

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA
GEOLOGIA, DA MINERAÇÃO E DA
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: São Paulo
Município: Osasco
Estação Pluviométrica: Roselândia
Código ANA: 02346287
Código DAEE: E3-013

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2014

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

**PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

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

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

Município: Osasco

**Estação Pluviométrica: Roselândia
Código ANA 02346287
Código DAEE E3-013**

**BELO HORIZONTE
2014**

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG – 30.140-002
Telefone: (31) 3878-0337
Fax: (31) 3878-0322
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Osasco. Eber José de Andrade Pinto – Belo Horizonte: CPRM, 2014.

10p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

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

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e

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 BELO HORIZONTE

Marco Antônio Fonseca

Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Márcio Antônio da Silva

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo de Araújo Vieira

Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Cléria Sebastiana Vieira

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

Jean Ricardo da Silva do Nascimento - RETE

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Merês Furtunato - Sureg/SA

Vanesca Sartorelli Medeiros - Sureg/SP

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento - Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel - REFO

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

Carolina Macalos – Sureg/PA

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 Gestão Estratégica da Geologia, da Transformação Mineral 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 gravitacionais de massa e inundação.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Osasco onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Roselândia, código ANA 02346287 e código DAEE E3-013. Esta estação fica localizada no município de Itapevi/SP.

1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Osasco está localizado na Região Metropolitana de São Paulo, sua distância até capital é de 18 km. Tem como municípios limítrofes São Paulo, Cotia, Barueri e Carapicuíba. O município possui área territorial de 64,954 Km². Sua população, em 2013, segundo estimativa do IBGE, é de 691.652 habitantes.

A Estação Roselândia, código ANA 02346287 e código DAEE E3-013, está localizada na Latitude 23°34'0,12"S e Longitude 46°55'59,88"W, no município de Itapevi, no limite com o município de Cotia/SP. Esta estação pluviométrica continua em atividade, sendo operada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo Ville de Paris. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

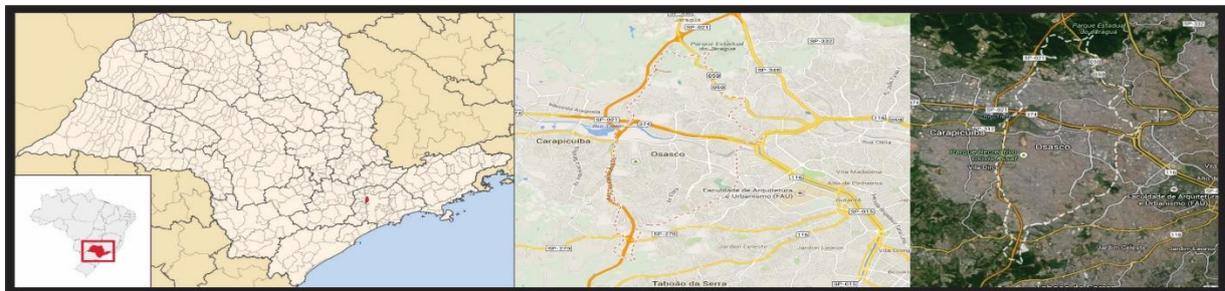


Figura 01 – Localização do Município (Fonte: Google Earth e IBGE, 2014)

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 Roselândia, código ANA 02346287 e código DAEE E3-013, 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 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 DAEE (1999) para o município de São Paulo.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

