



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/04.14.21.33-TDI

**ESTUDO DE CICLONES E DE PADRÕES DE
CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA NO OCEANO
ATLÂNTICO SUL PRÓXIMO À COSTA DAS REGIÕES
SUL E SUDESTE DO BRASIL USANDO DADOS DA
REANÁLISE DO ERA-INTERIM**

Fábio Pinto da Rocha

Dissertação de Mestrado do Curso
de Pós-Graduação em Meteorolo-
gia, orientada pelo Dr. José Anto-
nio Aravéquia, aprovada em 05 de
maio de 2014.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3G5M5DB>>

INPE
São José dos Campos
2014

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):

Presidente:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/04.14.21.33-TDI

**ESTUDO DE CICLONES E DE PADRÕES DE
CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA NO OCEANO
ATLÂNTICO SUL PRÓXIMO À COSTA DAS REGIÕES
SUL E SUDESTE DO BRASIL USANDO DADOS DA
REANÁLISE DO ERA-INTERIM**

Fábio Pinto da Rocha

Dissertação de Mestrado do Curso
de Pós-Graduação em Meteorolo-
gia, orientada pelo Dr. José Anto-
nio Aravéquia, aprovada em 05 de
maio de 2014.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3G5M5DB>>

INPE
São José dos Campos
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Rocha, Fábio Pinto da.

R582e Estudo de ciclones e de padrões de circulação atmosférica no Oceano Atlântico sul próximo à costa das regiões sul e sudeste do Brasil usando dados da reanálise do ERA-Interim / Fábio Pinto da Rocha. – São José dos Campos : INPE, 2014.

xxiv + 119 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/04.14.21.33-TDI)

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014.

Orientador : Dr. José Antonio Aravéquia.

1. Ciclones. 2. Ciclogêneses no oceano Atlântico Sul. 3. Reanálise ERA-Interim. I.Título.

CDU 551.515.2(816)

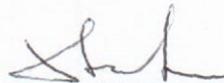


Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Mestre** em
Meteorologia

Dr. Dirceu Luis Herdies



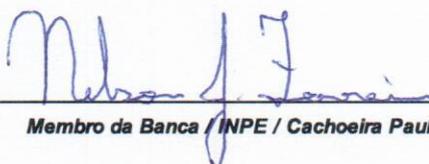
Presidente / INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dr. José Antonio Aravéquia



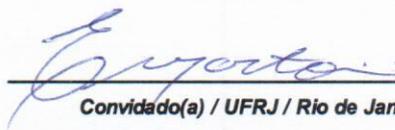
Orientador(a) / INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dr. Nelson Jesus Ferreira



Membro da Banca / INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dr. Edilson Marton



Convidado(a) / UFRJ / Rio de Janeiro - RJ

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

Aluno (a): **Fábio Pinto da Rocha**

São José dos Campos, 05 de Maio de 2014

**Ao nosso Pai Maior e a meus pais pelo dom da Vida que permite aprendizados
diversos e contínuos!!!**

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão primeiramente ao nosso Pai Maior, Mestre Jesus, e a toda providência divina, pela oportunidade de realizar o sonho de infância de estudar essa maravilhosa ciência que é a Meteorologia, que tem como objeto de estudo e pesquisa uma parte da Natureza tão deslumbrante e sábia.

Agradeço também a meu pai Jorge Rocha, minha mãe Maria Thereza, minha irmã Monica, demais familiares e amigos mais próximos, como Beatriz Bernadino, Carlos Leonardo, Fernanda Marçola, Henri Pinheiro, Juliana Oliveira, Patrícia Galindo e Wanderson Luiz, dentre outros, pelo apoio moral e ajuda concedida. Agradeço também aos amigos Bruno Zanetti, Gustavo Escobar, e Kelen Andrade, dentre outros, que em alguma etapa da elaboração desta dissertação tiveram paciência em me dar esclarecimentos, sugestões e ajudas diversas.

Agradeço também ao meu Orientador de Mestrado, Prof. Dr. José A. Aravéquia, pela experiência passada e aos demais professores do INPE pelos ensinamentos proferidos e professores da Graduação da UFRJ que me deram a base dessa profissão de Meteorologista. Meus agradecimentos se estendem ainda aos demais colegas, profissionais de apoio e desconhecidos, que diretamente ou indiretamente me apoiaram nessa caminhada de aprendizado que continua!

Por fim, agradeço ao CNPq pela bolsa de Mestrado concedida e ao INPE pela infraestrutura oferecida.

Abraço a todos!

**“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode
começar agora e fazer um novo fim”**

Chico Xavier

RESUMO

A principal motivação para o estudo de ciclones na região do Atlântico Sul próximo à costa das Regiões Sul e Sudeste é melhorar a previsão de tempo, incluindo o aperfeiçoamento de modelos numéricos de previsão, possibilitando com isso ações no sentido de minimizar perdas de vidas e de recursos. Assim, o objetivo principal desta pesquisa é estudar os ciclones e os padrões de circulação atmosférica no Oceano Atlântico Sul próxima à costa das Regiões Sul e Sudeste do país, usando dados da Reanálise ERA-Interim nos meses de outubro a abril dos anos de 2003 a 2013. Foi desenvolvida uma ferramenta que aplicou critérios objetivos para obter as datas, a localização e a intensidade dos ciclones na área de estudo dados desta reanálise, que permitiu gerar compostos de algumas variáveis meteorológicas da reanálise visando o estudo de padrões de circulações atmosféricas. Os resultados encontrados mostraram que em média ocorreram 17 casos de ciclones entre os meses de outubro a abril e que o período de vida dentro da região de estudo variou, chegando até a 8 dias. O resultado da análise dos compostos para todo o período mostrou que a combinação de difluência no escoamento em altos níveis, combinada com a presença de anomalias positivas do vento zonal, além do cavado em níveis médios da troposfera e da convergência de escoamento em baixos níveis, estimularam a ciclogênese no Atlântico Sul, próximo à costa das Regiões Sul e Sudeste do país. O estudo de caso mostrou uma aplicação da ferramenta desenvolvida que pode ter utilidade no aperfeiçoamento dos modelos numéricos de previsão desse tipo de sistema meteorológico, além de ajudar na melhoria da habilidade desses modelos, além de ter, por exemplo, aplicações climáticas.

Palavras-chave: ciclones; ciclogêneses no Oceano Atlântico Sul; reanálise ERA-Interim.

**CYCLONES AND ATMOSPHERIC CIRCULATION PATTERNS STUDY IN THE
SOUTH ATLANTIC OCEAN NEAR THE COAST OF SOUTH AND A
SOUTHEAST OF BRAZIL USING REANALYSIS ERA-INTERIM DATA**

ABSTRACT

The main motivation for the study of cyclones in the South Atlantic region near of the coast of Southern and Southeastern Brazil is to improve weather forecasting, including the perfecting of numerical prediction models, allowing actions to minimize loss of life and resources. So, the main objective of this research is to study the cyclones and the atmospheric circulation pattern that occurred in South Atlantic Ocean, using data from ERA-Interim Reanalysis from October to April of the years 2003 to 2013. A tool was developed and applied with objective criteria of identifying the dates, the location and intensity of cyclones in the studied area of this reanalysis data, which allowed to generate compounds of some meteorological variables from reanalysis for the study of the atmospheric circulation patterns. The results showed that, on average, 17 cases of cyclones in the months from October to April occurred and that the life within the studied area varied, and reaches up to 8 days. The result of the analysis of the compounds for the entire period showed that the combination of diffluence in the flow at high levels, combined with the presence of positive anomalies of zonal wind, beyond the trough in the middle levels of the troposphere and convergence of flow at low levels stimulated cyclogenesis in the South Atlantic, near to the coast of South and Southeast regions of the country. The case studied showed an application of the developed tool that can be useful in improving the numerical prediction models of this type of weather system, and helps to improve the ability of these models and for climate applications.

Keyword: cyclones; cyclogenesis in the South Atlantic Ocean; Era-Interim Reanalysis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1- Densidade de Ciclogêneses para a primavera, verão, outono e inverno no período de 1979 a 1988 (esquerda) e 1979-2001 (direita).	2
Figura 1.2- Principais sistemas meteorológicos de grande escala em superfície que atuam na América do Sul.....	4
Figura 1.3: Climatologia de precipitação com base nas Normais Climatológicas de 1961 a 1990 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).	5
Figura 2.1- Vento em altitude associado às diferentes etapas do desenvolvimento de uma onda frontal clássica em superfície, numa sequência de quatro dias.....	8
Figura 2.2: percentual de coberturas de nuvens para os principais níveis de pressão e no corte transversal no caso clássico de ciclones extratropicais (Hemisfério Norte).....	9
Figura 2.3- Modelo conceitual de frente fria clássica (esquerda) e de frentes subtropicais ou cavados baroclínicos (direita).	9
Figura 2.4 - Modelo conceitual de um ciclone tropical, evidenciando o seu olho, na parte central, e as diversas bandas sucessivas de cumulonimbus, cujos topos, vistos de cima, têm aspecto espiralado.	10
Figura 2.5- Imagem realçada do satélite GOES-12 às 16:39UTC de 26/03/04.	11
Figura 3.2 - Representação dos dados de Pressão ao Nível Médio do Mar de acordo com a Reanalise Era Interim (à esquerda) com a Reanálise CFSR (à direita) nas datas 10/01/11 12 UTC (a) e (b); 11/01/11 00 UTC (c) e (d) e 11/01/11 12 UTC (e) e (f).....	19
Figura 3.3 - Representação dos dados de Pressão ao Nível Médio do Mar de acordo com a Reanalise Era Interim (à esquerda) com a Reanálise CFSR (à direita) nas datas 12/01/11 00 UTC (a) e (b) e 12 UTC (c) e (d)	20
Figura 3.4 - Pressão ao Nível Médio do Mar com intervalo entre as isóbaras de 4 hPa (a) e de 2 hPa (b) em 13/01/10 00 UTC.....	23
Figura 4.1: Evolução do ONI (<i>Oceanic Nino Index</i>) de 1992 a 2012. Entre as faixas pontilhadas em vermelho e azul (valores entre -0,5 e +0,5), caracterizado Evento Neutro; valores do índice acima da faixa vermelha, El Nino e valores abaixo da faixa azul, La Nina.....	28
Figura 4.2- Compostos de Outubro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d). ...	30
Figura 4.3- Compostos de Outubro de Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).	31
Figura 4.4- Compostos de Novembro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d). ...	33

Figura 4.5- Compostos de Novembro de Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).	34
Figura 4.6- Compostos de Dezembro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d). ...	35
Figura 4.7- Compostos de Dezembro de Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).	36
Figura 4.8- Compostos de Janeiro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d). ...	37
Figura 4.9- Compostos de Janeiro de Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).	38
Figura 4.10- Compostos de Fevereiro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d). ...	39
Figura 4.11- Compostos de Fevereiro de Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).	40
Figura 4.12- Compostos de Março de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d). ...	41
Figura 4.13- Compostos de Março de Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).	42
Figura 4.14- Compostos de Abril de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d). ...	44
Figura 4.15- Compostos de Abril de Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).	45
Figura 4.16- Compostos de out/03 a abr/04 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente	

(m/s) e anomalia de vorticidade relativa(s^{-1}) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	47
Figura 4.17- Compostos de out/04 a abr/05 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento(m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	48
Figura 4.18- Compostos de out/05 a abr/06 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)	50
Figura 4.19- Compostos de out/07 a abr/08 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	51
Figura 4.20- Compostos de out/06 a abr/07 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	53
Figura 4.21- Compostos de out/08 a abr/09 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	54
Figura 4.22- Compostos de out/09 a abr/10 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	55
Figura 4.23- Compostos de out/10 a abr/11 de Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	57
Figura 4.24- Compostos de out/11 a abr/12 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	58

Figura 4.25- Compostos de out/12 a abr/13 de Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).....	60
Figura 4.26- Composto de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) de outubro a abril, de 2003 a 2013.	61
Figura 4.27- Composto de Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional dos ventos (m/s) em 850 hPa, de outubro a abril, de 2003 a 2013.....	61
Figura 4.28- Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa (s^{-1}) em 500 hPa de outubro a abril, de 2003 a 2013.	62
Figura 4.29- Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa de outubro a abril, de 2003 a 2013.	63
Figura 4.30- Associação das baixas pressões com outros sistemas meteorológicos.....	64
Figura 5.1- Imagens dos deslizamentos de terra ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro.....	65
Figura 5.2- Sequência de cartas de superfícies em 10/01/11 12UTC (a);11/01/11 00Z (b)	66
Figura 5.3- Sequência de cartas de superfícies em 11/01/11 12UTC (a) e 12/01/11 00Z(b).....	67
Figura 5.4- Sequencia de cartas de superfícies em 12/01/11 12UTC (a) e 13/01/11 00Z(b)	68
Figura 5.5- Sequencia de imagens realçadas do satélite GOES-12 em 11/01/11 22 UTC e 23 UTC (acima) e em 12/01/11 00UTC e 01UTC (abaixo) . Nuvens mais profundas realçadas em rosa e branco.....	69
Figura 5.6 Comparação entre a Análise (previsão de 00h em azul) e as previsões até 120h (em vermelho) do modelo ETA para a ciclogênese em 10/01/11.	71
Figura 5.7- Comparação entre a Análise (previsão de 00h em azul) e as previsões até 120h (em vermelho) do modelo numérico americano GFS para a ciclogênese em 10/01/11.....	72
Figura 5.8 – Divergência de Umidade Específica ($10^3g/kg$) e Vento em 850 hPa nas datas:10/01/11 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e).....	74
Figura 5.9 – Vorticidade Relativa($10^{-5}s^{-1}$) e Linhas de Corrente em 500 hPa nas datas:10/01/11/ 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e)	75
Figura 5.10 – Linhas de Corrente em 250 hPa nas datas:10/01/11/ 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e)	76
Figura 5.11 - Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) nas datas:10/01/11/ 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e12/01/11 12 UTC (e)	77

Figura 5.12 – Mínimos de Pressão segundo critério objetivo marcados pela letra B em vermelho e campo de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) a partir da Renálise do ERA-Interim: 10/01/11 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e)..... 78

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Diferenças de características entre os ciclones tropicais e os ciclones extratropicais	11
Tabela 3.1-Número de casos de mínimos de pressão para diferentes valores de gradientes médios no período de out/12 a abr/13	22
Tabela 4.1- Casos de ciclones por temporada	28
Tabela A1- Comparação de casos utilizando diferentes gradientes médios para identificação objetiva dos mínimos de pressão: Caso Furacão Catarina, Caso da Região Serrana –RJ, Caso de Angra dos Reis - RJ,Ciclone abr/13 e Ciclone nov/12.....	85
Tabela A2- Identificação dos ciclones pelos critérios definidos	90

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Regiões ciclogênicas na América do Sul.....	1
1.2. Principais sistemas meteorológicos atuantes.....	3
1.3. Climatologia de precipitação	4
1.4. Motivação	5
1.5. Objetivo	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Fundamentação teórica.....	7
2.2. Estudos aplicados	14
3. METODOLOGIA E DADOS.....	17
3.1. Dados utilizados	17
3.2. Método empregado.....	21
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	27
4.1. Resultados alcançados.....	27
4.2. Análise dos compostos	29
4.2.1. Análises mensais	29
4.2.2. Análises de compostos pelo período de outubro a abril	46
4.3. Análise subjetiva de cartas sinóticas	63
5. ESTUDO DE CASO.....	65
6. CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE A	85

1. INTRODUÇÃO

1.1. Regiões ciclogênicas na América do Sul

Ao se estudar a climatologia de ciclones na região do Atlântico Sul, nota-se regiões preferenciais de formação próximo à Patagônia Argentina e próximo à Bacia do Prata ao longo do ano, tanto nos estudos de Gan e Rao (1991) quanto Guia (2011), como podemos ver na Figura 1.1.

A maior densidade de ciclones foi notada no inverno na região da na Bacia do Prata por Guia (2011) em contraste com o observado por Gan e Rao (1991) que é na região da Patagônia Argentina, e estaria associada à maior instabilidade baroclínica da região, com fortes gradientes de temperatura e de umidade e presença do jato polar. Na região da Bacia do Prata, a ciclogênese é explicada pela instabilidade baroclínica juntamente com a presença do jato (polar ou subtropical, dependendo da época do ano) e por efeito da orografia, uma vez que se encontra a sotavento da Cordilheira dos Andes. Segundo Cavalcanti et al (2009), no verão, o efeito baroclínico é a mais importante contribuição para a fase de desenvolvimento dos ciclones.

Em seu estudo, Guia (2011), verifica também uma região ciclogênica entre o litoral das Regiões Sul e Sudeste do Brasil, sobre o Oceano Atlântico, com uma densidade de ciclogêneses menor comparada às outras regiões, sendo em maior número no verão e deslocadas para sul no inverno. Isto se pode estar associado à liberação de calor latente nos processos convectivos e devido à atuação da Alta da Bolívia e do cavado ou Vórtice do Nordeste comum nessa época do ano, que favorece a difluência em altos níveis e à divergência de massa, contribuindo para a convergência em superfície, formando os ciclones nesta região.

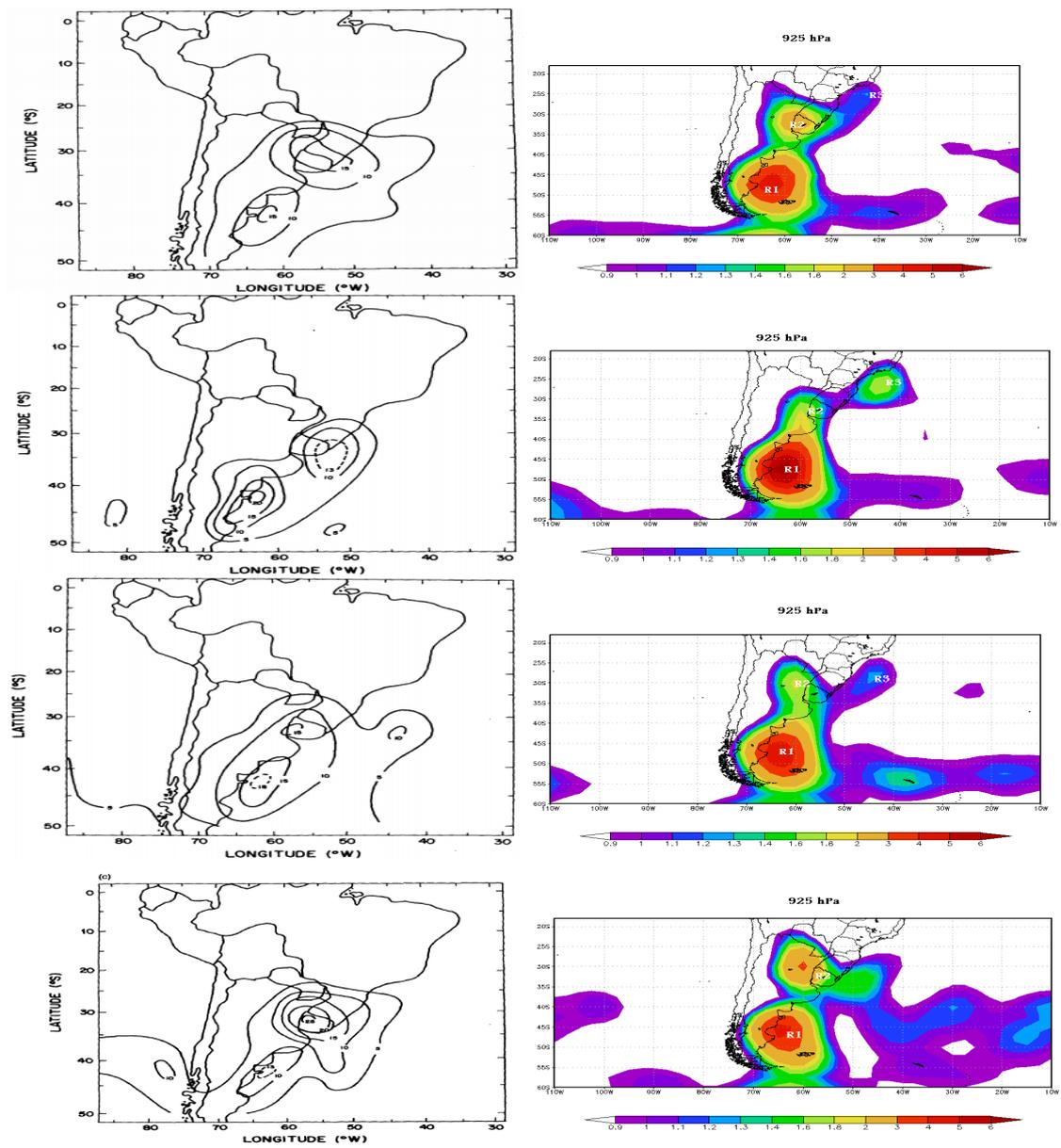


Figura 1.1- Densidade de Ciclogêneses para a primavera, verão, outono e inverno no período de 1979 a 1988 (esquerda) e 1979-2001 (direita).

Fonte: Gan e Rao (1991) e Guia (2011), respectivamente.

1.2.Principais sistemas meteorológicos atuantes

Os principais sistemas meteorológicos de escala sinótica que influenciam o tempo na região que se pretende estudar – Oceano Atlântico próximo à costa das Regiões Sul e Sudeste do país – estão ilustrados na Figura 1.2. São eles:

- Alta Pressão Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), com variabilidade sazonal, sendo mais intensa no inverno onde penetra mais para o continente;
- Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), banda extensa de nebulosidade que cobre desde o sul da Amazônia, passando pelo Brasil Central, Sudeste do país e prolongando-se algumas vezes sobre o Oceano Atlântico, provocando chuvas de caráter persistente com acumulados significativos em algumas localidades, sendo típica das estações do ano primavera e verão e associadas (na forma clássica) à Alta da Bolívia (AB) e a um cavado ou Vórtice Ciclônico na Região Nordeste em altos níveis;
- ciclones extratropicais, com frentes frias e jato polar e/ou subtropical associado, que se formam em situações de maior gradiente horizontal de temperatura, com atuação mais evidente no outono e inverno;
- ciclones subtropicais, tropicais e/ou híbridos que se formam tipicamente durante a estação chuvosa próximo à costa do Sudeste do país, podendo em algumas situações estar vinculados a sistemas frontais de características subtropicais e ao jato subtropical.

