

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Ceará

Município: Jaguaruana

Estação Pluviográfica: Jaguaruana

Código SUDENE: 2894643

 SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM



2013

**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-FREQUÊNCIA**

**Município: Jaguaruana/CE**

**Estação Pluviográfica: Jaguaruana,  
Código SUDENE: 2894643**

**José Alexandre Moreira Farias  
Eber José de Andrade Pinto**

**FORTALEZA, CE  
2013**

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-FREQUÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Residência de Fortaleza

Copyright © 2013 CPRM - Residência de Fortaleza  
Av. Antônio Sales 1418 – Joaquim Távora  
Fortaleza - CE - 60.135-101  
Telefone: 0(85)3878-0226  
Fax: 0(85) 3878-0240  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM**

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.  
Município: Jaguaruana/CE. Estação Pluviográfica: Jaguaruana, Código SUDENE  
2894643. José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto. Fortaleza,  
CE: CPRM, 2013.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - FARIAS, J. A. M.;  
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

## **RESIDÊNCIA DE FORTALEZA**

*Darlan Filgueira Maciel*  
**Chefe da Residência**

*Jaime Quintas dos Santos Colares*  
**Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*José Adilson Dias Cavalcanti*  
**Assistente de Geologia e Recursos Minerais**

*Francisco Edson Mendonça Gomes*  
**Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Francisco de Assis Vasconcelos*  
**Assistente 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 de Almeida - 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

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 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). 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 Jaguaruana/CE onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Jaguaruana, código SUDENE 2894643.

## 1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Jaguaruana está localizado no Estado do Ceará, na mesorregião do Jaguaribe e microrregião do Baixo-Jaguaribe, na Latitude  $04^{\circ}50'02''$  S e Longitude  $37^{\circ}46'51''$  W, a 183 km de Fortaleza/CE. O município possui área de  $867 \text{ km}^2$ , apresenta uma população estimada em 32.236 (IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 20 m.

A estação de Jaguaruana, código SUDENE 2894643, ficava localizada na Latitude  $4^{\circ}50'00''$  S e Longitude  $37^{\circ}47'00''$  W, no município de Jaguaruana, e já não se encontra mais em operação. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos pluviogramas de um pluviógrafo Reto. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica (Fontes: Wikipédia e Google, 2013)

## 2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Jaguaruana, código SUDENE 2894643, foram utilizadas séries de duração parcial e os dados utilizados constam do Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Exponencial.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.