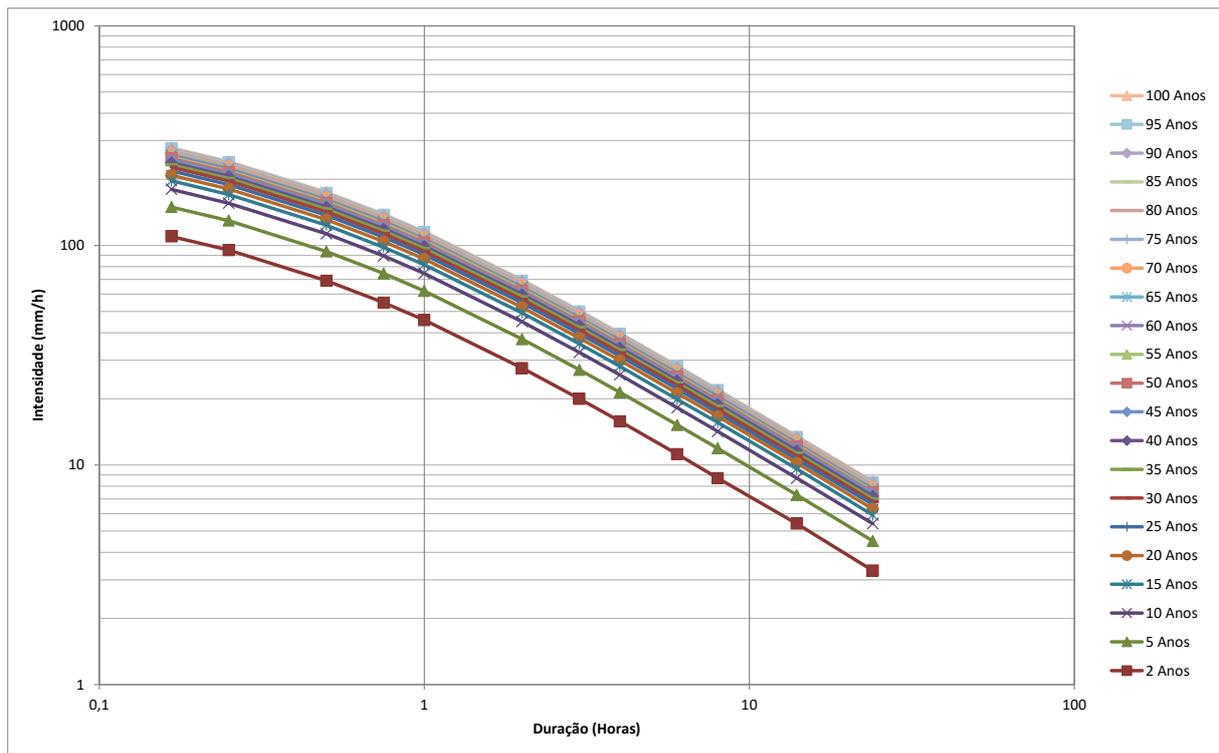


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

$$i = \left\{ \left[(a \ln(T) + b) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{\delta}{60}\right)\right) \right] + c \ln(T) + d \right\} / t \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

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

No caso de Osaco, a equação foi definida por FURTUNATO et al. (2013). Os parâmetros da equação, para durações de 10 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,5242 ; b = 12,2252 ; c = 17,6000 ; d = 32,9424 \text{ e } \delta = 2$$

$$i = \left\{ \left[(6,5242 \ln(T) + 12,2252) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{2}{60}\right)\right) \right] + 17,6000 \ln(T) + 32,9424 \right\} / t \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 3,5428 ; b = 6,5913 ; c = 20,0326 ; d = 37,5379 \text{ e } \delta = -28$$

$$i = \left\{ \left[(3,5428 \ln(T) + 6,5913) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{-28}{60}\right)\right) \right] + 20,0326 \ln(T) + 37,5379 \right\} / t \quad (03)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos.

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Osasco, foi registrada uma Chuva de 60mm 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:*

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 60 mm dividido por 0,25 h é igual a 240 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{240 \times 0,25 - 12,2252 \ln(0,25 + (2/60)) - 32,9424}{6,5242 \ln(0,25 + (2/60)) + 17,6000} \right] = 93,0 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 93,0 anos corresponde a uma probabilidade de 1,08% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 240 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{93,0} 100 = 1,08\%$$

O tempo de retorno do evento ocorrido, 93,0 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de micro drenagem de Osasco, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em dezembro de 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=353440&search=sao-paulo|osasco>. Acesso em: março de 2014.

FURTUNATO, O. M.; FARIAS, J. A. M.; PINTO, E. J. A. Atlas Pluviométrico do Brasil. Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Itapevi/SP. Estação Pluviométrica: Roselândia, Código 02346287. Salvador, BA: CPRM, 2013.

SIGHR – Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhtm.exe/plug?qwe=qwe>. Acesso em: dezembro de 2013.

ANEXO I

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

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

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1936	1937	03/12/1936	70,8	1981	1982	23/01/1982	97,5
1937	1938	15/01/1938	89,9	1982	1983	02/02/1983	92,1
1938	1939	21/11/1938	79,3	1983	1984	03/11/1983	64,8
1939	1940	09/11/1939	99,3	1984	1985	15/02/1985	51,1
1940	1941	22/03/1941	52,8	1985	1986	12/01/1986	74,5
1941	1942	16/12/1941	48,2	1986	1987	26/01/1987	96,7
1942	1943	14/01/1943	77,8	1987	1988	05/02/1988	83,6
1943	1944	27/02/1944	50,1	1988	1989	04/01/1989	82,2
1953	1954	16/02/1954	46,5	1989	1990	09/03/1990	81,5
1966	1967	08/03/1967	80,0	1990	1991	19/03/1991	62,6
1967	1968	16/05/1968	76,0	1991	1992	30/03/1992	65,1
1969	1970	10/02/1970	141,8	1992	1993	02/12/1992	77,9
1970	1971	06/03/1971	116,3	1993	1994	11/03/1994	82,7
1971	1972	23/01/1972	84,2	1994	1995	10/03/1995	89,6
1972	1973	20/02/1973	90,7	1995	1996	29/12/1995	71,1
1973	1974	14/03/1974	75,2	1996	1997	03/11/1996	55,9
1974	1975	05/02/1975	59,2	1997	1998	27/01/1998	64,3
1975	1976	30/11/1975	94,9	1998	1999	15/01/1999	66,1
1976	1977	01/02/1977	42,5	1999	2000	27/08/2000	39,8
1977	1978	09/06/1978	83,0	2000	2001	13/11/2000	49,5
1978	1979	27/12/1978	84,3	2001	2002	02/10/2001	95,7
1979	1980	19/01/1980	96,7	2002	2003	19/03/2003	69,5
1980	1981	11/01/1981	66,5	2003	2004	25/05/2004	216,0

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral 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 Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0307 - Fax: 31 3878-0383

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

