# TEMPO E CLIMA - IMPACTOS EM ÁGUA E ENERGIA

Augusto José Pereira Filho
Departamento de Ciências Atmosféricas
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

*INTERNATIONAL ENGINEERING CONFERENCE*
*NEW APPROACHES FOR SUPPLYING SUSTAINABLE WATER AND ENERGY*
**Centro Internacional de Convenções do Brasil, 27 a 29 Julho 2016, Brasília- Brasil**

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Geleiras - 10 % da área da Terra, principais Antártica e Groenlândia
18.000 anos atrás se estendiam sobre latitudes médias.

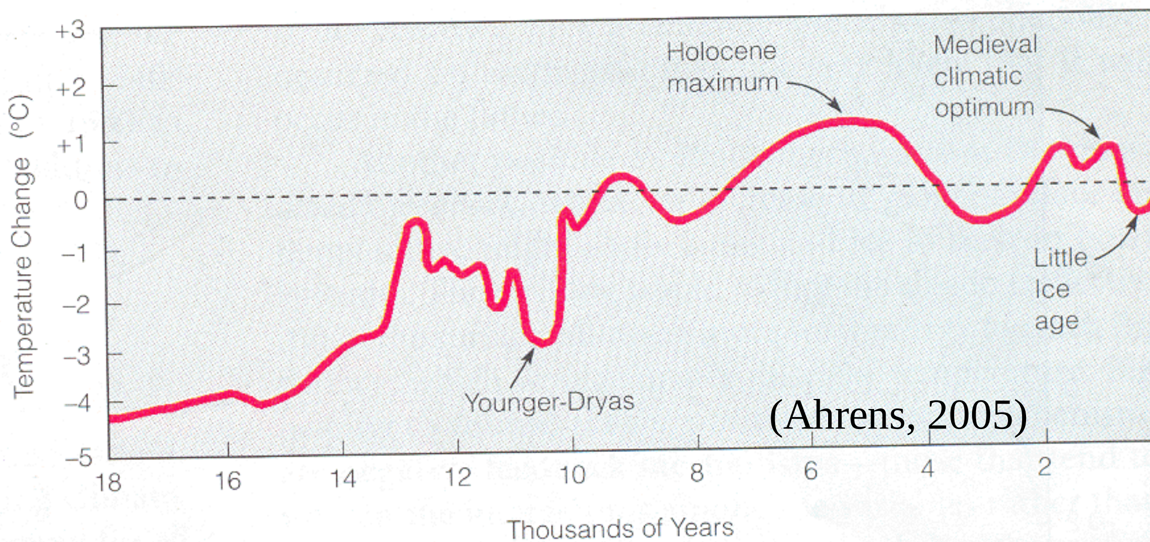
Avanço das geleiras - idade do gelo - períodos mais frios

Avanços e recuos das geleiras -> evidência geológica -> constante mudança do clima global

Evidências: sedimentos terrestres e oceânicos, e geleiras.

**FIGURE 18.4**

*The average air temperature variations for the past 18,000 years. (Modified from J. T. Houghton et al.,* Climate Change: The IPCC Assessment, *Cambridge University Press, Cambridge, England, 1990.)*

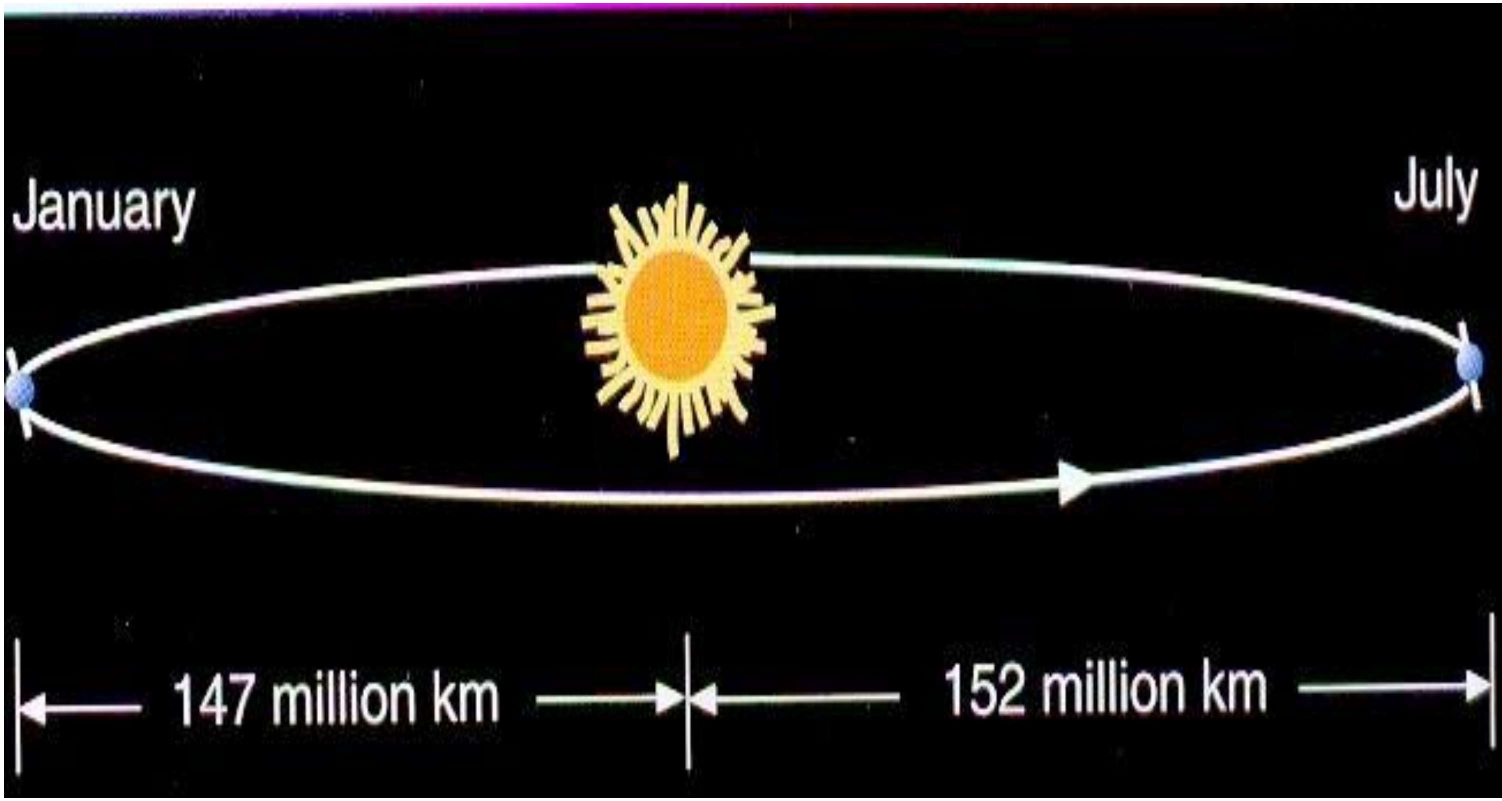


Possíveis Causas das Mudanças Climáticas

Interações complexas entre atmosfera, hidrosfera, criosfera, litosfera e biosfera determinam o clima.

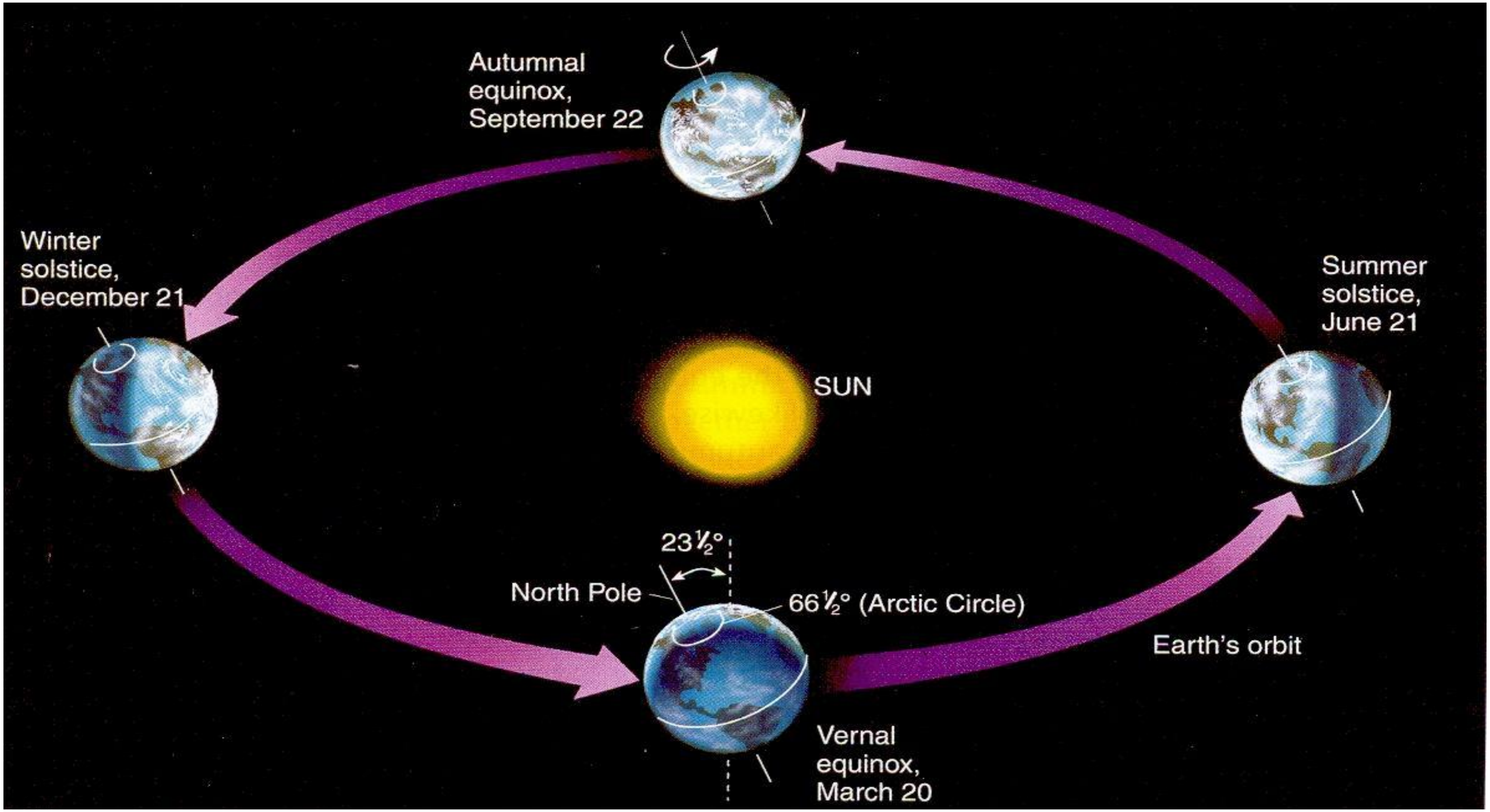
- Mecanismos de feedback
- Teoria da Tectônica de Placas
- Órbita Terrestre - Teoria de Milankovitch
  - Excentricidade 100.000 anos
  - Precessão  23.000 anos
  - Obliqüidade 41.000 anos

# Variação orbital Sol-Terra



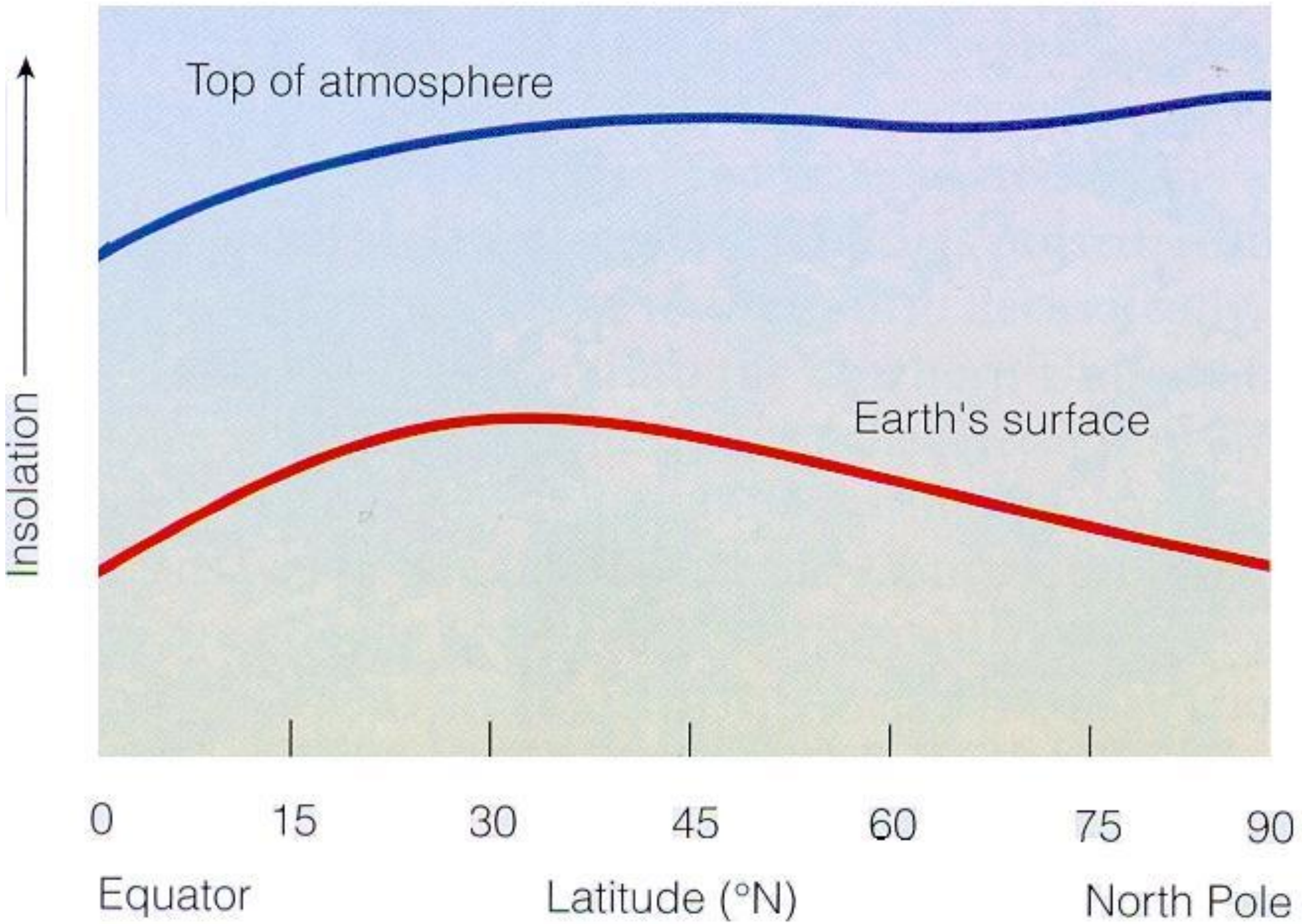

(Ahrens, 2005)

# Estações do ano na Terra



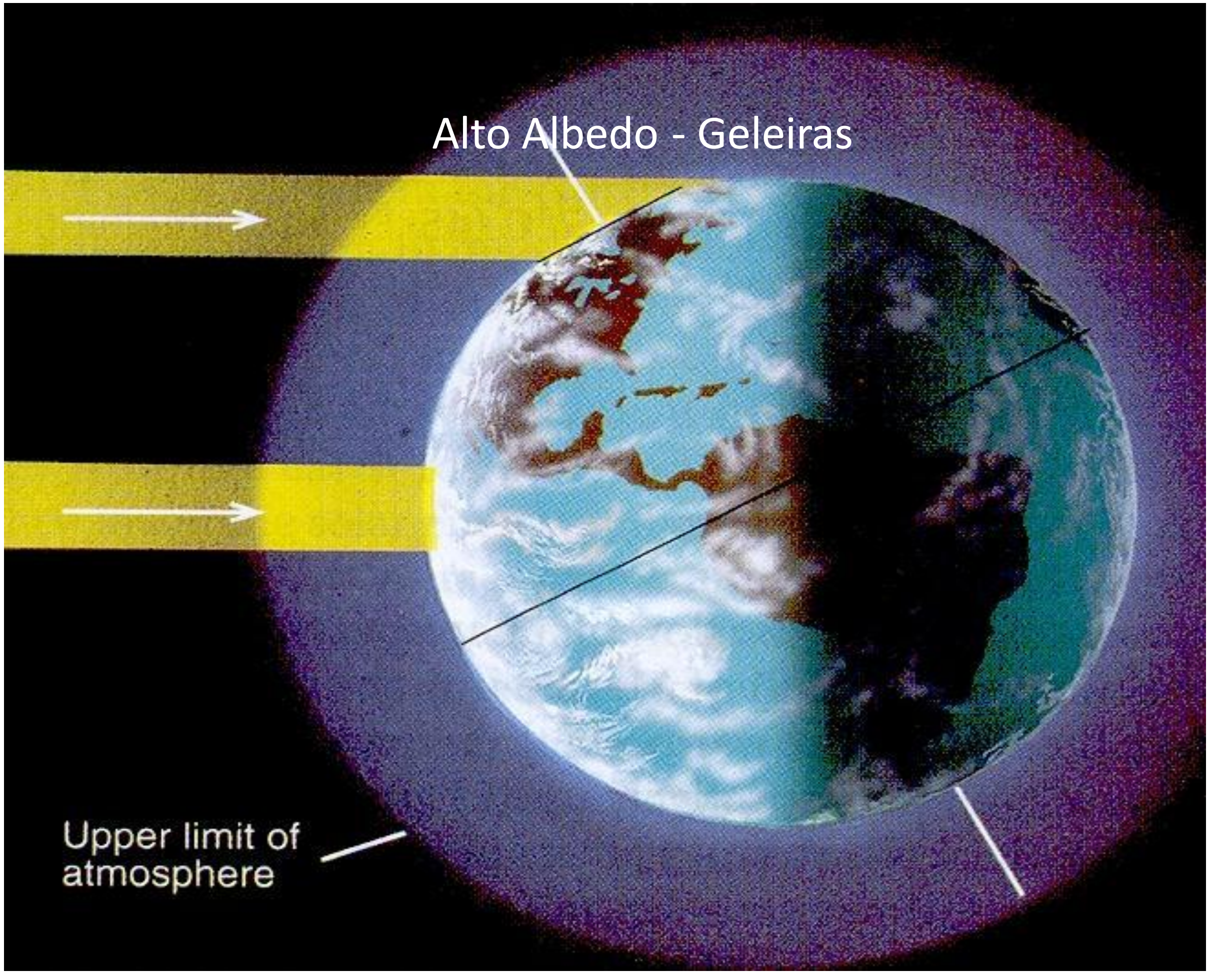

(Ahrens, 2005)

# Energia Solar no Topo da Atmosfera e na Superfície Terrestre

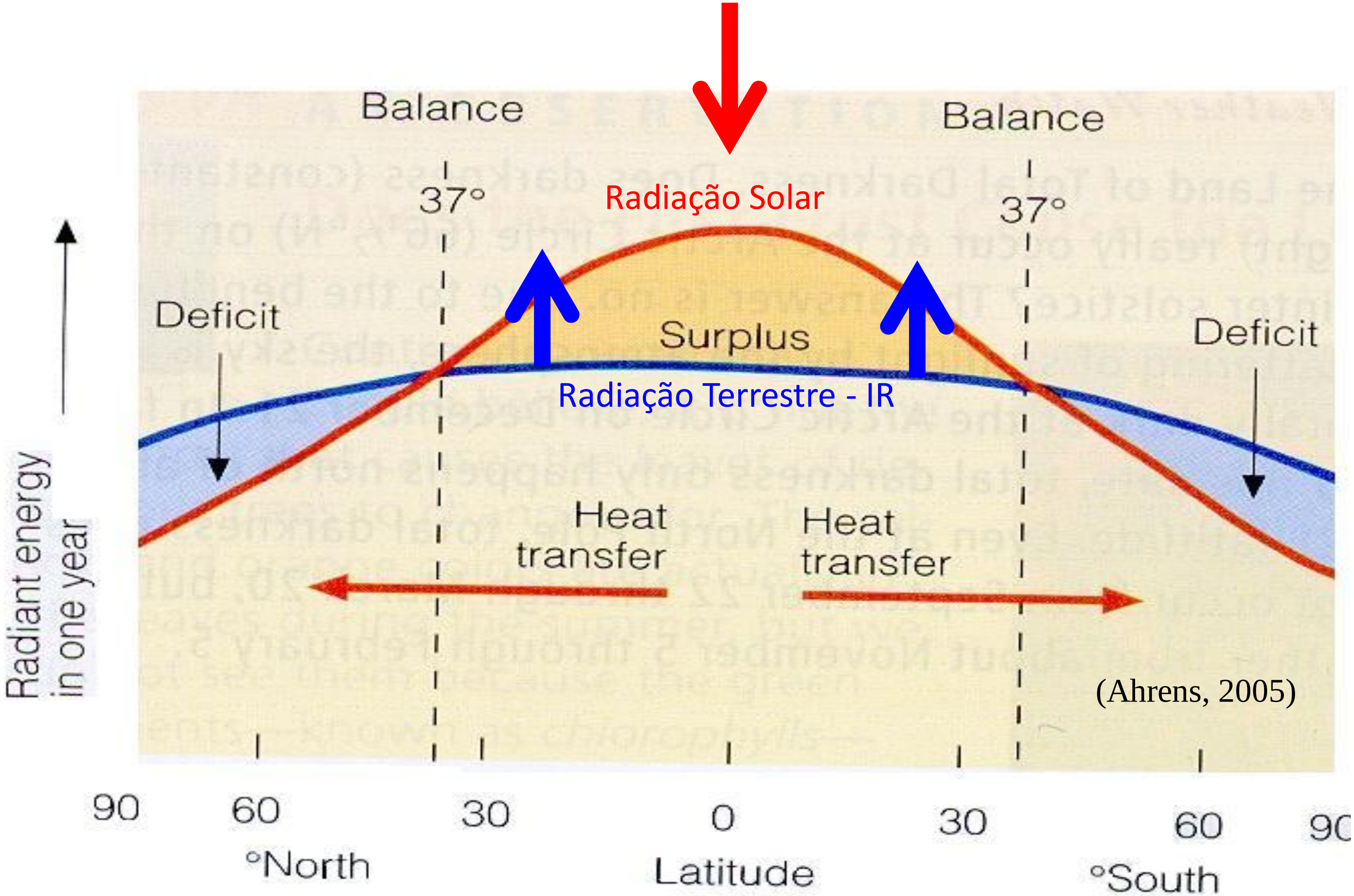



(Ahrens, 2005)

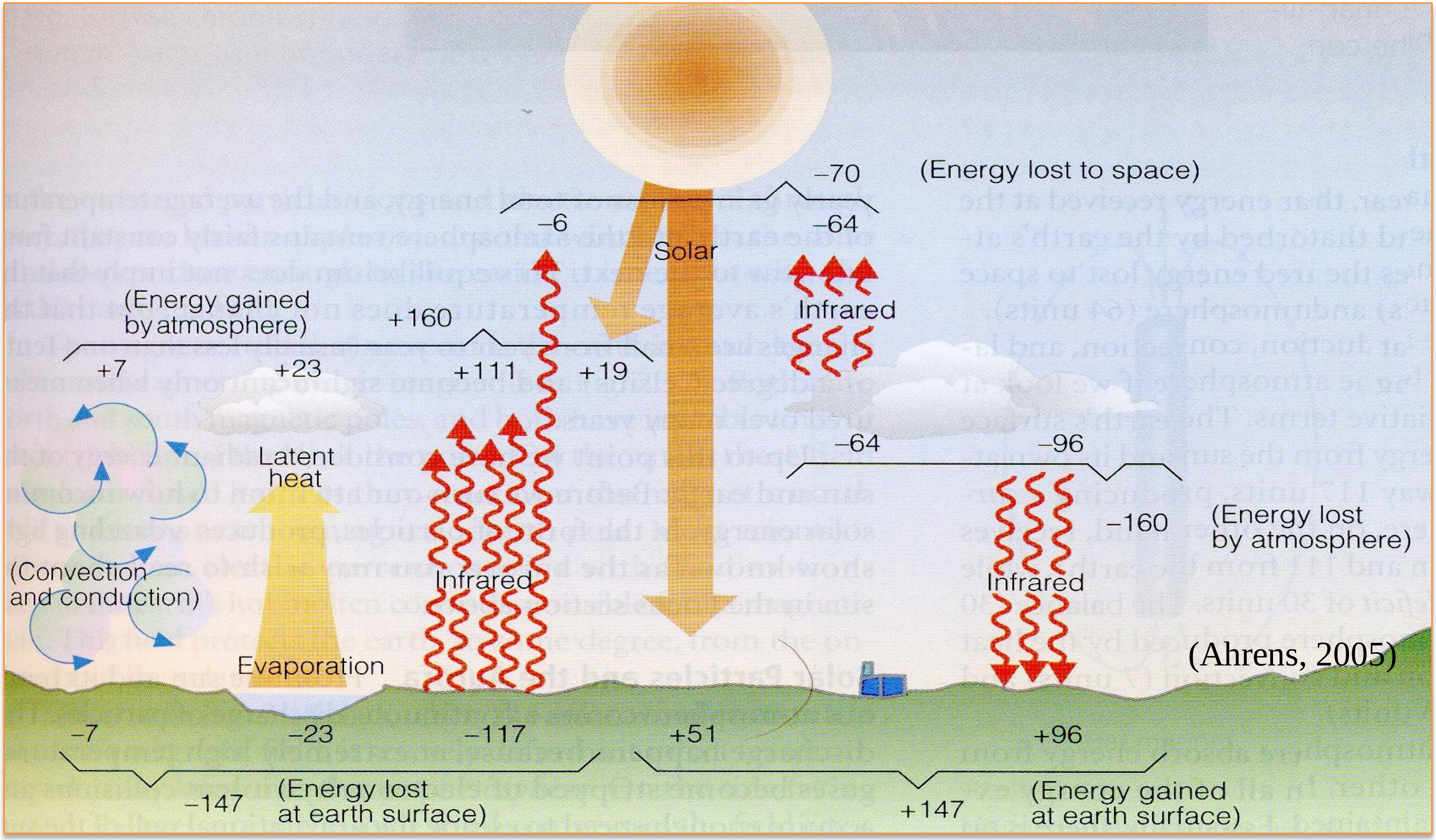
# Distribuição Espacial de Energia Solar em Julho



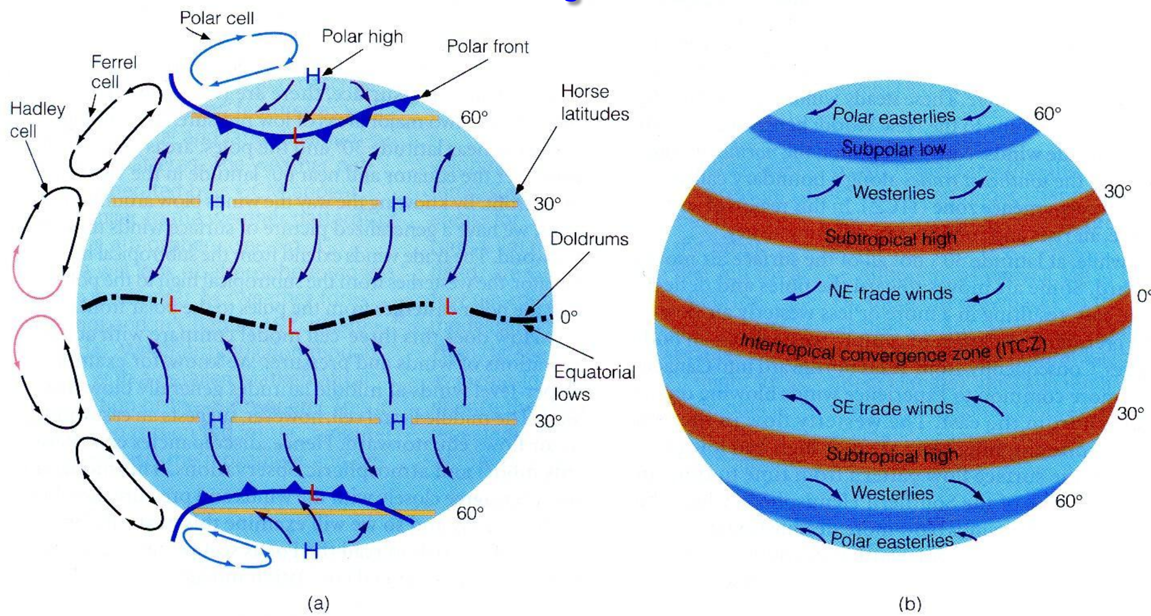

(Ahrens, 2005)


Radiação Solar
Balance
Balance
37°
37°
Deficit
Surplus
Deficit
Radiação Terrestre - IR
Heat transfer
Heat transfer
Radiant energy in one year
(Ahrens, 2005)
90
60
30
0
30
60
90
°North
Latitude
°South

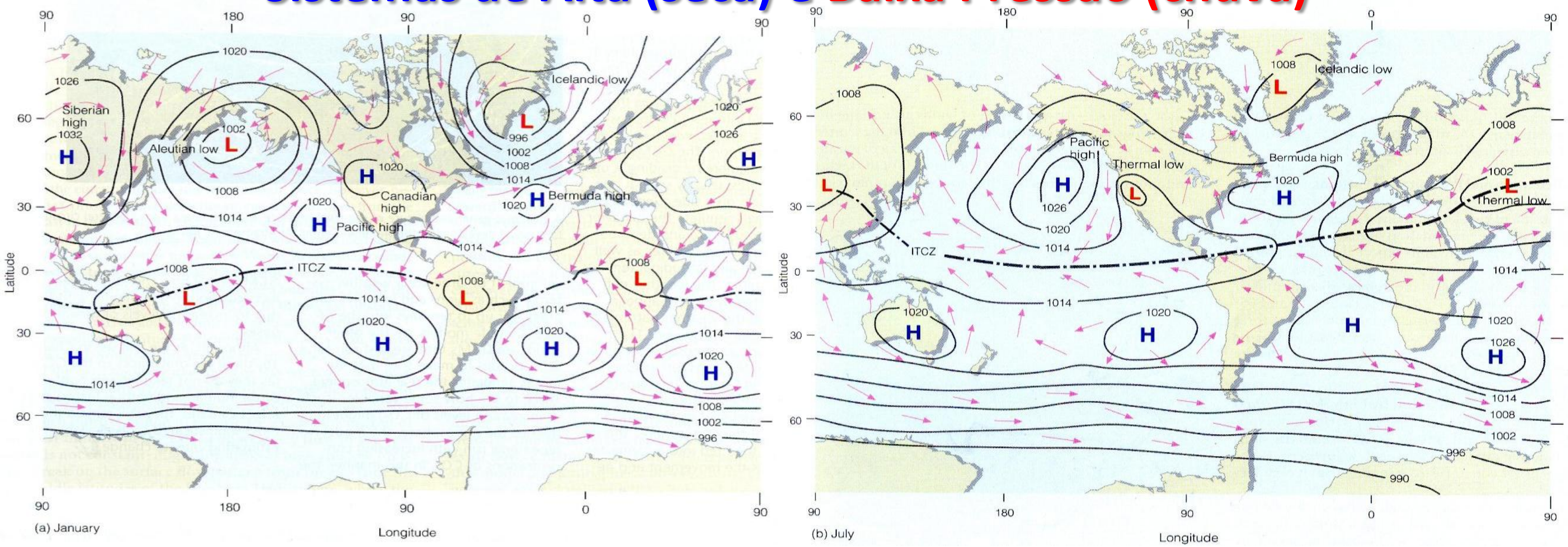
# Efeito Estufa



# Circulações Globais




# Sistemas de Alta (seca) e Baixa Pressão (chuva)



# Ciclo Hidrológico Global

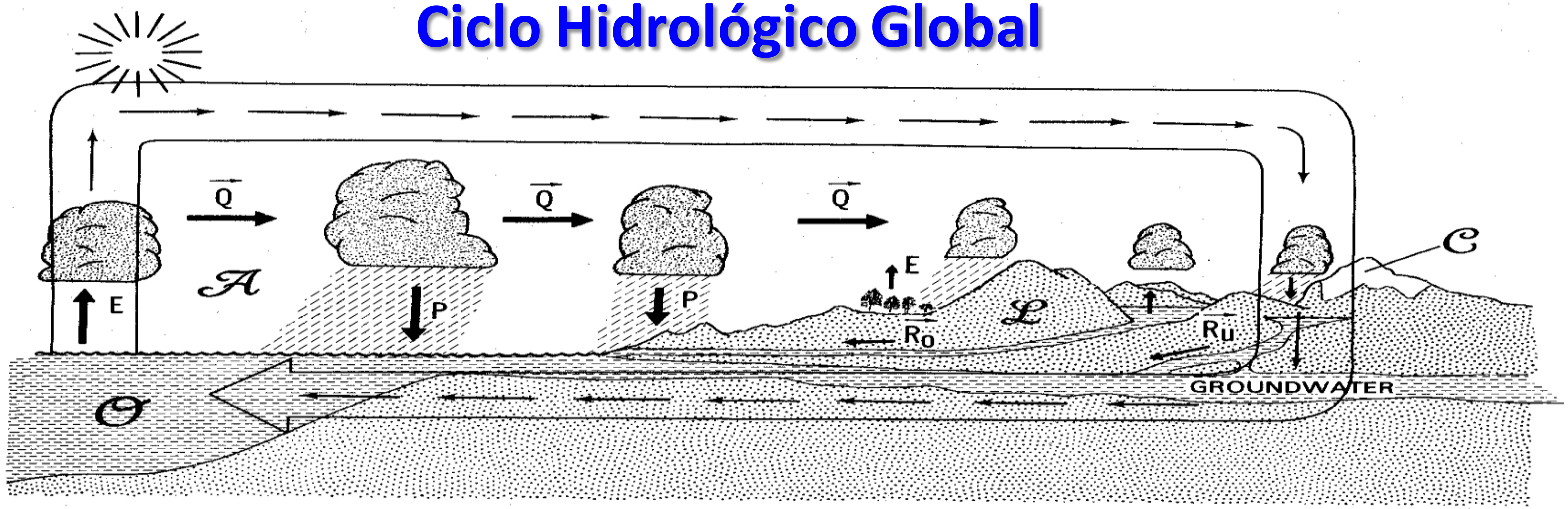



**FIGURE 12.1.** Schematic diagram of the atmospheric and terrestrial branches of the hydrological cycle showing the importance of evaporation $E$, advection of water vapor in the atmosphere $\mathbf{Q}$, precipitation $P$, river runoff $\mathbf{R}_0$, and underground runoff $\mathbf{R}_u$.