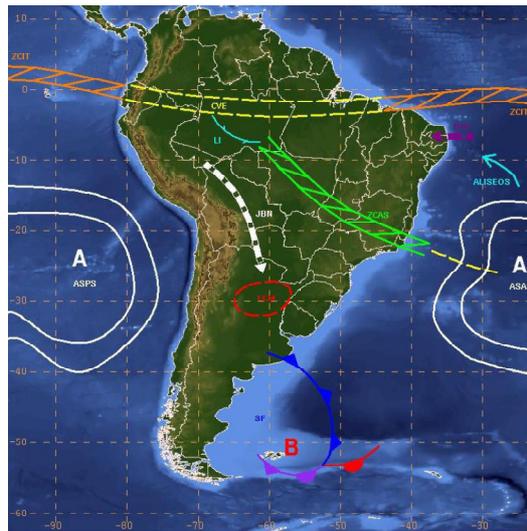


Figura 1.2- Principais sistemas meteorológicos de grande escala em superfície que atuam na América do Sul.

1.3.Climatologia de precipitação

Com base nos dados de climatologia (Normais Climatológicas 1961-1990, Instituto Nacional de Meteorologia), pode-se notar claramente na Figura 1.3 o ciclo anual das chuvas, com valores máximos de outubro a abril. Para o Sul do país, no entanto, não há uma estação chuvosa definida, pois elas ocorrem bem distribuídas ao longo do período de estudo.

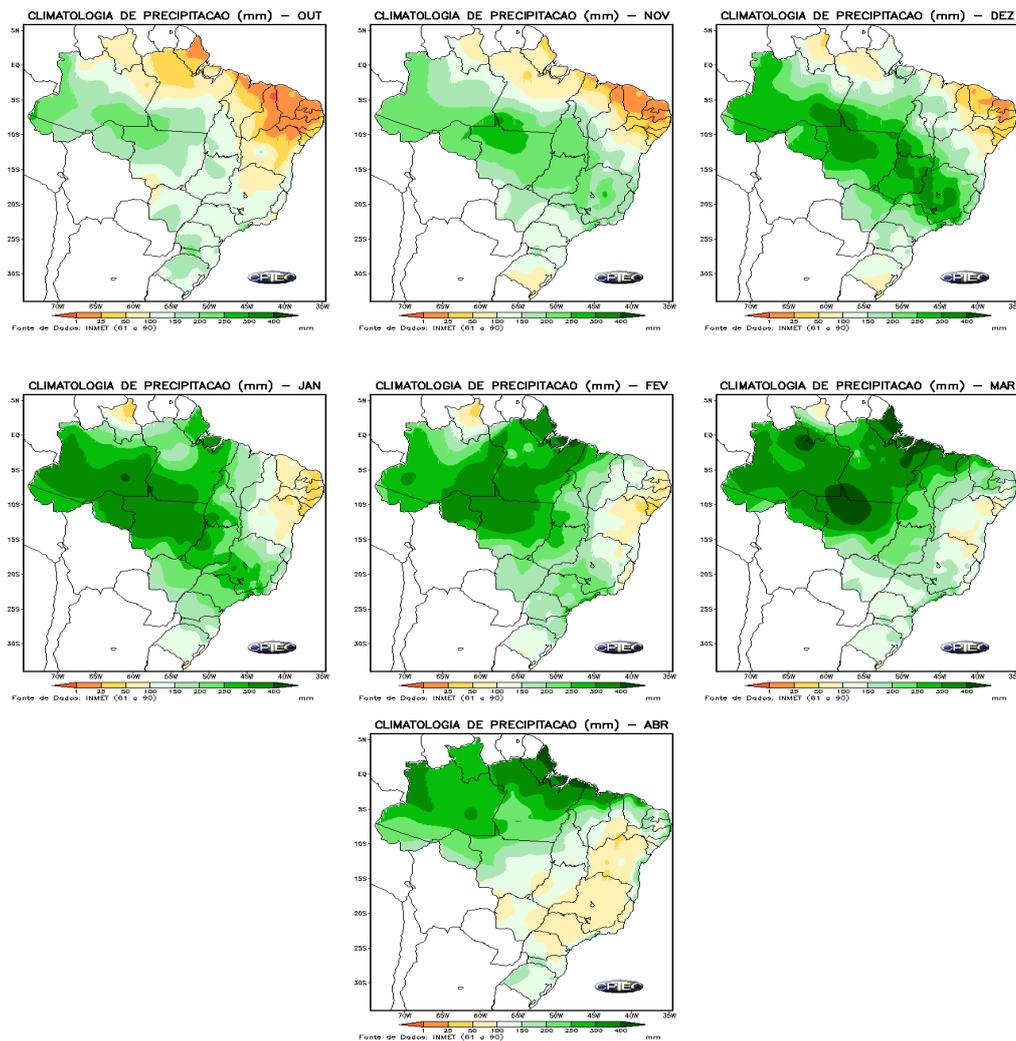


Figura 1.3-Climatologia de precipitação com base nas Normais Climatológicas de 1961 a 1990 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).
Fonte: INPE/CPTEC (2013)

1.4.Motivação

A principal motivação para o estudo de ciclones na região do Atlântico Sul próximo à costa das Regiões Sul e Sudeste é melhorar a previsão de tempo, incluindo o aperfeiçoamento de modelos numéricos de previsão, possibilitando com isso, ações no sentido de minimizar perdas de vidas e de recursos, uma vez que sua atuação direta de ciclones ou a conseqüente intensificação de outros sistemas meteorológicos na região,

podem impactar severamente a população e atividades econômicas dessas importantes regiões do país.

1.5.Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é estudar os ciclones que ocorreram no Oceano Atlântico Sul, próxima à costa das Regiões Sul e Sudeste do país, nos meses de outubro a abril dos anos de 2003 a 2013, bem como identificar os principais padrões de circulação atmosférica associado com a ocorrência de ciclones nessa região do Atlântico.

2. REVISAO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fundamentação teórica

Primeiramente, cabe lembrar alguns conceitos já consagrados pela literatura (ANTHES, 1982; GRAY, 1968; dentre outros) no que se refere a ciclones tropicais, subtropicais e híbridos e extratropicais.

Os ciclones surgem dentro da circulação geral da atmosfera e são exemplos de sumidouros de energia térmica. Apesar dos ciclones surgirem e se desenvolverem dentro de fortes condições de instabilidade e geralmente se apresentarem com fortes ventos, seus ciclos de vida se desenrolam com o objetivo de estabilizar e homogeneizar a atmosfera. Eles são classificados em extratropicais, subtropicais e tropicais, em função da região onde atuam, de seu ciclo de vida e da fonte de energia pela qual se mantêm. Como essas regiões possuem características muito diferentes, os processos de formação destes vórtices também são diferentes.

Os ciclones extratropicais retiram sua energia dos contrastes horizontais de temperatura. Estão associados a sistemas frontais frios, onde se tem acentuado gradiente de temperatura e/ou de espessura entre os níveis de 500/1000 hPa e de temperatura de ponto de orvalho, além de acentuado gradiente de pressão e de apresentar o jato polar bem definido em 250 hPa associado à frente em superfície. A Figura 2.1 ilustra as etapas típicas de desenvolvimento de uma onda frontal: inicia-se com ondulação no campo de pressão no primeiro dia; aproximação de um cavado em níveis médios da troposfera (dia 2); aprofundamento e contínuo deslocamento desse cavado para oeste, intensificando a baixa em superfície e amplificando a onda frontal (dia 3) e deslocamento do cavado e do sistema frontal para leste e oclusão do ciclone (mistura do ar frio com o ar quente) no dia 4.

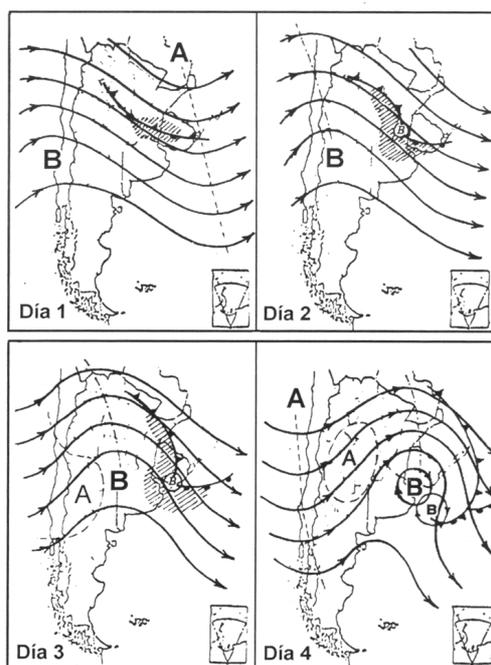


Figura 2.1- Vento em altitude associado às diferentes etapas do desenvolvimento de uma onda frontal clássica em superfície, numa sequência de quatro dias.
 Fonte: Celemin (1997).

Em seu estudo, Dacre et al (2012) mostra o percentual de coberturas de nuvens para os principais níveis de pressão e no corte transversal no caso clássico de ciclones extratropicais (Hemisfério Norte). Pode-se notar que, diferentemente do caso de ciclones tropicais, a concentração de nuvens ocorre mais na superfície e no centro do sistema (Figura 2.2).

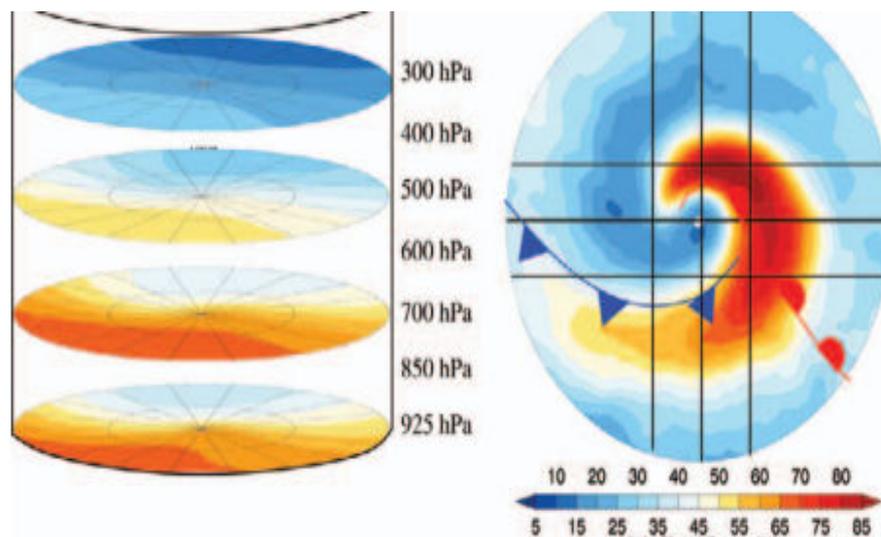


Figura 2.2: percentual de coberturas de nuvens para os principais níveis de pressão e no corte transversal no caso clássico de ciclones extratropicais (Hemisfério Norte).
 Fonte: Dacre et al (2012)

Ressalta-se que eles são bem mais frequentes que os outros tipos de ciclones e quase sempre são observados em série, eventualmente denominados família de ciclones.

Por outro lado, as frentes subtropicais ou cavados baroclínicos (Figura 2.3) possuem fraco gradiente de temperatura e/ou de espessura entre os níveis de 500/1000 hPa, fraco gradiente de pressão, significativo gradiente de água precipitável e não há jato polar associado diretamente, porém quase sempre, aparece o jato subtropical.

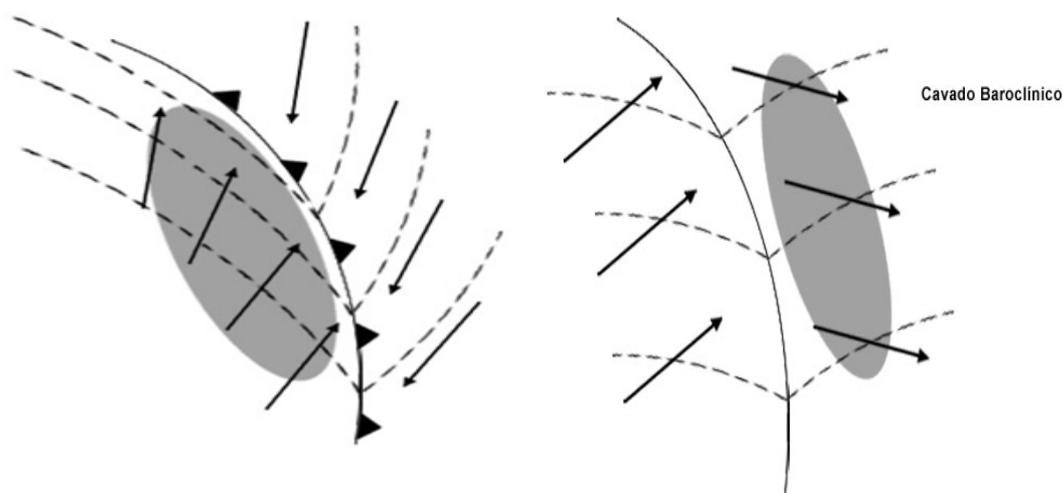


Figura 2.3- Modelo conceitual de frente fria clássica (esquerda) e de frentes subtropicais ou cavados baroclínicos (direita).
 Fonte: adaptado de Sanders (2005).

Os ciclones que se formam na costa sul/sudeste do Brasil deslocam-se para leste ou sudeste com velocidade média de 9 m/s, percorrem distâncias de aproximadamente 2700 km e possuem tempo de vida médio de 3 dias (REBOITA et al, 2009).

Ciclones tropicais, furacões ou tufões são termos genéricos para sistemas de baixa pressão, sem sistemas frontais associados, que ocorrem sobre águas tropicais ou subtropicais, com temperaturas acima de 26,5°C e fraco cisalhamento vertical dos ventos (definido como a magnitude da diferença do vento em 850 e 200 hPa abaixo de 8 m/s). Além disso, os ciclones tropicais têm como características a forma organizada das tempestades (simetria), o diâmetro típico da ordem de 300 a 800 km, e mínimo de pressão no centro, região que apresenta céu claro e ventos fracos e é denominada de “olho do furacão” (Figura 2.4).

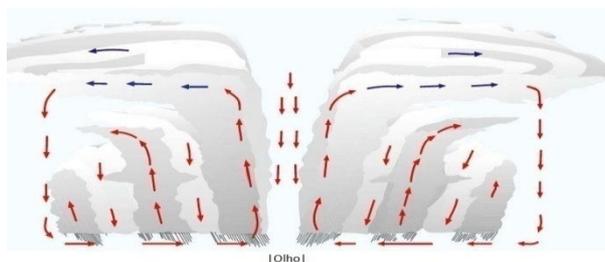


Figura 2.4 - Modelo conceitual de um ciclone tropical, evidenciando o seu olho, na parte central, e as diversas bandas sucessivas de cumulonimbus, cujos topos, vistos de cima, têm aspecto espiralado.

Fonte: Adaptado de Ahrens (2005).

Uma ocorrência de ciclones com características tropicais sobre o Oceano Atlântico Sul próximo à costa do Sul do país foi o caso do “Furacão” Catarina entre 23 e 28 de março de 2004. Segundo Pezza e Simmonds (2005), na sua fase inicial, o ciclone comportou-se como extratropical, sofrendo sua transição para tropical no dia 26/03/04 e se desprendendo do sistema frontal, como notamos na imagem de satélite GOES-12 (Figura 2.5). No entanto, o Catarina apresentou pequena quantidade de convecção, o que ajuda a explicar o fato de apenas um pequeno núcleo quente aparecer durante a fase madura do Catarina, sendo, portanto um ciclone raso, em concordância com o estudo feito por Rosa (2010). O Catarina chegou a atingir o Estado de Santa

Catarina, provocando a morte de onze pessoas e prejuízo de cerca de meio bilhão de dólares, segundo a Defesa Civil desse Estado

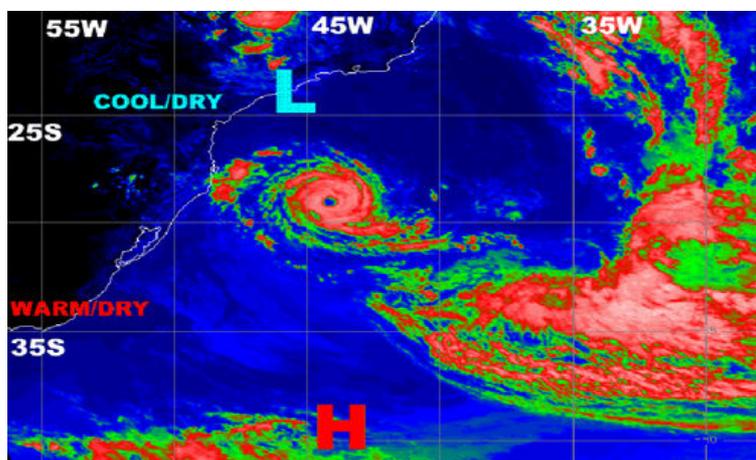


Figura 2.5- Imagem realçada do satélite GOES-12 às 16:39UTC de 26/03/04.
Fonte: Pezza e Simmonds (2005).

A Tabela 2.1 mostra um resumo das diferenças existentes das principais características entre os ciclones tropicais e os ciclones extratropicais.

Tabela 2.1 – Diferenças de características entre os ciclones tropicais e os ciclones extratropicais

CARACETRÍSTICAS	CICLONES TROPICAIS	CICLONES EXTRATROPICAIS
ENERGIA	Água quente >26,5; calor latente de condensação	Contraste horizontal de temperatura
Estrutura Vertical	Baixa quente	Baixa fria
Centro do Sistema	Movimento descendente	Movimento ascendente
Vento	Mais forte em superfície;baixo cisalhamento do vento	Mais forte em altitude;forte cisalhamento do vento
Isóbaras	Baixas não associadas à sistemas frontais	Baixas associadas a sistemas frontais
Tempestade	Possui simetria com diâmetro de 300 a 800 km	É assimétrico

O que se tem observado é que, na verdade, a maior parte dos ciclones não pertence aos tipos clássicos de tropicais ou extratropicais, apresentando comportamentos diferenciados, transitando entre esses dois extremos de forma contínua,

e até mesmo começando sua evolução com configuração de um tipo e terminando com o tipo extremo oposto. Nessa linha é que pesquisadores como Beven (1997) citado por Pezza (2008) e Hart (2003), passaram a classificar esses tipos de ciclones como híbridos, podendo apresentar transições durante suas fases de vida.

Algumas equações e teorias são comumente usadas para explicar a formação e intensificação de ciclones. Por esse motivo, faz-se a seguir uma breve descrição delas.

A teoria quase-geostrófica explicada em Holton (2004), vem nos mostrar que através da Equação da Tendência do Geopotencial (Equação 1) é possível prever se irá ocorrer o abaixamento ou aumento do geopotencial com o tempo (termo A, tendência local do geopotencial, proporcional a variação negativa do geopotencial com o tempo). O termo B, termo de advecção de vorticidade absoluta ou termo de deslocamento do sistema, é a principal forçante na alta troposfera. Analisando a leste do cavado no Hemisfério Sul, para uma situação de advecção de vorticidade relativa negativa, a tendência do geopotencial é diminuir e o sistema se deslocar para leste. O termo C, que corresponde à taxa de variação com a pressão da advecção horizontal de espessura, é proporcional à advecção de temperatura e, assim, quando positiva, acima de uma crista em 500 hpa, leva a um aumento do geopotencial com o tempo e desenvolve a crista; quando negativa e abaixo de um cavado em 500 hPa, leva a uma redução no geopotencial, amplificando o mesmo. Assim, esse termo é o principal mecanismo para a amplificação ou decaimento dos sistemas sinóticos de latitudes médias, sendo mais efetivo na baixa troposfera.

$$\underbrace{\left[\nabla^2 + \frac{\partial}{\partial p} \left(\frac{f_0^2}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} \right) \right]}_A \chi = - \underbrace{f_0 \mathbf{V}_g \cdot \nabla \left(\frac{1}{f_0} \nabla^2 \Phi + f \right)}_B - \underbrace{\frac{\partial}{\partial p} \left[-\frac{f_0^2}{\sigma} \mathbf{V}_g \cdot \nabla \left(-\frac{\partial \Phi}{\partial p} \right) \right]}_C \quad (1)$$

Adicionalmente, a Equação de Sutcliff (Equação 2) procura explicar a variação da vorticidade absoluta em superfície com o tempo a partir do conhecimento dos termos

de advecção de vorticidade absoluta no Nível de Não Divergência (NND em 500 hpa) e de espessura, de deslocamento, de estabilidade (ou adiabático) e aquecimento diabático, respectivamente. Ressaltamos que o primeiro termo do lado direito da equação é mais importante para o desenvolvimento e manutenção de sistemas ciclônicos em latitudes médias, onde a força do vento no NND é grande. No inverno, com o aumento do gradiente meridional de temperatura este também tende a ser maior.

O quarto termo (termo de estabilidade) do lado direito da equação, descreve o efeito da estabilidade estática da coluna atmosférica até NND; quando temos movimento ascendente, S é negativo e o laplaciano aplicado inverte o sinal e teremos no Hemisfério sul a produção de vorticidade anticiclônica (positiva) sobre o sistema de baixa pressão, o que significa que este termo atua como um freio ao desenvolvimento profundo do sistema. Por outro lado, movimento descendente favorece a ciclogênese.

O último termo (termo de aquecimento) do lado direito da equação, ao contrário do termo anterior, provoca a intensificação dos sistemas de baixa pressão, onde estão ocorrendo liberação do calor latente e/ou esteja havendo fluxo de calor sensível das camadas inferiores, ou aquecimento radiativo de onda longa.

