

**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**

Município: Águas Mornas

**Estação Pluviométrica: ETA CASAN - MONTANTE
Código 02748004**

**PORTO ALEGRE
2016**

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

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

Copyright @ 2016 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: Águas Mornas. Estação Pluviográfica: ETA CASAN - MONTANTE,
Código 02748004. Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José
de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2016.

12p.; 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

Vicente Humberto Lobo 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

Roberto Ventura Santos

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

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

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

Marlon Colombo Hoelzel

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

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 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

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 por Weschenfelder *et al.* (2016) para o município de Santo Amaro da Imperatriz/SC, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica ETA-CASAN MONTANTE, código 02748004, operada pela EPAGRI/ANA. Esta estação está localizada no município de Palhoça, aproximadamente a 11 km da sede do município de Águas Mornas.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Águas Mornas.

O município de Águas Mornas está localizado no estado de Santa Catarina, na região metropolitana de Florianópolis capital do estado. O município possui área de 327 Km² e localiza-se a uma altitude de 70 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 5.548 habitantes.

A estação ETA-CASAN MONTANTE, código 02748004, está localizada na Latitude 27°41'49"S e Longitude 048°49'29,4" O, e está inserida na sub-bacia 84 (sub-bacia dos rios Tubarão, Araranguá e outros), mais especificamente na sub-bacia do Rio Cubatão, aproximadamente a 5 km da sua foz, no Oceano Atlântico.

A estação pluviométrica localiza-se no município de Palhoça, aproximadamente a 11 km da sede do município de Águas Mornas. Esta estação encontra-se em operação desde 1945, mas devido à falta de dados disponíveis entre 1954 a 1988, o período utilizado foi de 1989 a 2015. Os dados para a definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro convencional, operado atualmente pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agrícola de Santa Catarina).

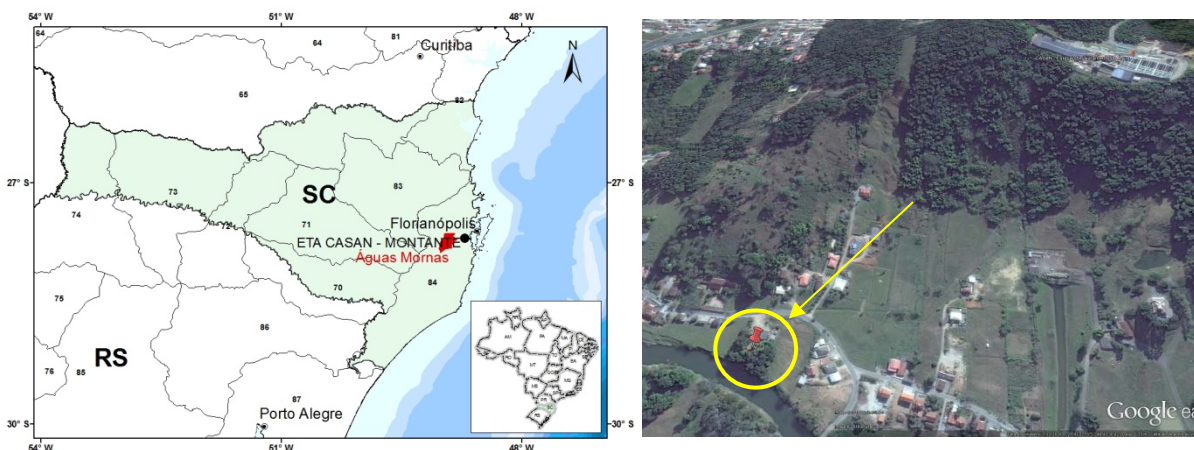


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: GOOGLE 2016)

2 - EQUAÇÃO

A equação IDF indicada para a cidade de Águas Mornas foi elaborada por Weschenfelder *et al.* (2016) para o município de Santo Amaro da Imperatriz/SC e a metodologia para sua definição está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação ETA-CASAN MONTANTE, código 02748004, 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 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 Pfafstetter (1982), para a estação de Florianópolis, localizada na capital Florianópolis, distante aproximadamente 20 km da estação desagregada ETA-CASAN MONTANTE. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

