

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: Paulista

Estação Pluviográfica: Aeroporto de Recife

Código: 82899

 **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: Paulista**

**Estação Pluviográfica: Aeroporto de Recife  
Código: 82899**

**PORTO ALEGRE  
2014**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE  
CARTAS 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 Porto Alegre

Copyright © 2014 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre  
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa  
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.  
Município: Paulista. Estação Pluviográfica: Aeroporto de Recife Código 82899.  
Adriana Burin Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto –  
Porto Alegre: CPRM, 2014.

10p.;

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II –  
WESCHENFELDER, A.B., 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**

Edison Lobão

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Márcio Pereira Zimmermann

**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 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**

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

Jean Ricardo da Silvado Nascimento-RETE

Margarida Rgueira da Costa-Sureg/RE

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

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 Daus 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

Liomar Santos da Hora-Sureg/SA

Lemia Ribeiro-Sureg/SA

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 por Ramos (2010), onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Aeroporto de Recife, código 82899, localizada no aeroporto Internacional dos Guararapes na capital de Pernambuco, Recife, distante aproximadamente 21 km da sede do município de Paulista.

## 1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Paulista e regiões circunvizinhas.

O município de Paulista está localizado no litoral estado de Pernambuco, na Latitude  $07^{\circ}56'04''\text{S}$  e Longitude  $34^{\circ}52'7,4''\text{W}$ . O município possui área de  $97\text{ Km}^2$  e localiza-se a uma altitude de 10 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 300.466 habitantes.

A estação Aeroporto de Recife, código 82899, está localizada na Latitude  $08^{\circ}07'00''\text{S}$  e Longitude  $34^{\circ}55'00''\text{W}$ . Insere-se na sub-bacia 39, na porção que corresponde ao estado de Pernambuco. A estação pluviográfica localiza-se no Aeroporto Internacional de Guararapes em Recife, no estado de Pernambuco, aproximadamente a 21 km da sede do município de Paulista. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviógrafo de um posto mantido e operado pelo Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (Cindacta III). A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

