



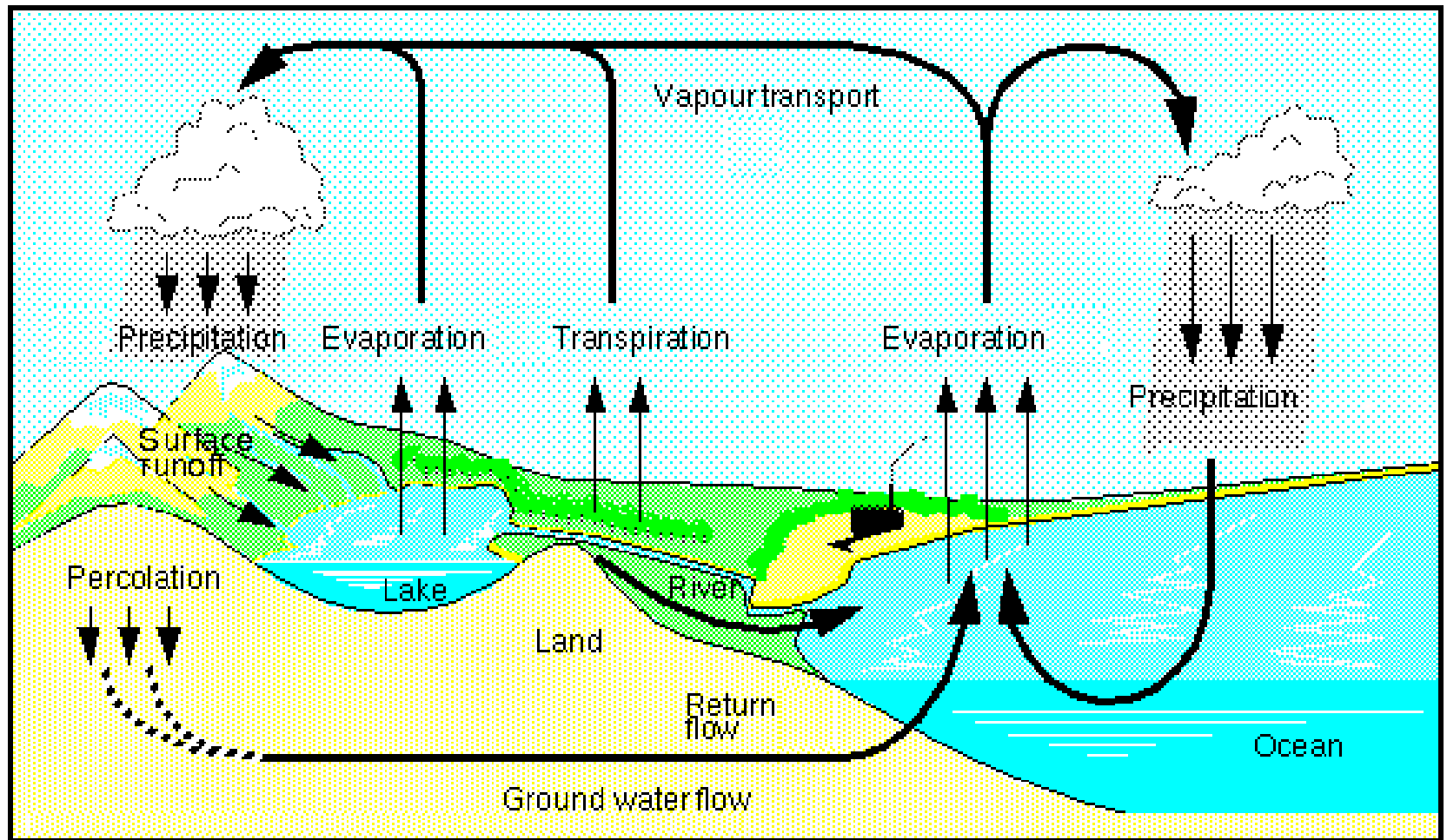
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIODISSISTEMAS
LEB 306 – Meteorologia Agrícola
1º Semestre de 2018



Precipitação

Prof. Fábio Marin

Ciclo Hidrológico



Courtesy Erich Roeckner, Max Planck Institute for Meteorology

Condensação na Atmosfera

- Resfriamento e saturação da massa de ar

GRADIENTE ADIABÁTICO (Γ):

$$\Gamma_{\text{ar seco}} = - 0,98^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$$

$$\Gamma_{\text{ar saturado}} = - 0,4^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$$

$$\Gamma_{\text{ar úmido}} = - 0,6^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$$

- Presença de núcleos de condensação
 - NaCl
 - 2-metiltreitol - floresta amazônica (RG+isopreno)

Tipos de Chuvas: Convectivas



Distribuição: localizada, com grande variabilidade espacial

Intensidade: moderada a forte, dependendo do desenvolvimento vertical da nuvem

Predominância: no período da tarde/início da noite

Duração: curta a média (minutos a horas)

