

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: Linhares

Estação Pluviométrica: Povoação

Código ANA: 01939002

 **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: Linhares - ES

**Estação Pluviométrica: Povoação
Código: 01939002**

**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: Linhares/ES. Estação Pluviométrica: Povoação Código 01939002. Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

11p.; 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 Netto

Vice-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Conselheiros

Cassio Roberto da Silva

Cassiano de Souza Alves

Elmer Prata Salomão

Paulo Cesar Abrão

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente (Interino)

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antonio Carlos Bacelar Nunes

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 (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Ana Claudia Viero
Superintendente (Interino)

Diogo Rodrigues Andrade da Silva
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Aicaro Umberto Ferrari
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 memoriam*)

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico
Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade
Tiago Antonelli

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 dos Prazeres Campos de Farias – 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

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 Linhares/SP onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Povoação, código 01939002. Esta estação está localizada no município de Linhares a aproximadamente 34,8 quilômetros da sede do município.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Linhares.

O município de Linhares está localizado no estado de Espírito Santo. O município possui uma área aproximada de 3.504 km² (IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude média de 33 metros. A população de Linhares, segundo IBGE (2010), é de 141.306 habitantes.

A estação Povoação, código 01939002, está localizada na Latitude 19°34'39"S e Longitude 39°47'40" O; na sub-bacia 56, sub-bacia do rio Doce. A estação pluviométrica localiza-se no município de Linhares a 34,8 quilômetros da sede. Esta estação encontra-se em operação desde 1974 e o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1977 a 2014. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

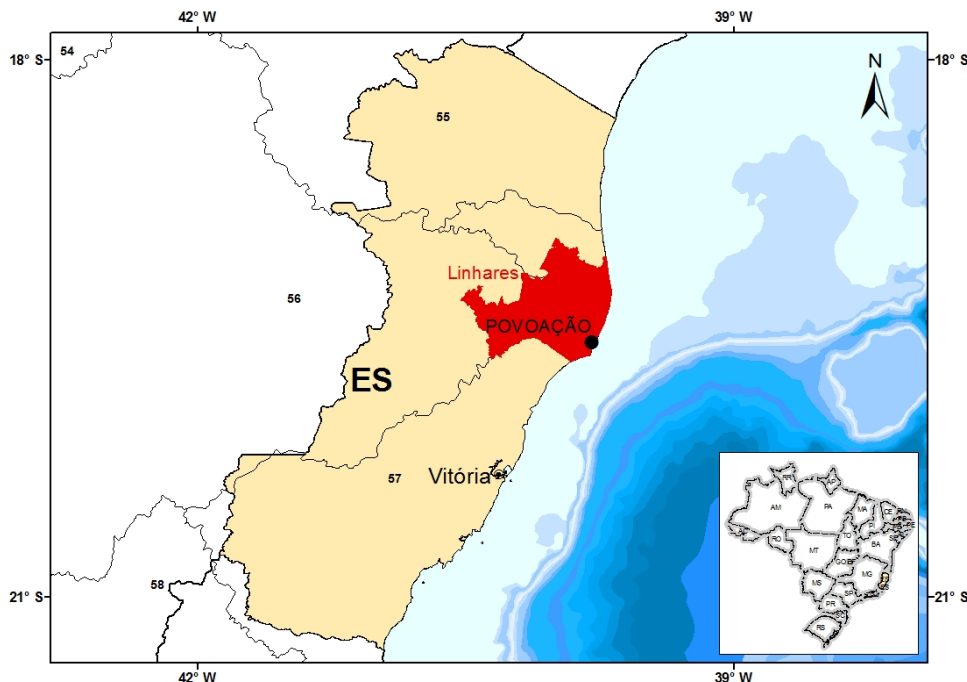


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

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 Povoação, código 01939002 foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico 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 com as relações de IDF estabelecidas por Pinto (1999), para a estação Aracruz – código 01940042(ANA), 83038 (INMET) localizada no município de Aracruz/ES, distante aproximadamente 55 km da estação desagregada Povoação. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

