

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: Almeirim

Estação Pluviométrica: Almeirim

Código ANA: 00152005

 **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: Almeirim**

**Estação Pluviométrica: Almeirim  
Código: 00152005**

**BELÉM  
2015**

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)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Belém

Copyright @ 2015 CPRM - Superintendência Regional de Belém  
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco  
Belém - PA – 66095-110  
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300  
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349  
<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: Almeirim. Estação Pluviométrica: Almeirim, Código 00152005. Catharina dos Prazeres Campos de Farias; Andressa Macedo Silva de Azambuja; Eber José de Andrade Pinto – Belém, PA: CPRM, 2015.

12p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – FARIAS, C.P.C. de; AZAMBUJA, A.M.S. de; 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

Luiz Gonzaga Baião

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Oswaldo Castanheira

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Thales de Queiroz Sampaio

**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 BELÉM**

*Manfredo Ximenes Ponte*  
**Superintendente**

*João Batista Marcelo de Lima*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Lucia Travassos da Rosa Costa*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Tomaz de Aquino M Lobato*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Cícero Vieira de Meneses*  
**Gerente de Administração e Finanças**

**PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

**Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

**Departamento de Gestão Territorial**

Cássio Roberto da Silva

**Divisão de Hidrologia Aplicada**

Achiles Eduardo Guerra Castro Monteiro

**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 dos Prazeres Campos de Farias – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silva do 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**

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

Fabiana Ferreira Cordeiro - Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso - Sureg/GO

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

## 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 Almeirim onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Almeirim, código 00152005.



## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Almeirim.

O município de Almeirim está localizado na Mesorregião do Baixo Amazonas, no Estado do Pará, distante 454 km da capital, Belém. O município possui área de 72.954,798 km<sup>2</sup>. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de aproximadamente 33.614 habitantes.

A estação de Almeirim, código ANA 00152005, está localizada na Latitude 1°31'35"S e Longitude 52°34'42"W, a uma altitude aproximada de 19 m. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

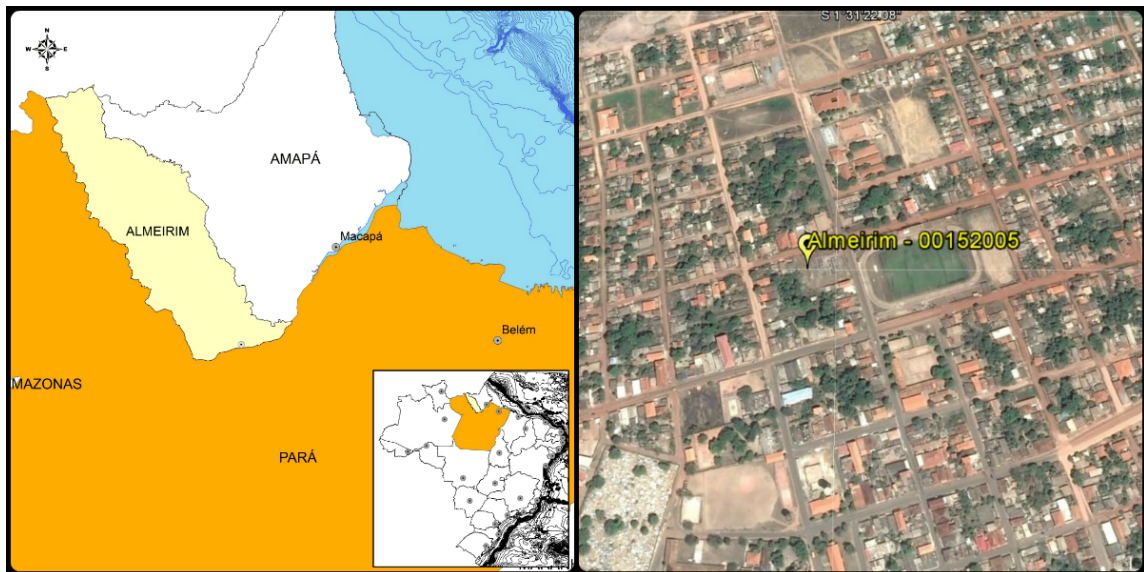


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.  
(Fonte: Google, 2015)

## 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 Almeirim, Código ANA 00152005, 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 com as relações IDF estabelecidas por Azambuja e Pinto (2015) para o município de Prainha, distante 104,6 km da estação de Almeirim. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.