Tipos de Chuvas: Orográficas

Santos – P = 2153 mm/ano

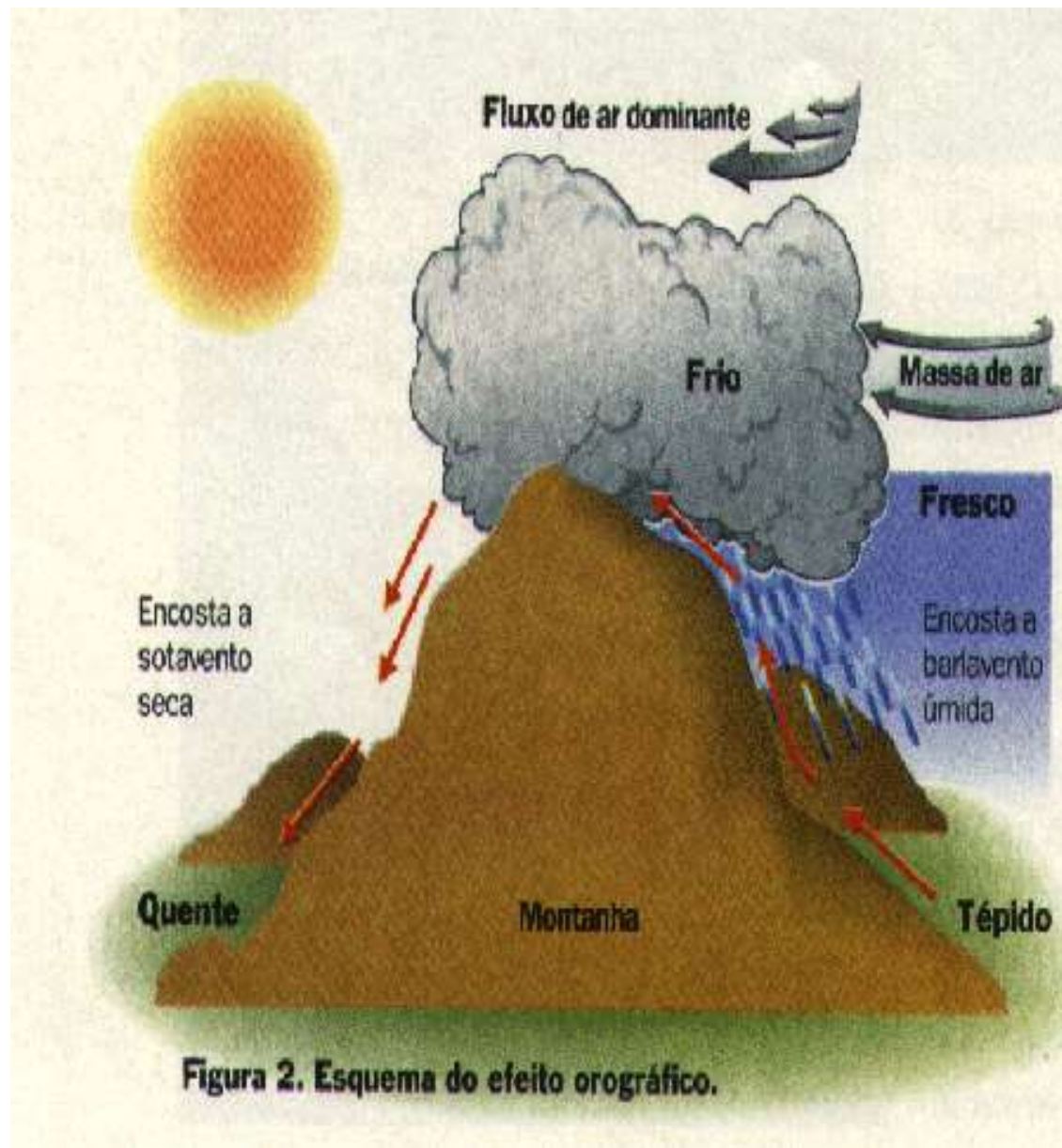
Cubatão – P = 2530 mm/ano

Serra a 350m – P = 3151mm/ano

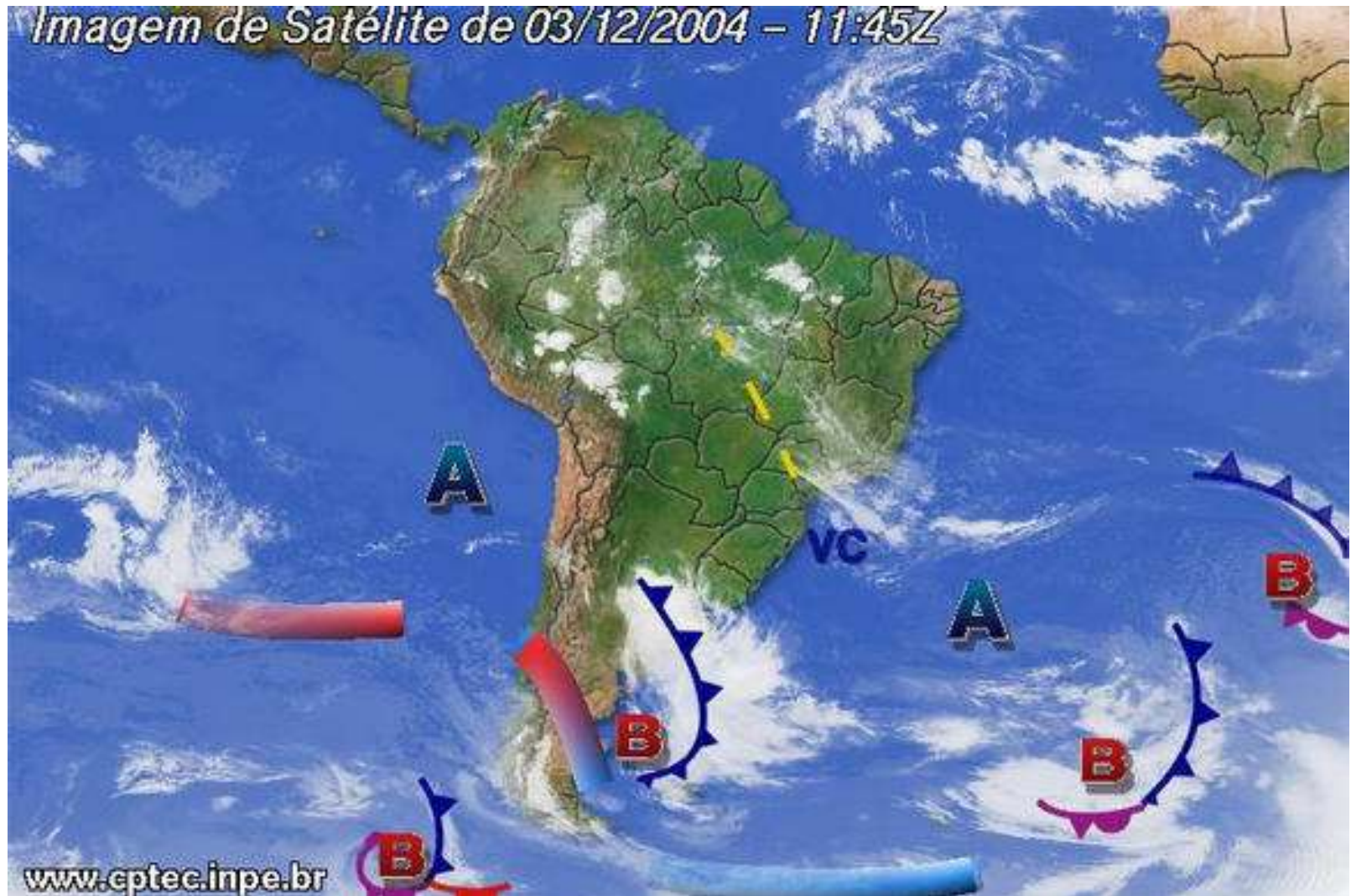
Serra a 500m – P = 3387 mm/ano

Serra a 850m – P = 3874 mm/ano

S.C. do Sul – P = 1289 mm/ano



Tipos de Chuvas: Frontais



Tipos de Chuvas: Frontais

Características das chuvas frontais

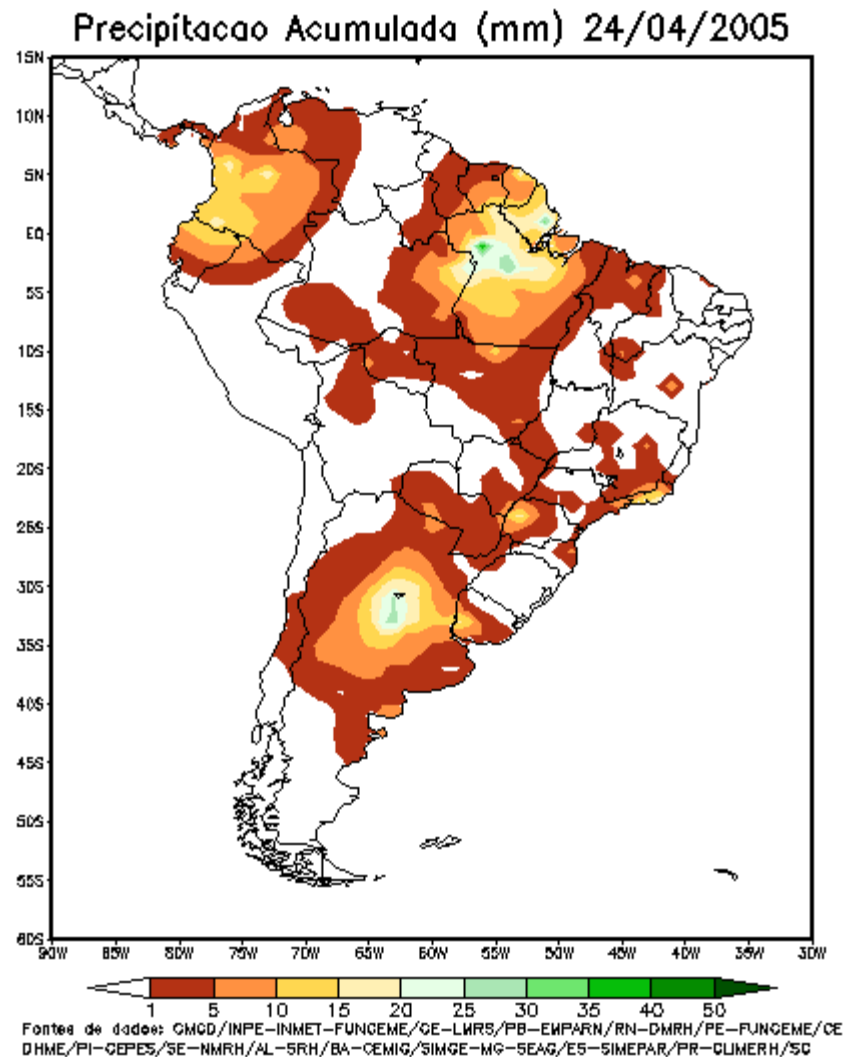
Distribuição: generalizada na região

Intensidade: fraca a moderada, dependendo do tipo de frente

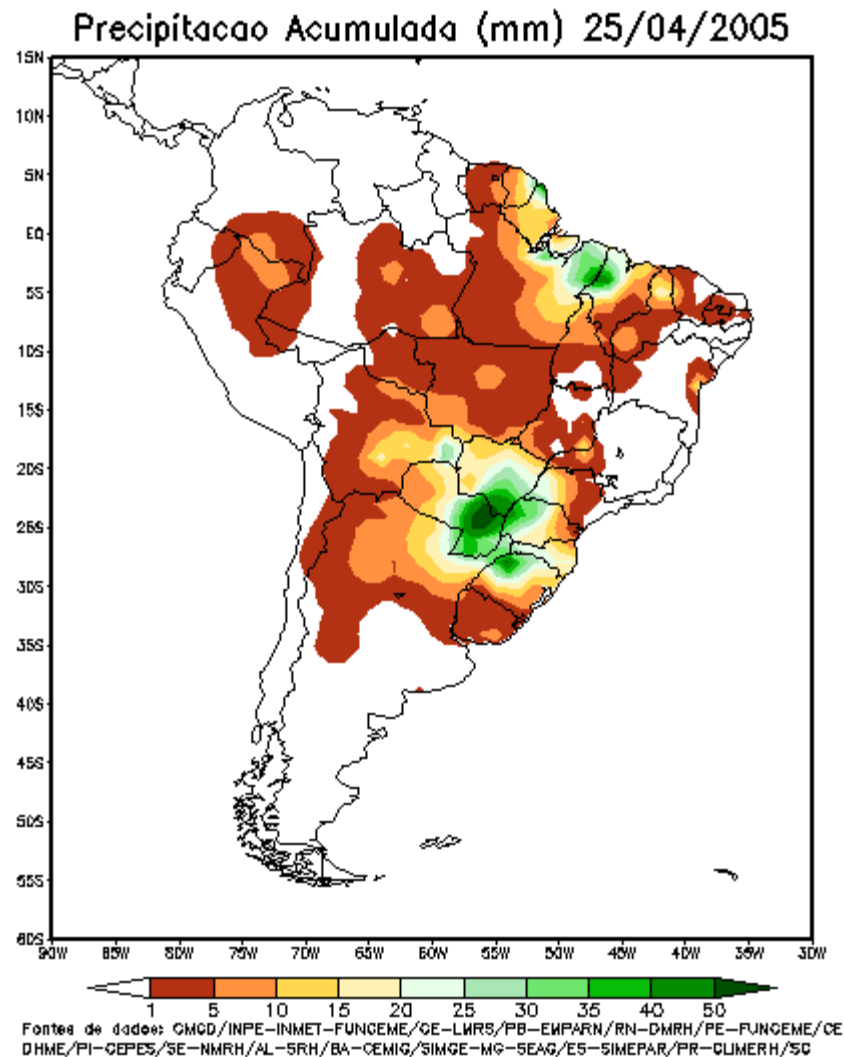
Predominância: sem horário predominante

Duração: média a longa (horas a dias), dependendo da velocidade de deslocamento da frente.

