

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A
MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS
DE MASSA E INUNDAÇÃO

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Município: Benedito Novo
Estação Pluviográfica: Benedito Novo
Código ANA: 02649003

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil



**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: Benedito Novo - SC

**Estação Pluviométrica: Benedito Novo
Código: 02649003 (ANA)**

**PORTO ALEGRE
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÃO
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

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

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre - RS - 90.840-030
Telefone: 0(xx)(51) 3406-7300
Fax: 0(xx)(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 (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Benedito Novo/SC. Estação Pluviométrica: Benedito Novo Código 02649003 (ANA) Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

13p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II -
WESCHENFELDER, A.B.; PICKBRENNER, K.; 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

Fernando Bezerra Coelho Filho

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Paulo Pedrosa

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

Vicente Humberto Lobo cruz

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

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Otto Bittencourt Cruz

Vice-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Conselheiros

Ladice Peixoto

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Telton Elber Correa

Janaina Gomes Pires da Silva

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Administração e Finanças

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Eduardo Camozzato

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

Marilene Fátima Bastos

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

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Karine Pickbrenner - Sureg/PA

Equipe Executora

Adriana Burin Weschenfelder-Sureg/PA

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/AS

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

Maximiliano Paschoaloti Messa – Sureg/PA

Priscila Nishihara Leo – Sureg/SP

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 Benedito Novo/SC onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Benedito Novo, código 02649003 (ANA). Esta estação está localizada no município de Benedito Novo, aproximadamente a 565 metros da sede do município.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Benedito Novo.

O município de Benedito Novo está localizado no estado de Santa Catarina. O município possui uma área aproximada de 389 km² (IBGE, 2010) e sua sede localiza-se a uma altitude aproximada de 230 metros em sua sede. A população de Benedito Novo segundo IBGE (2010) é de 10.336 habitantes.

A estação Benedito Novo, código 02649003, está localizada na Latitude 28°46'52"S e Longitude 49°21'54" O. Esta inserida ao norte da sub-bacia 83 (sub-bacia do rio Itajaí-Açu) mais especificamente na sub-bacia do rio Benedito Novo, um dos principais afluentes pela margem esquerda do rio Itajaí-Açu, que é o principal rio da sub-bacia do rio Itajaí. A estação pluviométrica localiza-se no município de Benedito Novo, aproximadamente a 565 metros da sede do município de Benedito Novo. Esta estação encontra-se em operação desde 1941; o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1945 a 2016. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado atualmente pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agrícola de Santa Catarina).

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 Benedito Novo, código 02649003, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano civil 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 Pfafstetter (1982), para a estação de Blumenau, localizada no município de Blumenau, distante aproximadamente 35 km da estação desagregada Benedito Novo. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

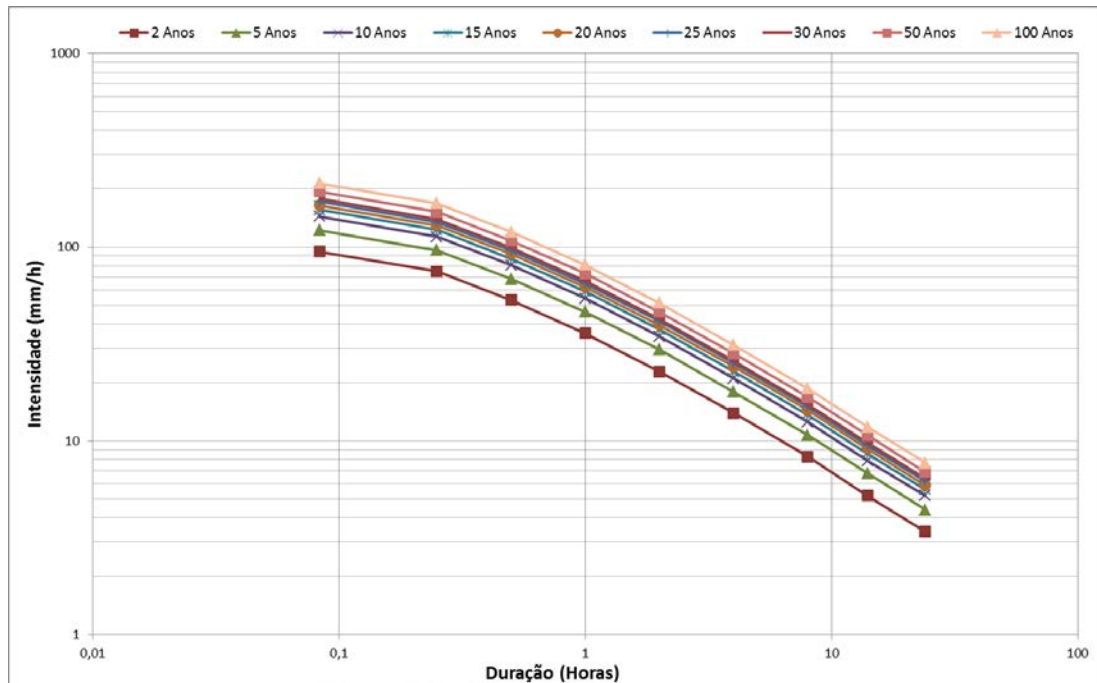


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são 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 (minutos)