(Peixot & Oort, 1992)

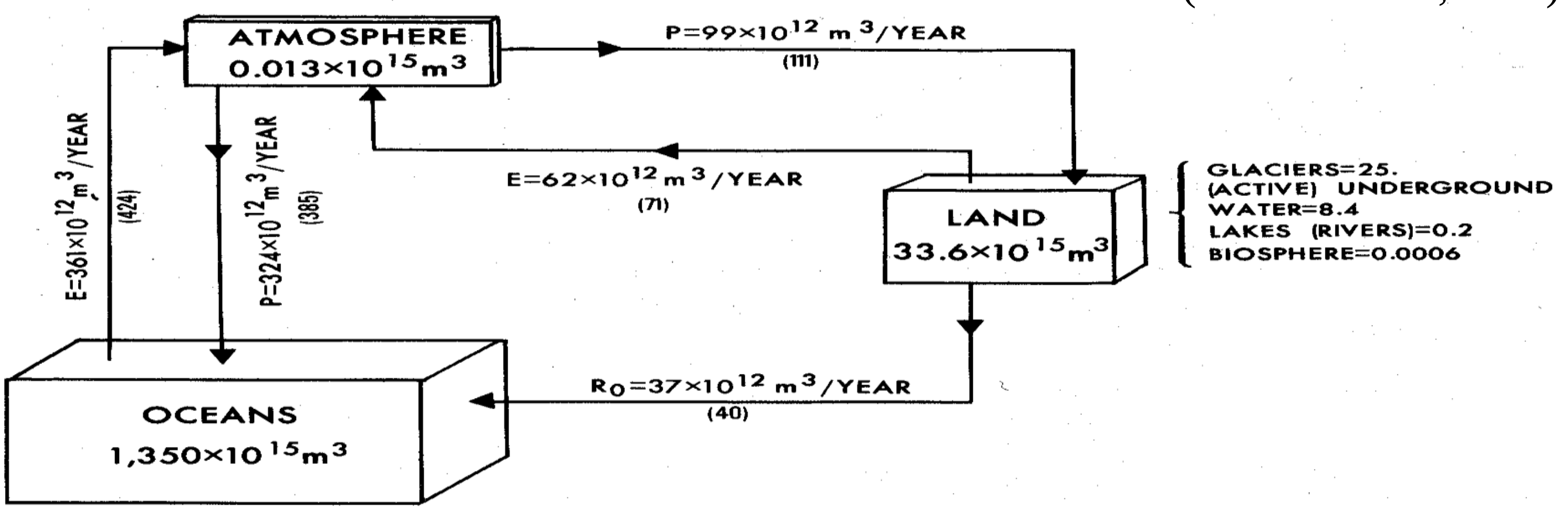



**FIGURE 12.2.** The amounts of water stored in the oceans, land, and atmosphere, and the amounts exchanged annually between the different reservoirs through evaporation, precipitation, and runoff (estimates are from Peixoto and Kettani, 1973, and, in parentheses, from Baumgartner and Reichel, 1975).

# Divergência do vapor d'água – média zonal   0,01 m ano$^{-1}$

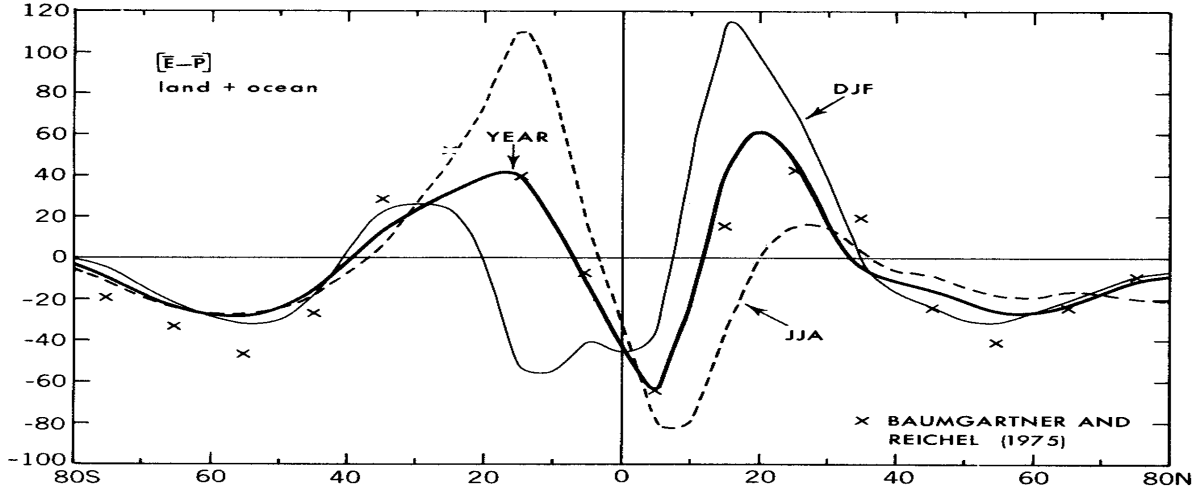



**FIGURE 12.16.** Meridional profiles of the zonal-mean divergence of the total water vapor transport [div **Q**] ≈ [$E - P$] in 0.01 m yr$^{-1}$ for annual, DJF, and JJA mean conditions. Some annual-mean estimates of $E - P$ by Baumgartner and Reichel (1975) are added for comparison (see also Table 7.1).

(Peixot & Oort, 1992)

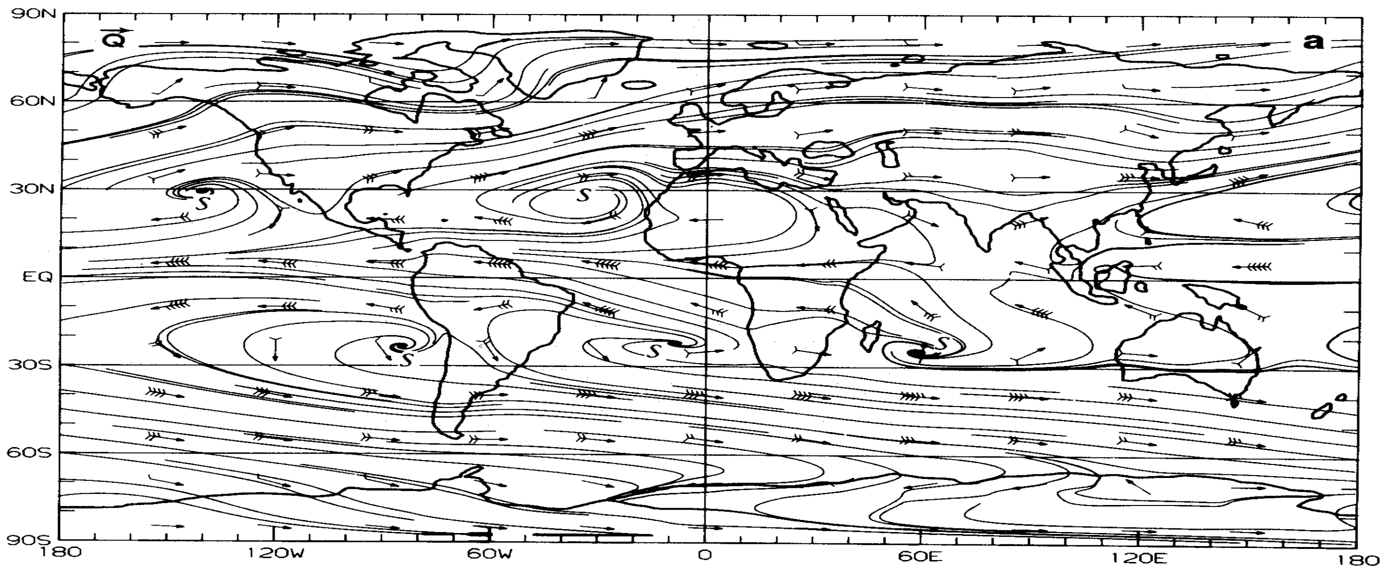



**FIGURE 12.17a**

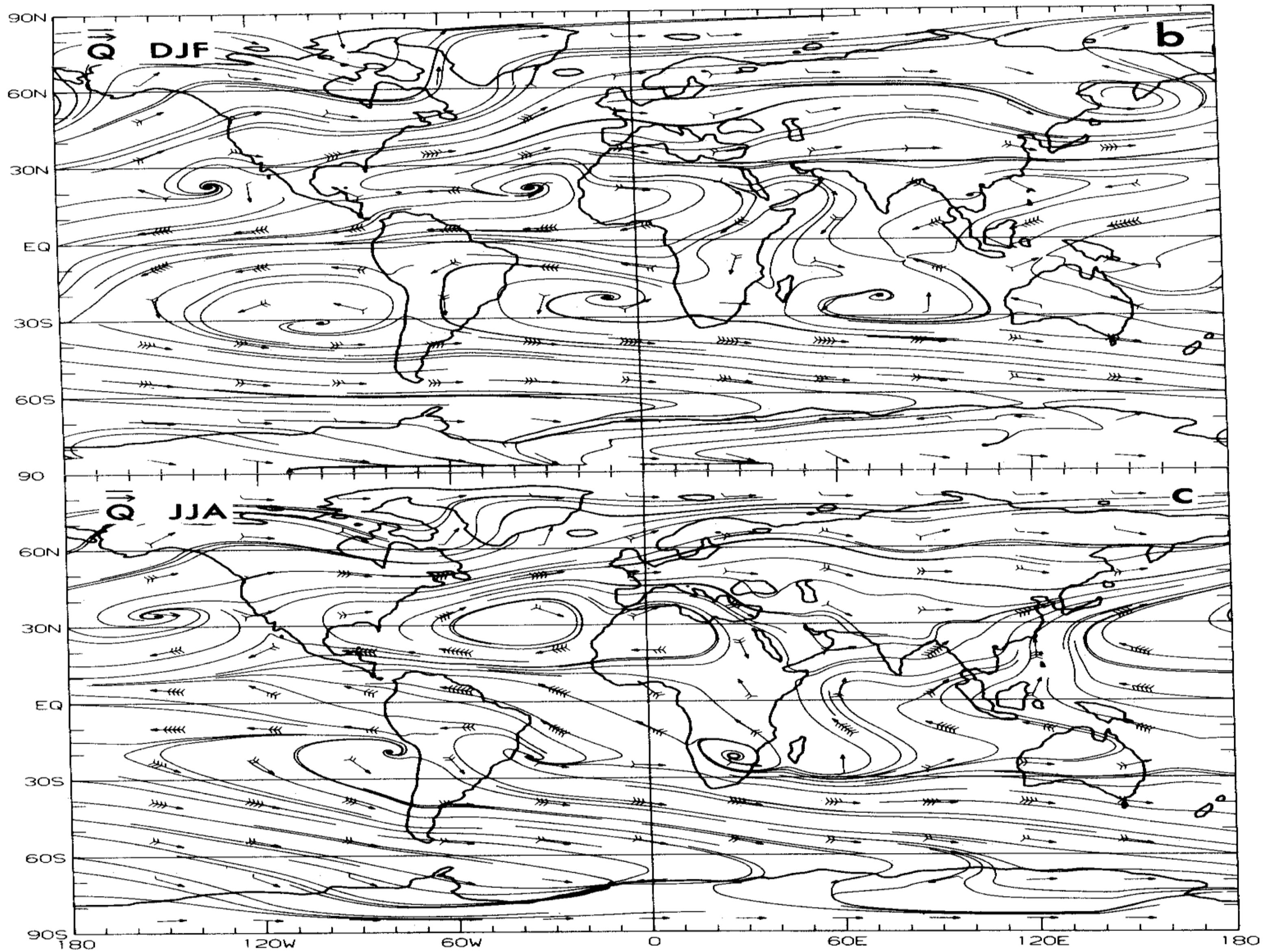



**FIGURE 12.17.** Global distributions of the total aerial runoff **Q** and some corresponding streamlines for annual (a), DJF (b), and JJA (c) mean conditions. Each barb on the shaft of an arrow indicates a value of 2 m s$^{-1}$ g kg$^{-1}$ (from Peixoto and Oort, 1983).

(Peixot & Oort, 1992)

# Resultados NCEP 2010

(Saha et al. 2010)

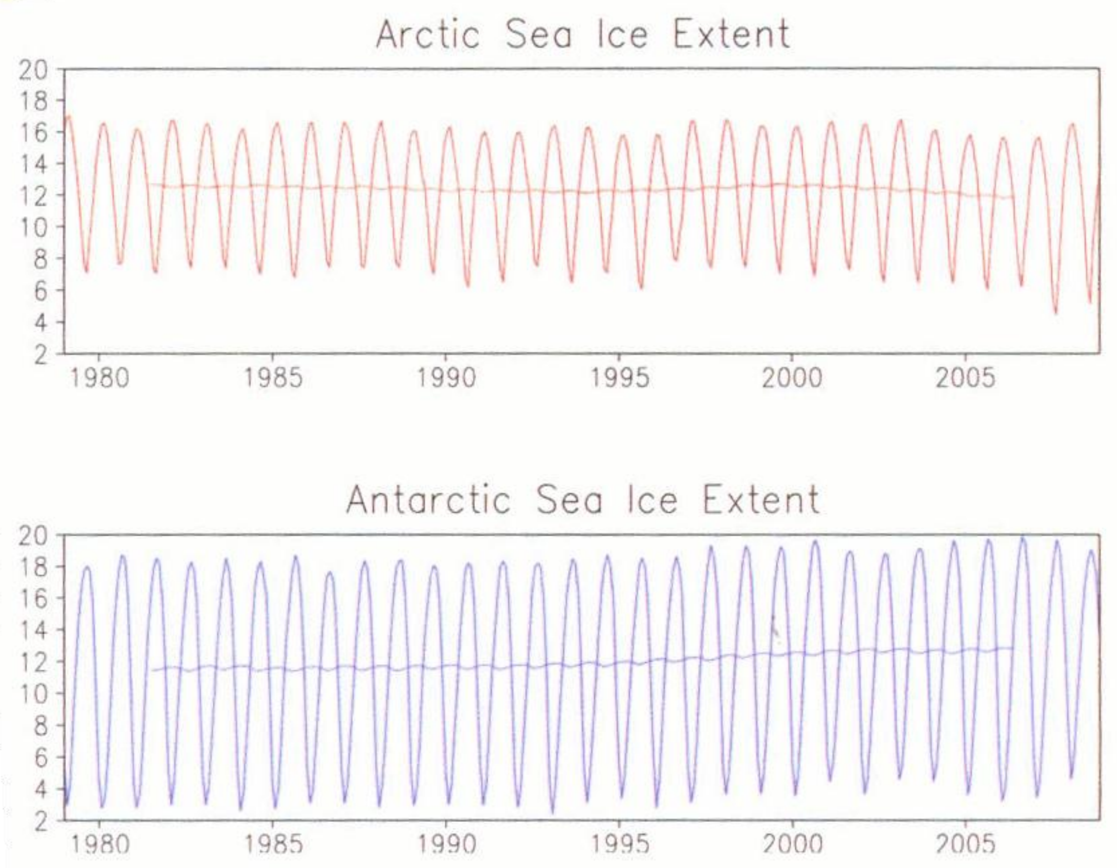
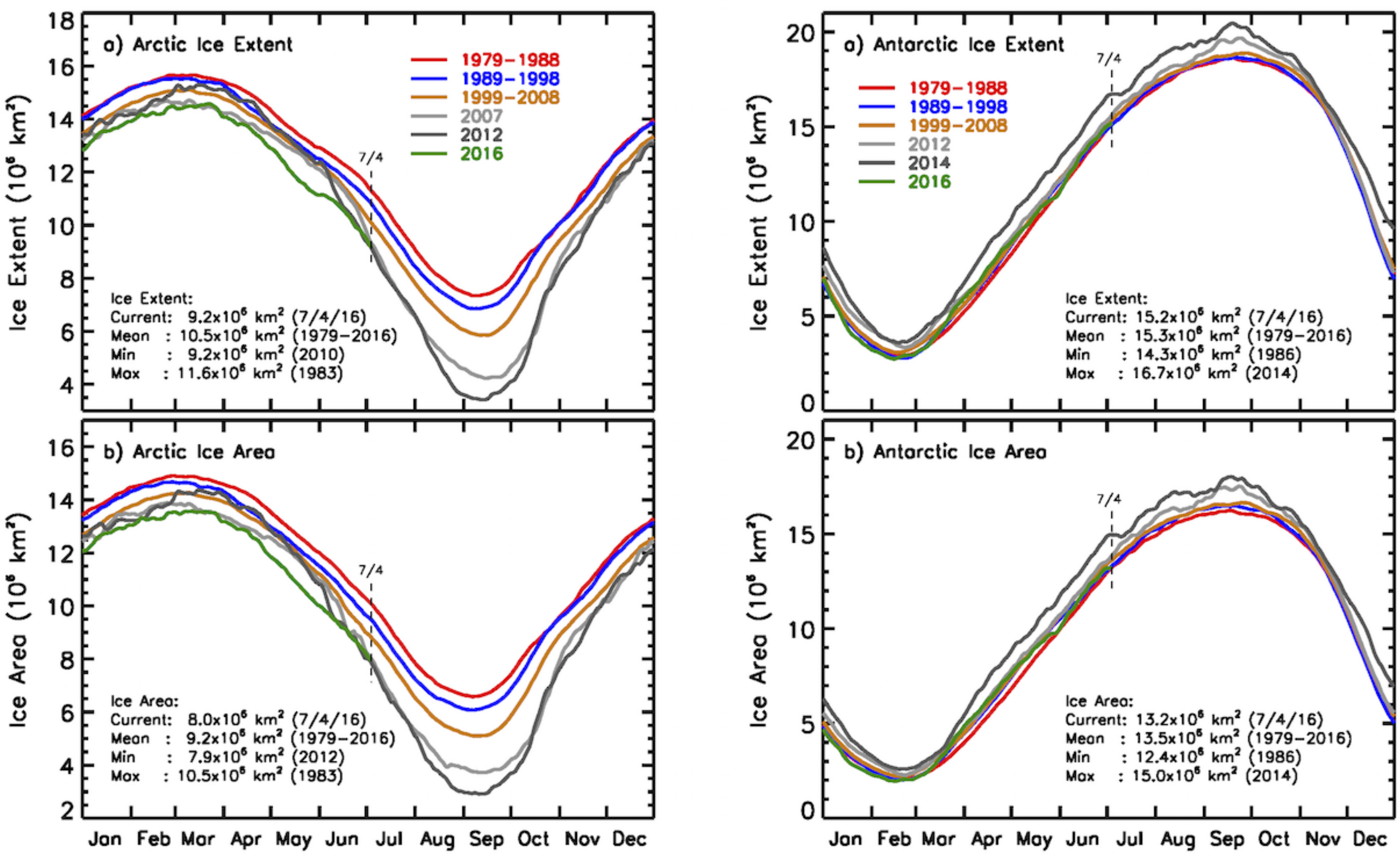
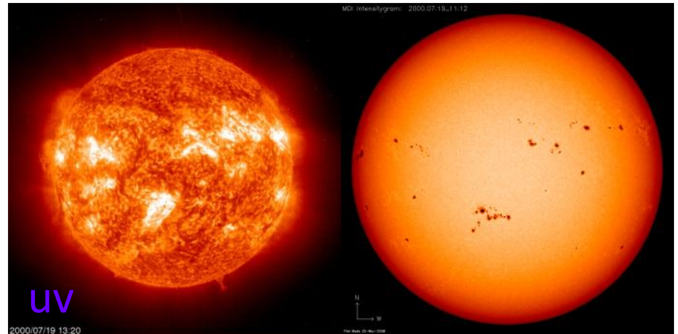
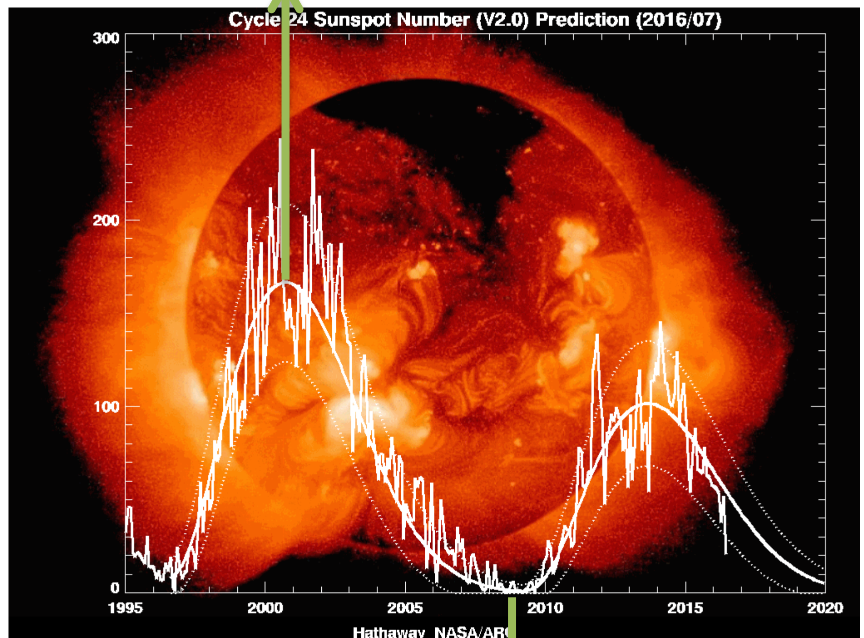


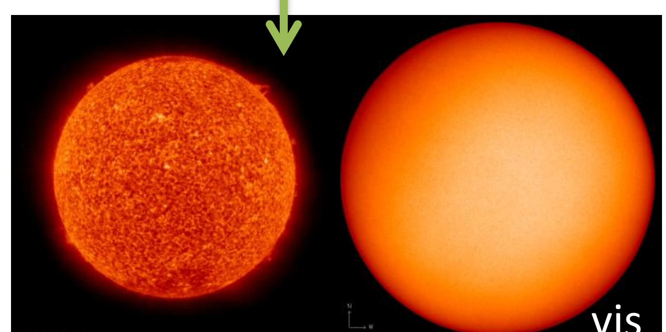

**FIG. 15. Monthly mean sea ice extent ($10^6$ km$^2$) for the (top) Arctic and (bottom) Antarctic from CFSR (6-h forecasts). Five-yr running mean is added to detect long-term trends.**




http://neptune.gsfc.nasa.gov/csb/




**FONTE:**
**http://solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml**

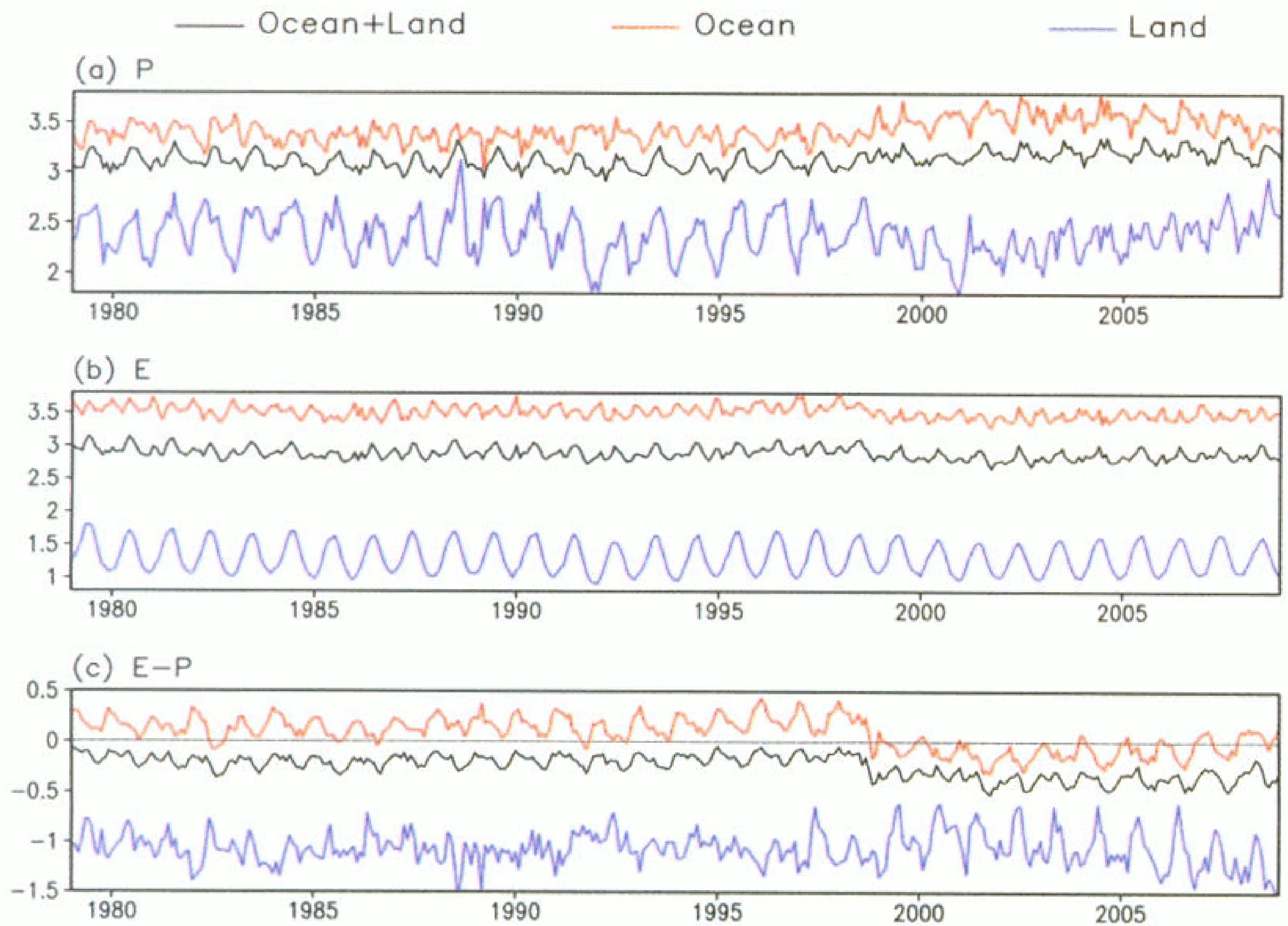



**FIG. 21. Global average of monthly mean (a) precipitation, (b) evaporation, and (c) evaporation minus precipitation. Averages over ocean (red), land (blue), and ocean plus land (black) are plotted. (Units: mm day$^{-1}$)**

(Saha et al. 2010)

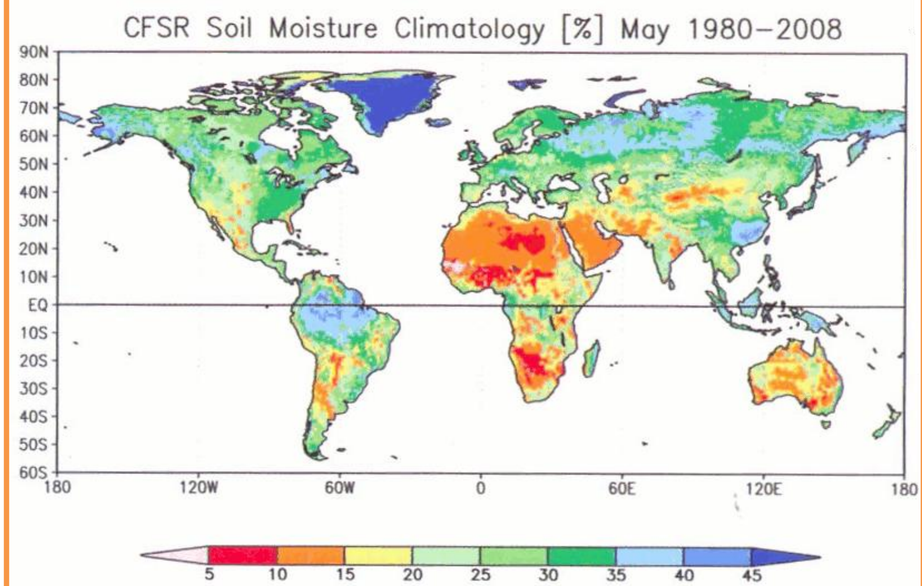



**Fig. 17. The 2-m volumetric soil moisture climatology of CFSR for May averaged over 1980–2008.**

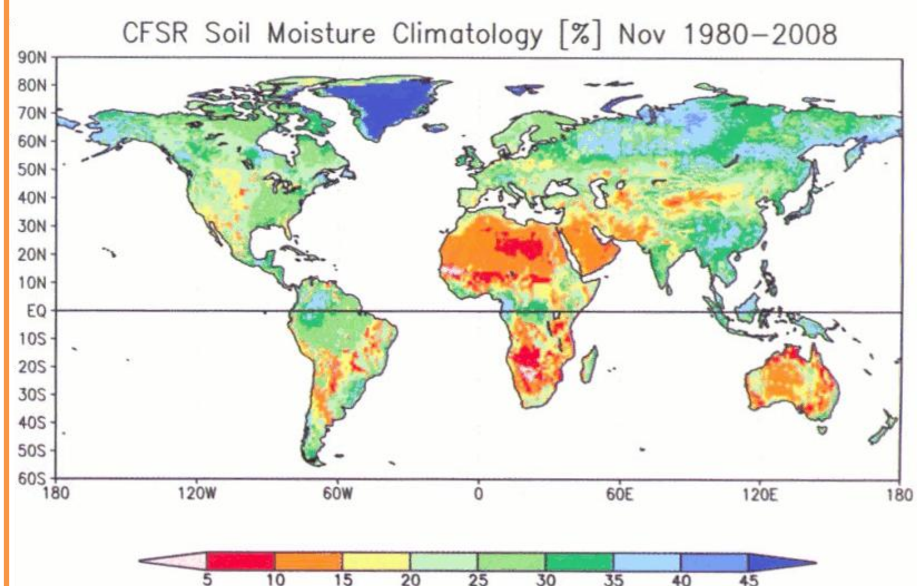
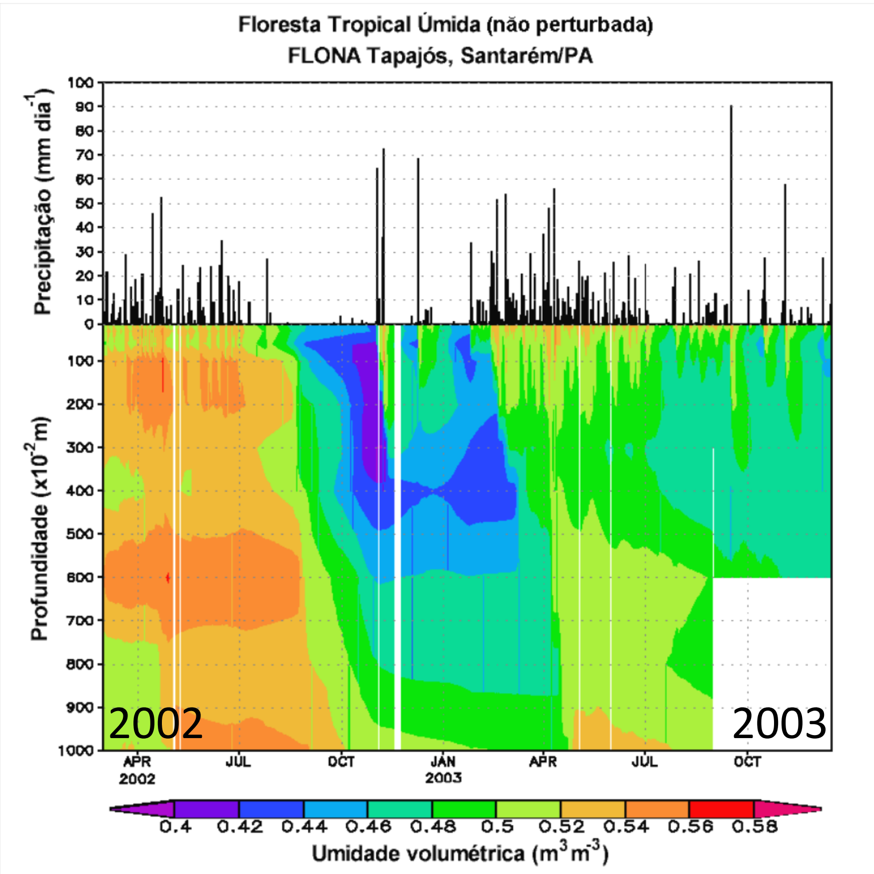
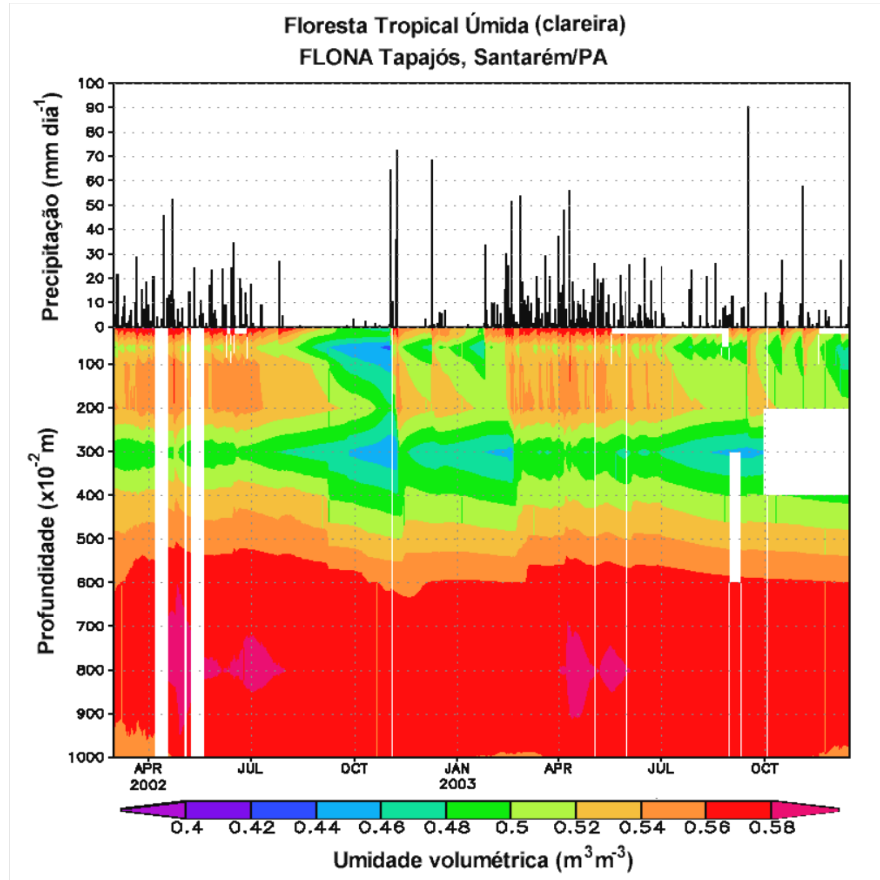



**Fig. 18. As in Fig. 17, but for Nov.**

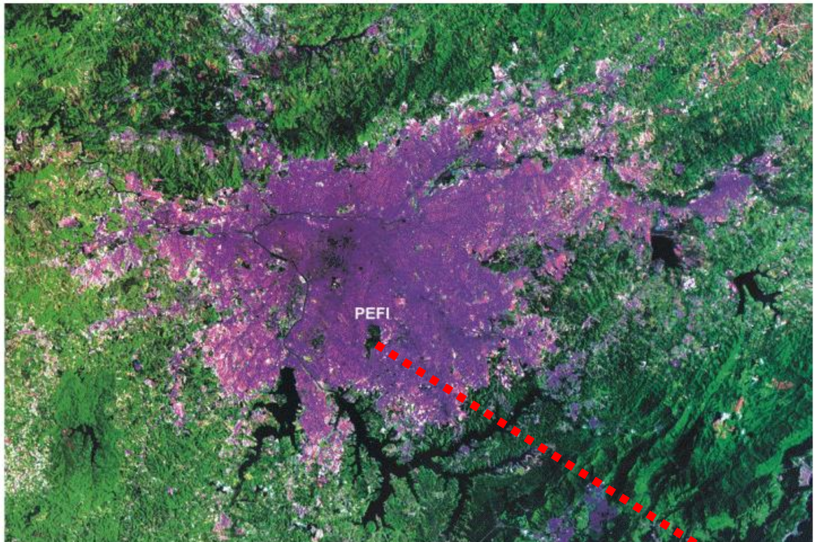
(Saha et al. 2010)

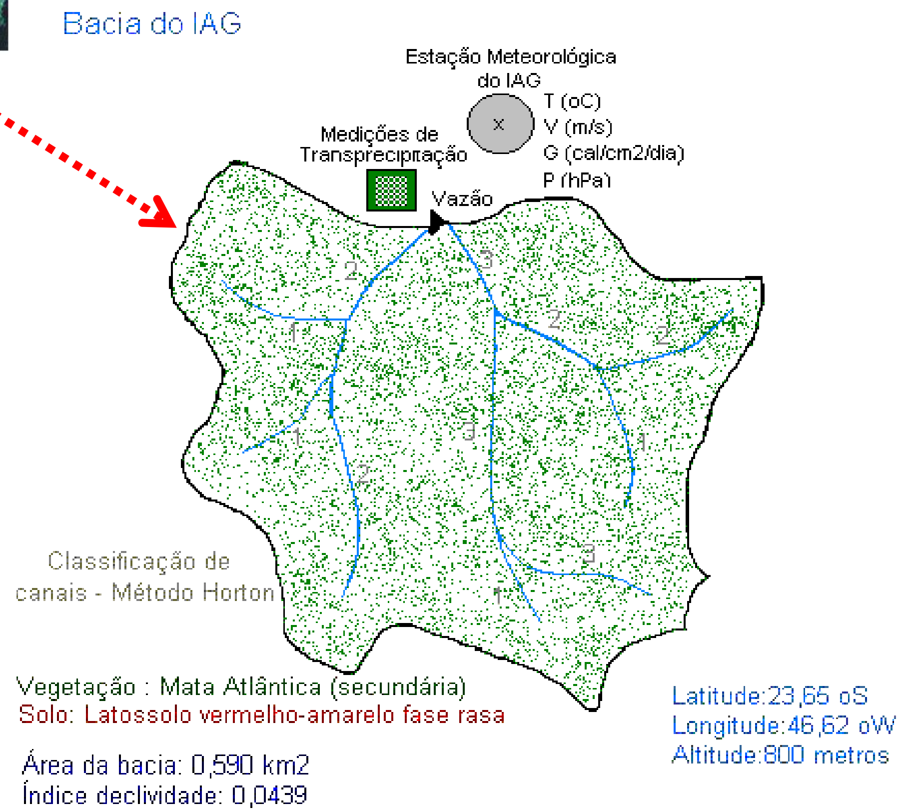
# Floresta Amazônica



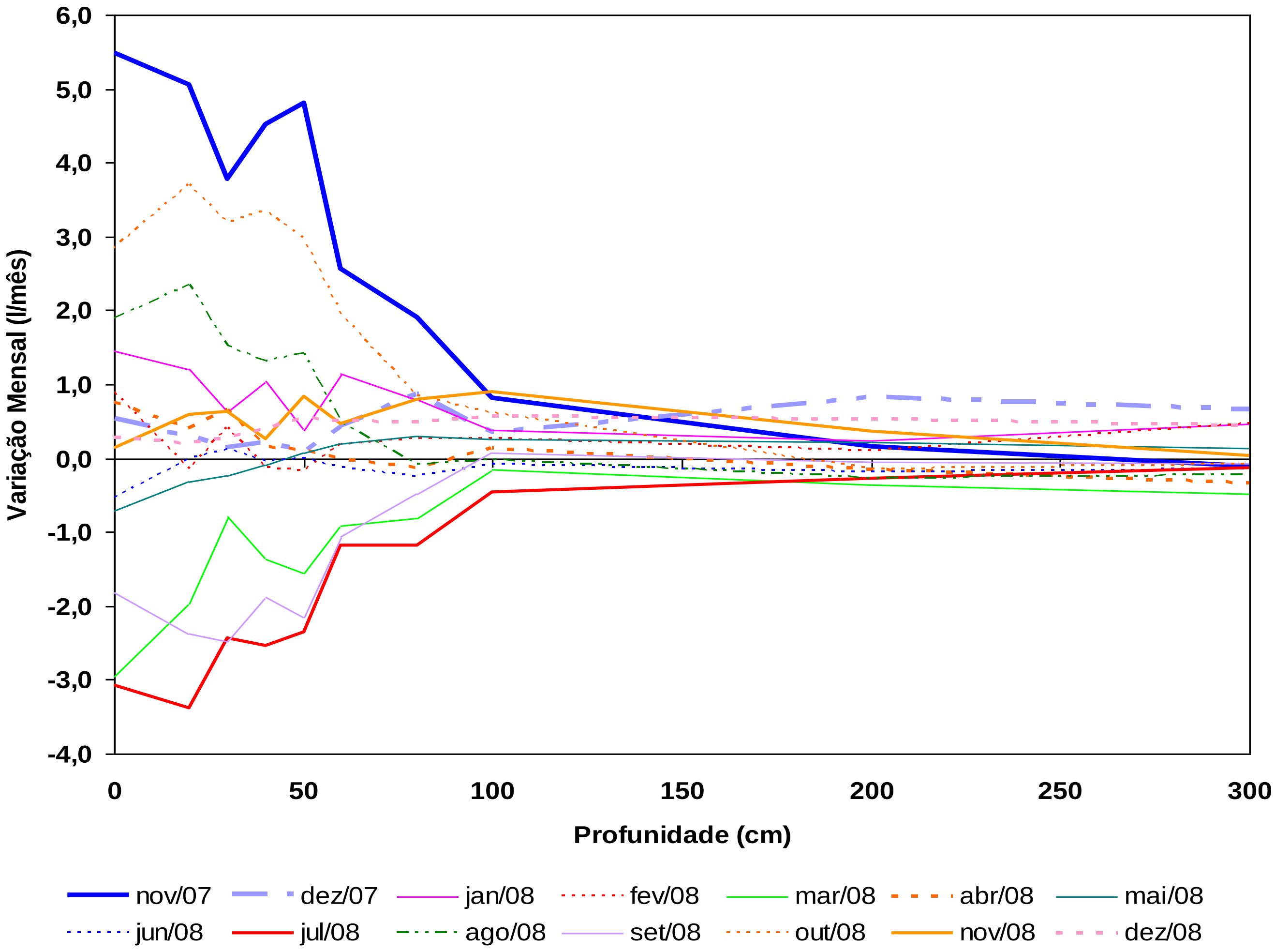

Bruno e Rocha (2004)




(Pereira Filho et al., 2002)

# Variação da Umidade do solo - PEFI



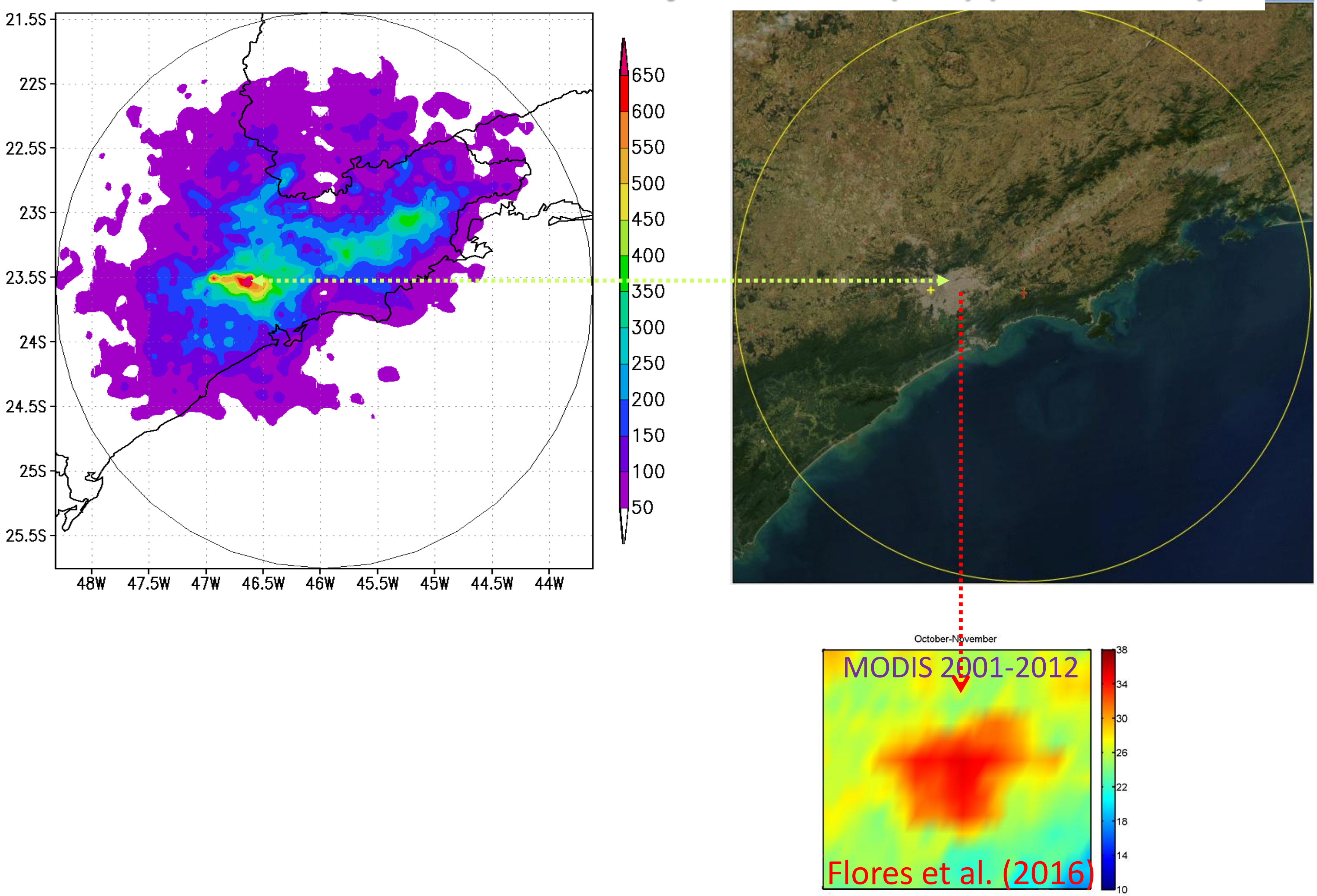

(Pereira Filho, 2010)

# Balanço Hídrico - PEFI **(mm)**

| | |
|---|---|
| Precipitação (**P**) | 1290,5 |
| Transprecipitação (**T**) | 1002,1 |
| Interceptação (**I**) | 288,4 |
| Vazão (**Q**) | 285,6 |
| Evapotranspiração (**ETo**) | 1004,9 |

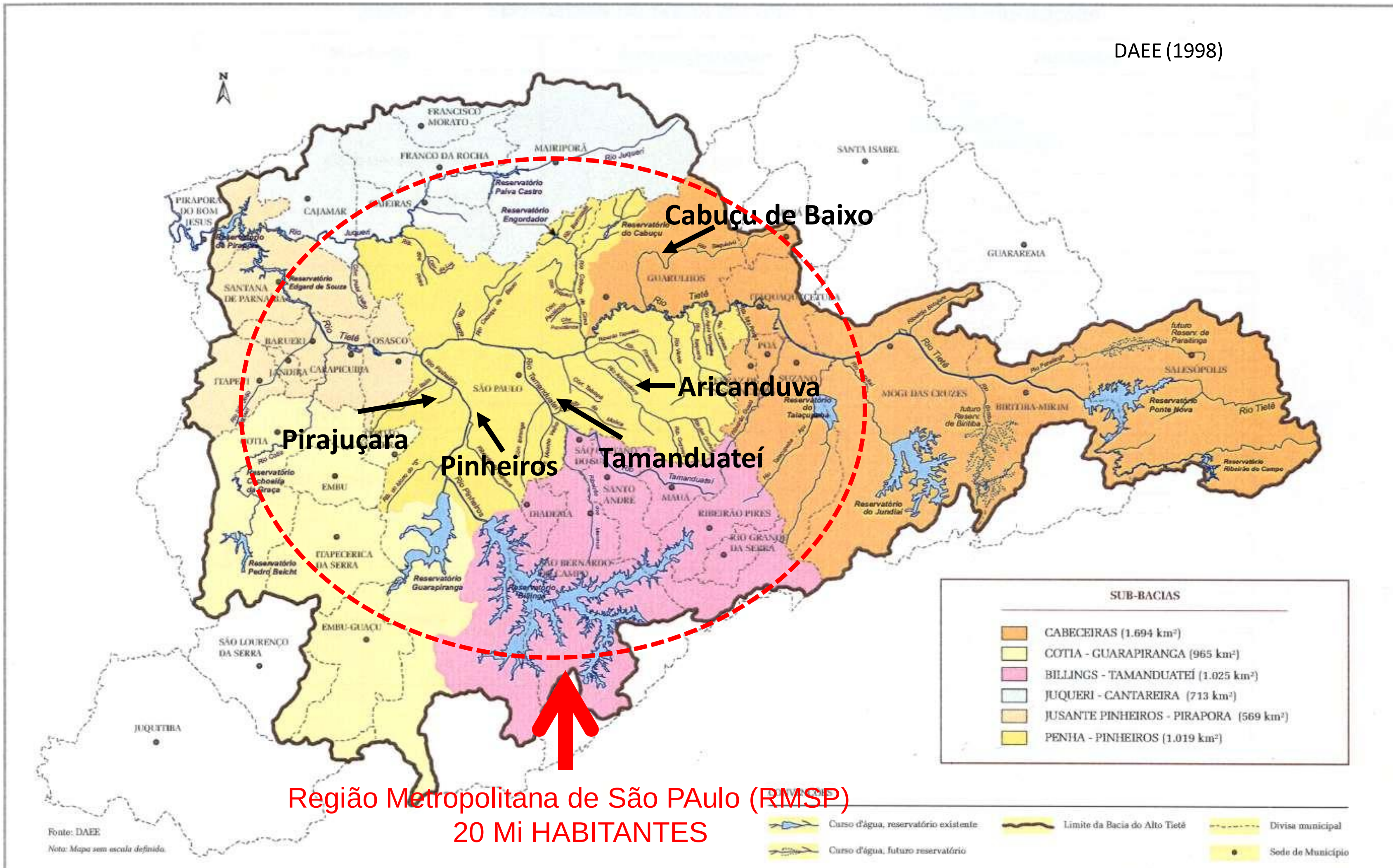
(Pereira Filho et al., 2002)

# Efeitos Ilha de Calor e Brisa na Distribuição de chuva (mm) (2002 – 2004)



# BRASIL – SÃO PAULO - RMSP

# BACIA DO ALTO TIETÊ
# (6,000 km$^2$)



# CRESCIMENTO URBANO 1905 - 2005

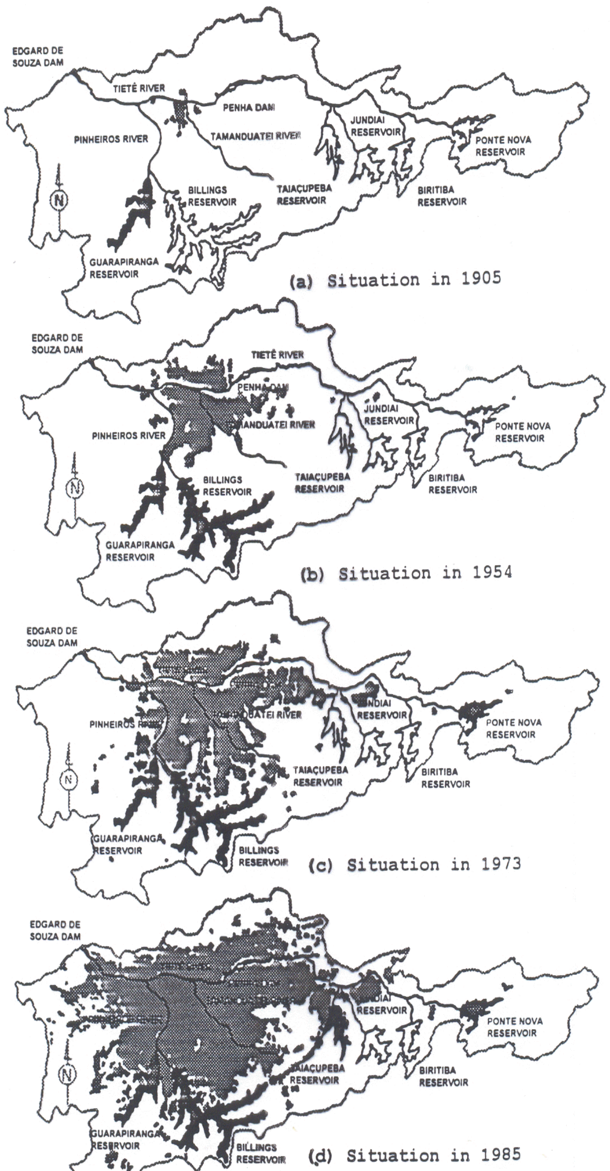
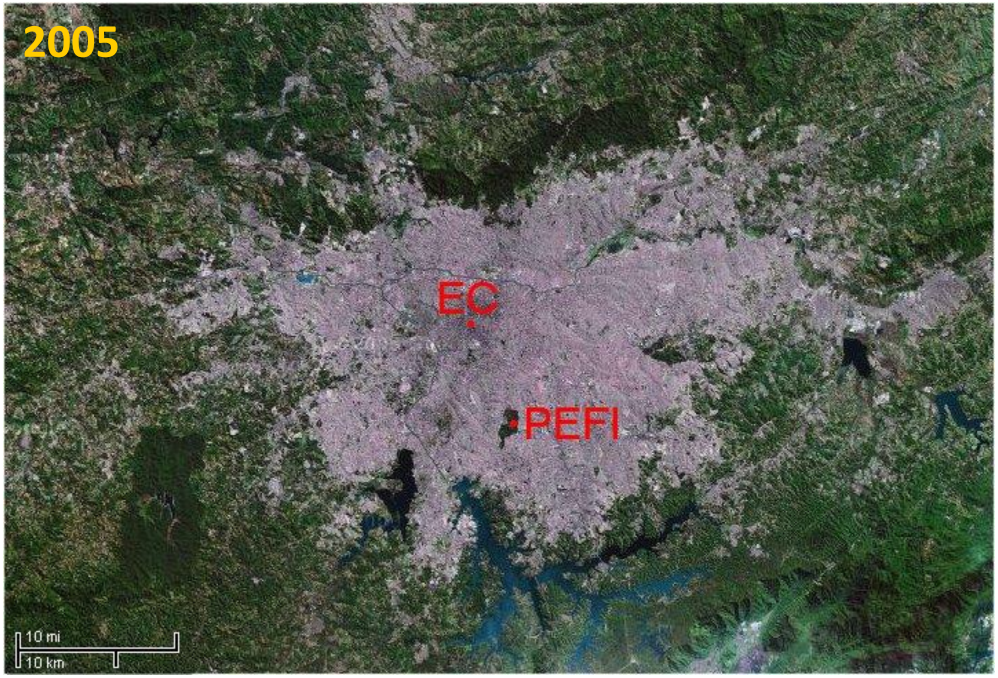



Figure 3 - Expansion of the urban area.



# REPRESA DE GUARAPIRANGA - 1933


REPRESA DE GUARAPIRANGA - HOJE


AEROPORTO DE CONGONHAS - 1950

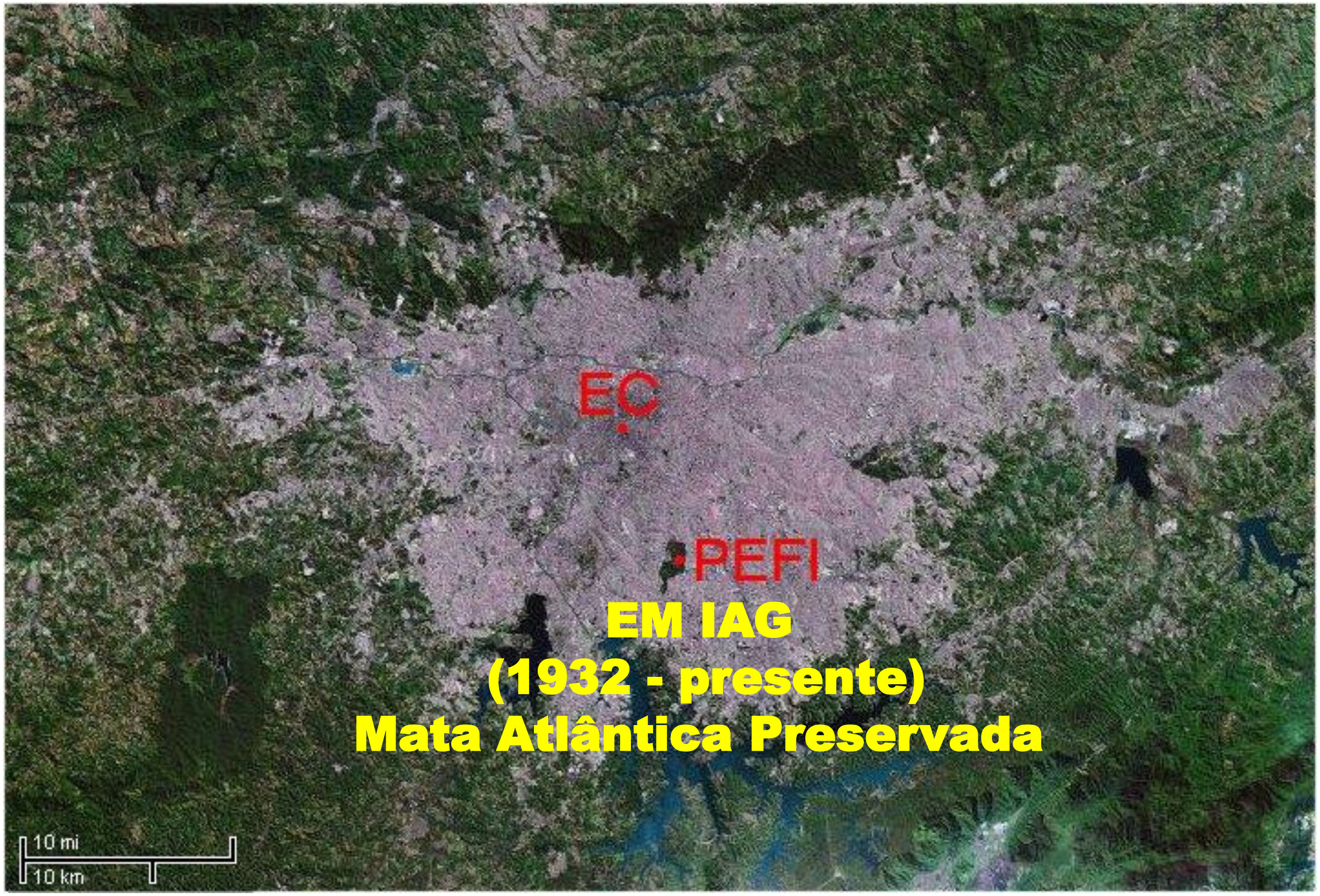

AEROPORTO DE CONGONHAS HOJE

# SÃO PAULO, TERRA DA GAROA - 1954

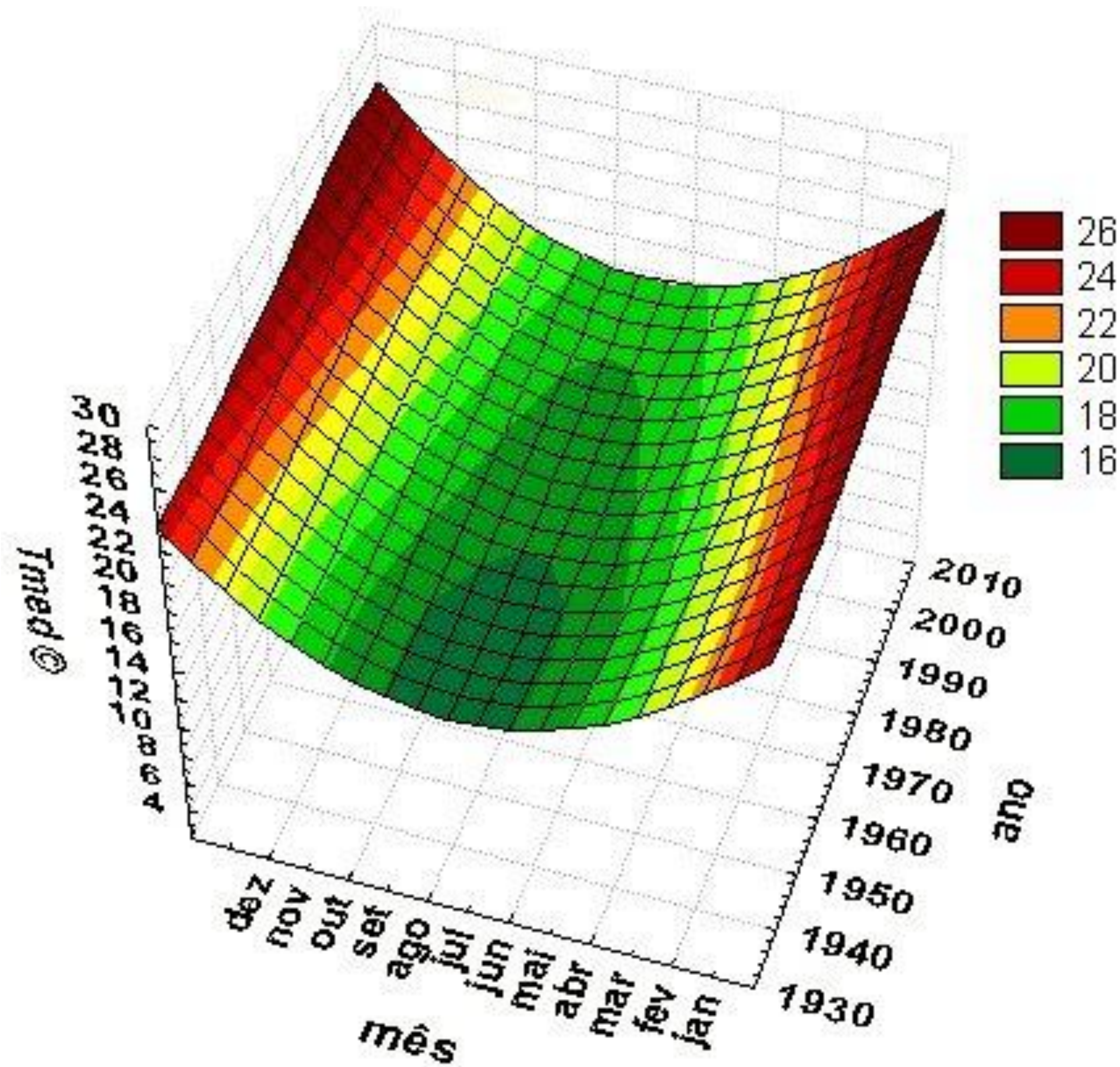
# SÃO PAULO, DESERTO URBANO - HOJE

(FSP ,2011)