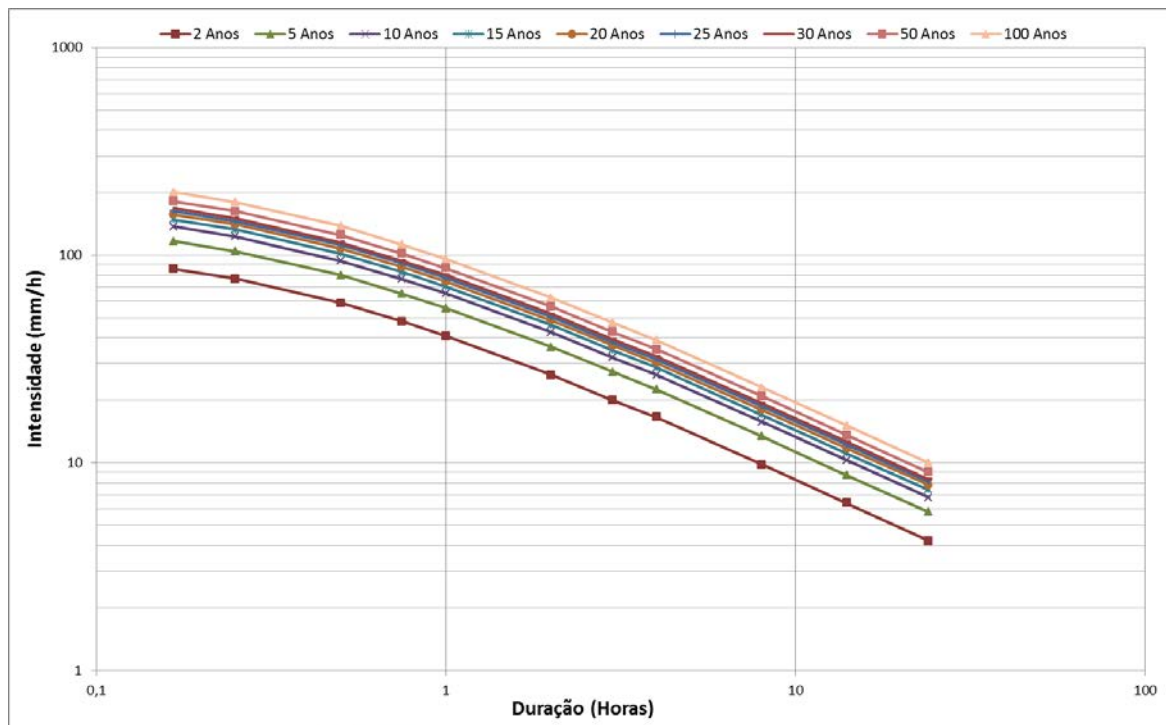


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Povoação, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

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

$$a = 6,5078; b = 15,5722; c = 13,028; d = 31,2347 \text{ e } \delta = 6,9$$

$$i = \{[(6,5078 \ln(T) + 15,5722) \cdot \ln(t + (6,9/60))] + 13,028 \ln(T) + 31,2347\} / t \quad (02)$$

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

$$a = 6,9295; b = 16,604; c = 12,005; d = 28,778 \text{ e } \delta = 17,7$$

$$i = \{[(6,9295 \ln(T) + 16,604) \cdot \ln(t + (17,7/60))] + 12,005 \ln(T) + 28,778\} / t \quad (03)$$

As equações acima 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. 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	75	100
10 Minutos	88,9	115,2	135,1	146,7	155,0	161,4	166,6	174,9	181,3	186,5	192,9	201,2
15 Minutos	80,1	103,8	121,7	132,2	139,7	145,5	150,2	157,6	163,4	168,1	173,9	181,3
20 Minutos	72,5	93,9	110,2	119,7	126,4	131,6	135,9	142,6	147,9	152,1	157,4	164,1
30 Minutos	61,0	79,1	92,8	100,8	106,4	110,8	114,4	120,1	124,5	128,1	132,5	138,2
45 Minutos	49,8	64,6	75,7	82,3	86,9	90,5	93,4	98,1	101,7	104,6	108,2	112,8
1 HORA	42,5	55,0	64,6	70,1	74,1	77,1	79,7	83,6	86,7	89,2	92,2	96,2
2 HORAS	27,4	35,6	41,7	45,3	47,9	49,9	51,5	54,0	56,0	57,6	59,6	62,2
3 HORAS	20,9	27,1	31,7	34,5	36,4	37,9	39,2	41,1	42,6	43,9	45,4	47,3
4 HORAS	17,1	22,1	26,0	28,2	29,8	31,0	32,0	33,6	34,9	35,9	37,1	38,7
5 HORAS	14,6	18,9	22,1	24,0	25,4	26,5	27,3	28,7	29,7	30,6	31,6	33,0
6 HORAS	12,7	16,5	19,4	21,1	22,2	23,2	23,9	25,1	26,0	26,8	27,7	28,9
7 HORAS	11,4	14,8	17,3	18,8	19,9	20,7	21,3	22,4	23,2	23,9	24,7	25,8
8 HORAS	10,3	13,4	15,7	17,0	18,0	18,7	19,3	20,3	21,0	21,6	22,4	23,3
12 HORAS	7,6	9,8	11,5	12,5	13,2	13,8	14,2	14,9	15,5	15,9	16,4	17,1
14 HORAS	6,7	8,7	10,2	11,1	11,7	12,2	12,6	13,2	13,7	14,1	14,6	15,2
20 HORAS	5,1	6,6	7,7	8,4	8,9	9,2	9,5	10,0	10,4	10,7	11,0	11,5
24 HORAS	4,4	5,7	6,7	7,3	7,7	8,0	8,2	8,6	9,0	9,2	9,5	10,0