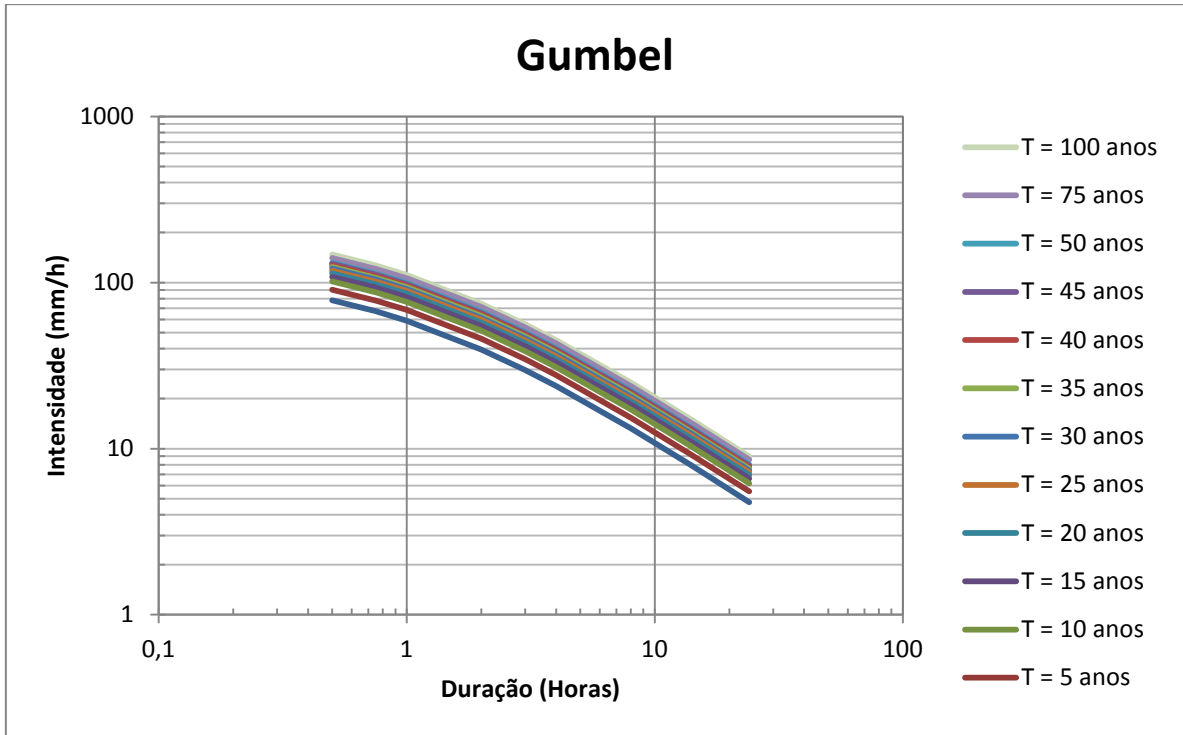


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \tag{01}$$

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 Almeirim, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6611,0 ; b = 0,1621; c = 63 \text{ e } d = 1,0044;$$

$$i = \frac{6611,0T^{0,1621}}{(t+63)^{1,0044}} \tag{02}$$

A equação acima é válida para tempos de retorno de até 100 anos e durações de 30 minutos a 24 horas. 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	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
30 Minutos	78,1	90,6	101,4	108,3	113,5	117,7	121,2	124,3	127,0	129,4	131,7	133,7	135,6	137,4	139,0	140,6	142,1	143,5	144,8	146,1	147,3
45 Minutos	67,2	78,0	87,3	93,2	97,6	101,2	104,3	106,9	109,2	111,4	113,3	115,0	116,7	118,2	119,6	121,0	122,2	123,4	124,6	125,7	126,7
1 HORA	59,0	68,4	76,6	81,8	85,7	88,8	91,5	93,8	95,8	97,7	99,4	100,9	102,4	103,7	104,9	106,1	107,2	108,3	109,3	110,3	111,2
2 HORAS	39,5	45,9	51,3	54,8	57,4	59,6	61,3	62,9	64,3	65,5	66,6	67,7	68,6	69,5	70,4	71,2	71,9	72,6	73,3	73,9	74,6
3 HORAS	29,7	34,5	38,6	41,2	43,2	44,8	46,1	47,3	48,3	49,3	50,1	50,9	51,6	52,3	52,9	53,5	54,1	54,6	55,1	55,6	56,1
4 HORAS	23,8	27,6	30,9	33,0	34,6	35,9	37,0	37,9	38,7	39,5	40,1	40,8	41,3	41,9	42,4	42,9	43,3	43,7	44,2	44,5	44,9
8 HORAS	13,3	15,4	17,2	18,4	19,3	20,0	20,6	21,1	21,5	22,0	22,3	22,7	23,0	23,3	23,6	23,9	24,1	24,3	24,6	24,8	25,0
14 HORAS	8,0	9,2	10,3	11,0	11,5	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,4	13,6	13,8	14,0	14,2	14,3	14,5	14,6	14,7	14,9	15,0
24 HORAS	4,8	5,5	6,2	6,6	6,9	7,2	7,4	7,6	7,7	7,9	8,0	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)																				
	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
30 Minutos	39,1	45,3	50,7	54,2	56,7	58,8	60,6	62,1	63,5	64,7	65,8	66,9	67,8	68,7	69,5	70,3	71,0	71,7	72,4	73,1	73,7
45 Minutos	50,4	58,5	65,4	69,9	73,2	75,9	78,2	80,2	81,9	83,5	85,0	86,3	87,5	88,6	89,7	90,7	91,7	92,6	93,4	94,3	95,1
1 HORA	59,0	68,4	76,6	81,8	85,7	88,8	91,5	93,8	95,8	97,7	99,4	100,9	102,4	103,7	104,9	106,1	107,2	108,3	109,3	110,3	111,2
2 HORAS	79,1	91,8	102,7	109,7	114,9	119,1	122,7	125,8	128,5	131,0	133,3	135,4	137,3	139,1	140,8	142,3	143,8	145,3	146,6	147,9	149,1
3 HORAS	89,2	103,5	115,8	123,7	129,6	134,4	138,4	141,9	145,0	147,8	150,3	152,7	154,8	156,9	158,8	160,5	162,2	163,8	165,4	166,8	168,2
4 HORAS	95,3	110,5	123,7	132,1	138,4	143,5	147,8	151,5	154,9	157,8	160,6	163,1	165,4	167,5	169,6	171,5	173,3	175,0	176,6	178,2	179,7
8 HORAS	106,0	123,0	137,7	147,0	154,0	159,7	164,5	168,6	172,3	175,7	178,7	181,5	184,0	186,4	188,7	190,8	192,8	194,7	196,5	198,3	199,9
14 HORAS	111,3	129,2	144,5	154,3	161,7	167,7	172,7	177,0	180,9	184,4	187,6	190,5	193,2	195,7	198,1	200,3	202,4	204,4	206,3	208,2	209,9
24 HORAS	114,4	132,7	148,5	158,6	166,1	172,3	177,4	181,9	185,9	189,5	192,8	195,8	198,5	201,1	203,6	205,8	208,0	210,1	212,0	213,9	215,7

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Almeirim, foi registrada uma chuva de 90,0 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 90,0 mm dividido por 0,75h é igual a 120 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[ \frac{120 (45 + 63)^{1,0044}}{6611,0} \right]^{1/0,1621} = 72 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 72 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,4%, ou

$$P(i \geq 120 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{72} 100 = 1,4\%$$

Este parâmetro tem grande utilidade para análises de risco e dimensionamento de obras de engenharia.

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Base de dados**. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: ago. 2015.

AZAMBUJA, A. M. S.; PINTO, E. J. A. **Equações intensidade-duração-frequência**. Município: Prainha: estação pluviográfica: Prainha, Código 00153000. Belém: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2015. 12 p. (Série Atlas Pluviométrico do Brasil).

GOOGLE EARTH. **Estação pluviométrica de Almeirim**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: ago. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Almeirim**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/234KY>>. Acesso em: ago. 2015.

PINTO, E. J. A. **Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, mar. 2013.

## ANEXO I

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

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

Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
05/05/83	51,3
08/04/84	142,2
05/06/85	82,0
22/11/85	81,6
14/01/87	72,1
12/03/88	105,0
04/04/89	147,4
13/06/90	110,0
26/05/91	126,4
19/02/92	96,7
16/11/93	98,2
02/05/96	68,3
24/03/97	121,2
17/05/98	58,5
07/06/99	88,0
17/04/00	81,0
12/01/01	93,3
11/04/02	94,5
26/03/03	125,5
25/04/04	108,5
24/12/04	114,2
21/02/06	99,0
11/06/08	88,1
12/06/09	89,0
17/04/10	145,1
28/02/11	98,6
04/05/12	76,4
15/05/13	72,7
27/06/14	110,0

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Azambuja e Pinto (2015) para o município de Prainha/PA.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,98	0,93	0,83	0,76	0,69	0,54

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,84	0,65	0,47	0,41	0,24

## 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 Belém

Av. Dr. Freitas, 3.645 - Marco  
Belém - PA - CEP: 66095-110  
Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3276-4020

### Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949  
E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)



**PAC**