

CLIMANÁLISE

BOLETIM DE MONITORAMENTO E ANÁLISE CLIMÁTICA

Climanálise	Cachoeira Paulista - SP	Volume 24	Número 04	Abril/2009
-------------	-------------------------	-----------	-----------	------------

CLIMANÁLISE

Boletim de Monitoramento e Análise Climática

Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC, 1986. Publicação Mensal.

ISSN 0103-0019 CDU-555.5

Denominação anterior:

Boletim de Monitoramento do Clima do Nordeste.

Palavras chaves:

Meteorologia e Climatologia

CLIMANÁLISE

BOLETIM DE MONITORAMENTO E ANÁLISE CLIMÁTICA

VOLUME 24 - Nº 04

ABRIL/2009

- Editora:** Iracema Fonseca de A. Cavalcanti - CPTEC/INPE
e-mail: iracema@cptec.inpe.br
- Editora Executiva:** Anna Bárbara Coutinho de Melo - CPTEC/INPE
e-mail: barbara@cptec.inpe.br
- Apoio Administrativo:** Maria Assunção Faus da Silva Dias - CPTEC/INPE
Paulo Antonio de Oliveira - CPTEC/INPE
- Colaboradores:**
- | | |
|--|---------------------------------------|
| Alberto Waingort Setzer - CPTEC/INPE | Marcus Jorge Bottino - CPTEC/INPE |
| Anna Bárbara C. de Melo - CPTEC/INPE | Maria Valverde Ramirez - CPTEC/INPE |
| Caio A. dos Santos Coelho - CPTEC/INPE | Nuri Oyamburo de Calbete - CPTEC/INPE |
| Daniel Andrés Rodriguez - CPTEC/INPE | Prakki Satyamurty - CPTEC/INPE |
| Francisco Eliseu Aquino - UFRGS | Raffi Agop Simanoglu - CPTEC/INPE |
| Marcelo de Oliveira Romão - CPTEC/INPE | |
- Instituições Colaboradoras:**
- | | |
|---------------------------------------|--|
| ANEEL - Brasília, DF | FUNCEME - Fortaleza, CE |
| CEPLAC - Itabuna, BA | FURB - Blumenau, SC |
| CHESF - Recife, PE | GEORIO - Rio de Janeiro, RJ |
| CLIMERH - Florianópolis, SC | IAC - Instituto Agronômico de Campinas, SP |
| CODOMAR - Adm. do Porto de Manaus, AM | INMET - Brasília, DF |
| CPC/NWS - Washington, DC, USA | ORSTOM - Brest, França |
| DAEE - São Paulo, SP | SIMEPAR - Curitiba, PR |
| 7º DISME/INMET - São Paulo, SP | Centros Estaduais Meteorologia e Recursos
Hídricos Integrantes do PMTCRH. |
| ELETROBRÁS - Rio de Janeiro, RJ | |
| ELETRONORTE - Brasília, DF | |
| FEPAGRO - Porto Alegre, RS | |
- Editoração Técnica:** Raul Vianna Bastos Júnior - CPTEC/INPE
- Elaboração da Capa¹:** Ana Paula T. Tavares - CPTEC/INPE
Letícia Maria B. de Farias - CPTEC/INPE
- Impressão:** Sala de Editoração da Climanálise - CPTEC/INPE
- Impressão da Capa e Acabamento:** Grafmidia
- Endereço para Correspondência:** CLIMANÁLISE
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC
Rodovia Presidente Dutra, km 40 - Caixa Postal 01
12630-000 - Cachoeira Paulista - SP - BRASIL
Fone: (12)3186-8400; e-mail: climanalise@cptec.inpe.br

¹ Anomalia de TSM e escoamento médio em 850 hPa (lado esquerdo). Anomalia de PNM e imagem de satélite (lado direito). Os campos ilustram a situação observada em janeiro de 1998.

CLIMANÁLISE

BOLETIM DE MONITORAMENTO E ANÁLISE CLIMÁTICA

VOLUME 24 - Nº 04

ABRIL/2009

Índice

SUMMARY	i
SUMÁRIO	i
1. ASPECTOS DE GRANDE ESCALA NA ATMOSFERA GLOBAL E NOS OCEANOS TROPICAIS	3
2. ASPECTOS CLIMÁTICOS E SINÓTICOS NO BRASIL	11
2.1 – Análise da Precipitação no Brasil	11
2.1.1 – Região Norte	11
2.1.2 – Região Centro-Oeste	11
2.1.3 – Região Nordeste	11
2.1.4 – Região Sudeste	11
2.1.5 – Região Sul	13
2.2 – Análise da Temperatura no Brasil	13
3. PERTURBAÇÕES ATMOSFÉRICAS SOBRE O BRASIL	13
3.1 – Sistemas Frontais e Frontogênese	13
3.2 – Massas de Ar Frio e Geadas	17
3.3 – Zona Convectiva sobre a América do Sul	19
3.3.1 – Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	19
3.3.2 – Zona Convectiva Intertropical (ZCIT)	19
3.3.3 – Linha de Cumulonimbus na Costa Norte/Nordeste da América do Sul	19
3.3.4 – Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL)	19
4. ESCOAMENTO EM ALTOS NÍVEIS	25
4.1 – Jato sobre a América do Sul	25
4.2 – Circulação da Alta da Bolívia	25
4.3 – Vórtices Ciclônicos e Cavados em Altos Níveis	25
5. ANÁLISE DE DADOS HIDROLÓGICOS NO BRASIL	28
6. QUEIMADAS NO BRASIL	34
7. MONITORAMENTO NA ANTÁRTICA	35
NOTAS	38
SIGLAS	40
SIGLAS TÉCNICAS	41
APÊNDICE	42

SUMMARY

The month of April was marked by abundant rainfall in most parts of the North and Northeast Regions of Brazil, where the rivers rise caused floods and thousands of people lost their shelters. The northeastern part of Para state and northern parts of the Maranhão, Piauí and Ceará states were among the most affected by intense rainfall, caused by the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), squall lines along northern coast and transient troughs in the middle troposphere. On the other hand, the rainfall was below normal in many parts of the Southern Region and southern portions of Central-West and Southeast Regions of Brazil.

The warming of the surface waters in the eastern sector of the Tropical Pacific and normal conditions of the easterlies at 850 hPa level, especially to the east of 120°W are consistent with the weakening of the La Niña. In the Atlantic Ocean, the prominent dipole pattern in the sea surface temperature anomalies favored the intensification of ITCZ near the northern coast of South America. The ITCZ was superposed over an unfavorable pulse of the Madden Julian Oscillation over Nordeste of Brazil during many days in the month.

The rainfall was heavy in the Amazon and Tocantins basins and in the northern portion of the Parana basin. However, the runoff in the rivers were reduced in parts of the Amazon basin, in the southern portion of the Parana basin and in the Southeast Atlantic basin.

The 890 vegetation fire spots detected during the month in Brazil were 5% less than in the previous month, and were almost the same as in the same previous year period.

This bulletin can be accessed by internet at:
<http://www6.cptec.inpe.br/revclima/boletim/>

SUMÁRIO

O mês de abril foi marcado pelo excesso de chuva na maior parte das Regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde a elevação do nível dos rios causou inundações e deixou milhares de desabrigados. O nordeste do Pará e o norte dos Estados do Maranhão, Piauí e Ceará foram as áreas mais afetadas pelas chuvas intensas. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a formação de Linhas de Instabilidade (LI's) ao longo da costa e a propagação de cavados na média e alta troposfera foram os sistemas que mais favoreceram a ocorrência de chuvas. Por outro lado, choveu abaixo da média histórica na maior parte da Região Sul e no sul das Regiões Centro-Oeste e Sudeste.

O aquecimento das águas no setor leste do Pacífico Equatorial e a situação de normalidade no escoamento de leste em 850 hPa, especialmente a leste de 120°W, foram consistentes com o enfraquecimento do fenômeno La Niña. No Oceano Atlântico, destacou-se a configuração de um padrão de dipolo no campo de anomalia de TSM pelo terceiro mês consecutivo, o que favoreceu a atuação da ZCIT próximo à costa nordeste da América do Sul. Ressalta-se que a atuação da ZCIT sobrepôs-se ao pulso desfavorável da Oscilação Madden-Julian (OMJ) sobre o Nordeste do Brasil na maior parte deste mês.

As chuvas foram mais acentuadas na bacia do Amazonas, Tocantins e no norte da bacia do Paraná, onde predominaram valores acima da média histórica. Contudo, houve diminuição das vazões em parte da bacia do Amazonas, no sul da bacia do Paraná e na bacia do Atlântico Sudeste.

Os 890 focos de queimadas detectados no País estiveram 5% abaixo do número de focos registrado em março passado, mantendo-se estável em comparação com o mesmo período de 2008.

Este boletim pode ser acessado pela internet:
<http://www6.cptec.inpe.br/revclima/boletim/>

1. ASPECTOS DE GRANDE ESCALA NA ATMOSFERA GLOBAL E NOS OCEANOS TROPICAIS

As anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), observadas durante o mês de abril, mostraram o enfraquecimento do atual fenômeno La Niña na região do Pacífico Equatorial, com condições próximas à normalidade nas regiões dos Niños 1+2, 3, 3.4 e 4 (Figura 1 e Tabela 1). Ressalta-se que a temperatura do mar na camada sub-superficial, média entre 2°N e 2°S, apresentou anomalia negativa de até -4°C próximo à costa oeste sul-americana, porém anomalias positivas de até 4°C foram observadas a oeste da Linha Internacional de Data (180°), conforme figura mostrada no apêndice. Na região do Atlântico Tropical, manteve-se o padrão de dipolo no campo de TSM observado no mês anterior, ou seja, anomalias negativas ao norte do Equador e positivas ao sul. Esta configuração continuou sendo favorável à atuação da ZCIT ao sul de sua posição climatológica (ver seção 3.3.2).

O campo de Radiação de Onda Longa (ROL) evidenciou áreas cujos valores apresentaram-se abaixo da climatologia ao norte da Indonésia e acima da média no setor leste do Pacífico (Figura 5). Destacou-se também uma extensa área de

anomalia positiva de ROL sobre o sudeste da América do Sul e outra área de anomalia negativa sobre os setores central e nordeste do Brasil e oceano adjacente. As anomalias negativas estiveram associadas aos episódios de ZCAS que ainda persistiram no início e meados deste mês e que atuaram ao norte da posição climatológica (ver seção 3.3.1). Destacou-se, também, uma assinatura zonal de anomalias negativas de ROL ao longo da faixa equatorial do Atlântico Tropical Sul. Estas anomalias refletiram o posicionamento da ZCIT ao sul de sua climatologia durante o mês de abril, por sua vez associada, principalmente, ao padrão de dipolo no campo de anomalias de TSM acima mencionado. Ressalta-se que a intensa atividade convectiva sobre as Regiões Norte e Nordeste do Brasil sobrepôs-se à atuação desfavorável da Oscilação Intrasazonal de Maden e Julian (OMJ) que predominou na maior parte do mês, sendo notado um sinal mais favorável da OMJ apenas no final de abril.

No campo de anomalia de Pressão ao Nível do Mar (PNM), destacou-se a predominância de anomalias positivas sobre o leste do Pacífico, Atlântico Norte e sobre a maior parte dos continentes americano e africano (Figura 6). Na região do Atlântico Norte, a intensificação do

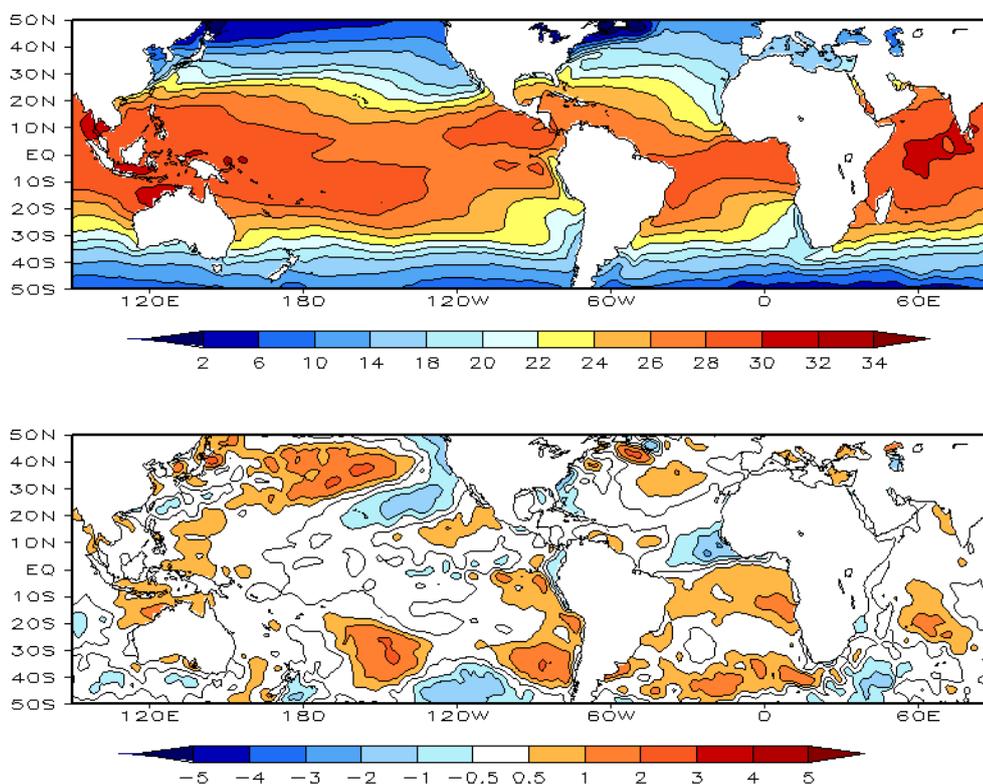


FIGURA 1 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM), em ABRIL/2009: a) média, com intervalo das isotermas de 4°C para valores de TSM menores que 18°C. Para TSM maior que 18°C, o intervalo das isotermas é de 2°C; b) anomalias, com intervalo entre as isotermas de 0,5°C para anomalias até 1°C. Para anomalias maiores que 1°C, o intervalo é de 1°C. As anomalias são desvios das médias mensais em relação à climatologia do CPC. (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

DATA	ANOMALIAS PNM		IOS (Tahiti/Darwin)	ÍNDICE DE ROL NO PACÍFICO	TSM NO PACÍFICO							
	Tahiti	Darwin			(5N - 5S)	Niño 1+2 (0 - 10S)	Niño 3 (5N - 5S)	Niño 3.4 (5N - 5S)	Niño 4 (5N - 5S)			
2009				(5N - 5S)								
2008				160E - 160W	90W - 80W	150W - 90W	170W - 120W	160E - 150W				
ABR	0,9	-0,1	0,7	1,0	0,5	26,0	0,0	27,4	-0,2	27,5	0,0	28,4
MAR	0,9	1,1	-0,1	1,4	-0,1	26,4	-0,6	26,4	-0,5	26,7	-0,3	27,8
FEV	1,7	-1,2	1,8	1,7	-0,1	26,0	-0,6	25,8	-0,7	26,0	-0,7	27,4
JAN	1,6	-0,2	1,2	1,8	-0,2	24,3	-0,6	25,0	-1,0	25,5	-0,7	27,4
DEZ	1,6	-0,8	1,5	2,3	-0,4	22,4	-0,5	24,6	-0,7	25,7	-0,6	27,7
NOV	1,7	-0,6	1,5	1,2	-0,2	21,5	-0,2	24,8	-0,2	26,3	-0,3	28,1
OUT	2,4	0,4	1,3	1,1	-0,2	20,8	-0,1	24,8	-0,3	26,3	-0,1	28,3
SET	2,1	-0,2	1,5	0,3	0,7	21,2	0,3	25,1	-0,2	26,5	-0,4	28,1
AGO	2,1	0,9	0,8	0,7	1,1	21,9	0,7	25,7	0,2	26,9	-0,3	28,2
JUL	0,8	0,6	0,2	0,9	0,8	22,7	0,6	26,1	0,1	27,2	-0,3	28,3
JUN	1,2	0,8	0,3	0,4	0,6	23,7	0,2	26,6	-0,3	27,2	-0,6	28,1
MAI	0,8	1,3	-0,3	1,2	0,1	24,4	0,0	27,1	-0,6	27,2	-0,8	27,9

DATA	ÍNDICE DO VENTO ZONAL			
	PACÍFICO 850 hPa			PACÍFICO 200 hPa
2009	5N - 5S	5N - 5S	5N - 5S	5N - 5S
2008	135E - 180	175W - 140W	135E - 120W	165W - 110W
ABR	1,5	0,8	0,2	0,3
MAR	0,8	0,7	0,0	1,5
FEV	3,0	1,4	-0,1	1,9
JAN	2,0	0,9	-0,8	0,9
DEZ	2,5	1,4	-0,4	2,0
NOV	3,4	1,4	-0,1	1,5
OUT	2,1	0,4	-1,0	-0,2
SET	1,2	0,4	-0,5	0,4
AGO	1,8	0,1	-1,2	0,0
JUL	2,0	0,1	-1,2	0,1
JUN	1,7	0,5	-1,1	0,5
MAI	1,3	0,7	-1,2	0,7

TABELA 1 - Índices atmosféricos e oceânicos para os últimos doze meses. Os índices atmosféricos são adimensionais (padronizados pelo desvio padrão da média mensal apropriada) exceto para as anomalias de PNM de Darwin e Tahiti que estão em hPa. Os índices de TSM (anomalias e médias) estão em °C. Note que os valores positivos (negativos) do índice do vento zonal em 200 hPa significam anomalias de oeste (de leste), ao passo que valores positivos (negativos) dos índices do vento zonal em 850 hPa significam anomalias de leste (oeste). (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

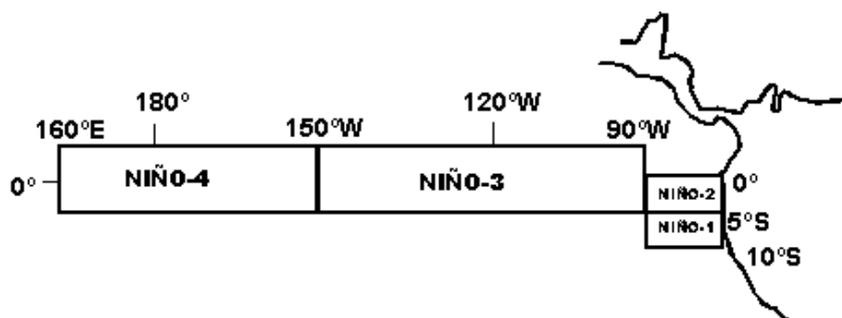
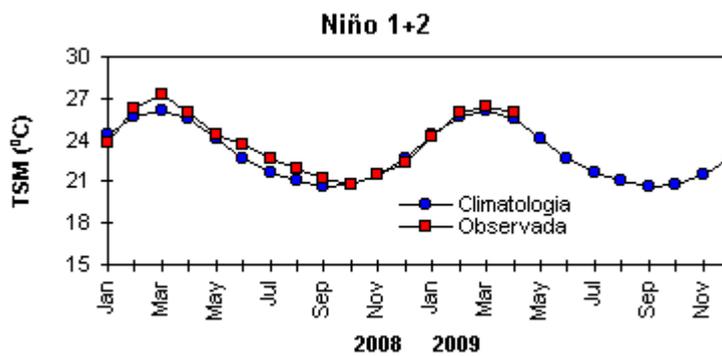
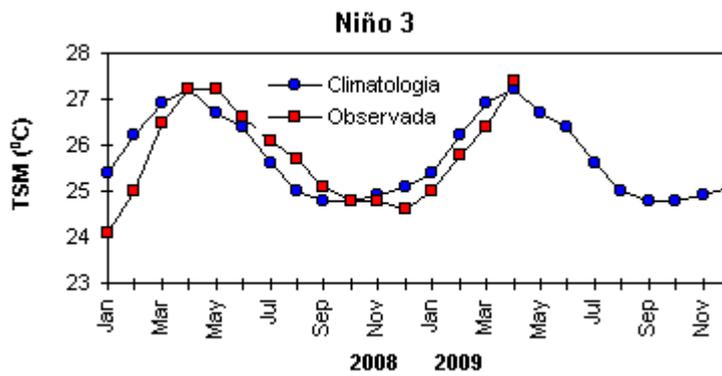
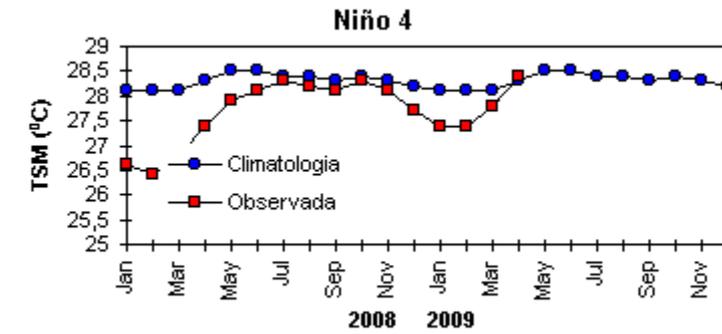


FIGURA 2 - Temperaturas médias da superfície do mar (quadrado) e média climatológica (círculo) no Oceano Pacífico para as regiões indicadas, expressas em °C. (FONTE: CPC/NWS).

sistema de alta pressão semipermanente também favoreceu o deslocamento da ZCIT ao sul de sua climatologia (ver seção 3.3.2).

No escoamento em 850 hPa, os ventos continuaram mais intensos que a climatologia na região do Pacífico Oeste, principalmente a oeste de 150°W (Figuras 7 e 8). Na região do Atlântico Equatorial, os alísios apresentaram-se mais relaxados, quando comparados com a climatologia. O enfraquecimento dos ventos adjacente à costa leste da Região Nordeste do Brasil contribuiu para a ocorrência de chuvas abaixo da média histórica

nesta área (ver seção 2.1.5). Contudo, notou-se uma componente de norte no campo de anomalia, próximo à costa norte da Região Nordeste, que refletiu o deslocamento da ZCIT para posições mais ao sul (ver seção 3.3.2).

No escoamento médio em 200 hPa, notou-se a Alta da Bolívia um pouco deslocada para leste (ver seção 4.2), assim como o eixo do cavado posicionado sobre o oceano, próximo ao meridiano de Greenwich (Figuras 9 e 10). Esta configuração resultou em anomalia anticiclônica sobre o leste do Brasil, sendo consistente com a

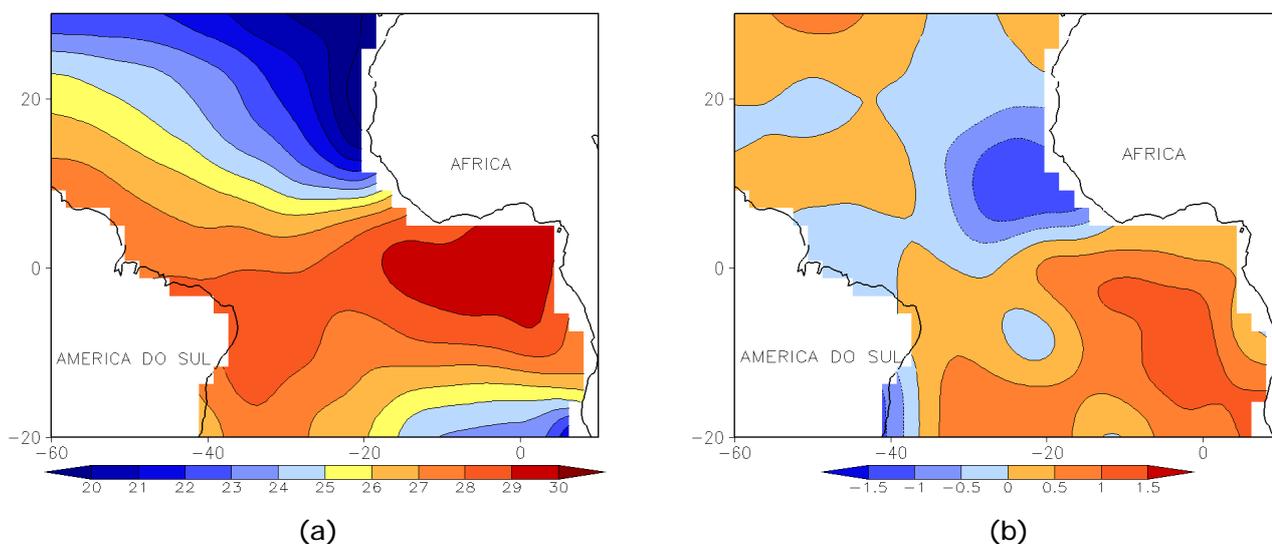


FIGURA 3 - Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região do Oceano Atlântico Tropical, em ABRIL/2009, analisada numa grade de 2°: a) média, com intervalo entre as isotermas de 1°C; b) anomalia, com intervalo entre as isotermas de 0,5°C. As anomalias são desvios das médias mensais em relação à climatologia da ORSTOM-BREST. (FONTE: J.Servain - ORSTOM/BREST).

