

Recursos Hídricos na Região Sudeste: Segurança Hídrica, Riscos, Impactos e Soluções

Academia Brasileira de Ciências

A Seca de 2014 na Região Sudeste: Causas e Prognósticos

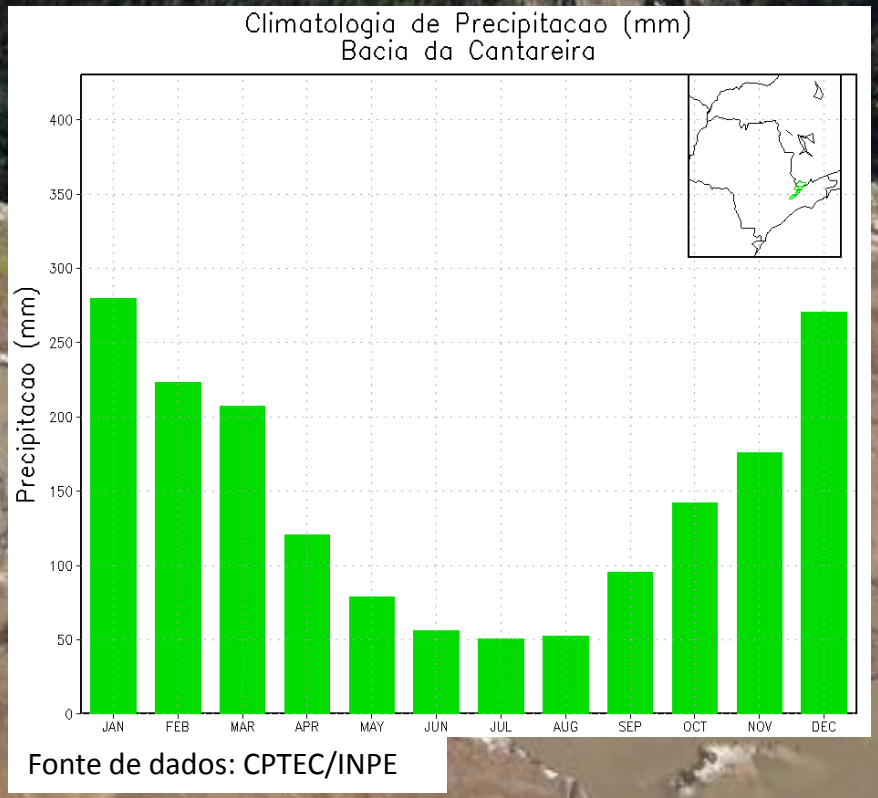
Marcelo Seluchi

Adriana Cuartas

CEMADEN/MCTI

São Paulo, 20-21 de novembro de 2014





Fonte de dados: CPTEC/INPE

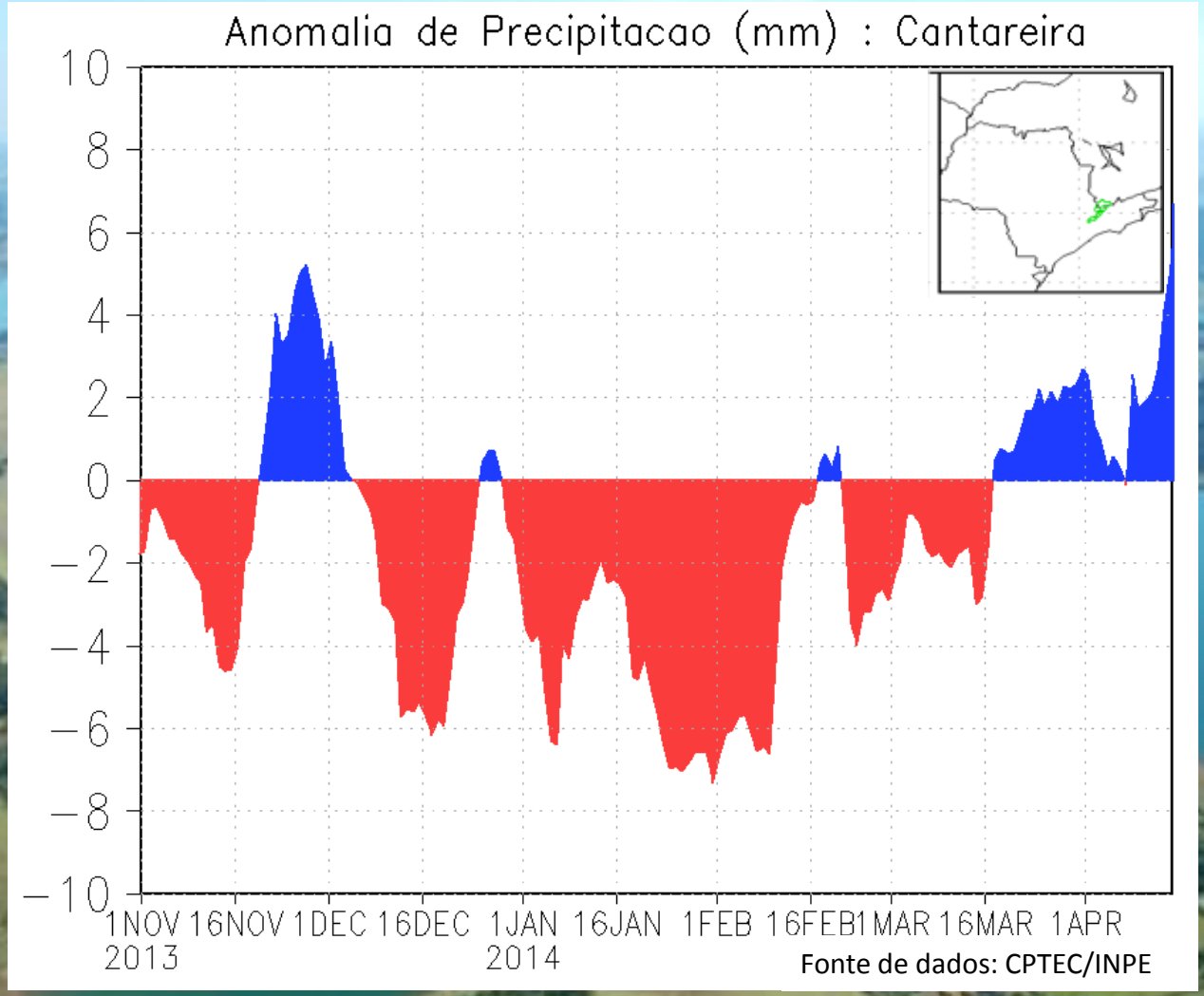
Tabela 3 – Contribuição mensal de chuva para a Região Sudeste do Brasil baseada nos dados de chuva da ANEEL, no período de 1959-97 (Fonte. /INPE)

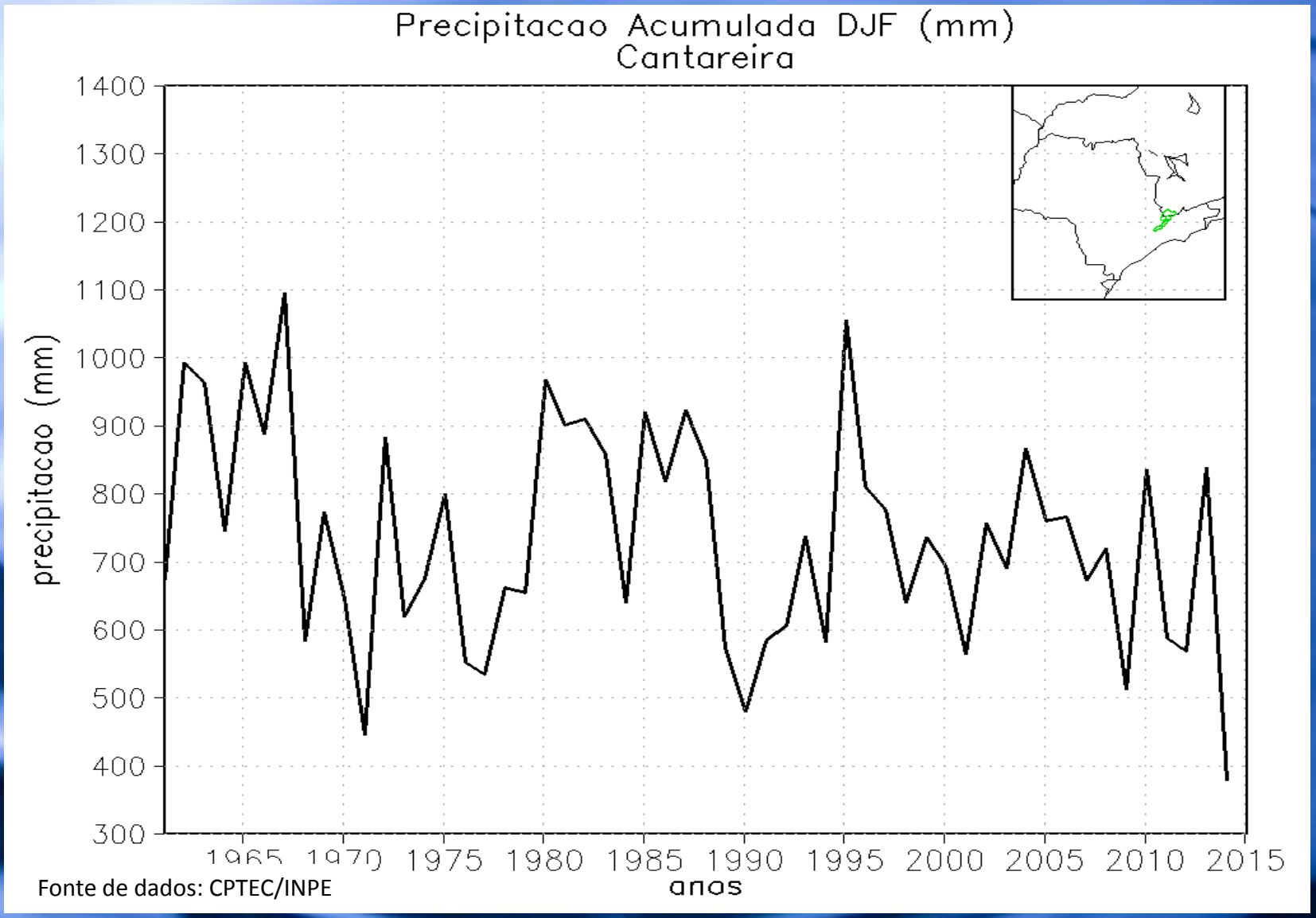
Mês	Contribuição % mensal	Contribuição% acumulada
Janeiro	17.2	17.2
Fevereiro	12.2	29.4
Março	11.3	40.7
Abril	5.7	46.4
Maio	3.5	49.9
Junho	2.1	52.0
Julho	1.9	53.9
Agosto	1.8	55.7
Setembro	4.2	59.9
Outubro	8.9	68.8
Novembro	13.6	82.
Dezembro	17.6	100

DJF ~ 47%

Nov - Mar ~ 72%

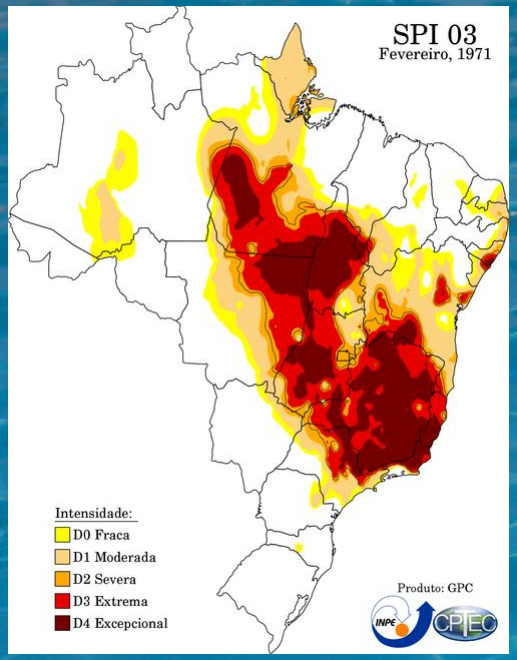
Evolução da precipitação no verão 2013-2014