# CLIMATOLOGIA DA RSMP
# 1936 - 2005

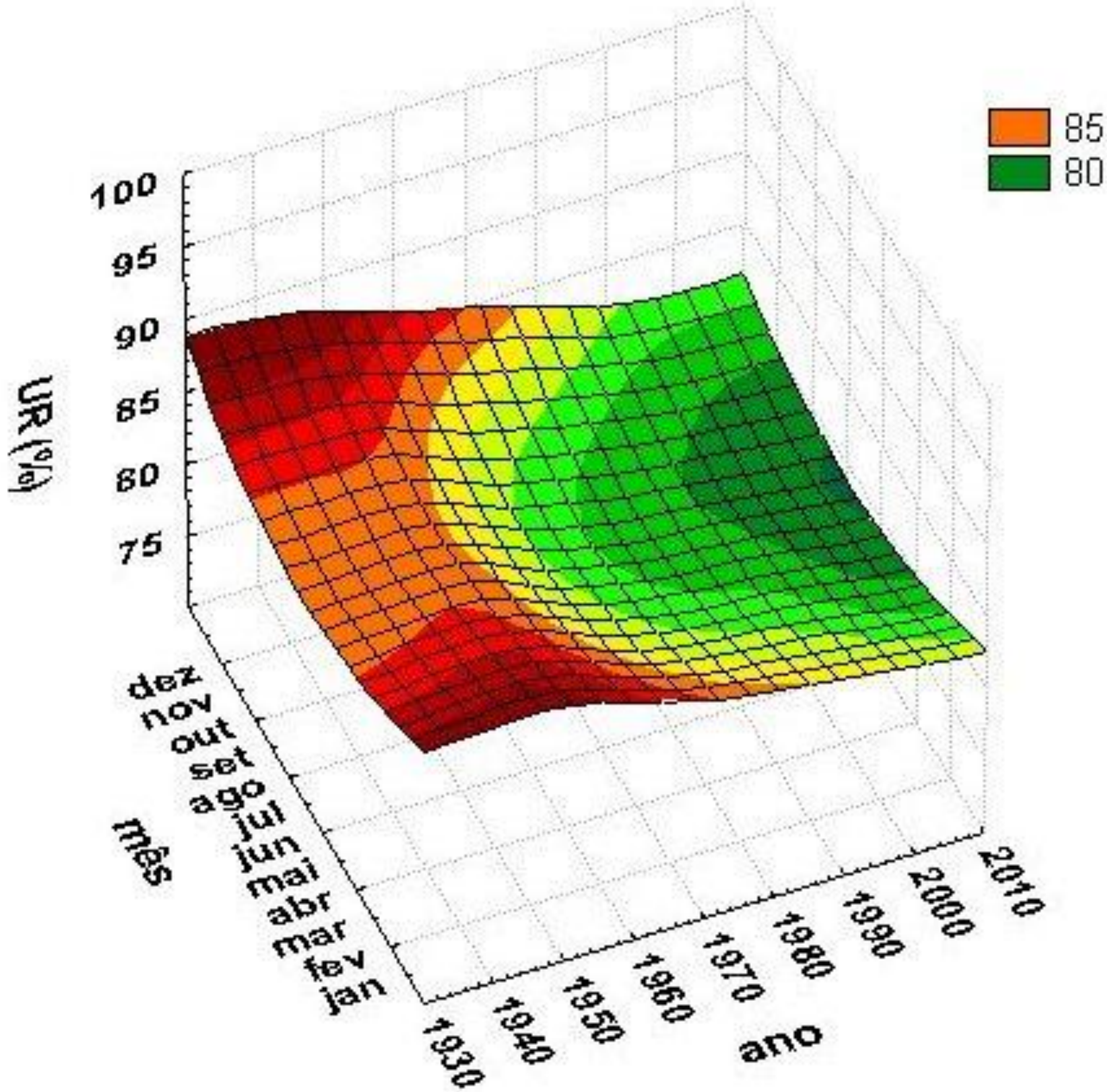


# TEMPERATURA DO AR DIÁRIA 1936 - 2005



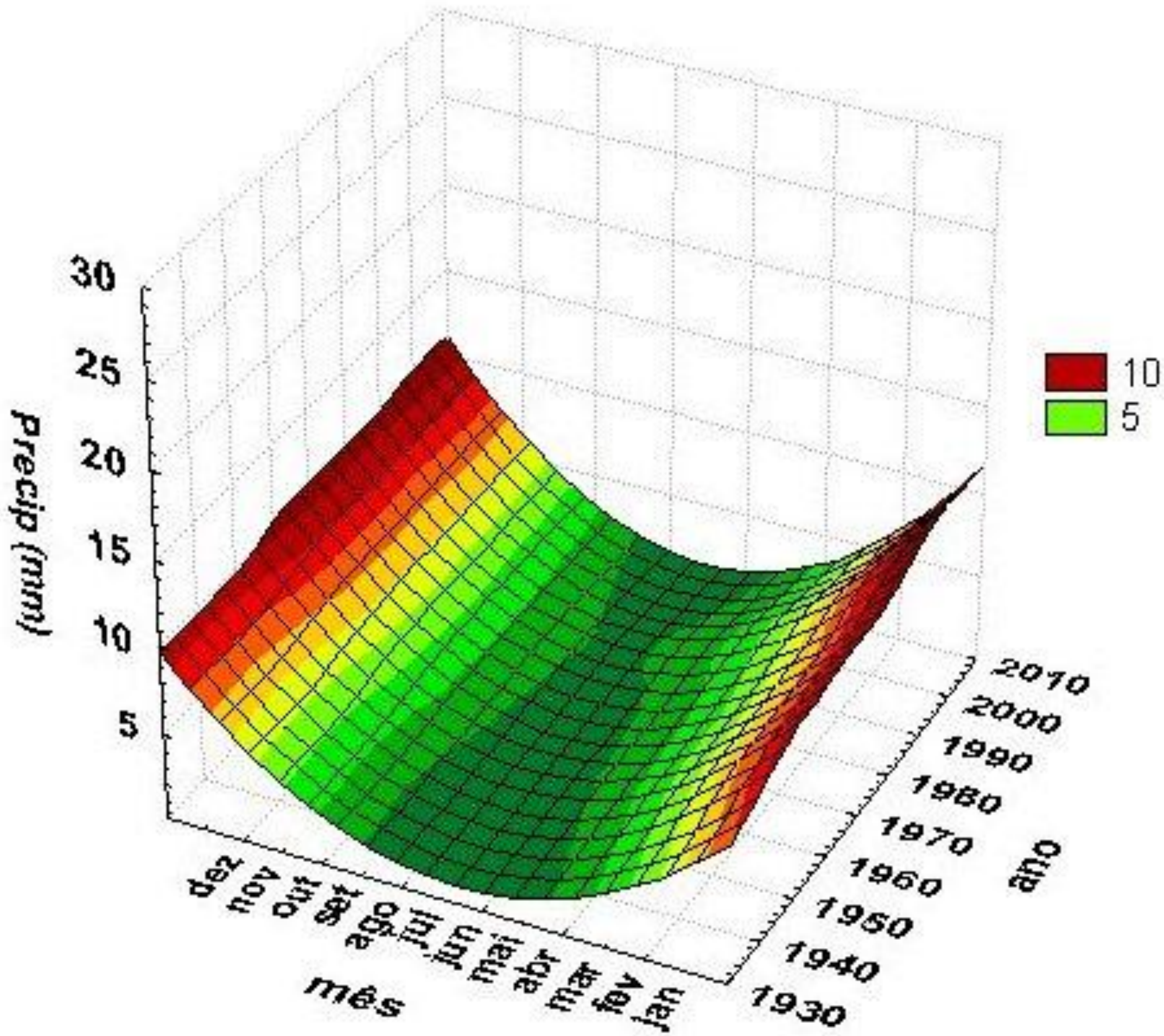

(Pereira Filho et al., 2006)

# UMIDADE RELATIVA DIÁRIA 1936 -2005



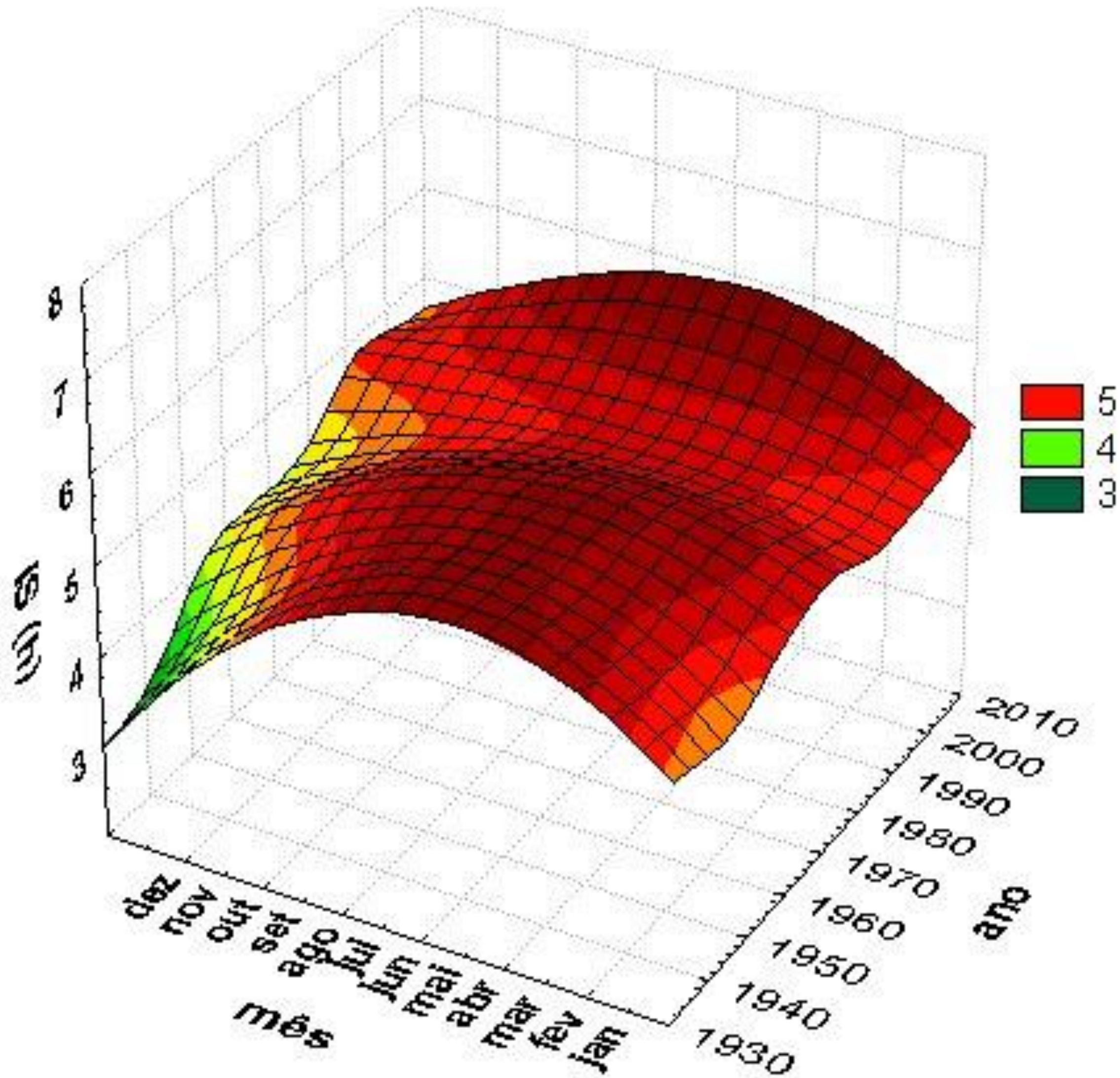

(Pereira Filho et al., 2006)

# CHUVA DIÁRIA 1936 -2005



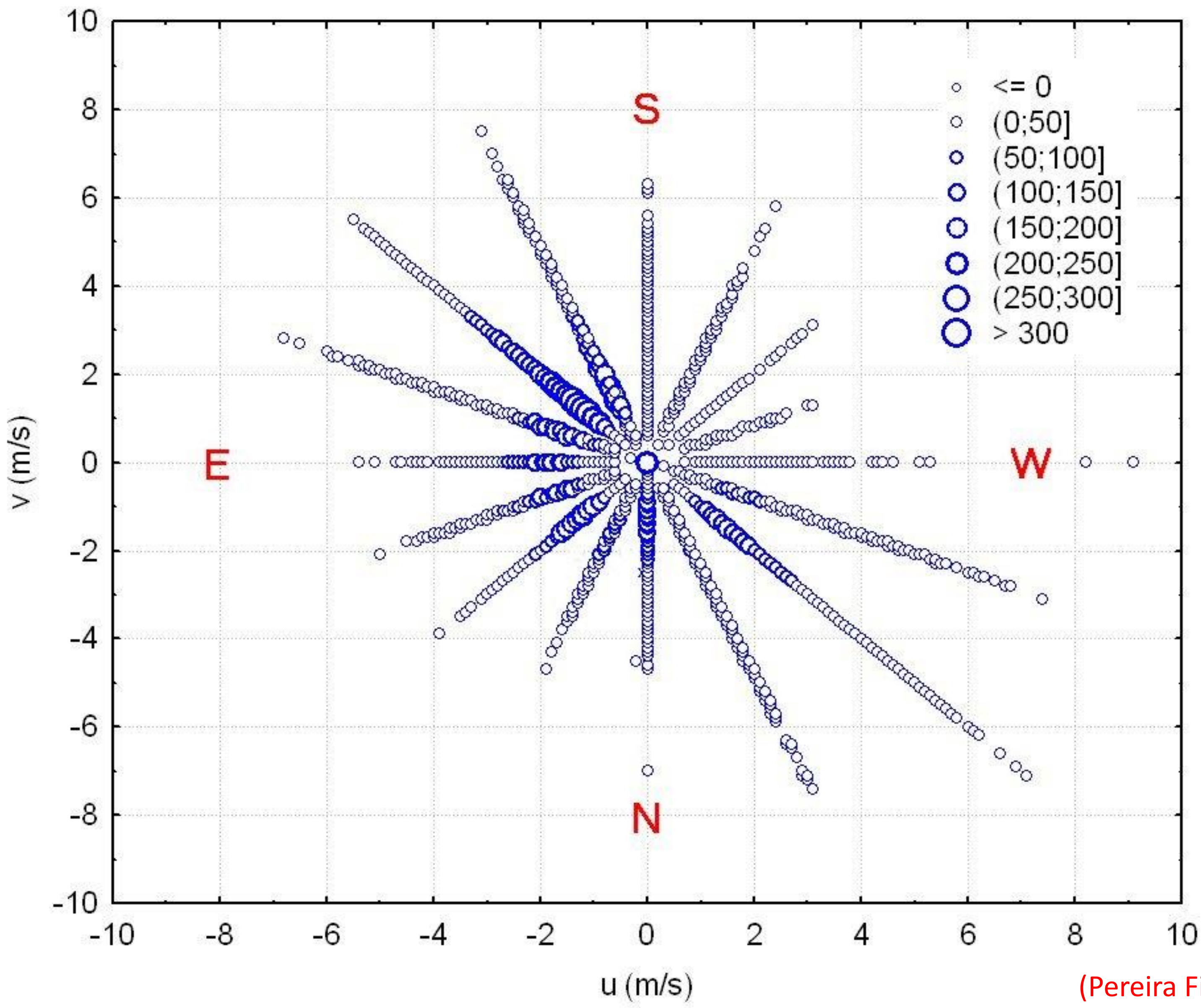

(Pereira Filho et al., 2006)

# INSOLAÇÃO DIÁRIA 1936 -2005




(Pereira Filho et al., 2006)

# ROSA DOS VENTOS 1936 -2005




(Pereira Filho et al., 2006)

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA RMSP:

MAIS QUENTE

SECO

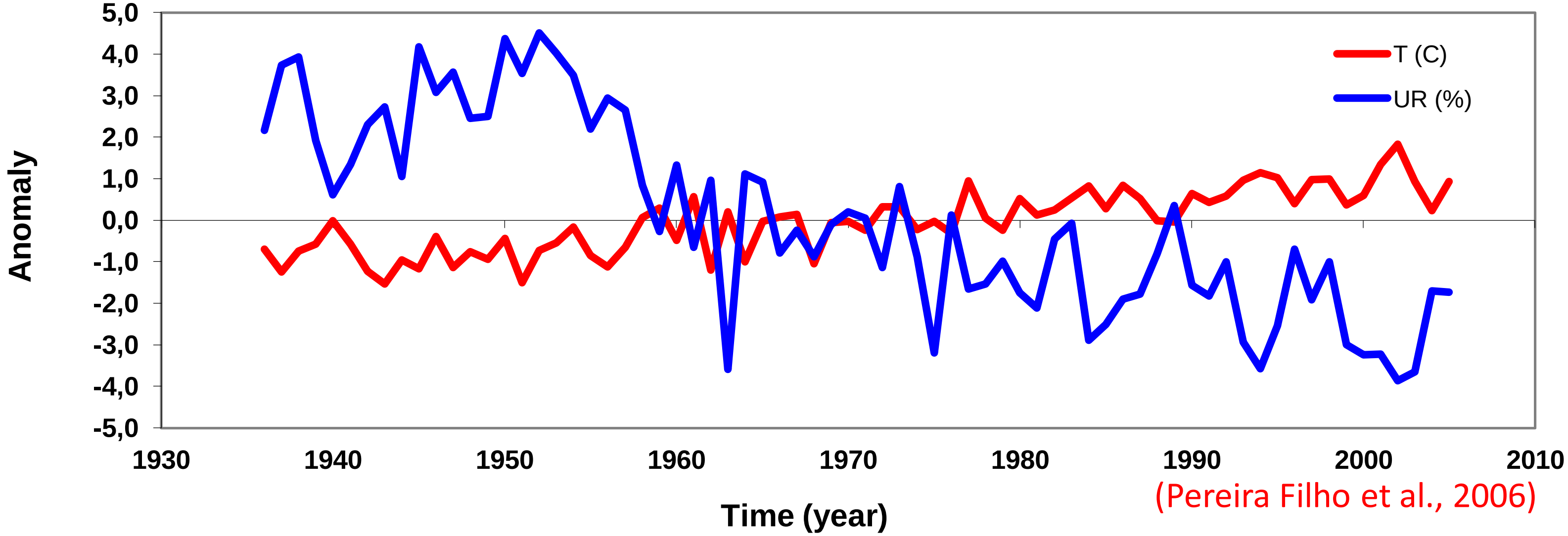
MAIS TEMPESTADES

MENOS GAROA

MAIS POLUIÇÃO DO AR

# AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SÃO LOCAIS OU GLOBAIS?

# TAR & UR 1936 -2005




(Pereira Filho et al., 2006)

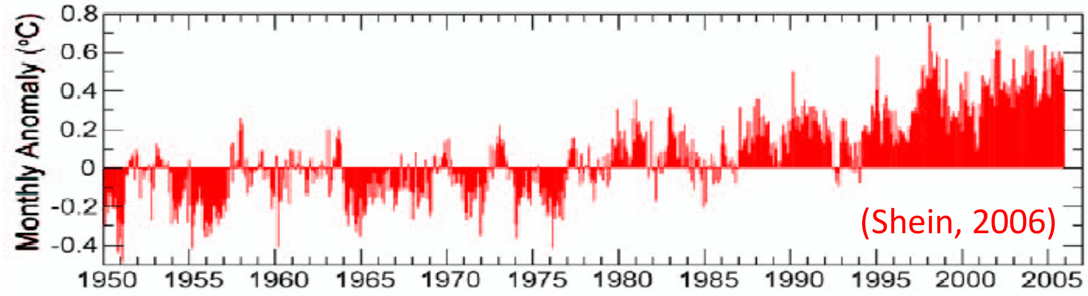



FIG. 2.2. Serial monthly surface temperature anomalies (°C) relative to a 1961–90 base period, based on Quayle et al. (1999). [Source: NOAA/NCDC]

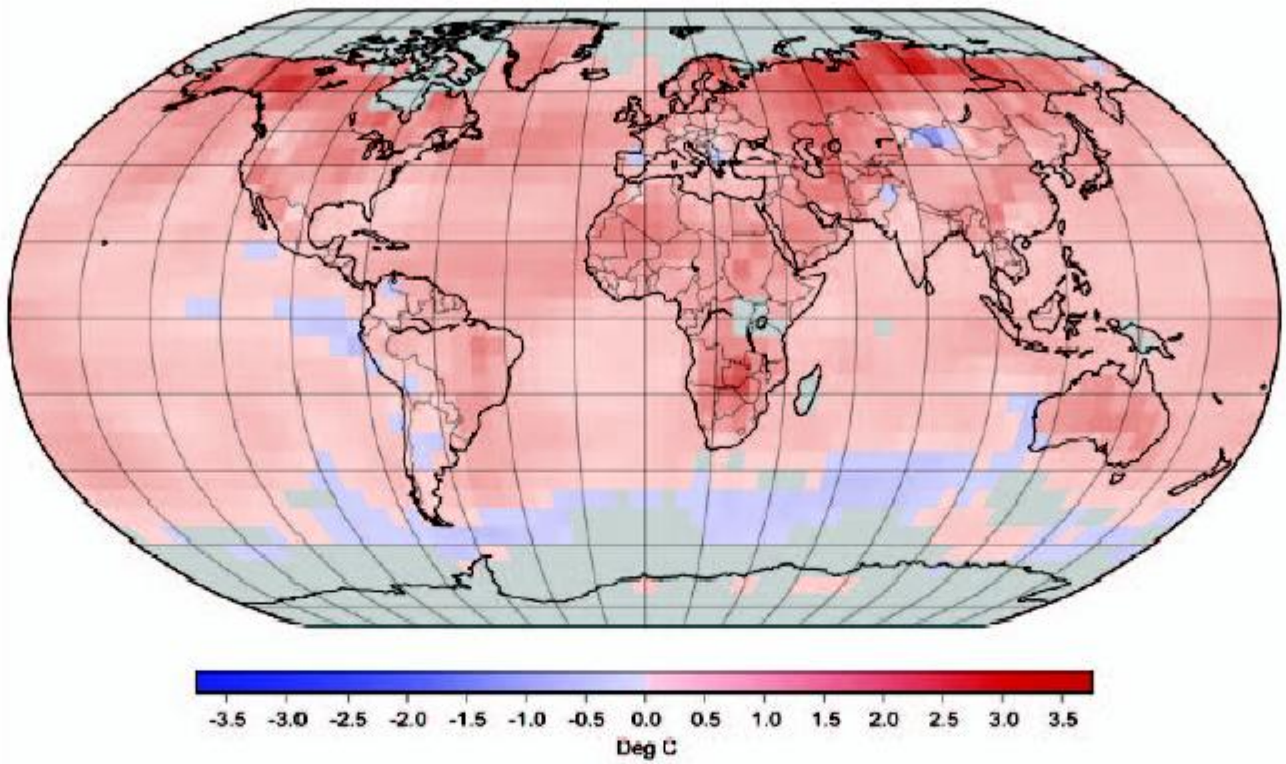
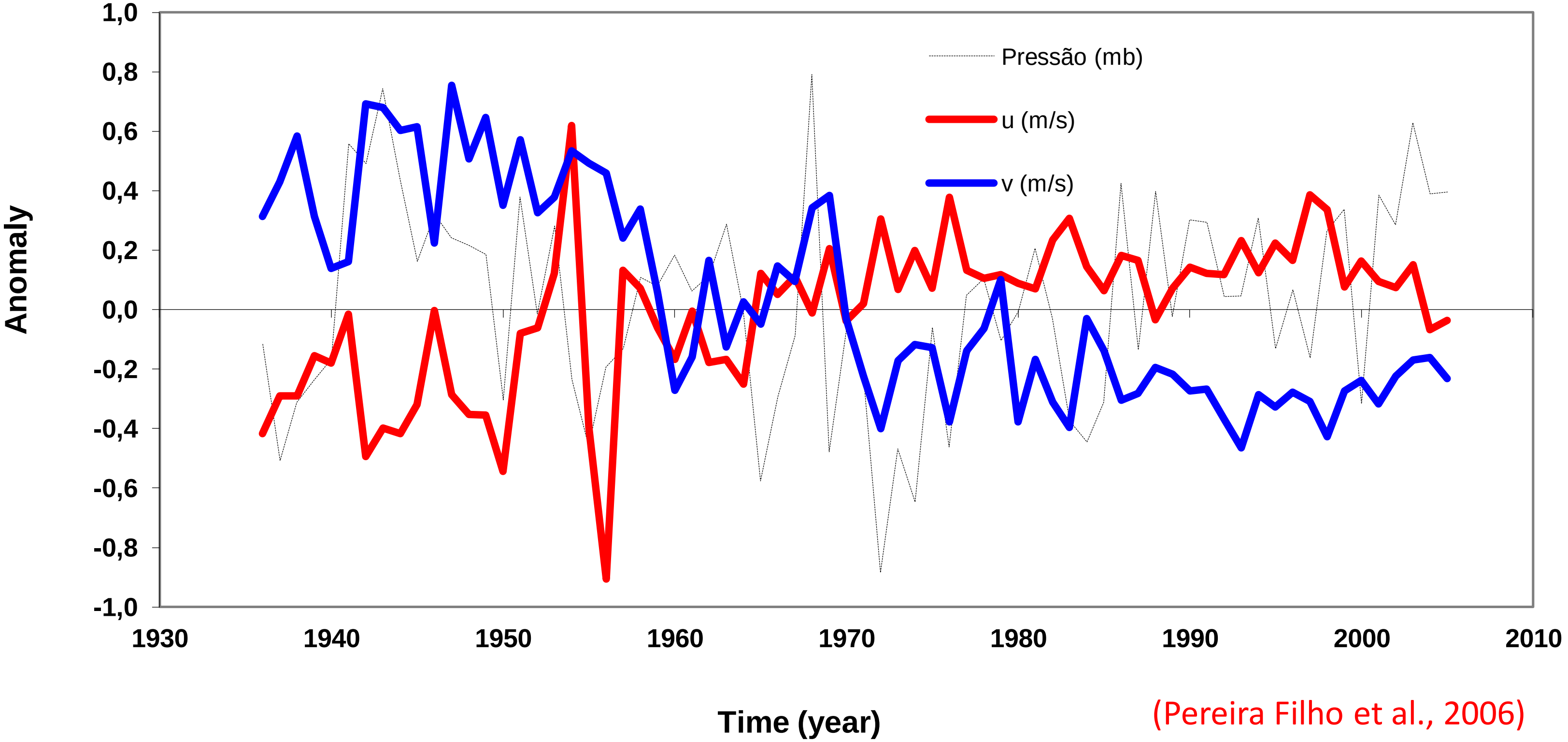



**FIG. 2.4. Geographic distribution of surface air temperature anomalies (°C) in 2005 relative to the 1961–90 mean. [Source: NOAA/NCDC]**

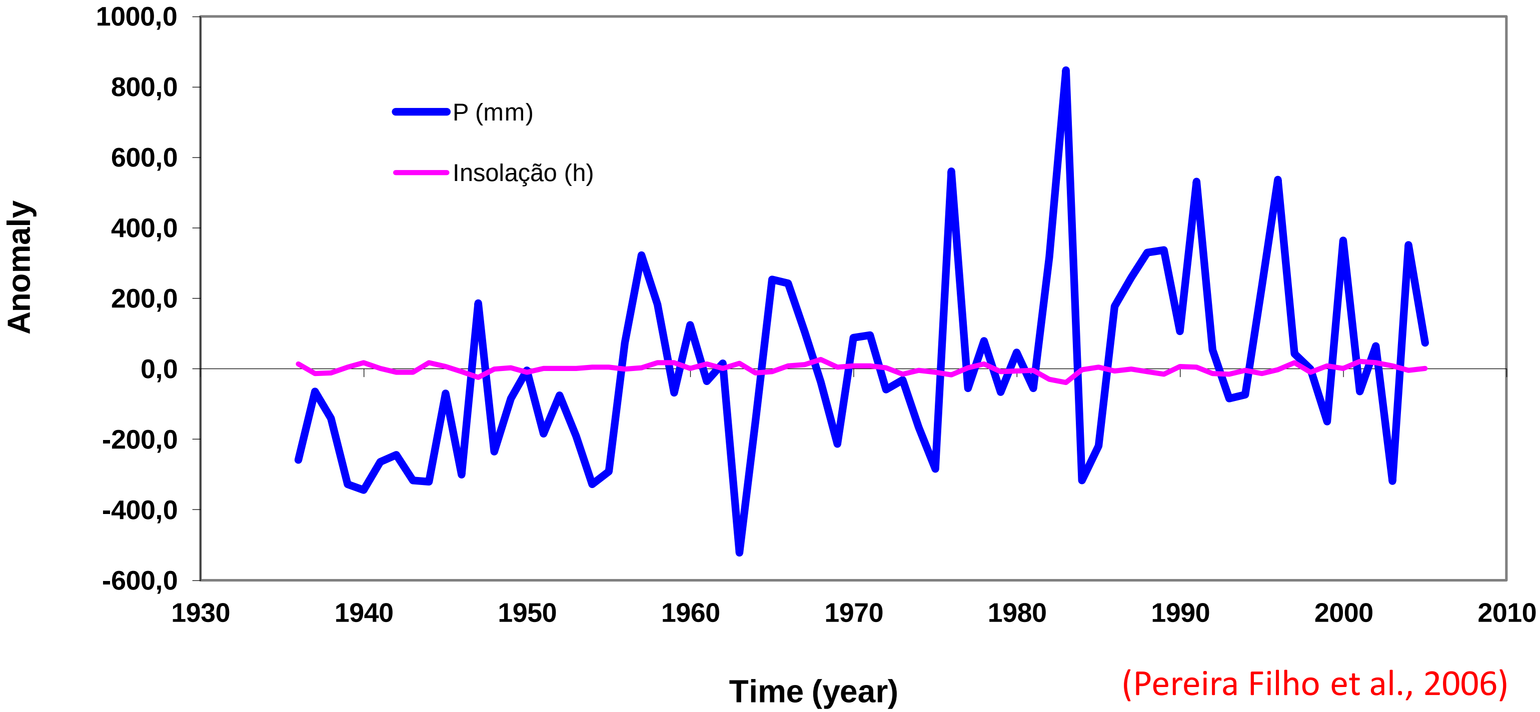
(Shein, 2006)

# PRESSÃO DO AR E VENTO 1936 -2005




(Pereira Filho et al., 2006)

# CHUVA E INSOLAÇÃO 1936 -2005

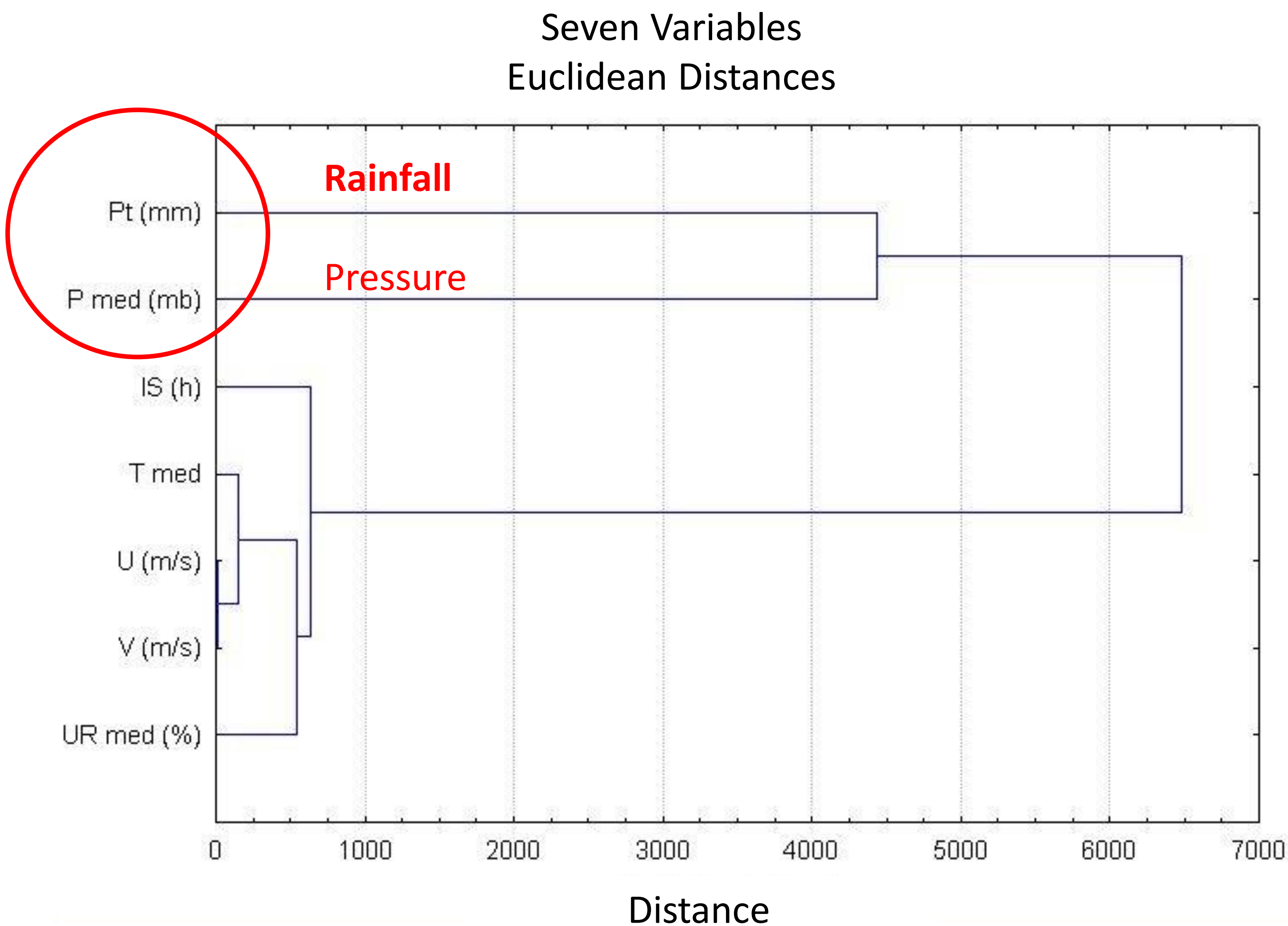



(Pereira Filho et al., 2006)