Os dois termos da parte termodinâmica da equação de Sutcliff, no geral trabalham de maneira oposta. Estes termos são importantes nas latitudes baixas, onde os termos puramente dinâmicos tornam-se menos proeminentes. Os termos termodinâmicos são importantes quando há uma expressiva liberação de calor latente, como é o que ocorre em sistemas sinóticos extratropicais ou nas regiões de fonte de calor semi-estacionárias nas regiões equatoriais. Assim sendo, para uma análise nas regiões tropicais, estes termos devem ser olhados com maior detalhamento. Por fim, uma aplicação da Equação de Sutcliff pode ser encontrada no artigo de Reboita et al (2009).

$$\frac{\partial Q_0}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla Q)_p - \frac{R}{f} \nabla_p^2 \int_p^{p_0} (A_T + S + H) d \ln p \quad (2)$$

onde: Q_0 é a vorticidade absoluta em superfície; primeiro termo do lado direito da igualdade, é a advecção de vorticidade absoluta; $\nabla^2 A_T$ é o laplaciano da advecção de

espessura; $\nabla^2 S$ é o laplaciano do termo de estabilidade ; $\nabla^2 H$ é o laplaciano do termo de aquecimento/resfriamento diabático.

2.2. Estudos aplicados

No que se refere às diferentes metodologias usadas para identificação de baixas pressões (ciclones) no Oceano Atlântico, Gan e Rao (1991), utilizaram 04 cartas diárias de superfície fornecidas pelo IAE (Instituto de Atividades Espaciais), imagens de satélites disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para o período de jan/79 a dez/88, e dados mensais de 08 estações de radiosondagens obtidos do "*Monthly Climatic Data for the World*" para o período de jan/78 a dez/87. A existência de um ciclone foi considerada quando houvesse pelo menos uma isóbara fechada, traçada com um intervalo de 2mb. O sistema de baixa pressão deveria persistir por pelo menos em 04 cartas consecutivas e para o início da ciclogênese, considerou-se o horário da carta em que apareceu a primeira isóbara fechada.

Por outro lado, Sinclair (1997) em seu estudo, usou o campo de geopotencial em dois horários diários, por pelo menos dois dias (quatro ou mais análises) fornecidos pelo ECMWF durante o período de 1980 a 1994.

Hart (2003), usou como critérios para identificação de ciclones a existência de um mínimo local de pressão inferior a 1020 hPa dentro de uma caixa de 5° , o tempo de vida de pelo menos 24 horas visando evitar dados espúrios, e o gradiente de pressão ao nível médio do mar superior a 2 hPa dentro da caixa de 5° , a fim de evitar numerosos mínimos de pressão num campo de pressão geralmente uniforme, sendo comparável ao utilizado pelo NCEP para detecção de trajetória de ciclones tropicais (gradiente de 1 hPa);

Hodges (2005) trouxe em seu estudo, uma técnica de rastreamento dos ciclones através do algoritmo *track* que se baseia, resumidamente em quatro etapas: envolve a aplicação de um filtro espectral passa banda, para remover escalas planetárias com número de ondas menor ou igual a 5; os objetos ciclônicos são identificados como anomalias negativas da vorticidade no nível escolhido; diagnosticar se os pontos de

grade tem as mesmas características dentro do mapa binário utilizado e, por fim, verificação do ponto de grade mais próximo com a mesma característica e associa a mesma trajetória e a otimização de uma função custo construída a partir de medidas de suavização da trajetória local.

Mendes (et al 2009) por sua vez, sugeriu identificar os ciclones a partir da verificação de isóbaras fechadas em uma área de $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ de ponto de grade; valor máximo de 1015 hPa para a pressão central do sistema de baixa pressão e gradiente médio da pressão de 0.55 hPa/250 km estimado em uma área de 5° de latitude por 7° de longitude.

Por outro lado, Murray e Simmonds (1991) identificou mínimos de pressão comparando os valores com pontos de grade da vizinhança e considerou um espaçamento de grade que tenha o valor máximo do laplaciano da pressão para identificação dos ciclones.

Seguindo o esquema objetivo de identificação dos ciclones proposto por Murray e Simmonds (1991), Pezza e Ambrizzi (2003) usaram o campo da pressão ao nível médio do mar a cada 12h, adequado para séries climatológicas, no período de 1973 a 1996, meses de junho a agosto no Hemisfério Sul, se utilizando de dados de reanálise do NCEP/NCAR. Consideraram ainda pressão central das baixas, aqueles inferiores a 1015 hPa.

3. METODOLOGIA E DADOS

3.1. Dados utilizados

Para se atingir o objetivo proposto, considerou-se a área de estudo limitada por 15°S e 35°S de latitude e 50°W e 30°W de longitude, próximo à costa das Regiões Sul e Sudeste do país, como mostra a Figura 3.1:



Figura 3.1 - Área de estudo destacada em vermelho.

O período de estudo é de outubro a abril dos anos de 2003 a 2013, iniciando em outubro de 2003 e terminando em abril de 2013, totalizando um período de 10 anos.

O seguinte conjunto de dados foi usado neste estudo:

- Reanálise ERA-Interim (DEE, 2011), desenvolvido pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*) que são disponíveis desde 1979 até o presente. As reanálises do ERA-Interim envolvem a recuperação de informações coletadas sobre a superfície e sobre oceanos através de navios, aviões, radiossondas e satélites. Essas informações foram computadas por meio de um sistema de assimilação de dados que é mantido constantemente atualizado, sendo o atual o 4DVAR. Os avanços nas suas formulações aliadas à implementação de uma rede maior de dados observacionais e ao aumento na

resolução horizontal, tornam as reanálises do ERA-Interim mais confiáveis em relação às reanálises anteriores do ECMWF (ERA-15 e ERA-40).

No estudo desenvolvido por Quadro et al. (2012), das novas gerações de Reanálise, quais sejam, ERA-Interim do ECMWF, MERRA (*Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications*) produzido pelo GSFC/NASA e o CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*), do NCEP, todas as reanálises representam bem o ciclo anual dos produtos de precipitação, mas o CFSR é o que mostra o menor viés para todo o continente. Quadro (2012) ressalta ainda que o melhor desempenho dessa nova geração de reanálise deve-se ao fato de utilizarem modelos acoplados oceano-atmosfera, além da alta resolução espacial dos modelos e também a assimilação de radiâncias. Segundo Simmonds et al (2007) e Quadro et al. (2012), o maior avanço do ERA-Interim reside no sistema de assimilação de dados que usa o 4D-Var (com ciclos de 6 e 12 horas de assimilação), o que melhora substancialmente o desempenho da previsão, especialmente no Hemisfério Sul.

Uma comparação dos dados da Reanálise ERA-Interim e CFSR para o campo de pressão ao nível médio do mar aplicado a um caso específico de chuva extrema que ocorreu no Rio de Janeiro em janeiro de 2011 é mostrado nas Figuras 3.2 e 3.3. No que se refere à localização e intensidade das baixas pressões fechadas na costa do Sul e Sudeste do país, pode-se notar equivalente detalhamento da baixa na Reanálise do ERA-Interim em relação ao CFSR.

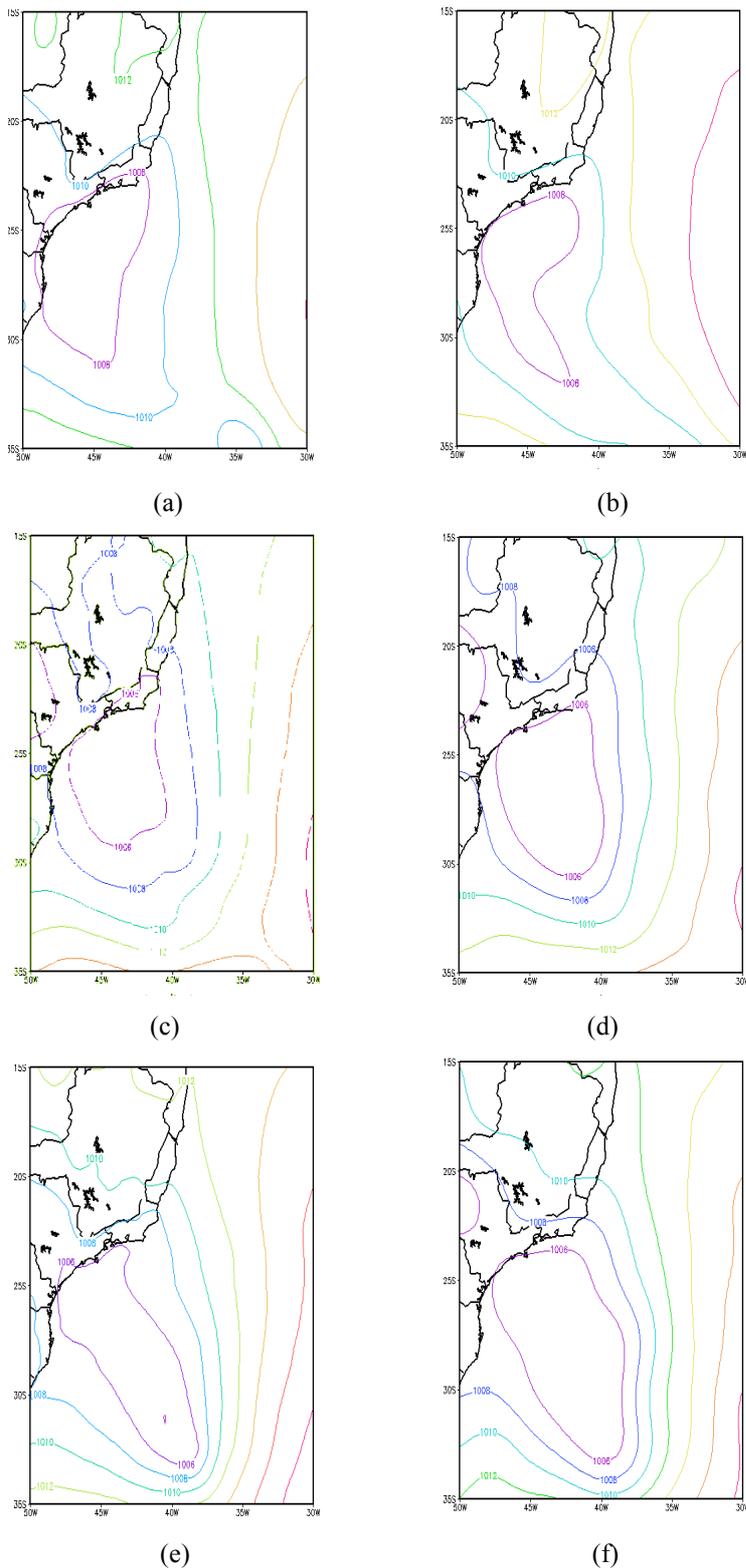


Figura 3.2 - Representação dos dados de Pressão ao Nível Médio do Mar de acordo com a Reanalise Era Interim (à esquerda) com a Reanalise CFSR (à direita) nas datas 10/01/11 12 UTC (a) e (b); 11/01/11 00 UTC (c) e (d) e 11/01/11 12 UTC (e) e (f).

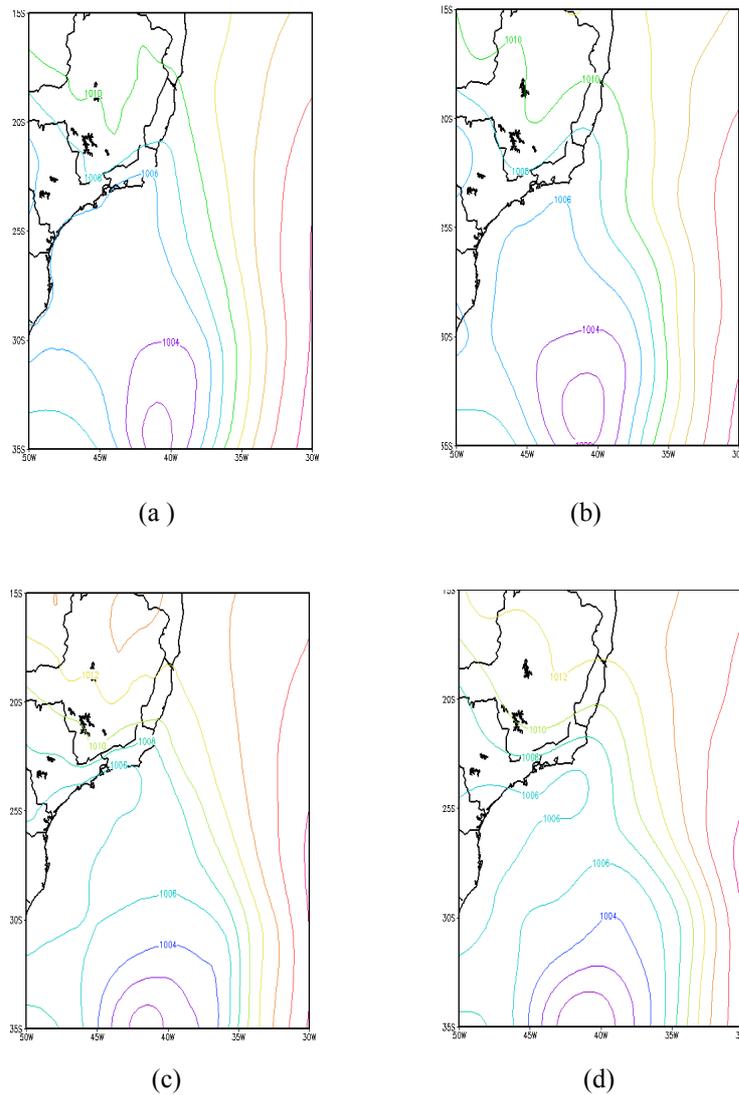


Figura 3.3 - Representação dos dados de Pressão ao Nível Médio do Mar de acordo com a Reanalise Era Interim (à esquerda) com a Reanálise CFSR (à direita) nas datas 12/01/11 00 UTC (a) e (b) e 12 UTC (c) e (d)

As variáveis meteorológicas selecionadas nesse estudo foram: Pressão ao Nível médio do Mar (PNMM), com resolução de 0.5° ; componente zonal e meridional do vento em 10 metros (U-WIND e V-WIND) e vorticidade relativa em 500 hPa.

- Produtos específicos desenvolvidos pelo GPT (Grupo de Previsão do Tempo) do CPTEC/INPE, tais como figuras, gráficos, boletins técnicos e análises sinóticas, dentre outros.

3.2.Método empregado

Muitos estudos têm sido realizados utilizando métodos automáticos objetivos, com o intuito de determinar, principalmente, as características de sistemas de escala sinótica. Neste sentido, a utilização de métodos objetivos tem sido muito útil para detecção e acompanhamento de sistemas transientes, assim como para a avaliação de suas características físicas e dinâmicas. A metodologia utilizada é composta dos seguintes critérios para identificar os ciclones:

- Área de estudo de 15°S e 35°S de latitude e 50°W e 30°W de longitude, correspondendo ao Oceano Atlântico Sul, próximo à costa das Regiões Sul e Sudeste do Brasil;
- Período de estudo de 2003 a 2013, meses de outubro a abril, uma vez que nessa época do ano (em especial no verão) ocorrem com mais frequência ciclones na costa das Regiões Sul e Sudeste;
- Detecção, de forma objetiva, de um mínimo local de pressão ao nível médio do mar inferior a 1015 hPa associado a um gradiente médio da pressão de 0,4 hPa/100km estimado em uma área 5°x5°, semelhante aos critérios utilizados por Mendes, et al , 2009.

A razão da escolha do gradiente médio de 0,4/100 km é devida ao fato de gradientes médios de valores mais altos, por exemplo, 0,8/100 km e 1,0/100 km não captarem uma quantidade significativas de casos de mínimos de pressão associados às isóbaras fechadas, como pode se notar

na Tabela A.1 do Apêndice A. Resumidamente, considerando o período de out/12 a abr/13, foram identificados os seguintes números de casos que atendem os critérios estabelecidos para diferentes gradientes médios (Tabela 3.1):

Tabela 3.1: Número de casos de mínimos de pressão para diferentes valores de gradientes médios no período de out/12 a abr/13

gradientes médios/100km	números de casos
0,2	16
0,4	15
0,6	13
0,8	5
1,0	2

O uso de gradiente médio de 0,2/100 km detectou apenas um caso a mais que o gradiente médio de 0,4/100 km. Em contrapartida, mostrou um considerável aumento de mínimos de pressão que não correspondem a isóbaras fechadas e à área de estudo, “poluindo” os mapas.

Ademais, nos eventos do “Furacão” Catarina em março de 2004 e a da enchente na região serrana do Rio de Janeiro em novembro de 2011, quando ocorreu a formação de um ciclone na costa da Região Sudeste associado à Zona de Convergência do Atlântico Sul, dentre outros casos selecionados, foram melhor representados quando adotado o gradiente médio de 0,4/100 km, em comparação com os demais gradientes.

- Tempo de vida de pelo menos 24 horas, conforme HART, 2003;
- Intervalo de 12 horas (PEZZA; AMBRIZZI, 2003), nos horários sinóticos de 00 UTC e 12 UTC;
- Isóbaras fechadas (GAN; RAO, 1991) associadas ao mínimo de pressão.

Optou-se pelo intervalo entre as isóbara de 2 hPa, ao invés de 4 hPa, por trazer vantagem de ter mais precisão na detecção da formação dessas baixas. A título de exemplo, podemos notar a diferença significativa nos campos de pressão para o dia 11/03/10 00 UTC, a partir de dados da Reanálise do ERA-Interim (resolução de 0,5 grau), onde se detecta duas baixas fechadas na região de estudo com a adoção do intervalo de 2 hPa entre as isóbaras, enquanto que nenhuma baixa fechada é mostrada quando se adota o espaçamento de 4 hPa (Figura 3.4):

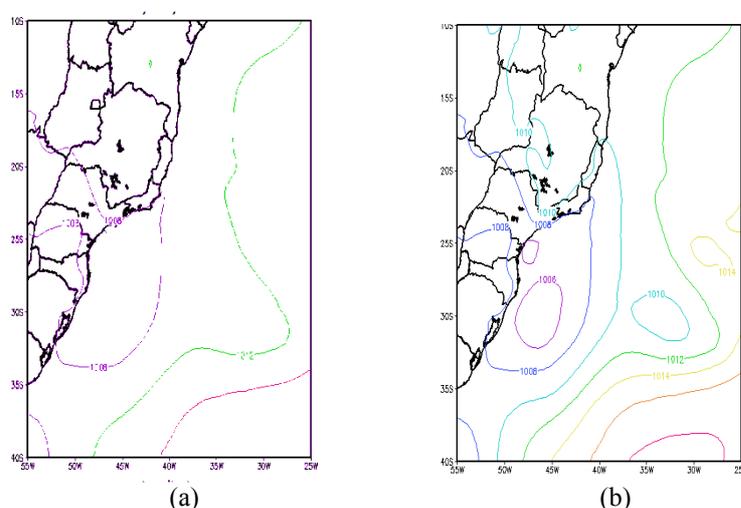


Figura 3.4 - Pressão ao Nível Médio do Mar com intervalo entre as isóbaras de 4 hPa (a) e de 2 hPa (b) em 13/01/10 00 UTC.

Para atender à identificação objetiva dos ciclones, desenvolveram-se rotinas com base nos dados disponíveis de pressão ao nível médio do mar oriundos da Reanálise ERA-Interim no período de estudo.

A rotina avalia se a pressão em um ponto é menor que 1015 hPa, e posteriormente avalia se a pressão neste ponto é menor que a pressão nos outros pontos dentro da grade de $5^\circ \times 5^\circ$. O número de pontos na grade é 121 (11 x 11, com espaçamento de $0,5^\circ$), o que resulta em 120 excluindo o ponto em análise. Assim, quando os 120 pontos no entorno apresentam pressão maior que o ponto central, este ponto é um mínimo de pressão. É calculado então o gradiente médio de pressão na caixa de $5^\circ \times 5^\circ$. O gradiente é calculado em cada ponto por diferenças finitas, e o gradiente

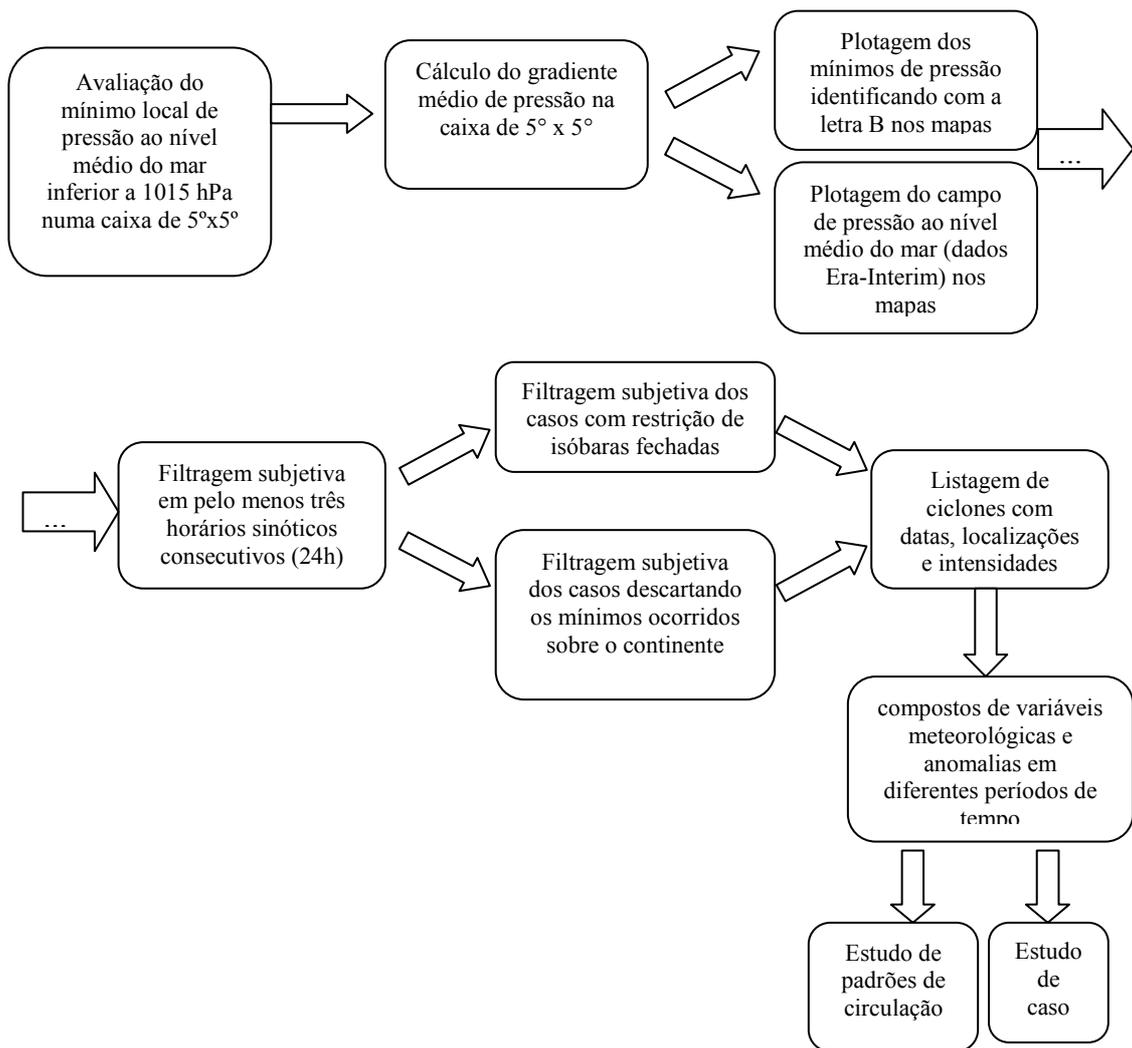
médio é obtido somando-se esses gradientes e dividindo pelo número de pontos na grade (121), respeitando o limite estipulado de 0,4 hPa/100km.