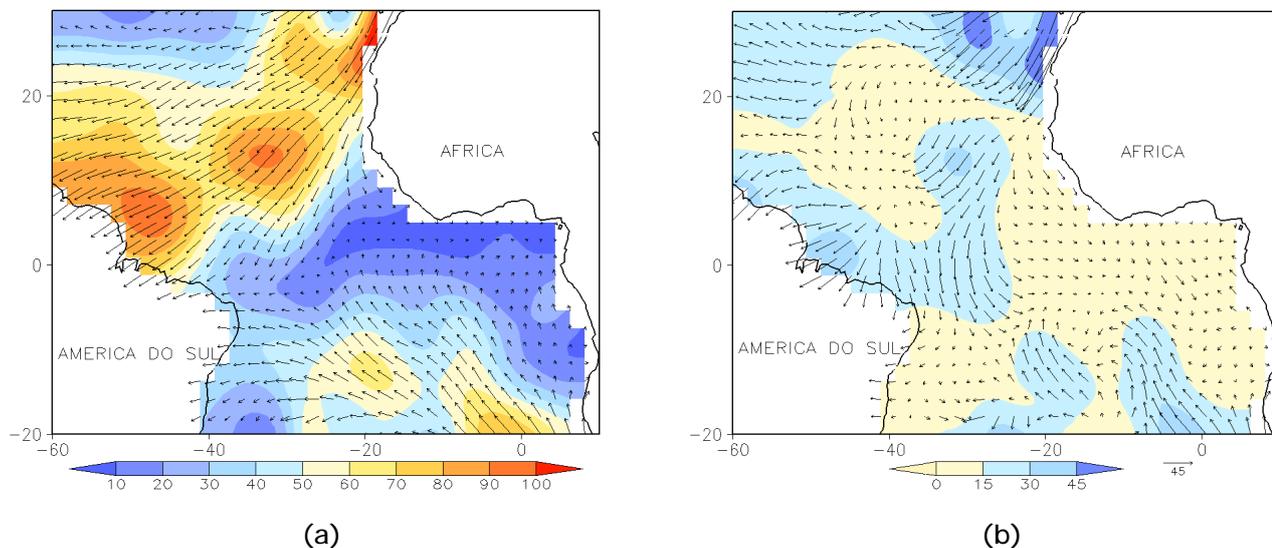


FIGURA 4 - Vetor pseudo-tensão de cisalhamento superficial, relacionado ao vento em superfície para ABRIL/2009: a) média, com intervalo entre as isolinhas de 10 m²/s²; b) anomalia, com intervalo entre as isolinhas de 15 m²/s². As anomalias são desvios das médias mensais para o período base 1964/1985. (FONTE: J.Servain - ORSTOM/BREST).

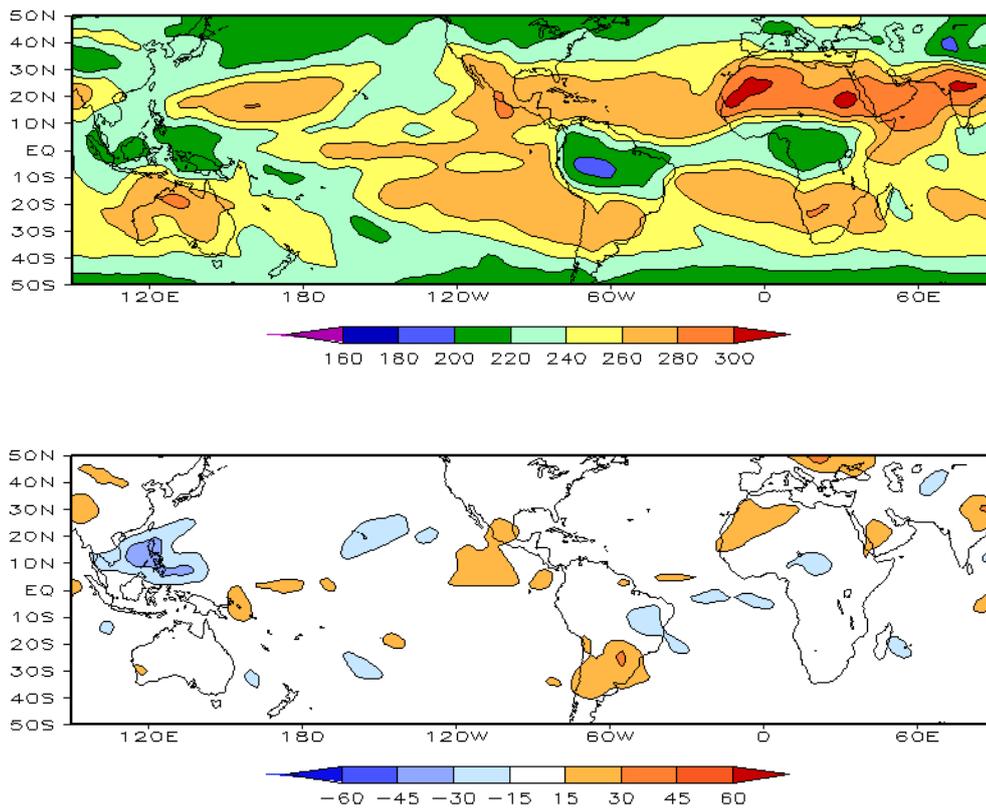


FIGURA 5 – Radiação de Onda Longa (ROL) emitida para o espaço, em ABRIL/2009 (medidas do NESDIS/ESL através do canal IV do AVHRR a bordo do satélite NOAA-12): a) média, com intervalo entre isolinhas de 20 W/m²; b) anomalia, com intervalo entre as isolinhas de 15 W/m². As anomalias são calculadas como desvios das médias para o período base 1979/1995 - Reanálise. (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

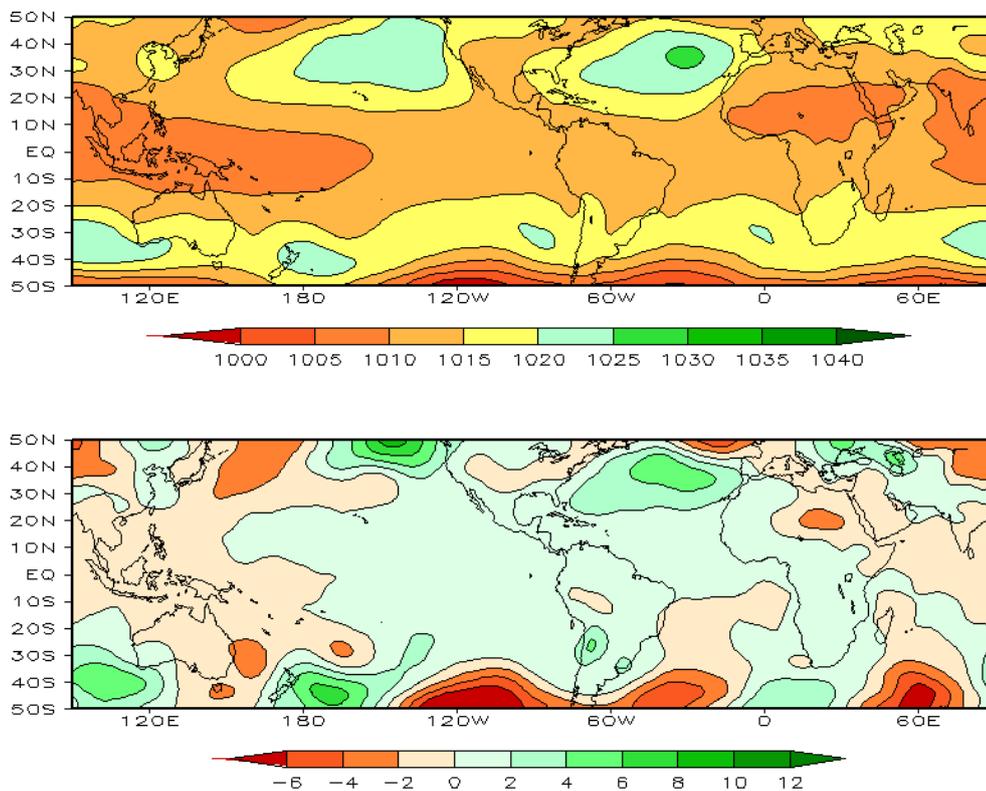


FIGURA 6 – Pressão ao Nível do Mar (PNM), em ABRIL/2009, analisadas numa grade de 2,5° e interpoladas para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização: a) média, com intervalo entre isolinhas de 5 hPa; b) anomalia, com intervalo entre as isolinhas de 2 hPa. As anomalias são calculadas como desvios das médias para o período de 1979/1995 - Reanálise. (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

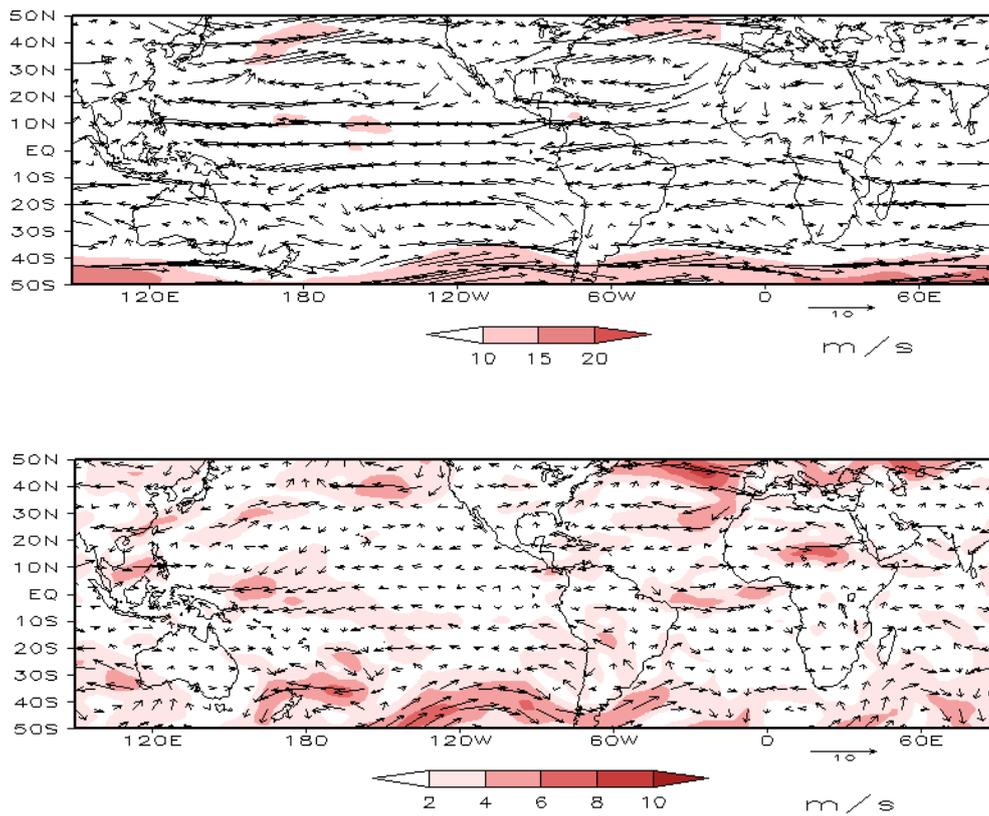


FIGURA 7 – Vetor do vento e magnitude em 850 hPa, em ABRIL/2009. Os ventos são analisados numa grade de 2,5° e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização: a) campo médio, com intervalo entre as isotacas de 5 m/s; b) anomalia, com intervalo de 2 m/s. As anomalias são desvios das médias para o período base de 1979/1995 – Reanálise (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

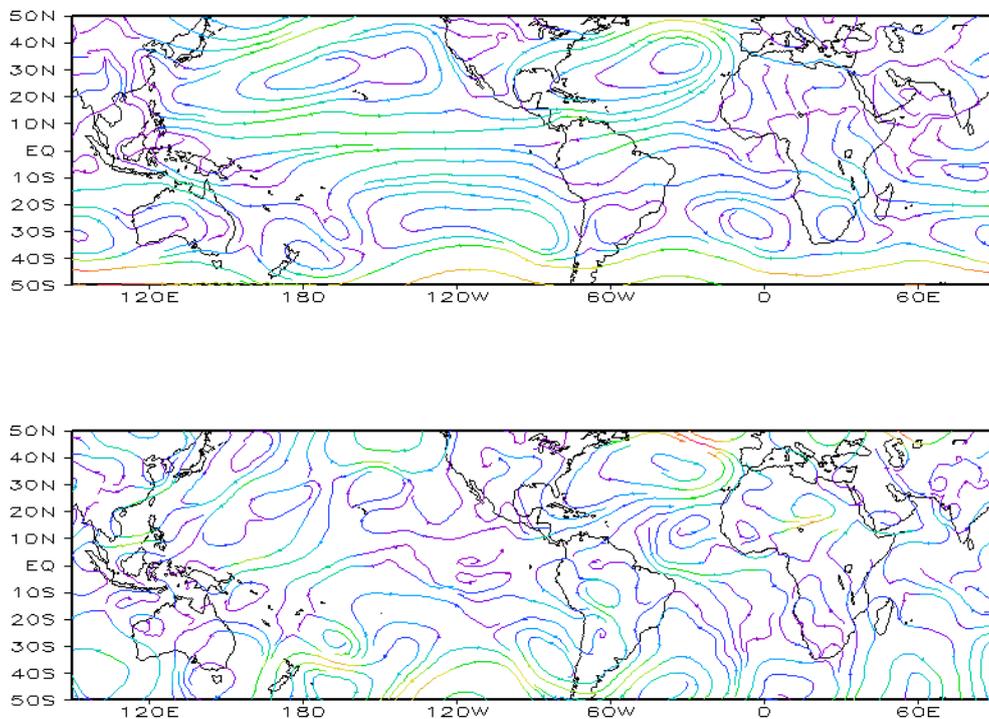


FIGURA 8 – Linhas de corrente em 850 hPa, em ABRIL/2009. Os ventos são analisados numa grade de 2,5° e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização: a) média; b) anomalia. (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

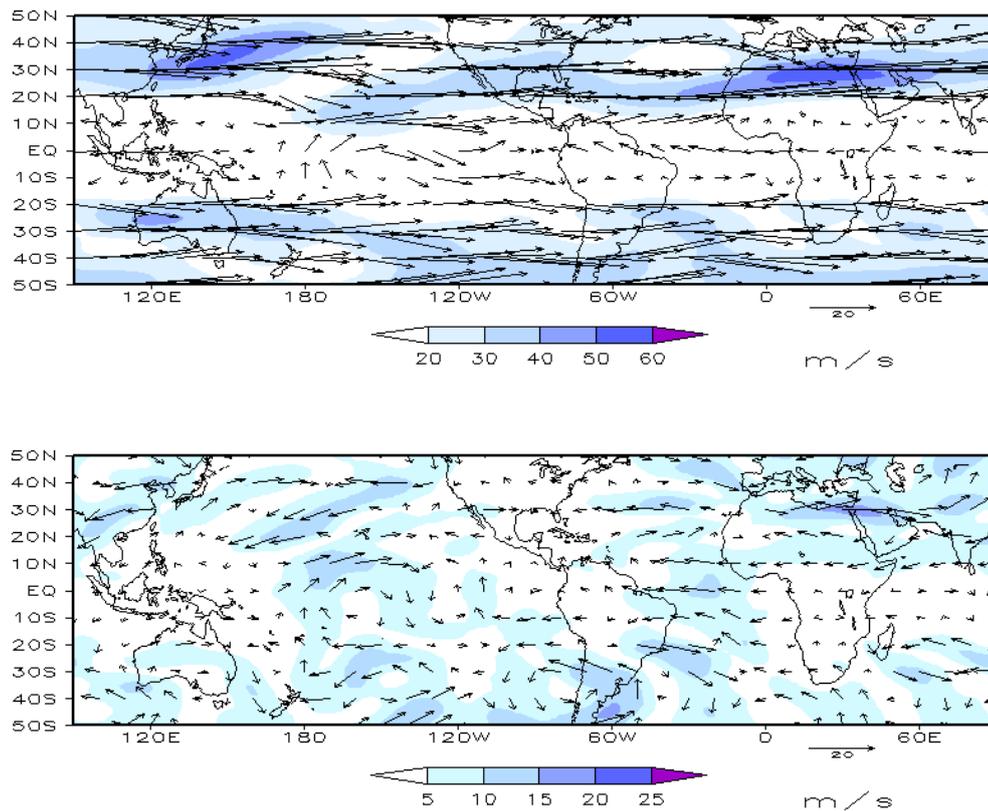


FIGURA 9 – Vetor do vento e magnitude em 200 hPa em ABRIL/2009. Os ventos são analisados numa grade de 2,5° e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização: a) campo médio, com intervalo entre as isotacas de 10 m/s; b) anomalia, com intervalo entre as isotacas de 5 m/s. As anomalias são desvios das médias mensais para o período base de 1979/1995 - Reanálise. (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

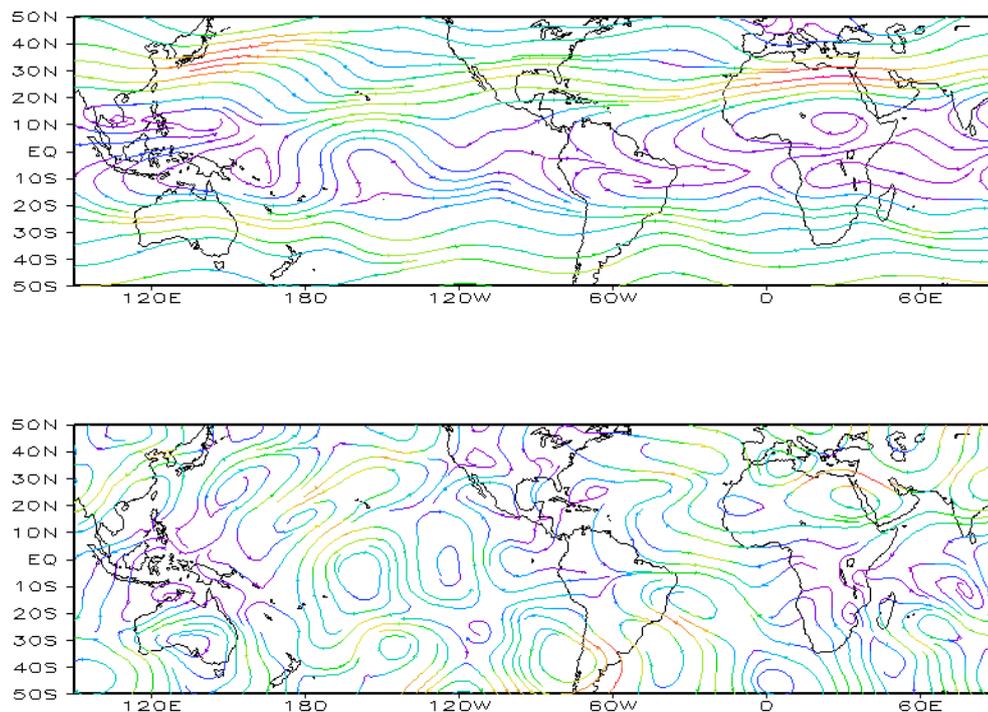


FIGURA 10 – Linhas de Corrente em 200 hPa, em ABRIL/2009. Os ventos são analisados numa grade de 2,5° e interpolados para uma grade de 5° em projeção Mercator para visualização: a) média; b) anomalia. (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

menor frequência dos vórtices ciclônicos em comparação com março passado (ver seção 4.3).

O campo de altura geopotencial em

500 hPa destacou um número de onda 4 nas latitudes extratropicais do Hemisfério Sul (Figura 12).