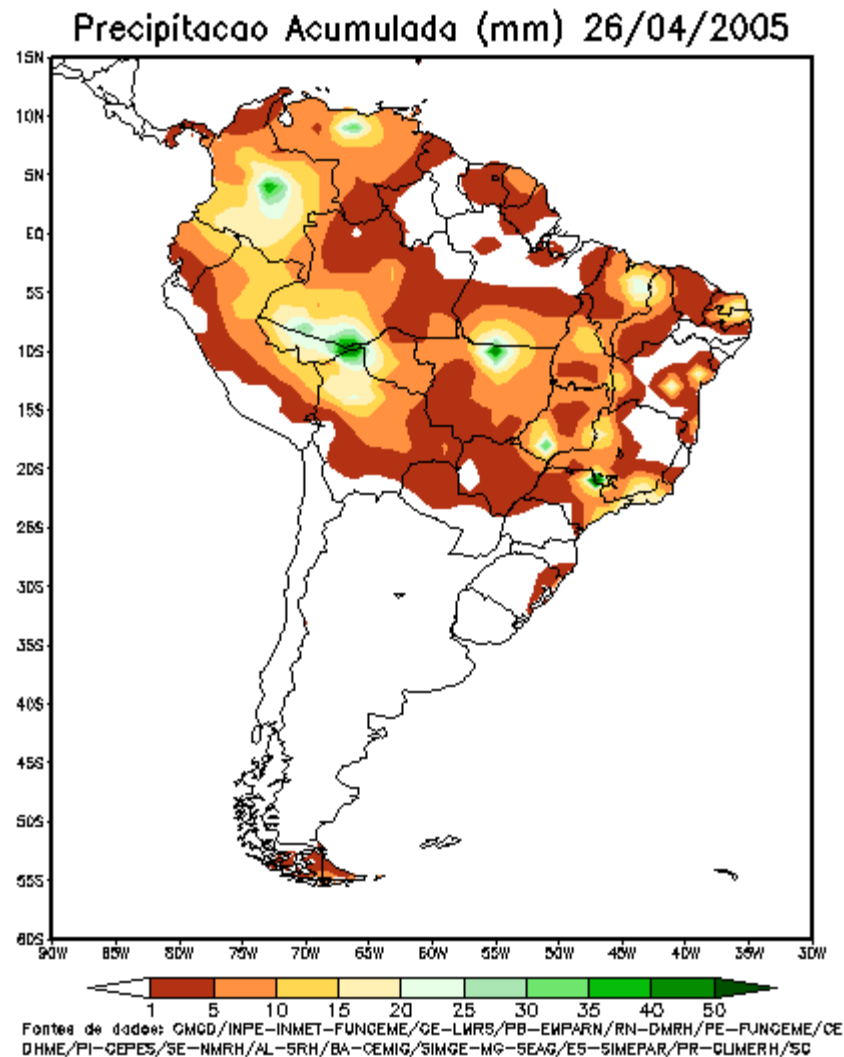
Variabilidade espaço-temporal da chuva frontal