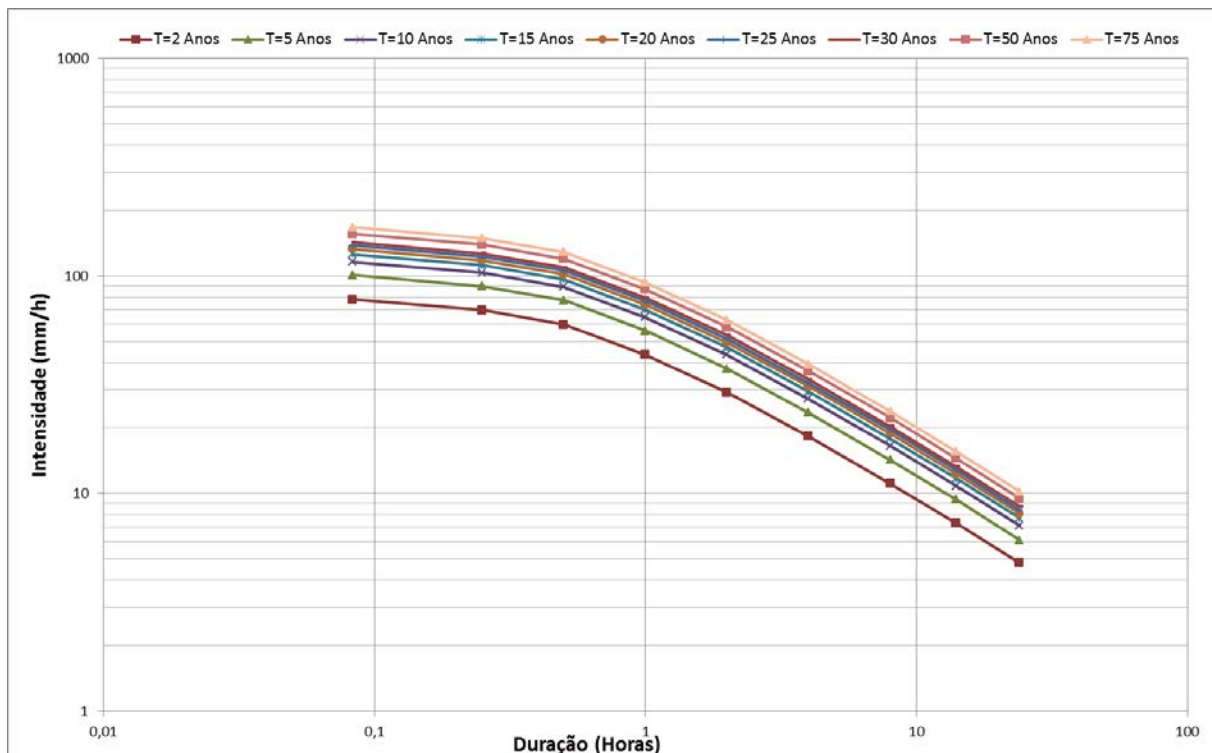


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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

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 Águas mornas os parâmetros da equação são os seguintes:

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

$$a = 1369,8; b = 0,1984; c = 35 \text{ e } d = 0,7861;$$

$$i = \frac{1369,8T^{0,1984}}{(t+35)^{0,7861}} \quad (02)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de até 75 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
5 Minutos	86,5	103,7	119,0	129,0	136,6	142,8	148,0	156,7	163,8	169,8	175,1	177,5
10 Minutos	78,8	94,6	108,5	117,6	124,5	130,1	134,9	142,9	149,3	154,8	159,6	161,8
15 Minutos	72,6	87,1	99,9	108,3	114,6	119,8	124,2	131,5	137,5	142,5	146,9	149,0
20 Minutos	67,3	80,8	92,7	100,4	106,3	111,1	115,2	122,0	127,5	132,2	136,3	138,2
30 Minutos	59,1	70,8	81,3	88,1	93,3	97,5	101,1	107,0	111,8	116,0	119,6	121,2
45 Minutos	50,2	60,2	69,0	74,8	79,2	82,8	85,8	90,9	95,0	98,5	101,6	103,0
1 HORA	43,8	52,6	60,3	65,4	69,2	72,3	75,0	79,4	83,0	86,1	88,7	89,9
2 HORAS	29,8	35,8	41,0	44,5	47,1	49,2	51,0	54,0	56,5	58,6	60,4	61,2
3 HORAS	23,1	27,7	31,7	34,4	36,4	38,1	39,5	41,8	43,7	45,3	46,7	47,3
4 HORAS	19,0	22,8	26,2	28,3	30,0	31,4	32,5	34,4	36,0	37,3	38,5	39,0
5 HORAS	16,3	19,5	22,4	24,3	25,7	26,9	27,8	29,5	30,8	32,0	32,9	33,4
6 HORAS	14,3	17,1	19,7	21,3	22,6	23,6	24,5	25,9	27,1	28,1	28,9	29,3
7 HORAS	12,8	15,3	17,6	19,1	20,2	21,1	21,9	23,2	24,2	25,1	25,9	26,3
8 HORAS	11,6	13,9	16,0	17,3	18,3	19,2	19,9	21,0	22,0	22,8	23,5	23,8
12 HORAS	8,6	10,3	11,8	12,8	13,6	14,2	14,7	15,6	16,3	16,9	17,4	17,6
14 HORAS	7,7	9,2	10,5	11,4	12,1	12,6	13,1	13,9	14,5	15,0	15,5	15,7
20 HORAS	5,8	7,0	8,0	8,7	9,2	9,6	10,0	10,6	11,1	11,5	11,8	12,0
24 HORAS	5,1	6,1	7,0	7,6	8,0	8,4	8,7	9,2	9,6	10,0	10,3	10,4