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

No caso de Benedito Novo os parâmetros da equação os seguintes:

$$a = 4,7141; b = 11,3978 ; c = 11,2017; d = 27,11 \text{ e } \delta = 4,6$$

$$i = \{[(4,7141 \ln(T) + 11,3978) \cdot \ln(t + (4,6/60))] + 11,2017 \ln(T) + 27,11\} / t \quad (02)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno 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, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	100
5 Minutos	95,9	124,1	145,4	157,9	166,7	173,6	179,2	188,1	194,9	200,5	205,3	207,4	216,2
10 Minutos	84,9	109,8	128,7	139,7	147,6	153,6	158,6	166,4	172,5	177,5	181,7	183,6	191,4
15 Minutos	73,8	95,6	112	121,6	128,4	133,7	138,1	144,9	150,2	154,5	158,1	159,8	166,6
20 Minutos	65,4	84,6	99,2	107,7	113,7	118,4	122,2	128,3	133	136,8	140	141,5	147,5
30 Minutos	53,6	69,4	81,3	88,3	93,2	97,1	100,2	105,2	109	112,1	114,8	116	120,9
45 Minutos	42,8	55,4	64,9	70,5	74,4	77,5	80	83,9	87	89,5	91,6	92,6	96,5
1 HORA	36	46,5	54,5	59,2	62,5	65,1	67,2	70,6	73,1	75,2	77	77,8	81,1
2 HORAS	22,8	29,5	34,6	37,5	39,7	41,3	42,6	44,7	46,4	47,7	48,8	49,3	51,4
3 HORAS	17,1	22,2	26	28,2	29,8	31	32	33,6	34,8	35,8	36,7	37,1	38,6
4 HORAS	13,9	18	21	22,8	24,1	25,1	25,9	27,2	28,2	29	29,7	30	31,3
5 HORAS	11,7	15,2	17,8	19,3	20,4	21,3	22	23	23,9	24,6	25,2	25,4	26,5
6 HORAS	10,2	13,2	15,5	16,8	17,8	18,5	19,1	20,1	20,8	21,4	21,9	22,1	23,1
7 HORAS	9,1	11,8	13,8	15	15,8	16,5	17	17,8	18,5	19	19,5	19,7	20,5
8 HORAS	8,2	10,6	12,4	13,5	14,2	14,8	15,3	16,1	16,7	17,1	17,5	17,7	18,5
12 HORAS	6	7,7	9	9,8	10,4	10,8	11,1	11,7	12,1	12,5	12,7	12,9	13,4
14 HORAS	5,3	6,8	8	8,7	9,2	9,5	9,8	10,3	10,7	11	11,3	11,4	11,9
20 HORAS	3,9	5,1	6	6,5	6,9	7,1	7,4	7,7	8	8,3	8,4	8,5	8,9
24 HORAS	3,4	4,4	5,2	5,6	5,9	6,2	6,4	6,7	6,9	7,1	7,3	7,4	7,7