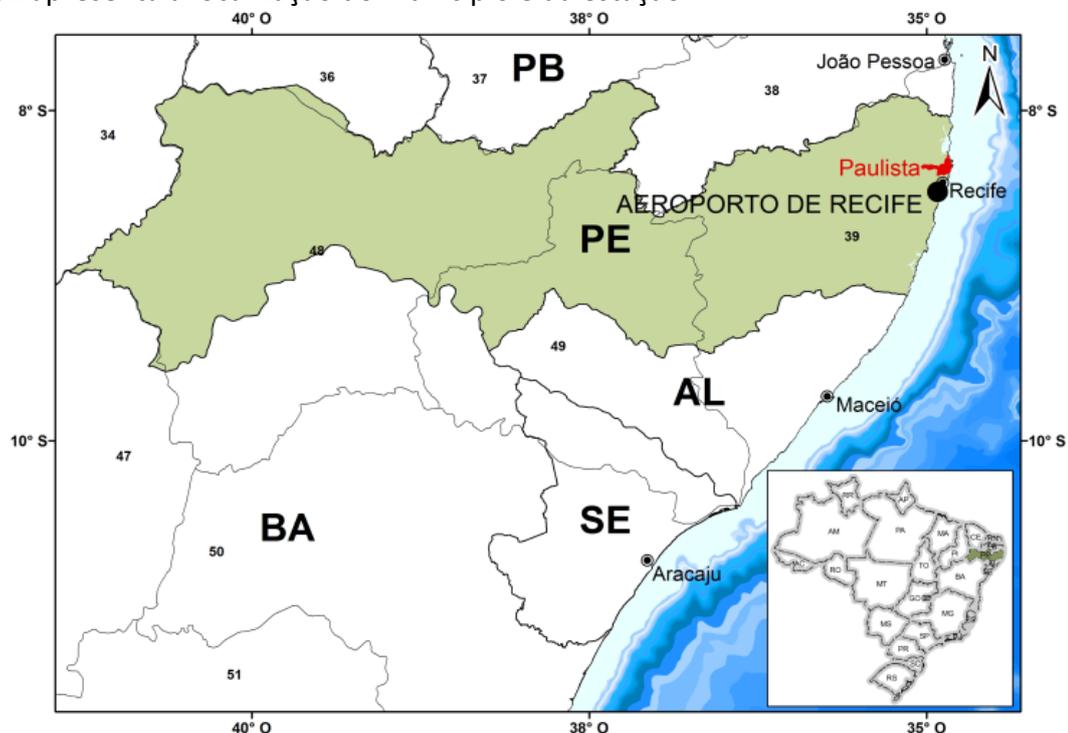


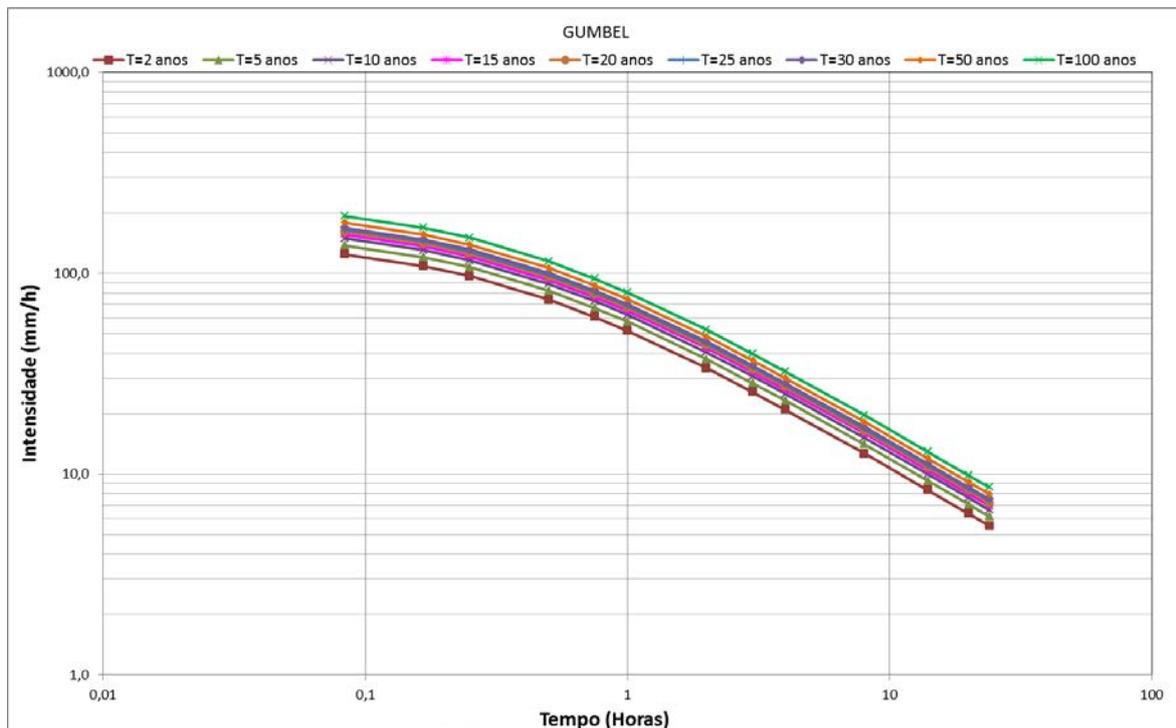
Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

## 2 – EQUAÇÃO

A equação IDF indicada para a cidade de Paulista foi definida por Ramos (2010) para a cidade de Recife e apresentada na tese defendida na Universidade Federal de Pernambuco no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil em 2010. Para a elaboração desta equação foram utilizados os dados da estação Aeroporto de Recife, código 82899. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Gumbel.

O período de dados utilizados no trabalho foi de 1968 a 2007 (40 anos).

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.



02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são do 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 Aeroporto de Recife os parâmetros da equação os seguintes:

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

$$a = 1423,97; b = 0,1124; c = 21; d = 0,7721$$

$$i = \frac{1423,97 \times T^{0,1124}}{(t+21)^{0,7721}} \quad (02)$$

A equação é válida para tempo de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 24 horas. A tabela 01 apresenta as intensidades calculadas em mm/h para diferentes 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	124,4	137,9	149,1	156,0	161,2	165,2	168,7	174,2	178,6	182,3	187,0	190,8	193,1
10 Minutos	108,6	120,4	130,1	136,2	140,7	144,3	147,2	152,1	155,9	159,2	163,2	166,6	168,6
15 Minutos	96,8	107,3	116,0	121,4	125,3	128,5	131,2	135,5	138,9	141,8	145,4	148,4	150,2
20 Minutos	87,5	97,0	104,9	109,8	113,4	116,3	118,7	122,6	125,7	128,3	131,5	134,3	135,9
30 Minutos	73,9	82,0	88,6	92,7	95,8	98,2	100,3	103,6	106,2	108,4	111,1	113,4	114,8
45 Minutos	60,6	67,2	72,6	76,0	78,5	80,5	82,2	84,9	87,0	88,8	91,1	93,0	94,1
1 HORA	51,7	57,3	62,0	64,9	67,0	68,7	70,1	72,4	74,3	75,8	77,8	79,4	80,3
2 HORAS	33,7	37,4	40,4	42,3	43,7	44,8	45,7	47,2	48,4	49,4	50,7	51,7	52,3
3 HORAS	25,6	28,4	30,7	32,2	33,2	34,1	34,8	35,9	36,8	37,6	38,5	39,3	39,8
4 HORAS	21,0	23,2	25,1	26,3	27,2	27,8	28,4	29,4	30,1	30,7	31,5	32,2	32,5
5 HORAS	17,9	19,8	21,4	22,4	23,1	23,7	24,2	25,0	25,7	26,2	26,9	27,4	27,7
6 HORAS	15,7	17,4	18,8	19,6	20,3	20,8	21,2	21,9	22,5	22,9	23,5	24,0	24,3
7 HORAS	14,0	15,5	16,8	17,5	18,1	18,6	19,0	19,6	20,1	20,5	21,0	21,4	21,7
8 HORAS	12,7	14,0	15,2	15,9	16,4	16,8	17,2	17,7	18,2	18,6	19,0	19,4	19,7
12 HORAS	9,4	10,4	11,2	11,7	12,1	12,4	12,7	13,1	13,4	13,7	14,1	14,4	14,5
14 HORAS	8,3	9,2	10,0	10,5	10,8	11,1	11,3	11,7	12,0	12,2	12,5	12,8	12,9
20 HORAS	6,4	7,1	7,6	8,0	8,3	8,5	8,6	8,9	9,1	9,3	9,6	9,8	9,9
24 HORAS	5,5	6,1	6,6	7,0	7,2	7,4	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	8,5	8,6