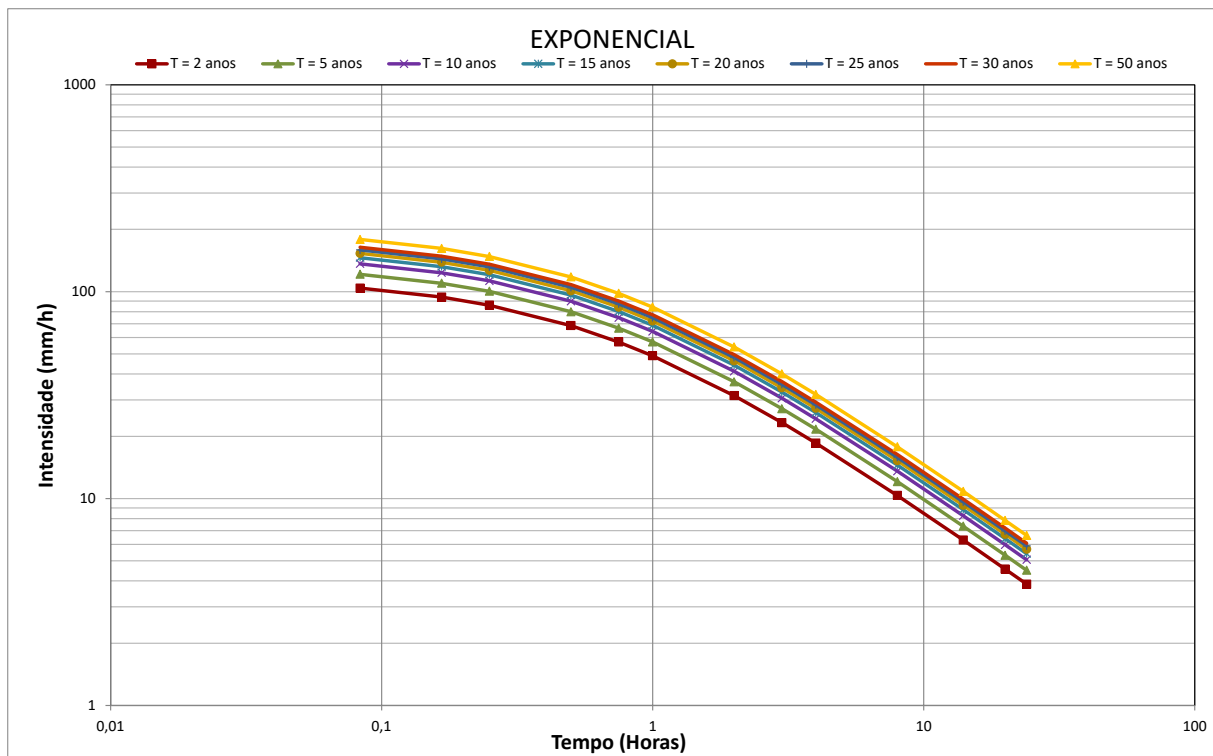


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Jaguaruana, para durações de 5 minutos a 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 3351,4$  ;  $b = 0,1683$  ;  $c = 40$  e  $d = 0,9430$  ;

$$i = \frac{3351,4T^{0,1683}}{(t+40)^{0,9430}} \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 50 anos.

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Jaguaruana, foi registrada uma Chuva de 40,0 mm 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 40,0 mm dividido por 0,25 h é igual a 160,0 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[ \frac{160,0(15 + 40)^{0,9430}}{3351,4} \right]^{1/0,1683} = 79,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 79,7 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,25%, ou

$$P(i \geq 160,0\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{79,7} 100 = 1,25\%$$

Mesmo superando a validade da equação, o tempo de retorno do evento ocorrido, 79,7 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem de Jaguaruana, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Google Earth, *Estação pluviográfica de Jaguaruana*. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em agosto de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=230700&search=ceara|jaguaruana>. Acesso em agosto de 2013.

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

WIKIPEDIA, 2013. Ficheiro – Ceará - Município de Jaguaruana. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Jaguaruana>. Acesso em: agosto de 2013.

ANEXO I

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

DATA	5 MIN	DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA
28/03/1982	8,3	20/12/1981	12,8	20/12/1981	15,1	14/03/1982	28,1	14/03/1982	32,8	27/02/1982	30,2
21/04/1982	10,6	14/03/1982	12,6	14/03/1982	17,0	28/03/1982	27,3	28/03/1982	37,6	14/03/1982	35,0
24/04/1982	7,5	28/03/1982	14,0	28/03/1982	17,4	15/04/1982	31,4	15/04/1982	46,3	28/03/1982	37,6
09/02/1983	7,7	15/04/1982	14,1	15/04/1982	20,5	21/04/1982	25,0	21/04/1982	29,3	15/04/1982	56,6
05/03/1984	10,1	21/04/1982	14,0	21/04/1982	17,4	25/03/1983	26,4	25/03/1983	28,5	21/04/1982	29,5
17/03/1984	11,5	25/03/1983	13,7	25/03/1983	17,1	17/03/1984	29,6	17/03/1984	31,4	17/03/1984	39,1
25/03/1984	8,3	05/03/1984	12,9	05/03/1984	15,8	25/03/1984	27,4	25/03/1984	35,6	25/03/1984	42,6
01/04/1984	12,0	17/03/1984	16,6	17/03/1984	24,1	01/04/1984	41,7	01/04/1984	59,8	01/04/1984	63,7
06/04/1984	9,8	25/03/1984	13,3	25/03/1984	17,5	15/04/1984	22,9	15/04/1984	27,6	19/04/1984	36,2
04/02/1985	9,4	01/04/1984	20,7	01/04/1984	24,6	19/04/1984	23,3	19/04/1984	31,1	30/03/1985	53,6
30/03/1985	11,0	04/02/1985	15,3	04/02/1985	20,9	04/02/1985	27,1	30/03/1985	47,4	02/03/1986	52,8
26/05/1986	9,5	30/03/1985	18,0	30/03/1985	25,0	30/03/1985	40,0	02/03/1986	47,1	05/03/1986	38,8
		02/03/1986	17,2	02/03/1986	25,5	02/03/1986	41,2	05/03/1986	31,1	26/05/1986	33,1
		26/05/1986	13,2	26/05/1986	16,9	26/05/1986	27,0	26/05/1986	32,5	17/03/1987	34,4
		25/03/1987	18,8	25/03/1987	23,0	25/03/1987	38,7	25/03/1987	47,0	25/03/1987	53,1