Satisfeitas as condições, mínimos de pressão são marcados com a letra B nos mapas na região de estudo, nos dias e horários sinóticos de ocorrência. Nesses mapas, também são plotadas as isóbaras, com intervalo de 2 hPa, conforme base de dados do ERA-Interim, campo de pressão ao nível do mar, com resolução horizontal de 0,5 grau.

A seguir, fez-se um agrupamento (análise subjetiva) dos casos que contemplam os critérios de permanência de isóbara fechada associadas aos mínimos de pressão na região de estudo por 24h (três horários sinóticos de intervalo de 12 horas consecutivos), gerando uma lista que contempla as datas, localizações e intensidades dos ciclones (Tabela A.2 do Apêndice A).

A partir dessa lista, foram feitos compostos (médias) de campos de diversas variáveis meteorológicas usando dados de reanálise e estudo dos padrões de circulação.

A seguir, um diagrama ilustra resumidamente os passos descritos na metodologia:



4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Resultados alcançados

A lista de todas as ocorrências de ciclones que contemplam os critérios explicitados anteriormente, com a data e hora (em UTC), o posicionamento (latitude e longitude) e pressão central das baixas (em hPa) está disponível na Tabela A.2 do Apêndice A.

O tempo de vida dos ciclones dentro da área de estudo variou, sendo de pelo menos de 24h (três horários sinóticos consecutivos, de 00 UTC e 12 UTC). Em alguns casos, chegou a 08 dias, como foi o caso do ciclone número 09 (“Furacão” Catarina), de 20 a 28 de março. Outro ciclone (número 102), também chegou a um ciclo de vida de 08 dias (de 25 de dezembro de 2009 a 03 de janeiro de 2010). A tempestade tropical Anita de março de 2010, foi identificada como o caso 106, e durou três dias e meio. No que se refere à intensidade, se destaca os ciclones de número 101 (dez/09) e 110 (abr/10), que apresentaram valores do mínimo de pressão inferiores a 1000 hPa e a 990 hPa, respectivamente.

O número total de casos de ciclones foi de 169 na região e período de estudo, o que corresponde a uma média aproximada de 17 casos por temporada outubro/abril (Tabela 4.1).

Fica claro um frequência mais significativa de ciclones (27, contra uma média de 17), no período de 2008 a 2009. Um dos motivos para tal disparidade, pode estar relacionado à ocorrência de La Nina, que corresponde à fase fria do El Nino Oscilação Sul (ENOS), que vinha ocorrendo desde meados de 2007, com intensidade mais significativa ao longo de 2008 e permanecendo, ainda que com menor intensidade, até início de 2009, conforme identificado pela área em azul (negativa) do índice Oceanic Nino Index - ONI (NOAA/CPC) ilustrado na Figura 4.1.

Cavalcanti (2009) menciona o estudo de Gan e Rao (1991) que aponta a existência de uma variação interanual importante na frequência de ocorrência de ciclogêneses e que evento de La Nina tende a favorecer o aumento dessa frequência de ciclones. Esse raciocínio também pode ser aplicado para o período de 2010/2011 onde

se obteve um considerável número de casos (23), onde também se verificou também uma fase de La Nina.

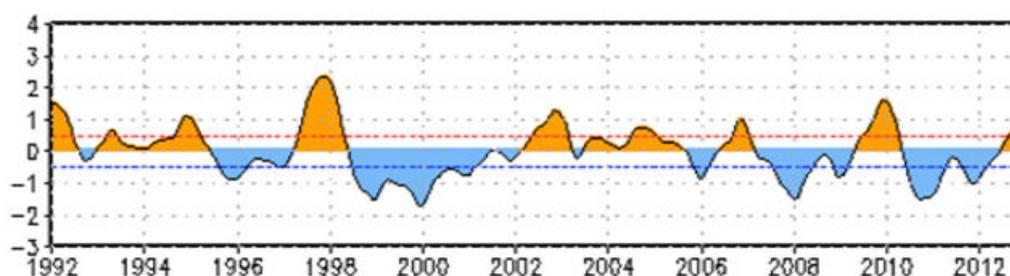


Figura 4.1: Evolução do ONI (*Oceanic Niño Index*) de 1992 a 2012. Entre as faixas pontilhadas em vermelho e azul (valores entre -0,5 e +0,5), caracterizado Evento Neutro; valores do índice acima da faixa vermelha, El Niño e valores abaixo da faixa azul, La Niña.

Fonte: NOAA/CPC, disponível em:

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

Pela Figura 4.1, também, pode-se notar a situação de neutralidade e El Niño fraco atuando de meados de 2002 a meados de 2004, o que pode explicar uma diminuição na frequência de ciclones entre 2003 e 2004 observado (09 casos contra a média de 17).

Tabela 4.1: Casos de ciclones por temporada

Temporada outubro a abril	Nº de Casos (mínimo 03 horários)	Nº Horários	Média da Pressão Central
2003/2004	09	52	1008,35
2004/2005	16	78	1007,56
2005/2006	17	66	1008,55
2006/2007	10	56	1007,26
2007/2008	16	57	1009,25
2008/2009	27	108	1008,24
2009/2010	16	81	1006,33
2010/2011	23	97	1007,41
2011/2012	20	85	1006,50
2012/2013	15	61	1007,30
Média aproximada	17	74	1007,68

4.2. Análise dos compostos

A análise de compostos de variáveis meteorológicas representam médias nos períodos de tempo escolhidos e foram divididos em mensais, por temporada de outubro a abril e, total, de 2003 a 2013, englobando todos os casos. As variáveis selecionadas foram pressão ao nível médio do mar (hPa), escoamento em 250h, em 500 hPa e em 850 hPa (m/s), vorticidade relativa em 500 hPa (s^{-1}) e anomalias da pressão ao nível médio do mar (hPa), da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa e da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa. Foi feito também análise dos campos um dia antes das datas de registro dos casos, sendo as situações mais significativas ilustradas aqui, primeiramente com a figura do dia do caso e, em seguida, como estava no dia anterior.

4.2.1. Análises mensais

➤ Outubro

Na Figura 4.2, observa-se isóbaras fechadas em superfície denotando a presença de baixas pressões sobre o Atlântico Sul, com valor de 1014 hPa, embebida numa região de anomalia negativa da pressão ao nível médio do mar, como nota-se nos tons em azul na Figura 4.2 (b). No entanto, essa maior anomalia observada pode ser explicada pelo campo de pressão apresentar valores mais elevados nesse mês devido ao posicionamento climatológico da Alta Subtropical do Atlântico Sul.

O escoamento médio em 850 hPa aparece ciclônico com significativa anomalia de ventos de sul à oeste dos ciclones. No dia anterior, o escoamento de sul foi menos intenso se comparado à média climatológica, e não chegou a fechar uma baixa pressão nesse nível, mas manteve uma circulação ciclônica posicionada mais a oeste, em direção ao sul do país.

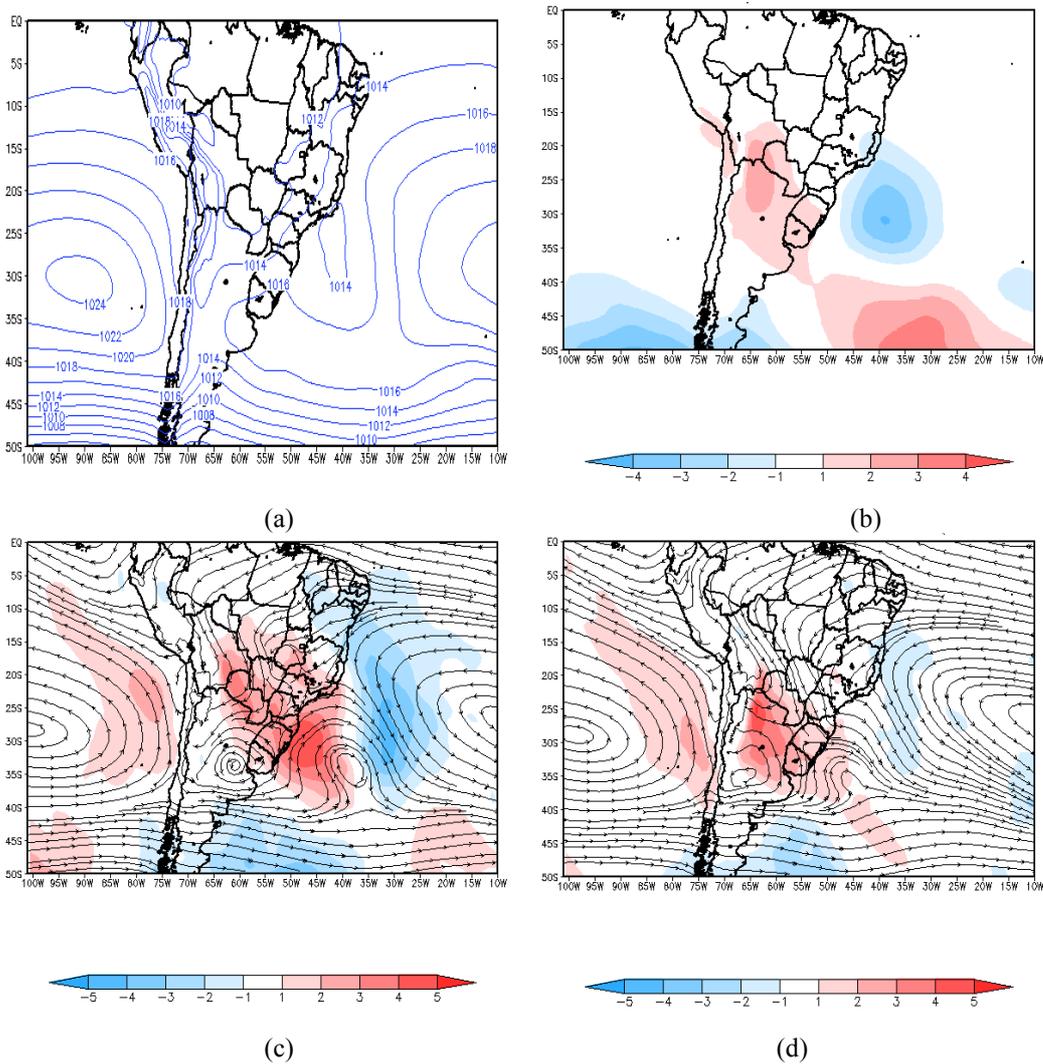


Figura 4.2- Compostos de Outubro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

As linhas de corrente em níveis médios mostram um cavado não muito significativo sobre o Atlântico Sul, associado a uma área de vorticidade ciclônica (valores negativos em azul). No dia anterior, o composto mostra uma área menor de vorticidade ciclônica mais próxima ao litoral do Sul do país. Quanto ao escoamento em 250 hPa, a presença de uma circulação anticiclônica sobre parte das Regiões Norte e Centro-Oeste, gera difluência no escoamento sobre o Centro-Sul do país, favorecendo a convergência de massa em baixos níveis. O escoamento foi anormalmente mais intenso desde o centro-norte da Argentina ao Sul do Brasil indo em direção ao Atlântico Sul,

caracterizando uma região mais baroclínica, o que ajuda a explicar o ciclone em superfície nos campos médios. No dia anterior, a intensidade dessa anomalia foi menos significativa.

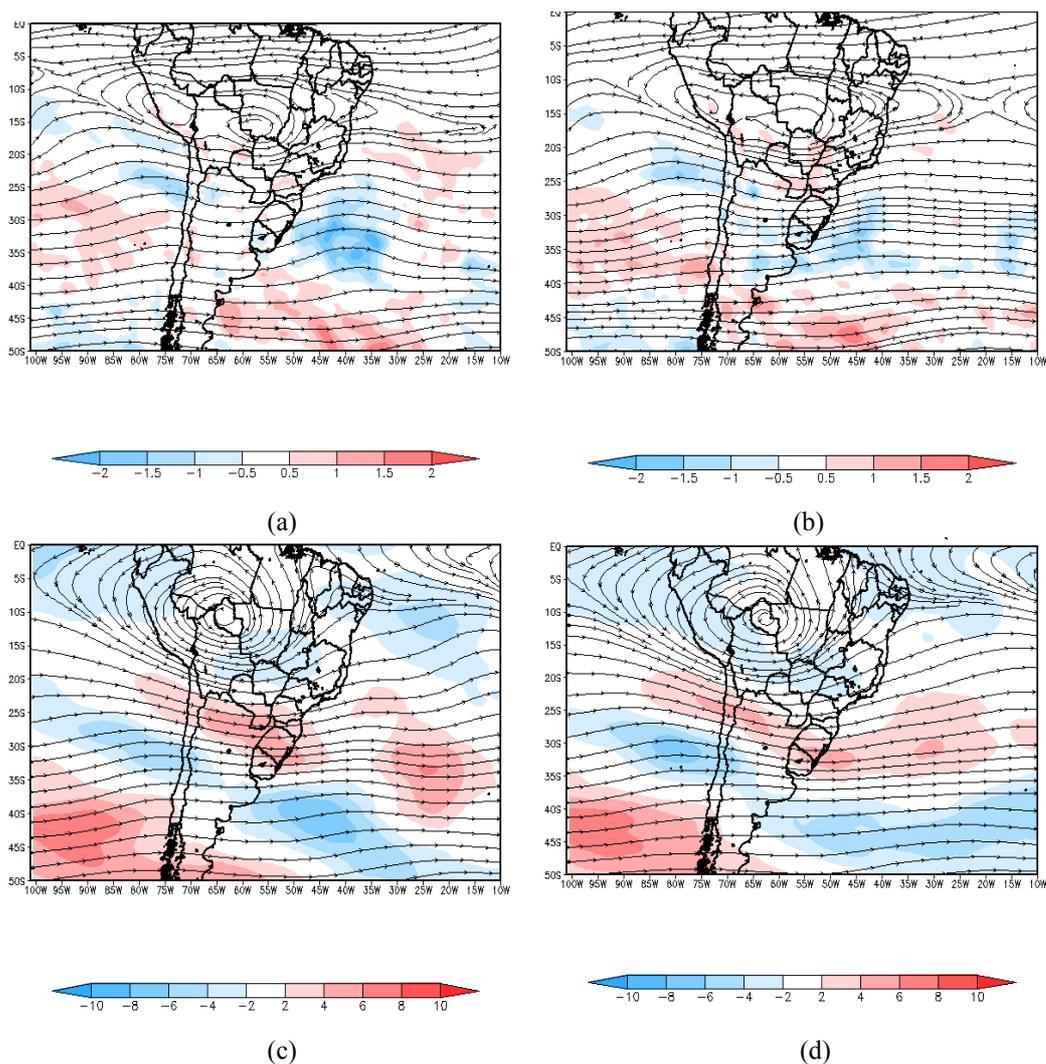


Figura 4.3- Compostos de Outubro de Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5} s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

➤ **Novembro, Dezembro e Janeiro**

Os compostos desses meses mostraram-se semelhantes, como mostram as Figuras 4.4 a 4.9.

Nota-se uma circulação ciclônica na forma de cavado invertido nas isóbaras associada a uma região de anomalia negativa de pressão ao nível médio do mar sobre o Atlântico Sul, sendo mais significativa em novembro. O escoamento em baixos níveis foi direcionado ao Sudeste do país bem como ao Oceano Atlântico adjacente, fechando circulação ciclônica nesse nível nos compostos de dezembro e janeiro.

Algumas diferenças aparecem em níveis médios da troposfera, com a presença de cavados mais aprofundados sobre a Região Sul do país e Oceano Atlântico adjacente nos meses de dezembro e janeiro, bem como áreas de vorticidade negativa (ciclônicas) mais significativas nesses dois meses, incluindo na análise do dia anterior.

Por outro lado, a anomalia da componente zonal do vento em altitude foi pouco expressiva em dezembro, mas foi relativamente mais representativa em novembro e em janeiro, se posicionando mais ao norte, sobre a Região Sul do país. Verificou-se nesses três meses, difluência dos ventos sobre o Sudeste do país, associada à Alta da Bolívia e ao cavado e ou Vórtice do Nordeste, provocando convergência de massa em superfície.

Os efeitos provocados pelo comportamento dos escoamentos ao longo da coluna troposfera, não foram suficientes para provocar o fechamento de baixas pressões em superfície, que apenas denotaram cavamentos no campo de pressão, menos significativos em dezembro e janeiro.

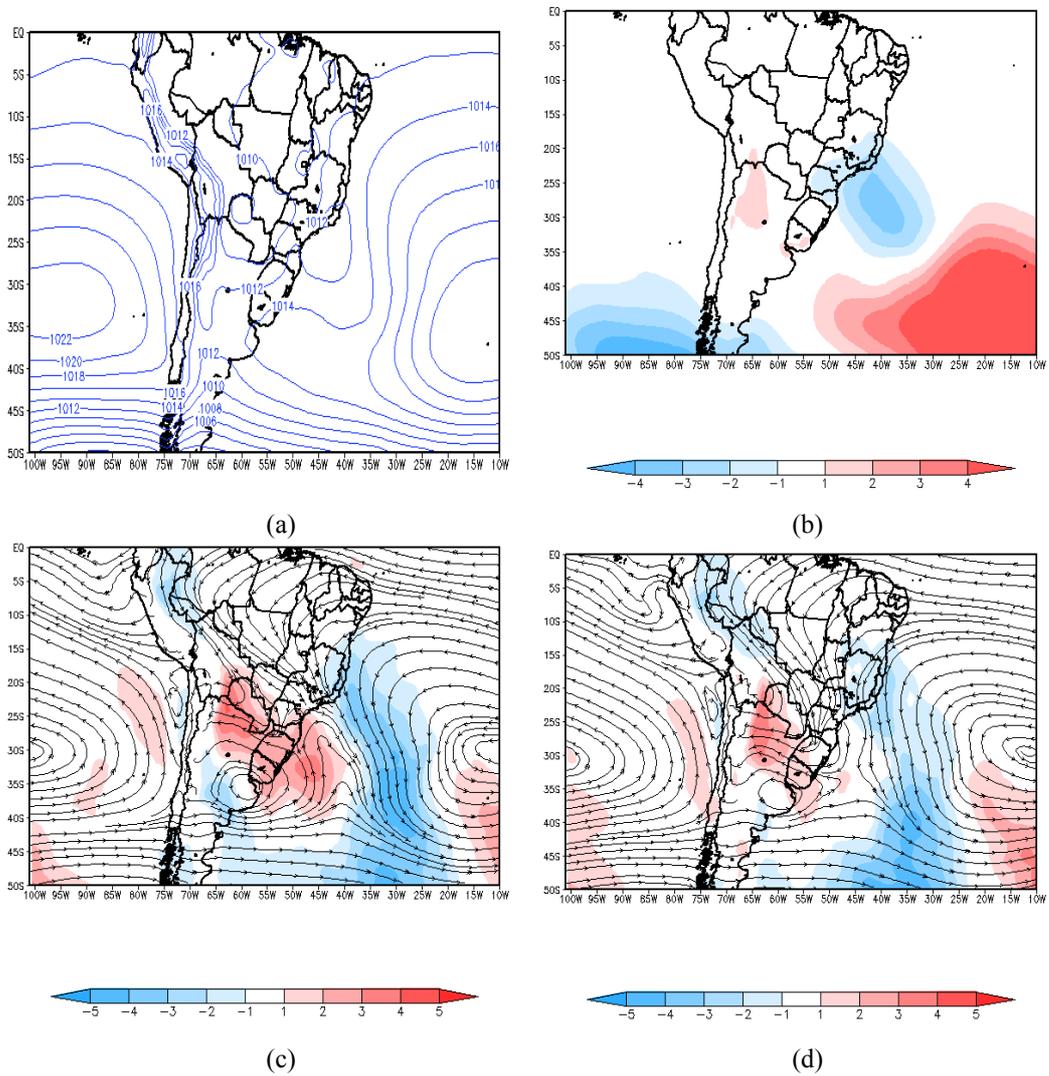


Figura 4.4- Compostos de Novembro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