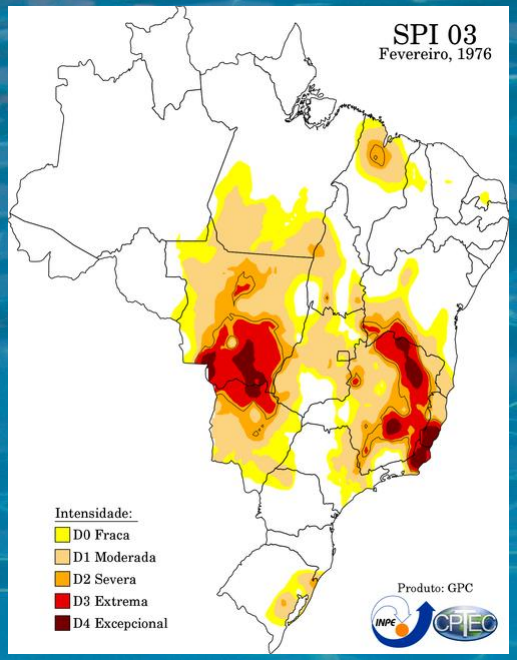


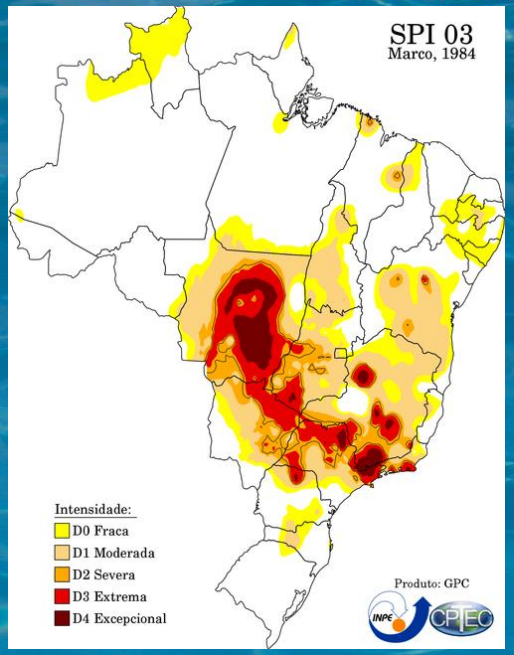


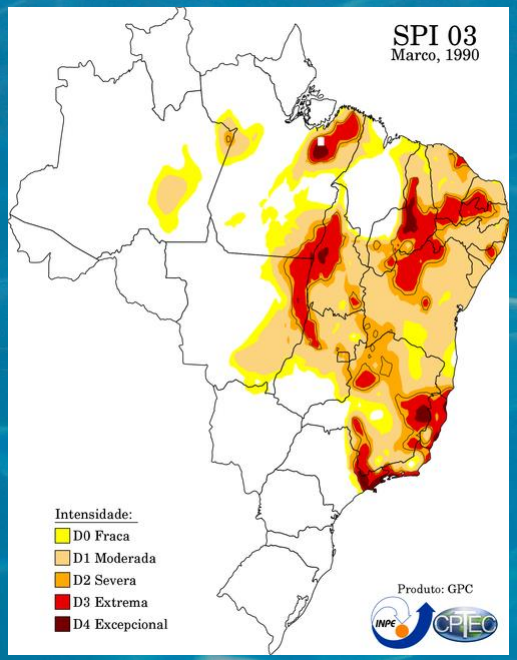
Fonte de dados: CPTEC/INPE

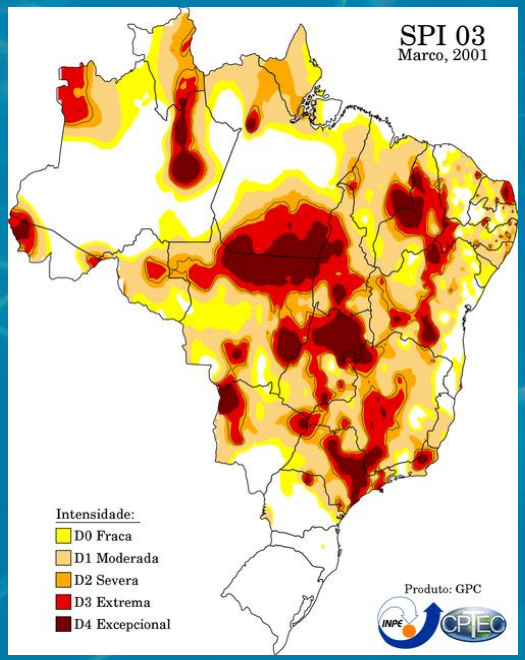
ultrad.com.br

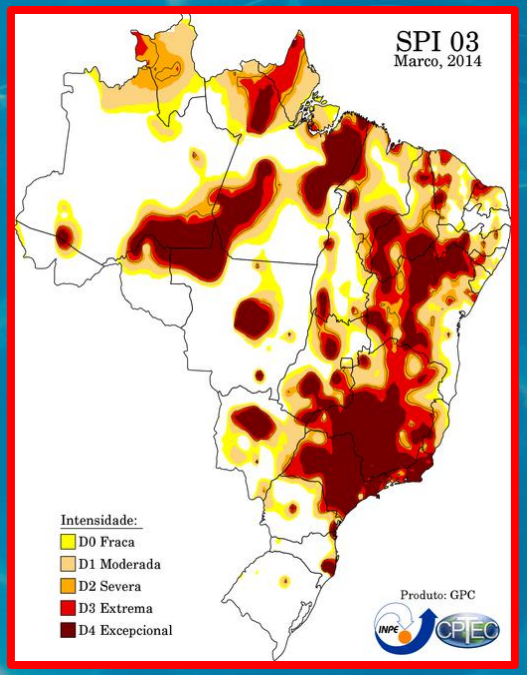




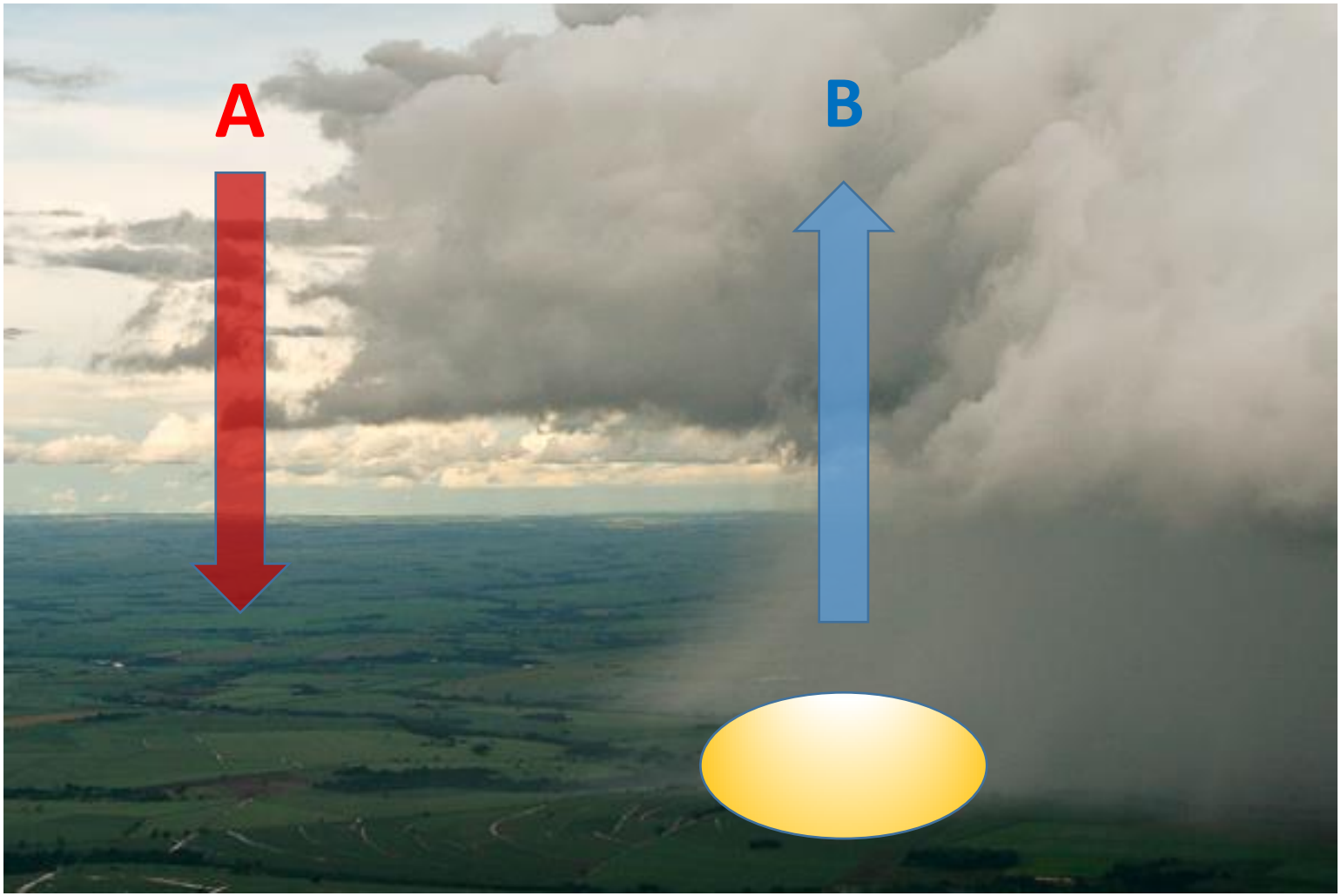


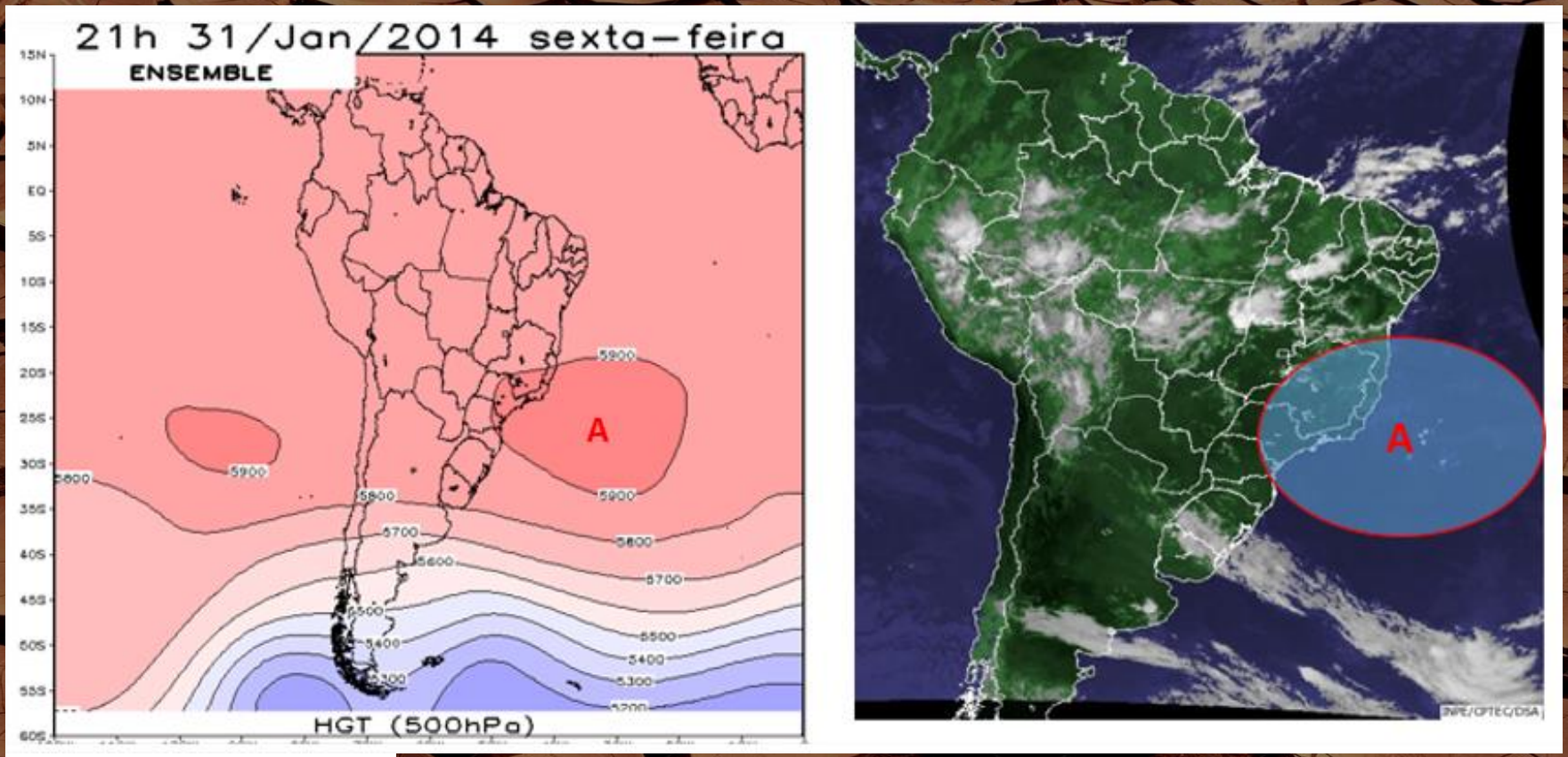




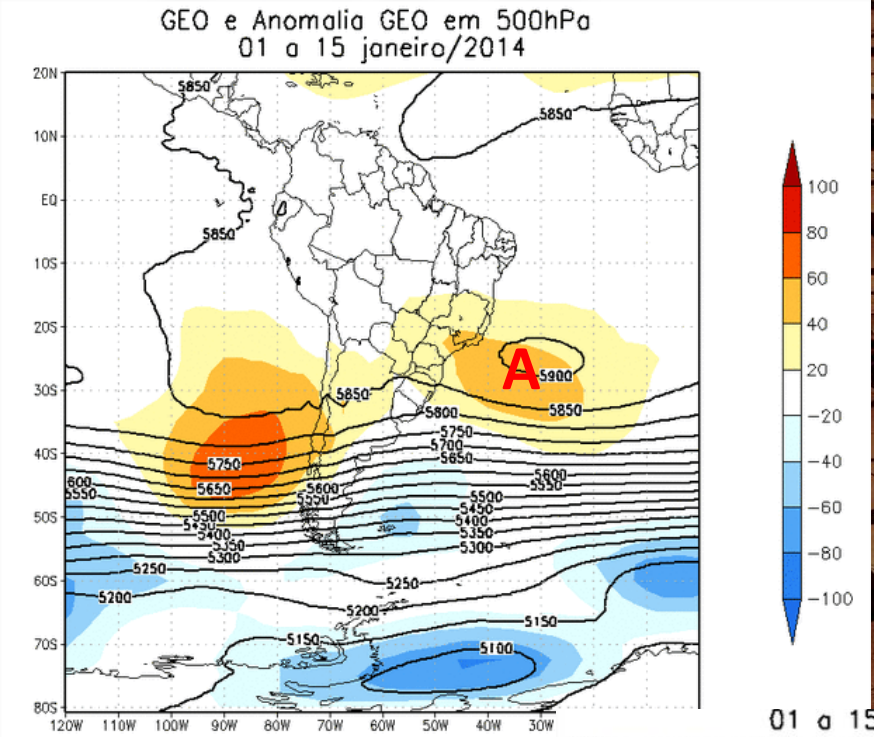


MECANISMO DA CHUVA

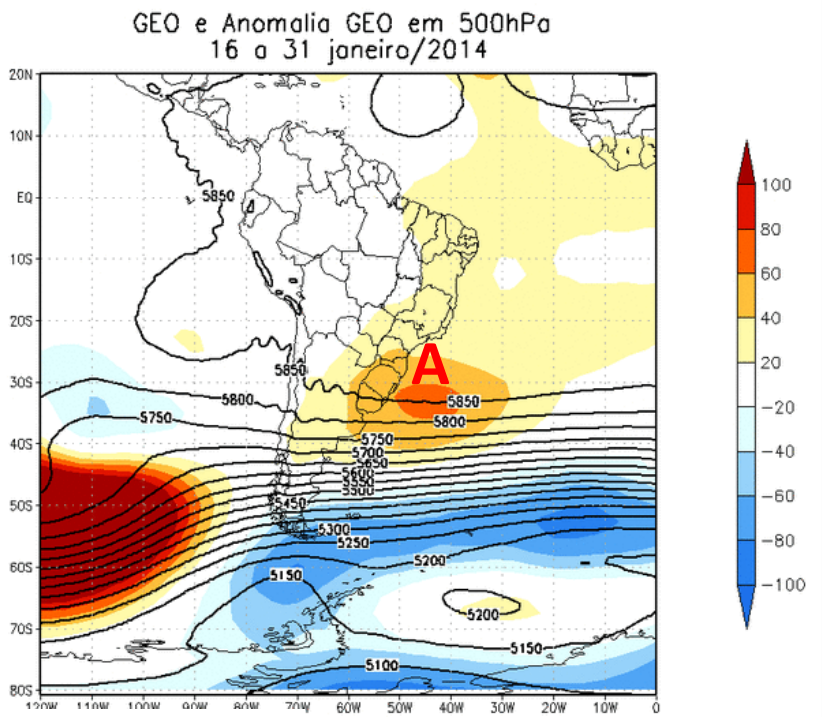


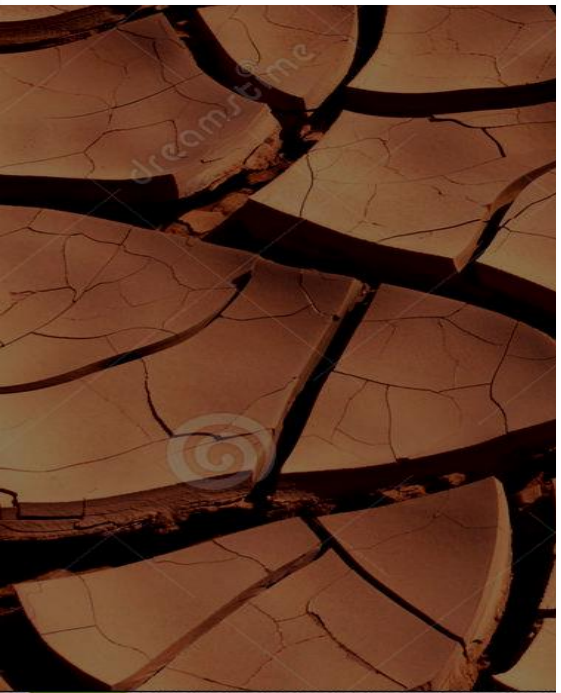


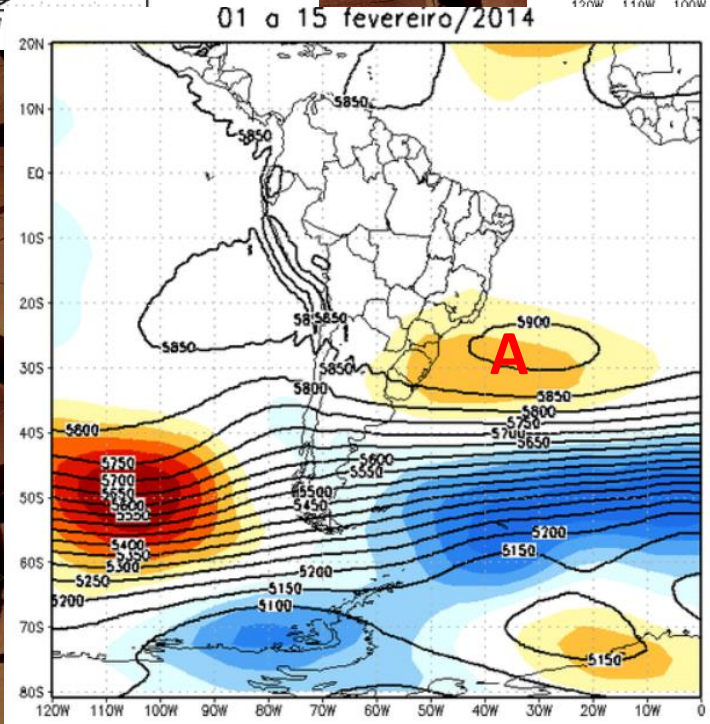
Fonte de dados: CPTEC/INPE

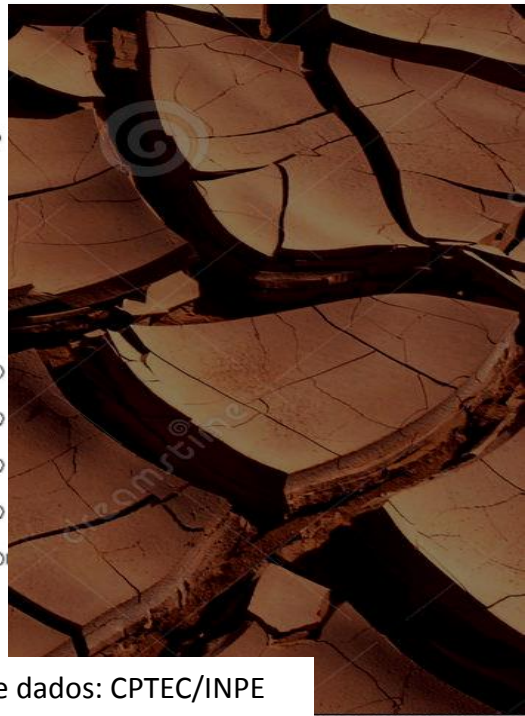






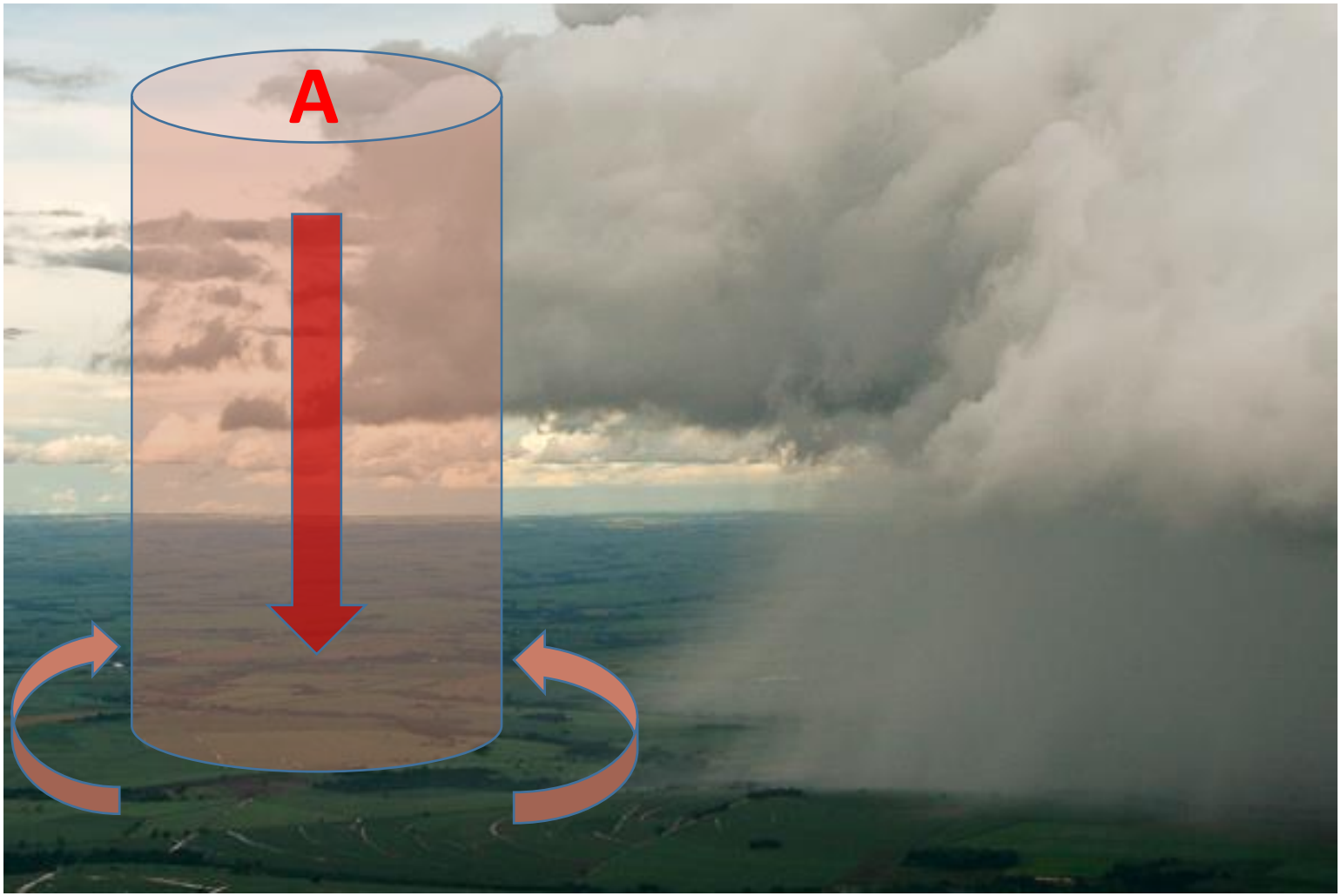




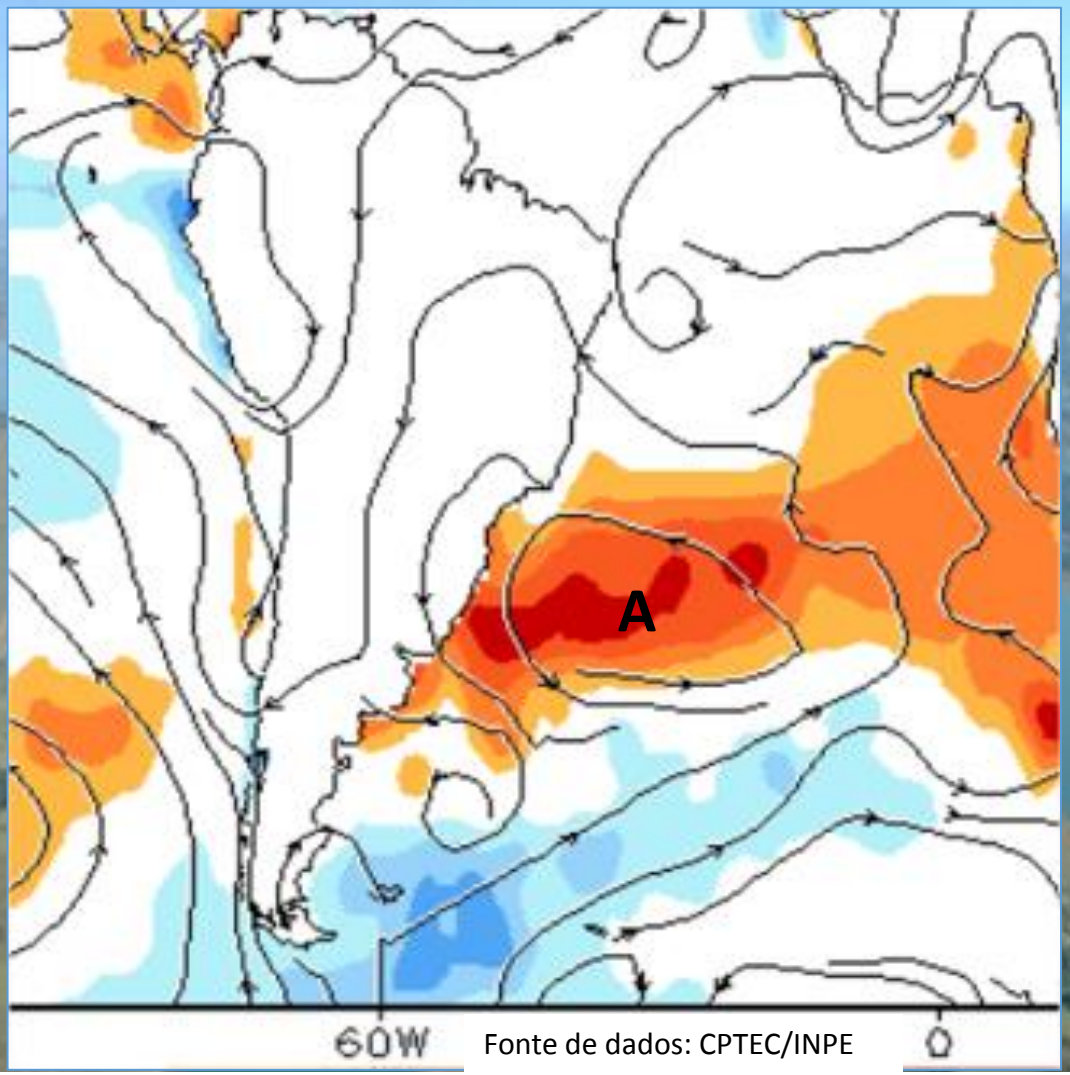


Fonte de dados: CPTEC/INPE

SISTEMA DE BLOQUEIO

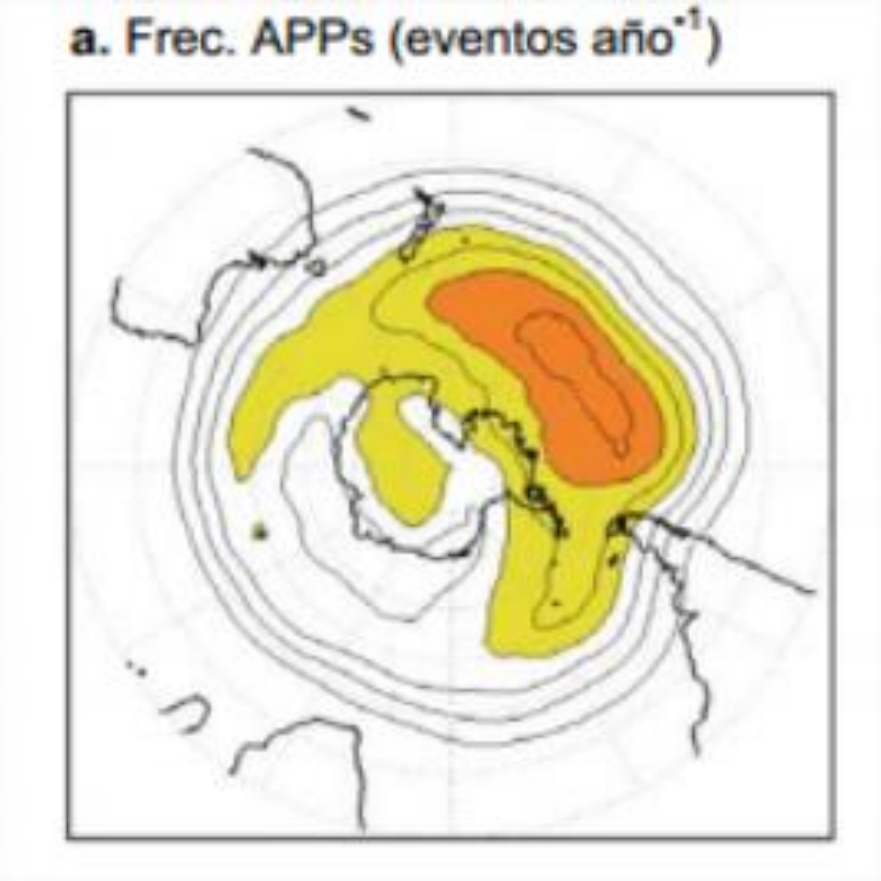


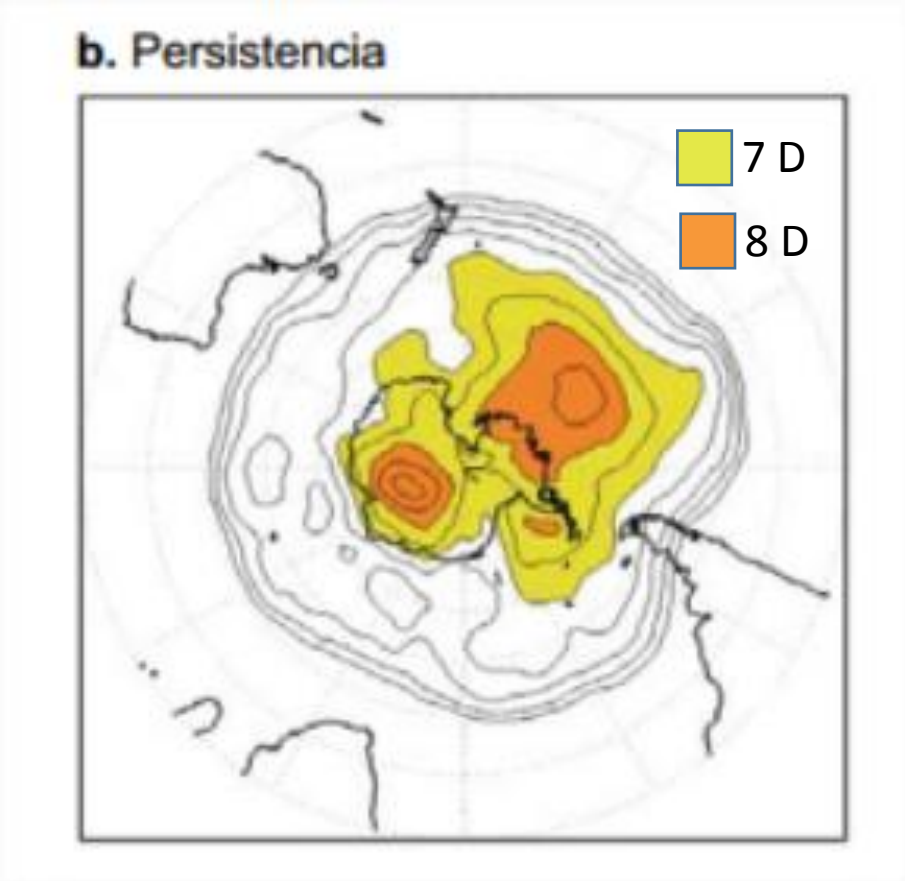
Circulação Atmosférica e Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar Janeiro 2014



Fonte de dados: CPTEC/INPE

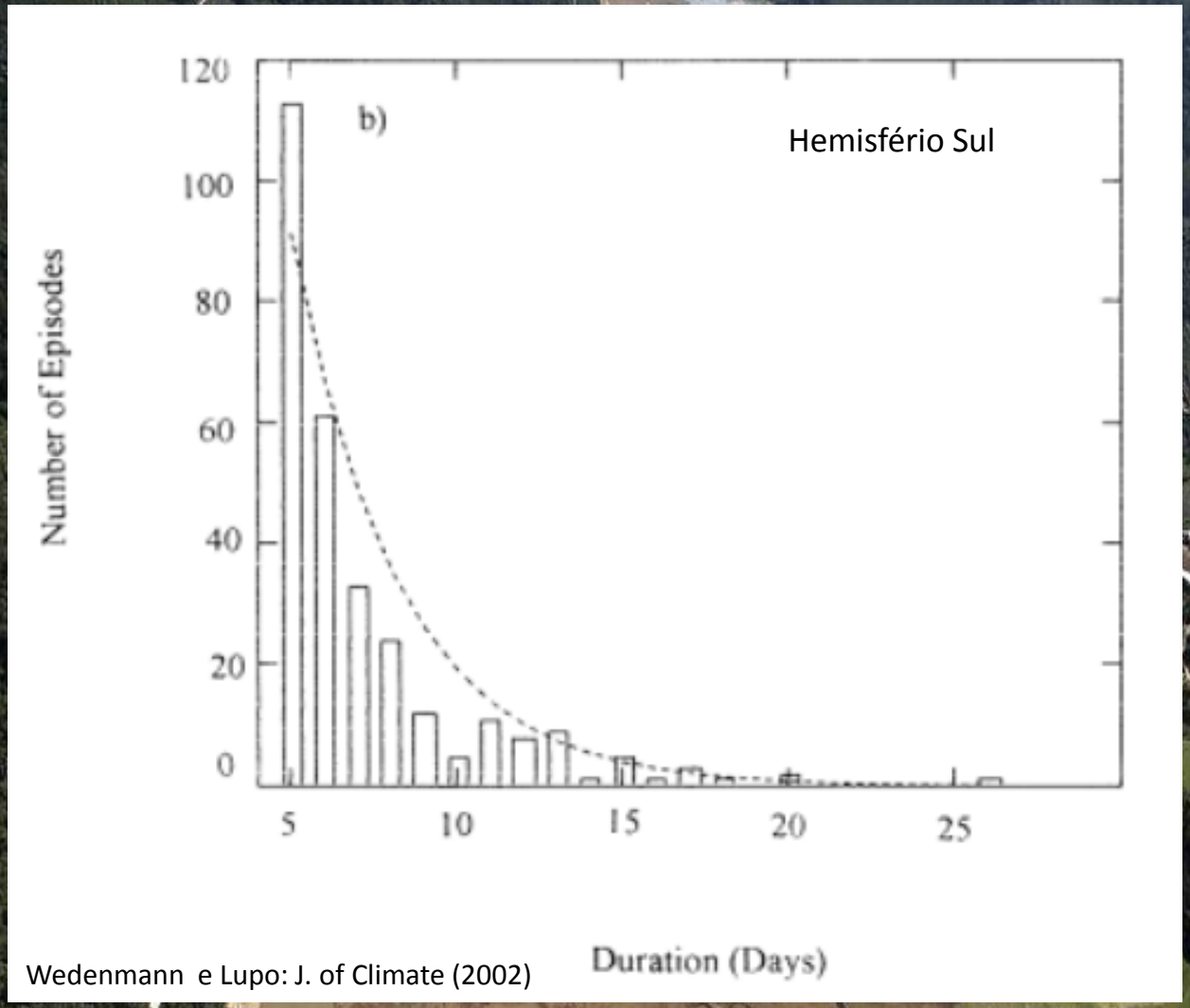
ultrad.com.br



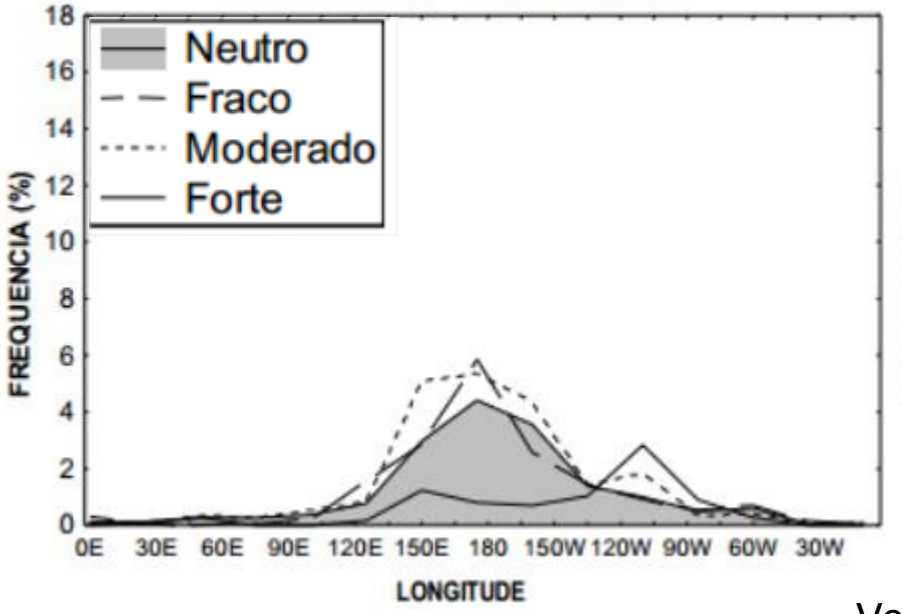


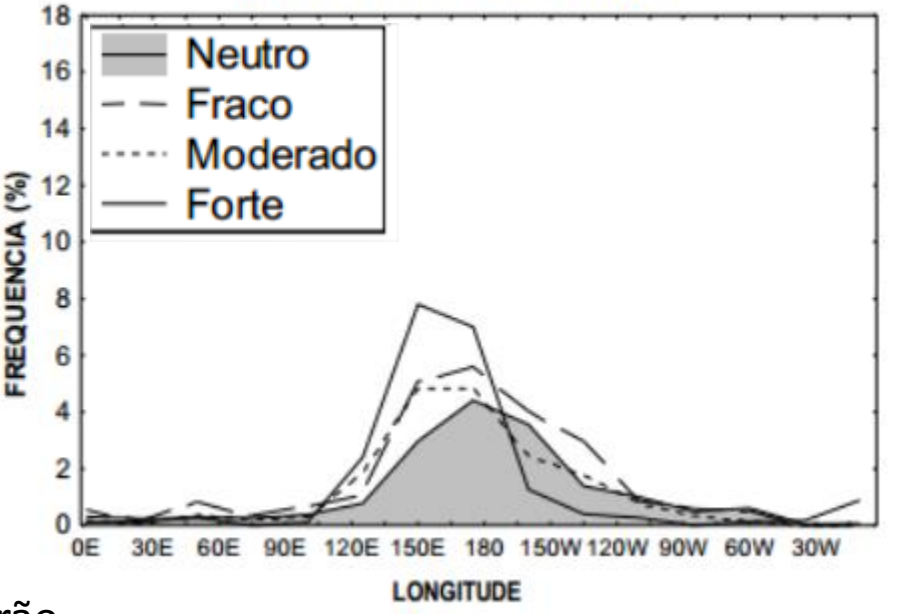
Análises NCEP 1958-2005

Boiser Echenique J.P, Garreaud R.D, (2008) Dissertação de Mestrado. Universidad de Chile



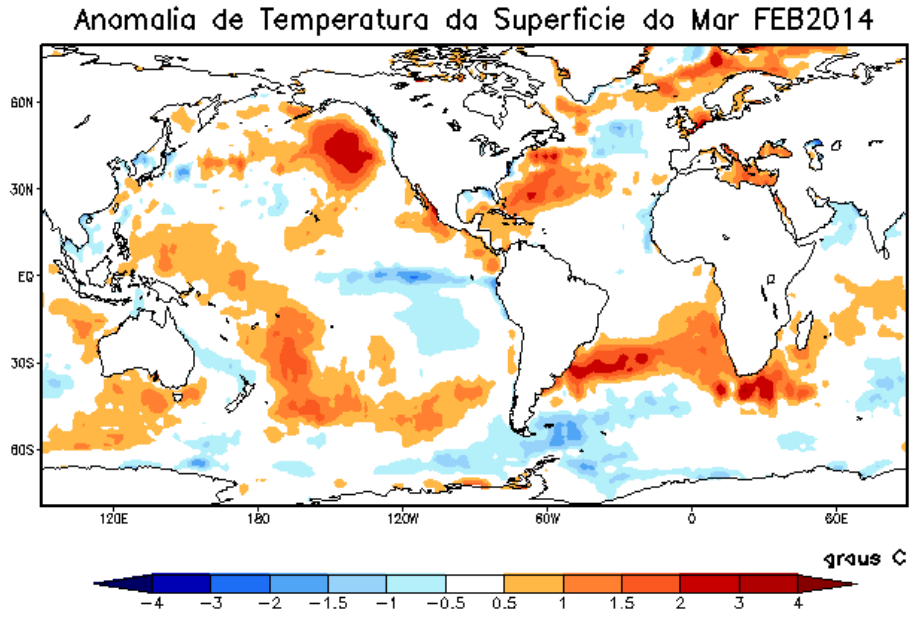
Wedenmann e Lupo: J. of Climate (2002)