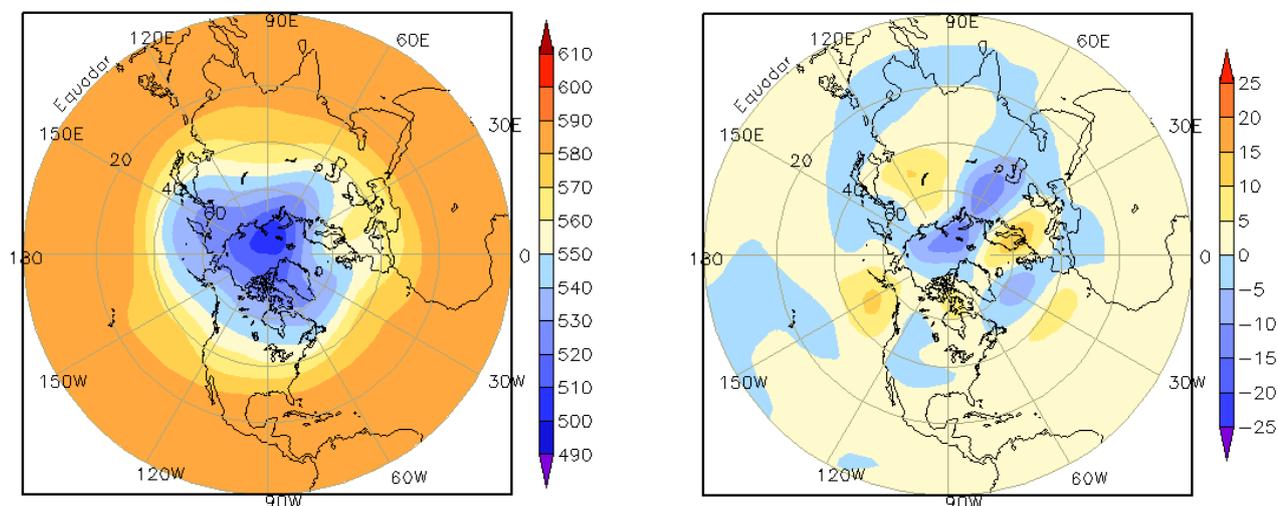


FIGURA 11 – Altura geopotencial em 500 hPa para o Hemisfério Norte, em ABRIL/2009. As alturas são analisadas numa grade de 2,5° e interpoladas para uma grade de 5° em projeção estereográfica polar de 65x65 pontos no Pólo Norte: a) média, com intervalo entre as isolinhas de 10 mgp; b) anomalia, com intervalo entre as isolinhas de 5 mgp. As anomalias são desvios das médias mensais para o período base de 1979/1995 – Reanálise. (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

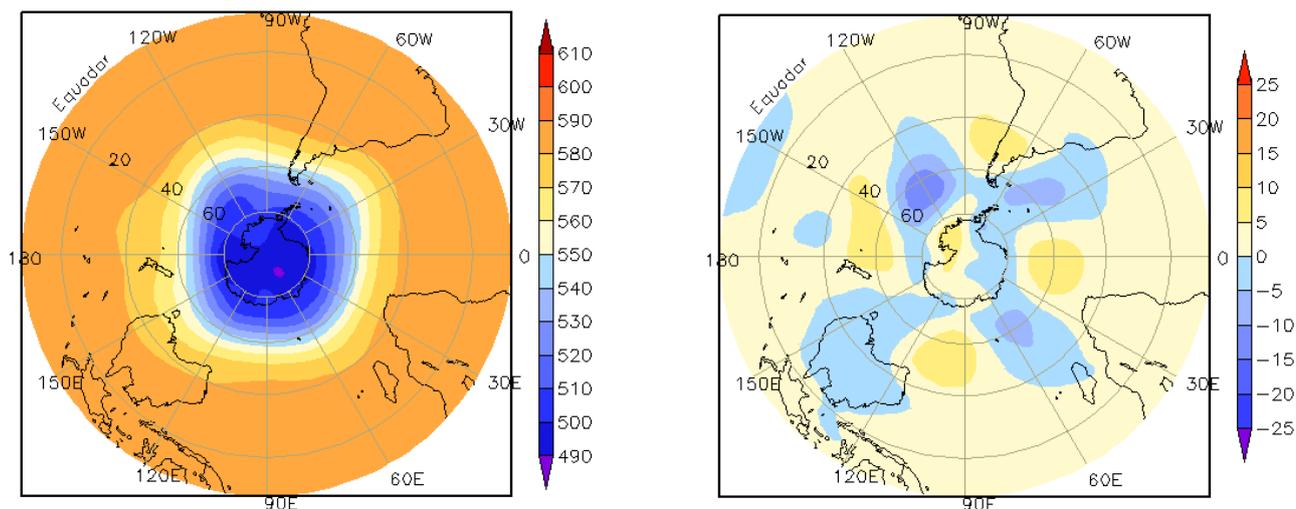


FIGURA 12 – Altura geopotencial em 500 hPa para o Hemisfério Sul, em ABRIL/2009. As alturas são analisadas numa grade de 2,5° e interpoladas para uma grade de 5° em projeção estereográfica polar de 65x65 pontos no Pólo Sul: a) média, com intervalo entre as isolinhas de 10 mgp; b) anomalia, com intervalo entre as isolinhas de 5 mgp. As anomalias são desvios das médias mensais para o período base de 1979/1995 - Reanálise. (FONTE: CPC/NCEP/NWS).

2. ASPECTOS CLIMÁTICOS E SINÓTICOS NO BRASIL

2.1 – Análise da Precipitação no Brasil

Durante o mês de abril, as chuvas excederam a média histórica na maior parte dos setores central e norte do País, com destaque para os totais mensais, superiores a 600 mm, entre o extremo norte do Pará e a faixa litorânea do Ceará. Nestas áreas, o excesso de chuva causou a elevação do nível dos rios e inundações em várias cidades. Estas chuvas continuaram associadas principalmente à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que se posicionou ao sul de sua climatologia, e à formação de Linhas de Instabilidade (LI's) ao longo da costa. Neste mês, destacou-se também a escassez de chuva na Região Sul, mais acentuada que o observado em março passado. As Figuras 13 e 14 mostram a precipitação observada em todo o Brasil e os desvios em relação aos valores médios históricos. A distribuição espacial das estações utilizadas na análise de precipitação é mostrada na Figura 15. A análise detalhada do comportamento das chuvas para cada uma das Regiões do Brasil é feita a seguir.

2.1.1 – Região Norte

A atuação mais ao sul da ZCIT associada à formação de LI's ao longo da costa, as áreas de instabilidade decorrentes do elevado calor e umidade e a presença da Alta da Bolívia, ainda neste mês, favoreceram as chuvas mais acentuadas principalmente nos Estados do Amazonas, Pará, Tocantins e Acre. No nordeste do Pará, os acumulados mensais de precipitação excederam a climatologia em mais que 300 mm. Em Soure-PA, o total de chuva acumulado em abril foi igual a 890,7 mm, excedendo a média histórica em 325,1 mm. A elevação do nível dos rios causou inundações e alagamentos em várias cidades, resultando em centenas de famílias desabrigadas nestas áreas. Destacaram-se os totais diários registrados em Altamira-PA (83 mm, no dia 04), no Rio Branco-AC (95,2 mm, no dia 09), em Soure-PA (159,4 mm, no dia 10; 167 mm, no dia 28) e em Parintins-AM (90,2 mm, no dia 12).

2.1.2 – Região Centro-Oeste

As chuvas foram mais acentuadas no norte da Região, com destaque para o total de precipitação registrado em Brasília-DF (98,1 mm,

no dia 13). De modo geral, choveu pouco no centro-sul da Região, especialmente no Mato Grosso do Sul, onde os totais mensais ocorreram abaixo do esperado em até 100 mm. Na cidade de Ivinhema, no sudeste deste Estado, onde a climatologia para este mês é igual a 102,4 mm, praticamente não choveu.

2.1.3 – Região Nordeste

A acentuada atividade convectiva no norte da Região Nordeste foi devida principalmente à ZCIT. Este sistema respondeu pela maior parte da convecção que se estabeleceu principalmente entre o norte do Maranhão e o Ceará. Contudo, é importante ressaltar a atuação conjunta das LI's e de dois episódios de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL's). Em algumas cidades, os totais diários de chuva excederam 100 mm, como foi observado em Carolina-MA (110,8 mm, no dia 05), em Acaraú-CE (101,5 mm, no dia 11) e em Areia-PB (109,0 mm, no dia 12). Na cidade de Ceará Mirim-RN, a chuva acumulada em apenas um dia (103 mm, no dia 20) correspondeu a pouco mais da metade da climatologia mensal (204,5 mm), ficando o total mensal nesta localidade igual a 377,8 mm. Em São Luís-MA, o total mensal de chuva foi igual a 767,6 mm e excedeu a média histórica em 295 mm. Destacaram-se, também, os acumulados mensais nas cidades de Parnaíba-PI (420,1 mm) e Teresina-PI (437,2 mm), sendo os correspondentes valores climatológicos iguais a 336 mm e 267,9 mm, respectivamente. Choveu abaixo da média histórica entre o leste do Rio Grande do Norte e o nordeste da Bahia. Ressalta-se, que o mês de abril marca o início do quadrimestre mais chuvoso neste setor da Região Nordeste.

2.1.4 – Região Sudeste

Os maiores acumulados mensais de precipitação ocorreram em áreas isoladas de Minas Gerais, no Espírito Santo e no oeste de São Paulo, onde as chuvas ocorreram preferencialmente acima da climatologia para este mês. No centro-sul do Rio de Janeiro e na maior parte do Estado de São Paulo, as chuvas apresentaram-se abaixo da média histórica. Contudo, registraram-se alguns episódios de chuva e vento fortes, como ocorreu em José Bonifácio, região de Araçatuba-SP, onde os ventos atingiram 117,7 km/h entre os dias 12 e 13. A

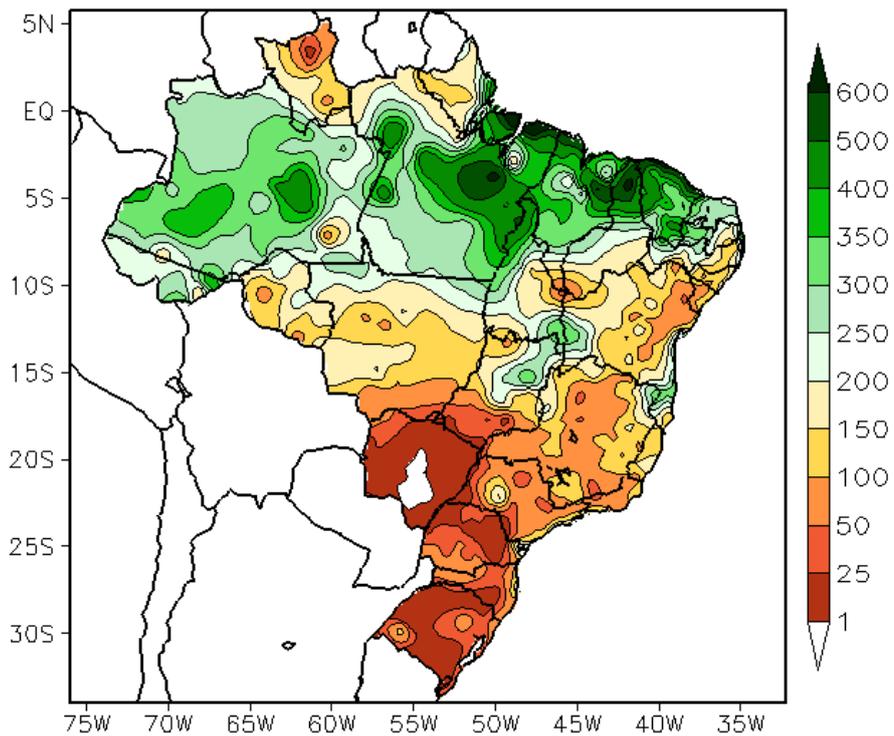


FIGURA 13 - Precipitação total (em mm) para ABRIL/2009.

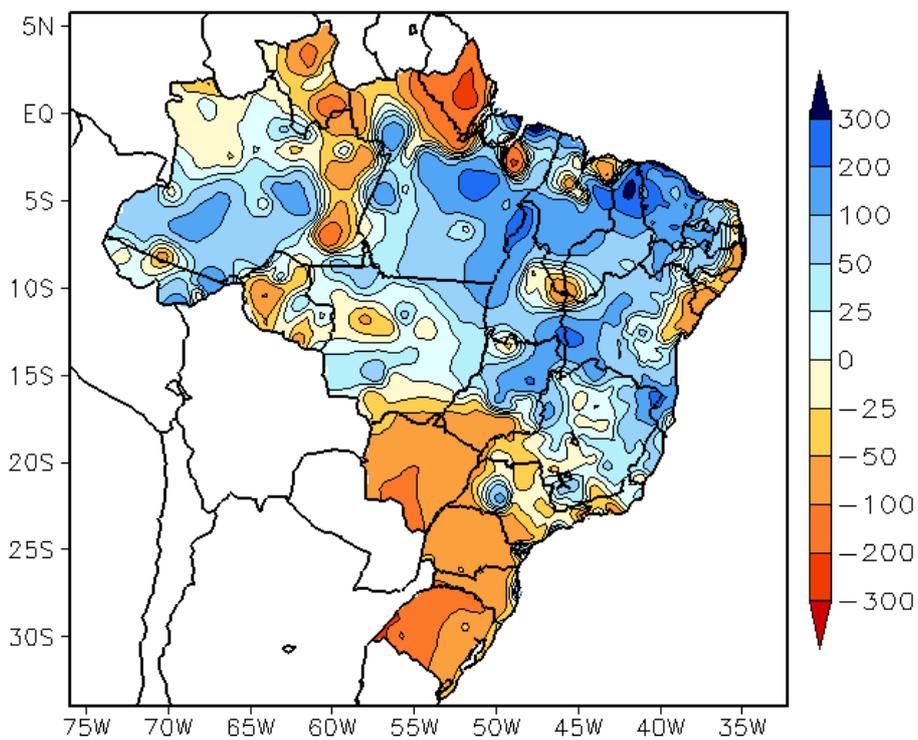


FIGURA 14 - Desvio de precipitação (em mm) em relação à média climatológica para ABRIL/2009. (Climatologia INMET: 1961 - 1990).

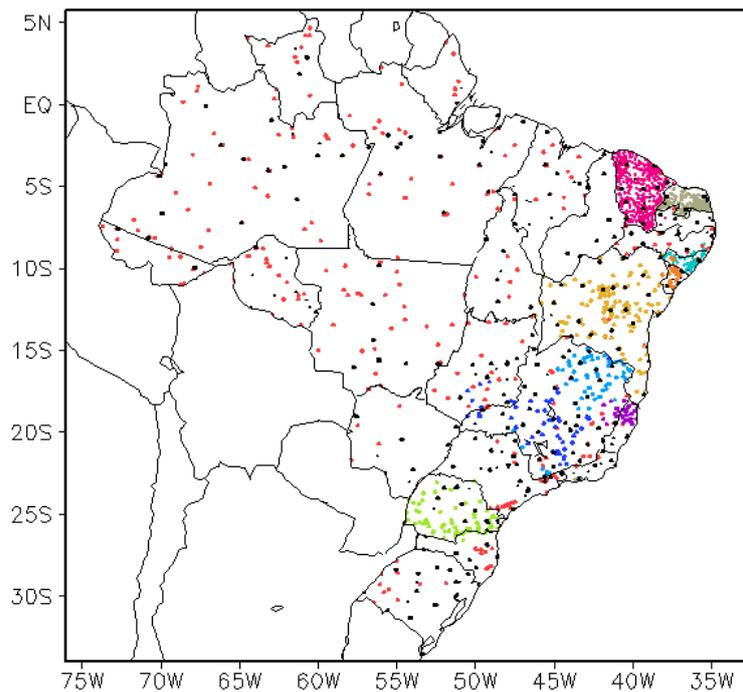


FIGURA 15 – Distribuição espacial das 1.998 estações pluviométricas e meteorológicas utilizadas em ABRIL/2009. (FONTE: CMCD/INPE – INMET – FUNCEME/CE - EMPARN/RN - ITEP/LAMEPE/PE – SEMARHN/DHM/AL - CMRH/SE - SEMARH/BA – SEAG/ES – SIMGE/MG – GEORIO/RJ – IAC/SP - SIMPEPAR/PR - CIRAM/SC - FEPAGRO/RS).

intensificação de um cavado em médios e altos níveis favoreceu a formação de áreas de instabilidade nos setores central e litoral da Região Sudeste no final do dia 15, registrando-se 53,7 mm em Ubatuba, litoral norte de São Paulo.

2.1.5 – Região Sul

A escassez de chuva foi mais acentuada no Rio Grande do Sul e no Paraná. No oeste gaúcho, a chuva acumulada ficou abaixo do esperado em até 200 mm. A cidade de São Luiz Gonzaga-RS acumulou 7,3 mm, sendo a climatologia para este mês igual a 179,9 mm (Fonte: INMET). Contudo, no leste de Santa Catarina, a atuação mais intensa do jato subtropical contribuiu para a intensificação de um cavado em médios e altos níveis, favorecendo a ocorrência de elevados totais de precipitação em Florianópolis-SC, onde choveu 121 mm no dia 23, ficando o total mensal igual a 314,3 mm, ou seja, mais que 200 mm acima da climatologia para este mês. Neste mesmo dia, a cidade de Itajaí-SC registrou 152,9 mm.

2.2 – Análise da Temperatura no Brasil

Em abril, as temperaturas máximas foram mais baixas na região serrana localizada no sudeste de Santa Catarina, porém ocorreram

valores acima da média especialmente na Região Sul e no sul das Regiões Sudeste e Centro-Oeste, destacando-se as anomalias de até 5°C no norte do Paraná e no sudoeste do Mato Grosso do Sul (Figuras 16 e 17). A temperatura mínima média mensal variou entre 10°C, nas serras gaúcha e catarinense, e 24°C, no norte da Região Norte (Figura 18). As temperaturas mínimas apresentaram-se acima da média principalmente no norte do Paraná e no sul do Estado de São Paulo (Figura 19). No Estado de São Paulo, a temperatura média mensal variou entre 18°C e 24°C, com destaque para as anomalias positivas, entre 2°C e 3°C, no setor sul (Figuras 20 e 21).

3. PERTURBAÇÕES ATMOSFÉRICAS SOBRE O BRASIL

3.1 – Sistemas Frontais e Frontogênese

Cinco sistemas frontais atuaram no Brasil no decorrer de abril de 2009. Este número ficou abaixo da climatologia para este mês, considerando as latitudes 25°S a 35°S (Figura 22). Estes sistemas restringiram seu deslocamento até a Região Sul. O sistema frontal que atuou no sul do Rio Grande do Sul no final do mês anterior deslocou-se até Paranaguá-PR, onde se posicionou no dia 02, indo posteriormente para o oceano.

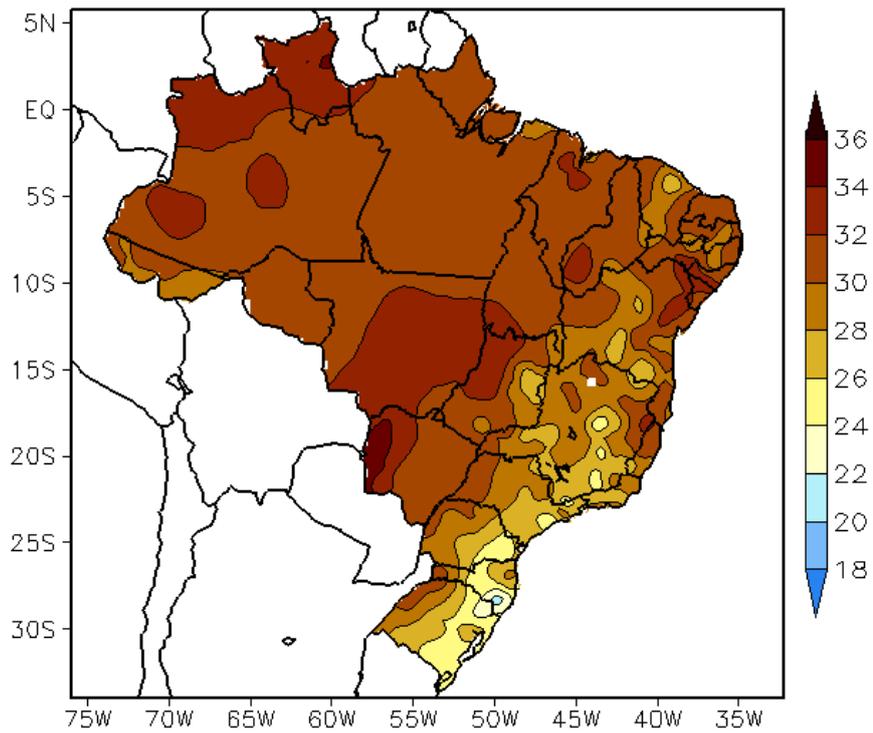


FIGURA 16 - Temperatura máxima do ar à superfície (em °C), em ABRIL/2009. (FONTE: CMCD/INPE - INMET).

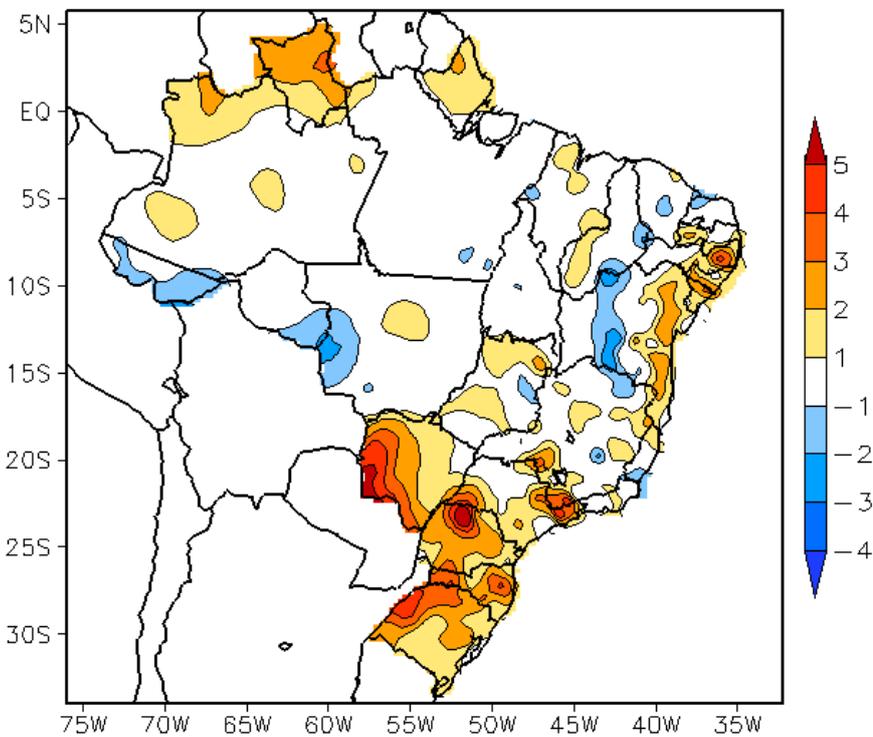


FIGURA 17 - Anomalia de temperatura máxima no Brasil (em °C), em ABRIL/2009. (FONTE: CMCD/INPE - INMET e Climatologia INMET: 1961 a 1990).

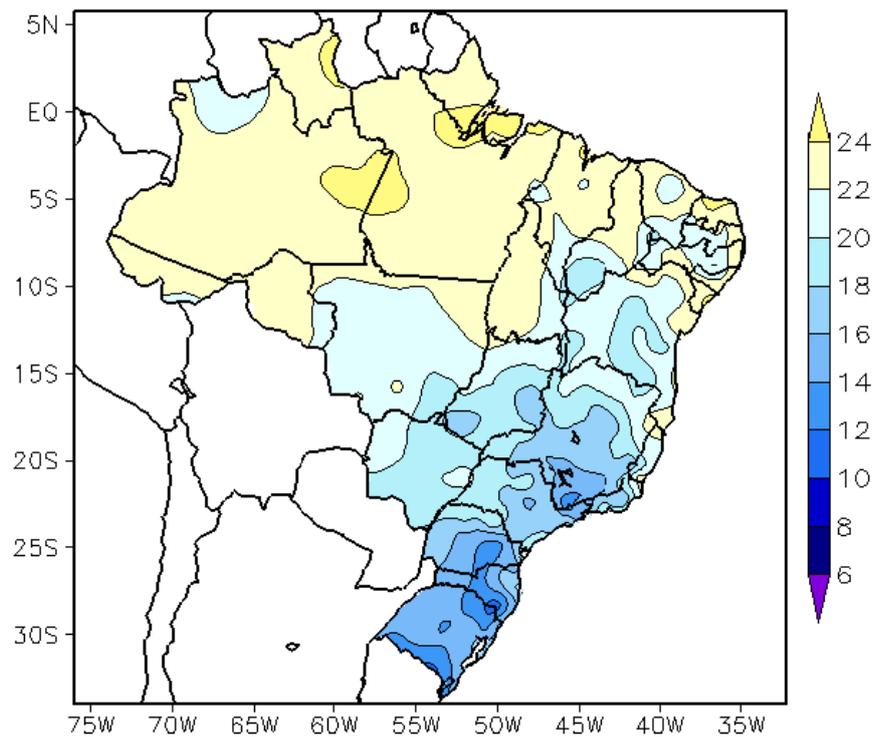


FIGURA 18 - Temperatura mínima média do ar à superfície (em °C), em ABRIL/2009. (FONTE: CMCD/INPE - INMET).