Variabilidade espaço-temporal da chuva frontal



Variabilidade espaço-temporal da chuva frontal



Variabilidade espaço-temporal da chuva frontal

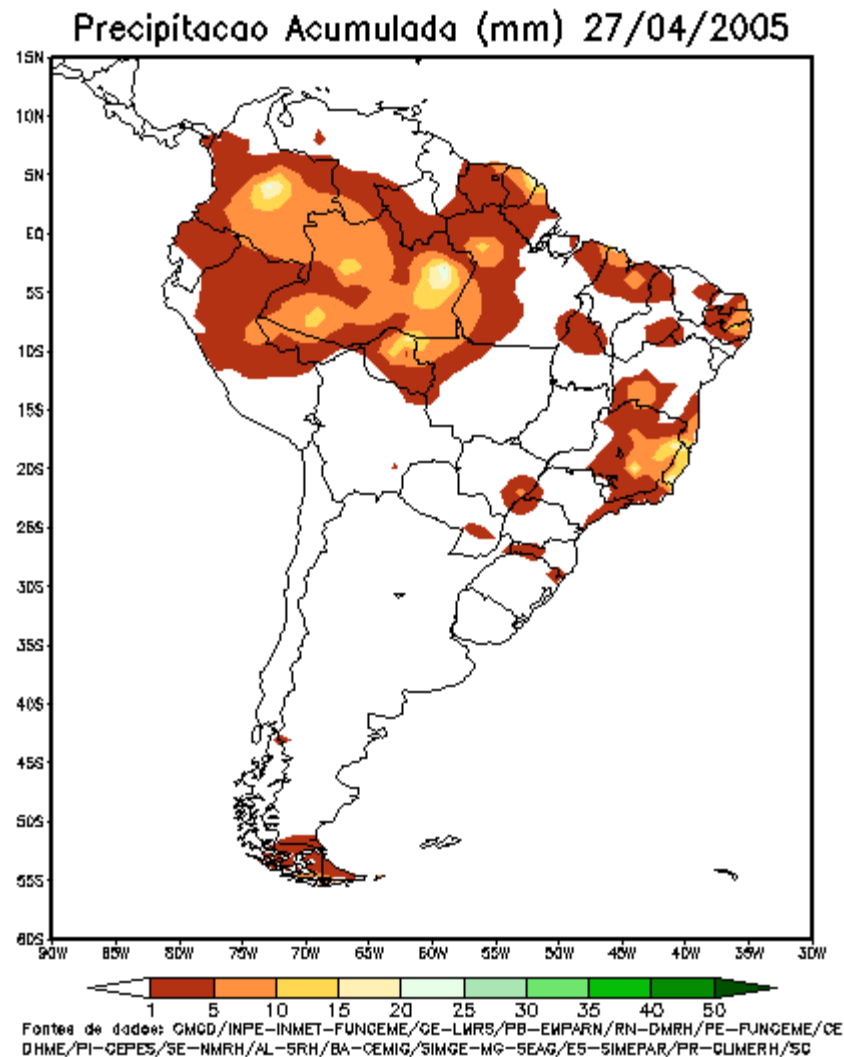


Imagem GOES 13
INPE

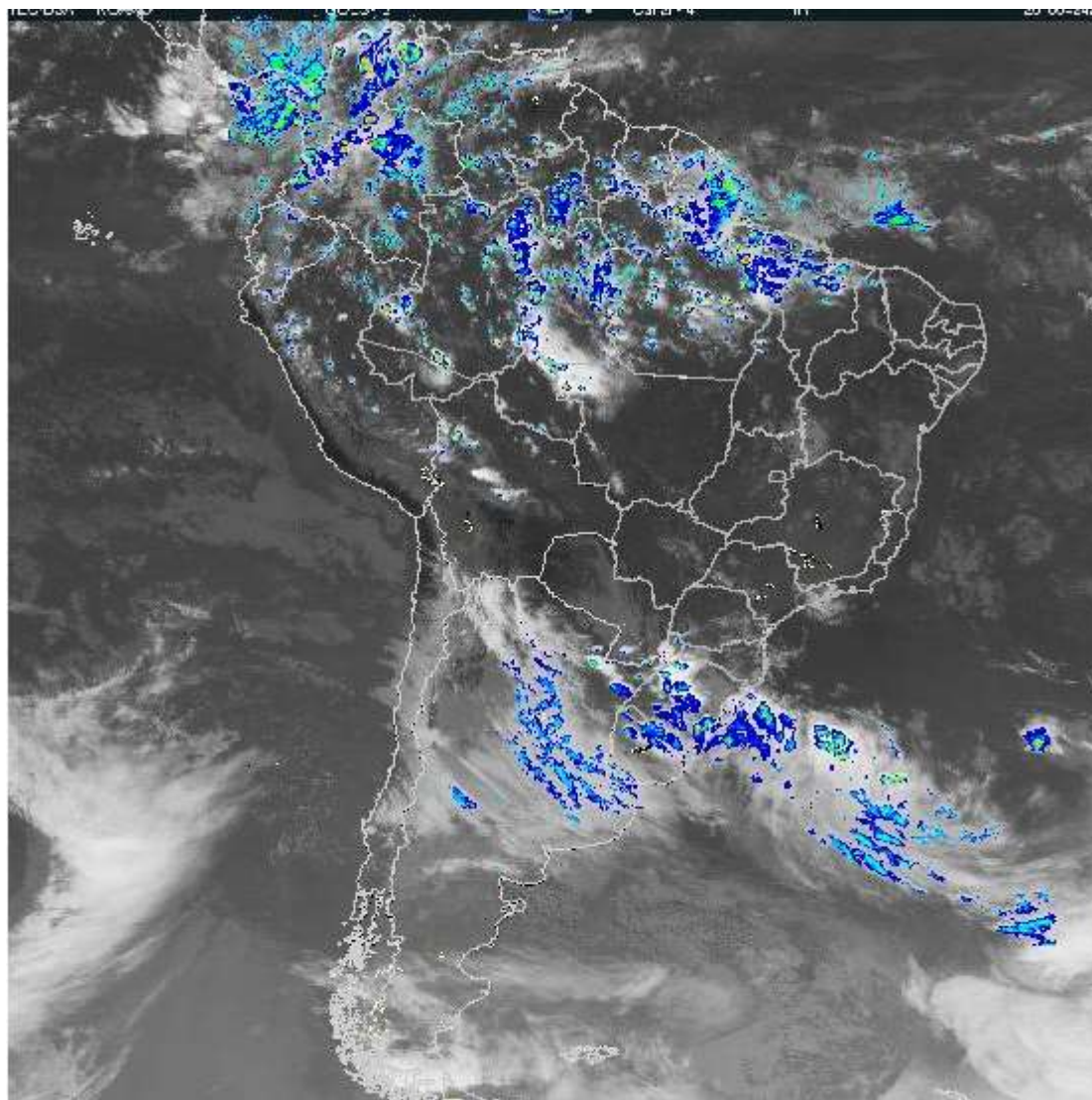


Imagem GOES 13
INPE

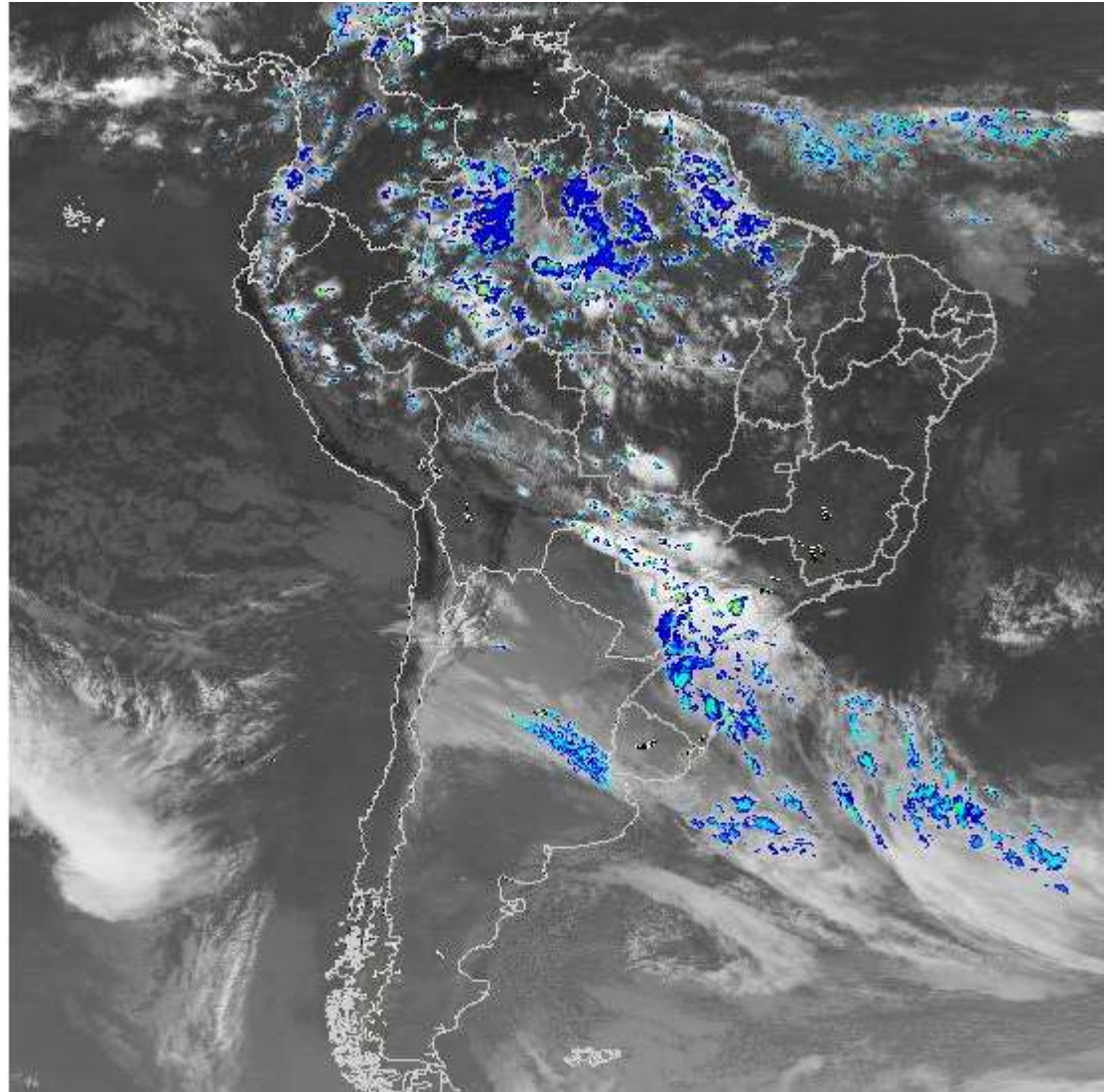


Imagem GOES 13
INPE

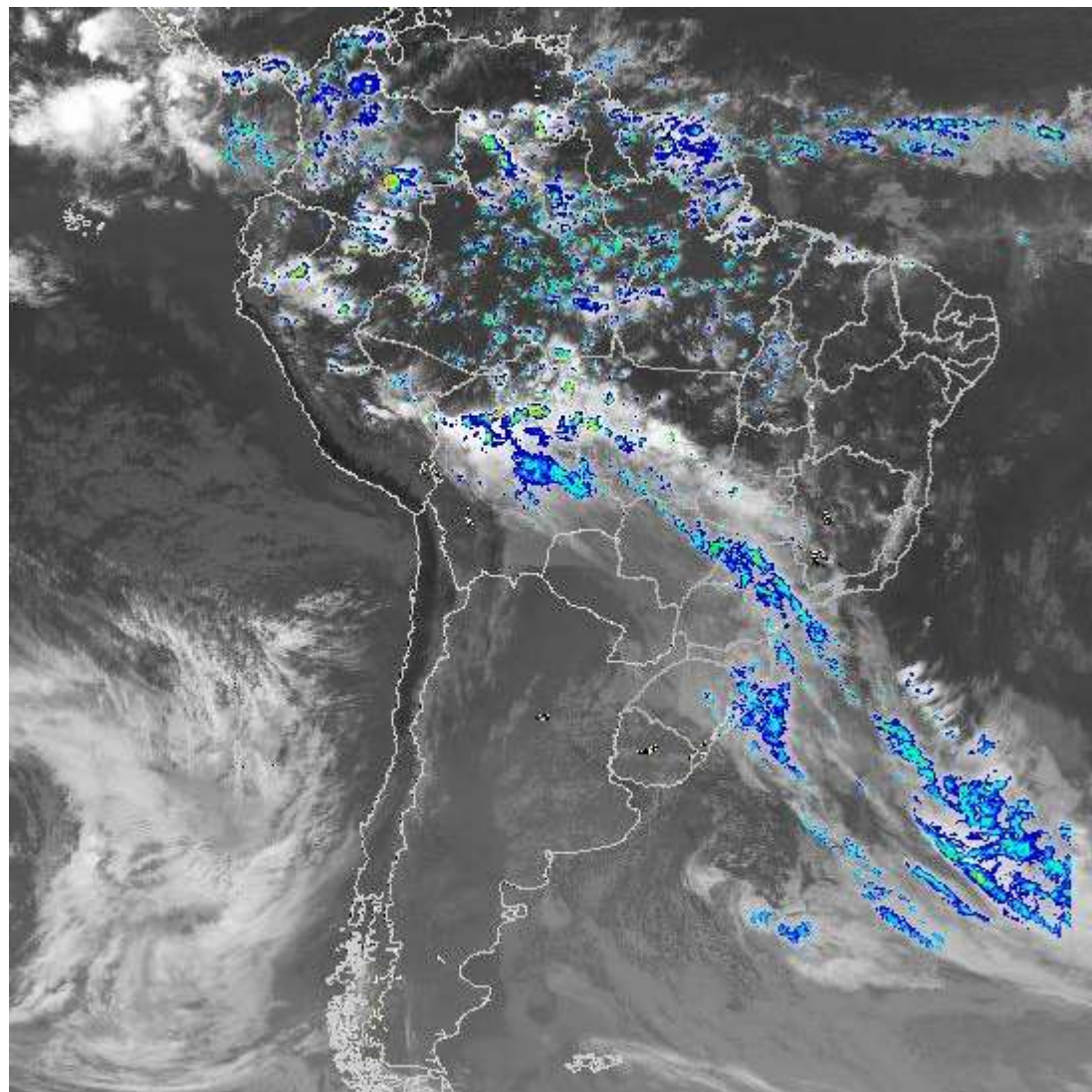


Imagem GOES 13
INPE

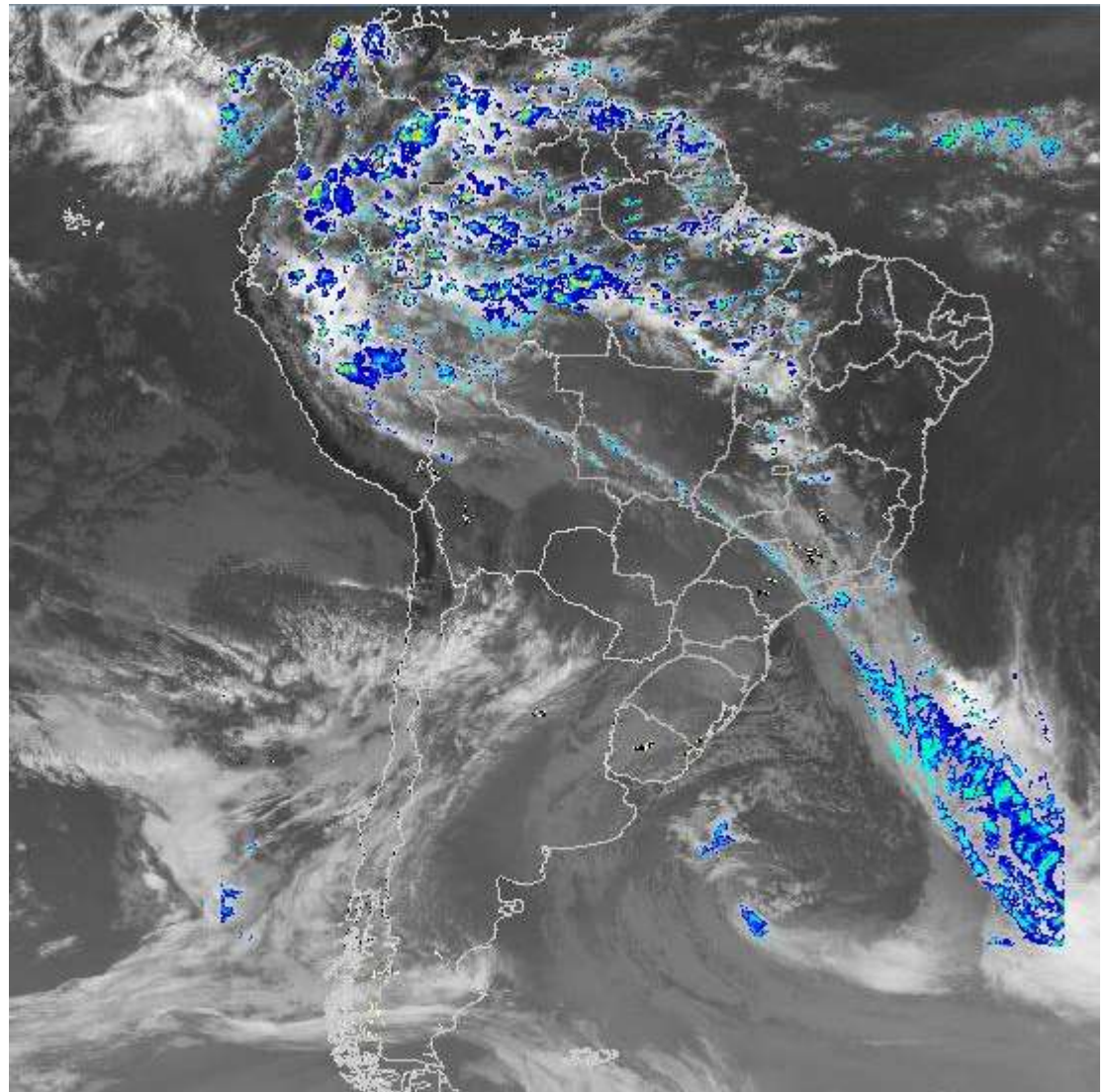


Imagem GOES 13
INPE

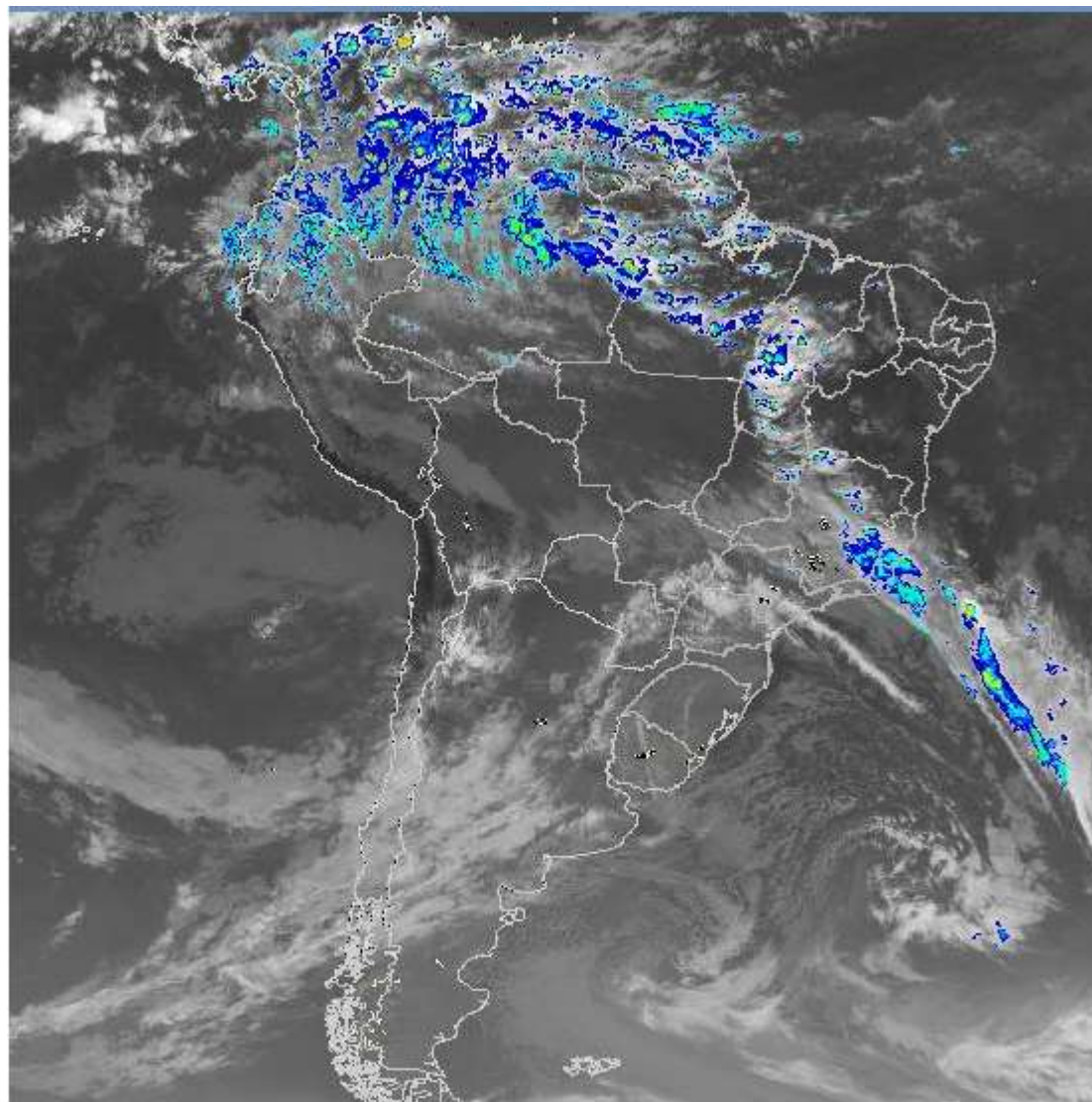


Imagem GOES 13
INPE

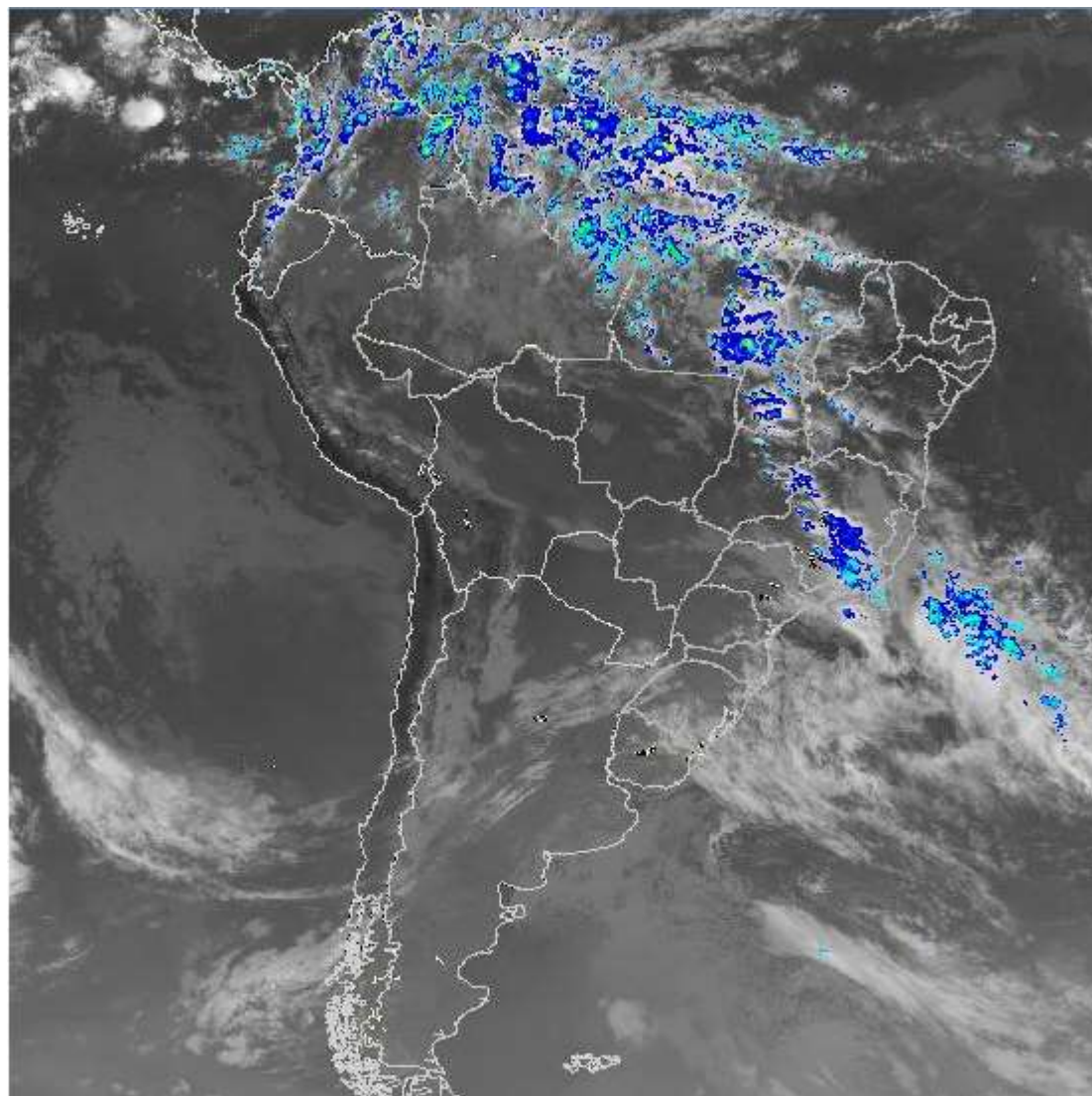


Imagem GOES 13
INPE

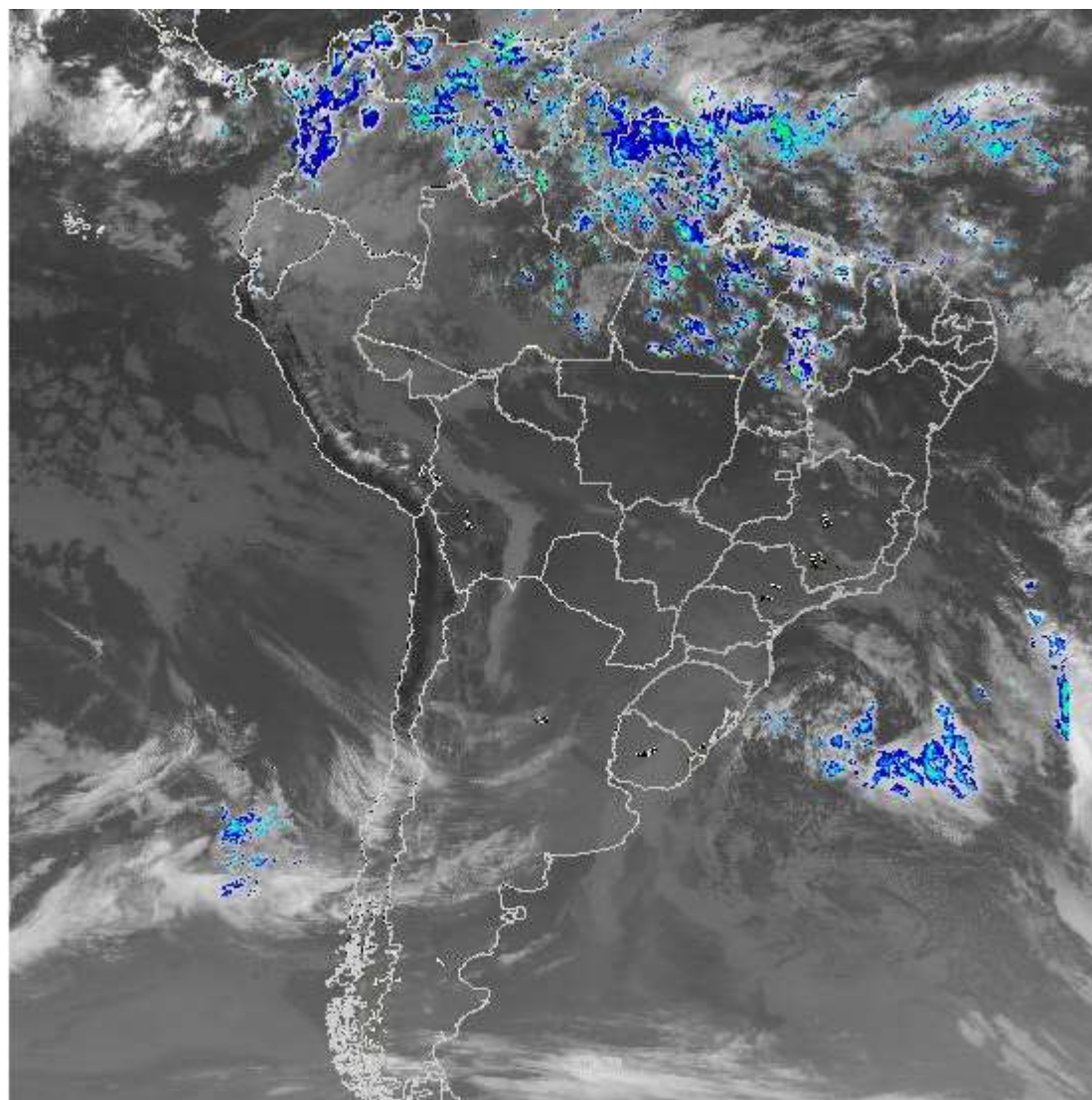


Imagem GOES 13
INPE

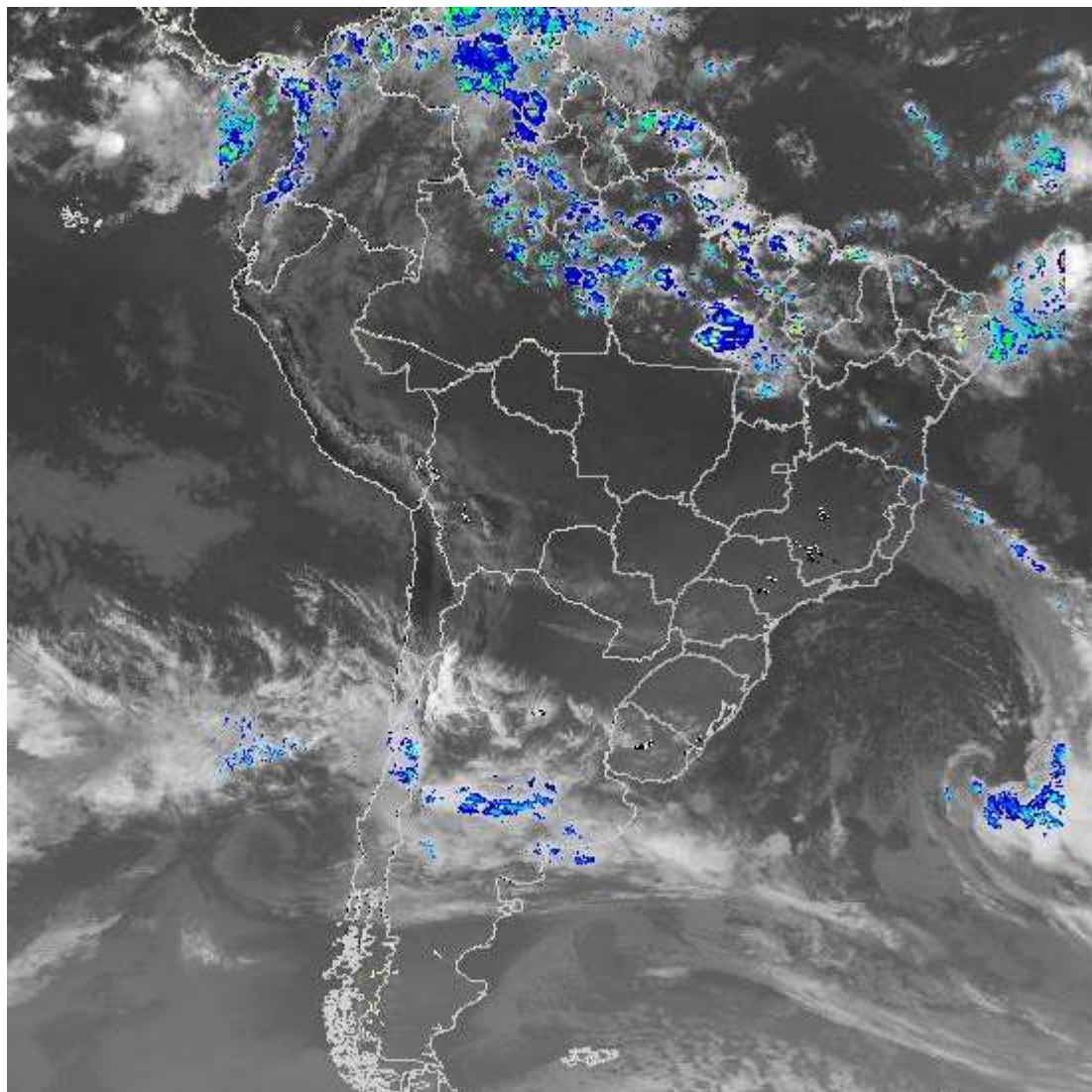
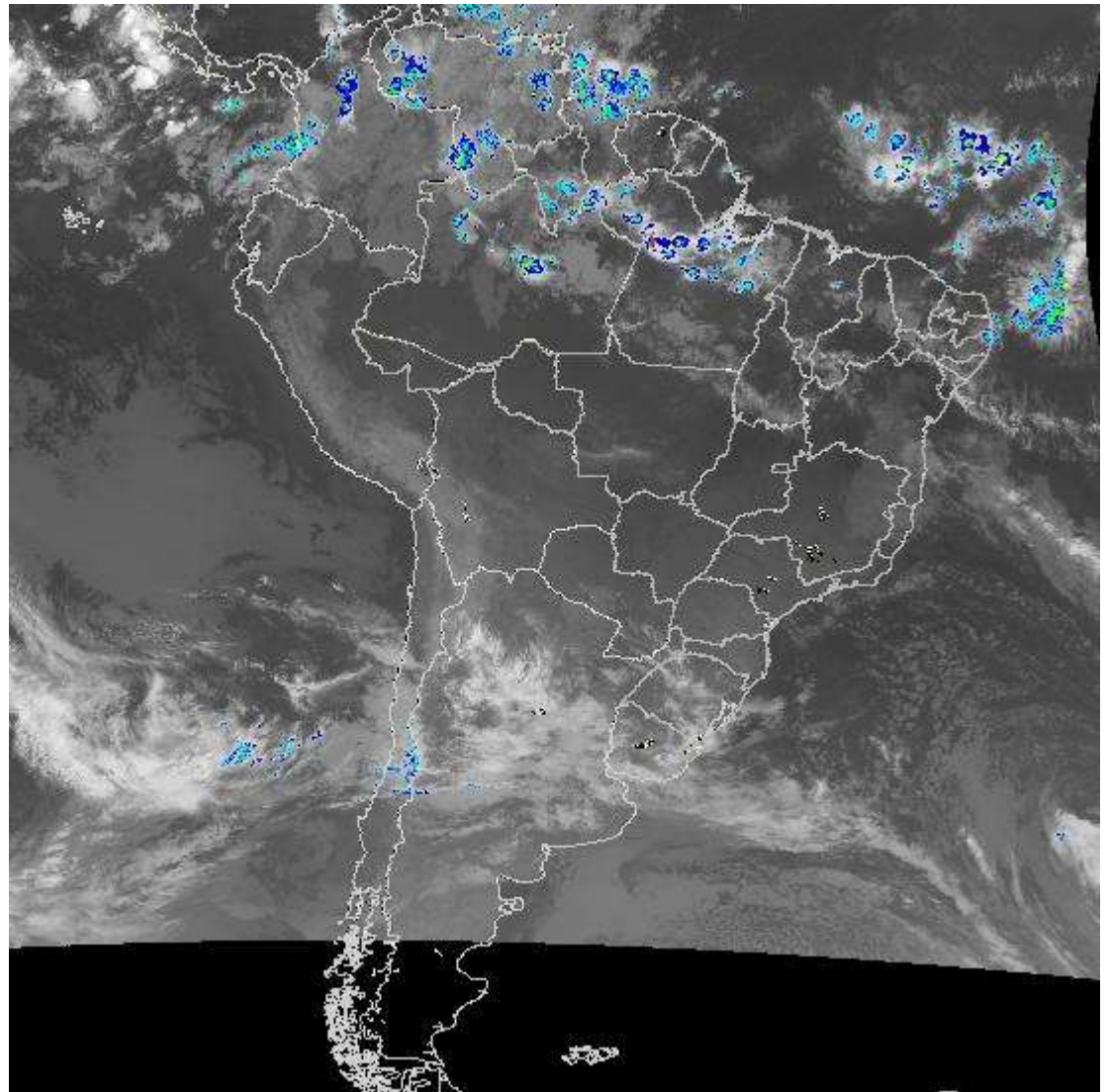
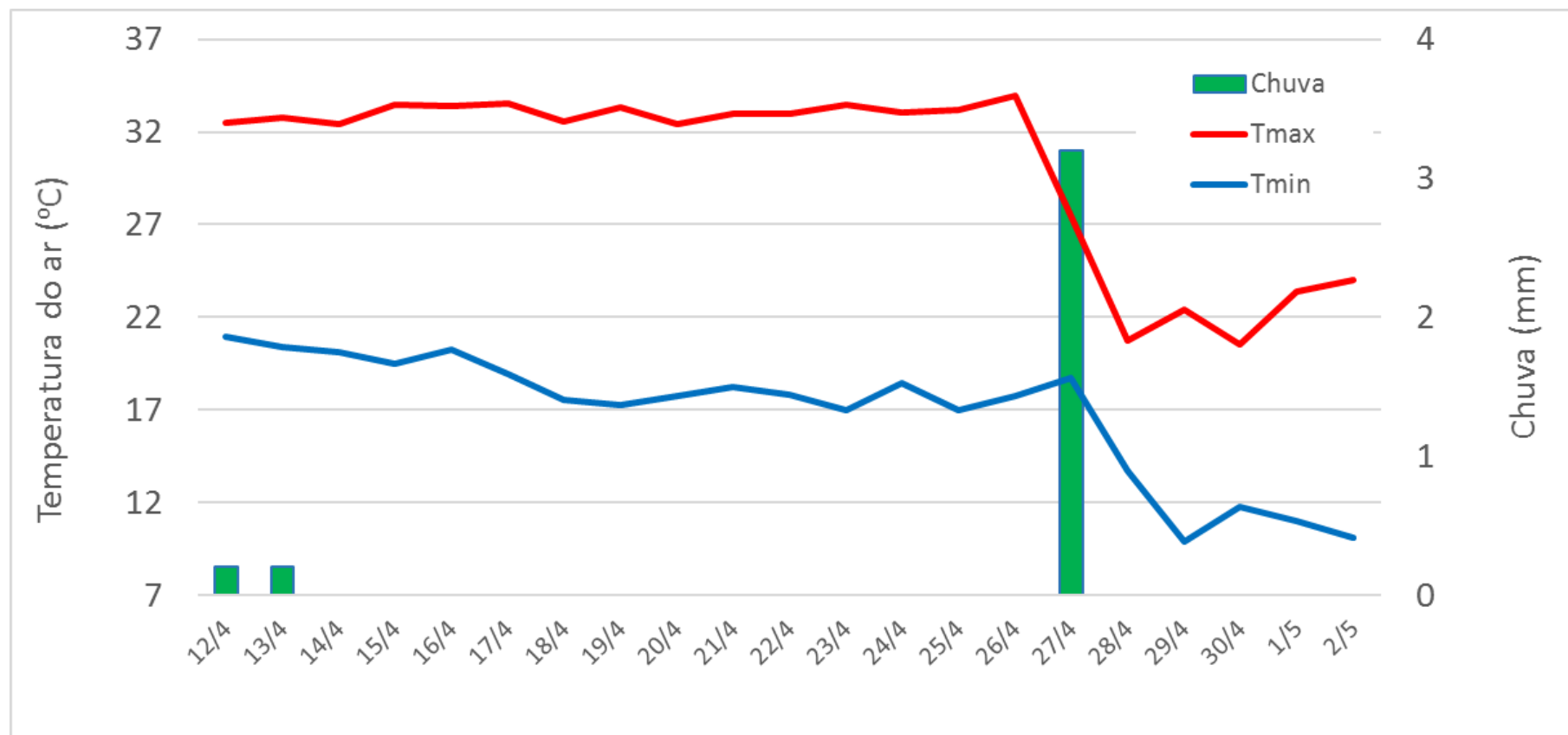