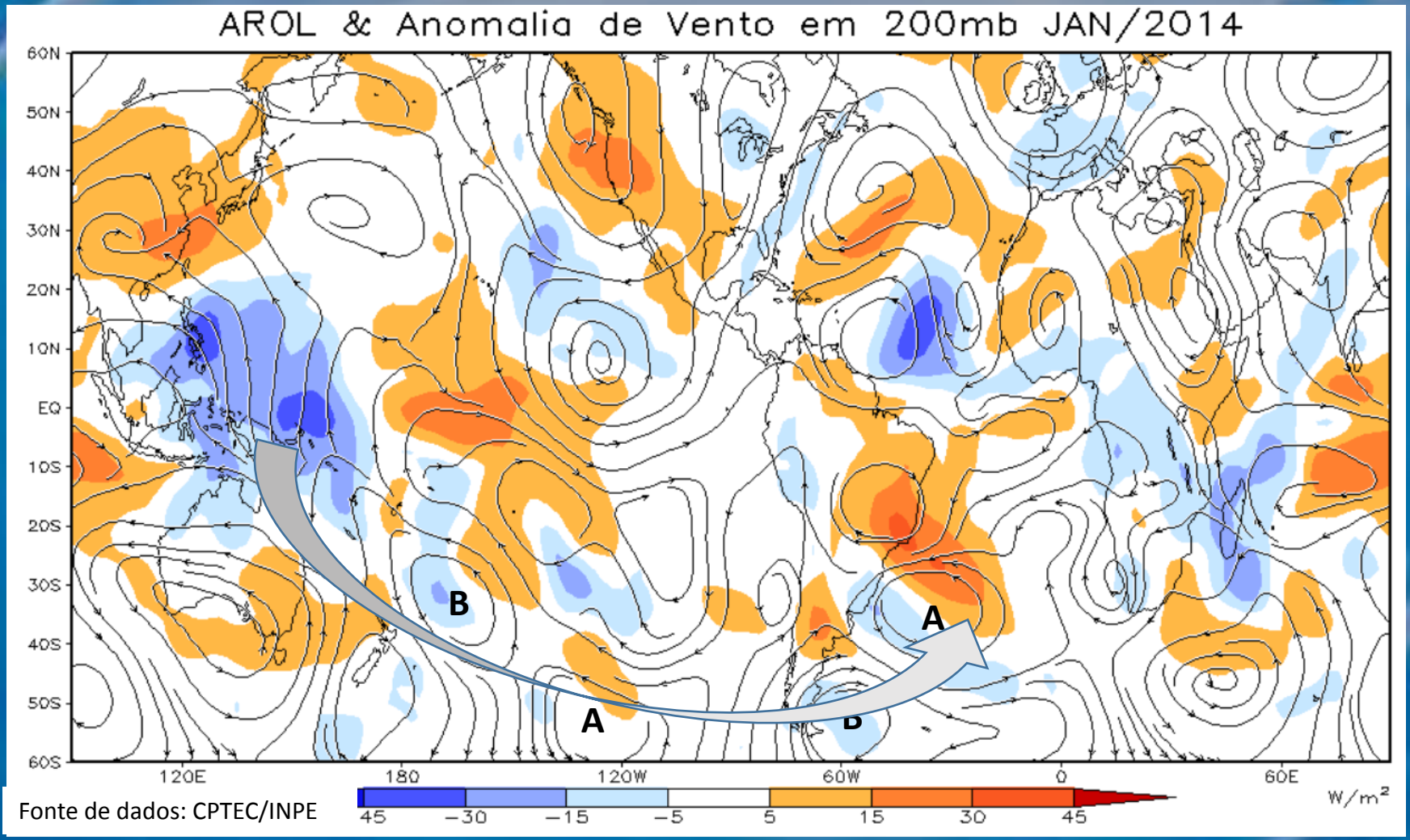




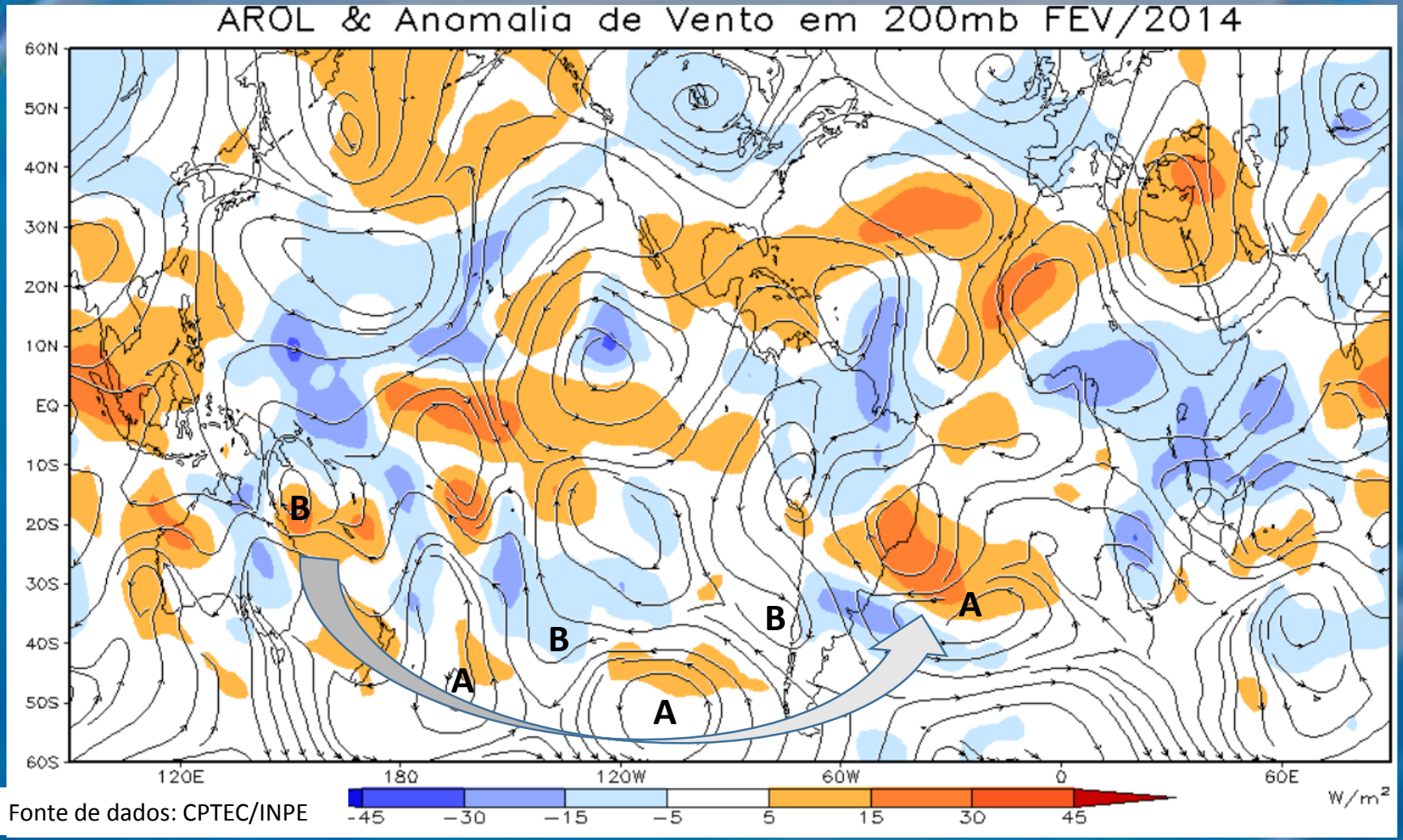
Verão

Mendes de Oliveira F.N.M. Tese de Doutorado, USP, 2011



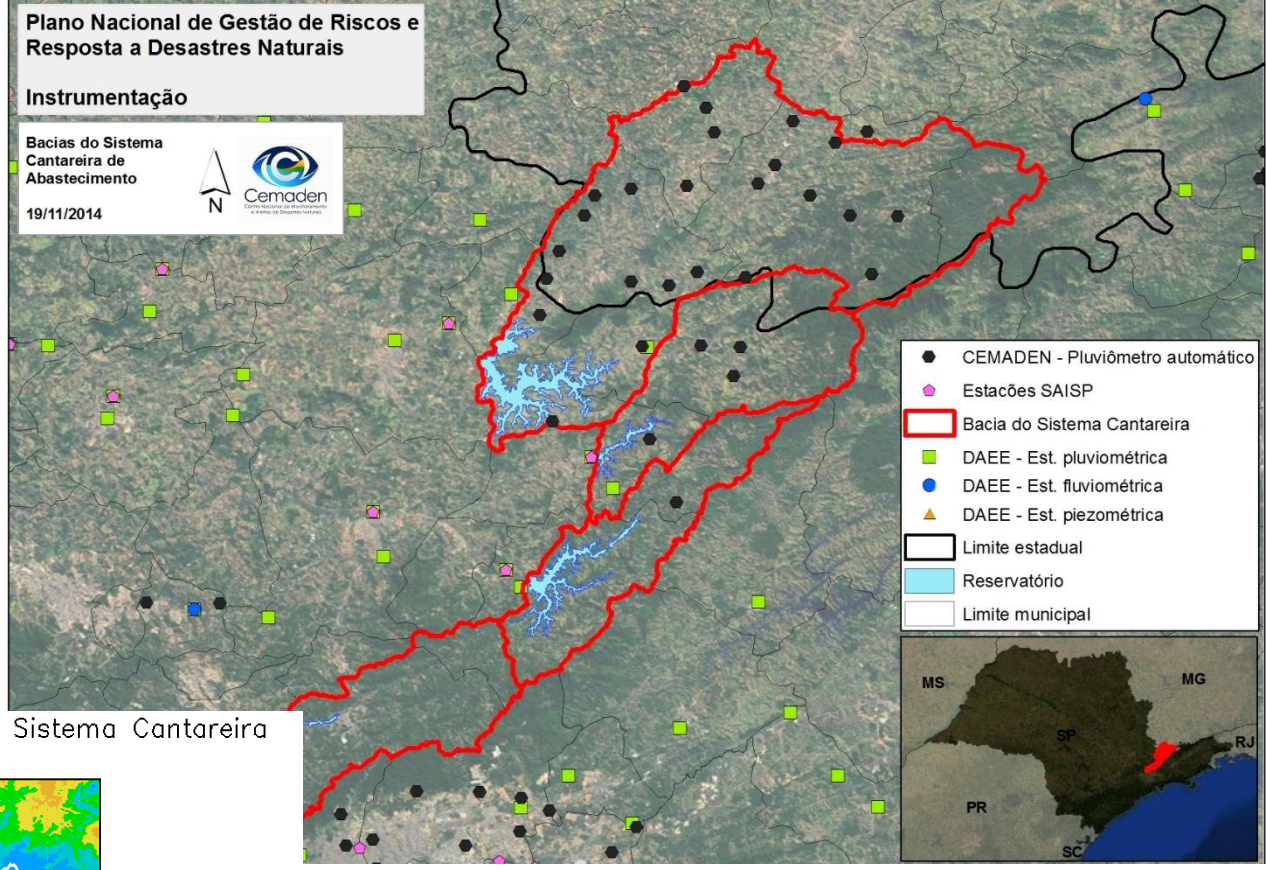


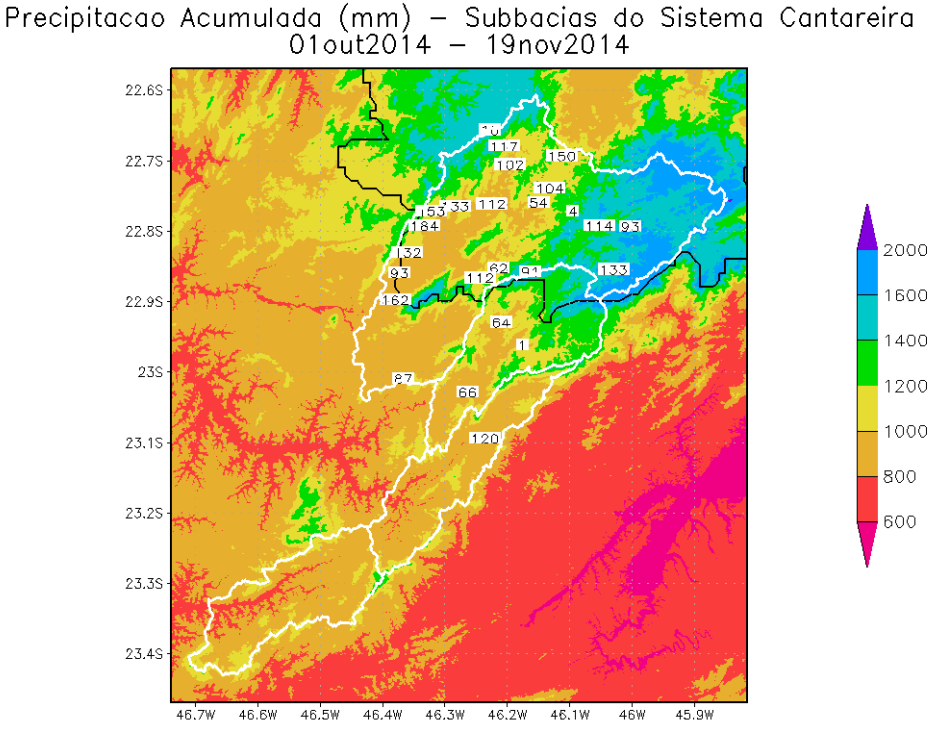
Fonte de dados: CPTEC/INPE



Fonte de dados: CPTEC/INPE

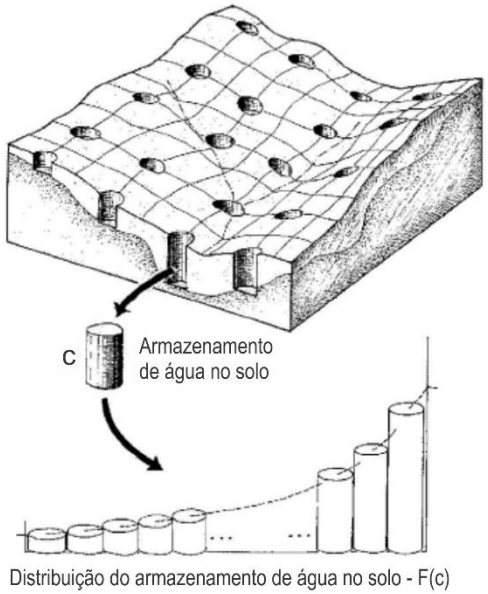
Sistema Cantareira





Modelagem hidrológica Sistema Cantareira

Modelo Hidrológico PDM (Probability Distributed Model)