DATA	2 HORAS	DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	24 HORAS
27/02/1982	49,3	27/02/1982	56,2	27/02/1982	56,8	27/02/1982	58,3	27/02/1982	67,9	27/02/1982	73,7
14/03/1982	55,0	14/03/1982	67,5	14/03/1982	75,3	14/03/1982	77,6	14/03/1982	78,3	14/04/1982	111,1
28/03/1982	37,6	28/03/1982	37,6	28/03/1982	38,7	15/04/1982	103,9	14/04/1982	109,8	20/04/1982	49,4
15/04/1982	79,6	15/04/1982	85,8	15/04/1982	87,9	21/04/1982	47,6	21/04/1982	47,8	17/03/1984	80,9
17/03/1984	56,9	17/03/1984	57,1	17/03/1984	70,6	25/03/1983	39,6	17/03/1984	80,9	24/03/1984	53,5
25/03/1984	52,1	25/03/1984	53,1	25/03/1984	53,2	17/03/1984	73,7	25/03/1984	53,5	01/04/1984	89,0
01/04/1984	82,6	01/04/1984	84,2	01/04/1984	84,2	25/03/1984	53,2	01/04/1984	85,1	19/04/1984	104,4
19/04/1984	59,3	19/04/1984	68,4	19/04/1984	72,3	01/04/1984	84,2	06/04/1984	43,6	23/02/1985	62,0
15/05/1984	43,1	15/05/1984	43,2	15/05/1984	43,3	19/04/1984	74,7	19/04/1984	84,9	27/02/1985	58,0
30/03/1985	66,7	24/02/1985	36,5	24/02/1985	37,5	15/05/1984	43,3	15/05/1984	43,3	13/03/1985	50,6
02/03/1986	57,0	30/03/1985	70,4	30/03/1985	71,2	30/03/1985	75,5	30/03/1985	78,8	29/03/1985	82,6
05/03/1986	46,2	02/03/1986	58,8	02/03/1986	60,9	02/03/1986	62,4	02/03/1986	62,6	01/03/1986	65,6
26/05/1986	34,2	05/03/1986	49,1	05/03/1986	53,3	04/03/1986	55,6	05/03/1986	56,4	04/03/1986	77,0
17/03/1987	35,2	26/05/1986	46,5	26/05/1986	49,7	26/05/1986	62,1	26/05/1986	64,4	26/05/1986	64,4
25/03/1987	62,6	25/03/1987	64,2	25/03/1987	64,2	25/03/1987	64,2	25/03/1987	64,2	24/03/1987	64,2

# 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

### Residência de Fortaleza

Av. Antônio Sales, 1.418 - Joaquim Tavora  
Fortaleza - CE - CEP: 60135-101  
Tel.: 85 3787-0200 - Fax: 85 3878-0240

### 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  
E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

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



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE  
GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA