF – CEP: 70830-030
Tel: 61 2192-8252
Fax: 61 3224-1616

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel: 61 3223-1059 - 21 2295-8248
Fax: 61 3323-6600 - 21 2295-5804

Departamento de Gestão Territorial

Tel: 21 2295-6147 - Fax: 21 2295-8094

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030
Tel.: 51 3406-7300 - Fax: 51 3233-7772

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