(Adaptada de: Wooldridge et al., 2001)

A capacidade de armazenamento é tratada como uma variável aleatória, com FDA:

$$F(c) = 1 - \left(\frac{c_{max} - c}{c_{max} - c_{min}}\right)^{b} \quad ; \quad c_{min} \le c \le c_{max}$$

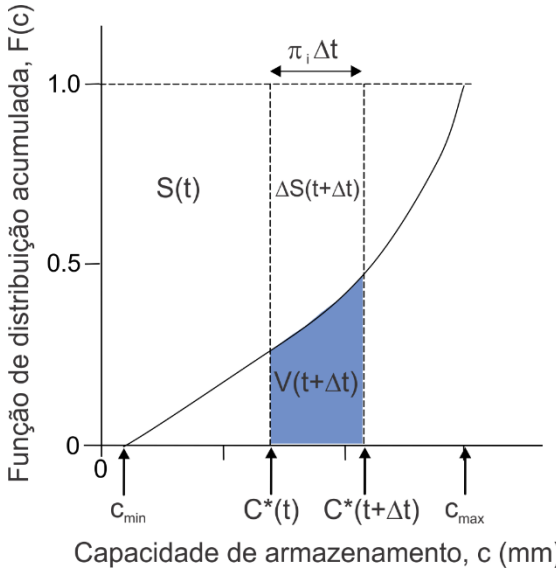
e função de densidade de probabilidade,

$$f(c) = \frac{b}{c_{max} - c_{min}}\left(\frac{c_{max} - c}{c_{max} - c_{min}}\right)^{b-1}$$

$$S(t) = \int_0^{C^*(t)} \left(1 - F(c)\right) dc = c_{min} + \left(\bar{c} - c_{min}\right)\left\{1 - \left(\frac{c_{max} - C^*(t)}{c_{max} - c_{min}}\right)^{b+1}\right\}$$

$$C^*(t) = c_{min} + \left(c_{max} - c_{min}\right)\left\{1 - \left(\frac{S_{max} - S(t)}{\bar{c} - c_{min}}\right)^{1/(b+1)}\right\} \quad ; \quad S_{max} = \frac{b c_{min} + c_{max}}{b+1} = \bar{c}$$

$$V(t + \Delta t) = p_i \Delta t - \left(S(t + \Delta t) - S(t)\right) = p_i \Delta t - \left(\bar{c} - c_{min}\right)\left\{\left(\frac{c_{max} - C^*(t)}{c_{max} - c_{min}}\right)^{b+1} - \left(\frac{c_{max} - C^*(t + \Delta t)}{c_{max} - c_{min}}\right)^{b+1}\right\}$$



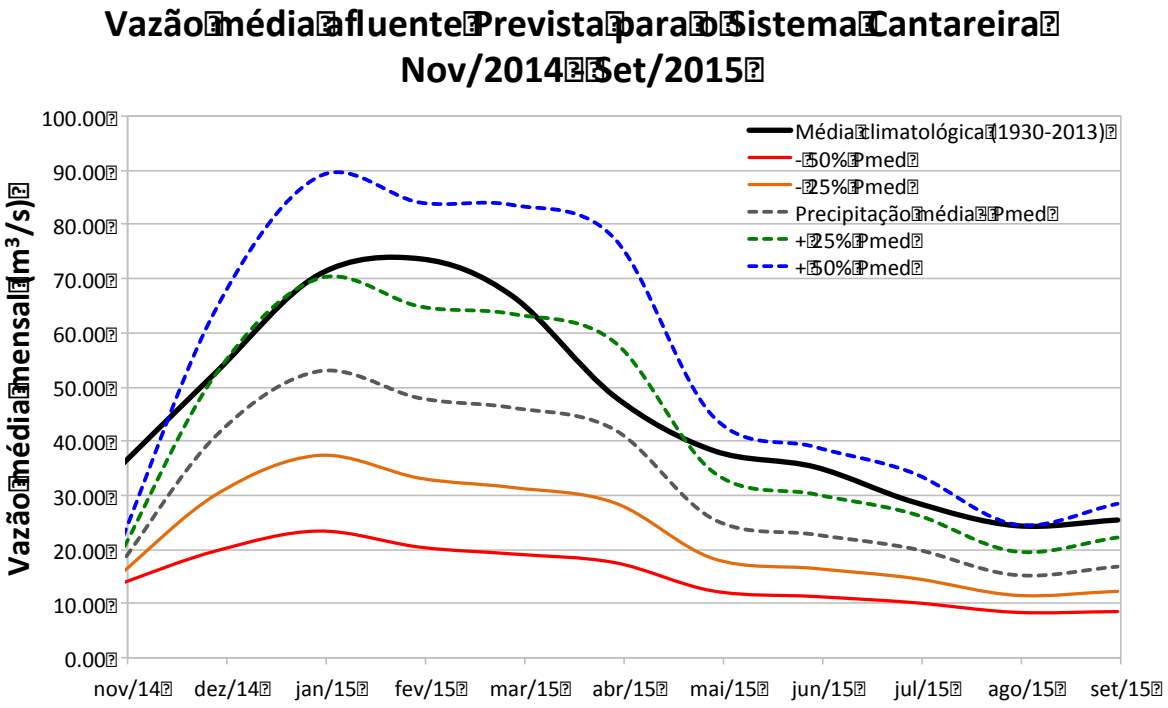
$$p_i = P_i - E_i\phi - d_i \quad ; \quad d_i = k_d\left(S(t) - S_{min}\right)$$

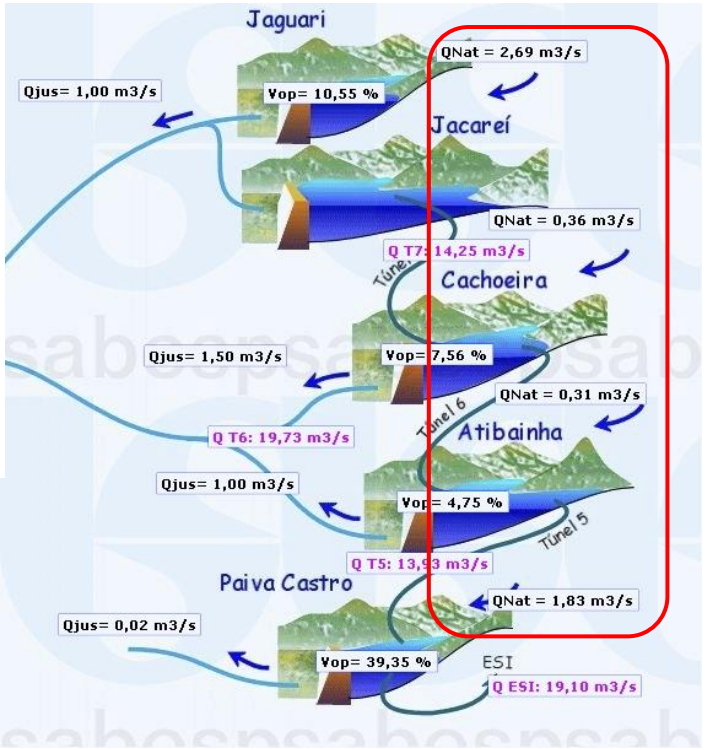
$$\frac{E_i\phi}{Ep_i} = 1 - \left(\frac{S_{max} - S(t)}{S_{max}}\right)^{b_e}$$

(Moore and Bell, 2002, Moore, 2007),

Modelagem hidrológica Sistema Cantareira

Dra Adriana Cuartas
CEMADEN





Cenários da Evolução do Armazenamento do Sistema Cantareira

Dra Adriana Cuartas
CEMADEN

Vazão a jusante, Q_{jus} = 4,2 m^3/s

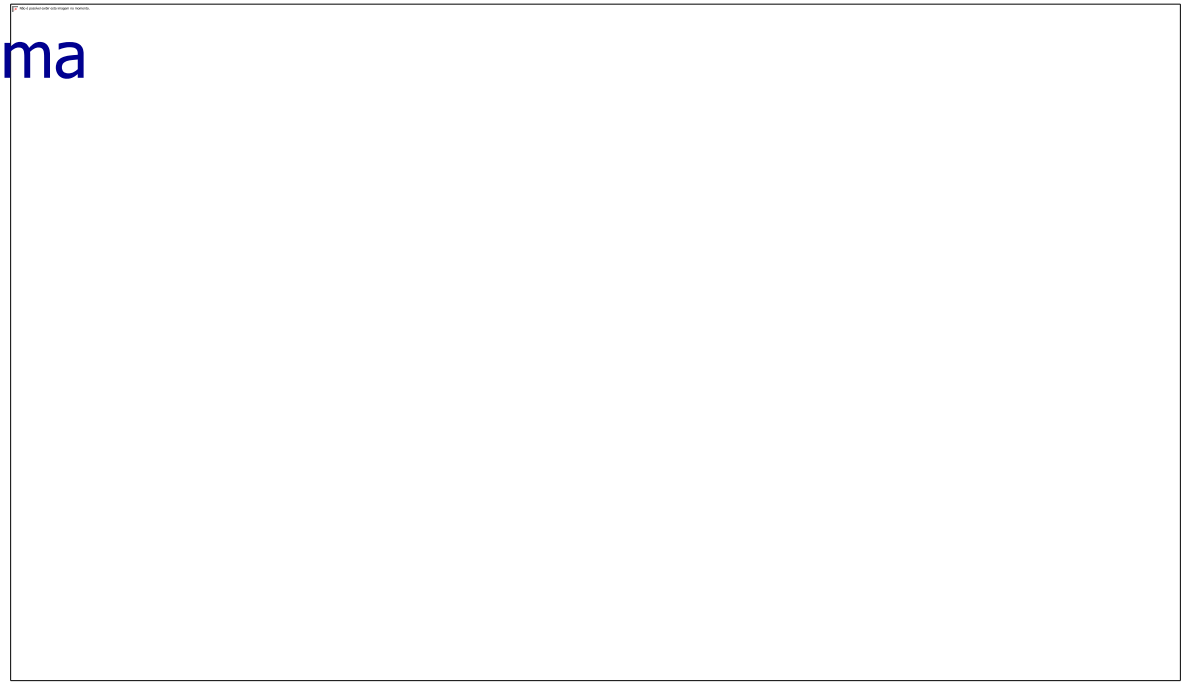
(média de outubro de 2014)

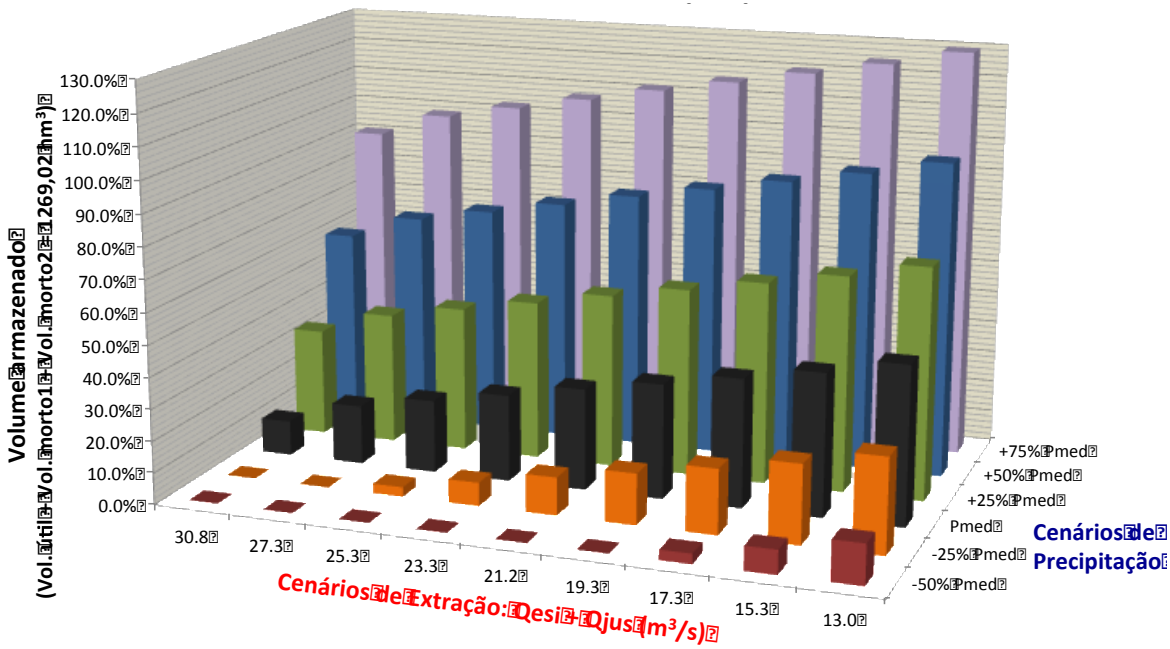
- Para Q_{esi} = 11,7 m^3/s o volume dos reservatórios em 30/set/2015 seria igual a 6,40% (de 1269,02 hm^3), aproximadamente, similar ao registrado em 30/set/2014 (6,32%), no pior cenário de precipitação.

Vazão a jusante, Q_{jus} = 1,33 m^3/s

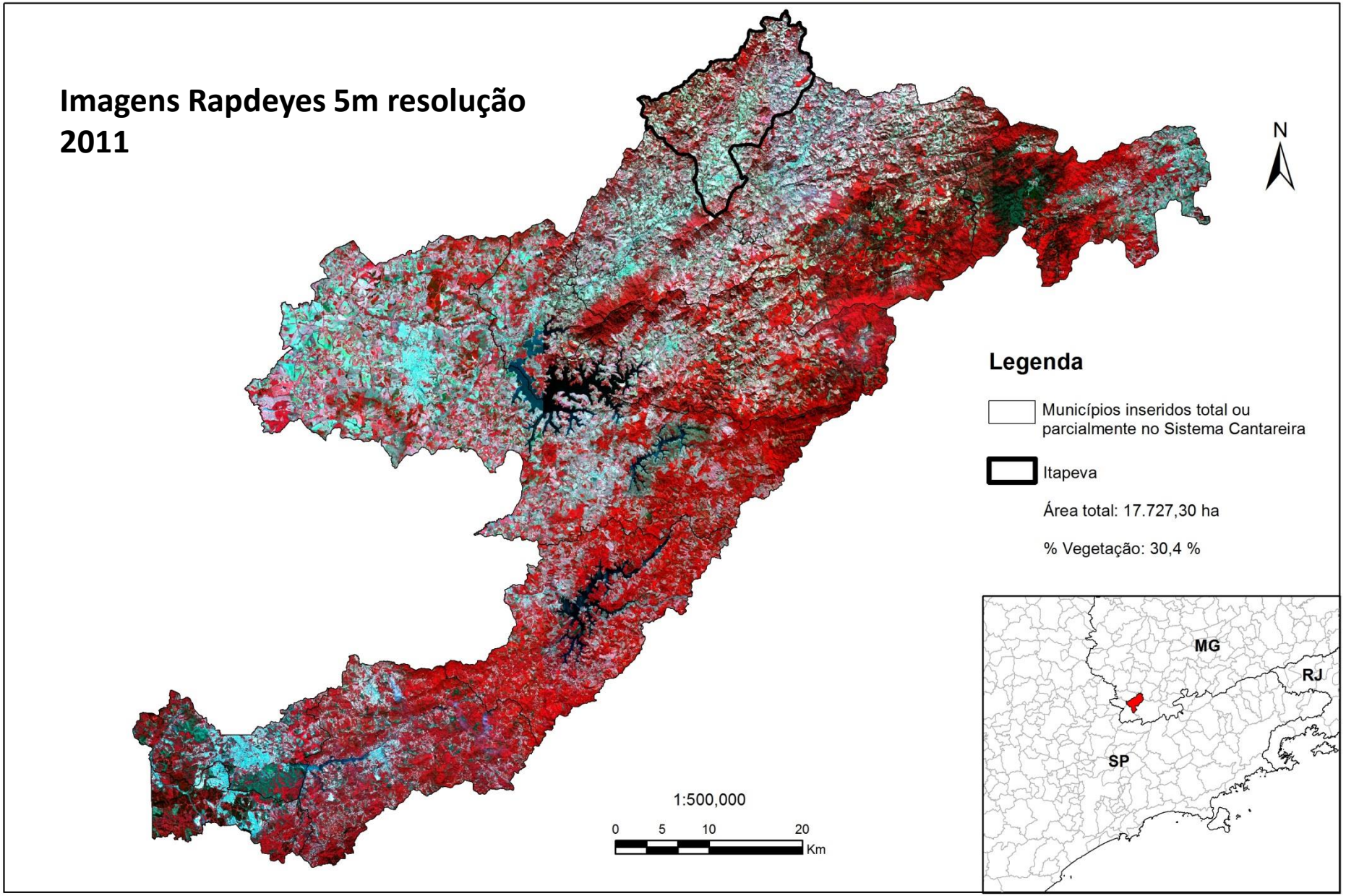
(média diária de jan a jul/2004, mínimos da série histórica do período de 2004-2012 da SABESP)

- Para Q_{esi} = 11,7 m^3/s o volume dos reservatórios em 30/set/2015 seria igual a 12,7% (de 1269,02 hm^3), aproximadamente, no pior cenário de precipitação.



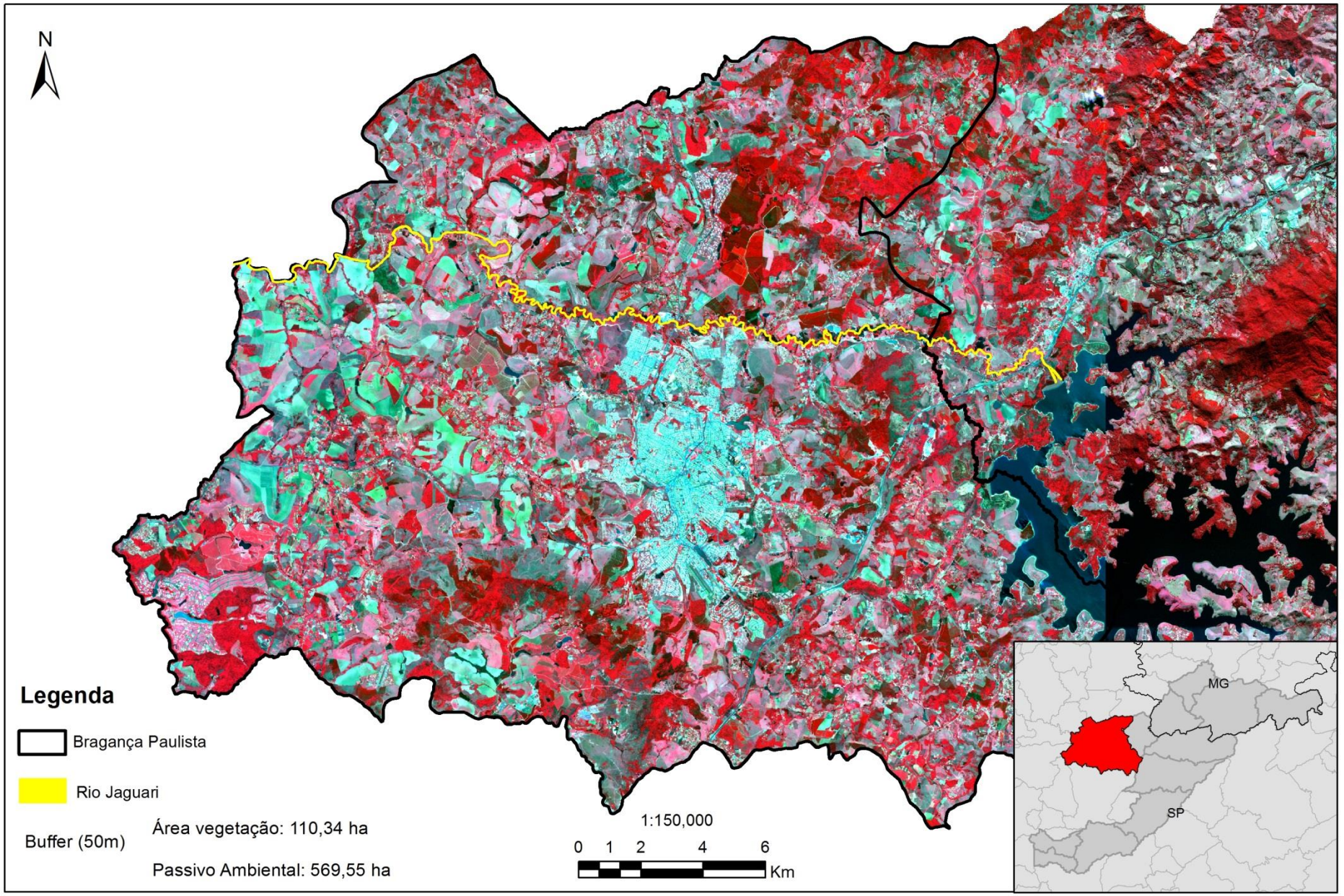


Sistema Cantareira - Itapeva

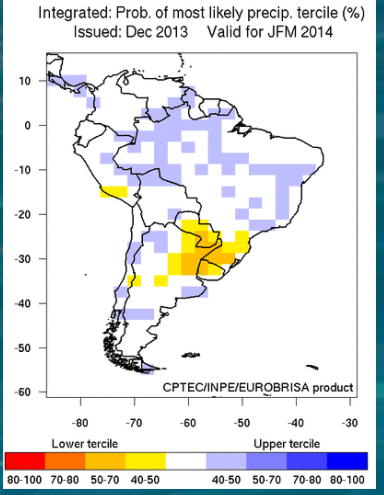


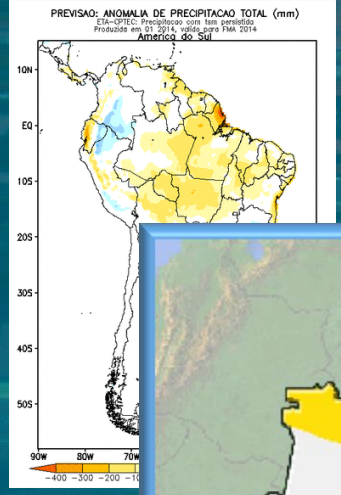
Slide cortesia: Eduardo Assad/EMBRAPA

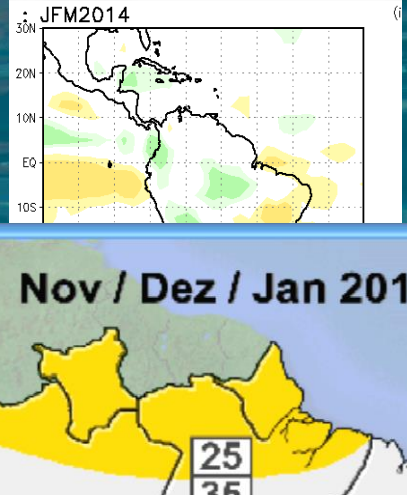
Sistema Cantareira - Rio Jaguari

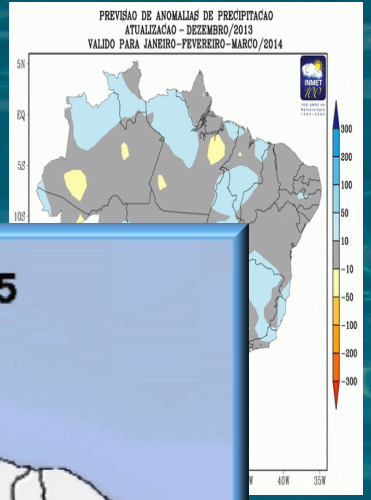


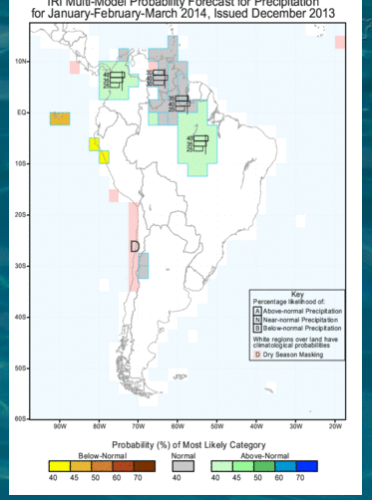
Slide cortesia: Eduardo Assad/EMBRAPA

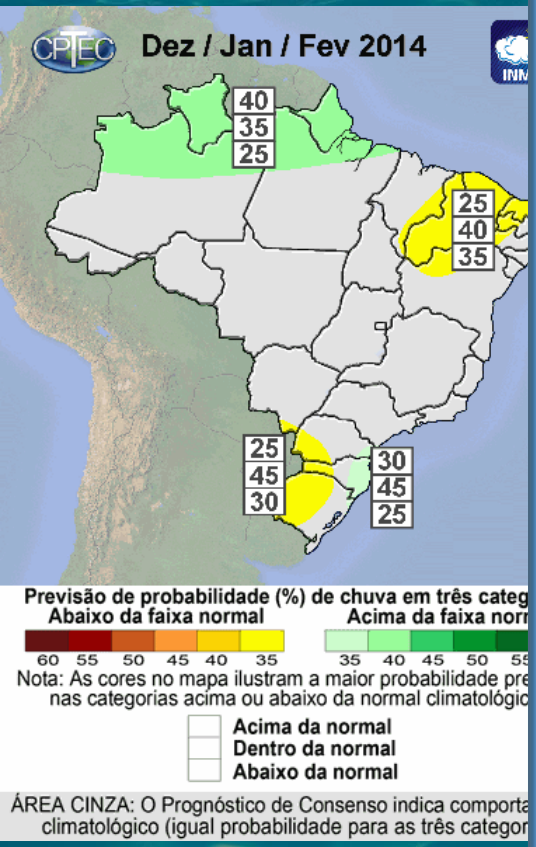

Integrated: Prob. of most likely precip. tercile (%)
Issued: Dec 2013 Valid for JFM 2014
CPTEC/INPE/EUROBRISA product
Lower tercile
Upper tercile
80-100 70-80 50-70 40-50 40-50 50-70 70-80 80-100


PREVISAO: ANOMALIA DE PRECIPITACAO TOTAL (mm)
ETA-CPTEC: Precipitacao com tsm persistida
Produzida em 01/2014, valida para FMA 2014
America do Sul

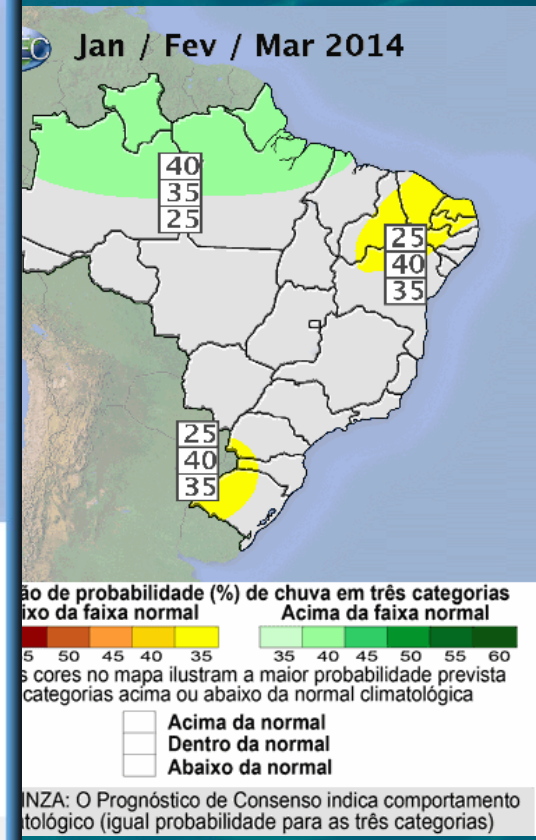

JFM2014


PREVISÃO DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO
ATUALIZAÇÃO - DEZEMBRO/2013
VALIDO PARA JANEIRO-FEVEREIRO-MARÇO/2014

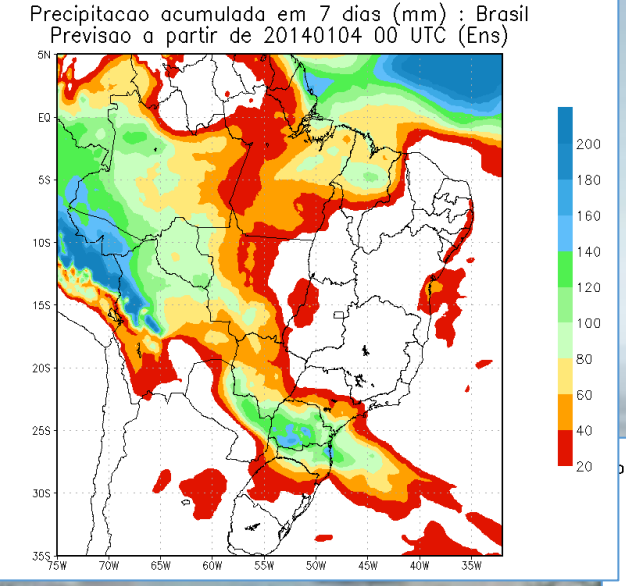

for January-February-March 2014, Issued December 2013
Probability (%) of Most Likely Category
Below-Normal
Normal
Above-Normal

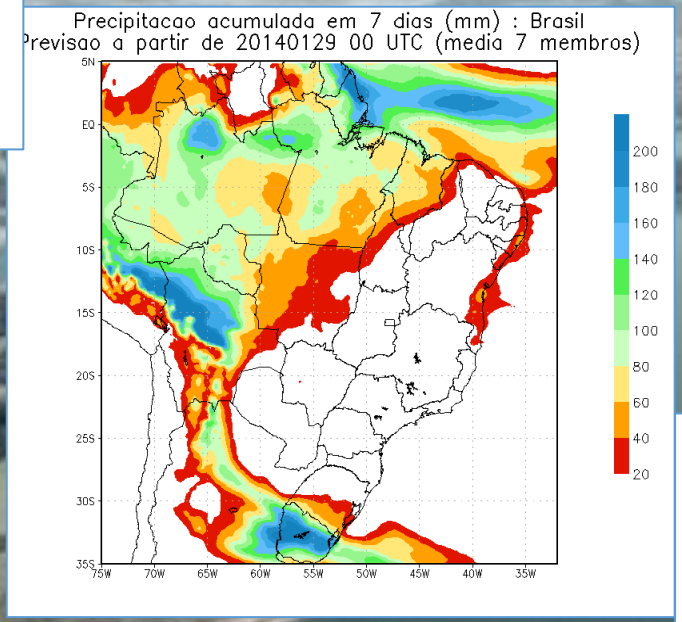

Dez / Jan / Fev 2014
40
35
25
25
40
35
25
45
30
30
45
25
Previsão de probabilidade (%) de chuva em três categ
Abaixo da faixa normal
Acima da faixa norr
60 55 50 45 40 35
35 40 45 50 55
Nota: As cores no mapa ilustram a maior probabilidade pre
nas categorias acima ou abaixo da normal climatológic
Acima da normal
Dentro da normal
Abaixo da normal
ÁREA CINZA: O Prognóstico de Consenso indica comporta
climatológico (igual probabilidade para as três categor

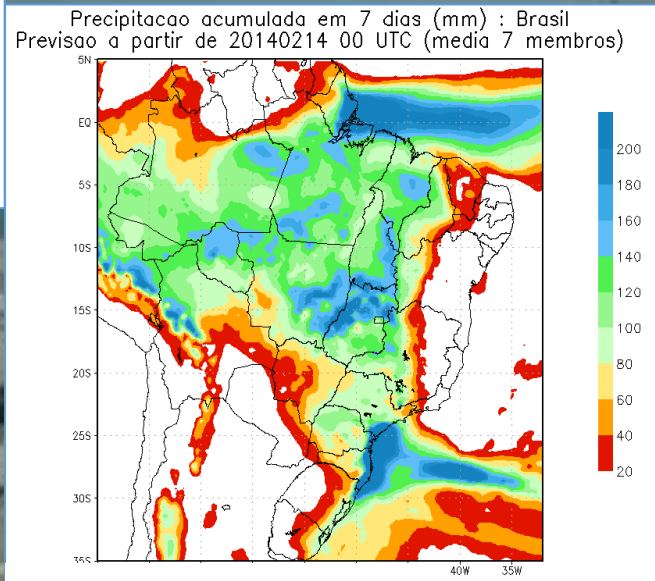
Nov / Dez / Jan 2015
25
35
40
35
40
25
Previsão de probabilidade (%) de chuva em três categorias
Abaixo da faixa normal
Acima da faixa normal
60 55 50 45 40 35
35 40 45 50 55 60
Nota: As cores no mapa ilustram a maior probabilidade prevista
nas categorias acima ou abaixo da normal climatológica
Acima da normal
Dentro da normal
Abaixo da normal
ÁREA CINZA: O prognóstico por consenso indica igual
probabilidade para as três categorias


Jan / Fev / Mar 2014
40
35
25
25
40
35
25
40
35
ão de probabilidade (%) de chuva em três categorias
ixo da faixa normal
Acima da faixa normal
5 50 45 40 35
35 40 45 50 55 60
s cores no mapa ilustram a maior probabilidade prevista
categorias acima ou abaixo da normal climatológica
Acima da normal
Dentro da normal
Abaixo da normal
INZA: O Prognóstico de Consenso indica comportamento
tológico (igual probabilidade para as três categorias)

Previsão Numérica de Tempo

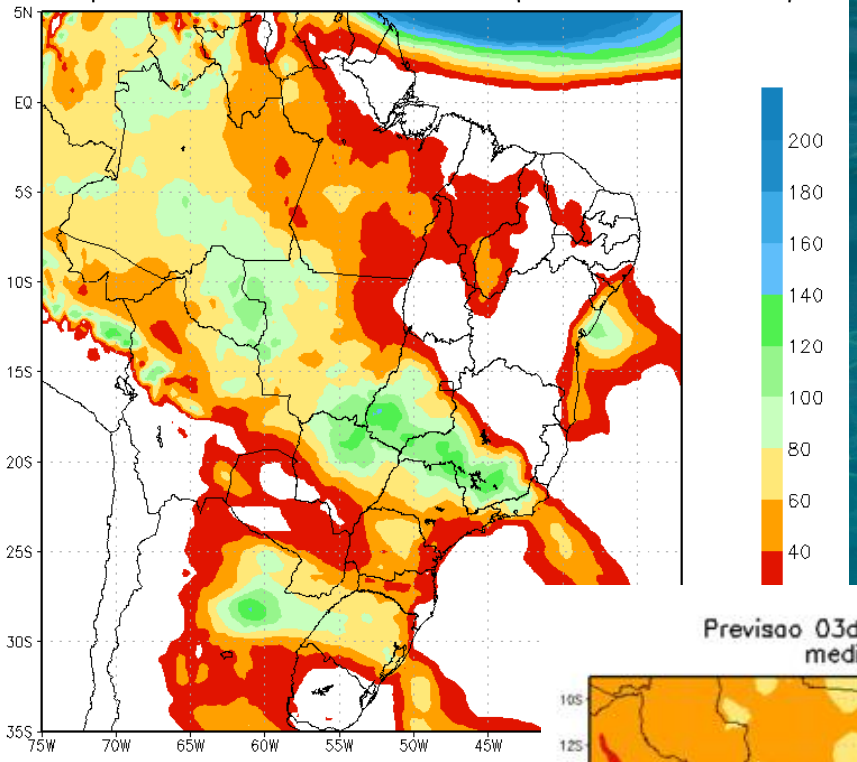




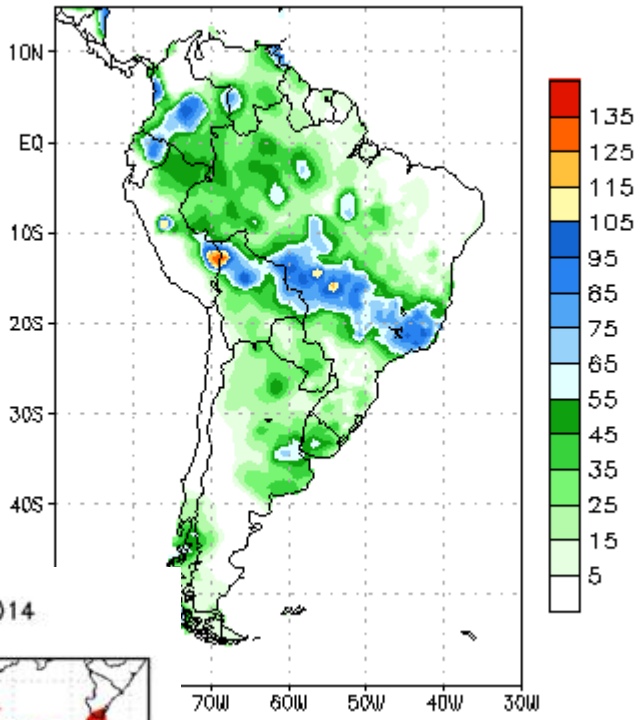


Fonte de dados: CPTEC/INPE

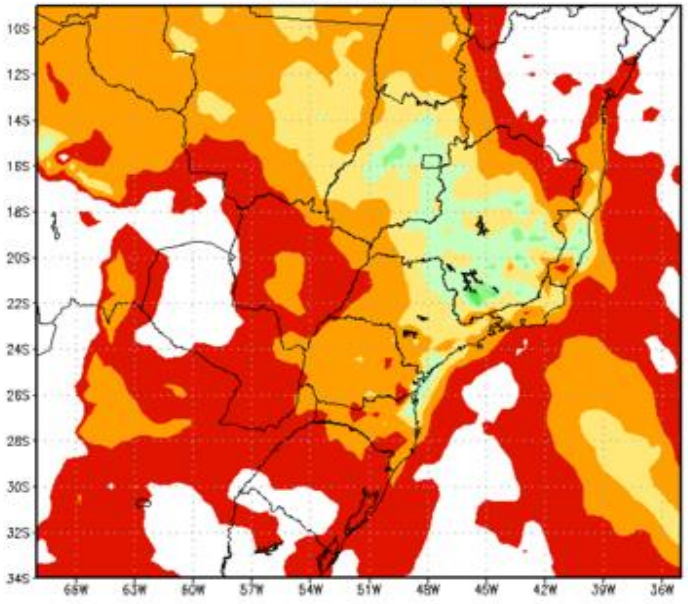
Precipitacao acumulada em 7 dias (mm) : Brasil
Previsao a partir de 20141119 00 UTC (media 7 membros)



NCEP GFS Ensemble Forecast 8-14 Day Precipitation (mm)
from: 19Nov2014
26Nov2014-02Dec2014 Accumulation



Previsao 03dec2014 a 10dec2014
media ens 10 cis



CONCLUSÕES

A estação chuvosa 2013-2014 na Região Sudeste foi a pior da série histórica disponível, desde 1962, tanto em termos de déficit pluviométrico como de extensão da área afetada.

A falta de chuva foi provocada pela atuação de um sistema de alta pressão atmosférica anormalmente intenso e persistente (bloqueio atmosférico).

A formação do sistema de bloqueio poderia estar relacionada a processos de teleconexões, relacionados ao desenvolvimento de fontes anômalas de calor sobre o Oceano Pacífico ocidental.

As ferramentas atuais de previsão (modelos numéricos) só permitem realizar uma previsão relativamente confiável do comportamento da precipitação sobre a Região Sudeste com uma antecedência máxima de 5-10 dias.

Previsões experimentais para um prazo de até 3 semanas indicam alta probabilidade de chuva na Região Sudeste, com maior chance/acumulados sobre Minas Gerais.

Modelos hidrológicos indicam que num cenário de chuva normal o Sistema Cantareira estaria em setembro de 2015 numa situação melhor que a de setembro de 2003 só com extrações inferiores a 24m3/s