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	100
5 Minutos	8,0	10,3	12,1	13,2	13,9	14,5	14,9	15,7	16,2	16,7	17,1	17,3	18,0
10 Minutos	14,1	18,3	21,4	23,3	24,6	25,6	26,4	27,7	28,8	29,6	30,3	30,6	31,9
15 Minutos	18,5	23,9	28,0	30,4	32,1	33,4	34,5	36,2	37,5	38,6	39,5	39,9	41,7
20 Minutos	21,8	28,2	33,1	35,9	37,9	39,5	40,7	42,8	44,3	45,6	46,7	47,2	49,2
30 Minutos	26,8	34,7	40,6	44,1	46,6	48,5	50,1	52,6	54,5	56,1	57,4	58,0	60,5
45 Minutos	32,1	41,5	48,7	52,8	55,8	58,1	60,0	62,9	65,2	67,1	68,7	69,4	72,4
1 HORA	36,0	46,5	54,5	59,2	62,5	65,1	67,2	70,6	73,1	75,2	77,0	77,8	81,1
2 HORAS	45,6	59,0	69,2	75,1	79,3	82,6	85,3	89,5	92,7	95,4	97,7	98,7	102,9
3 HORAS	51,4	66,5	77,9	84,6	89,3	93,0	96,0	100,8	104,5	107,5	110,0	111,2	115,9
4 HORAS	55,5	71,8	84,2	91,4	96,5	100,5	103,8	108,9	112,9	116,1	118,9	120,1	125,2
5 HORAS	58,7	76,0	89,1	96,7	102,1	106,3	109,8	115,2	119,4	122,8	125,8	127,1	132,5
6 HORAS	61,3	79,4	93,1	101,0	106,7	111,1	114,7	120,4	124,8	128,4	131,4	132,8	138,4
7 HORAS	63,6	82,3	96,4	104,7	110,6	115,2	118,9	124,8	129,3	133,0	136,2	137,6	143,5
8 HORAS	65,5	84,8	99,4	107,9	114,0	118,7	122,5	128,6	133,3	137,1	140,3	141,8	147,9
12 HORAS	71,4	92,4	108,3	117,6	124,2	129,4	133,5	140,1	145,3	149,4	153,0	154,6	161,2
14 HORAS	73,7	95,3	111,7	121,3	128,2	133,4	137,7	144,6	149,8	154,2	157,8	159,4	166,2
20 HORAS	78,9	102,1	119,6	129,9	137,2	142,9	147,5	154,8	160,4	165,1	169,0	170,7	178,0
24 HORAS	81,5	105,5	123,7	134,3	141,8	147,7	152,5	160,0	165,9	170,6	174,7	176,5	184,0

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Benedito Novo, foi registrada uma Chuva de 40 mm com duração de 15 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 40 mm dividido por 0,25 h é igual a 160 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \exp \left[\frac{160 \cdot 0,25 - 11,3978 \ln(0,25 + (4,6/60)) - 27,11}{4,7141 \ln(0,25 + (4,6/60)) + 11,2017} \right] = 75,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 75,7 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,32%, ou

$$P(i \geq 160 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{75,7} 100 = 1,32\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=420220>. Acesso em março de 2017.

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

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.

SANTA CATARINA. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente. *Codificação dos cursos d'água do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: SDS, 2003. 20 mapas.

ANEXO I
Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)
Máximo por Ano Civil (01/Jan a 31/Dez)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diário (mm)
1945	1945	17/02/45	88,0
1946	1946	01/02/46	92,0
1947	1947	19/05/47	74,0
1948	1948	17/05/48	105,0
1949	1949	10/01/49	70,0
1950	1950	02/03/50	52,0
1951	1951	23/12/51	55,0
1952	1952	26/02/52	62,0
1953	1953	16/09/53	56,0
1954	1954	27/02/54	76,0
1955	1955	19/05/55	85,0
1956	1956	10/02/56	75,0
1957	1957	17/08/57	64,0
1958	1958	17/01/58	76,0
1959	1959	26/04/59	71,6
1960	1960	28/11/60	105,0
1961	1961	31/10/61	94,0
1962	1962	20/09/62	63,0
1963	1963	23/03/63	67,0
1964	1964	21/10/64	47,0
1965	1965	27/07/65	73,0
1966	1966	23/03/66	61,0
1967	1967	17/01/67	62,0
1968	1968	21/09/68	51,0
1969	1969	16/11/69	81,0
1970	1970	01/01/70	88,0
1971	1971	17/03/71	76,0
1972	1972	24/12/72	84,0
1973	1973	24/06/73	72,0
1974	1974	23/03/74	119,2
1975	1975	02/10/75	86,0
1976	1976	01/12/76	63,0
1977	1977	06/10/77	68,0
1978	1978	19/10/78	91,0
1979	1979	09/05/79	108,0
1982	1982	20/03/82	81,0
1983	1983	06/01/83	89,6
1984	1984	06/08/84	82,2
1985	1985	05/04/85	64,0

1986	1986	23/08/86	50,2
1987	1987	14/02/87	89,4
1988	1988	23/05/88	64,0
1989	1989	05/01/89	113,0
1990	1990	30/03/90	98,0
1992	1992	29/05/92	120,0
1994	1994	16/12/94	54,0
1995	1995	28/01/95	70,0
2001	2001	01/10/01	154,8
2002	2002	23/11/02	63,6
2010	2010	08/05/10	78,3
2011	2011	13/02/11	119,2
2012	2012	24/05/12	78,1
2013	2013	21/07/13	81,5
2014	2014	08/06/14	97,6
2015	2015	22/10/15	76,6
2016	2016	27/04/16	51,4

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Blumenau/SC.

Relação 24h/1dia: 1,13

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 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,74	0,52	0,22

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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.

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

www.cprm.gov.br



PAC