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	75	100
10 Minutos	14,8	19,2	22,5	24,5	25,8	26,9	27,8	29,1	30,2	31,1	32,2	33,5
15 Minutos	20,0	26,0	30,4	33,1	34,9	36,4	37,5	39,4	40,8	42,0	43,5	45,3
20 Minutos	24,2	31,3	36,7	39,9	42,1	43,9	45,3	47,5	49,3	50,7	52,5	54,7
30 Minutos	30,5	39,5	46,4	50,4	53,2	55,4	57,2	60,1	62,3	64,1	66,3	69,1
45 Minutos	37,4	48,4	56,8	61,7	65,2	67,9	70,1	73,6	76,3	78,5	81,1	84,6
1 HORA	42,5	55,0	64,6	70,1	74,1	77,1	79,7	83,6	86,7	89,2	92,2	96,2
2 HORAS	54,9	71,2	83,5	90,7	95,8	99,7	103,0	108,1	112,1	115,3	119,3	124,4
3 HORAS	62,6	81,2	95,2	103,5	109,3	113,8	117,5	123,3	127,9	131,6	136,1	141,9
4 HORAS	68,3	88,6	103,9	112,8	119,2	124,1	128,2	134,5	139,5	143,5	148,4	154,8
5 HORAS	72,8	94,4	110,7	120,2	127,0	132,3	136,6	143,3	148,6	152,9	158,2	164,9
6 HORAS	76,5	99,2	116,3	126,4	133,5	139,0	143,5	150,6	156,2	160,7	166,2	173,3
7 HORAS	79,6	103,3	121,1	131,6	139,0	144,7	149,4	156,9	162,6	167,3	173,1	180,5
8 HORAS	82,4	106,8	125,3	136,1	143,8	149,7	154,6	162,3	168,2	173,1	179,0	186,7
12 HORAS	90,8	117,7	138,1	150,0	158,5	165,1	170,4	178,9	185,4	190,8	197,3	205,8
14 HORAS	94,0	121,9	143,0	155,4	164,1	170,9	176,5	185,2	192,0	197,6	204,4	213,1
20 HORAS	101,5	131,7	154,4	167,8	177,2	184,6	190,5	200,0	207,3	213,3	220,7	230,1
24 HORAS	105,4	136,7	160,3	174,1	183,9	191,6	197,8	207,6	215,2	221,4	229,0	238,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Linhares, foi registrada uma chuva de 80 mm com duração de 45 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 80 mm dividido por 0,75 h é igual a 106,7 mm/h. Substituindo os valores na equação 05 temos:

$$T = \exp \left[\frac{106,7 \cdot 0,75 - 15,5722 \text{Ln}(0,75 + (6,9/60)) - 31,2347}{6,5078 \text{Ln}(0,75 + (6,9/60)) + 13,028} \right] = 68,2 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 68,2 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,5%, ou

$$P(i \geq 106,7 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{68,2} 100 = 1,5\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=320320>. Acesso em novembro de 2017.

PINTO, E. F. R. *Equações de Intensidade-Duração-Frequência da precipitação para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo: estimativa e espacialização*. Viçosa, Minas Gerais: UFV, 1999. 70p. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, 1999.

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)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1977	1978	12/12/77	134,0
1978	1979	03/02/79	105,2
1979	1980	15/01/80	99,8
1980	1981	10/12/80	144,0
1981	1982	16/01/82	64,8
1982	1983	29/09/83	62,2
1983	1984	04/12/83	143,2
1984	1985	27/01/85	54,8
1985	1986	23/03/86	85,0
1986	1987	30/12/86	65,8
1989	1990	30/08/90	90,3
1993	1994	10/03/94	72,6
1996	1997	22/11/96	98,7
1986	1987	01/12/97	76,8
1997	1998	03/03/99	50,2
1999	2000	22/11/99	72,4
2001	2002	21/11/01	85,4
2004	2005	13/02/05	85,3
2005	2006	02/11/05	87,4
2006	2007	22/11/06	128,4
2007	2008	09/01/08	170,7
2008	2009	25/11/08	165,5
2010	2011	28/04/11	61,5
2011	2012	31/10/11	124,3
2012	2013	17/01/13	63,2
2013	2014	19/12/13	140,6
2014	2015	30/10/14	67,9

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pinto (1999) para o município de Aracruz/ES.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,88	0,77	0,65	0,59	0,52	0,40

Relação 45min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h
0,88	0,72	0,47	0,35

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