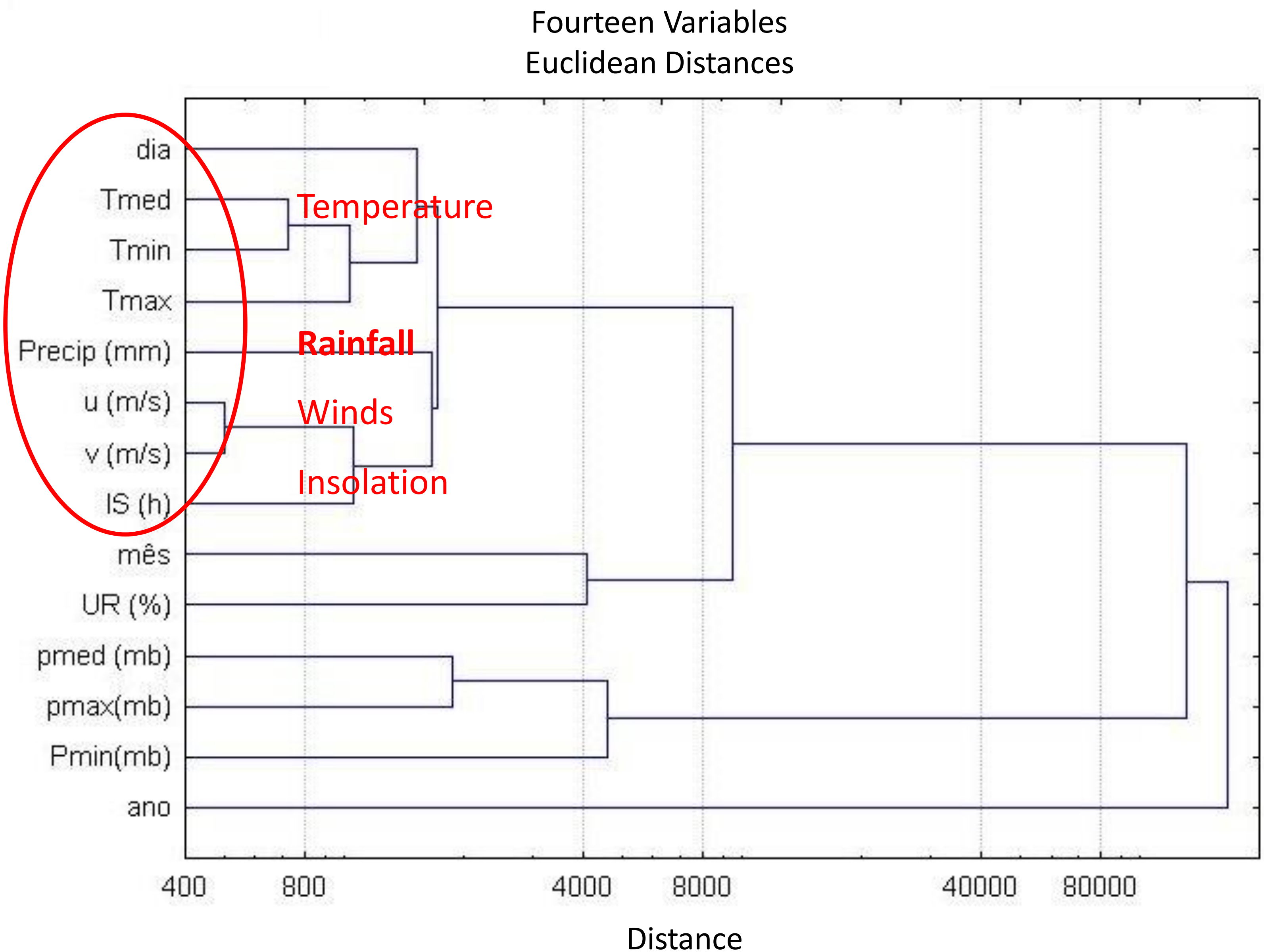
# MUDANÇAS NO CLIMA

# LOCAL (+) E GLOBAL (-)

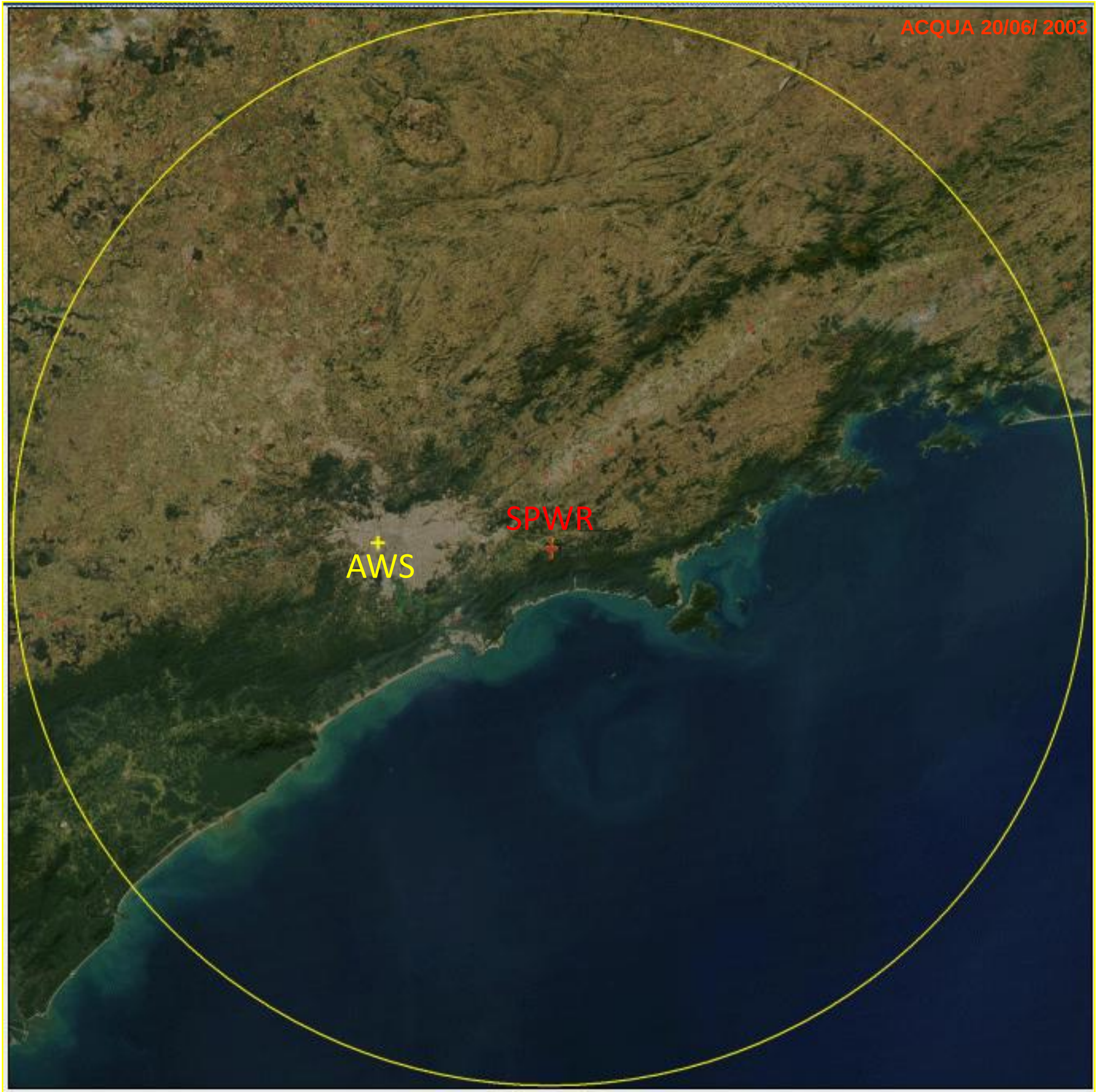
# ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (ANUAL) 1936-2005

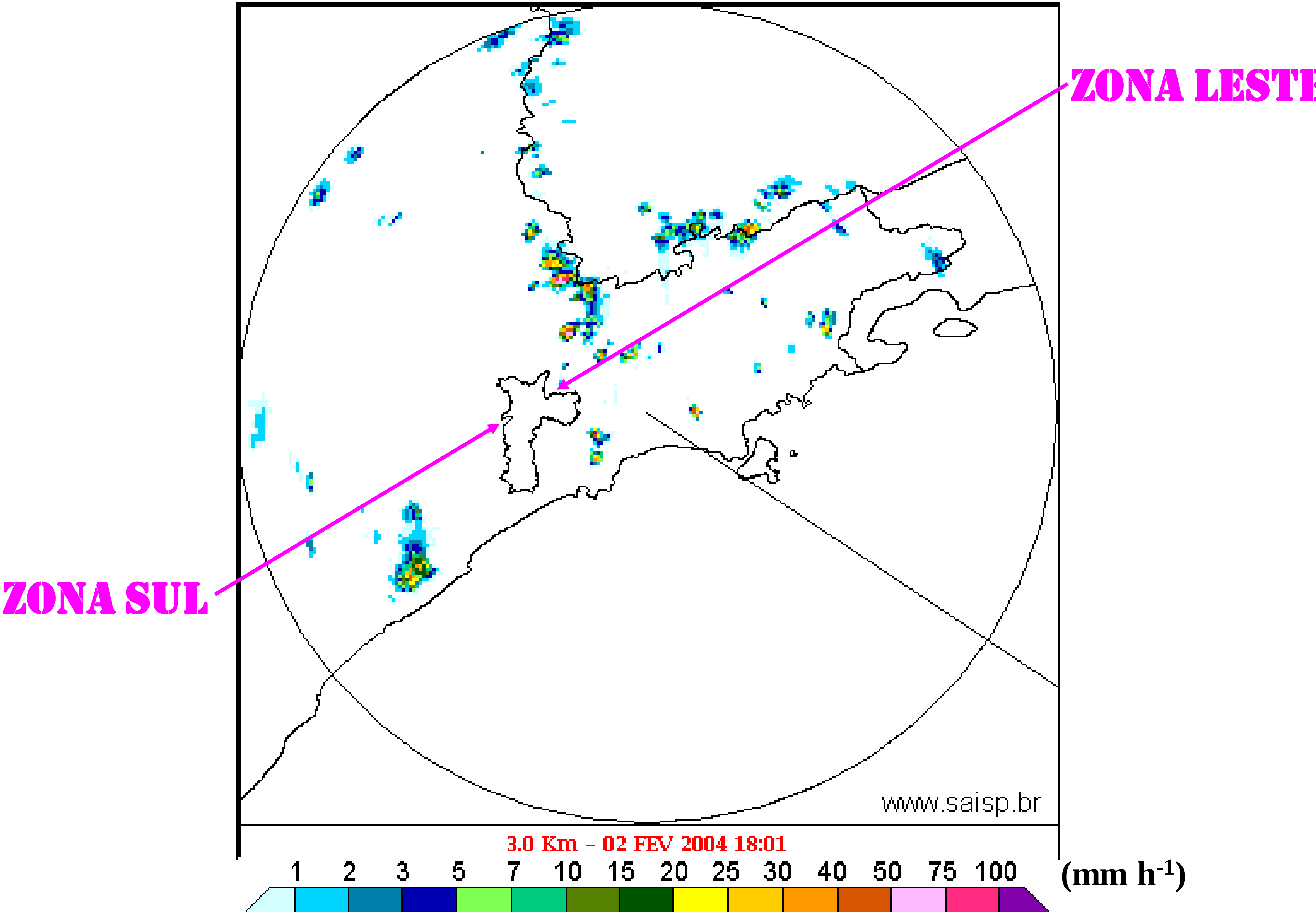


# ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (DIÁRIA) 1936-2005



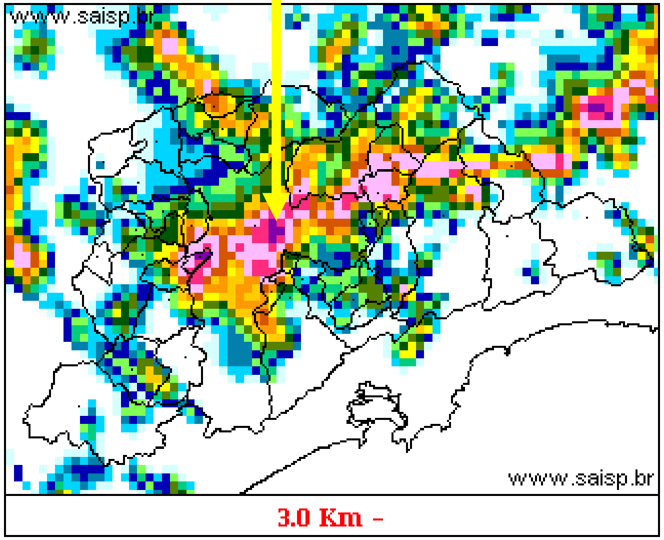
# IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS LOCAIS NA CHUVA SOBRE A RMSP


ACQUA 20/06/ 2003
SPWR
AWS

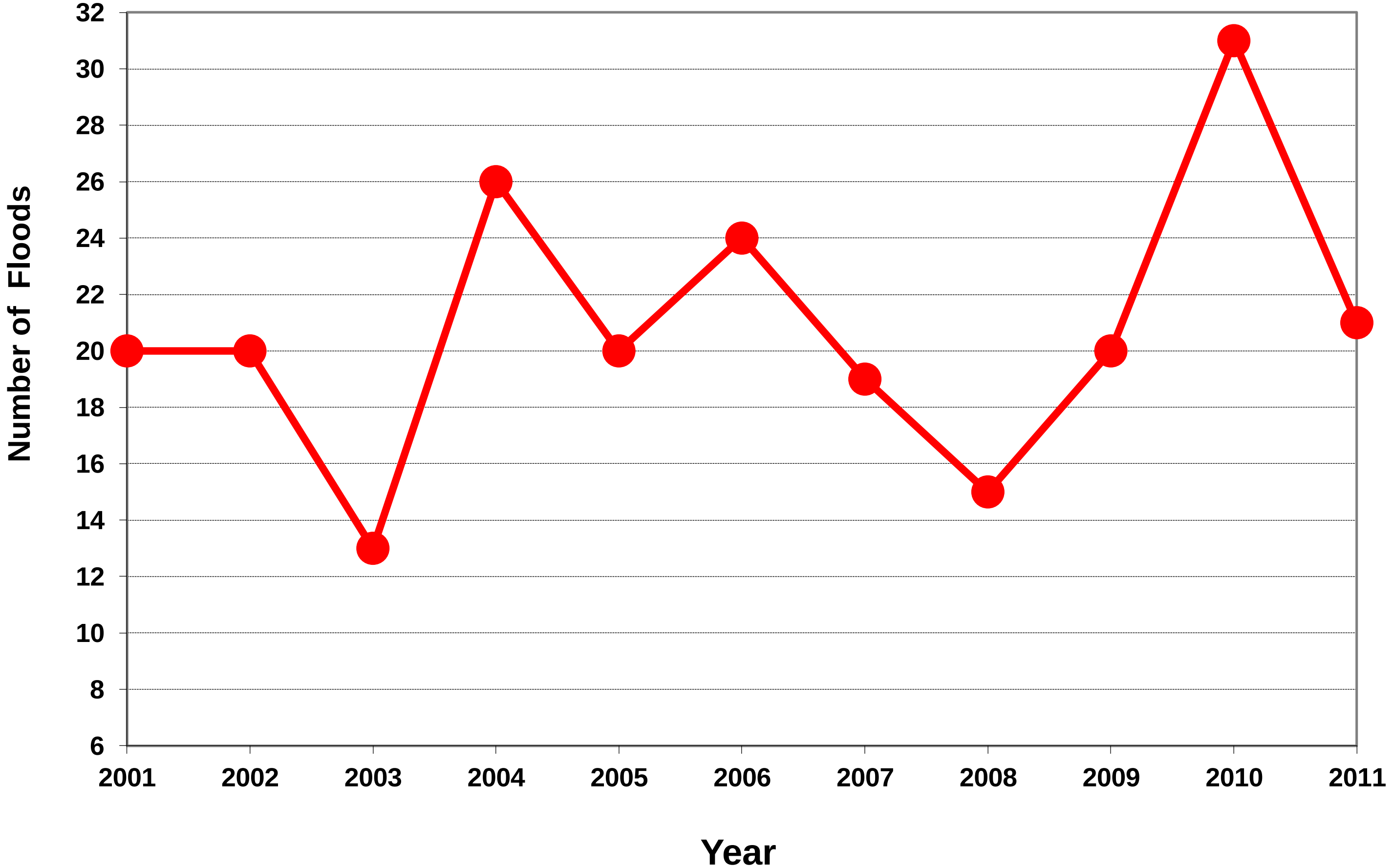

ZONA LESTE
ZONA SUL
www.saisp.br
3.0 Km – 02 FEV 2004 18:01
1 2 3 5 7 10 15 20 25 30 40 50 75 100
(mm h-1)

# ENCHENTES


RIO ARICANDUVA

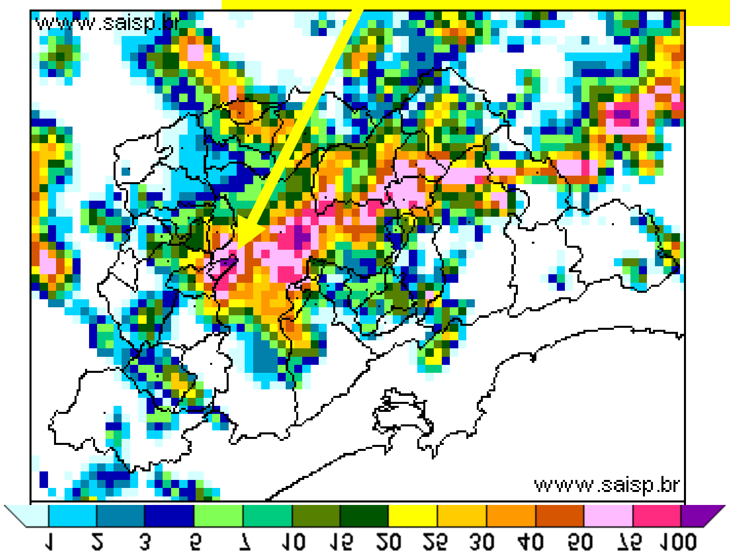


# NÚMERO DE ENCHENTES NA CIDADE DE SÃO PAULO 2001 A 2011

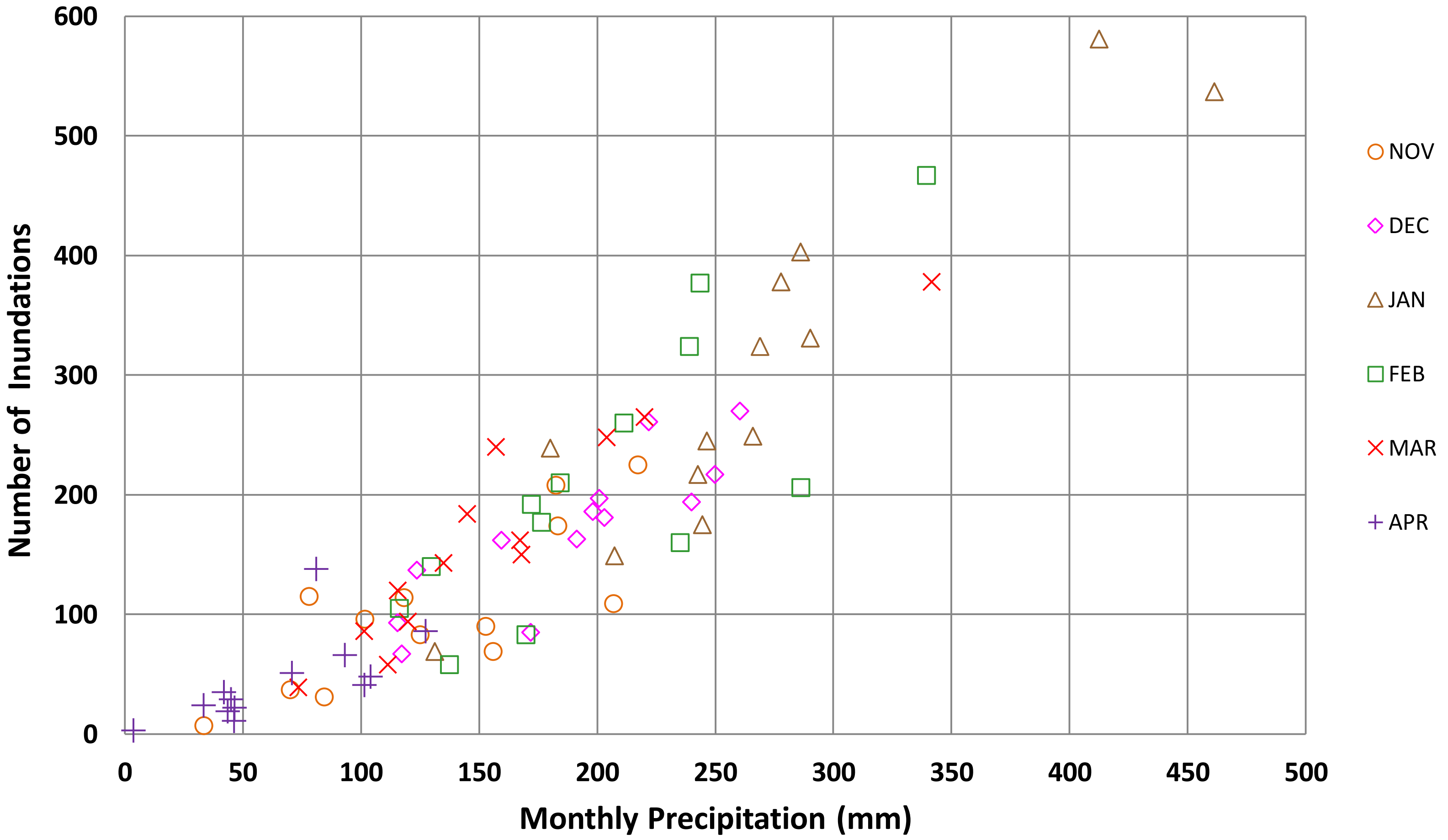



# Inundação

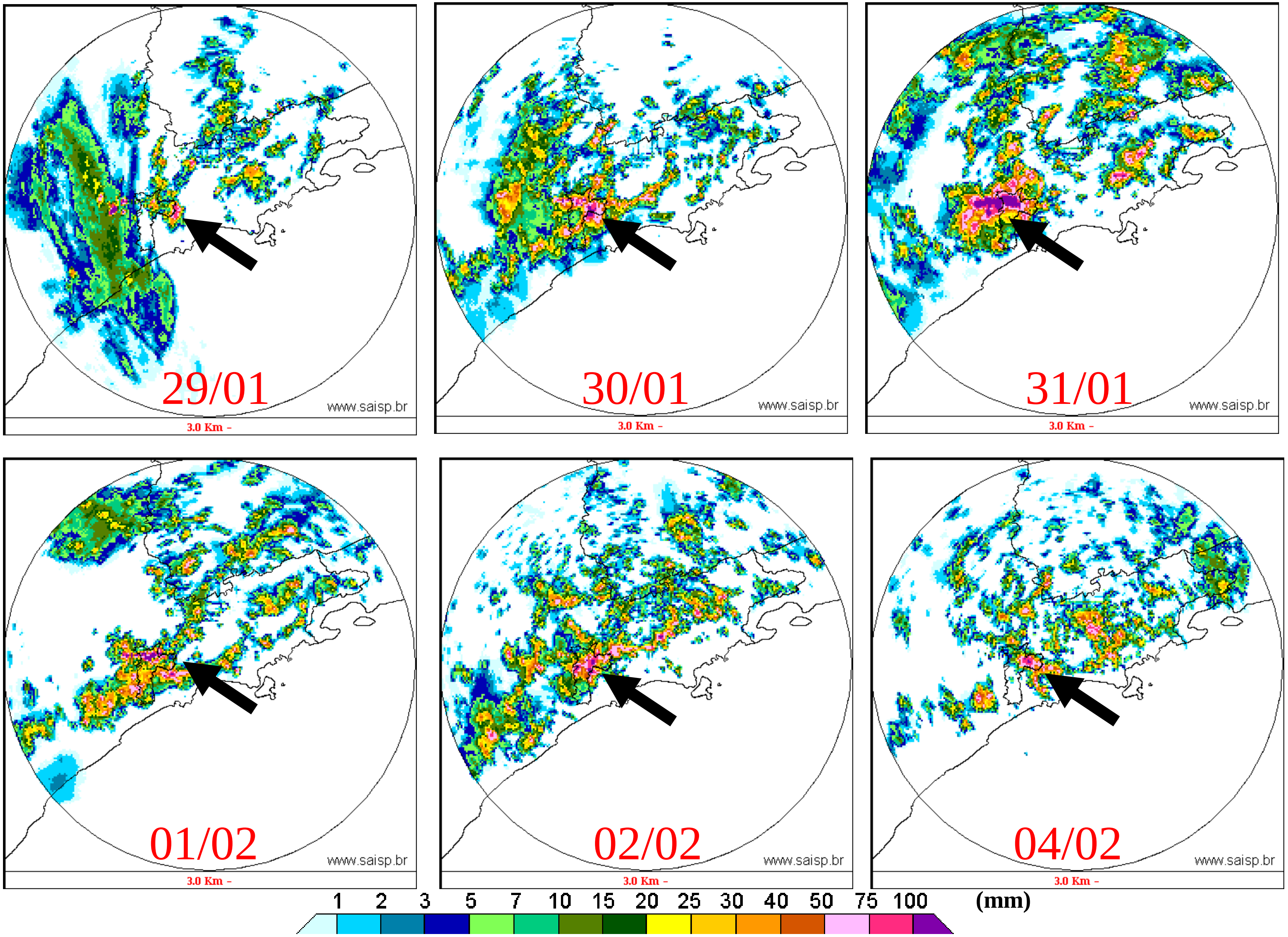
**02-02-2004**



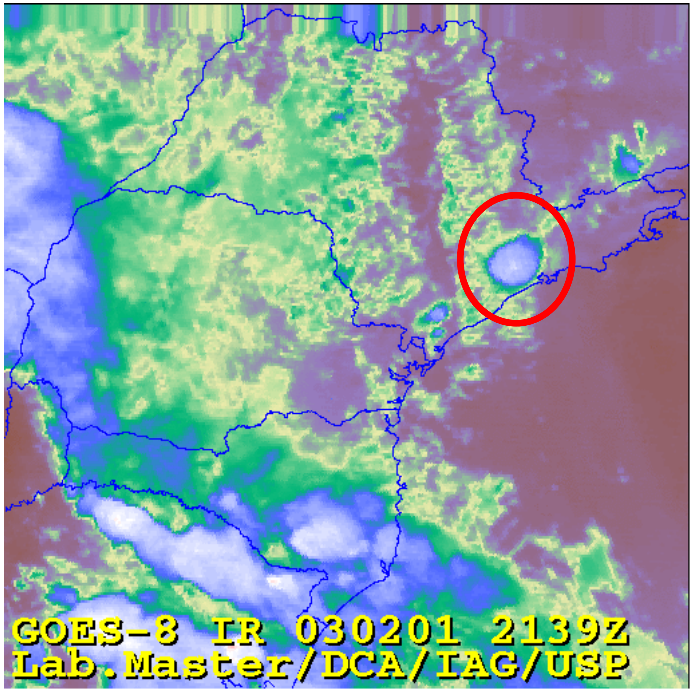

# Inundações na Cidade de São Paulo 1999 to 2011

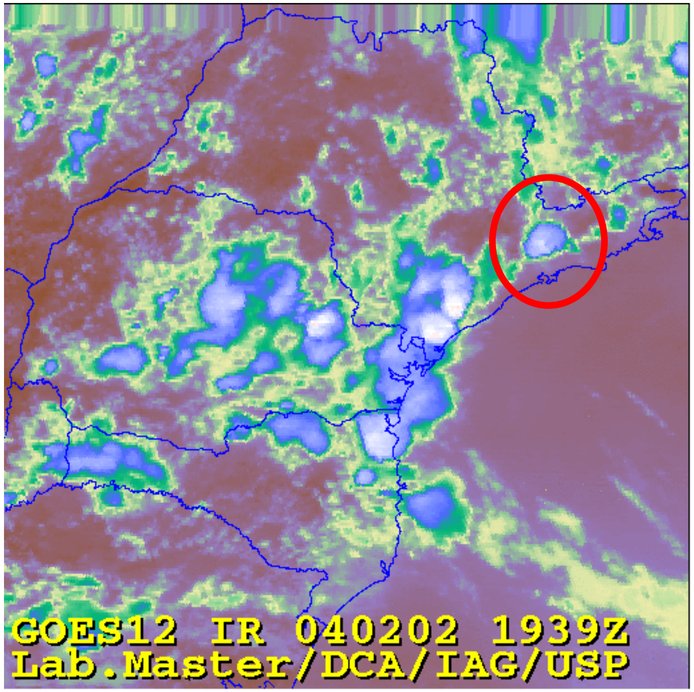


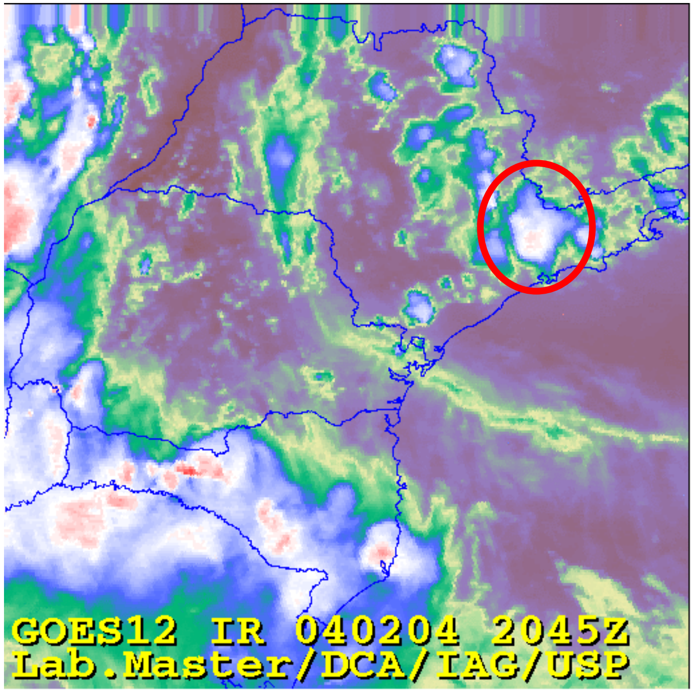
# CHUVA DIÁRIA NA RMSP - ENCHENTES DE 2004