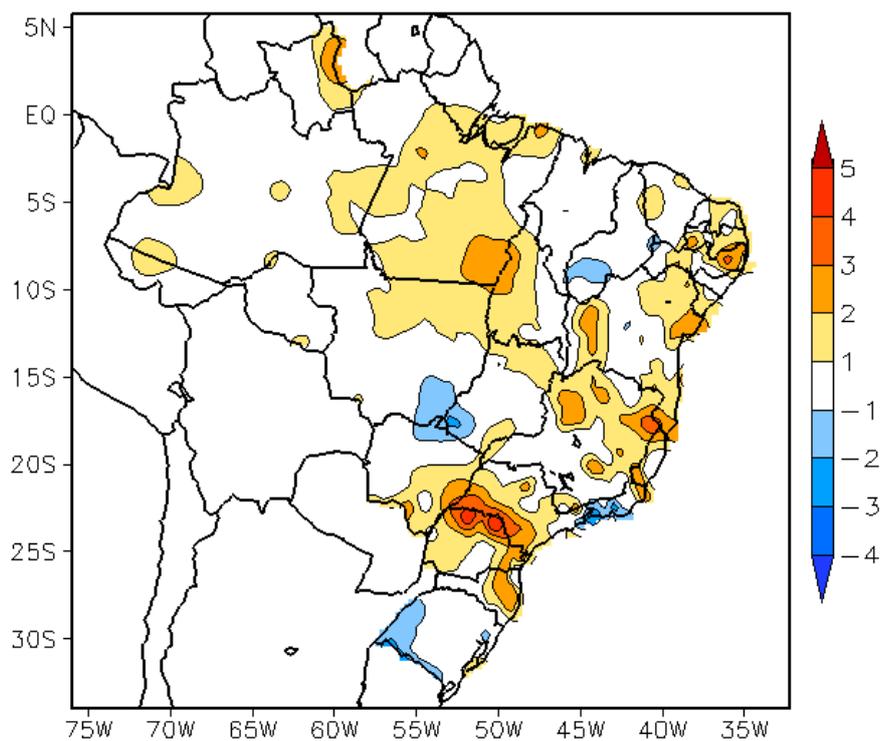


FIGURA 19 - Anomalia de temperatura mínima no Brasil (em °C), em ABRIL/2009. (FONTE: CMCD/INPE - INMET e Climatologia INMET: 1961 a 1990).

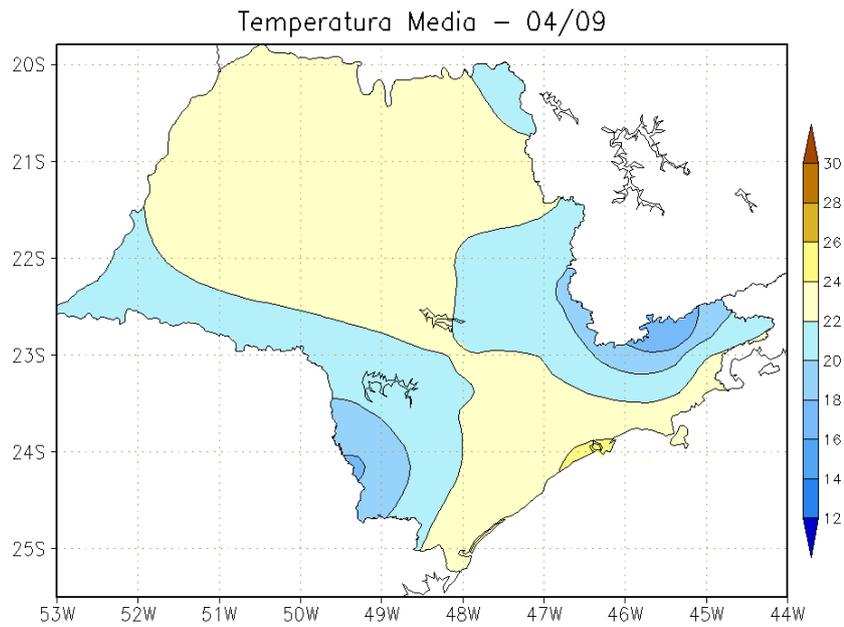


FIGURA 20 - Temperatura média do ar à superfície (em °C), em ABRIL/2009, para o Estado de São Paulo. (FONTE: IAC).

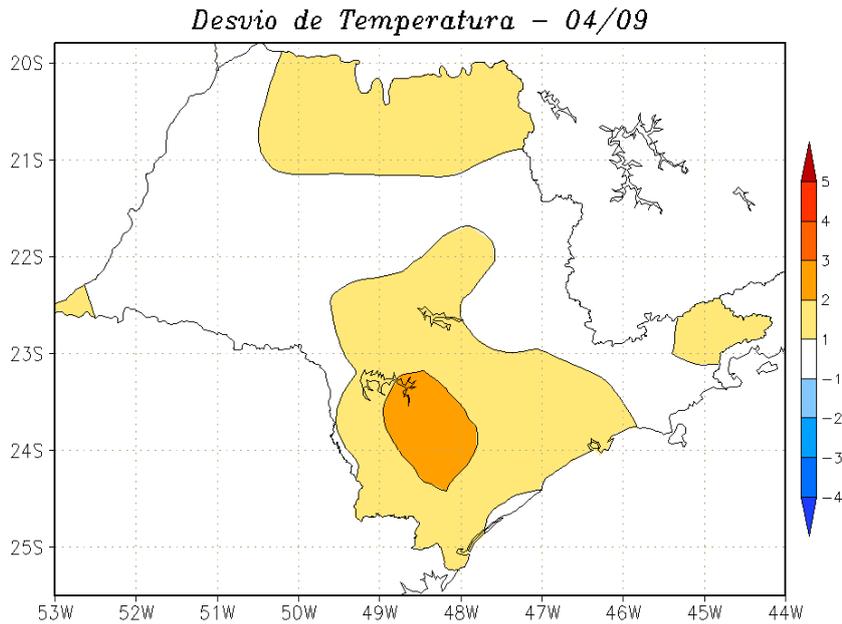


FIGURA 21 - Desvio de temperatura média do ar à superfície (em °C) em relação à média climatológica (1961 -1978), em ABRIL/2009, para o Estado de São Paulo. (Climatologia do INMET: 1961 - 1990) (FONTE: IAC (dados)/CPTEC(anomalia)).

O primeiro sistema frontal deslocou-se desde a Argentina até o extremo sul do Rio Grande do Sul nos dias 04 e 05. Nestes dias, mesmo com a atuação conjunta de um cavado em médios e altos níveis, registraram-se chuvas de pequena magnitude no sul do País. Este sistema deslocou-se rapidamente para o Atlântico.

O segundo sistema frontal também se deslocou desde a Argentina, atuando no interior e litoral do Rio Grande do Sul no decorrer do dia 14. Este sistema posicionou-se em Porto Alegre-RS no dia 15, deslocando-se para o oceano. A massa de ar frio que atuou na retaguarda deste sistema causou declínio de temperatura no sul do Brasil (ver seção 3.2).

Entre os dias 17 e 21, a terceira frente fria avançou desde a Argentina até o litoral de Santa Catarina. A massa de ar frio associada também ocasionou queda das temperaturas na Região Sul, especialmente no Rio Grande do Sul (ver seção 3.2). No dia 21, este sistema frontal atuou próximo ao litoral do Estado de São Paulo e o anticiclone associado favoreceu o aumento da nebulosidade e a ocorrência de chuva entre o leste de São Paulo e o Rio de Janeiro.

No dia 24, o quarto sistema frontal atuou com pouca atividade em Santa Vitória do Palmar-RS. O quinto sistema frontal atuou principalmente sobre o Atlântico, porém o ramo frio deste sistema afetou a faixa litorânea desde a Província de Buenos Aires até Porto Alegre-RS, nos dias 29 e 30. Este sistema apresentou fraca intensidade, causando apenas leve declínio das temperaturas.

3.2 – Massas de Ar Frio e Geadas

Em abril, sete massas de ar frio atuaram no País. Em algumas cidades do Rio Grande do Sul, houve declínio de temperatura mínima de até 9°C. O anticiclone associado à massa de ar frio que ingressou no sul do Brasil no final do mês anterior continuou sua trajetória nos dias 01 e 02, atuando nos setores central e litoral da Região Sudeste e nos Estados do Mato Grosso do Sul e centro-sul do Mato Grosso. Nos dias subseqüentes, embora com seu centro no Oceano Atlântico, esta massa de ar frio causou declínio das temperaturas no litoral das Regiões Sul e Sudeste.

A primeira massa de ar frio atuou apenas no Rio Grande do Sul nos dias 05 e 06, indo posteriormente para o oceano. No dia 08, a segunda massa de ar frio ingressou na Região Sul, deslocando-se também para o oceano.

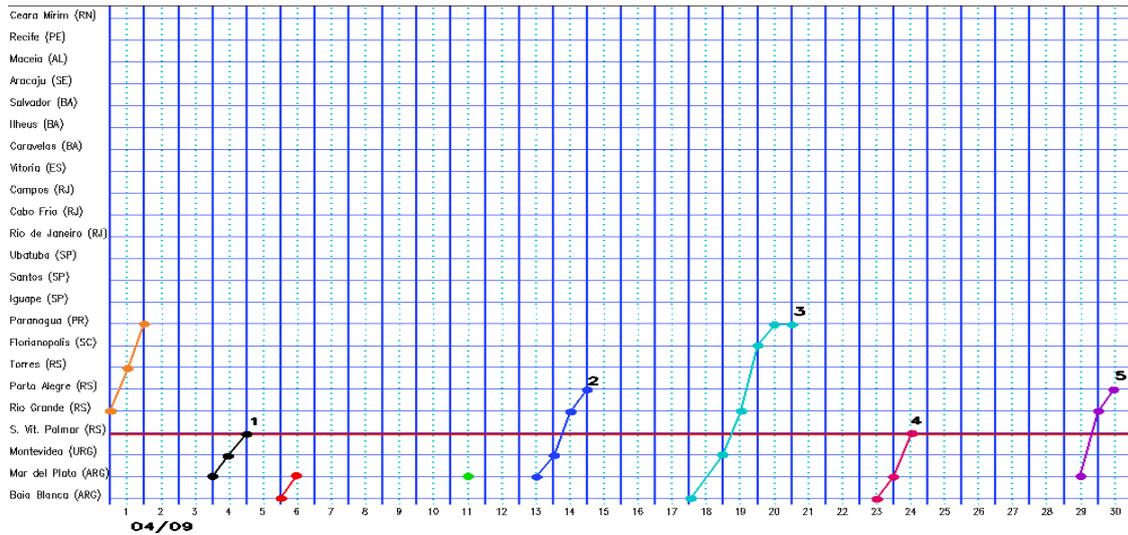
No dia 09, a terceira massa de ar atuou no sul do Rio Grande do Sul, estendendo-se pelas Regiões Sul, Sudeste, sul e oeste da Região Centro-Oeste e sul da Região Norte no dia seguinte. No período de 11 a 13, o centro do anticiclone associado deslocou-se sobre a Região Sul e setores central e litoral da Região Sudeste, posicionando-se sobre o oceano. Na Região Sul, o dia 11 foi o mais frio. Neste dia, registrou-se 8°C em Lagoa Vermelha, norte do Rio Grande do Sul, 9°C em Campos Novos-SC, 4,5°C em Lages-SC e 10,3°C em Campo Mourão-PR. Houve registro de geada em São Joaquim, na serra catarinense.

A quarta massa de ar frio ingressou pelo Rio Grande do Sul no dia 14. No período de 15 a 18, o anticiclone associado posicionou-se sobre o Oceano Atlântico, causando declínio de temperatura na faixa litorânea desde a Região Sul até o sul da Região Nordeste. Em Bagé-RS, a temperatura mínima declinou 15,6°C no dia 14 para 6,5°C no dia 15. Na Região Sudeste, o dia mais frio ocorreu entre os dias 18 e 19. Em Sorocaba-SP e Iguape-SP, o dia 18 foi o mais frio, com temperatura mínima igual a 13°C. Em Taubaté-SP, registrou-se 12°C no dia 19. Neste mesmo dia, a temperatura mínima foi igual a 18°C e 13,3°C nas cidades de Campos-RJ e Cordeiro-RJ, respectivamente. Em Ponta Porã, no sul do Mato Grosso do Sul, registrou-se 13,4°C no dia 18.

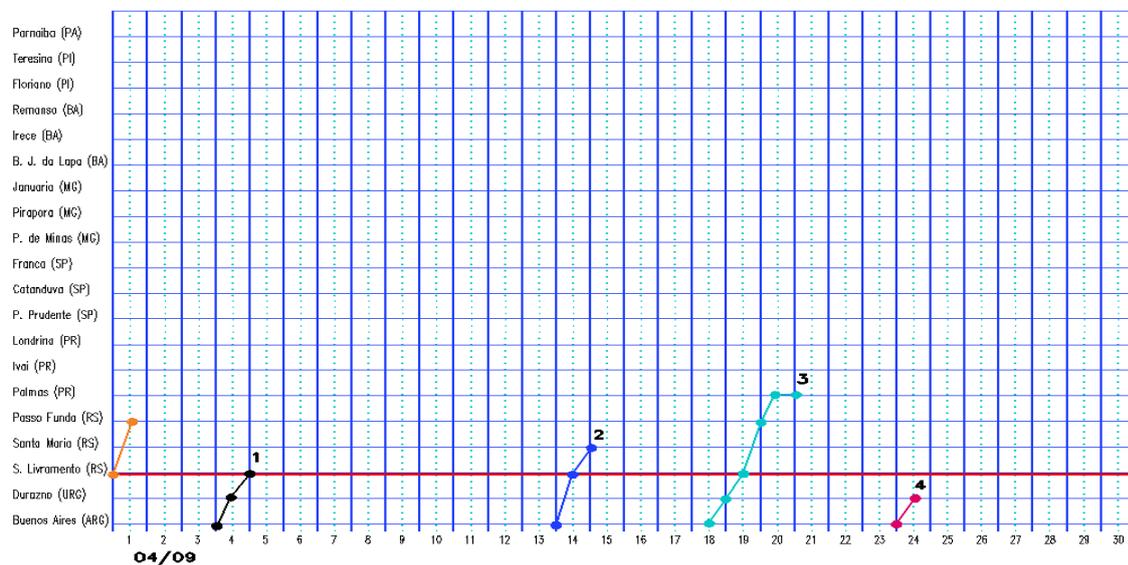
No dia 19, a quinta massa de ar frio ingressou pelo extremo sul do Rio Grande do Sul, avançando, posteriormente, para toda a Região Sul. Em Bagé, no sul do Rio Grande do Sul, registrou-se 13,5°C no dia 19, passando a 4,9°C no dia seguinte. Neste mesmo período, a temperatura mínima passou a 8°C em Uruguaiana-RS, ou seja, houve declínio de 8,9°C. Este sistema teve um deslocamento para leste nos dias 21 e 22, permanecendo sobre o oceano. Esta massa de ar frio também afetou o sul do Nordeste. Em Vitória da Conquista-BA, a temperatura mínima foi igual a 17°C no dia 23, passando a 14,8°C no dia seguinte. No dia 24, um outro anticiclone ingressou pelo sul do Uruguai, intensificando aquele que se encontrava sobre o oceano e causando declínio de temperatura sobre a Região Sul.

A sexta massa de ar frio atuou sobre o centro-sul da Região Sul, oeste da Região Centro-Oeste e sul da Região Norte nos dias 26 e 27. Entre os dias 28 e 30, este sistema

a) Litoral



b) Interior



c) Central

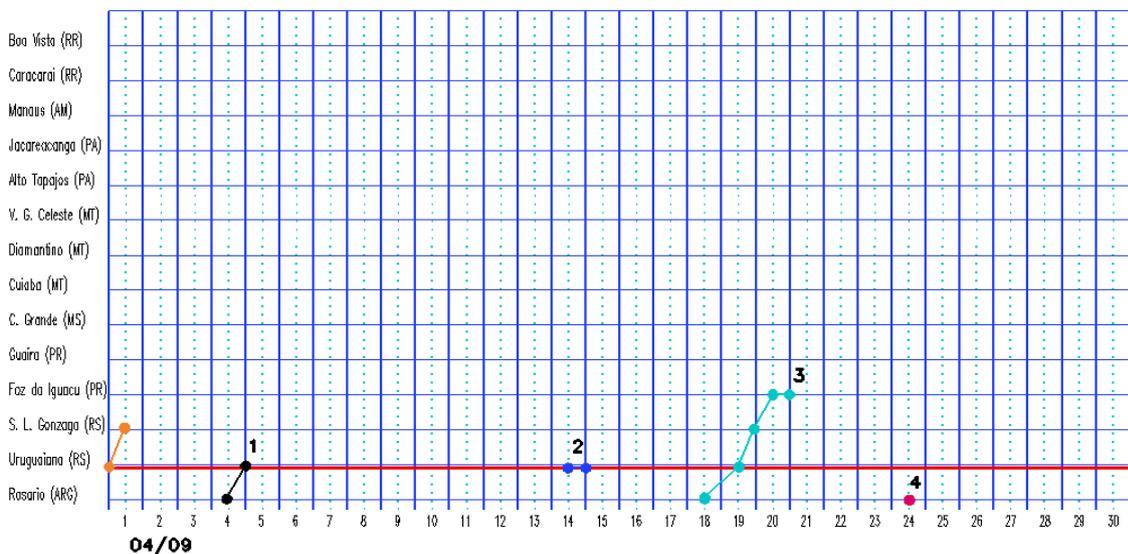


FIGURA 22 - Seções estação versus tempo dos sistemas frontais que penetraram no Brasil em ABRIL/2009. O acompanhamento das frentes é feito nos horários das 00:00 TMG (linha contínua) e 12:00 TMG (linha pontilhada). Os pontos mostram que a frente esteve posicionada na estação no dia e hora indicados. (FONTE: Análises diárias do CPTEC).

estendeu-se sobre o Paraná, Região Sudeste e sul da Região Nordeste. Em Cáceres-MT, o dia 28 foi o mais frio, com temperatura mínima igual a 16,1°C.

No dia 30, a última massa de ar frio atuou sobre os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná.

3.3 – Zona Convectiva sobre a América do Sul

Na maioria das pântadas do mês de abril, pode-se notar que a maior atividade convectiva ocorreu nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil, associada principalmente ao posicionamento mais ao sul da ZCIT (Figura 23). Nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, a atividade convectiva ainda esteve associada à atuação da Alta da Bolívia e à configuração de episódios de ZCAS, especialmente nas pântadas 1^a, 2^a e 3^a. Na Região Sul, notou-se uma fraca atuação dos sistemas frontais que se deslocaram preferencialmente pelo oceano (ver seção 3.3.1).

3.3.1 – Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) configurou-se no período de 08 a 12 de abril de 2009 (Figura 24). Este evento de ZCAS foi fraco, porém contribuiu para as anomalias positivas de precipitação no centro-norte das Regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Ressalta-se que o segundo episódio de ZCAS observado em março passado estendeu-se até o início deste mês (ver Boletim Climanálise, vol. 24, nº3).

A Figura 24a ilustra a banda de nebulosidade associada ao episódio de ZCAS que se configurou no dia 08 e persistiu até o dia 12, afetando principalmente o norte de Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Bahia e Tocantins, assim como o sul da Região Norte. As Figuras 24b e 24c ilustram a área de maior convergência de umidade e movimento ascendente de ar em 500 hPa, a leste do eixo do cavado. A Figura 24d mostra a presença do cavado em altos níveis, com a banda de maior divergência sobre o oceano. Neste período, as chuvas foram mais acentuadas no Tocantins, norte de Minas Gerais, Espírito Santo e sul da Bahia (Figura 24e). Embora este episódio de ZCAS tenha se descaracterizado no dia 12, o deslocamento de um cavado na média e alta troposfera nos dias subsequentes favoreceu a reorganização da região de convergência de umidade mais ao sul, aumentando a instabilidade sobre o centro-sul de Minas Gerais,

sul de Goiás e norte do Estado de São Paulo.

3.3.2 – Zona Convectiva Intertropical (ZCIT)

Durante o mês de abril, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atuou entre o Equador e 5°S, intensificando a atividade convectiva sobre o norte da Região Nordeste e o norte da Região Norte. A ZCIT manteve-se ao sul de sua posição climatológica em todas as pântadas de abril (Figura 25). É importante mencionar que as chuvas foram mais acentuadas nos setores norte e nordeste do Pará, no Amazonas, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e no oeste da Paraíba e Pernambuco. Muitos municípios ficaram alagados e houve transbordamento de diversos rios, com perdas humanas e materiais. Em algumas cidades, os totais diários de precipitação excederam 100 mm (ver seção 2.1). A imagem de satélite ilustra a banda de nebulosidade associada à ZCIT no dia 21, às 21:00 TMG (Figura 25b). As imagens médias de temperatura de brilho mínima mostram que, ao longo da faixa equatorial do Atlântico, a maior atividade convectiva ocorreu da 1^a a 5^a pântada (Figura 26).

3.3.3 – Linha de Cumulonimbus na Costa Norte/Nordeste da América do Sul

As Linhas de Instabilidade (LI's) estiveram melhor caracterizadas em treze episódios no decorrer de abril de 2009, atuando preferencialmente entre o norte do Pará e o norte da Região Nordeste (Figura 27). Ressalta-se que, em alguns dias, a atuação da ZCIT e de sistemas em altitude, como a Alta da Bolívia, ocorreram em conjunto com os aglomerados convectivos associados às LI's, como notado na maioria dos casos aqui apresentados. Entretanto, notou-se que a melhor formação das LI's nos dias 09, 26 e 29.

3.3.4 – Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL)

Os aglomerados convectivos associados à propagação de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), adjacente à costa leste do Nordeste do Brasil, foram notados em apenas dois episódios no decorrer do mês de abril. Embora estes sistemas sejam típicos deste período do ano, essa baixa frequência esteve relacionada à atividade mais intensa da ZCIT ao longo deste mês (ver seção 3.3.2). O primeiro episódio foi notado no dia 06 e o segundo no dia 13, conforme ilustra a Figura 28.