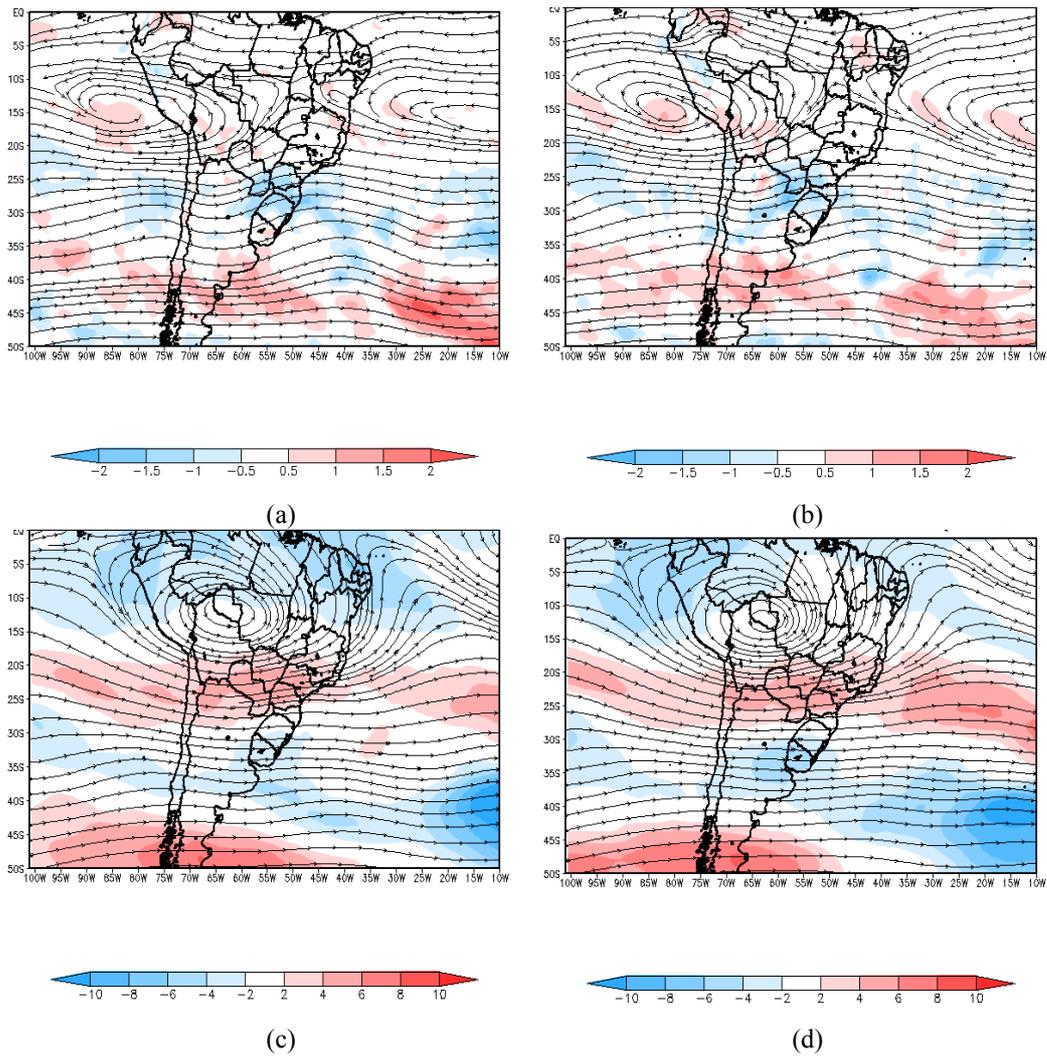


Figura 4.5- Compostos de Novembro de Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa (10^{-5}s^{-1}) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

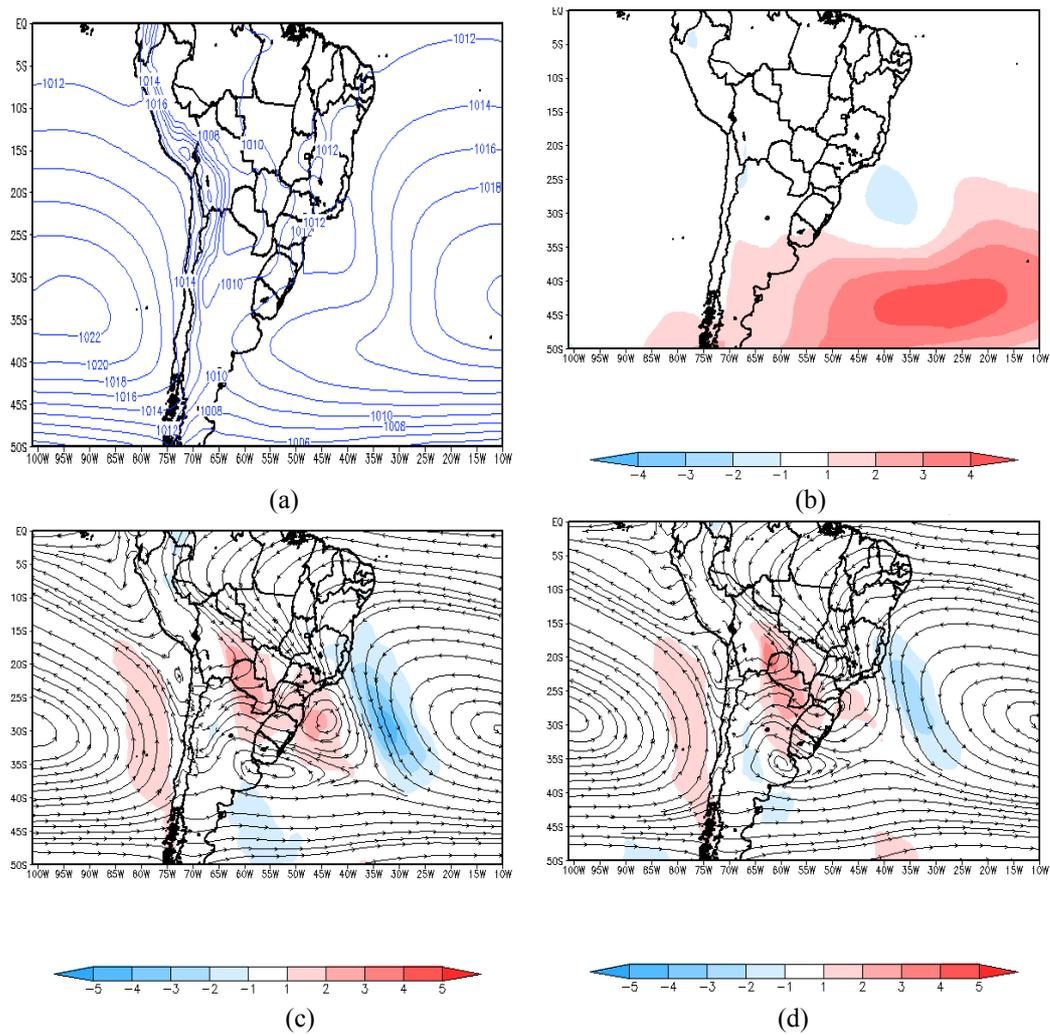


Figura 4.6- Compostos de Dezembro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

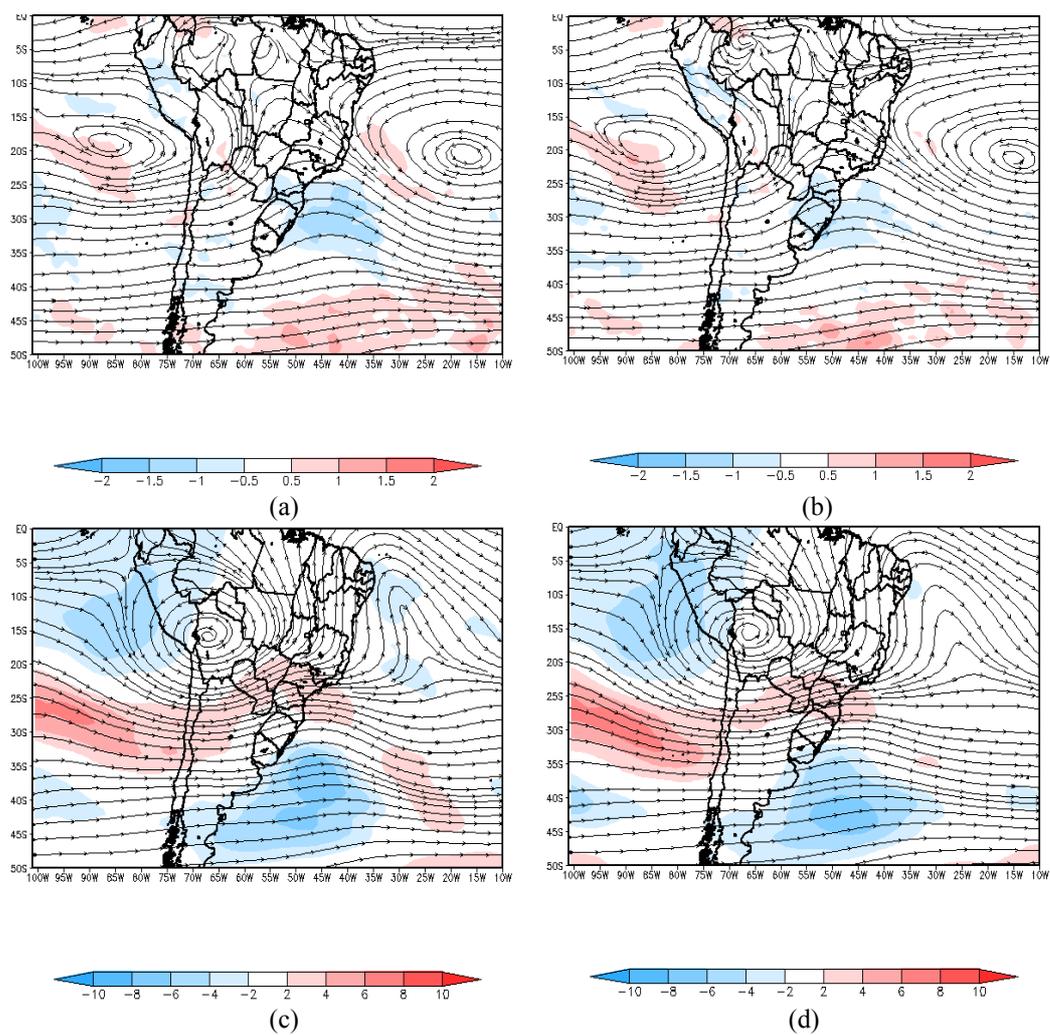


Figura 4.7- Compostos de Dezembro de Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5} s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

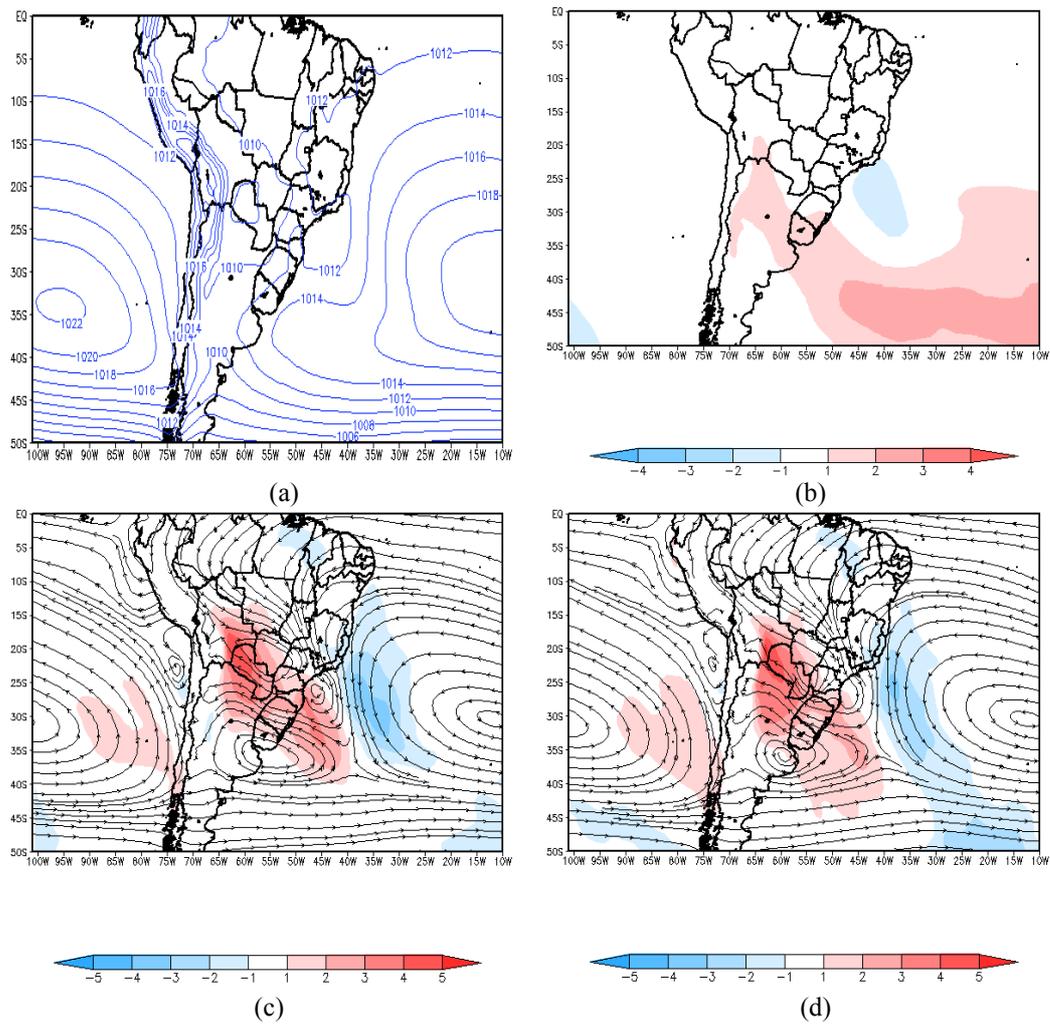


Figura 4.8- Compostos de Janeiro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

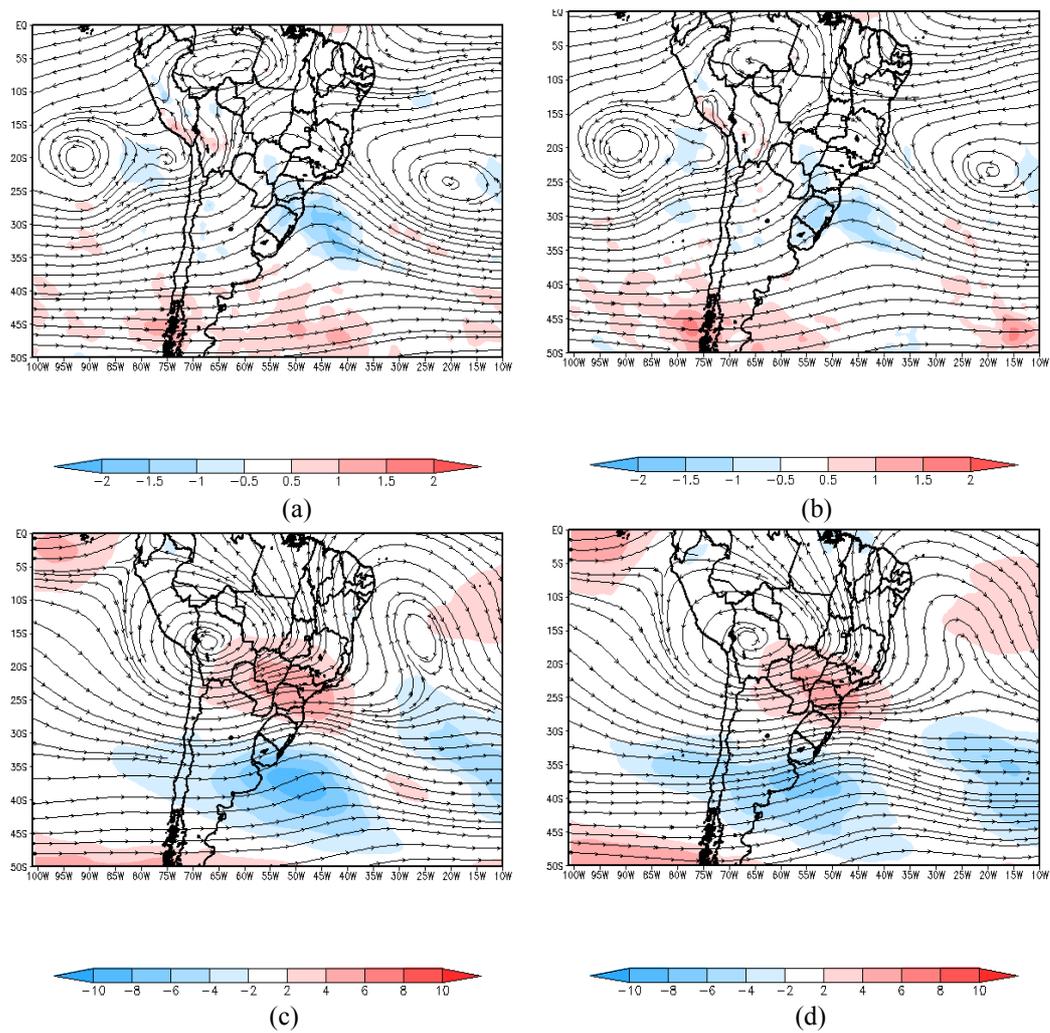


Figura 4.9- Compostos de Janeiro de Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

➤ Fevereiro

Os campos médios de fevereiro mostram o fechamento de um sistema de baixa pressão entre o litoral das regiões Sul e Sudeste do país, vinculada a uma anomalia ciclônica do campo de pressão identificada pela cor azul na Figura 4.10 (b), ainda que com valor relativamente baixo.

No nível de 850 hPa, houve convergência de massa direcionada para a região de formação do ciclone em superfície, ficando mais continental (sobre o litoral da Região Sul) no dia anterior.

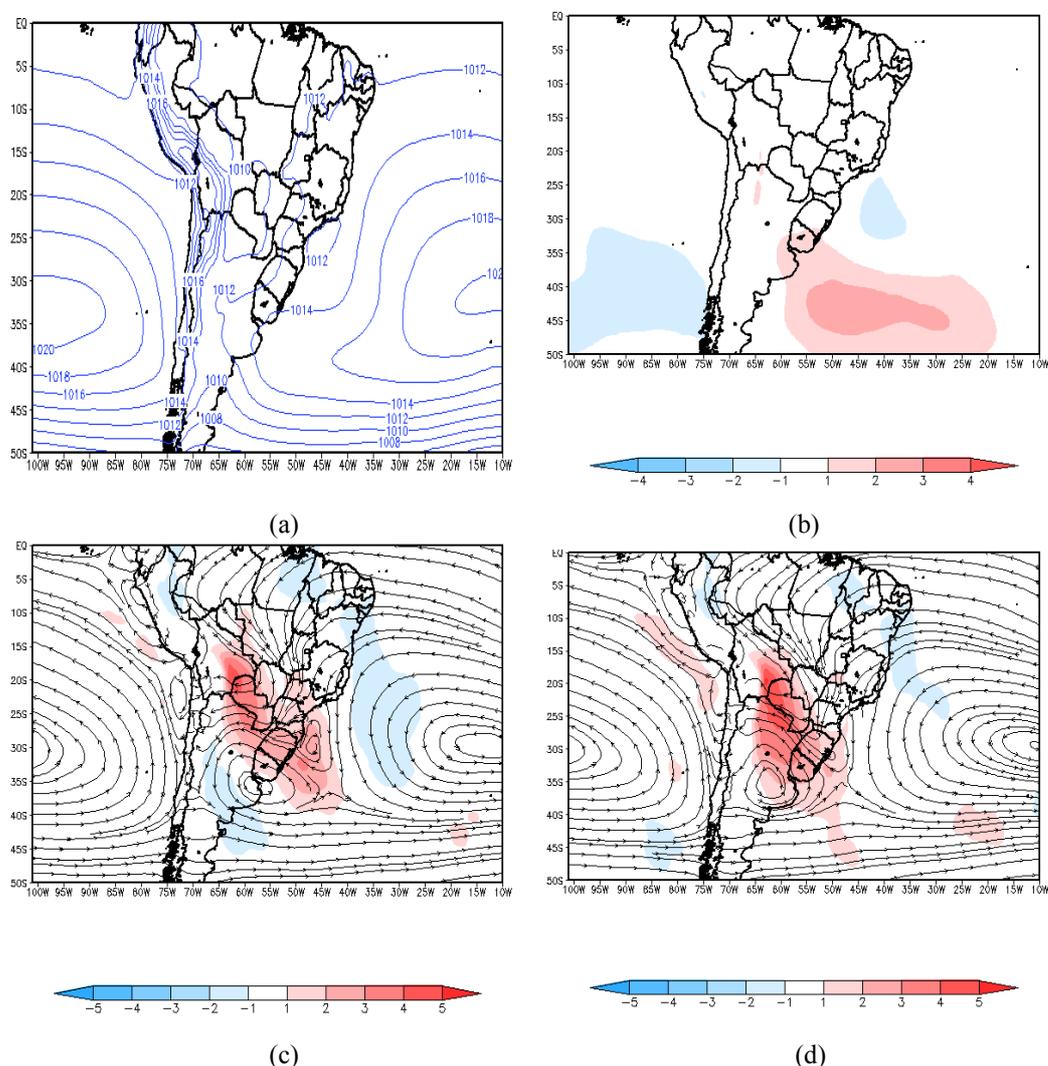


Figura 4.10- Compostos de Fevereiro de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

Em níveis médios, nota-se a presença de um cavado cruzando o Sul do país, entretanto não muito amplificado como nos meses de dezembro e janeiro.

Em 250 hPa, a difluência provocada pelo posicionamento dos sistemas Alta da Bolívia e cavado do Nordeste, aparece sobre o Sudeste tanto no dia dos casos quanto nos dia anterior. O escoamento mais significativo surgiu sobre o Sul do país, associado à presença de jato subtropical. A combinação desses fatores (convergência do escoamento em baixos níveis, a difluência e a presença de jato subtropical em altos níveis e, principalmente, o cavado em níveis médios que transporta vorticidade ciclônica), contribuiu para explicar a presença da baixa fechada em superfície mencionada anteriormente.