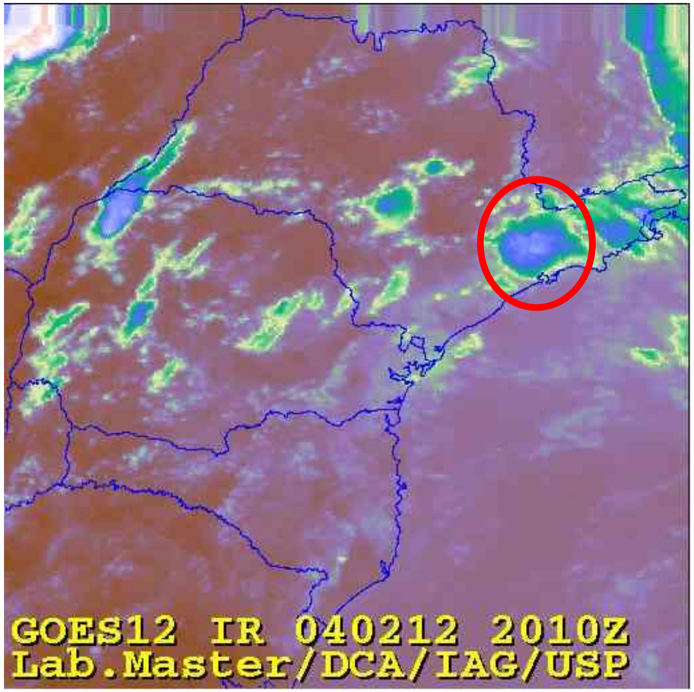


# GOES-12 IR

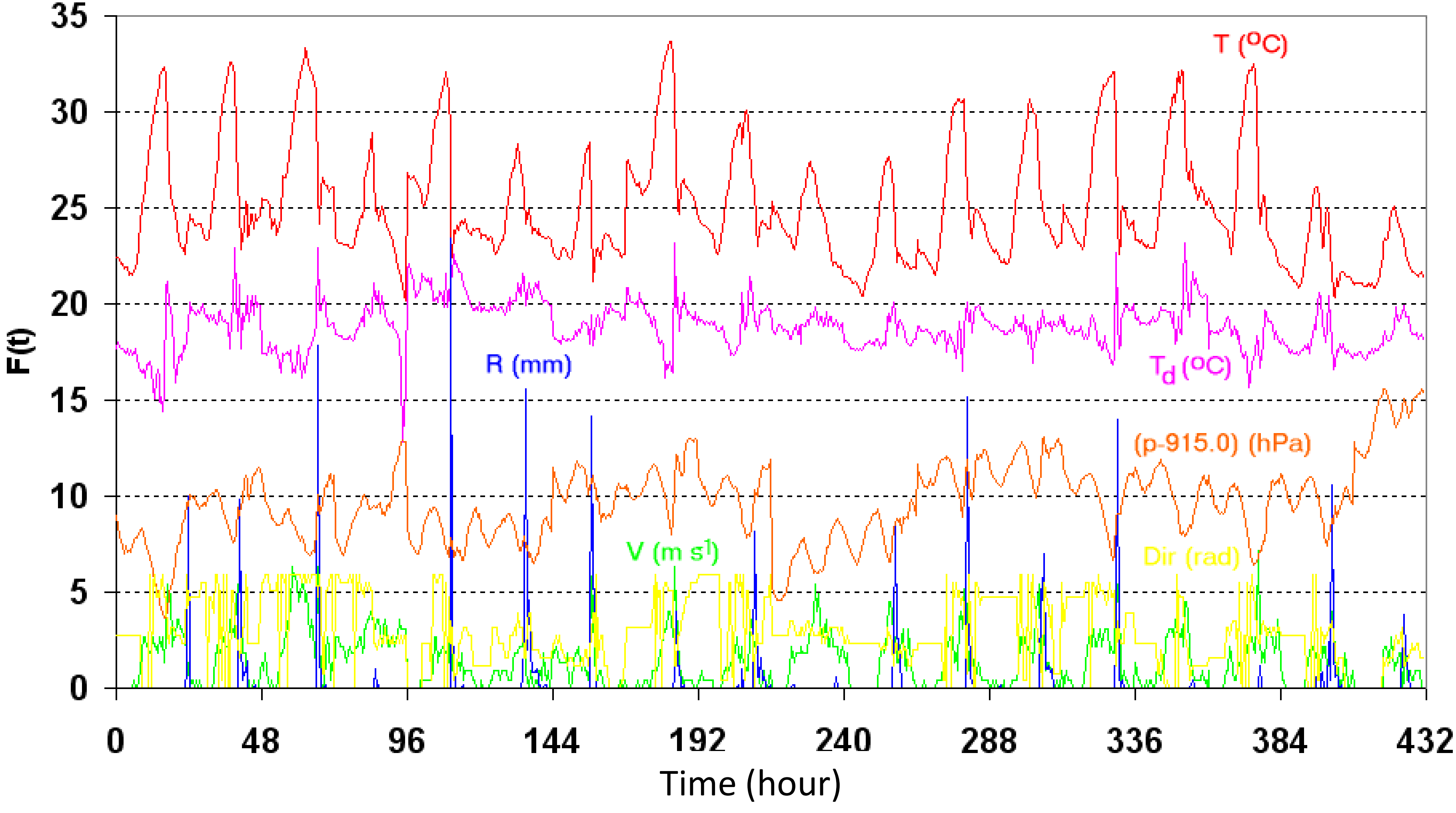

GOES-8 IR 030201 2139Z
Lab.Master/DCA/IAG/USP


GOES12 IR 040202 1939Z
Lab.Master/DCA/IAG/USP

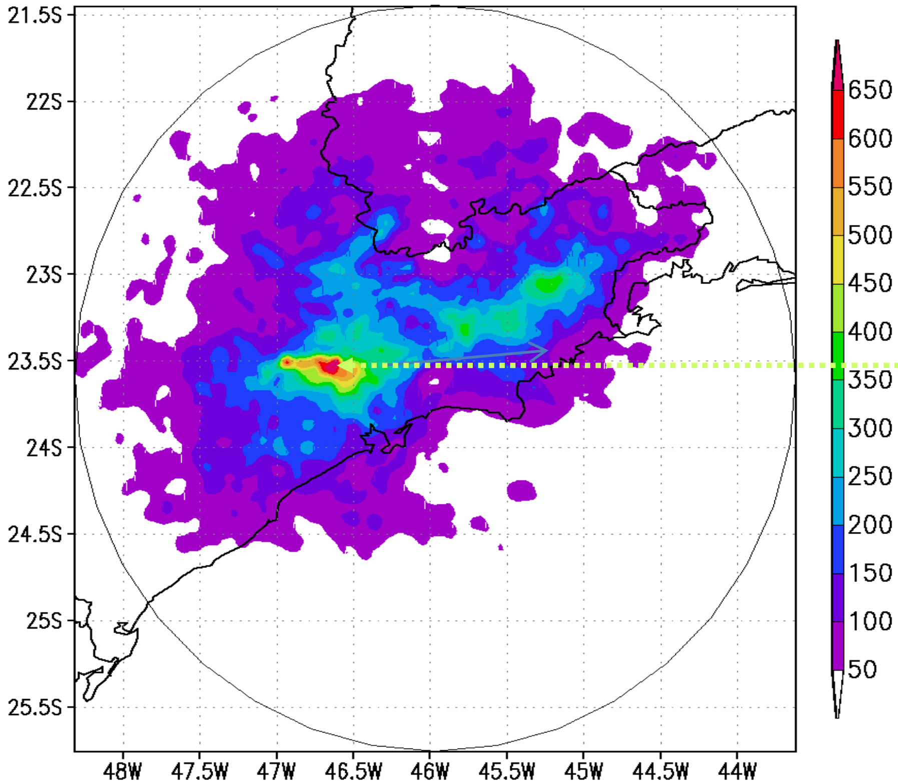

GOES12 IR 040204 2045Z
Lab.Master/DCA/IAG/USP

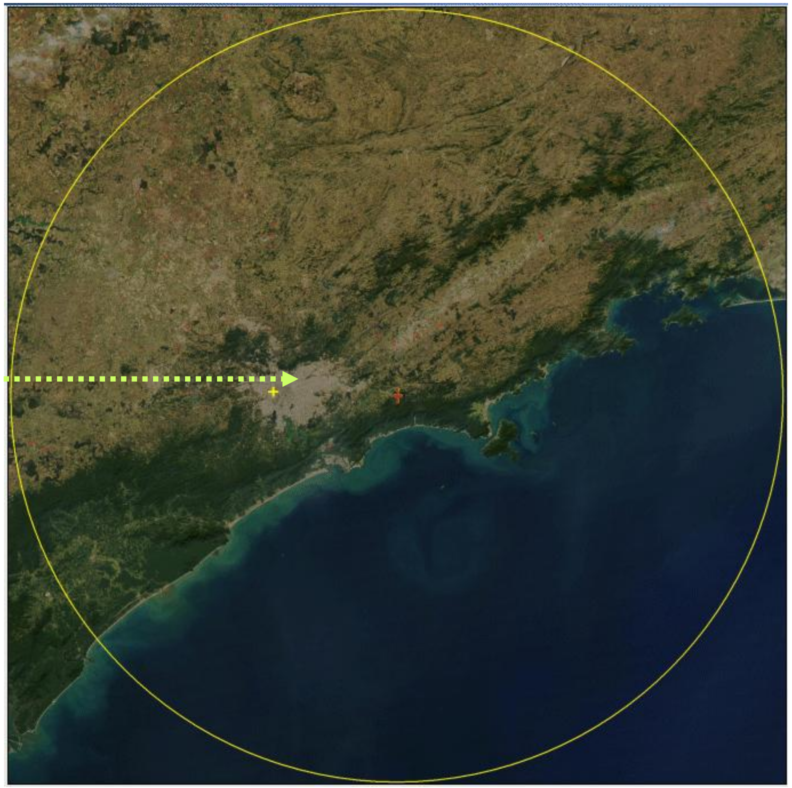

GOES12 IR 040212 2010Z
Lab.Master/DCA/IAG/USP

# ENCHENTES CAUSAS PELA ILHA DE CALOR E BRISA MARINHA 2002 A 2004

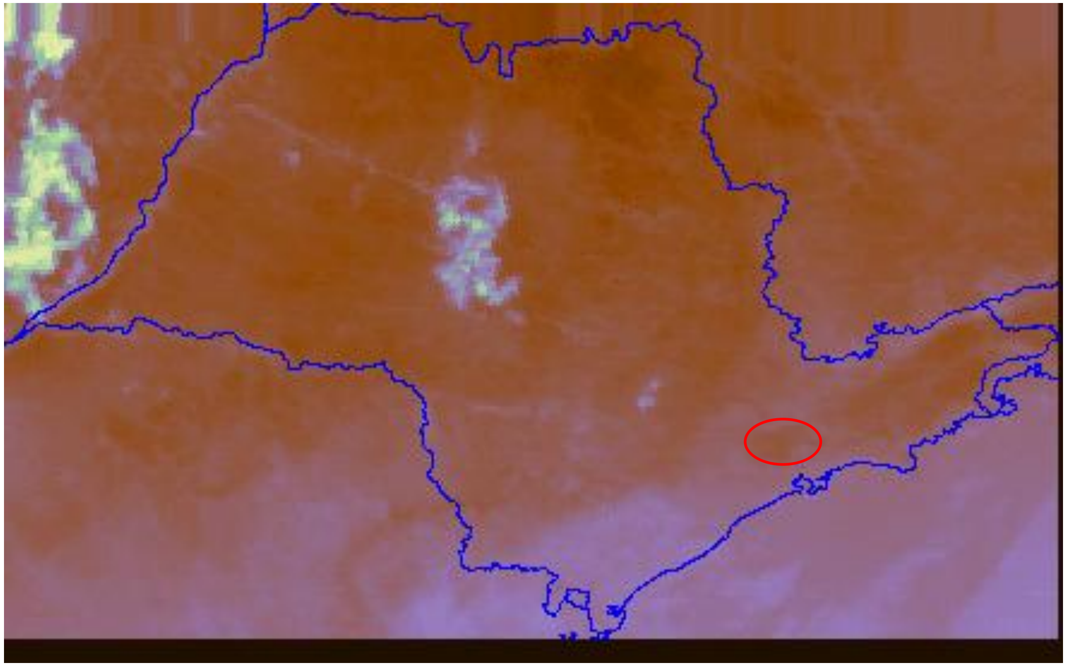


# CHUVA TOTAL (mm) – BRISA & IC (2002 – 2004)

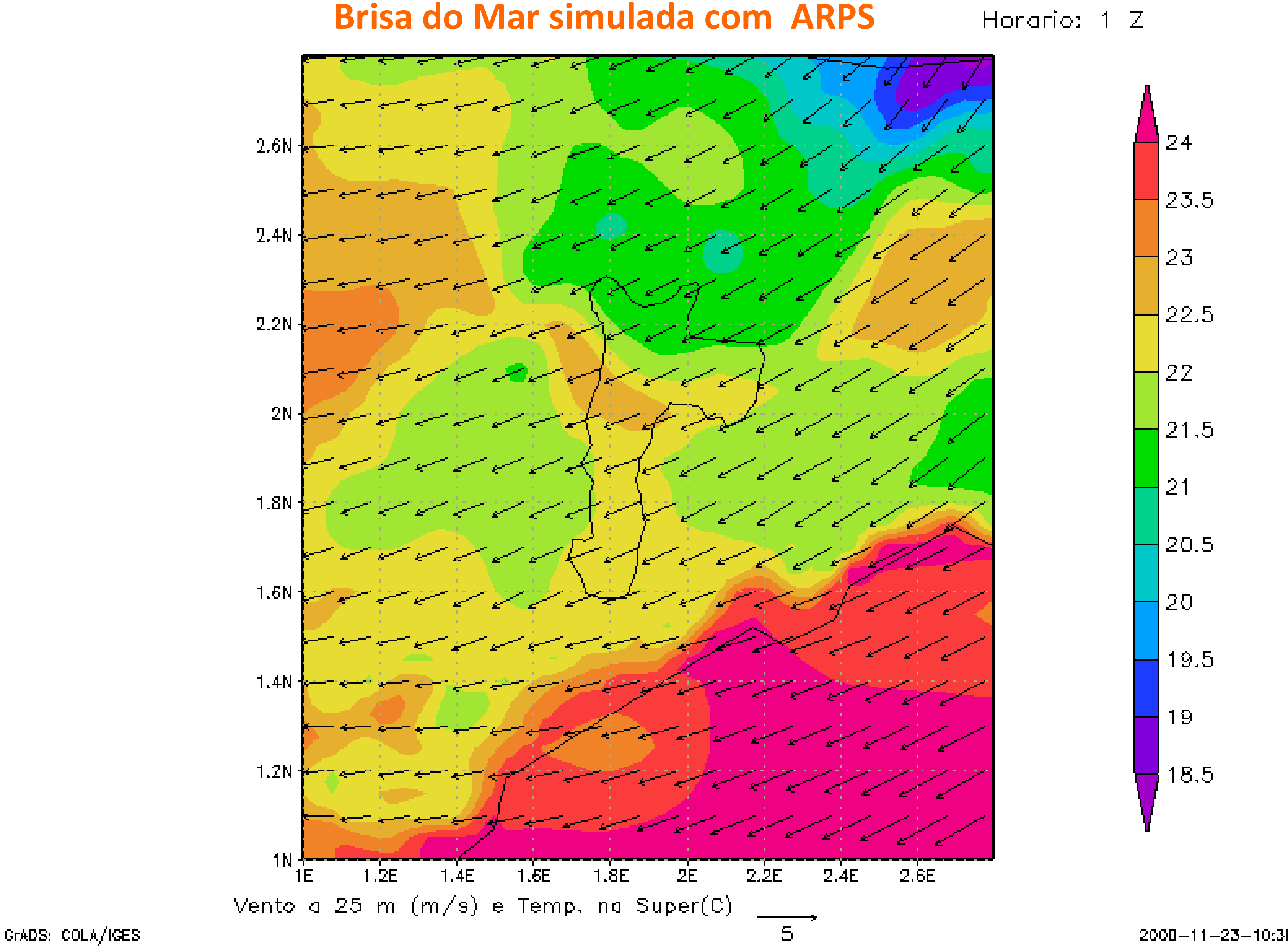


# ILHA DE CALOR NA RMSP

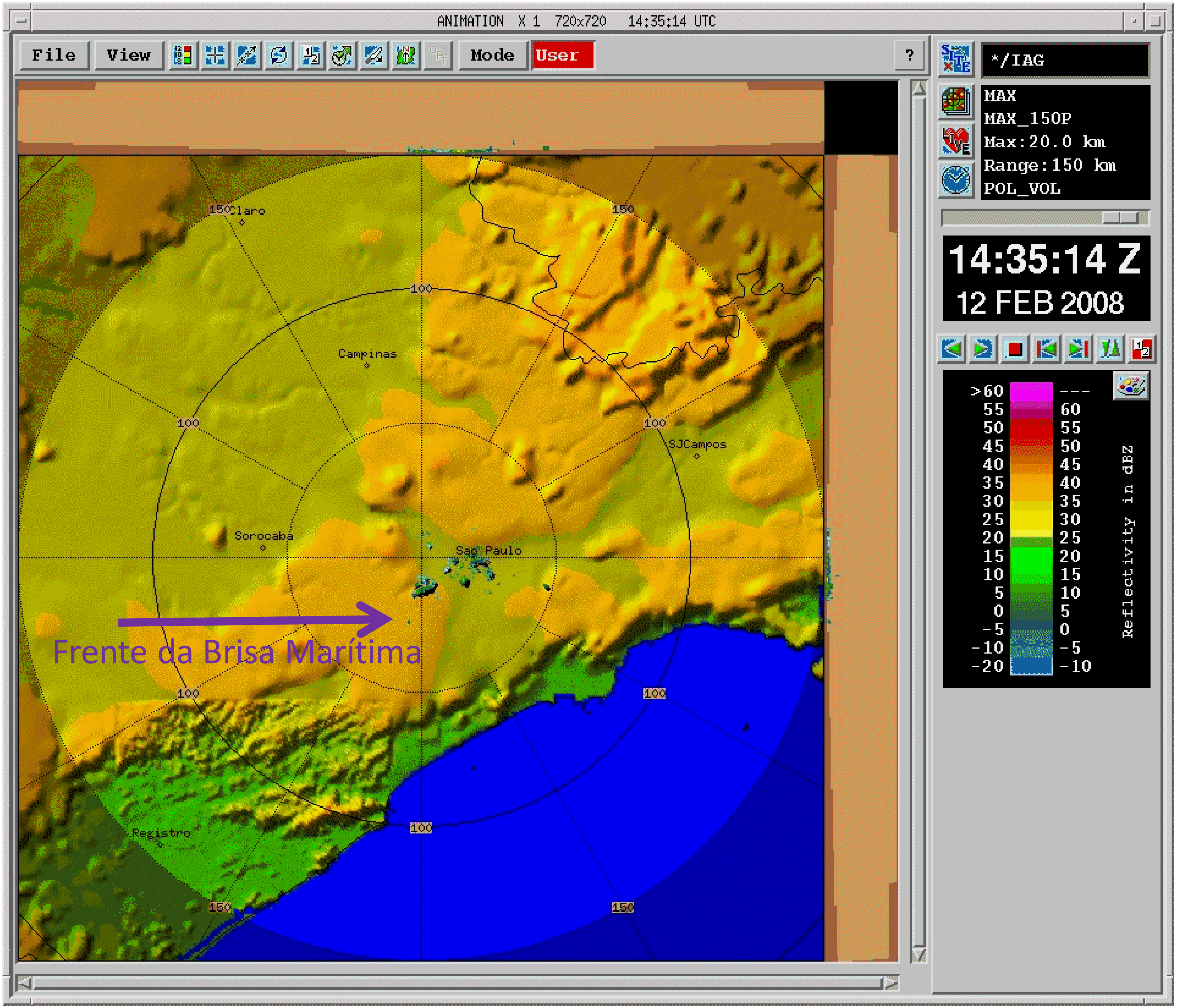


# Brisa do Mar simulada com ARPS




(Pereira Filho et at., 2002)

# RADAR MXPOL – LABHIDRO IAG USP



# CONCLUSÃO

- CAUSAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS LOCAIS:
  REDUÇÃO DA VEGETAÇÃO
  CRESCIMENTO URBANO
  POLUIÇÃO DO AR (INVERNO)
  EFEITOS GLOBAIS MENOR IMPACTO;

- $T_{AR}$ + 2,1$^{o}$ C; ↑
- CHUVA + 395 MM; ↑
- VENTO ZONAL (E)+ 0,5 M S$^{-1}$; ↑
- VENTO MERIDIONAL (S) - 1,0 M S$^{-1}$; ↓
- UMIDADE RELATIVA - 7%. ↓

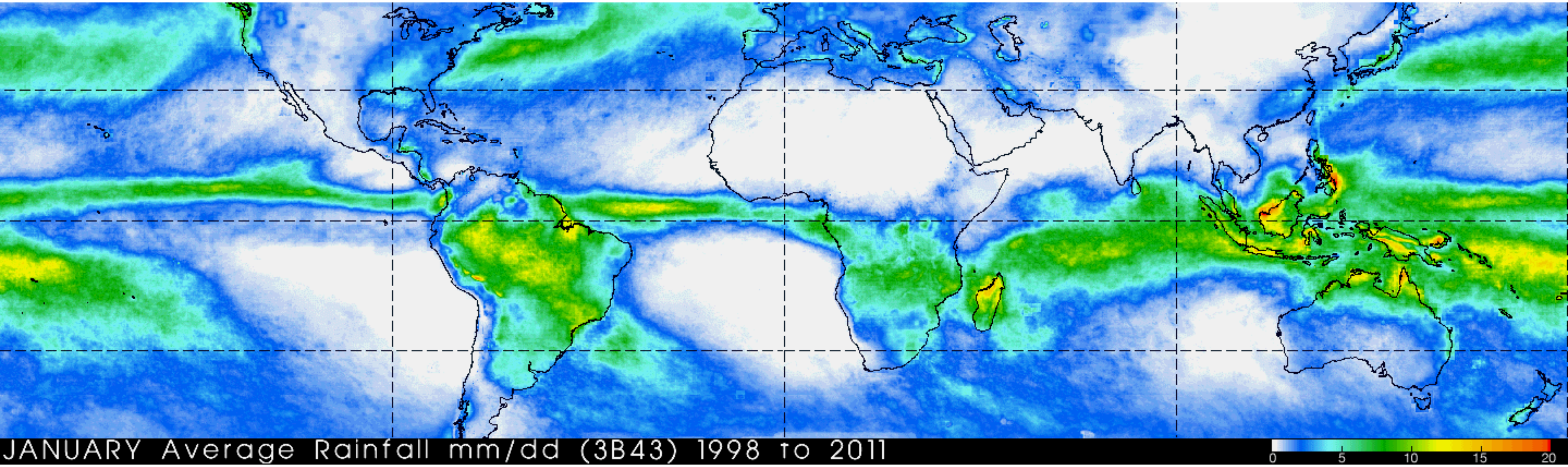
- CICLOS DE 2 A 11 ANOS, 21 ANOS E MAIS LONGOS NA PRESSÃO DO AR, VENTOS, UMIDADE RELATIVA, INSOLAÇÃO E CHUVA.

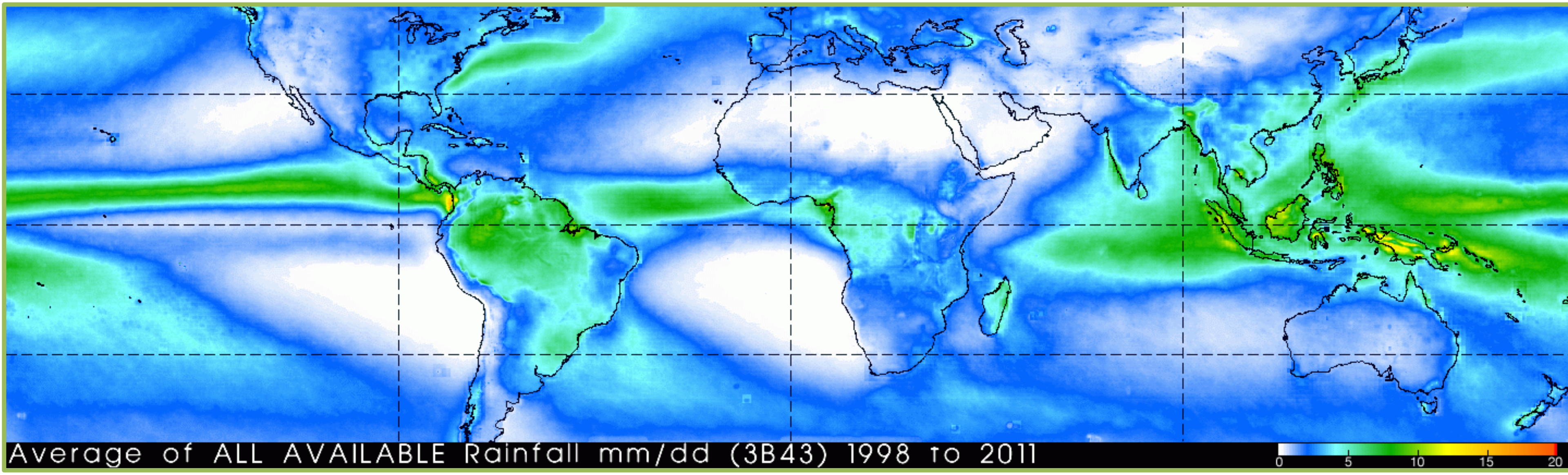
- TEMPERATURA DO AR TEM CICLOS DE 2 A 7 YEAR POR CAUSA DO EL NIÑO, LA NIÑA E OSCILAÇÃO SUL.

- ALTA DO ATLÂNTICO SUL CONTROLA A CHUVA ANUAL

  + OESTE (- LESTE) –(+) CHUVA.

# CLIMATOLOGIA TRMM



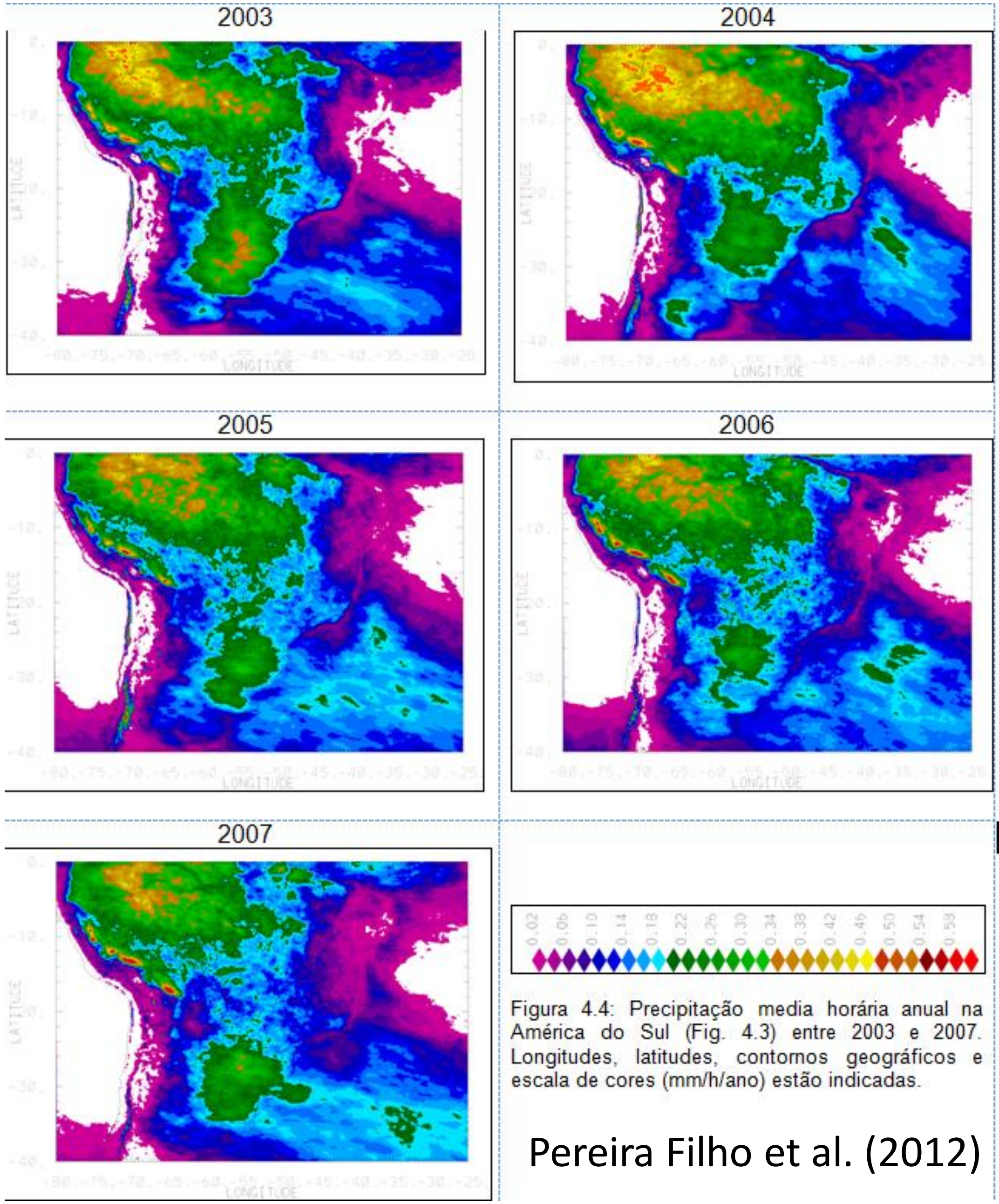
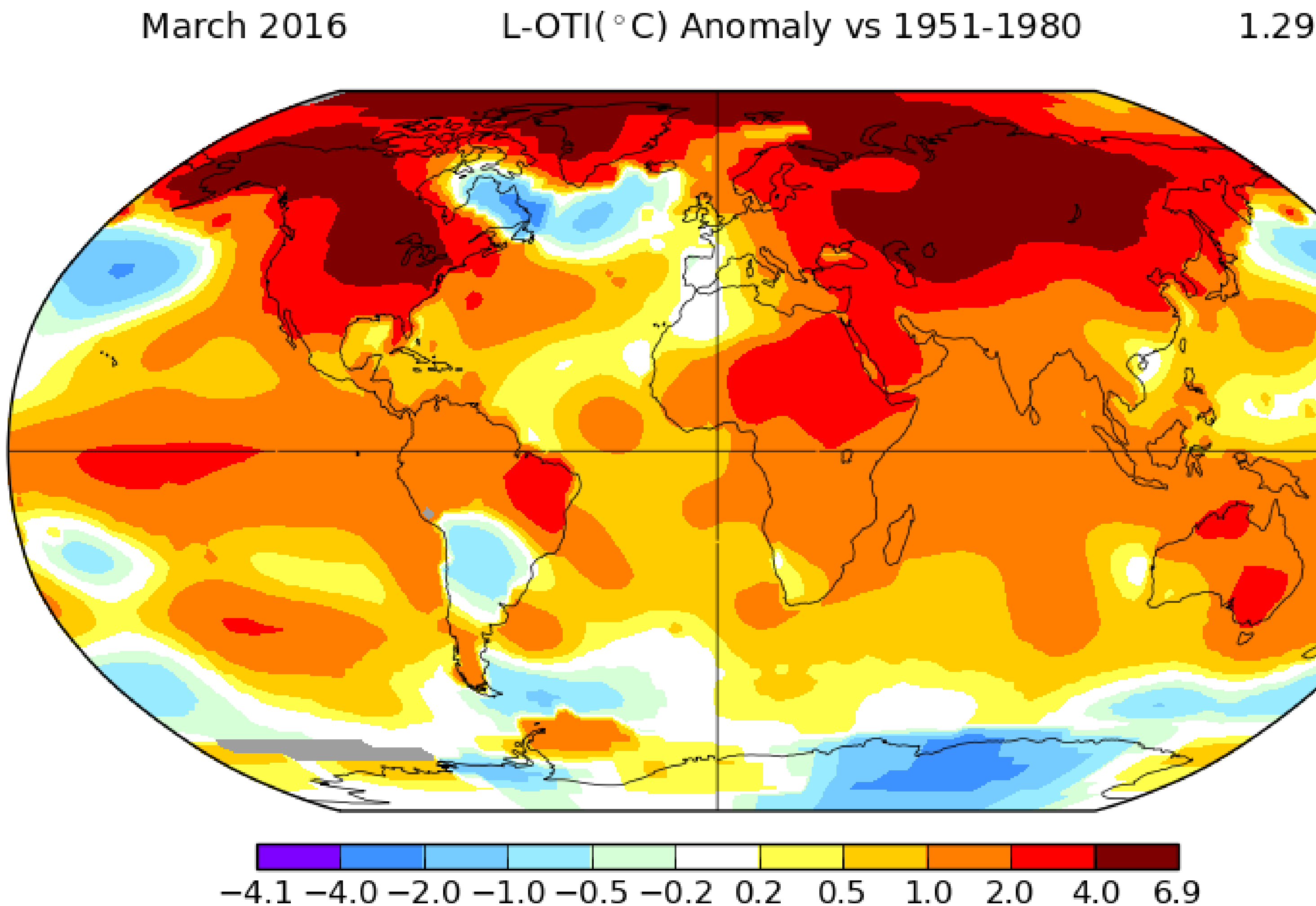


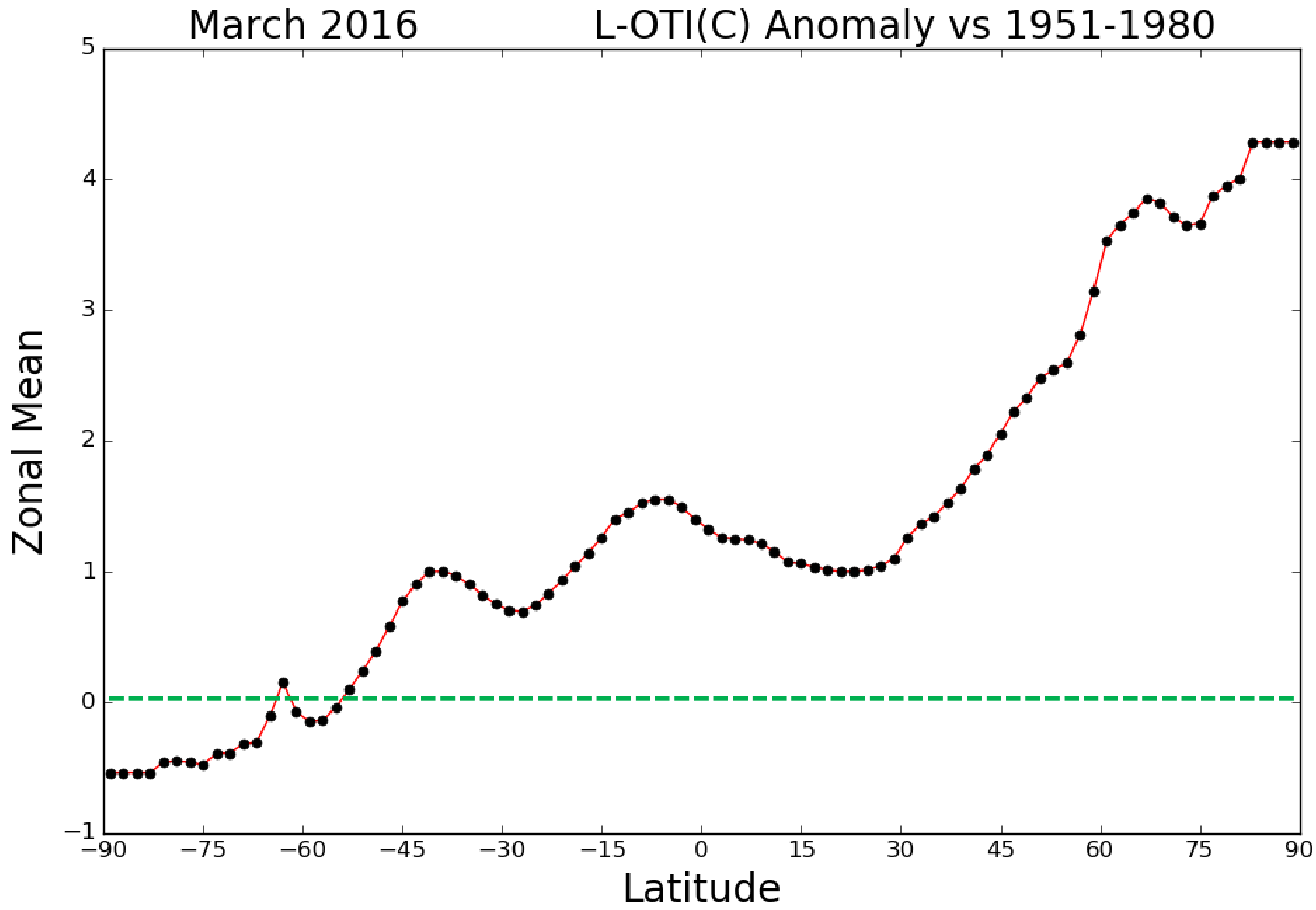

Figura 4.4: Precipitação media horária anual na América do Sul (Fig. 4.3) entre 2003 e 2007. Longitudes, latitudes, contornos geográficos e escala de cores (mm/h/ano) estão indicadas.