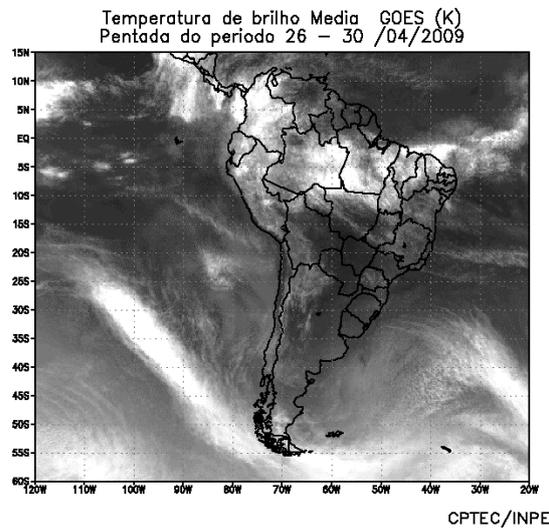
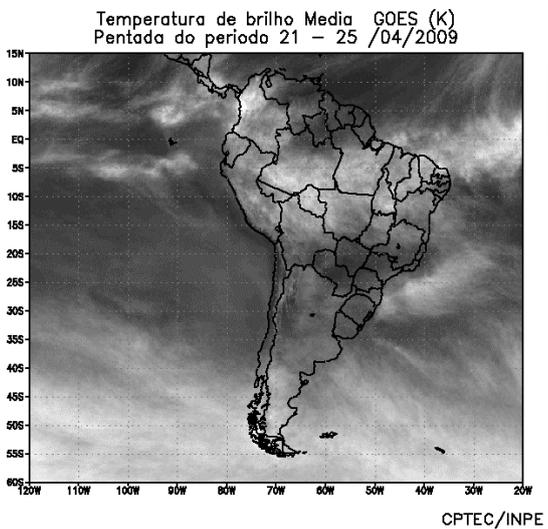
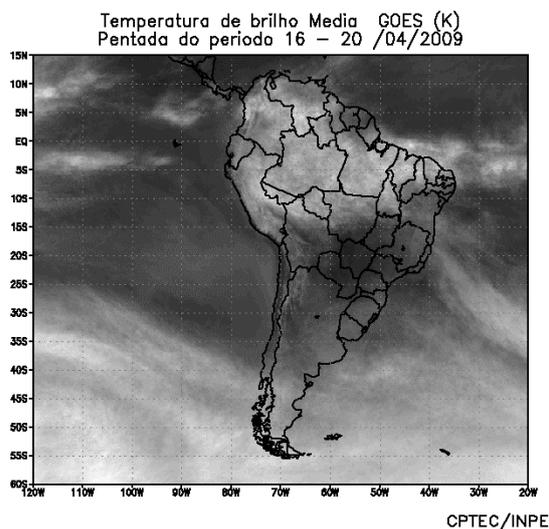
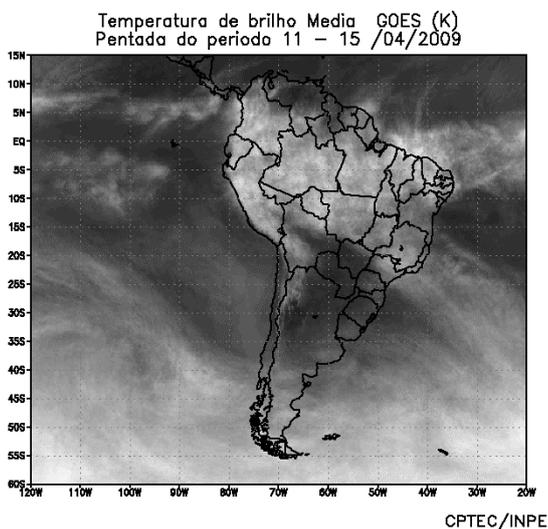
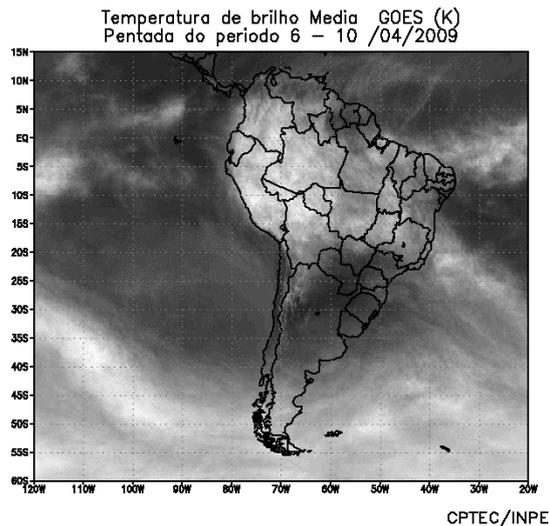
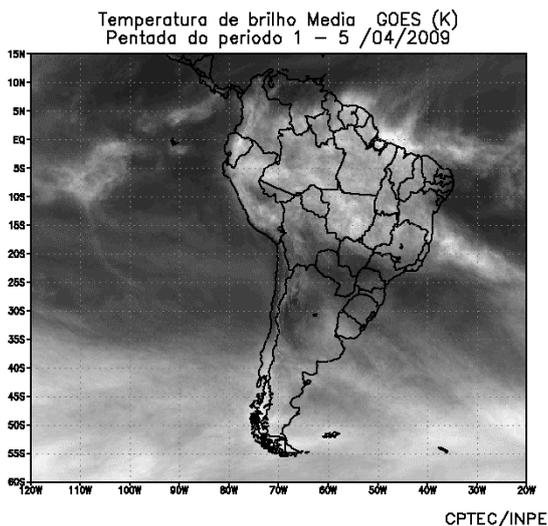
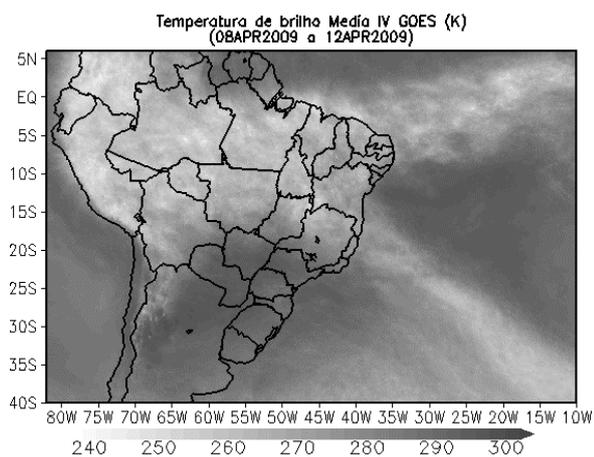
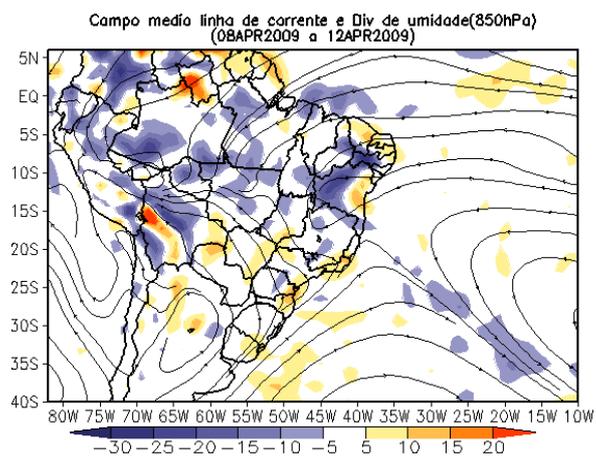


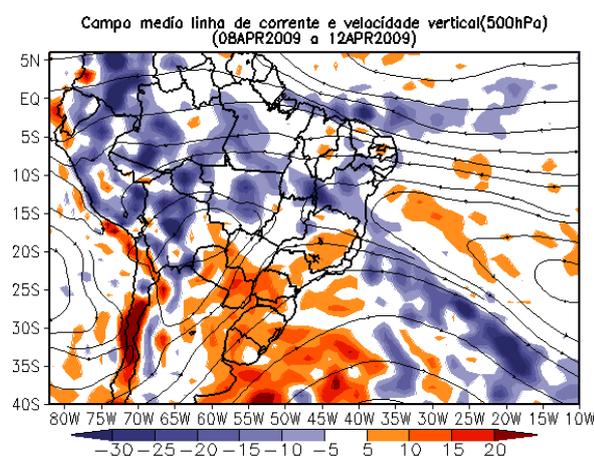
FIGURA 23 - Pêntadas de temperatura de brilho média (K) para o mês de ABRIL/2009. (FONTE: Satélite GOES 10).



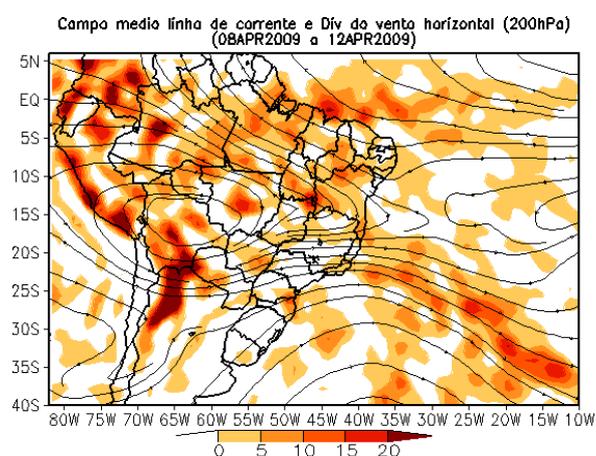
(a)



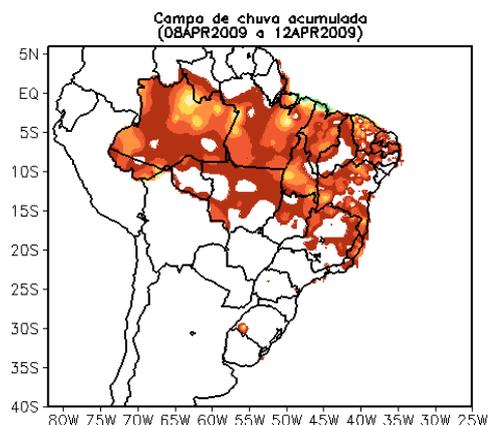
(b)



(c)

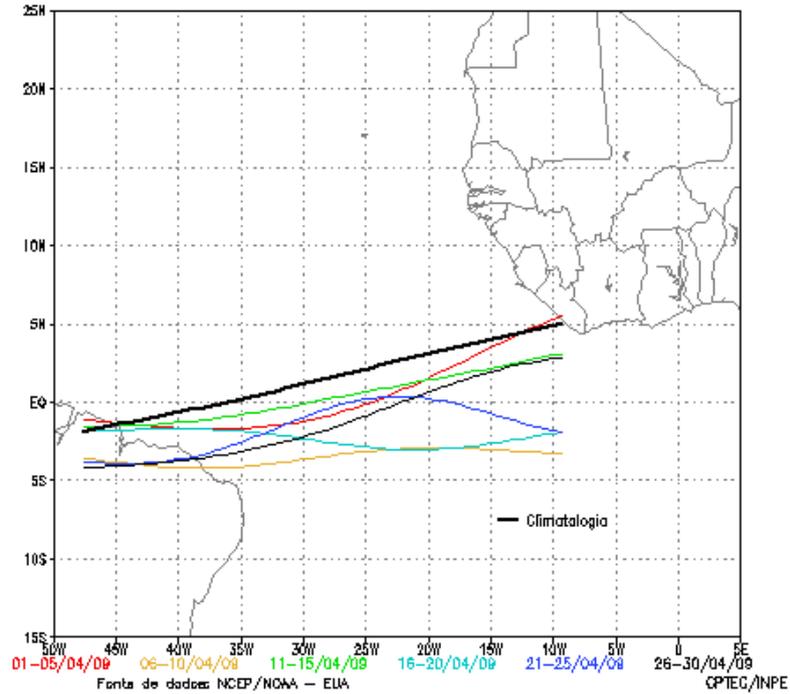


(d)

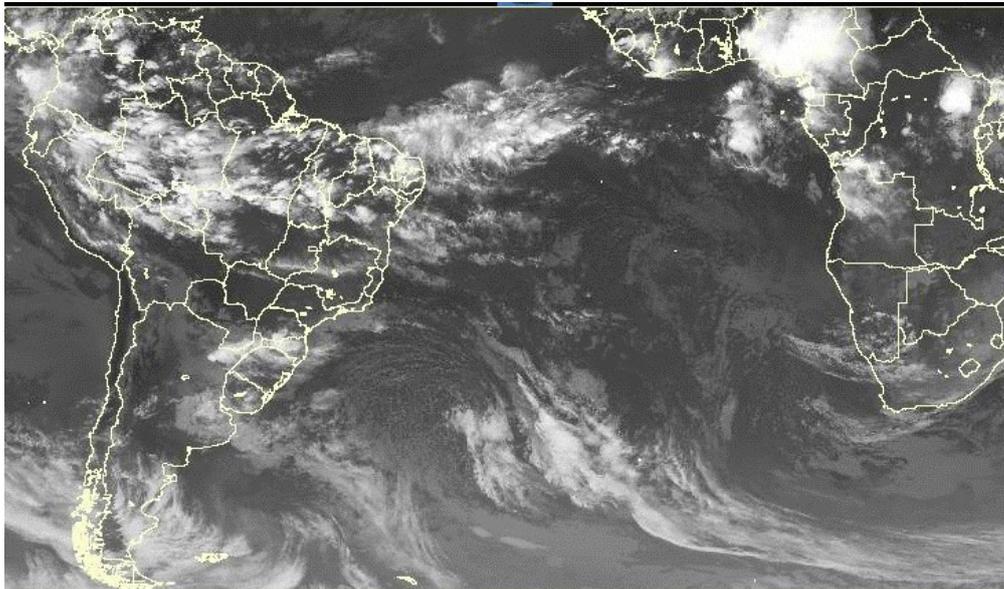


(e)

FIGURA 24 - Campos ilustrativos de dois episódios de ZCAS no período 08 a 12 de ABRIL/2009 a saber: temperatura de brilho média obtida pelo satélite GOES-10 (a); campo médio de linha de corrente e divergência de umidade no nível de 850 hPa, em $10^{-8} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ (b); campo médio de linha de corrente e velocidade vertical, em 500 hPa, em $10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ (c); campo médio de linha de corrente e vorticidade relativa no nível de 200 hPa, em 10^{-5}s^{-1} (d); e campo de precipitação acumulada em mm (e).



(a)



(b)

FIGURA 25 - Estimativa da posição média pentadal da ZCIT, em ABRIL/2009, a partir da localização dos mínimos valores de ROL ao longo do Oceano Atlântico Equatorial (a). A linha preta é indicativa da posição média climatológica da ZCIT neste mês. O recorte da imagem do satélite ilustra a posição da ZCIT no dia 21/04/2009, às 21:00 TMG (b).

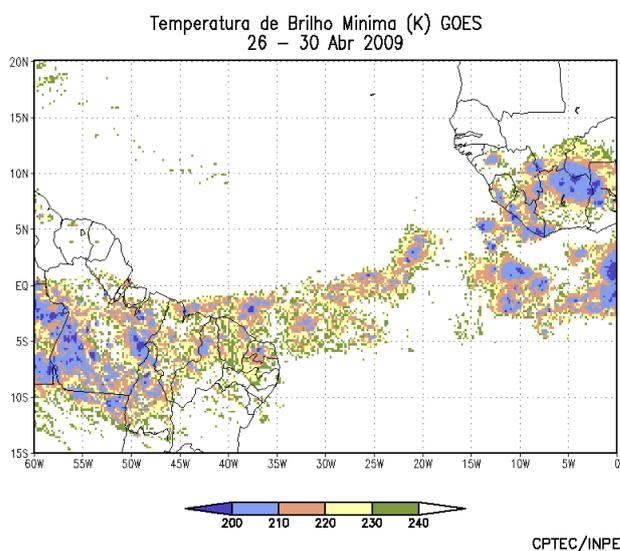
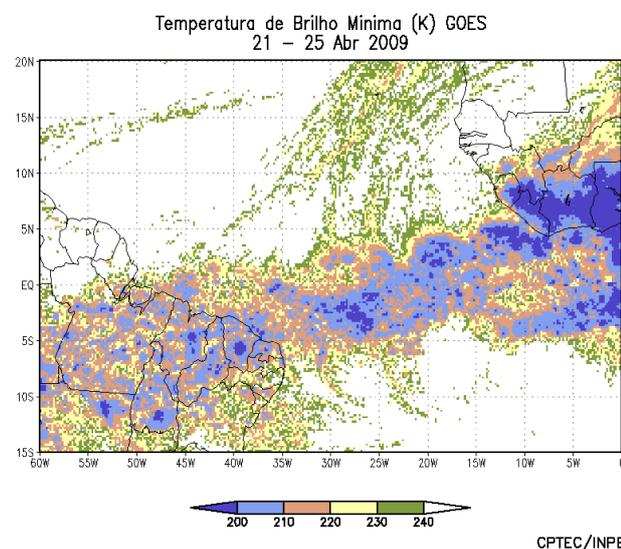
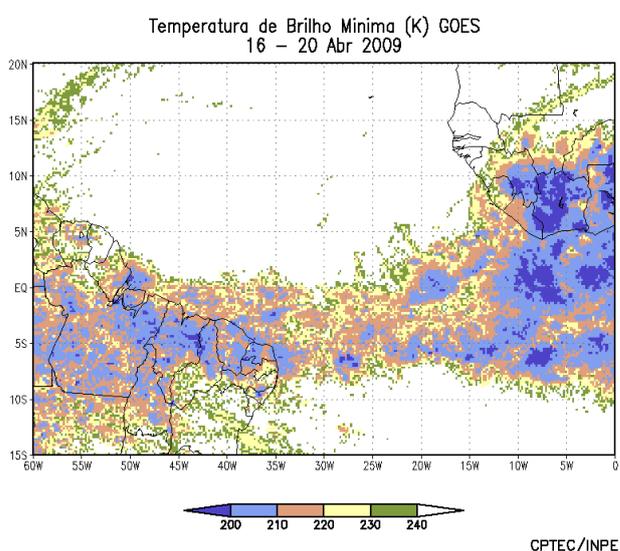
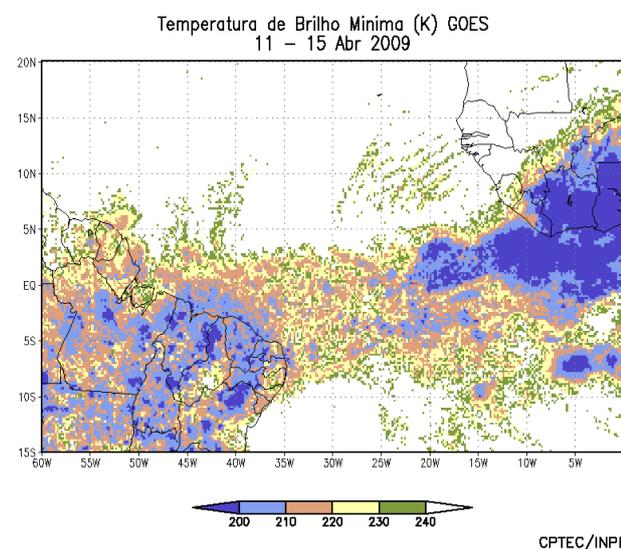
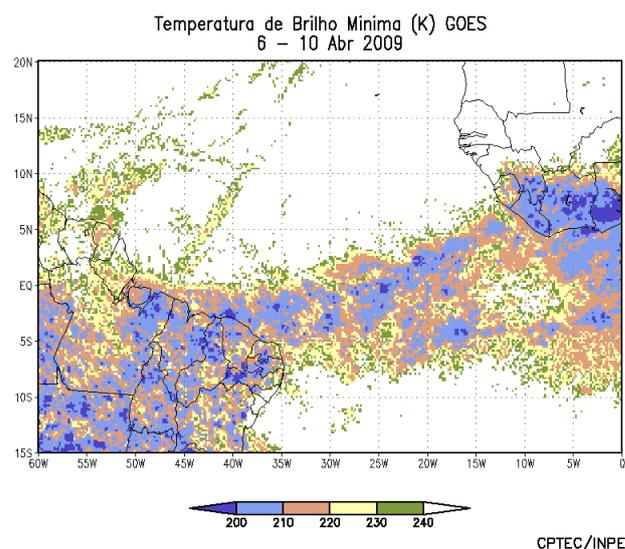
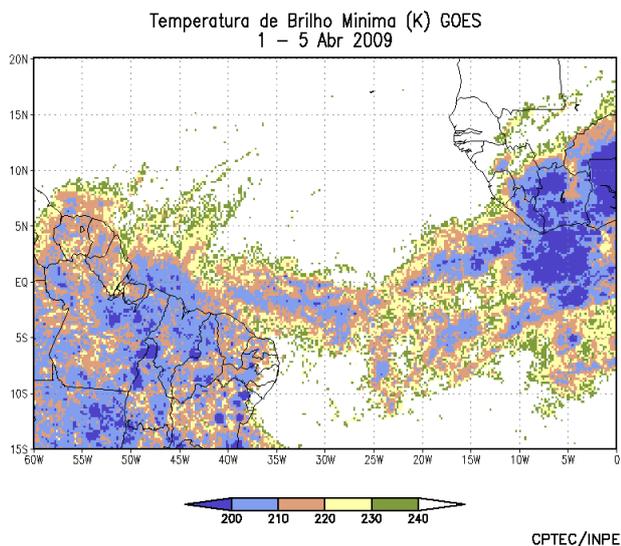


FIGURA 26 - Pêntadas de temperatura de brilho mínima (K) para o mês de ABRIL/2009. (FONTE: Satélite GOES 10).



01/04/09 21:15TMG



02/04/09 21:00TMG



04/04/09 21:15TMG



06/04/09 21:00TMG



07/04/09 21:00TMG



08/04/09 21:00TMG



09/04/09 21:00TMG



12/04/09 21:15TMG



15/04/09 21:00TMG



16/04/09 21:00TMG



19/04/09 21:00TMG



26/04/09 21:00TMG



29/04/09 21:00TMG

FIGURA 27 - Recortes das imagens do satélite GOES-10, no canal infravermelho, às 21:00TMG, mostrando os dias nos quais ocorreram linhas de Cumulonimbus em ABRIL/2009.

EPISÓDIO 1



06/04/09 09:15TMG

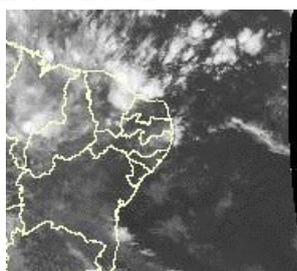


06/04/09 12:00TMG



06/04/09 21:00TMG

EPISÓDIO 2



13/04/09 09:00TMG



13/04/09 21:00TMG



14/04/09 03:00TMG

FIGURA 28 - Imagens do satélite GOES-10, canal infravermelho, ilustrando a formação de aglomerados de nuvens associados à propagação de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), em ABRIL/2009, no Oceano Atlântico Sul.

4. ESCOAMENTO EM ALTOS NÍVEIS

4.1 – Jato sobre a América do Sul

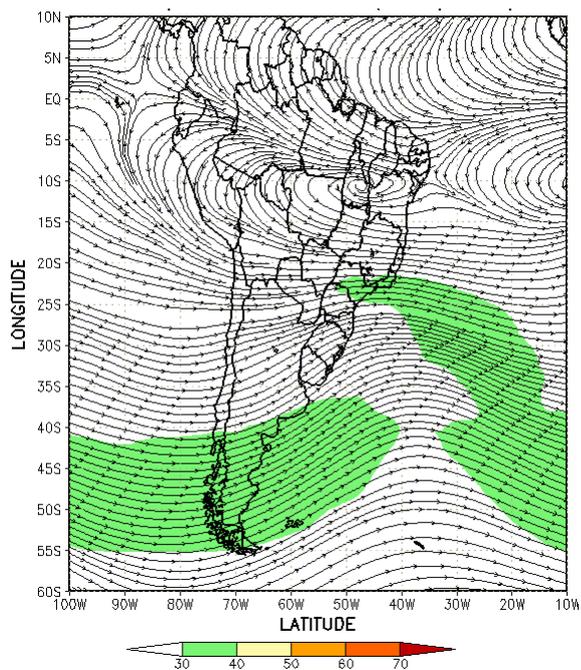
Em abril, o jato subtropical atuou preferencialmente sobre o setor central da América do Sul, influenciando o leste da Região Sudeste do Brasil, onde sua magnitude média mensal variou entre 30 m/s e 40 m/s (Figura 29a). Considerando o escoamento climatológico, o jato subtropical apresentou-se mais intenso sobre o Brasil Central e menos intenso sobre o centro-norte da Argentina, Uruguai e sul do Brasil. A Figura 29b ilustra a atuação do jato subtropical no dia 09, quando atingiu magnitude de até 50 m/s no sul do Brasil e, associado ao jato polar norte, favoreceu a incursão de uma massa de ar frio no sul e oeste do Brasil. A partir do dia 20, o jato subtropical apresentou-se mais intenso no setor central do Brasil. No dia 23, o cavado associado aprofundou-se até o nível de 500 hPa, formando um centro de baixa pressão próximo à costa leste, entre os Estados de Santa Catarina e São Paulo (Figuras 29c e 29d). Associado ao anticiclone que atuava sobre o oceano, esta baixa intensificou e ocasionou chuvas acentuadas no leste de Santa Catarina (ver seção 2.1.5). Neste dia, também foi notada forte instabilidade entre os setores leste e nordeste de São Paulo e o Rio de Janeiro, inclusive com ocorrência de granizo em Taubaté-SP e Guarulhos-SP.