**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	10,4	11,5	12,4	13,0	13,4	13,8	14,1	14,5	14,9	15,2	15,6	15,9	16,1
10 Minutos	18,1	20,1	21,7	22,7	23,4	24,0	24,5	25,3	26,0	26,5	27,2	27,8	28,1
15 Minutos	24,2	26,8	29,0	30,3	31,3	32,1	32,8	33,9	34,7	35,5	36,4	37,1	37,6
20 Minutos	29,2	32,3	35,0	36,6	37,8	38,8	39,6	40,9	41,9	42,8	43,8	44,8	45,3
30 Minutos	37,0	41,0	44,3	46,4	47,9	49,1	50,1	51,8	53,1	54,2	55,6	56,7	57,4
45 Minutos	45,4	50,4	54,5	57,0	58,9	60,4	61,6	63,6	65,3	66,6	68,3	69,7	70,5
1 HORA	51,7	57,3	62,0	64,9	67,0	68,7	70,1	72,4	74,3	75,8	77,8	79,4	80,3
2 HORAS	67,4	74,8	80,8	84,6	87,4	89,6	91,4	94,4	96,8	98,9	101,4	103,5	104,7
3 HORAS	76,9	85,3	92,2	96,5	99,7	102,2	104,3	107,7	110,5	112,8	115,6	118,0	119,4
4 HORAS	83,9	92,9	100,5	105,2	108,6	111,4	113,7	117,4	120,4	122,9	126,0	128,6	130,2
5 HORAS	89,3	99,0	107,1	112,0	115,7	118,7	121,1	125,1	128,3	130,9	134,3	137,0	138,7
6 HORAS	93,9	104,1	112,5	117,8	121,7	124,8	127,3	131,5	134,9	137,7	141,1	144,1	145,8
7 HORAS	97,9	108,5	117,3	122,7	126,8	130,0	132,7	137,1	140,5	143,4	147,1	150,1	151,9
8 HORAS	101,4	112,4	121,5	127,1	131,3	134,6	137,4	141,9	145,5	148,6	152,3	155,5	157,3
12 HORAS	112,4	124,6	134,7	141,0	145,6	149,3	152,4	157,4	161,4	164,7	168,9	172,4	174,5
14 HORAS	116,8	129,4	139,9	146,5	151,3	155,1	158,3	163,5	167,7	171,2	175,5	179,1	181,3
20 HORAS	127,4	141,2	152,6	159,8	165,0	169,2	172,7	178,4	182,9	186,7	191,4	195,4	197,7
24 HORAS	133,1	147,5	159,5	166,9	172,4	176,8	180,4	186,4	191,1	195,1	200,0	204,1	206,6

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Paulista, foi registrada uma Chuva de 70 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:*

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

*A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 70 mm dividido por 0,75 h é igual a 93 mm/h. Substituindo os valores na equação 05 temos:*

$$T = \left[ \frac{93(45 + 21)^{0,7721}}{1423,97} \right]^{1/0,1124} = 90 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 90 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,1%, ou*

$$P(i \geq 93 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{90} 100 = 1,1\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 02 de setembro de 2014.

RAMOS, A. M. *Influência das mudanças climáticas devido ao efeito estufa na drenagem urbana de uma grande cidade*. 2010. 160 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: [http://www.repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/5111/arquivo2385\\_1.pdf?sequence=1](http://www.repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/5111/arquivo2385_1.pdf?sequence=1). Acesso em 02 de setembro de 2014.

WIKIPEDIA, 2014. Ficheiro - Pernambuco - Paulista. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Paulista\\_\(Pernambuco\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Paulista_(Pernambuco)). Acesso em 02 de setembro de 2014.

## 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](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**