Imagem GOES 13
INPE



Relação entre Chuva e Temperatura no Centro Sul do Brasil

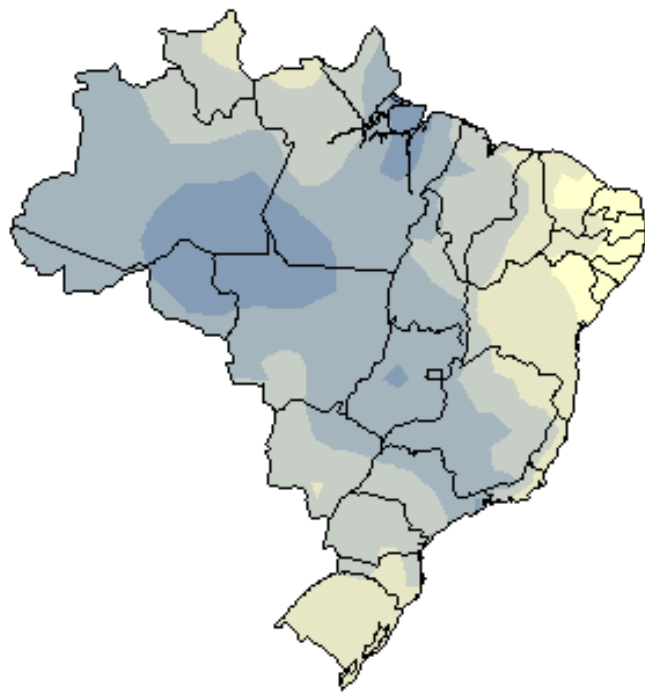


Dados do Posto Meteorológico da
ESALQ entre 12/4/2016 e 2/5/2016

www.leb.esalq.usp.br/posto

Variabilidade espaço-temporal da chuva

PRECIPITAÇÃO - JANEIRO



Fonte: INMET 1931/1990

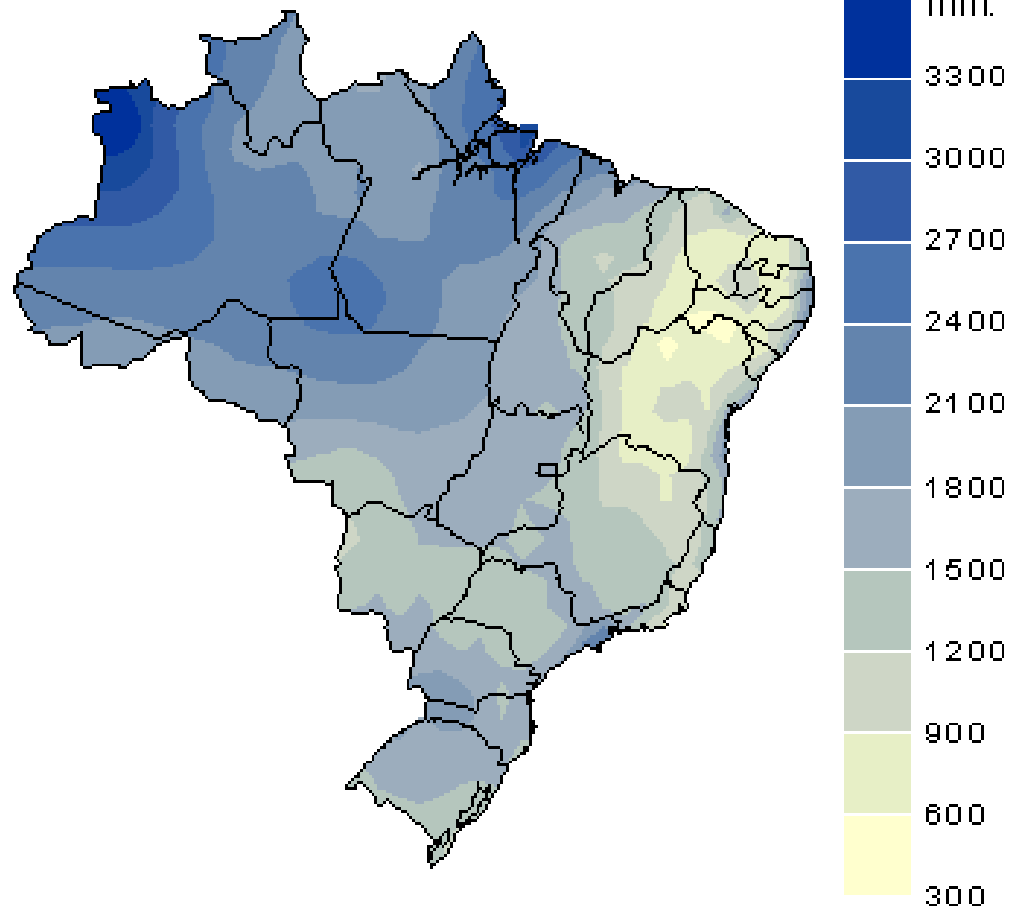
PRECIPITAÇÃO - AGOSTO



Fonte: INMET 1931/1990

Variabilidade espaço-temporal da chuva

PRECIPITAÇÃO ANUAL



Fonte: INMET 1931/1990

Medida da Chuva

$h = \text{volume precipitado} / \text{área de captação}$

$$h = 1\text{L} / 1\text{m}^2 = 1.000 \text{ cm}^3 / 10.000 \text{ cm}^2 = 0,1 \text{ cm} = 1\text{mm}$$



Intensidade da Chuva

$$I = \frac{h \text{ (vol. precipitado / área de captação)}}{t \text{ (tempo)}}$$

$$I = \frac{h \text{ (L / m}^2\text{)}}{t \text{ (hora)}} \longrightarrow I = \frac{h \text{ (mm)}}{t \text{ (hora)}}$$

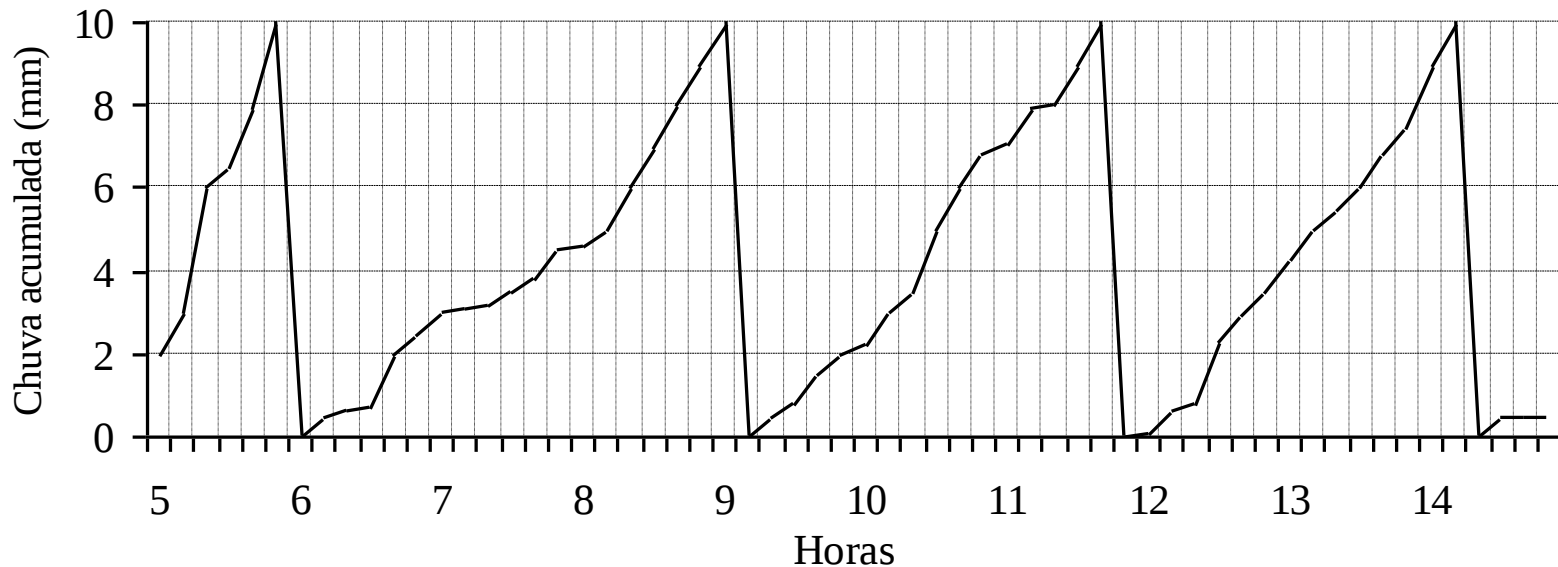


Ilustração de um pluviograma: registro de chuva de um pluviógrafo. Fonte: Marin et al. (2008)

Probabilidade de Ocorrência de Chuvas

- Projetos de Irrigação e Drenagem
- Dimensionamento de sistemas de captação de água
- Métodos simples (distribuição empírica):

$$P = \frac{m}{n + 1} 100$$

em que P é a probabilidade de ocorrência de um valor de um valor crítico, m é o número de ordem dado valor escolhido na sequencia ordenada e n é o número total de dados na série.

Caso hajam valores nulos de chuva (N0) estes devem ser descartados e sugere-se utilizar a seguinte equação:

$$P = \left(1 - \frac{N0}{n}\right) \left(\frac{m}{n + 1 - N0}\right) 100$$

A probabilidade de não chover é dada por N0/n

Exemplo (Março, Piracicaba)

Ano	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925
Chuva (mm)	62	152	30	164	17	117	311	139	84

$$n = 9$$

Re-ordenando

Ano	1921	1919	1917	1925	1922	1924	1918	1920	1923
Chuva (mm)	17	30	62	84	117	139	152	164	311
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P									

Qual a probabilidade de chover menos de 80mm em março em Piracicaba?

$$P = \frac{4}{9 + 1} 100$$

$$P = 40\%$$

Exemplo (Março, Piracicaba)

Ano	1921	1919	1917	1925	1922	1924	1918	1920	1923
Chuva (mm)	17	30	62	84	117	139	152	164	311
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P									

Qual a probabilidade de chover mais de 150mm em março em Piracicaba?

$$P = \frac{7}{9 + 1} 100$$

$$(1 - P) = 30\%$$

Exemplo (Julho, Piracicaba)

Ano	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Chuva (mm)	8	4	14	8	10	53	90	15	0	0

$n = 10$

$NO = 2$

Re-ordenando

Ano	1959	1960	52	51	54	55	53	58	56	57
Chuva (mm)	0	0	4	8	8	10	14	15	53	90
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P										

Qual a probabilidade de chover menos de 50mm em março em Piracicaba?

$$P = \left(1 - \frac{NO}{n}\right) \left(\frac{m}{n + 1 - NO}\right) 100 \quad P = \left(1 - \frac{2}{10}\right) \left(\frac{9}{10 + 1 - 2}\right) 100 \quad P = 80\%$$

Exemplo (Julho, Piracicaba)

Ano	1959	1960	52	51	54	55	53	58	56	57
Chuva (mm)	0	0	4	8	8	10	14	15	53	90
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P										

Qual a probabilidade de não chover?

$$P = 20\%$$

Qual a probabilidade de chover mais de 10 mm?

$$P = \left(1 - \frac{2}{10}\right) \left(\frac{6}{10 + 1 - 2}\right) 100 \quad P = 53\%$$

Tempo de Retorno (t)

- Também conhecido como intervalo médio ou tempo de recorrência de um valor maior que a chuva associada a probabilidade P:

$$t = 1 / (1-P)$$

Exemplo:

Qual o tempo de retorno de um chuva maior que 50 mm em Julho em Piracicaba?

$$t = 1 / (1-0,8) = 5$$

ou seja, a cada 5 anos, em média, tem-se chuva de 50 mm em Piracicaba no mês de Julho.

Exercício

1. Uma massa de ar que está ao nível do solo, a 30°C e com UR de 40%, eleva-se na atmosfera, com uma taxa de resfriamento de $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (gradiente adiabático úmido). Calcule:
 - a) qual é a e_s e e_a da parcela ao nível do solo?
 - b) em que altitude (m) e com que temperatura ($^{\circ}\text{C}$) a parcela de ar, devido ao resfriamento adiabático, atingirá a saturação, dando início ao processo de formação de nuvens?

2. Um pluviômetro, cujo raio da área de captação é de 11,35 cm, coletou, em 10 horas, um total de 1,2L de água da chuva. Calcule:
 - a) a altura pluviométrica (h)?
 - b) A intensidade da chuva (i), em mm/hora?