4.2 – Circulação da Alta da Bolívia

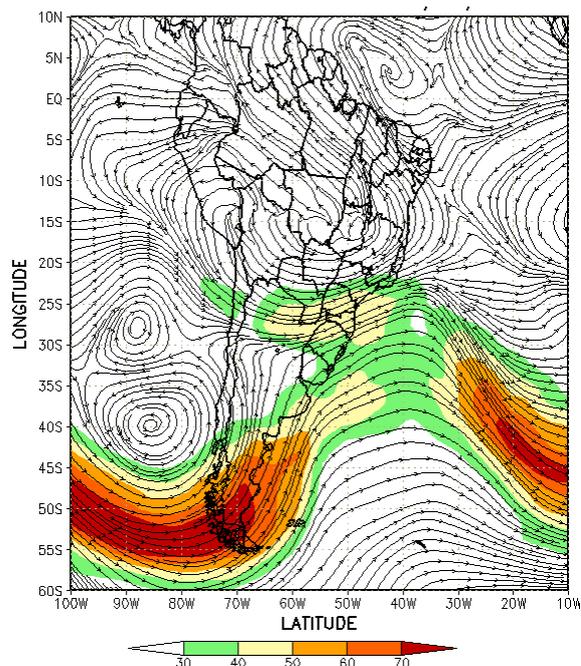
A Alta da Bolívia esteve caracterizada em apenas 17 dias do mês de abril e atuou preferencialmente sobre o oeste do Brasil (Tabela 2). No escoamento médio mensal, o centro da alta troposférica esteve configurado em aproximadamente 10°S/56°W, a leste de sua posição climatológica (Figura 30a). Em alguns dias, a posição da Alta da Bolívia foi favorável ao aumento da convecção no norte do Brasil, atuando em conjunto com a ZCIT e com a formação de LI's ao longo da costa norte do Brasil, conforme ilustra a imagem de satélite do dia 04 (Figura 30b).

4.3 – Vórtices Ciclônicos e Cavados em Altos Níveis

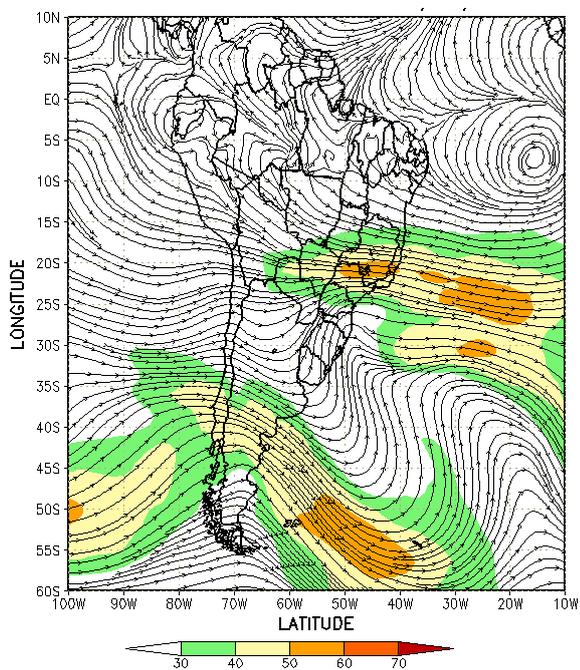
Quatro episódios de Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) foram contabilizados no mês de abril de 2009. Um deles originou-se sobre o Atlântico Tropical Sul, próximo à costa do Nordeste, enquanto os demais episódios ocorreram sobre o Pacífico Sul e áreas continentais na região central do Chile e Argentina (Figura 31a). O episódio que se ocorreu próximo à costa do Nordeste pode ter favorecido a atividade convectiva associada à ZCIT e à formação de LI's sobre Região Nordeste, através da



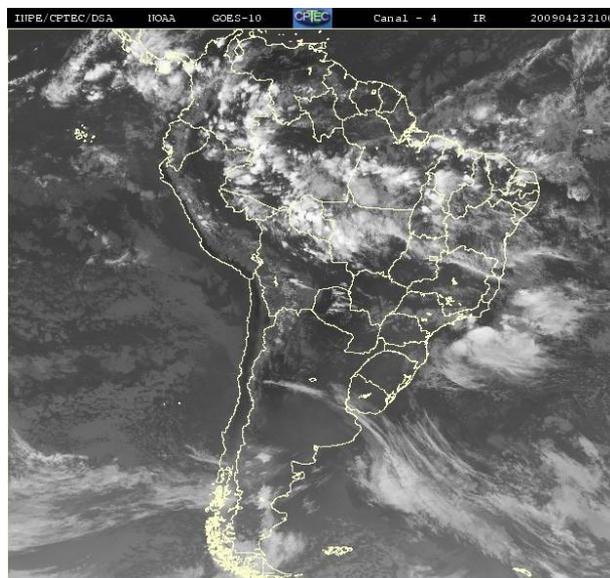
(a)



(b)

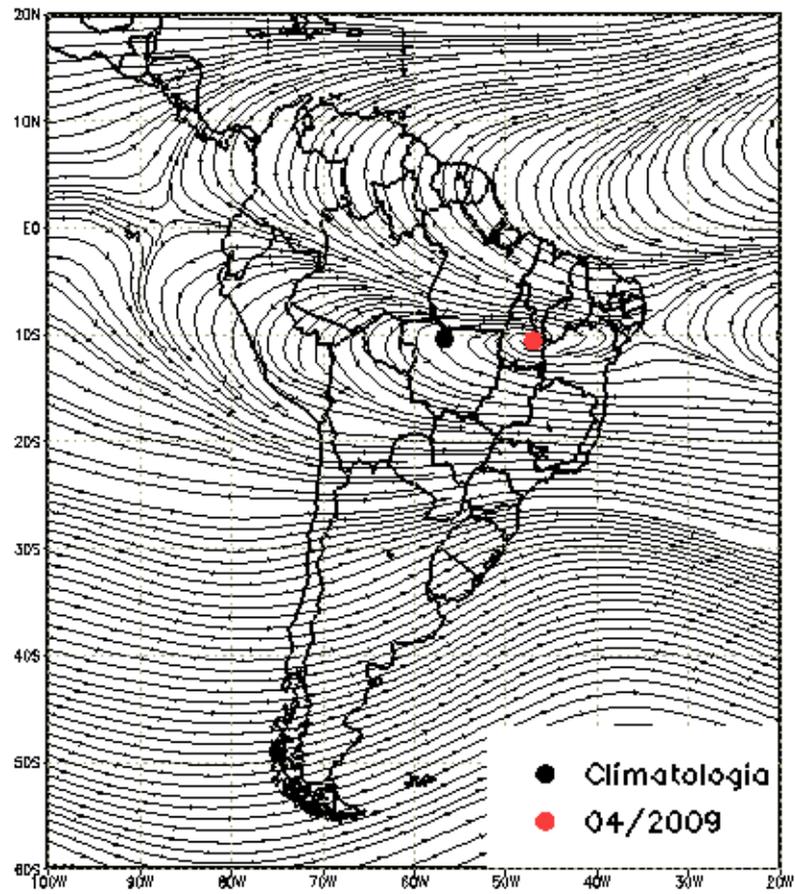


(c)

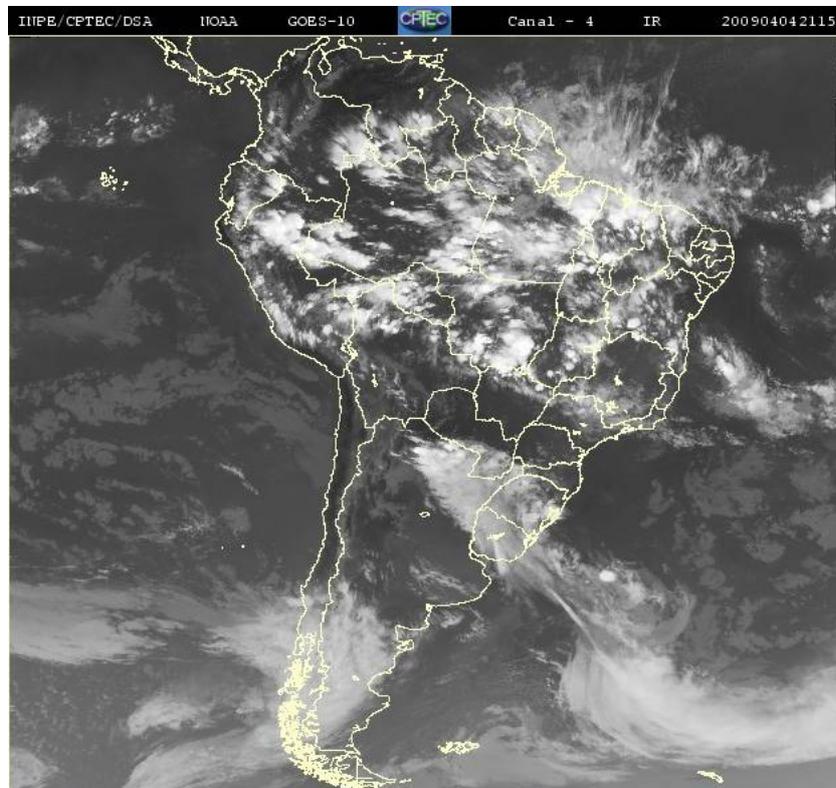


(d)

FIGURA 29 - Escoamento em altos níveis (200 hPa), indicando a posição e magnitude médias do jato subtropical em ABRIL/2009 (a) e os dias 09/04/2009 e 23/04/2009 (b e c), quando foi notada sua maior magnitude sobre a América do Sul. A imagem do satélite GOES-10 (d), canal infra-vermelho, às 21:00 TMG, ilustra a banda de nebulosidade associada à atuação do jato em 23/04/2009.



(a)



(b)

FIGURA 30 - Posição média climatológica da circulação da alta troposférica em ABRIL/2009. A imagem de satélite ilustra a circulação da Alta da Bolívia no dia 04/04/2009, às 21:15 TMG, (b).

da região de difluência em altitude, conforme ilustra a Figura 31b. Os VCAN's que ocorreram sobre o Pacífico apresentaram uma curta duração e estiveram associados à bifurcação da corrente de jato em altos níveis.

Dia	Posicionamento	Dia	Posicionamento
1	Pe(SW)+MG(NE)	16	P
2	Pe(SW)+MT(NE)	17	P
3	MG(N)	18	*
4	GO(N)	19	*
5	GO(SW)	20	*
6	Bo(SE)/MT(SW)	21	*
7	Bo(SE)/MT(SW)	22	*
8	Bo(SE)/MT(SW)	23	*
9	MT(S)	24	*
10	Bo(E)	25	*
11	Bo(E)/MT(W)	26	*
12	*	27	*
13	P/Pe(SW)+MT(E)	28	*
14	P	29	*
15	P	30	Pe(N)

TABELA 2 – Esta tabela mostra como foi o posicionamento da alta troposférica durante o mês de ABRIL/2009. O símbolo (*) indica que a Alta da Bolívia não estava bem caracterizada, enquanto que as letras **nd** significam ausência de dados para análise. Os Estados do Brasil aparecem com suas respectivas siglas. As siglas Bo, Pe, Ar, Ch, Pa e P significam respectivamente Bolívia, Peru, Argentina, Paraguai e Pacífico. Estas siglas podem estar associadas às letras para os pontos cardiais (N,S,E,W), como modo de indicar em que região do estado e/ou país se encontrava o centro de circulação anticiclônica. O símbolo + indica a presença de mais de um centro de circulação. O símbolo / significa que a circulação abrangia as fronteiras entre as regiões indicadas.

5. ANÁLISE DE DADOS HIDROLÓGICOS NO BRASIL

Em abril, as chuvas foram mais acentuadas na bacia do Amazonas, Tocantins e no norte da bacia do Paraná, onde predominaram valores acima da média histórica. Contudo, houve diminuição das vazões em parte da bacia do Amazonas, no sul da bacia do Paraná e na bacia do Atlântico Sudeste.

A Figura 32 mostra a localização das estações utilizadas nestas análises. A evolução temporal da vazão, para cada uma destas estações, e as respectivas Médias de Longo Termo (MLT) são mostradas na Figura 33. Os valores médios das vazões nas estações monitoradas e os desvios em relação à MLT são mostrados na Tabela 3.

Na estação Manacapuru-AM, as vazões foram calculadas a partir das cotas observadas no Rio Negro, utilizando um modelo estatístico (ver nota nº 8 no final desta edição). Neste mês, a máxima altura registrada foi 28,68 m, a mínima foi 27,51 m e a média igual a 28,15 m (Figura 34).

A maioria das estações monitoradas na bacia do Amazonas apresentou diminuição das vazões médias mensais em comparação com o mês anterior e desvios positivos se considerados os correspondentes valores da MLT. As exceções ocorreram na estação Manacapuru-AM, onde houve aumento da vazão, e na estação Coaracy Nunes-AP, onde a vazão média observada ficou abaixo da MLT.

Na bacia do Tocantins, a estação Tucuruí apresentou aumento da vazão média mensal, a qual também excedeu a MLT. Situação similar ocorreu nas estações monitoradas na bacia do São Francisco.

Na bacia do Paraná, houve aumento das vazões em comparação com março passado nas estações localizadas na parte norte e diminuição naquelas situadas na parte sul. Considerando a MLT, observaram-se desvios negativos na parte sul da bacia do Paraná e na bacia do Atlântico Sudeste, onde as vazões também diminuíram em relação ao mês anterior, consistente com as anomalias negativas de precipitação no Vale do Itajaí (Tabela 4).

Na bacia do Uruguai, a vazão média mensal excedeu o valor registrado em março passado, porém ficou abaixo da MLT.

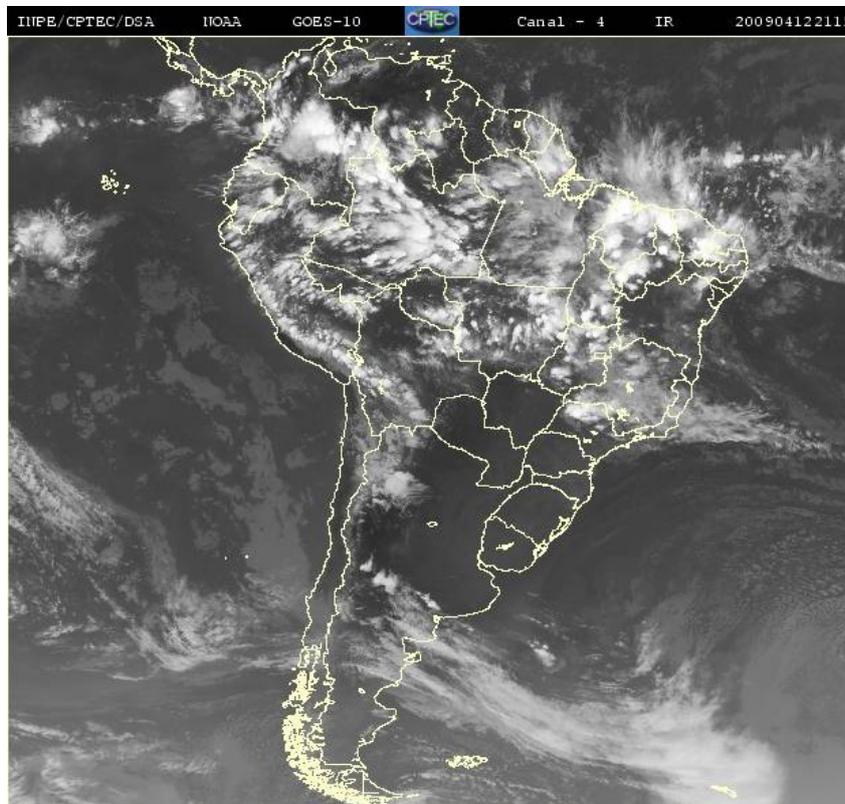
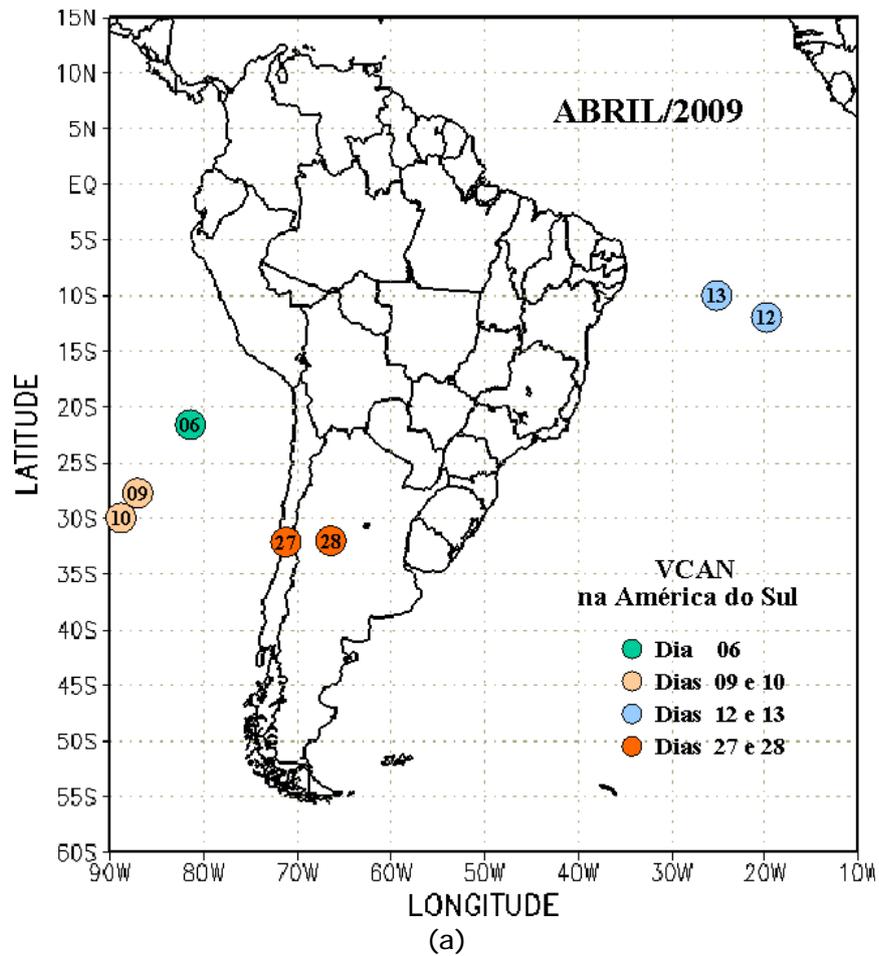


FIGURA 31 - Posição do centro dos Vórtices em Altos Níveis (VCAN) com a indicação dos dias de atuação sobre a América do Sul em ABRIL/2009. O centro do VCAN foi localizado subjetivamente através do campo de linhas de corrente em 200 hPa, a partir das análises diárias do NCEP/EUA, pós-processadas pelo CPTEC/INPE (a). A imagem de satélite ilustra a atuação do VCAN no dia 12/04/2009, às 21:15 TMG (b).

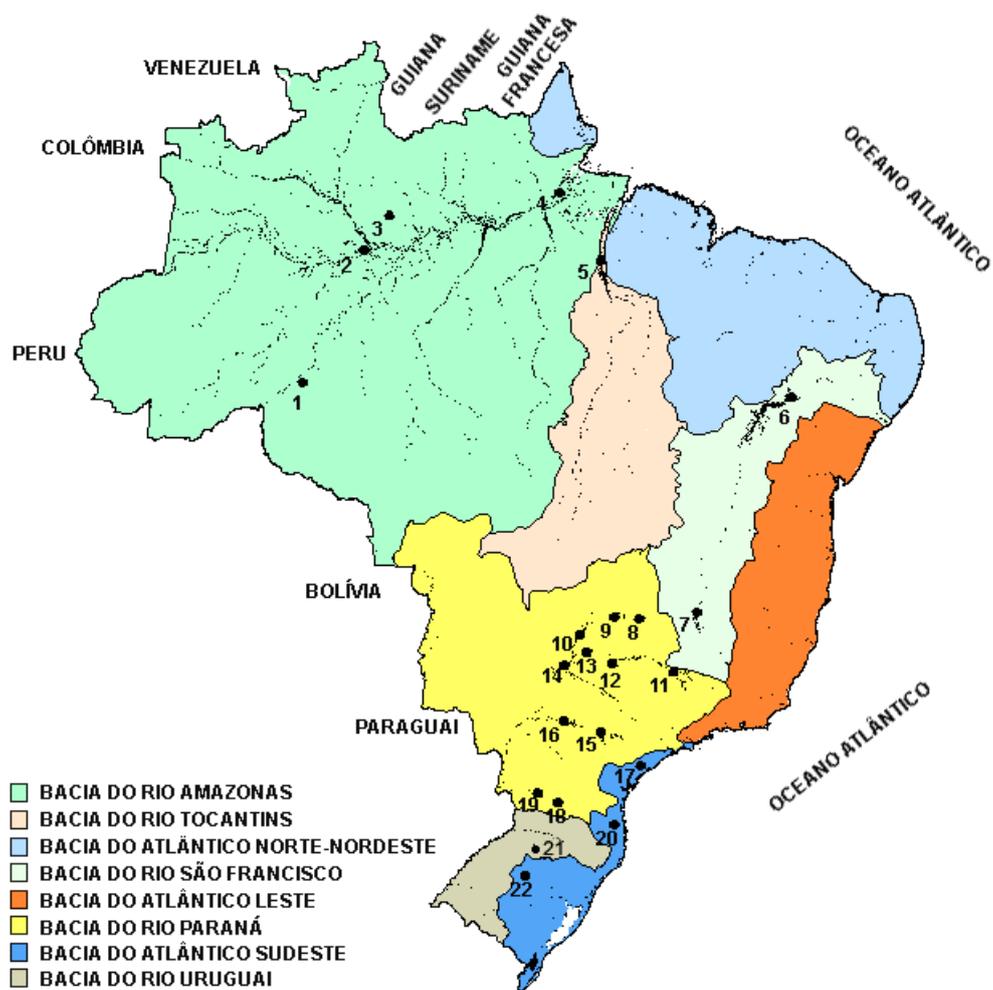


FIGURA 32 - Localização dos postos fluviométricos citados na TABELA 3.

LOCAL	VAZÃO (m ³ /s)	DESVIO (%)	LOCAL	VAZÃO (m ³ /s)	DESVIO (%)
1. Samuel-RO	792,0	2,1	12. Marimbondo-SP	3216,0	52,8
2. Manacapuru-AM	127864,3	19,9	13. Água Vermelha-SP	3563,0	90,0
3. Balbina-AM	1553,0	59,8	14. Ilha Solteira-SP	8538,0	31,3
4. Coaracy Nunes-AP	1458,0	-18,8	15. Xavantes-SP	212,0	-23,7
5. Tucuruí-PA	24807,0	3,9	16. Capivara-SP	642,0	-25,9
6. Sobradinho-BA	4511,0	9,7	17. Registro-SP	273,8	-39,8
7. Três Marias-MG	1406,0	78,2	18. G. B. Munhoz-PR	129,0	-71,3
8. Emborcação-MG	700,0	9,5	19. Salto Santiago-PR	207,0	-69,2
9. Itumbiara-MG	2251,0	10,5	20. Blumenau-SC	90,0	-30,8
10. São Simão-MG	3674,0	15,5	21. Passo Fundo-RS	13,0	-56,7
11. Furnas-MG	1580,0	53,7	22. Passo Real-RS	41,0	-65,8

TABELA 3 - Vazões em m³/s e desvios em relação à MLT, expressos em porcentagem, em ABRIL/2009. (FONTE: ELETROBRÁS, ONS, FURB, CODOMAR, ELETRONORTE e ANEEL).