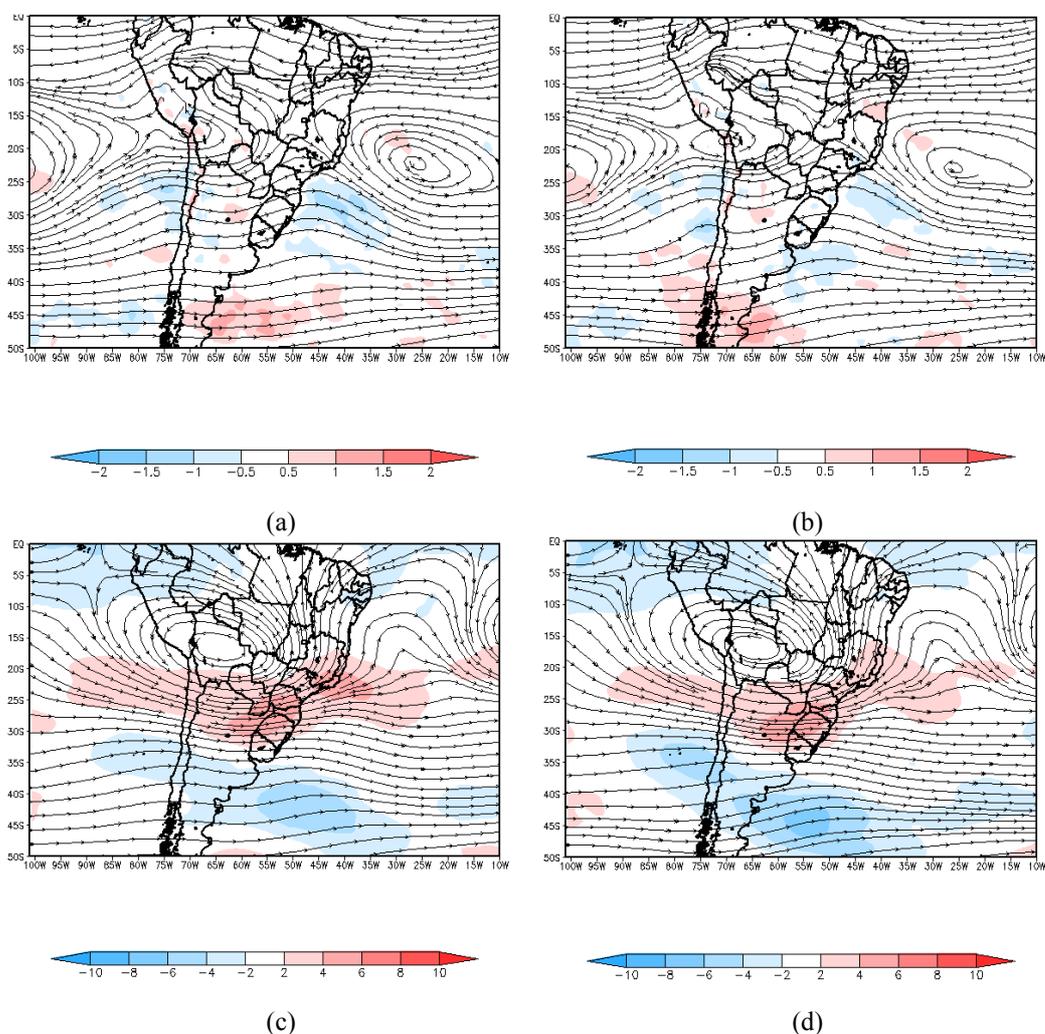


Figura 4.11- Compostos de Fevereiro de Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5} s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

➤ Março

Ao contrário do mês anterior, o composto dos meses de março mostra apenas um cavamento no campo de pressão em superfície (Figura 4.12 a), e uma ampla área de anomalia positiva de pressão sobre boa parte do Atlântico Sul (especialmente entre 30°W e 10°W), com pequena anomalia negativa próxima à costa do Sudeste.

Em baixos níveis, houve convergência de massa direcionada para a região de formação do ciclone em superfície, ficando mais continental (sobre o litoral da Região Sul) no dia anterior.

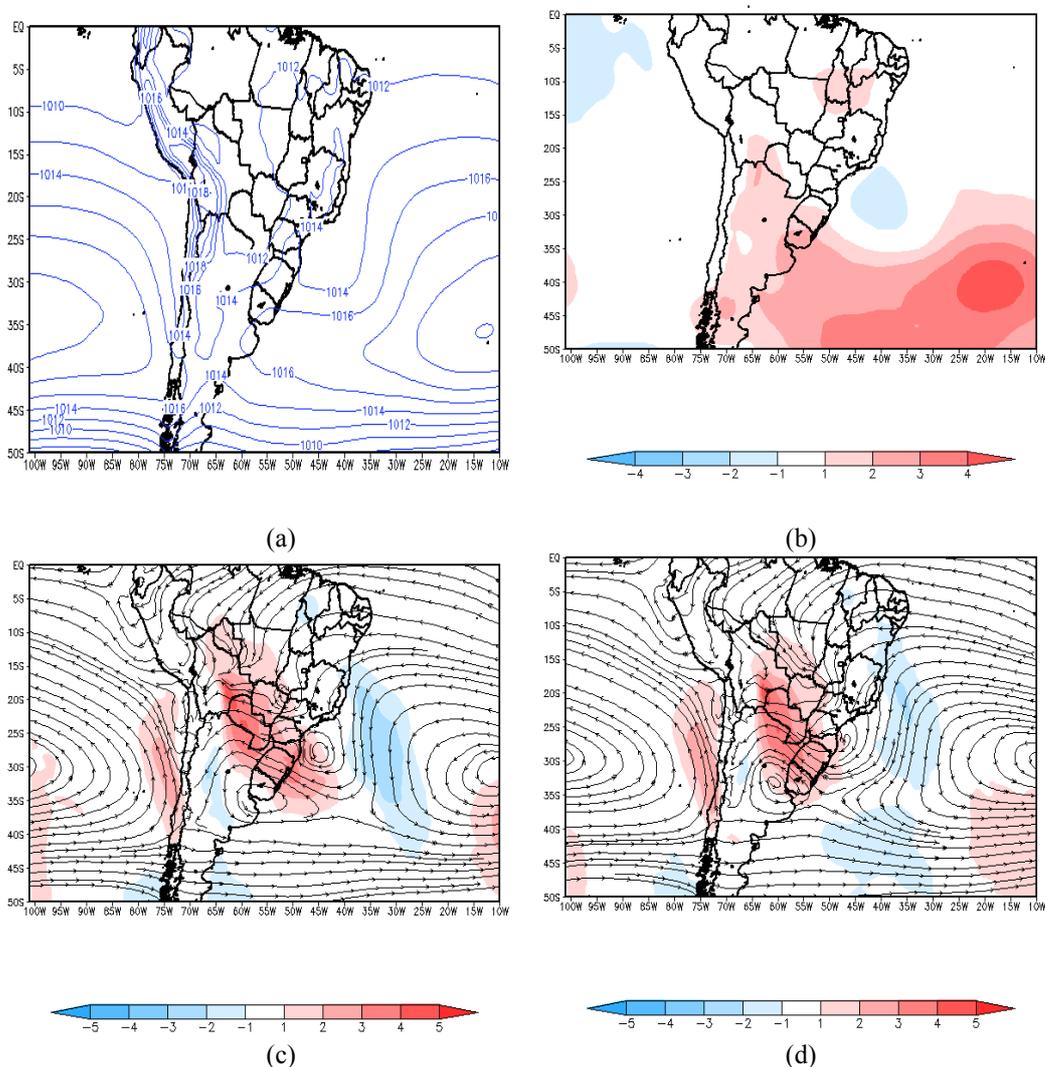


Figura 4.12- Compostos de Março de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

No nível de 500 hPa, houve a atuação de um cavado mais amplificado e de uma região de anomalia de vorticidade ciclônica mais significativa, tanto nos dias dos eventos quanto no dia anterior. No entanto, diferente dos meses anteriores, a difluência provocada pelo posicionamento da Alta da Bolívia (a oeste de sua posição climatológica) e do cavado do Nordeste (esse último não muito bem configurado) ficou posicionada mais sobre o continente, na altura das Regiões Sudeste e Centro-Oeste do país. A anomalia da componente zonal do vento é mais relevante sobre o Centro-Sul do país (Figuras 4.13 c e 4.13d). Isto ajuda a justificar o não fechamento de baixa pressão em superfície na região do Atlântico Sul próximo à costa das Regiões Sul e Sudeste do país mostrado pelos campos médios.

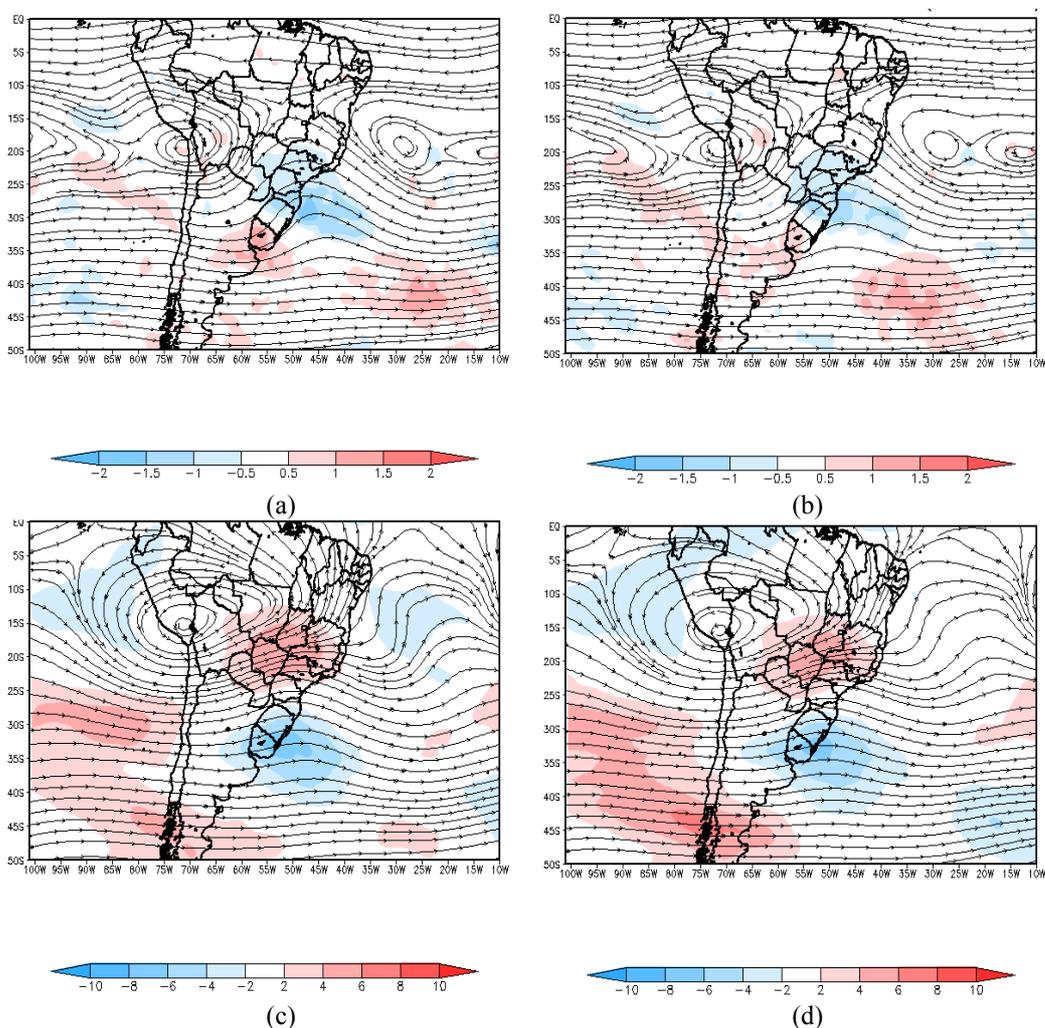


Figura 4.13- Compostos de Março de Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

➤ **Abril**

Inicialmente, ressalta-se que esse mês foi computado para o presente estudo tendo em vista que geralmente ainda se observam os sistemas meteorológicos atuantes na estação anterior, verão. De fato, houve também ocorrência de isóbaras fechadas no campo médio de pressão ao nível médio do mar da Figura 4.14 (a) bem definidas numa área maior se comparado a outros meses, sobre o Atlântico Sul, próximo ao litoral do Sudeste do país e mais afastada da costa da Região Sul. Uma ampla área de significativa anomalia da pressão pode ser notada nessa mesma Figura 4.14 (b). No entanto, essa maior anomalia observada pode ser explicada pelo campo de pressão apresentar valores mais elevados nesse mês devido ao posicionamento climatológico da Alta Subtropical do Atlântico Sul.

A convergência do escoamento aparece mais sobre a região onde está posicionado o ciclone em superfície e percebe-se um cavado aprofundado já nesse nível mais à oeste, tanto no dia dos eventos quanto nos dias anteriores.

Nos níveis médios, houve a atuação de um cavado mais amplo, abrangendo desde o paralelo 45S ao 15S e de uma região de anomalia de vorticidade negativa mais significativa, tanto nos dias dos eventos quanto no dia anterior.

A difluência no escoamento em altitude provocada pelo posicionamento de um sistema de Alta Pressão e do cavado do Nordeste (esse último não muito bem configurado) ficou posicionada mais no interior do país. No entanto, o escoamento apresentou-se mais expressivo que em outros meses e posicionado sobre o Sudeste e região oceânica adjacente. A combinação da convergência do escoamento em 850 hPa, cavado amplificado em 500 hPa e escoamento dos ventos mais intenso contribuem para explicar a formação da baixa pressão em superfície ilustrada na Figura 4.15 (a).

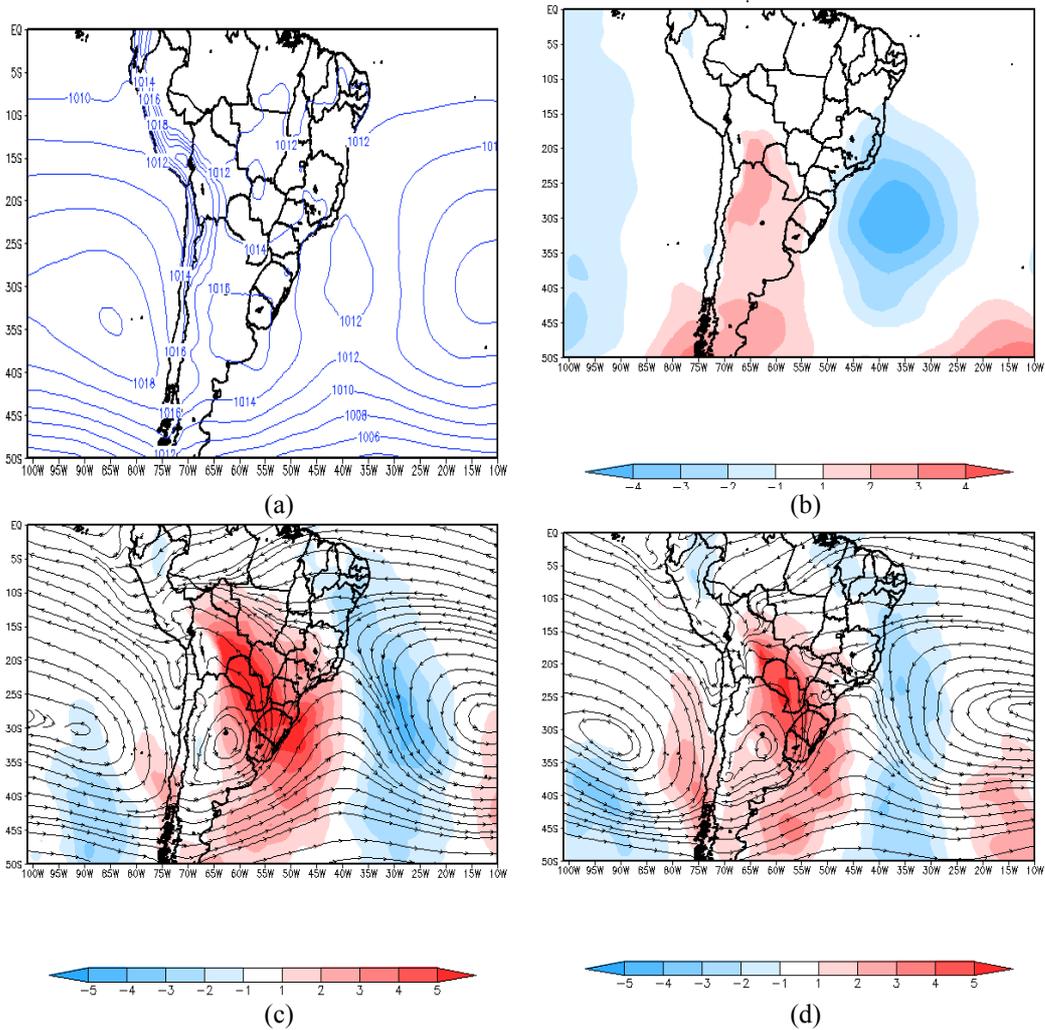


Figura 4.14- Compostos de Abril de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

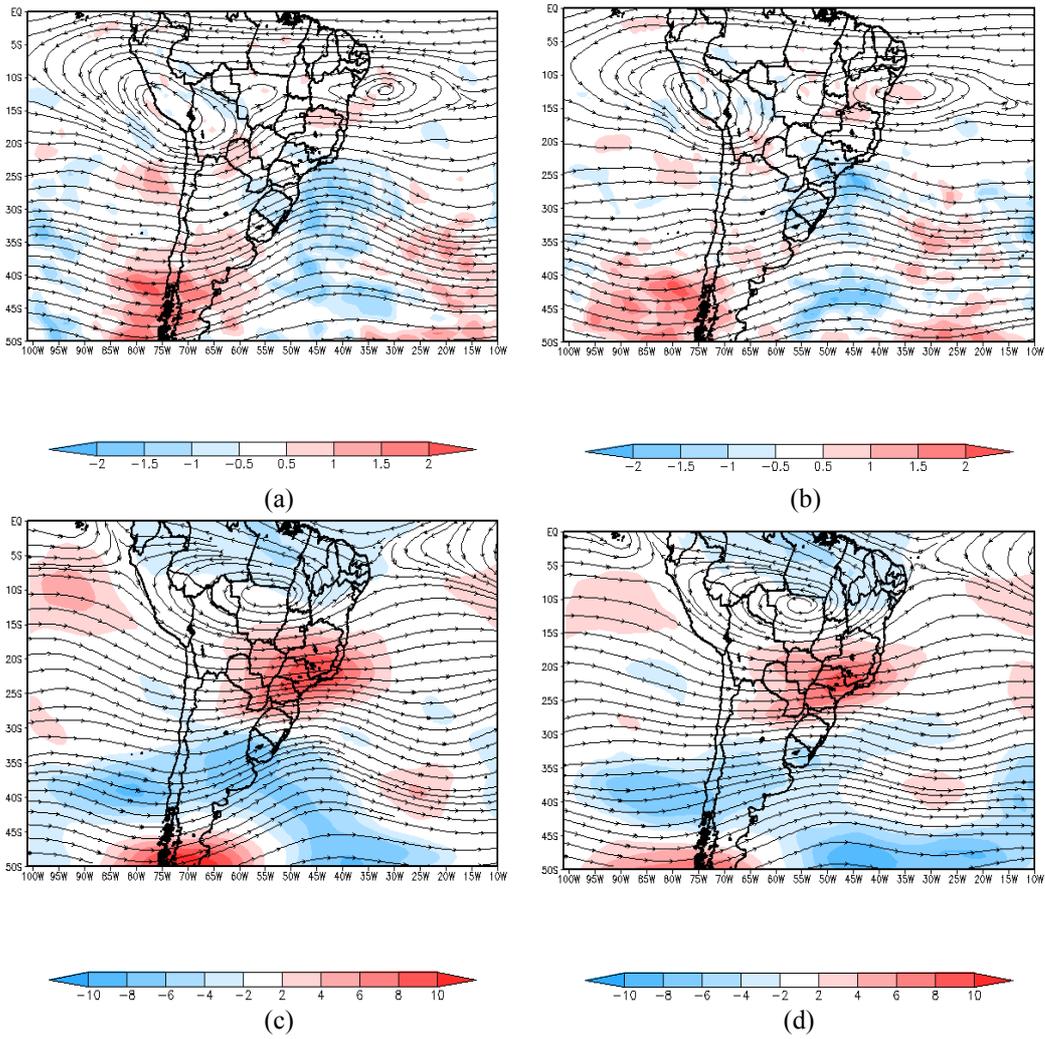


Figura 4.15- Compostos de Abril de Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa (10^{-5} s^{-1}) em 500 hPa no dia (a) e no dia anterior (b) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa no dia (c) e no dia anterior (d).

4.2.2. Análises de compostos pelo período de outubro a abril

A seguir, foi feita uma análise de compostos separadamente para cada temporada, de outubro de um ano a abril do ano subsequente.

➤ Período out/03 a abr/04 e Período out/04 a abr/05

Em ambos os períodos, nota-se uma baixa pressão fechada próxima ao litoral do Sudeste do país e uma discreta área de anomalia de pressão ao nível médio do mar sobre o Oceano Atlântico Sul, como mostram as Figuras 4.16 e 4.17 (a) e (b).

No nível de 850 hPa, nota-se a convergência do escoamento na região onde se forma o ciclone em superfície.

Nos níveis médios, um cavado bem aprofundado se situa desde o Oceano Atlântico até parte do Centro-Oeste do país, com uma área de anomalia negativa de vorticidade.

Algumas discrepâncias aparecem na análise dos compostos para esses períodos. No período out/03 a abr/04, um cavado pode ser notado em altos níveis sobre o Atlântico Sul, e forte difluência dos ventos sobre parte do Centro-Oeste e Sudeste do país, associada à Alta da Bolívia e ao Cavado do Nordeste, com um escoamento zonal mais intenso mais ao norte. No período subsequente, out/04 a abr/05, a anomalia positiva do escoamento zonal foi mais intenso sobre parte do Sudeste do país.

A combinação dos padrões observados no escoamento ao longo da coluna troposférica descritos anteriormente justifica a baixa pressão observada em superfície nos campos médios.