Pereira Filho et al. (2012)



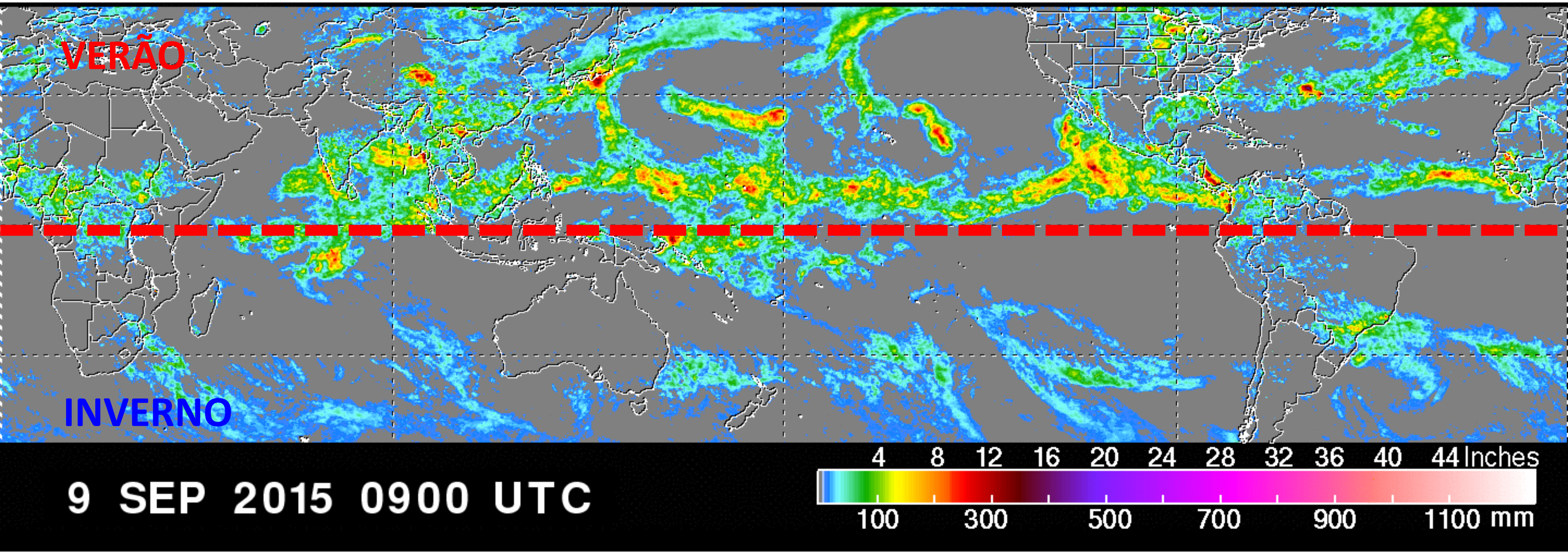

Fonte: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/

# ANOMALIA (1960-1980) MARÇO 2016



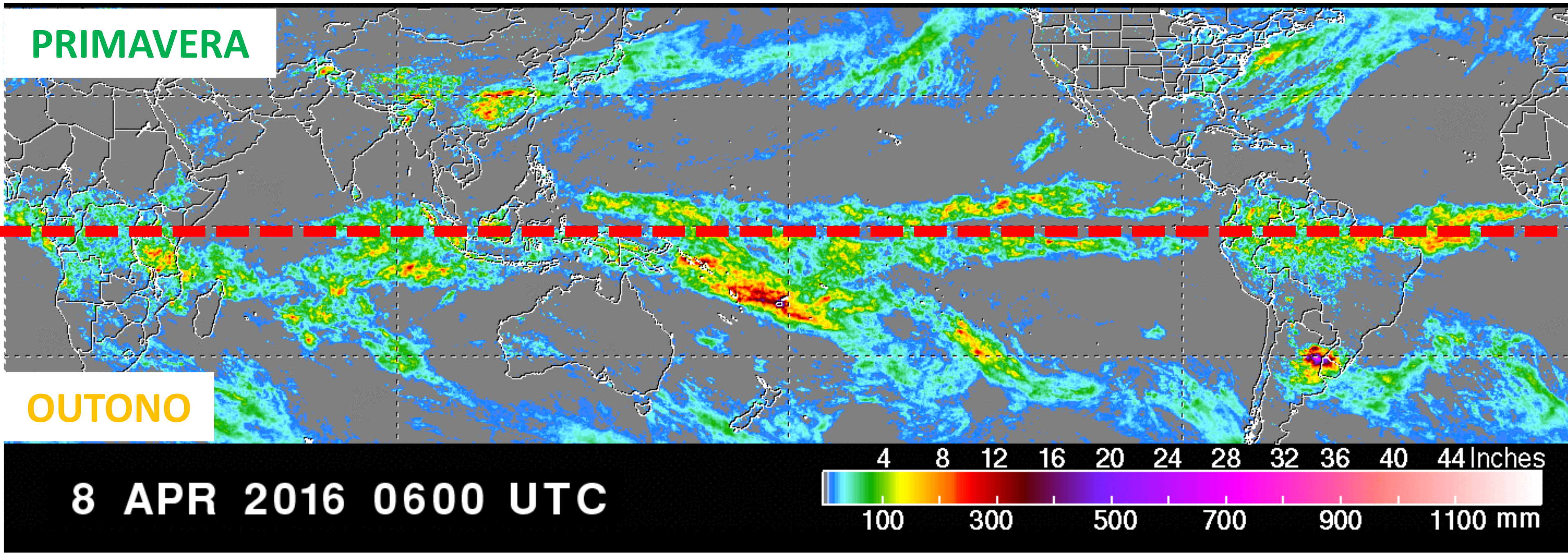

Fonte: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/

# PRECIPITAÇÃO GLOBAL 02-09 SET 2015



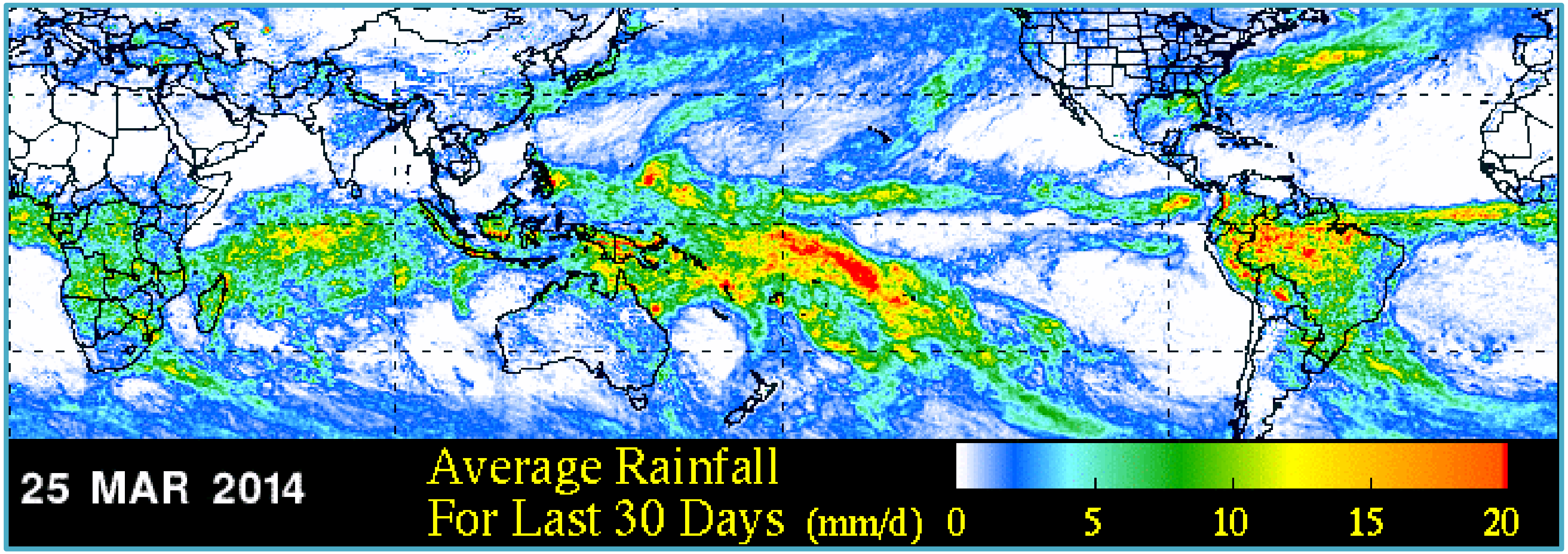

Fonte: http://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/big_global_accumlation.gif

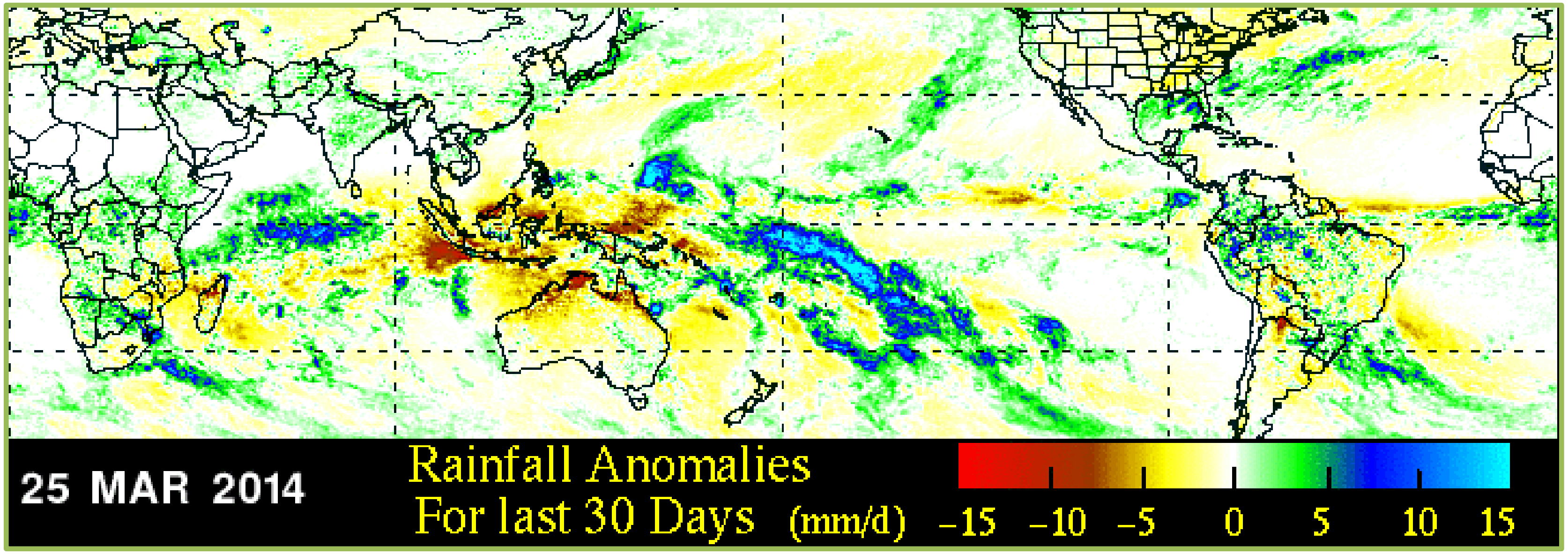
# PRECIPITAÇÃO GLOBAL
# 01-08 ABR 2016




Fonte: http://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/big_global_accumlation.gif

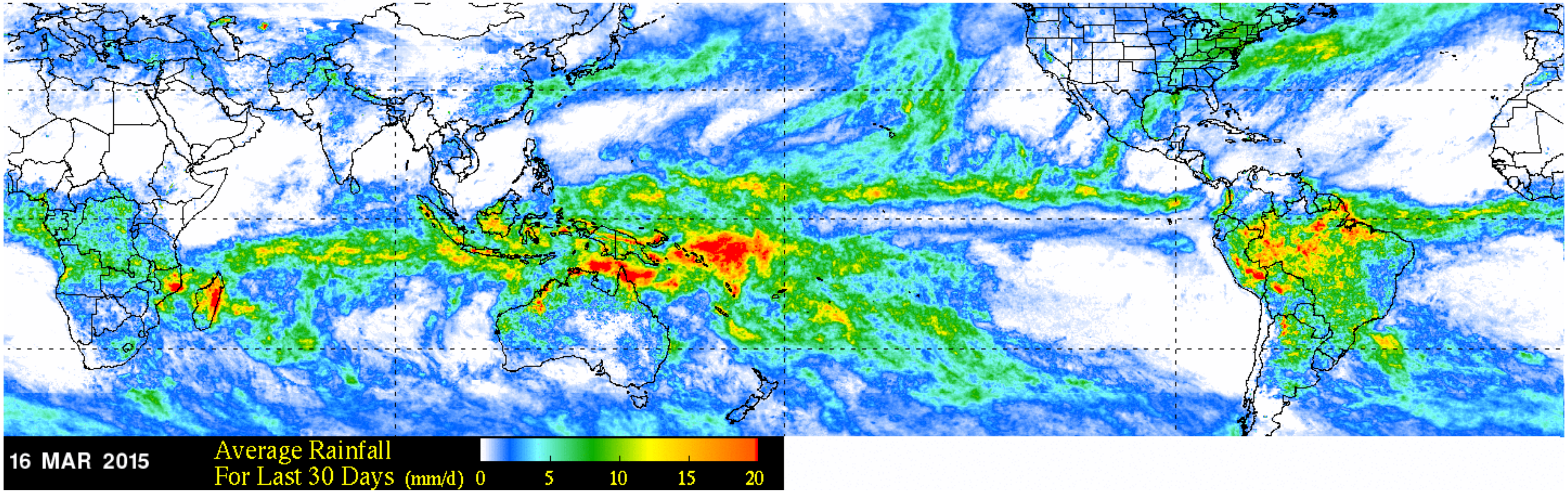
# PRECIPITAÇÃO 30 DIAS -03/2014

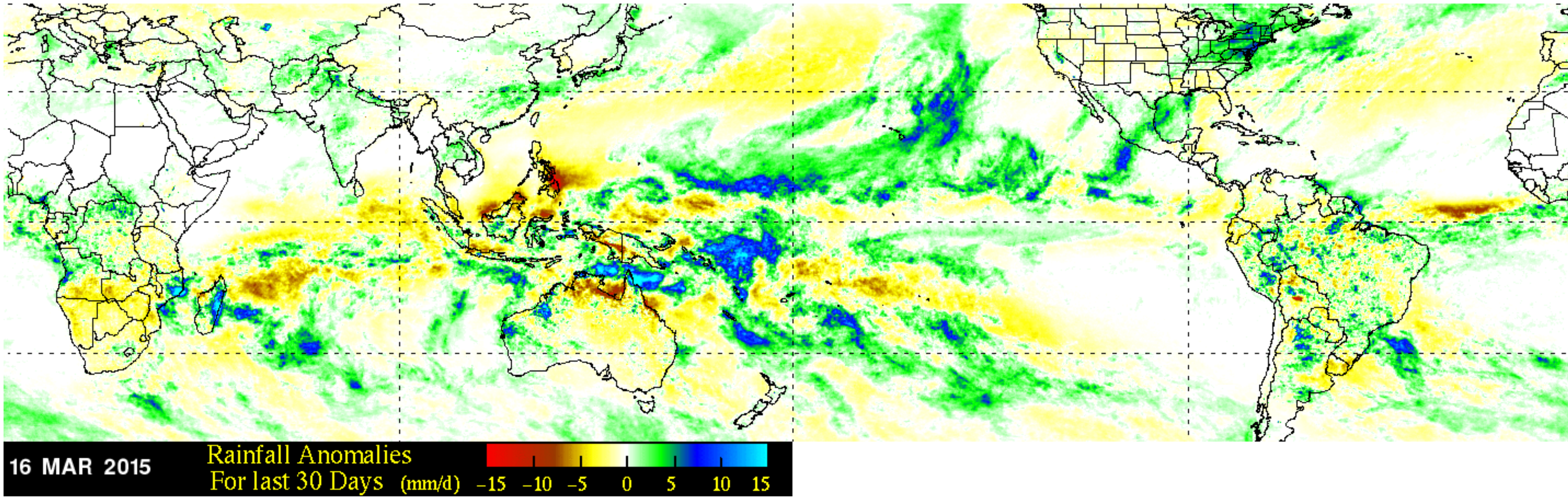


# PRECIPITAÇÃO 30 DIAS - 03/2015

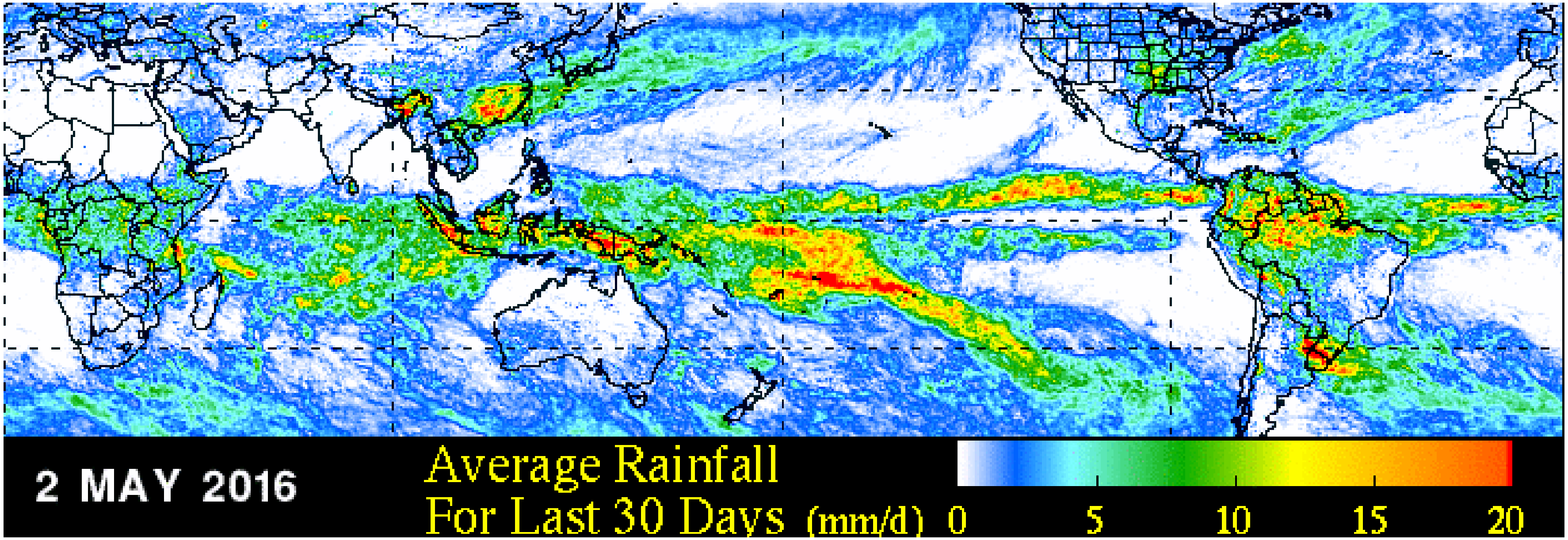
http://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/thirty_day.html

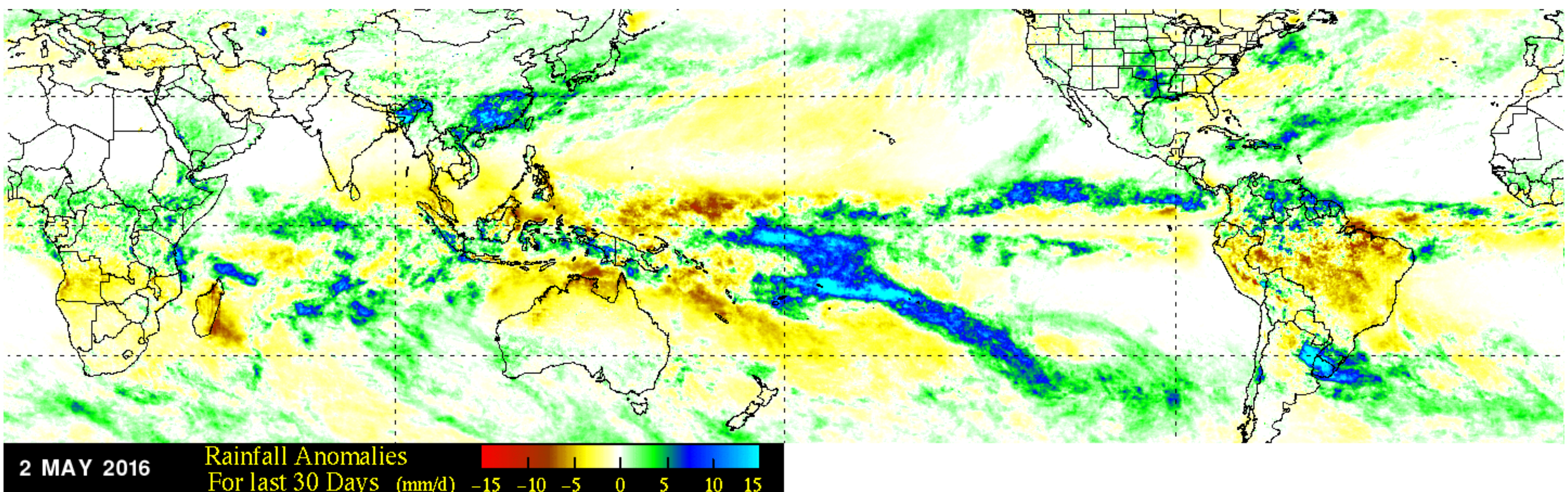


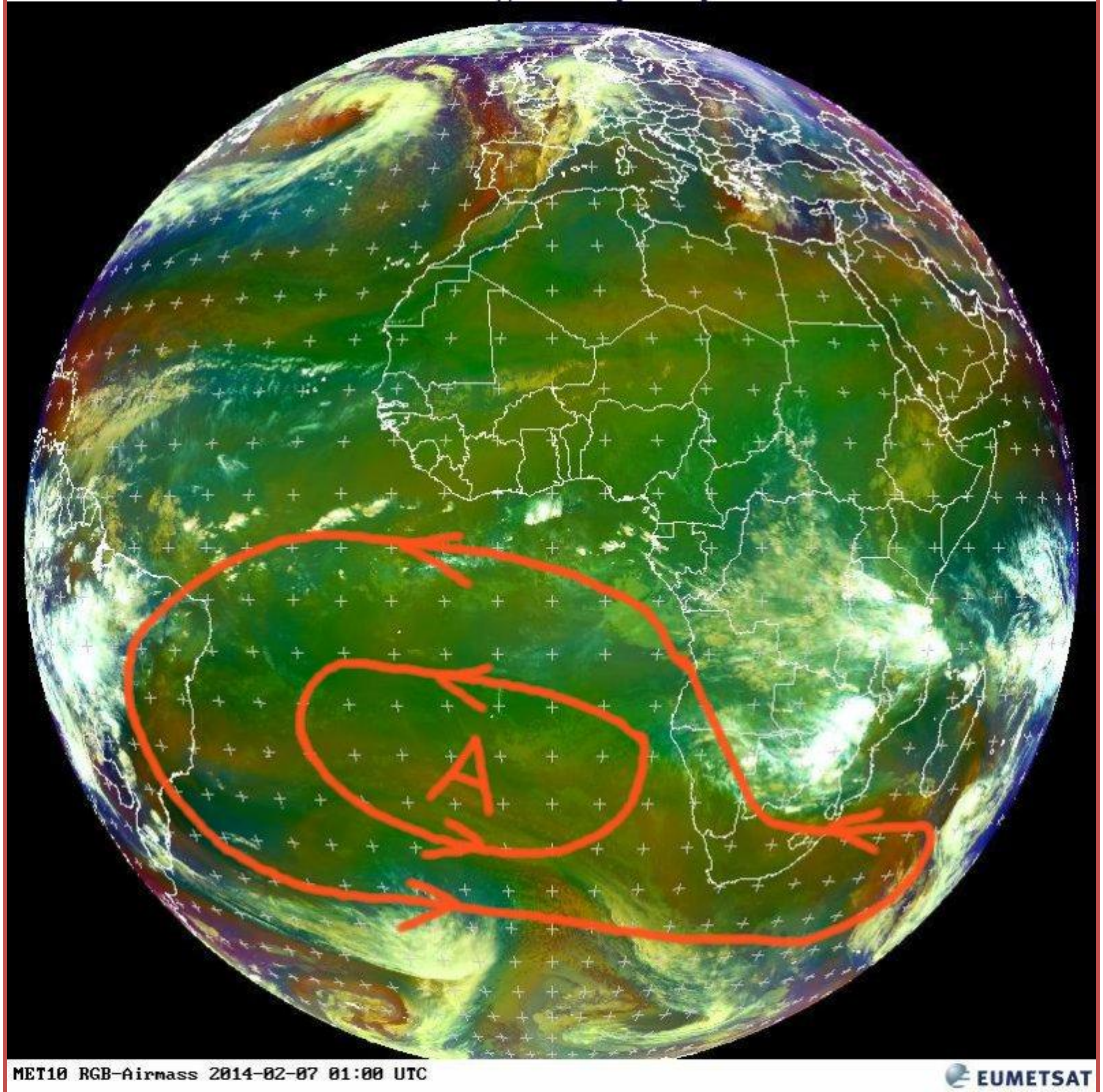



# PRECIPITAÇÃO 30 DIAS - 04/2016

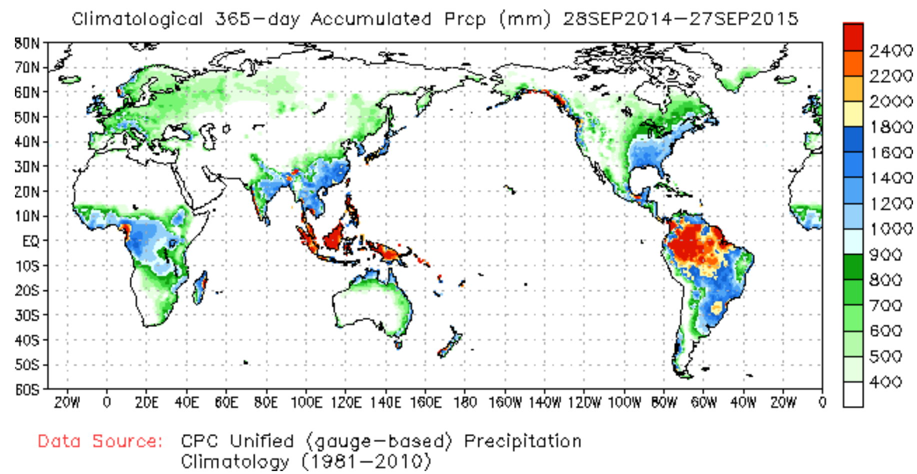
http://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/thirty_day.html

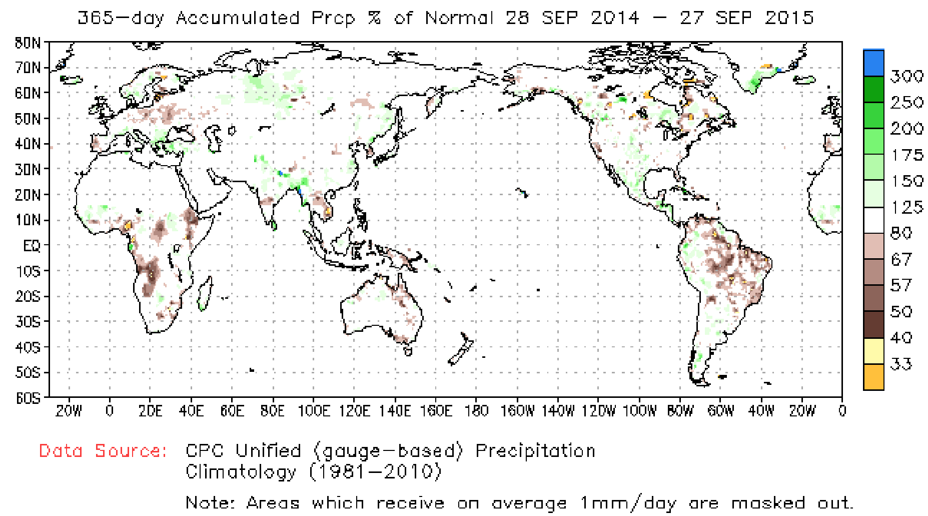


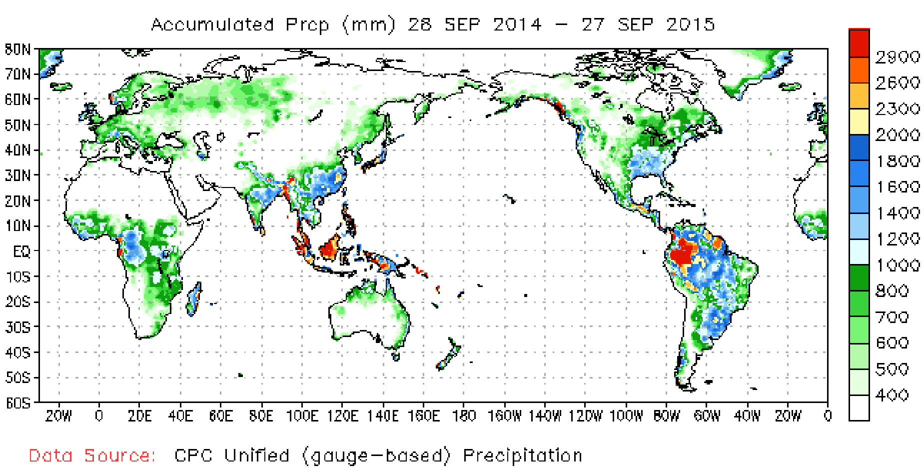



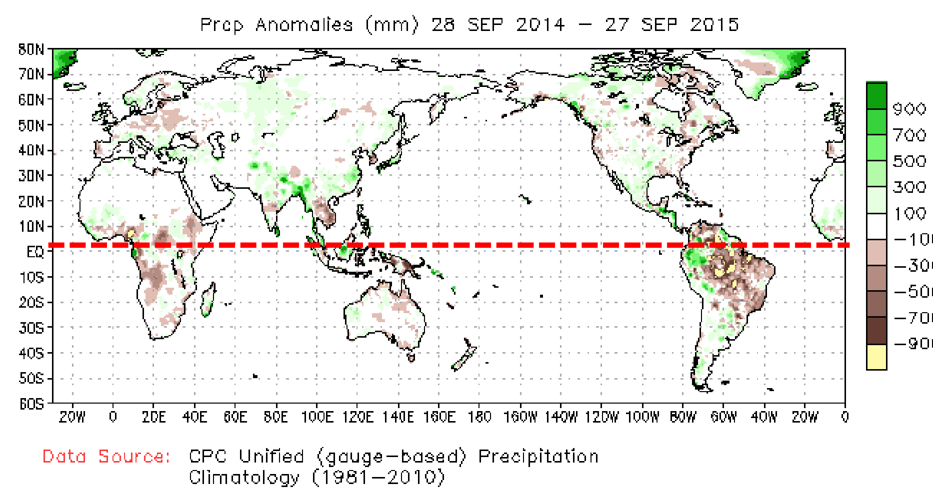

A
MET10 RGB-Airmass 2014-02-07 01:00 UTC
EUMETSAT

# PRECIPITAÇÃO 365 DIAS



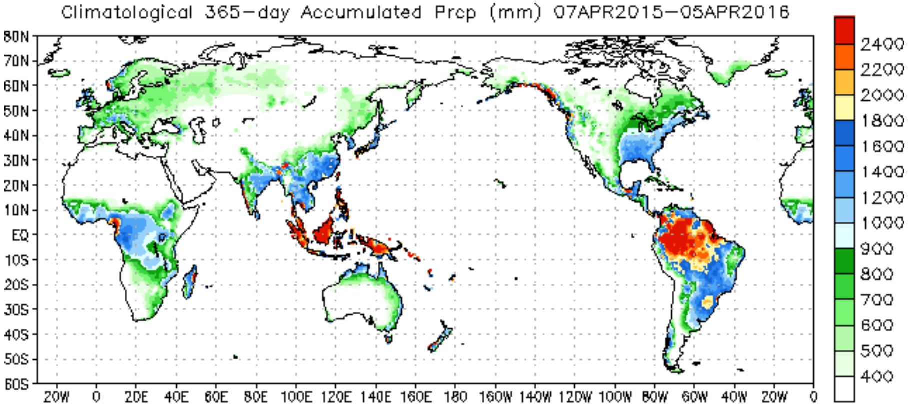



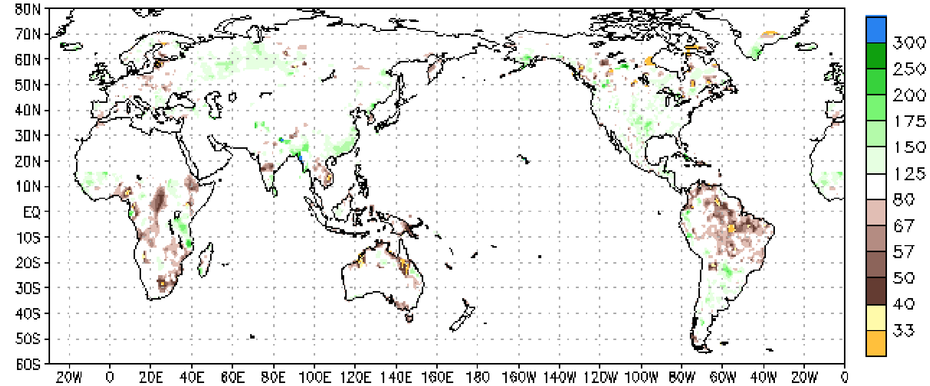
# PRECIPITAÇÃO 365 DIAS

Climatological 365-day Accumulated Prcp (mm) 07APR2015–05APR2016




Data Source: CPC Unified (gauge-based) Precipitation
Climatology (1981–2010)

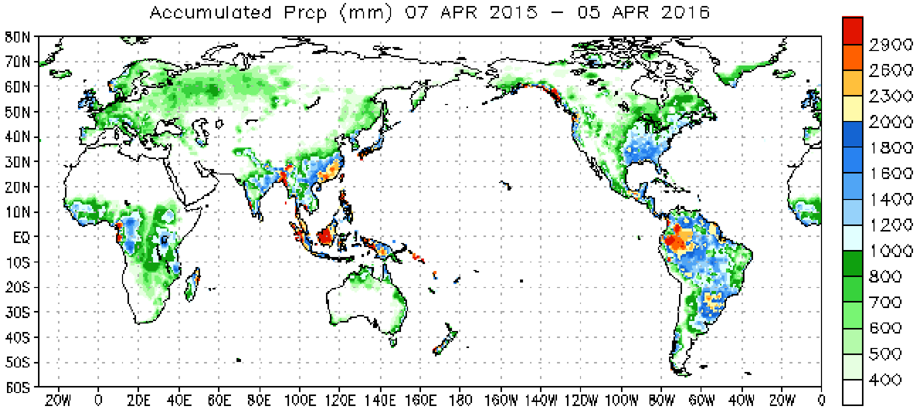
365-day Accumulated Prcp % of Normal 07 APR 2015 – 05 APR 2016




Data Source: CPC Unified (gauge-based) Precipitation
Climatology (1981–2010)

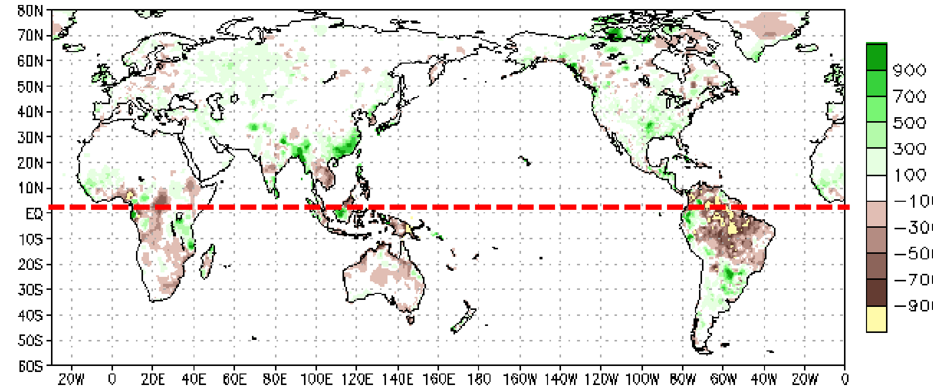
Note: Areas which receive on average 1mm/day are masked out.