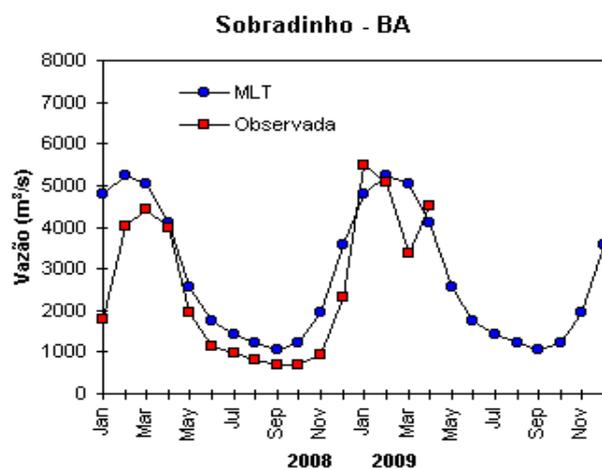
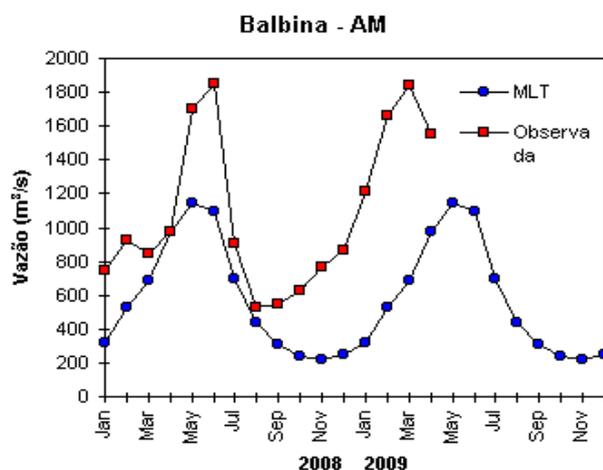
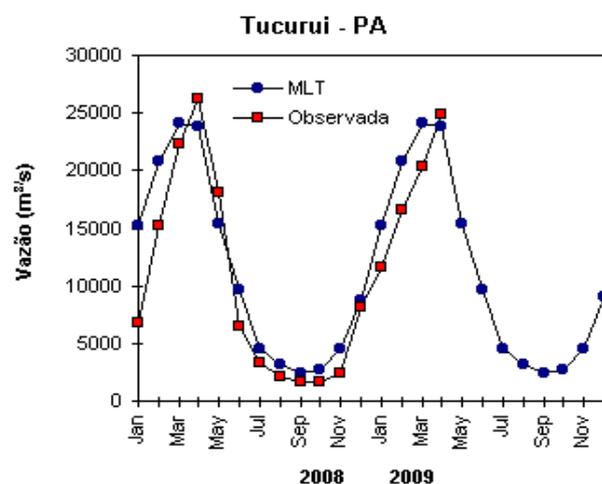
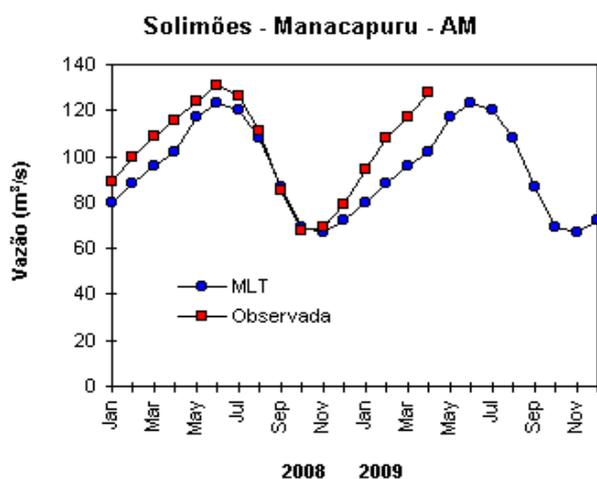
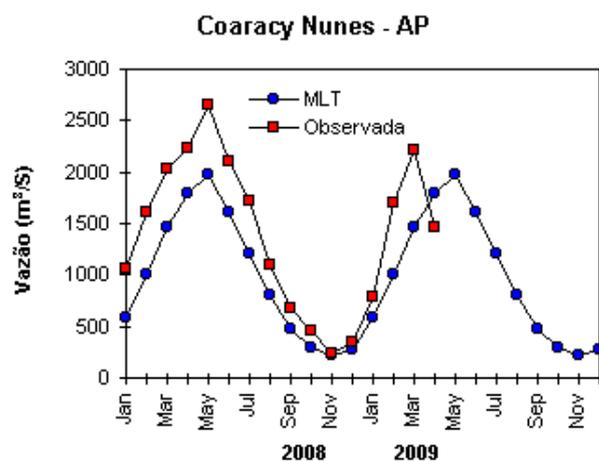
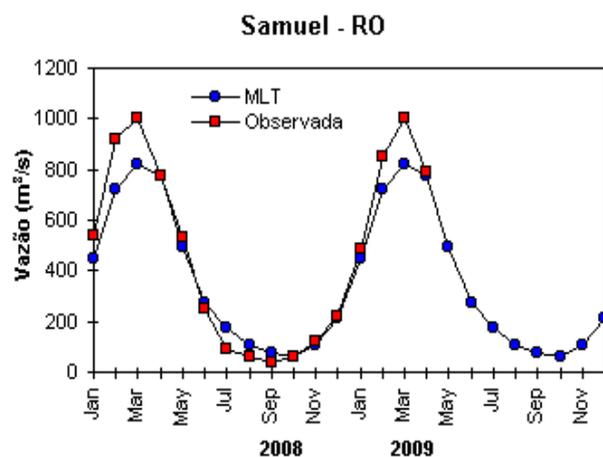


FIGURA 33 – Variação das vazões naturais médias mensais em relação à MLT para 2008 e 2009. No gráfico de Manacapuru-AM, a vazão média em m^3/s foi dividida por mil (FONTE: ELETROBRÁS, ONS, ANEEL, ELETRONORTE e FURB).

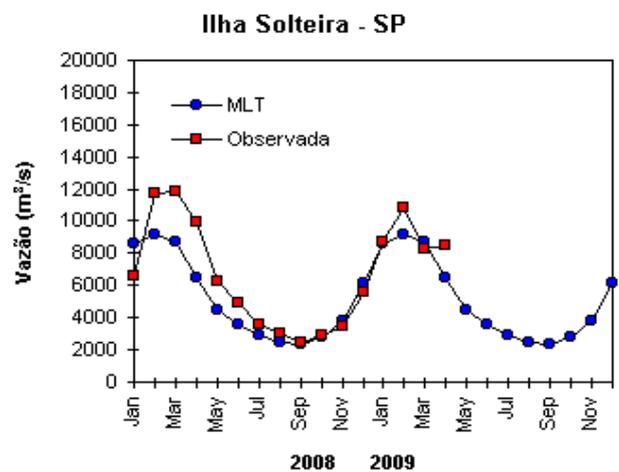
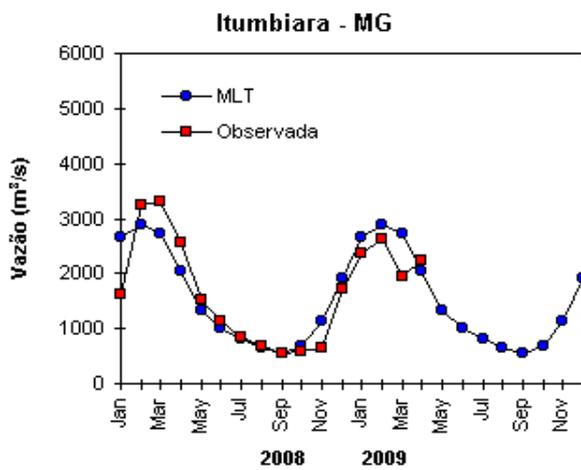
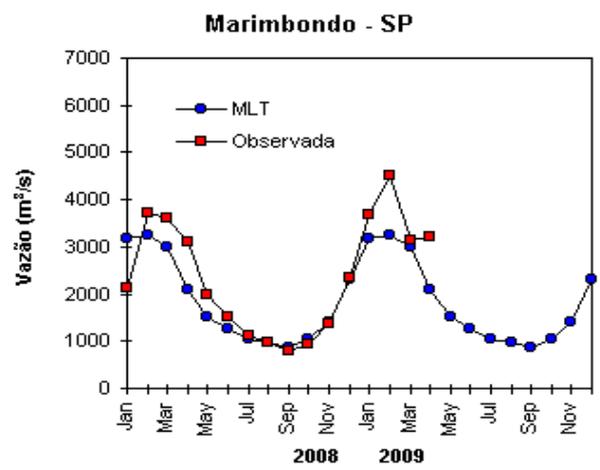
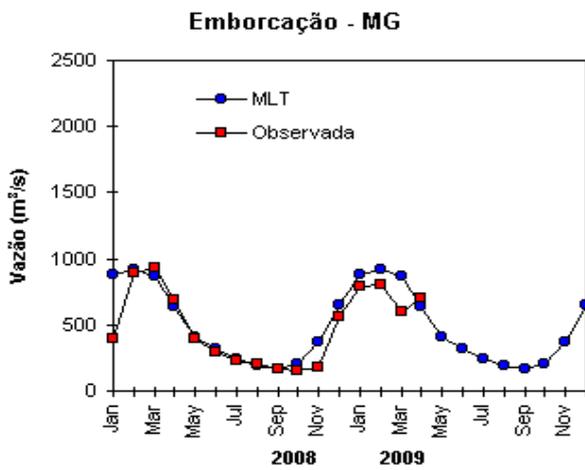
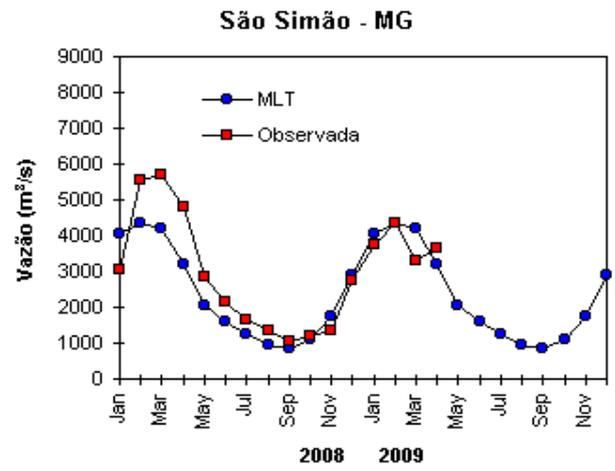
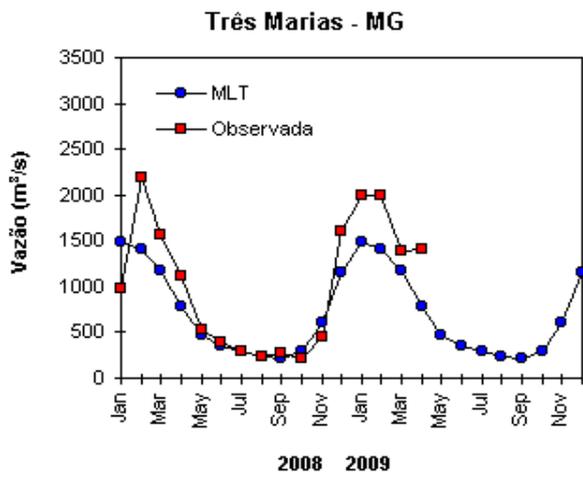


FIGURA 33 – Continuação (A).

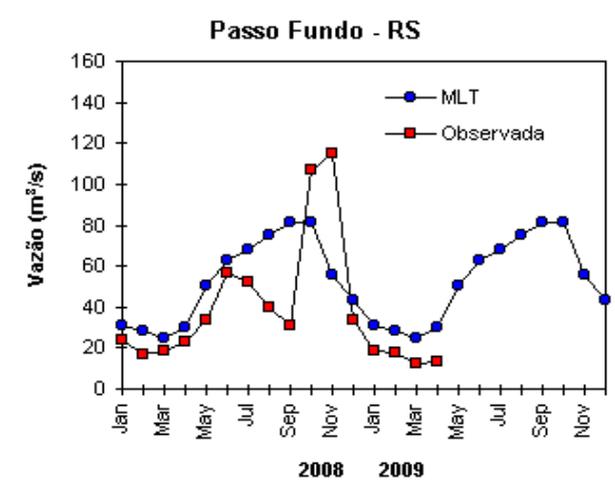
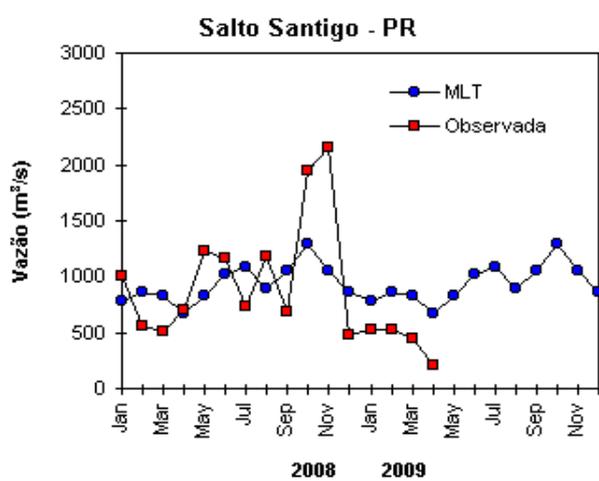
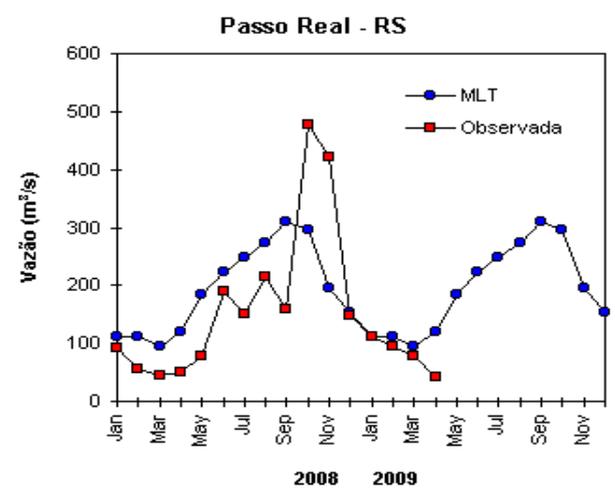
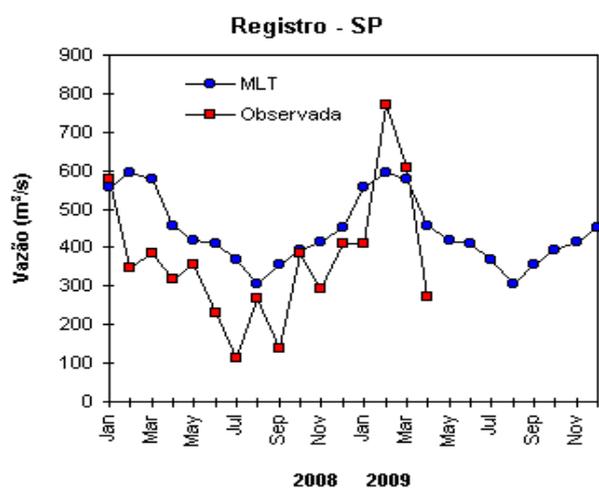
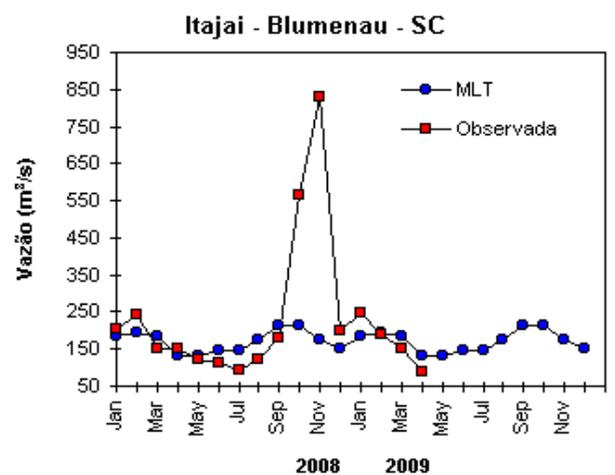
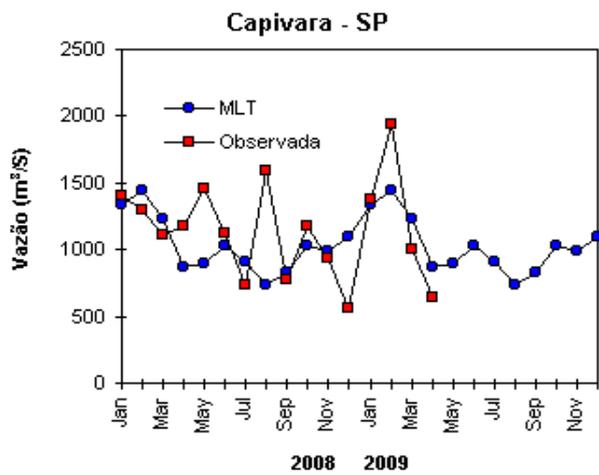


FIGURA 33 – Continuação (B).

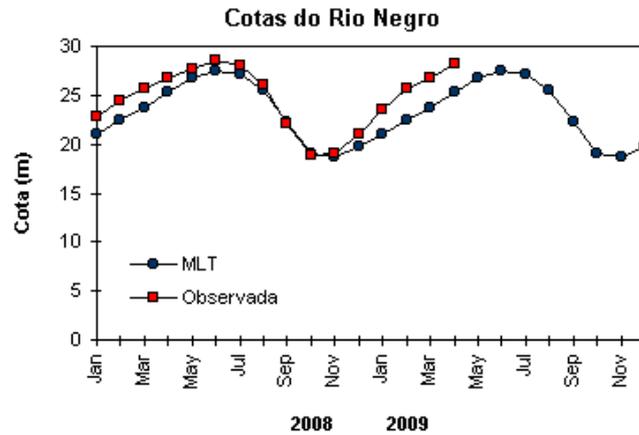


FIGURA 34 – Cotas médias do Rio Negro, expressas em metros acima do nível médio do mar, para 2008 e 2009 (quadrado) e a MLT para a média de 1903 a 1986 (círculo). (FONTE: Adm. do Porto de Manaus – CODOMAR).

VALE DO ITAJAÍ	PRECIPITAÇÃO (m m)	DESVIOS (%)
Apiúna-SC	35,9	-36,4
Blumenau-SC	49,1	-61,5
Ibirama-SC	41,0	-33,5
Ituporanga-SC	75,1	-14,3
Rio do Sul-SC	53,3	-33,0
Taió-SC	49,5	-28,5

TABELA 4 - Precipitação no Vale do Itajaí, em Santa Catarina, em ABRIL/2009. (FONTE: FURB/ANNEL)

6. QUEIMADAS NO BRASIL

Os 890 focos de queimadas detectados no País, pelo satélite NOAA-15, durante abril de 2009, estiveram apenas 5% abaixo do número de focos registrado em março passado (Figura 35). Esta redução ocorreu dentro do esperado se considerado o período chuvoso em alguns setores das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil.

Em comparação com abril de 2008, este número de focos manteve-se aproximadamente estável. Entretanto em função das precipitações acima do normal, houve redução significativa na

Bahia (40%, 69 focos), em Minas Gerais (10%, 45 focos) e no Maranhão (55%, 17 focos). Por outro lado, as anomalias negativas de precipitação e positivas de temperatura máxima favoreceram o aumento das queimadas no Mato Grosso do Sul (250%, 280 focos), Paraná (60%, 100 focos) e São Paulo (35%, 200 focos). Em contrapartida, houve redução das queimadas em Roraima (71%, com apenas 44 focos).

Detectaram-se apenas 40 focos de queimadas no interior das Unidades de Conservação, federal e estadual, e em áreas vizinhas, especialmente no Mato Grosso do Sul, no Parque Nacional de Ilha Grande, com 15 focos.

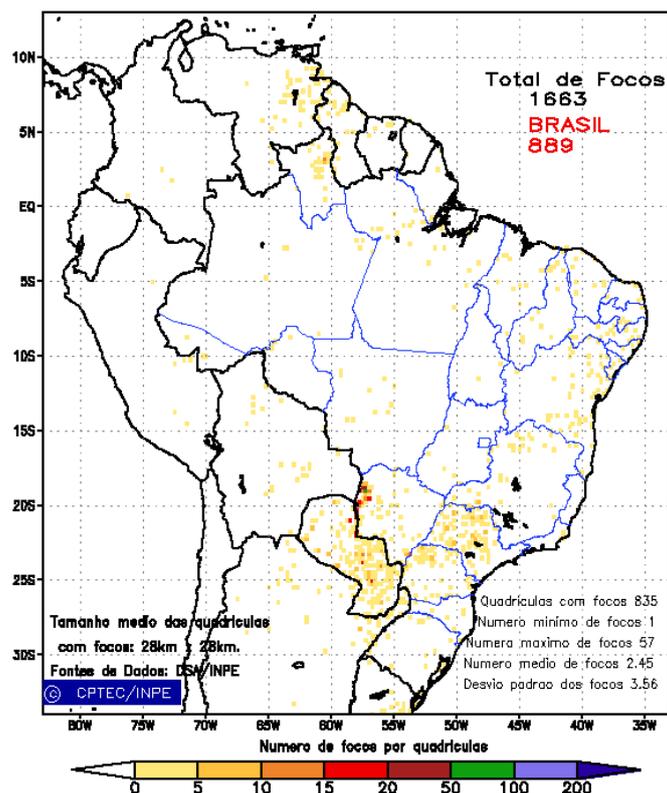


FIGURA 35 - Distribuição espacial de densidade de queimadas, detectadas em quadrículas de 28 km x 28 km no Brasil em ABRIL/2009. Focos de calor detectado através do satélite NOAA 15, às 21:00 TMG. (FONTE: DSA - Queimadas /INPE).

7. MONITORAMENTO NA ANTÁRTICA

Em abril, foram observadas anomalias negativas de Pressão ao Nível do Mar (PNM) de até -6 hPa nos mares de Ross, Weddell e Dumont D'Urville. Anomalias positivas de PNM predominaram nos mares de Bellingshausen e Amundsen (Figura 36). No nível de 500 hPa registrou-se anomalia negativa de geopotencial no platô antártico, retornando o padrão que ocorreu até fevereiro (ver Figura 12, seção 1).

No campo de anomalia do vento no nível de 925 hPa, observou-se a tendência ciclônica organizada ao norte dos mares de Bellingshausen e Amundsen, assim como no setor sudoeste do Atlântico Sul (Figura 37). Neste mês, foi registrado apenas um episódio de escoamento de ar de sul para norte, a partir do norte e nordeste do mar de Bellingshausen e noroeste do mar Weddell em direção ao sul do Brasil, como foi igualmente notado em março passado. A ocorrência de apenas um dia desse episódio pode ter colaborado para o estabelecimento de anomalias positivas de temperatura no sul do Brasil (ver seção 2.2).