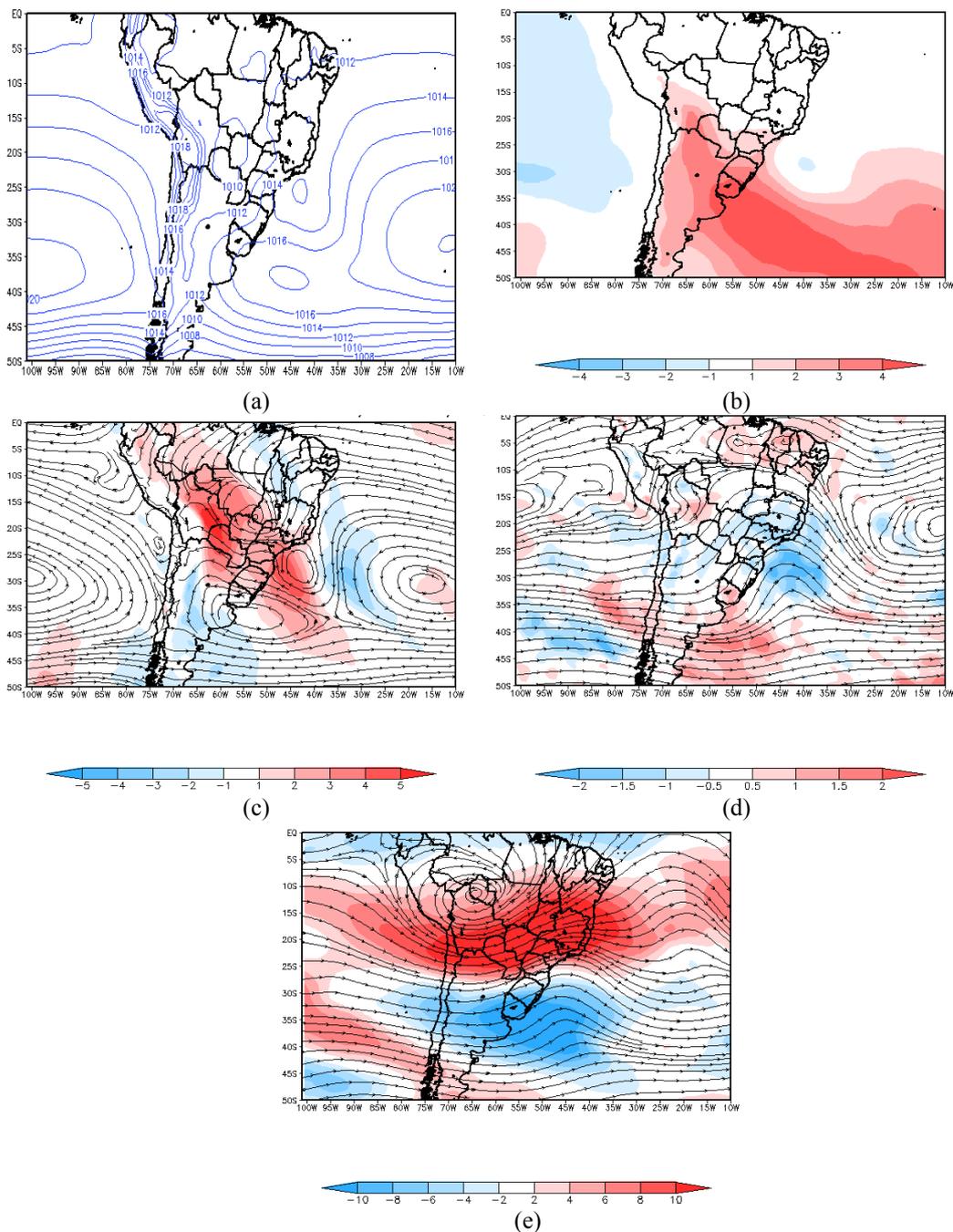


Figura 4.16- Compostos de out/03 a abr/04 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5} s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)

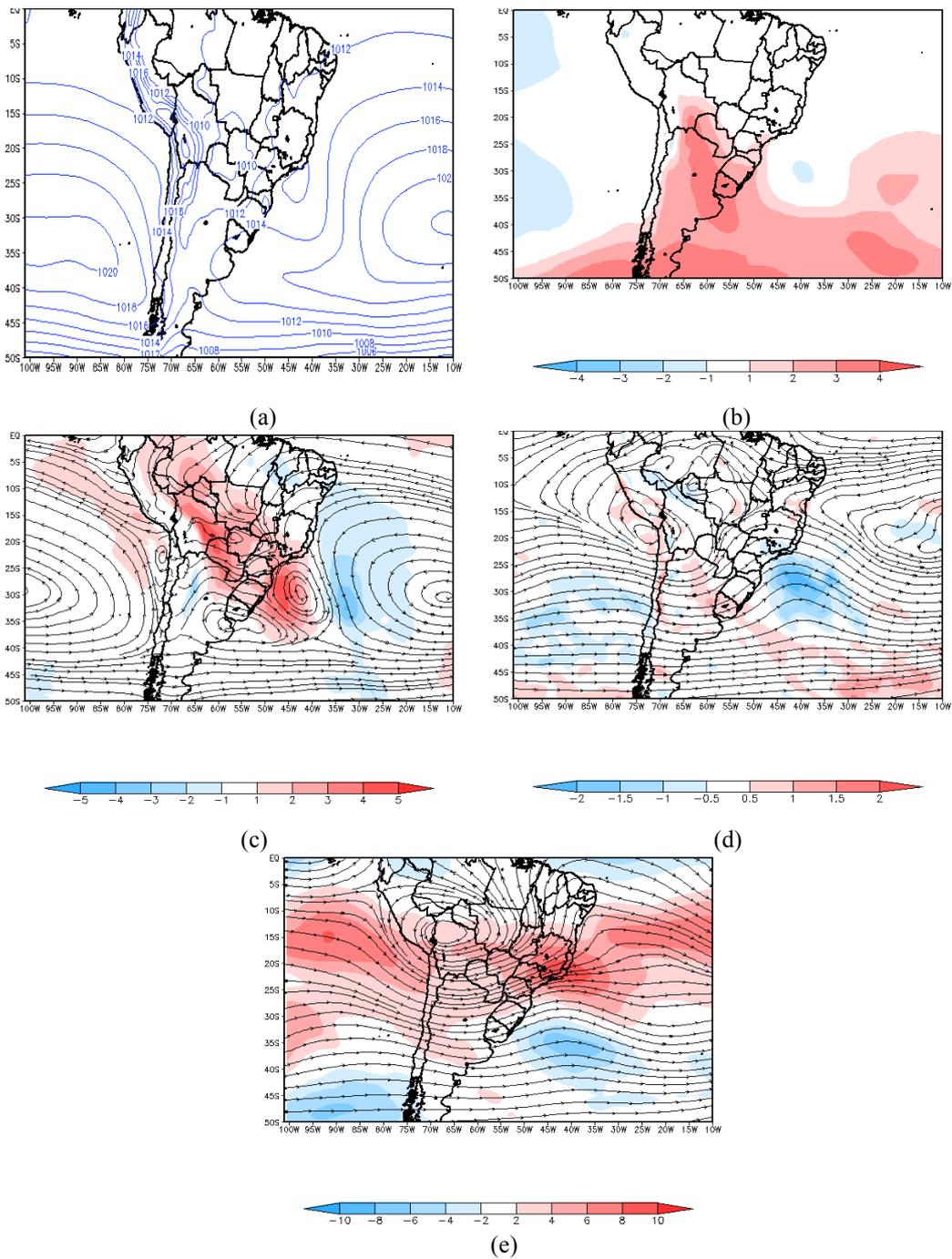


Figura 4.17- Compostos de out/04 a abr/05 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento(m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)

➤ **Período out/05 a abr/06 e Período out/07 a abr/08**

Em ambos os períodos, chama a atenção anomalias positivas no campo de pressão abaixo do paralelo 20°S, notadamente sobre a Argentina e, abaixo do paralelo 40°S sobre o Atlântico Sul. Em superfície, não ocorreu fechamento de baixa pressão, apenas indicativo de cavado invertido sobre o Atlântico, próximo à costa do Sul e Sudeste do país no primeiro período.

No nível de 850 hPa, nota-se a convergência do escoamento na região onde se forma o ciclone em superfície somente para o período de out/05 a out/06.

Nos níveis médios, diferente dos períodos anteriores, o cavado foi mais discreto, bem como as áreas de anomalia de vorticidade ciclônica.

Por outro lado, em altitude, nota-se forte difluência dos ventos sobre parte do Centro-Sul do país, associada à Alta da Bolívia e ao Cavado do Nordeste, com a presença de anomalias positivas da componente zonal do vento mais significativas sobre essa região entre out/05 a abr/06. No período out/07 a abr/08, a anomalia positiva do escoamento zonal foi mais intenso sobre o Sudeste do país.

A combinação dos padrões observados no escoamento em níveis baixos e médios da troposfera associado ao fato da suavização da média nos campos das variáveis, não foram favoráveis e suficientes para induzir circulação ciclônica em superfície, razão pela qual não se apresentou a formação de ciclones em superfície nos campos médios.

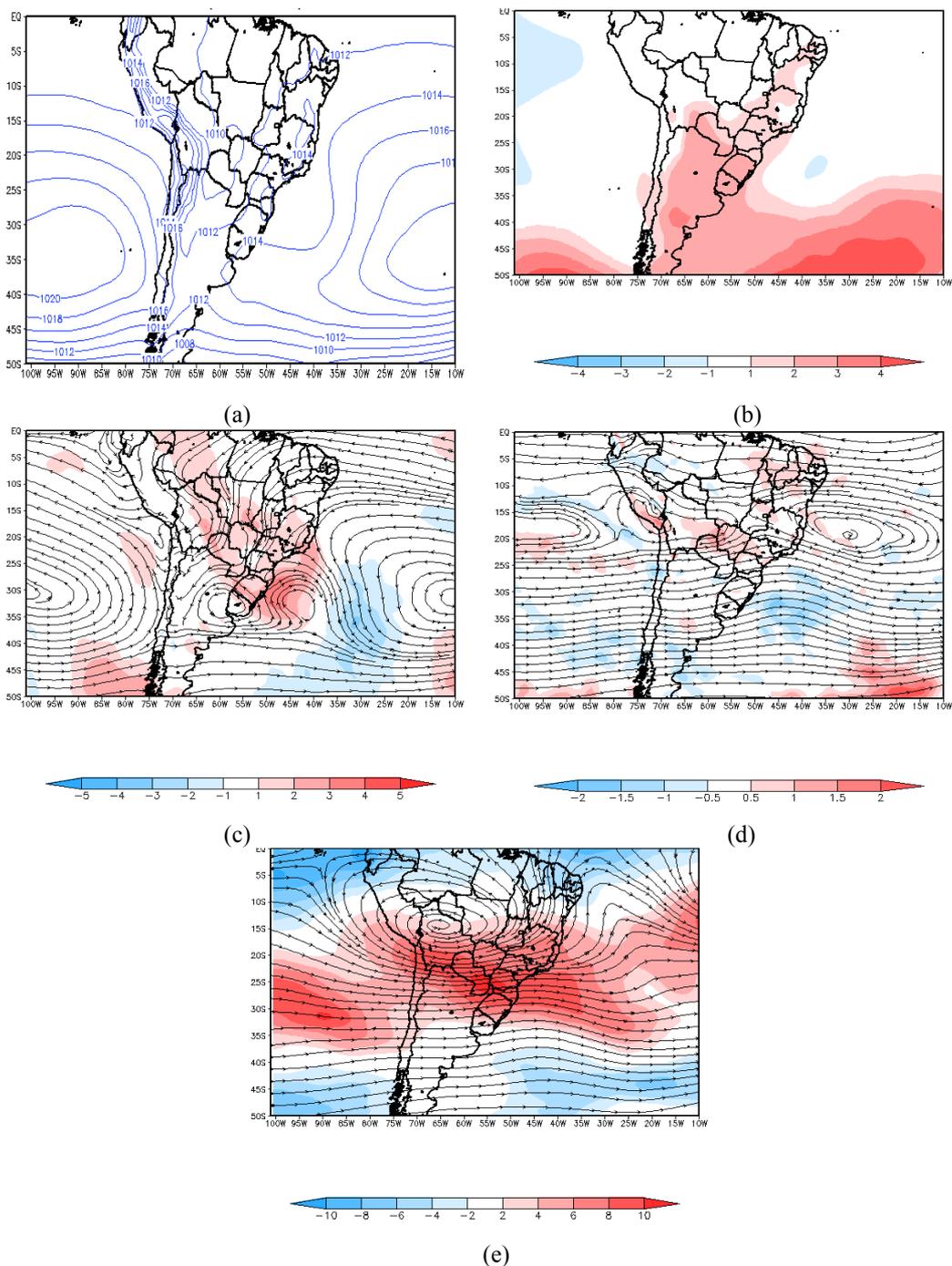


Figura 4.18- Compostos de out/05 a abr/06 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e) .

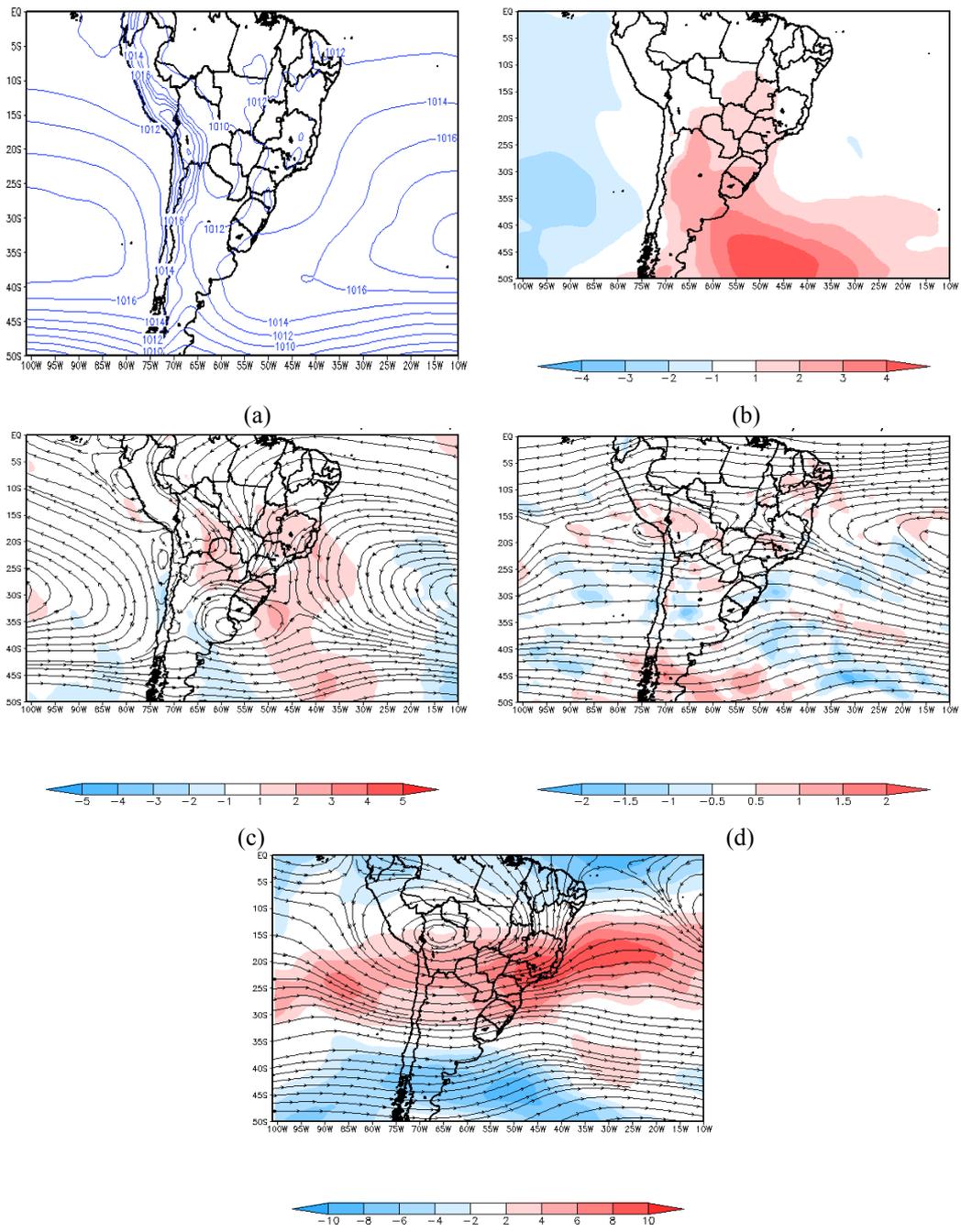


Figura 4.19- Compostos de out/07 a abr/08 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5} s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)

➤ **Período out/06 a abr/07, Período out/08 a abr/09 e Período out/09 a abr/10**

Os períodos acima apresentaram semelhanças no comportamento dos padrões de circulação nos compostos (campos médios).

Em superfície, apresentaram isóbaras fechadas numa região bem próxima à costa das Regiões Sul e Sudeste do país, associadas a uma área de anomalias negativas do campo de pressão (exceto no período de out/08 a abr/09) sobre parte do Atlântico Sul.

No nível de 850 hPa, nota-se convergência do escoamento para a região onde se posiciona o ciclone nos campos médios de pressão em superfície.

Nos níveis médios, observa-se amplo cavado desde o Oceano até o Centro-Sul do país (primeiro e terceiro período) e sobre o Sudeste em out/08 a abr/09, bem como áreas de anomalias negativas do campo de vorticidade relativa, como se pode notar nas Figuras 4.20 a 4.22 (d).

Em altitude, aparecem algumas diferenças. No primeiro e terceiro período, a região com anomalias positivas da componente zonal do vento ficaram mais afastadas, sobre o Pacífico e parte da Argentina, enquanto que no período out/08 a abr/09, ficou mais posicionada sobre o centro-sul do país, mais próxima, portanto, da região ciclogénica observada em superfície. A difluência do escoamento que induz a convergência de massa em baixos níveis esteve presente nos três períodos observados, e esteve associada ao posicionamento dos sistemas meteorológicos Alta da Bolívia e Cavado do Nordeste. Cabe ressaltar que nos dois últimos períodos, esse Cavado do Nordeste esteve bem pronunciado.

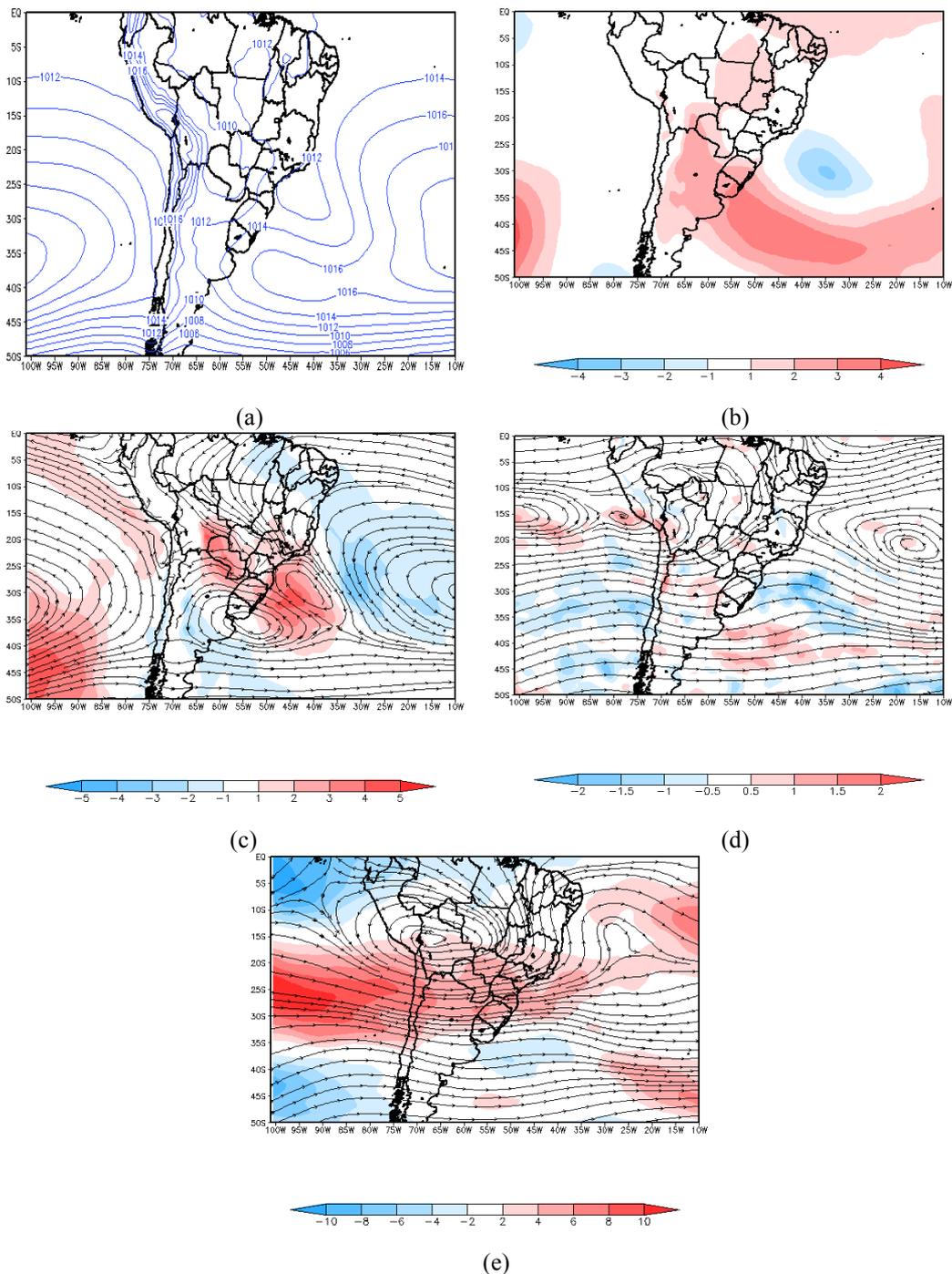


Figura 4.20- Compostos de out/06 a abr/07 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5} s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)