Accumulated Prcp (mm) 07 APR 2015 – 05 APR 2016




Data Source: CPC Unified (gauge-based) Precipitation

Prcp Anomalies (mm) 07 APR 2015 – 05 APR 2016




Data Source: CPC Unified (gauge-based) Precipitation
Climatology (1981–2010)

# Período chuvoso Outubro/ano a Março/ano seguinte
# Dados EM-IAG/USP 1933-2014

## + SECOS (mm)

| | |
|---|---|
| 670,5 | **1941** |
| 697,7 | **1934** |
| 730,7 | **1964** |
| 740,9 | **1943** |
| 760,5 | **1955** |
| 798 | **1954** |
| 800,7 | **1937** |
| 803,6 | **1936** |
| 814,6 | **1969** |
| 824 | **1953** |
| 837,5 | **1939** |
| 850,2 | **1938** |
| 887,2 | **2014** |
| 900,5 | **1946** |
| 901,6 | **1945** |
| 913,2 | **1957** |
| 914,7 | **1935** |
| 915,71 | **1975** |
| 916,7 | **1994** |
| 920,1 | **1985** |

## + CHUVOSOS (mm)

| | |
|---|---|
| **1259,9** | **2013** |
| **1260,4** | **2012** |
| **1296,8** | **1970** |
| **1339,6** | **1989** |
| **1363,8** | **1995** |
| **1380,2** | **1983** |
| **1385,8** | **1991** |
| **1401,7** | **2011** |
| **1443,1** | **1996** |
| **1775,8** | **2010** |

# Evolução do Consumo na RMSP e Projeção para 20 anos

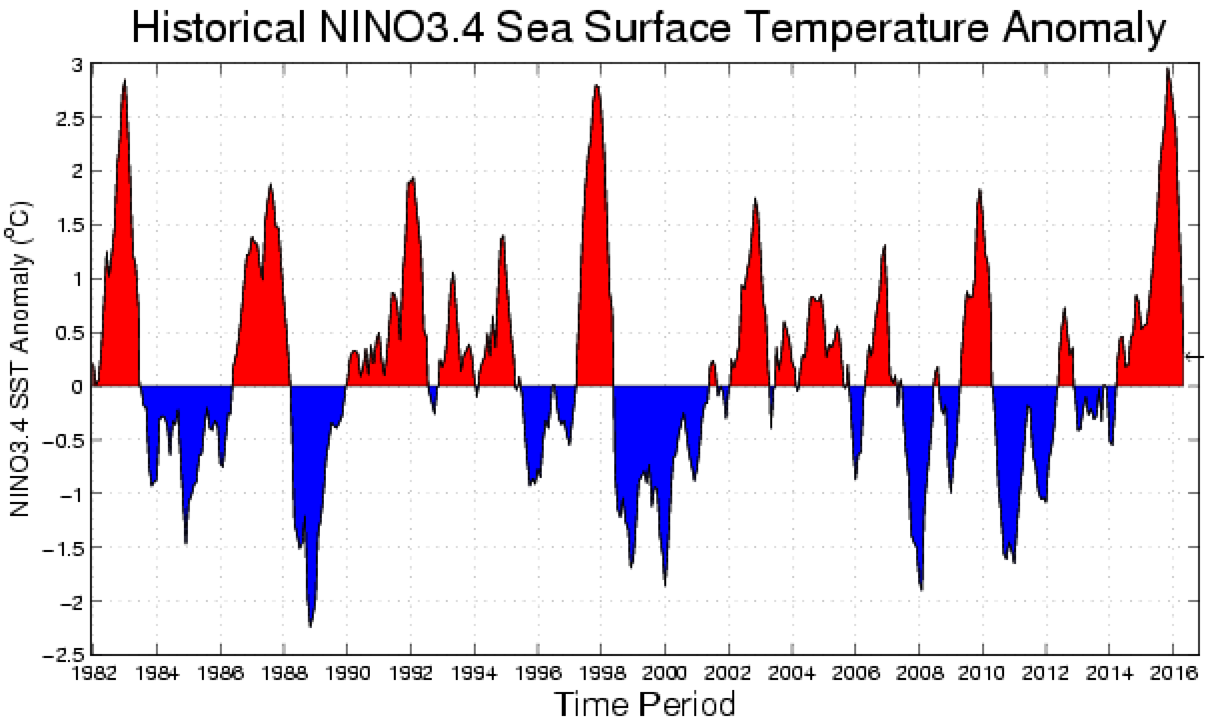
| Ano | CHA ($m^3$/ano) | PROD ($10^9$ $m^3$/ano) | CT ($10^9$ $m^3$/ano) | CT/PROD | HAB (mi) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2003 | 52,3 | 1.96 | 0.93 | 0.46 | 18.5 |
| 2013 | 59,9 | 2.18 | 1.21 | 0.55 | 20.1 |
| 2033 | 78,0 | 3.27 | 1.80 | 0.55 (1) | 22.3 |
| 2033 | 78,0 | 2,33 | 1.80 | 0.73 (2) | 22.3 |

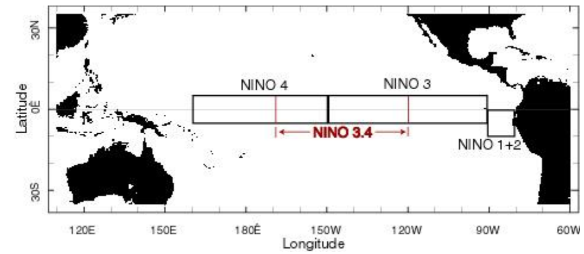
Soluções :

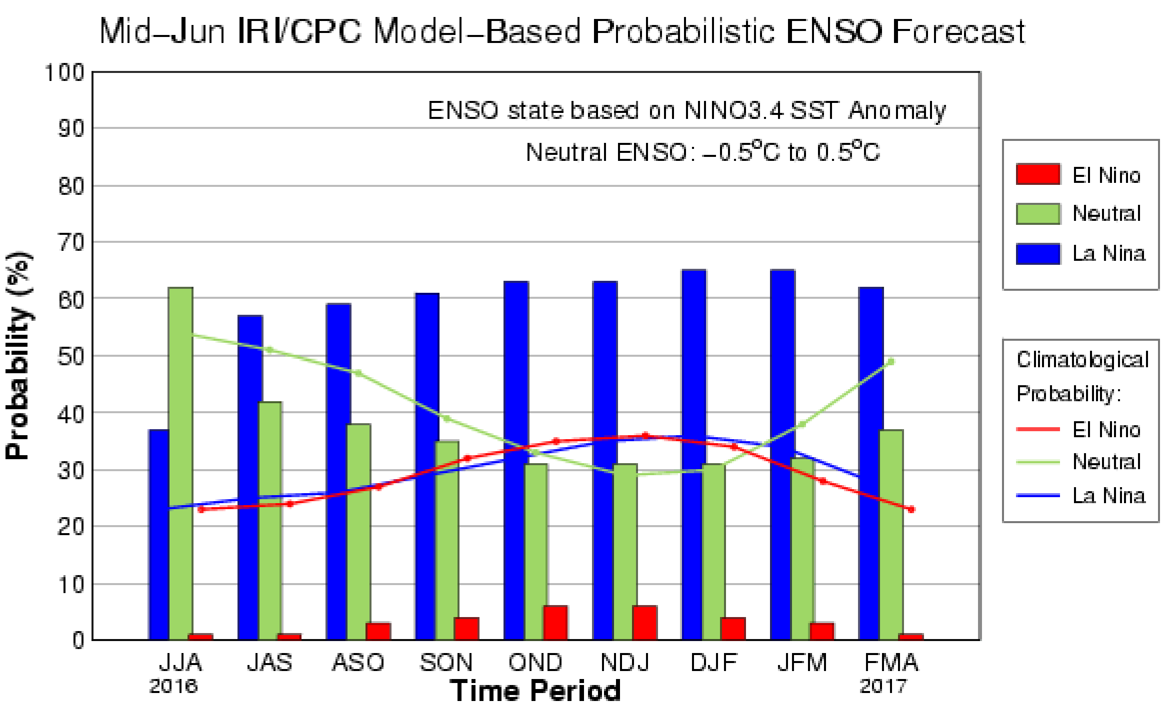
Novas fontes para suprir demanda de + um Cantareira (cenário 1)

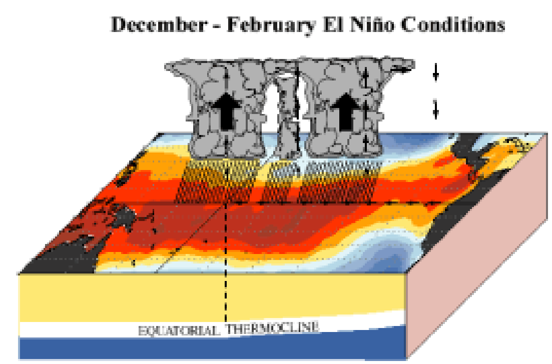
Aumentar a razão consumo/produção (cenário 2)

# PROGNÓSTICO CLIMÁTICO OUTUNO 2016

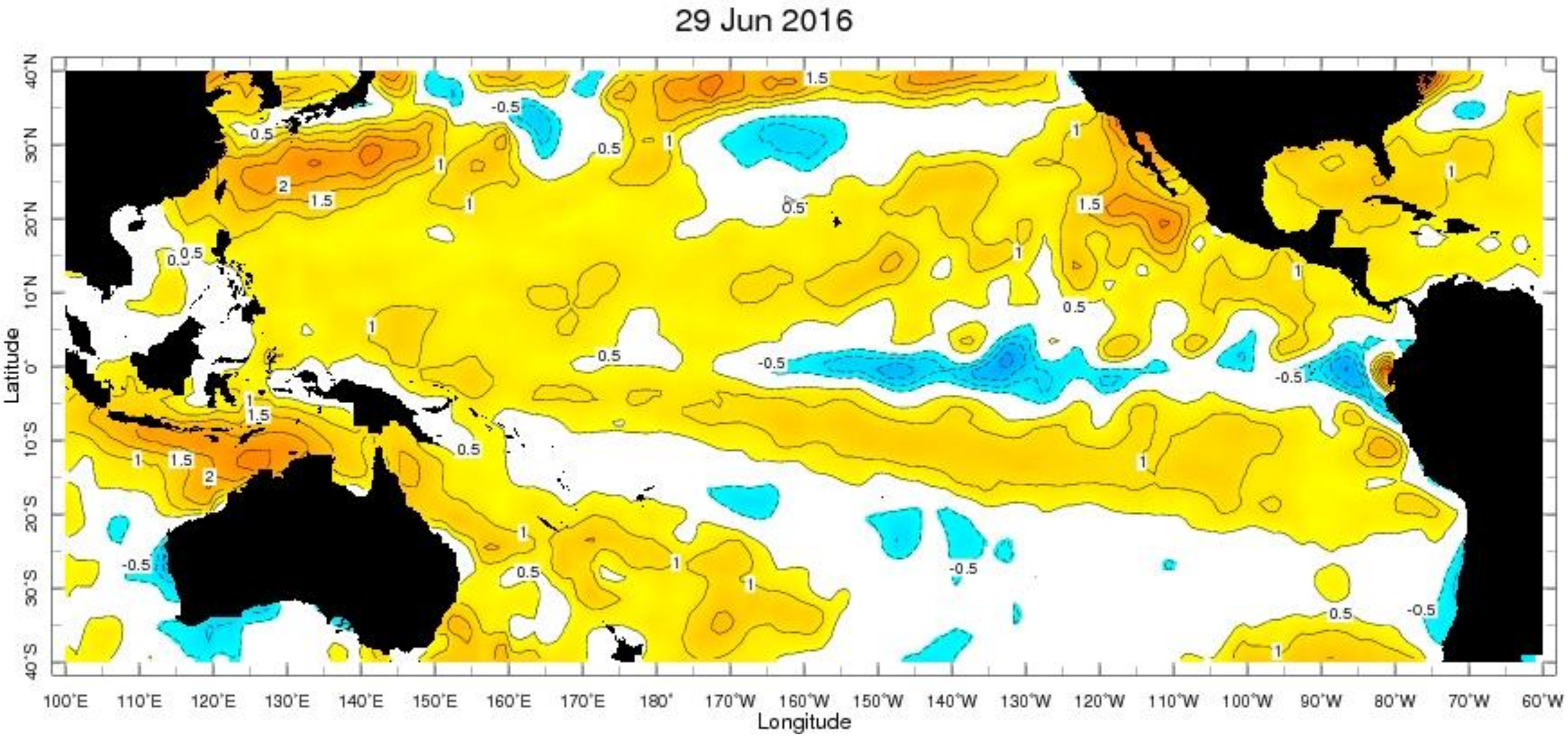

Historical NINO3.4 Sea Surface Temperature Anomaly
NINO3.4 SST Anomaly (°C)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
−0.5
−1
−1.5
−2
−2.5
1982 1984 1986 1988 1990 1992 1994 1996 1998 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016
Time Period


NINO 4
NINO 3
NINO 3.4
NINO 1+2
Latitude
30N
0E
30S
120E 150E 180E 150W 120W 90W 60W
Longitude


Mid–Jun IRI/CPC Model–Based Probabilistic ENSO Forecast
ENSO state based on NINO3.4 SST Anomaly
Neutral ENSO: −0.5°C to 0.5°C
Probability (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
JJA 2016
JAS
ASO
SON
OND
NDJ
DJF
JFM
FMA 2017
Time Period
El Nino
Neutral
La Nina
Climatological Probability:
El Nino
Neutral
La Nina

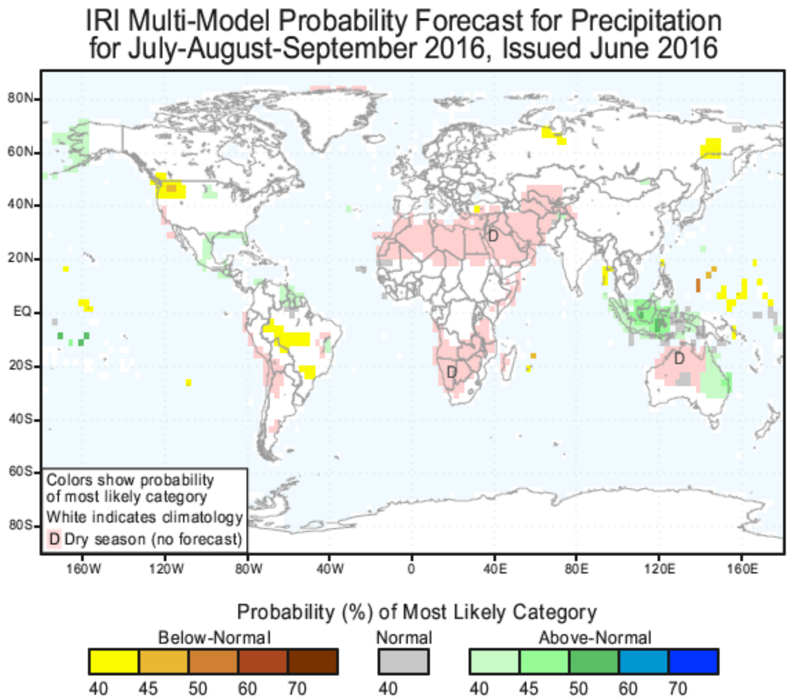

December - February El Niño Conditions
EQUATORIAL THERMOCLINE

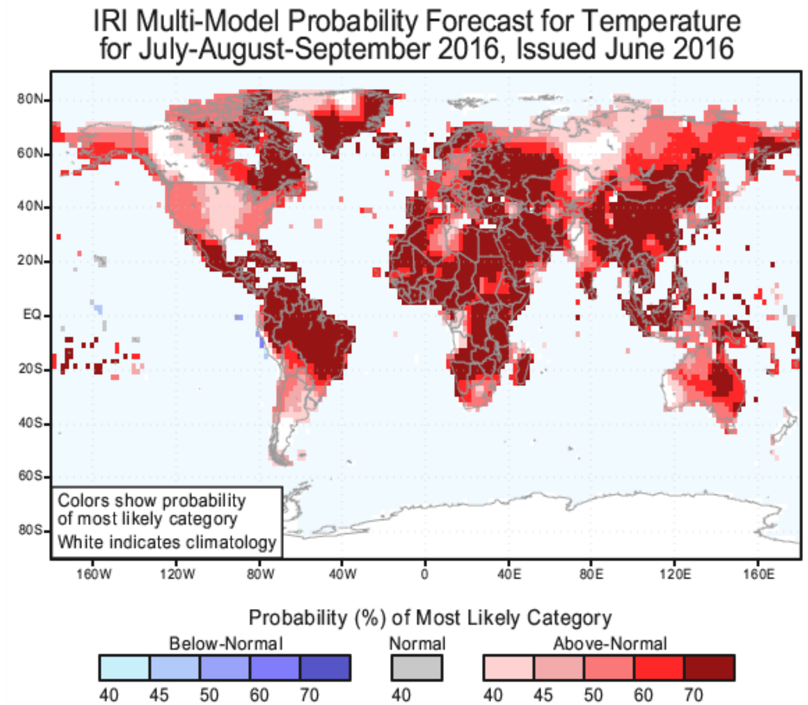
# TSM PREVISTA




http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Forecasts/SST.html

# PROGNÓSTICO IRI



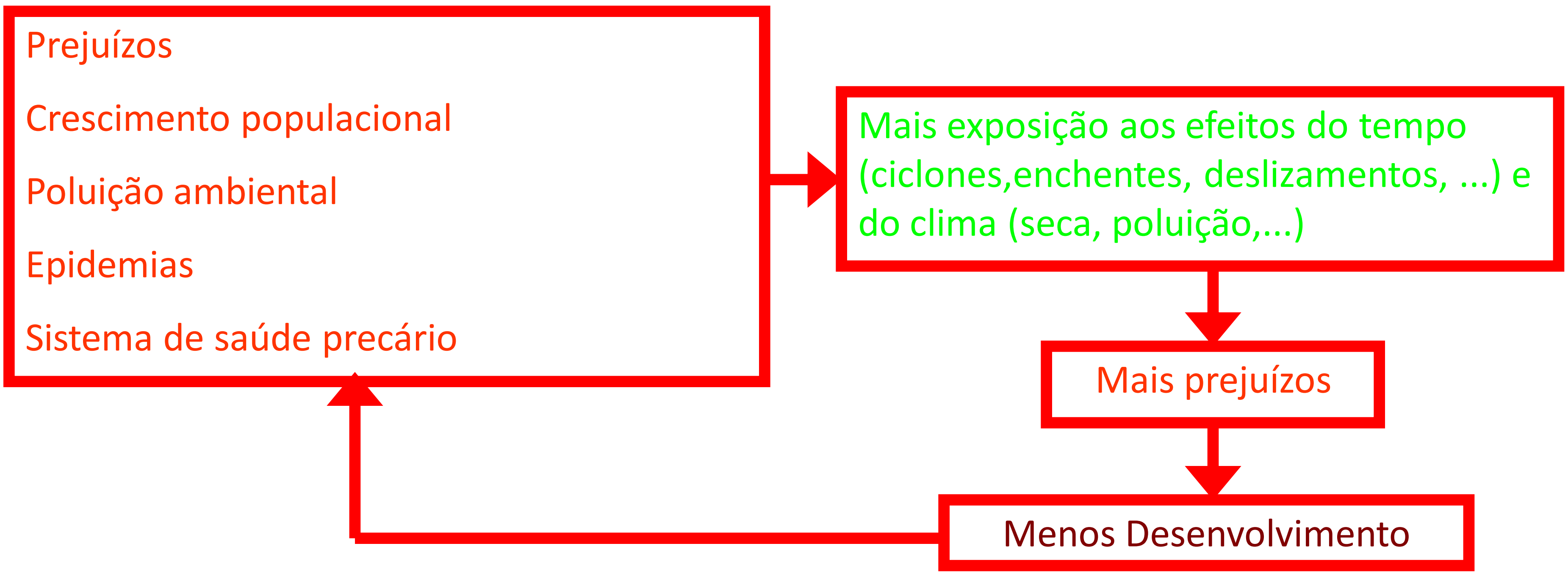

http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/seasonal-climate-forecasts/

# METEOROLOGIA E DESASTRES NATURAIS

## CENÁRIO GLOBAL

“As mudanças climáticas devem causar desastres naturais mais freqüentes e mais graves”

# RETRO-ALIMENTAÇÃO POSITIVA DOS PROBLEMAS



# GESTÃO AMBIENTAL – FATOR PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

- Prevenção
- Mitigação
- Preparo
- Monitoramento
- Planejamento
- Legislação
- Uso do solo e da água apropriados
- Controle da poluição

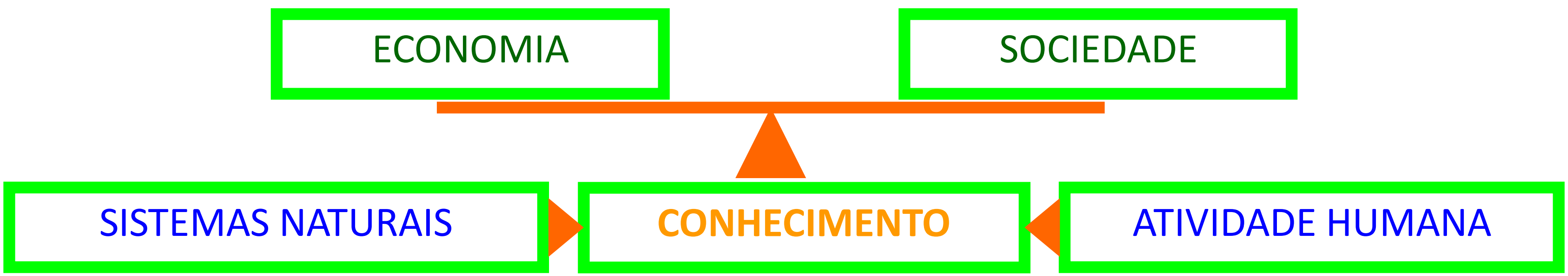
Menos riscos

Benefícios a saúde, educação e bem estar.

Mais consciência e preparo.

Mais proteção ao ambiente.

# CIÊNCIA DA SUTENTABILIDADE



OBSERVAÇÃO DA TERRA E DA ATMOSFERA

(Essenciais para a sustentabilidade)

↓

**FERRAMENTAS DE PREVISÃO**

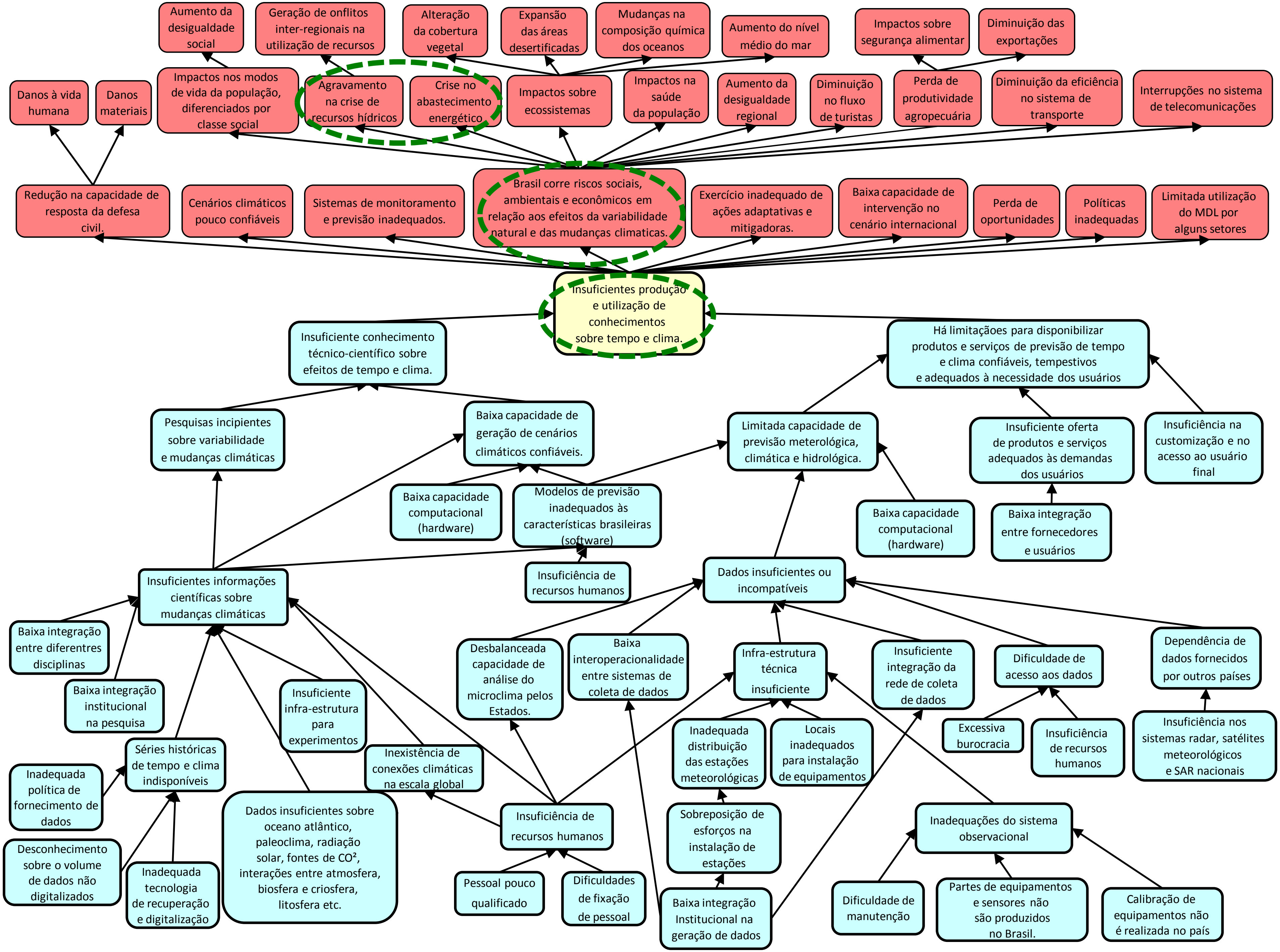
**SISTEMAS DE ALERTA**

**ENTENDIMENTO DO TEMPO E DO CLIMA**

**INFORMAÇÃO**

↓

# REDUÇÃO DE RISCOS



Aumento da desigualdade social
Geração de onflitos inter-regionais na utilização de recursos
Alteração da cobertura vegetal
Expansão das áreas desertificadas
Mudanças na composição química dos oceanos
Aumento do nível médio do mar
Impactos sobre segurança alimentar
Diminuição das exportações
Danos à vida humana
Danos materiais
Impactos nos modos de vida da população, diferenciados por classe social
Agravamento na crise de recursos hídricos
Crise no abastecimento energético
Impactos sobre ecossistemas
Impactos na saúde da população
Aumento da desigualdade regional
Diminuição no fluxo de turistas
Perda de produtividade agropecuária
Diminuição da eficiência no sistema de transporte
Interrupções no sistema de telecomunicações
Redução na capacidade de resposta da defesa civil.
Cenários climáticos pouco confiáveis
Sistemas de monitoramento e previsão inadequados.
Brasil corre riscos sociais, ambientais e econômicos em relação aos efeitos da variabilidade natural e das mudanças climaticas.
Exercício inadequado de ações adaptativas e mitigadoras.
Baixa capacidade de intervenção no cenário internacional
Perda de oportunidades
Políticas inadequadas
Limitada utilização do MDL por alguns setores
Insuficientes produção e utilização de conhecimentos sobre tempo e clima.
Insuficiente conhecimento técnico-científico sobre efeitos de tempo e clima.
Há limitaçãoes para disponibilizar produtos e serviços de previsão de tempo e clima confiáveis, tempestivos e adequados à necessidade dos usuários
Pesquisas incipientes sobre variabilidade e mudanças climáticas
Baixa capacidade de geração de cenários climáticos confiáveis.
Limitada capacidade de previsão meterológica, climática e hidrológica.
Insuficiente oferta de produtos e serviços adequados às demandas dos usuários
Insuficiência na customização e no acesso ao usuário final
Baixa capacidade computacional (hardware)
Modelos de previsão inadequados às características brasileiras (software)
Baixa capacidade computacional (hardware)
Baixa integração entre fornecedores e usuários
Insuficientes informações científicas sobre mudanças climáticas
Insuficiência de recursos humanos
Dados insuficientes ou incompatíveis
Baixa integração entre diferentres disciplinas
Baixa integração institucional na pesquisa
Insuficiente infra-estrutura para experimentos
Desbalanceada capacidade de análise do microclima pelos Estados.
Baixa interoperacionalidade entre sistemas de coleta de dados
Infra-estrutura técnica insuficiente
Insuficiente integração da rede de coleta de dados
Dificuldade de acesso aos dados
Dependência de dados fornecidos por outros países
Séries históricas de tempo e clima indisponíveis
Inexistência de conexões climáticas na escala global
Inadequada distribuição das estações meteorológicas
Locais inadequados para instalação de equipamentos
Excessiva burocracia
Insuficiência de recursos humanos
Insuficiência nos sistemas radar, satélites meteorológicos e SAR nacionais
Inadequada política de fornecimento de dados
Dados insuficientes sobre oceano atlântico, paleoclima, radiação solar, fontes de CO², interações entre atmosfera, biosfera e criosfera, litosfera etc.
Insuficiência de recursos humanos
Sobreposição de esforços na instalação de estações
Inadequações do sistema observacional
Desconhecimento sobre o volume de dados não digitalizados
Inadequada tecnologia de recuperação e digitalização
Pessoal pouco qualificado
Dificuldades de fixação de pessoal
Baixa integração Institucional na geração de dados
Dificuldade de manutenção
Partes de equipamentos e sensores não são produzidos no Brasil.
Calibração de equipamentos não é realizada no país

# MUITO OBRIGADO!

apereira@model.iag.usp.br