A temperatura do ar em 925 hPa apresentou-se até 7°C acima da média nos mares

de Ross e Dumont D'Urville (Figura 36). Por outro lado, anomalias negativas de até -3°C ocorreram nos mares de Amundsen, Bellingshausen, Weddell e Davis (Figura 38). No interior do continente antártico, em 500 hPa, foram registradas temperaturas cerca de 2°C acima da climatologia.

A circulação ciclônica notada no campo de anomalia do vento em 925 hPa, sobre o setor sudoeste do Atlântico Sul (ver Figura 37), provavelmente contribuiu para a extensão do gelo marinho no mar de Weddell (Figura 39).

Na estação brasileira, Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), registraram-se ventos predominantes de leste (25%), e de norte a noroeste (35%). A magnitude média mensal do vento foi de 5,3 m/s, abaixo da média climatológica deste mês (5,7 m/s). A temperatura média do ar, igual a -1,7°C, ficou abaixo da normal (-1,4°C). Neste mês, doze sistemas frontais atingiram a região da Península Antártica.

Dados anuais completos e resumos mensais, bem como a climatologia da EACF (período de 1986 a 2009), encontram-se disponíveis no site: <http://antartica.cptec.inpe.br/~rantar/data/resumos/climatoleacf.xls>.

Anomalia de Pressao Nivel Medio do Mar (hPa)

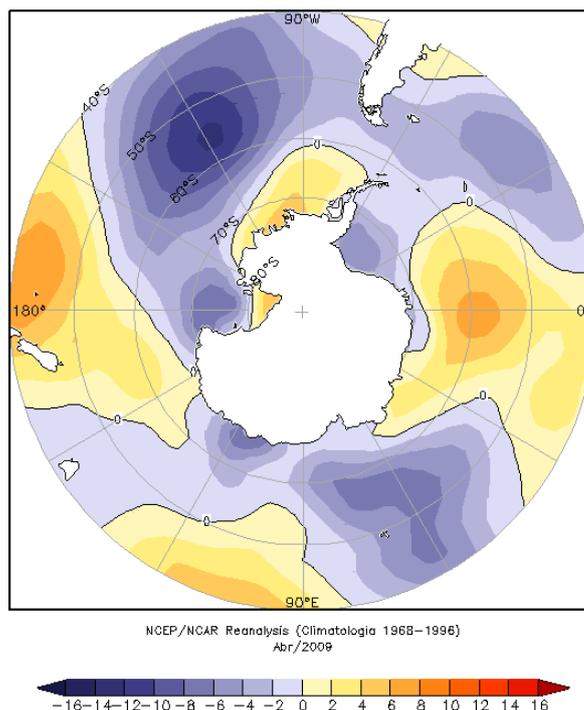


FIGURA 36 – Anomalia de Pressão ao Nível do Mar (PNM), em hPa, em ABRIL/2009. Destacaram-se as anomalias negativas nos mares de Ross e Dumont D’Urville e a anomalia positiva no mar de Lazarev. (FONTE: NOAA/CDC).

Anomalia Vetor Vento (m/s) em 925 hPa

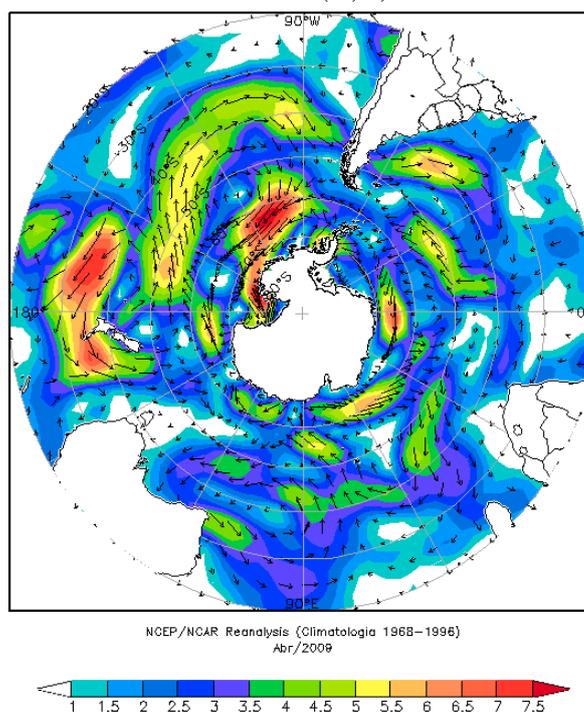


FIGURA 37 - Anomalia de vento (m/s), em 925 hPa, em ABRIL/2009. Nota-se a circulação ciclônica no setor sudoeste do Oceano Atlântico Sul e no sudeste do Oceano Pacífico Sul e região antártica adjacente. (FONTE: NOAA/CDC).

Anomalia de Temperatura do ar (°C) em 925 hPa

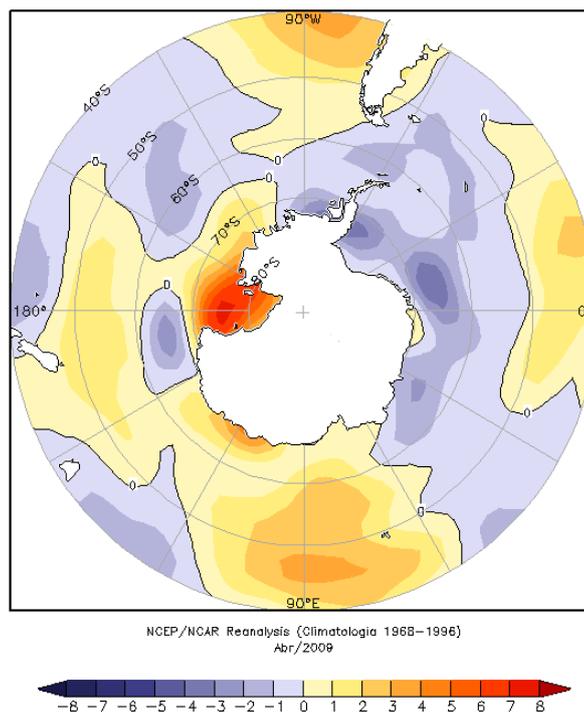


FIGURA 38 - Anomalia de temperatura do ar (°C), em 925 hPa, em ABRIL/2009. Destacam-se as anomalias positivas no mar de Ross. (FONTE: NOAA/CDC).

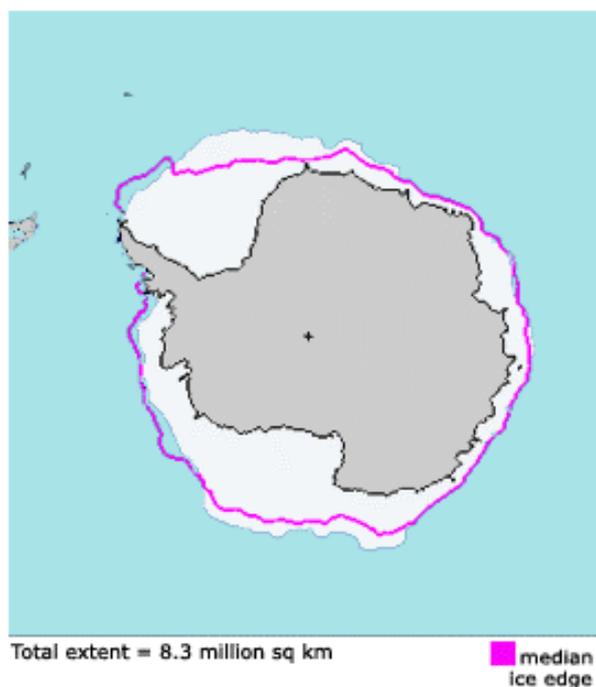


FIGURA 39 - Extensão do gelo marinho no Oceano Austral em ABRIL/2009. Destaca-se a expansão do gelo marinho nos mares de Weddell e Ross. (FONTE: NOAA/CDC e NOAA/NSIDC).

NOTAS

1 - As figuras provenientes do **CPC/NCEP/NWS** (Washington) baseiam-se em procedimentos de análise numérica, utilizando dados recebidos via GTS (dados de satélites, aviões, etc.). A confiabilidade dos campos de circulação (análises) é incerta em áreas onde os dados são esparsos.

2 – As figuras de pseudo-tensão de cisalhamento do vento ao nível do mar e de temperatura da superfície do mar são provenientes da análise de J. Servain, **ORSTOM/BREST**, e utilizam somente dados de ventos e **TSM's** coletados por navios. A partir dos dados de ventos, a pseudo-tensão de cisalhamento é calculada da seguinte maneira:

$$tx = u^* (u^2 + v^2)^{1/2}$$

$$ty = v^* (u^2 + v^2)^{1/2}$$

tx = pseudo-tensão de cisalhamento zonal do vento

ty = pseudo-tensão de cisalhamento meridional do vento

u = componente zonal (leste-oeste) do vento

v = componente meridional (norte-sul) do vento.

Onde u^* e v^* são as componentes zonal e meridional da velocidade de fricção.

A diferença básica entre estas análises de **TSM** e as geradas pelo **NMC/CAC** está no fato de que as análises geradas por este último órgão utilizam também **TSM's** derivadas de informações de satélites meteorológicos.

3 - Na figura correspondente à variável **ROL**, mensal estimada no topo da atmosfera, os valores são modulados principalmente por temperatura e cobertura de nuvens. Como nos trópicos os gradientes horizontais de temperatura são geralmente pequenos, a **ROL** nestas regiões é primariamente função da distribuição da cobertura de nuvens. Os valores da **ROL** são menores sobre as principais áreas convectivas dos trópicos, onde nuvens altas, médias e cumulonimbus são predominantes. Os valores máximos ocorrem sobre os desertos onde não há cobertura de nuvens e as temperaturas da superfície são as mais altas. Sobre as regiões convectivamente ativas, anomalias de **ROL** negativas (positivas) indicam, em geral, atividade convectiva, isto é, precipitação acima (abaixo) da média.

4 - A localização da ZCIT sobre o Atlântico Tropical vem sendo determinada, desde os primeiros números do boletim "**CLIMANÁLISE**", devido à sua importância para o monitoramento da precipitação no norte do Nordeste do Brasil, que possui sua estação chuvosa nos meses de fevereiro a maio. Até o Vol.4, Nº 2 desta revista, a posição da **ZCIT** era determinada apenas através de imagens no canal infravermelho (IV) dos satélites da série **NOAA** que abrangem todo o Atlântico Tropical. Depois, uma nova técnica de determinação da posição da ZCIT, a partir de imagens de satélite, foi aplicada. Essa técnica, desenvolvida pelo **CRODT/ORSTOM**, utilizava imagens digitais **IV** do satélite **METEOSAT**. Eram usadas 8 imagens diariamente, e ao fim de 5 dias, era gerada uma imagem chamada síntese, utilizando-se as 40 imagens obtidas na pênstada em questão. A imagem síntese era uma imagem digital onde, em cada ponto (pixel) era retida apenas a temperatura mais alta encontrada no mesmo ponto das 40 imagens utilizadas para criá-la. Atualmente, são utilizadas duas técnicas para a avaliação da posição média da ZCIT. A primeira consiste na utilização de imagens do satélite **GOES-8** para gerar imagens médias pentadais de temperatura de brilho em K. Nesta técnica, baixos valores de temperatura indicam, em geral, ocorrência de atividade convectiva. A contaminação por nuvens cirriformes é normalmente eliminada através de análise subjetiva, considerando os conceitos dos sistemas meteorológicos que atuam na região. A segunda técnica consiste na localização dos mínimos valores de **ROL**, a partir de campos médios pentadais, ao longo do Oceano Atlântico Equatorial. Os dados de **ROL** utilizados são provenientes do **NOAA/EUA** e os dados para obtenção da posição climatológica mensal da ZCIT foram obtidos das reanálises do **NCEP/EUA**. A Figura é elaborada pelo Grupo de Previsão de Clima do **CPTEC/INPE**.

5 – Os mapas de precipitação contêm informações de instituições no Brasil ligadas direta ou indiretamente à área de meteorologia: FUNCEME, ITEP/LAMEPE-PE, EMPARN-RN, SEMARH-BA, CMRH -SE, SEMARHN/DHM -AL, SECTMA/AESA-PB, DHME-PI, CEMIG/SIMGE-MG, SEAG-ES, SIMEPAR-PR, CIRAM-SC, FEPAGRO-RS, IAC-SP, GEORIO-RJ de estações automáticas de coleta de dados (PCD's), mantidas pelo INPE e dados SYNOP fornecidos pelo INMET (APÊNDICE - FIGURA A). Os eventos meteorológicos mais significativos em todo o Brasil, descritos na seção 2.1, são monitorados diariamente pelo Grupo de Previsão do Tempo do CPTEC/INPE.

6 - Durante a estação do verão, observa-se a presença de atividade convectiva sobre a América do Sul. Essa convecção tropical é consequência do aquecimento do continente e associada à atuação de alguns sistemas dinâmicos, como, por exemplo, a Alta da Bolívia e à Zona de Convergência do Atlântico Sul. A técnica utilizada para estimar a região de maior atividade convectiva sobre o Brasil é a mesma utilizada nas imagens de temperatura de brilho em K, que ressalta a banda de nebulosidade associada à ZCIT.

7 - Para a determinação do centro da Alta da Bolívia e do Jato Subtropical sobre a América do Sul são utilizados campos diários de vento em altos níveis (200 hPa) provenientes de análises diárias do NCEP/EUA. A posição climatológica da Alta da Bolívia foi feita a partir das reanálises do NCEP para o período de 1948 a 1999. A Figura é elaborada pelo Grupo de Previsão de Clima do CPTEC/INPE.

8 - Os valores de vazões medidos são fornecidos pela **ELETOBRÁS**, **ONS** e **DAEE** e são obtidos por procedimentos hidrológicos padrões, através do uso de curvas cota/vazão. O valor de vazão estimado para o **Rio Solimões** em **Manacapuru** é obtido a partir do valor da cota média mensal do **Rio Negro** em **Manaus** fornecido pela **CODOMAR**, utilizando-se a formulação descrita por Fonseca e Nobre (1988) (Fonseca, L. B. e C. A. Nobre), um modelo estatístico que relaciona os valores de cota e vazão (**CLIMANÁLISE**, 3 (9):32, SET., 1988).

9 - Os termos *estiagem*, *enchente*, *cheia* e *vazante* referem-se ao ciclo sazonal das medidas nos postos. A *estiagem* corresponde ao período de baixas vazões; a *cheia* ao de altas vazões. A *enchente* à transição de *estiagem* para a *cheia*, enquanto a *vazante* corresponde à transição da *cheia* para a *estiagem*.

10 - Os sistemas frontais são localizados através das análises diárias das cartas sinóticas de superfície, níveis médios (500 hPa) e altitude (250 hPa), nos horários das 00:00 e 12:00 TMG. A análise do posicionamento e deslocamento dos sistemas frontais é feita pelo Grupo de Previsão do Tempo do CPTEC/INPE. Foram incluídas novas cidades do Brasil e, nesta nova versão da figura (implementada em SETEMBRO/2006), o acompanhamento das frentes frias é feito desde sua passagem e/ou formação sobre a Argentina e o Uruguai. Para validação da posição dos sistemas, também são analisados alguns campos derivados, a saber: convergência de umidade na camada limite, temperatura potencial equivalente em 850 hPa e advecção de temperatura potencial equivalente em 850 hPa.

11 - O mapa da Antártica foi elaborado pelo grupo que integra o Projeto de Meteorologia Antártica do CPTEC/INPE, visando facilitar a localização das principais regiões da Antártica e dos mares no Oceano Austral (APÊNDICE - FIGURA B).

12 - Os dados do satélite NOAA-12 foram descontinuados definitivamente em 10 de agosto de 2007, às 17:10 TMG, após 16 anos de operação. Apesar de existirem diversos outros dados de satélites, a quantificação padrão das queimadas apresentada nos mapas mensais e anuais, disponibilizados no site de Queimadas e nos boletins INFOCLIMA e Climanálise até julho de 2007, era feita exclusivamente com os dados do satélite NOAA-12. A partir de agosto de 2007, foram padronizados os dados das passagens do NOAA-15, o qual possui as mesmas características orbitais do NOAA-12. A proporção de focos detectados pelo NOAA-15 em relação ao NOAA-12 será reprocessada para posterior correção dos mapas divulgados no Boletim Climanálise, a partir da edição de agosto de 2007.

SIGLAS

ANEEL	-Agência Nacional de Energia Elétrica
CPC/NWS	-Climate Prediction Center/National Weather Services (Centro de Previsão Climáticas do Serviço Meteorológico dos EUA)
CEMIG/SIMGE	-Companhia Energética de Minas Gerais
CEPLAC	-Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira
CHESF	-Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CIRAM/SC	-Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CMCD/INPE	-Centro de Missão de Coleta de Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
CMRH	-Centro Estadual de Meteorologia e dos Recursos Hídricos de Sergipe
CODOMAR	-Companhia Docas do Maranhão
CRODT	-Centro de Pesquisas Oceanográficas de Dakar-Thiaroye
DAEE	-Departamento de Águas e Energia Elétrica
DISME	-Distrito de Meteorologia
DHME/PI	-Departamento de Hidrometeorologia do Piauí
ELETROBRÁS	-Centrais Elétricas Brasileiras S/A
ELETRONORTE	-Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
EMPARN	-Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
FEPAGRO	-Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias
FURB	-Universidade Regional de Blumenau
FUNCEME	-Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos do Ceará
GEORIO	-Fundação Instituto de Geotécnica
INMET	-Instituto Nacional de Meteorologia
IAC	-Instituto Agrônomo de Campinas
IBAMA	-Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
ITEP/LAMEPE/PE	-Instituto Tecnológico de Pernambuco / Laboratório de Meteorologia
METSUL	-Empresa de Meteorologia do Rio Grande do Sul
NMC	-National Meteorological Center (Centro Nacional de Meteorologia dos EUA)
NOAA	-National Oceanic and Atmospheric Administration (Administração Nacional dos Oceanos e da Atmosfera dos EUA)
ORSTOM	-Instituto Francês de Pesquisa Científica para o Desenvolvimento e Cooperação
PMTCRH	-Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos
SEMARH/BA	-Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos/Bahia
SEAG/ES	-Secretaria de Agricultura do Estado do Espírito Santo
SECTMA/AESA/PB	-Secretaria do Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente / Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

SEMARHN/DHM/AL	-Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais de Alagoas Diretoria de Hidrometeorologia.
SIMEPAR/PR	-Sistema Meteorológico do Paraná
SIMGE/MG	-Sistema Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais

SI GLAS TÉCNI CAS

AB	-Alta da Bolívia
Cb	-Cumulonimbus
ENOS	-El Niño-Oscilação Sul
GOES	-Satélite Meteorológico Geoestacionário da NOAA
GTS	-Global Telecommunications System (Sistema Global de telecomunicações da Organização Meteorológica Mundial)
HL	-Hora Local
IOS	-Índice de Oscilação Sul
LI	-Linha de Instabilidade
METEOSAT	-Satélite Meteorológico Geoestacionário da Agência Espacial Européia
MLT	-Média de Longo Tempo
NOAA	-Satélite Meteorológico de Órbita Polar da NOAA
PCD	-Plataforma de Coleta de Dados
PNM	-Pressão ao Nível do Mar
ROL	-Radiação de Onda Longa emitida para o Espaço
SF	-Sistema Frontal
TMG	-Tempo Médio Greenwich
TSM	-Temperatura da Superfície do Mar
VCAN	-Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
ZCAS	-Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	-Zona de Convergência Intertropical
ZCPS	-Zona de Convergência do Pacífico Sul

APÊNDICE

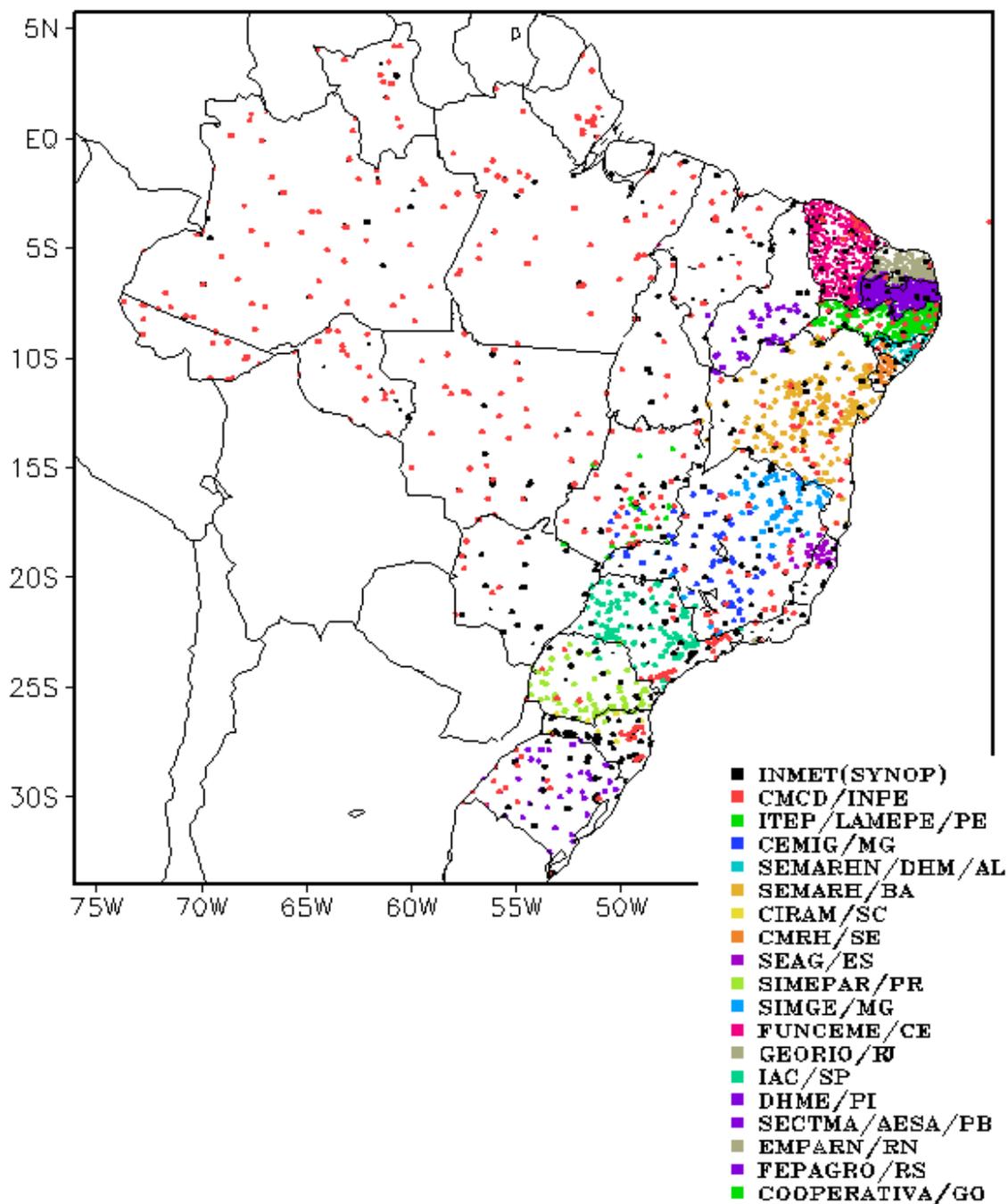


FIGURA A – Distribuição espacial das 3.648 estações pluviométricas e meteorológicas no Brasil.