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
5 Minutos	7,2	8,6	9,9	10,8	11,4	11,9	12,3	13,1	13,7	14,2	14,6	14,8
10 Minutos	13,1	15,8	18,1	19,6	20,8	21,7	22,5	23,8	24,9	25,8	26,6	27,0
15 Minutos	18,1	21,8	25,0	27,1	28,7	29,9	31,1	32,9	34,4	35,6	36,7	37,2
20 Minutos	22,4	26,9	30,9	33,5	35,4	37,0	38,4	40,7	42,5	44,1	45,4	46,1
30 Minutos	29,5	35,4	40,6	44,0	46,6	48,7	50,5	53,5	55,9	58,0	59,8	60,6
45 Minutos	37,6	45,1	51,8	56,1	59,4	62,1	64,4	68,2	71,2	73,9	76,2	77,2
1 HORA	43,8	52,6	60,3	65,4	69,2	72,3	75,0	79,4	83,0	86,1	88,7	89,9
2 HORAS	59,6	71,5	82,1	89,0	94,2	98,5	102,1	108,1	113,0	117,1	120,8	122,4
3 HORAS	69,2	83,0	95,2	103,2	109,2	114,2	118,4	125,3	131,0	135,8	140,1	142,0
4 HORAS	76,0	91,2	104,6	113,4	120,0	125,5	130,1	137,7	144,0	149,3	153,9	156,0
5 HORAS	81,4	97,6	112,0	121,3	128,5	134,3	139,2	147,4	154,1	159,8	164,7	167,0
6 HORAS	85,8	102,9	118,0	127,9	135,4	141,6	146,8	155,4	162,4	168,4	173,7	176,0
7 HORAS	89,5	107,4	123,2	133,5	141,4	147,8	153,2	162,2	169,6	175,8	181,3	183,8
8 HORAS	92,8	111,3	127,8	138,5	146,6	153,2	158,9	168,2	175,8	182,3	188,0	190,5
12 HORAS	103,1	123,6	141,9	153,8	162,8	170,2	176,4	186,8	195,2	202,4	208,7	211,6
14 HORAS	107,1	128,5	147,4	159,7	169,1	176,8	183,3	194,1	202,8	210,3	216,8	219,8
20 HORAS	116,7	140,0	160,6	174,0	184,3	192,6	199,7	211,4	221,0	229,1	236,3	239,5
24 HORAS	121,8	146,1	167,6	181,6	192,3	201,0	208,4	220,7	230,7	239,1	246,6	250,0

3 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Águas Mornas, foi registrada uma chuva de 75 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, 75 mm dividido por 45 minutos é igual a 100 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{100(45 + 35)^{0,7861}}{1369,8} \right]^{1/0,1984} = 64,8 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 64,8 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,5%, ou:

$$P(i \geq 100 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{64,8} 100 = 1,5\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. *Estação pluviométrica ETA-CASAN MONTANTE*. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em setembro de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420060&search=santa-catarina|Águas-mornas>. Acesso em setembro de 2016.

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

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

WESCHENFELDER, A. B.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil Equações Intensidade-Duração-Frequência: município Santo Amaro da Imperatriz, estação pluviométrica ETA CASAN-MONTANTE, Código 02748004*. Porto Alegre: CPRM, 2016. 12p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados por Duração – Altura de Chuva (mm)

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

Máximo por Ano Civil (01/Jan a 31/Dez)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1989	1989	12/09/89	110
1990	1990	25/12/90	81,0
1991	1991	16/12/91	74,6
1992	1992	26/01/92	124,5
1993	1993	03/07/93	97,1
1994	1994	10/03/94	81,3
1996	1996	13/12/96	65,8
1997	1997	27/01/97	117,0
1998	1998	11/12/98	193,5
1999	1999	03/07/99	67,0
2000	2000	25/12/00	126,1
2001	2001	01/10/01	158,4
2002	2002	10/01/02	68,5
2003	2003	21/12/03	78,2
2004	2004	29/03/04	88,2
2005	2005	09/01/05	100,3
2006	2006	11/12/06	111,7
2007	2007	23/07/07	78,8
2008	2008	23/11/08	178,4
2009	2009	23/04/09	110,3
2010	2010	19/05/10	148,2
2011	2011	23/01/11	116,5
2012	2012	01/01/12	48,1
2013	2013	21/03/13	108,6
2014	2014	09/03/14	122,6
2015	2015	24/07/15	102,2

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 Florianópolis/SC.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,89	0,78	0,64	0,51	0,38

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,69	0,40	0,15