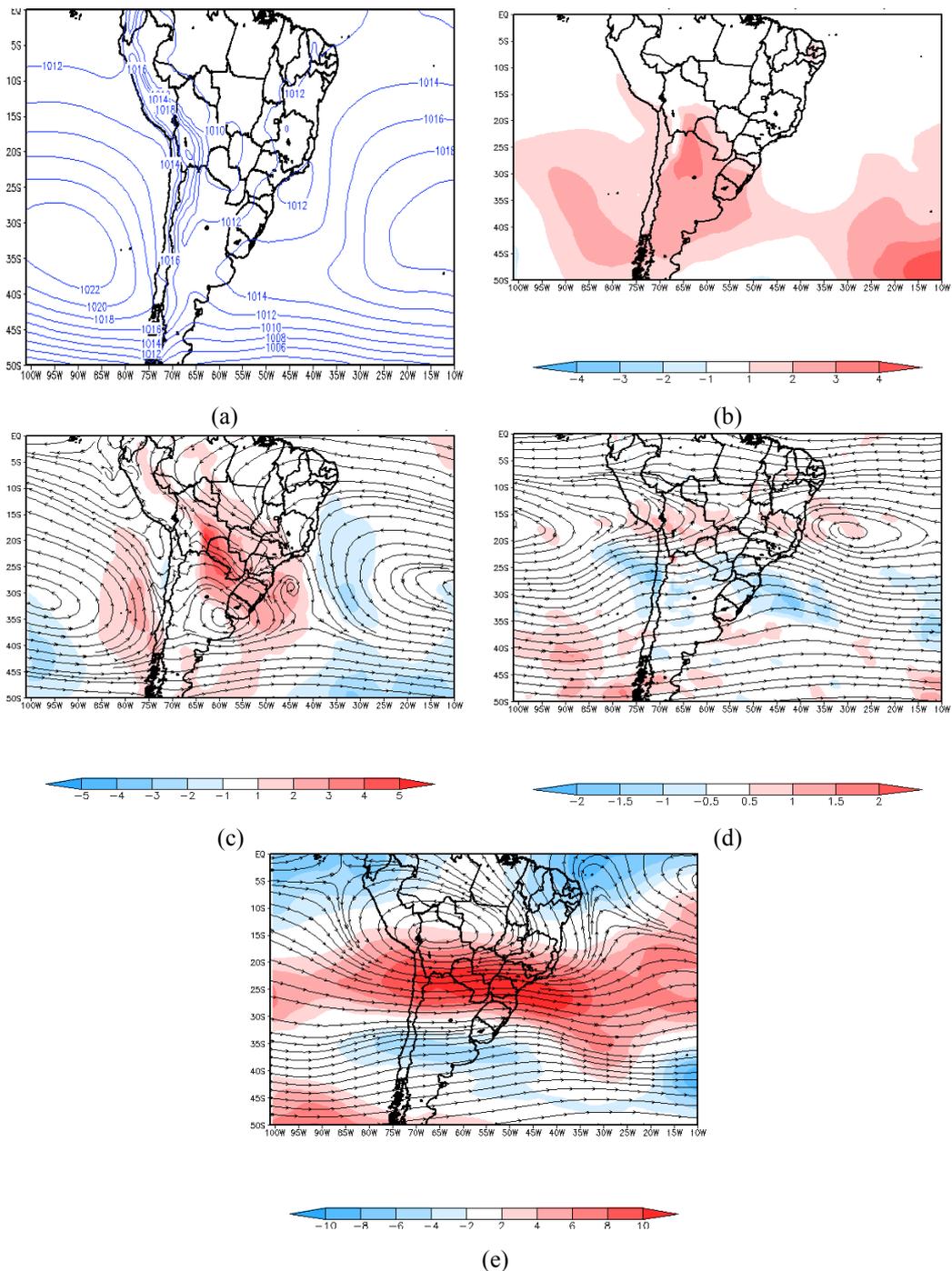


Figura 4.21- Compostos de out/08 a abr/09 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5} s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)

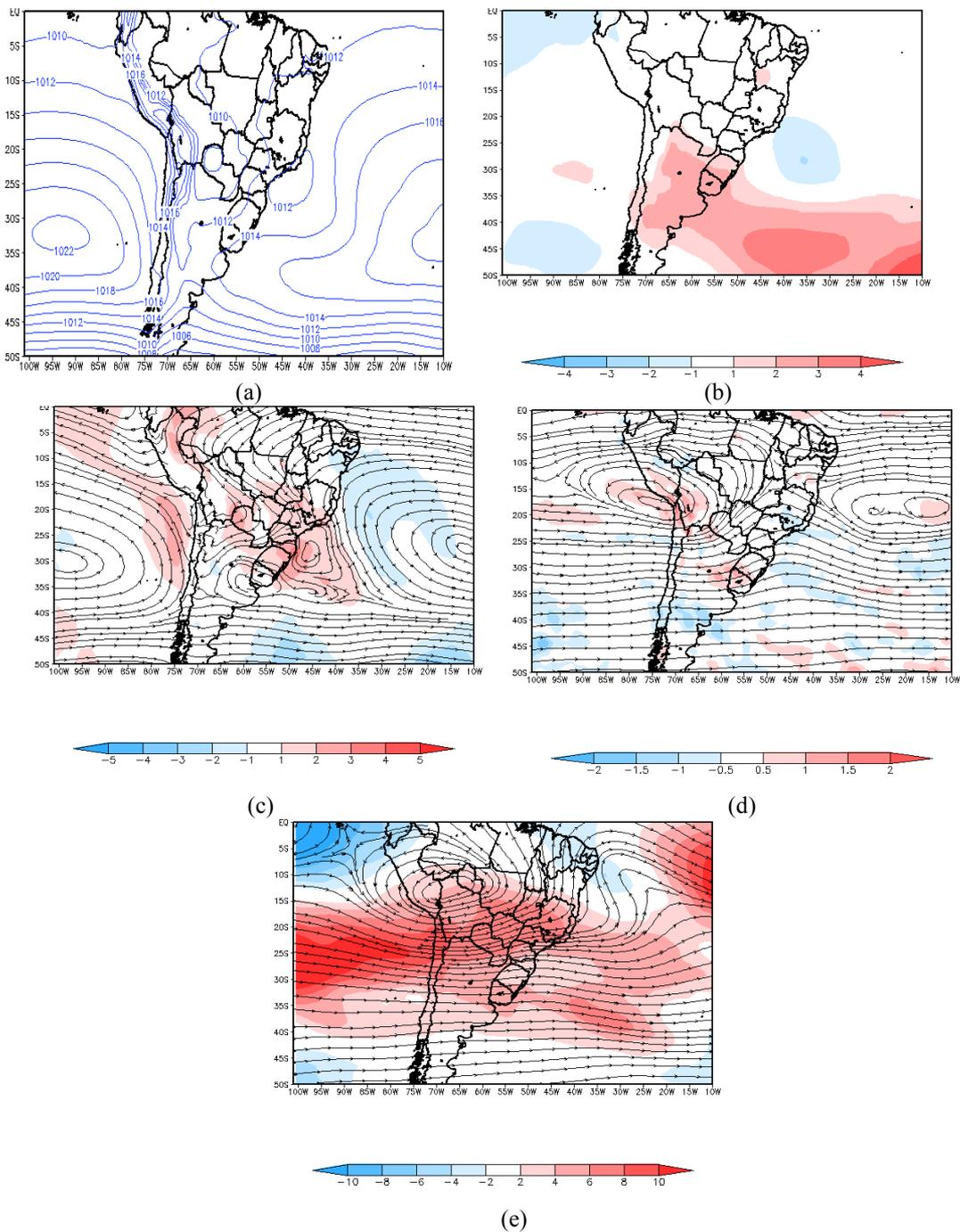


Figura 4.22- Compostos de out/09 a abr/10 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)

➤ **Período out/10 a abr/11 e Período out/11 a abr/12**

Em ambos os períodos, chama a atenção o contraste de anomalias fortemente positivas no campo de pressão abaixo do paralelo 30°S principalmente sobre o Atlântico Sul (áreas em vermelho), e os valores ligeiramente negativos (em azul) próxima à costa do Sul e Sudeste do país. Em superfície, não ocorreu fechamento de baixa pressão, apenas indicativo de cavado invertido sobre o Atlântico, próximo à costa do Sul e Sudeste do país no primeiro período. Entretanto, as isóbaras aparecem fechadas no período de out/11 a abr/12.

No nível de 850 hPa, nota-se a convergência do escoamento na região onde se forma o ciclone em superfície somente para o período, out/10 a abr/11. No outro período, quase se fecha a circulação nesse nível.

Nos níveis médios, um discreto cavado foi detectado no primeiro período. Por outro lado, entre out/10 e abr/11, o cavado mostrou-se bem amplificado, com significativa área negativa de anomalia da vorticidade negativa.

Em altitude, nota-se um escoamento mais zonal abaixo de 25°S no primeiro período, e difluência dos ventos concentrada mais sobre o Sudeste do país. O escoamento foi mais intenso em relação à climatologia sobre o norte da Argentina. No período de out/11 a abr/12, a difluência ficou mais evidente sobre parte do Centro-Sul do país, e a anomalia da componente zonal do vento mais posicionada nessa região.

A combinação dos padrões observados no escoamento da coluna troposférica descritos anteriormente, portanto, não foram favoráveis e suficientes para induzir circulação ciclônica em superfície no período de out/10 a abr/11, razão pela qual não se apresentou a formação de ciclones em superfície nos campos médios. Por outro lado, foram favoráveis no período de out/11 a abr/12.

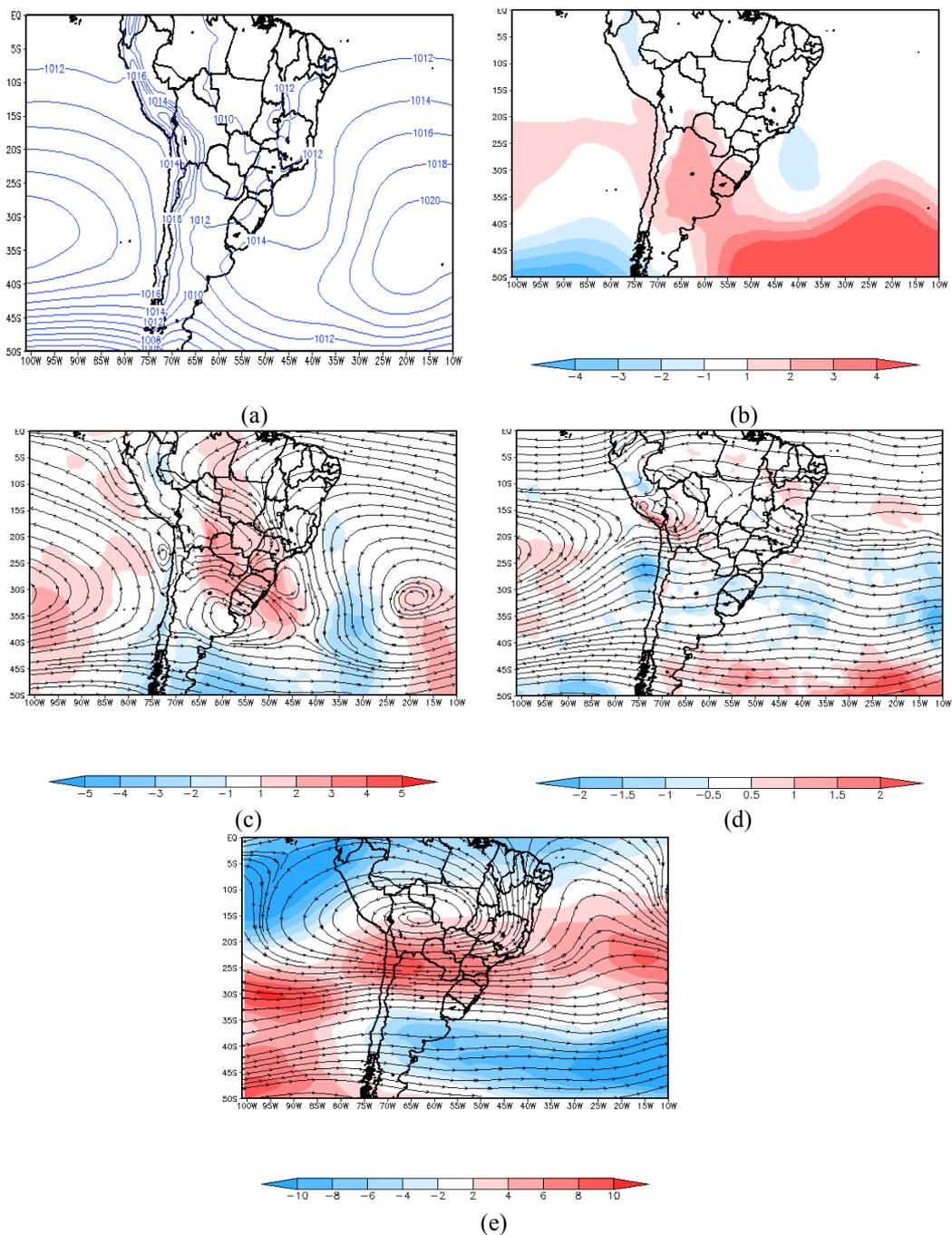


Figura 4.23- Compostos de out/10 a abr/11 de Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)

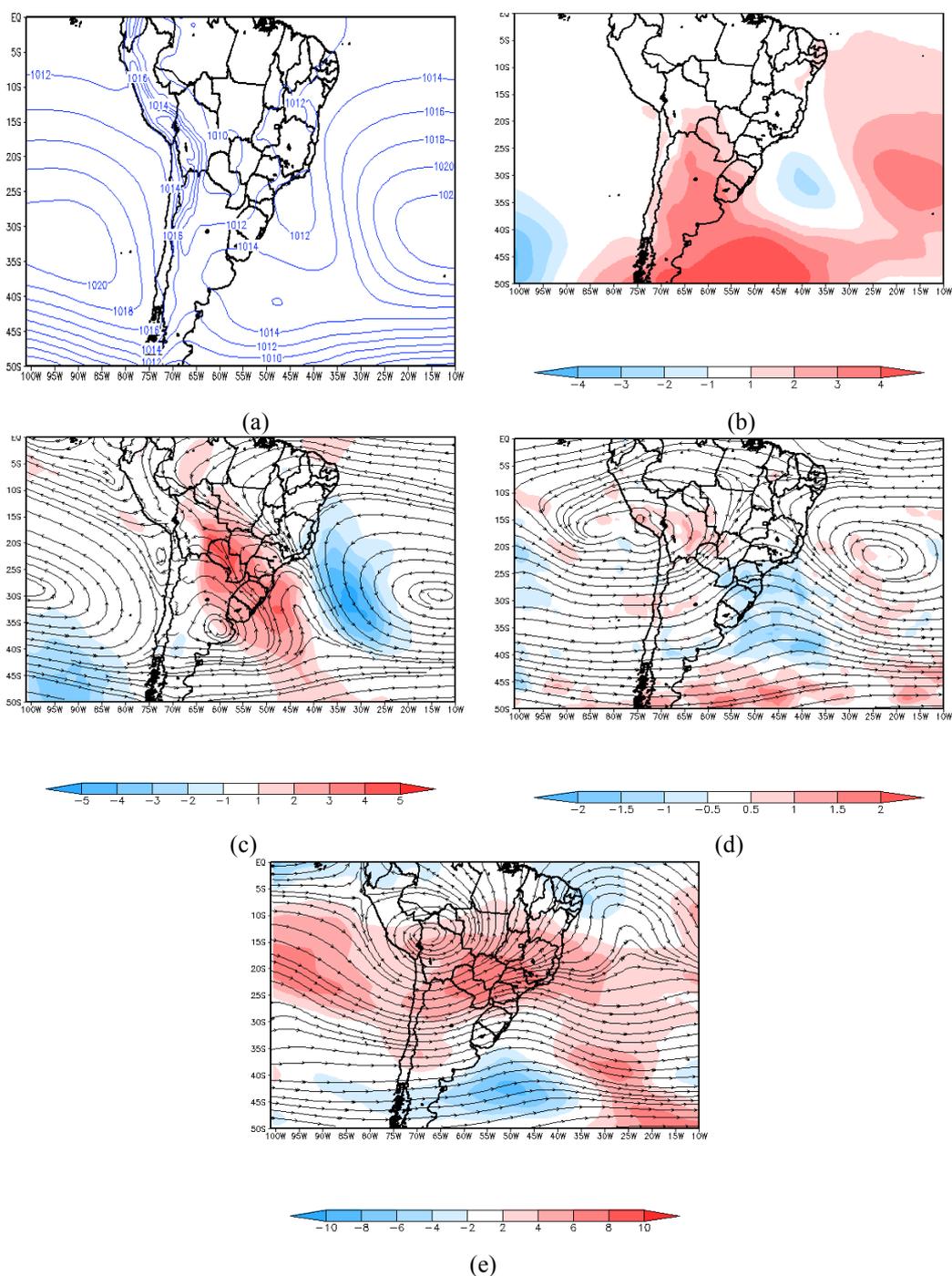


Figura 4.24- Compostos de out/11 a abr/12 de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5} s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e)

➤ **Período out/12 a abr/13**

Nesse período, nota-se uma baixa pressão fechada próxima ao litoral do Sudeste do país e uma discreta área de anomalia de pressão ao nível médio do mar sobre o Oceano Atlântico Sul, como mostra a Figura 4.25 (a) e (b).

No nível de 850 hPa, nota-se a presença de um cavado próximo à região onde se forma o ciclone em superfície, sem entretanto fechar uma baixa nesse nível.

Em 500 hpa, um cavado se situa desde o Oceano Atlântico até parte do Sudeste do país, associado a uma área de anomalia negativa de vorticidade.

No período a anomalia positiva do escoamento zonal em altos níveis foi mais intensa sobre o Centro-Sul do país. Além disso, houve significativa difluência do escoamento sobre parte do Sudeste do país, associada à Alta da Bolívia e ao Cavado do Nordeste.

A combinação dos padrões observados no escoamento ao longo da coluna troposférica descritos anteriormente justifica a baixa pressão observada em superfície descrita pelos compostos do campo de pressão.

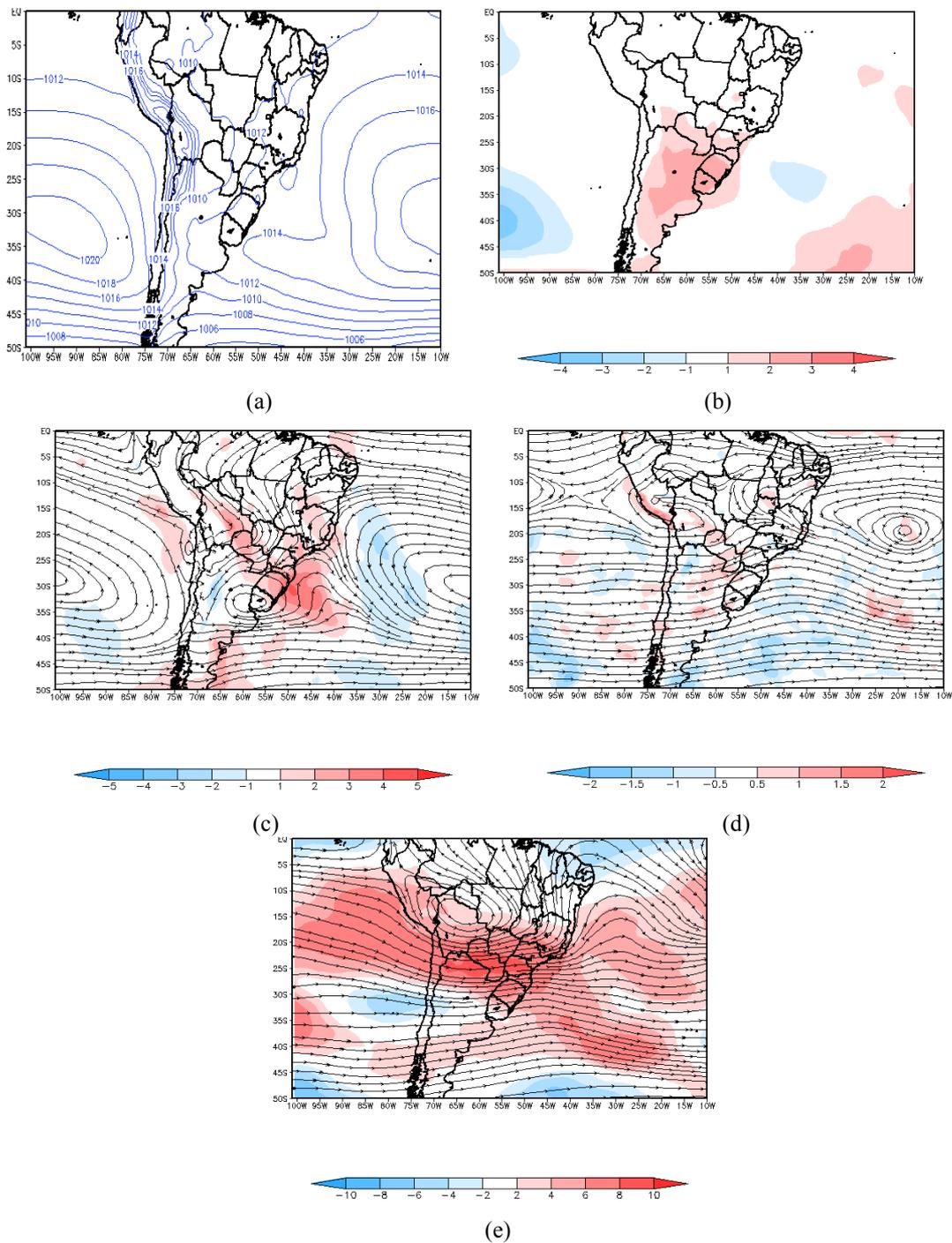


Figura 4.25- Compostos de out/12 a abr/13 de Pressão ao Nível Médio do Mar(hPa) (a), Anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) (b), Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa (c), Linhas de Corrente(m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa (d) e Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa (e).

Na análise total para a variável Pressão ao Nível Médio do Mar, de outubro a abril de 2003 a 2013, fica caracterizada a formação de ciclones em torno 25°S e 43°W, com valor médio da isóbara em 1012 hPa.

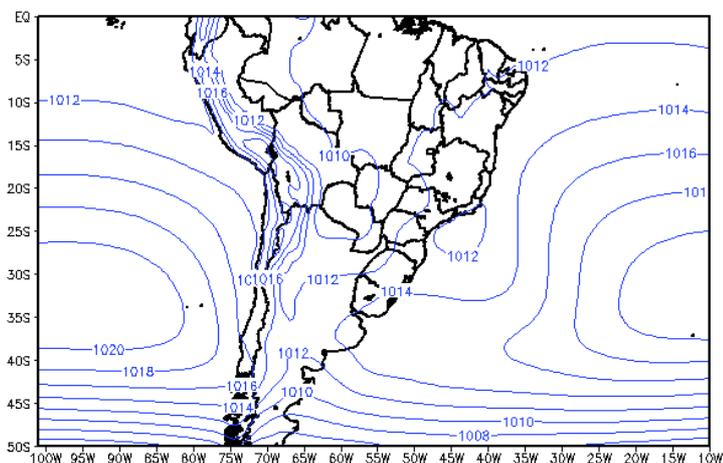


Figura 4.26- Composto de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) de outubro a abril, de 2003 a 2013.

Na análise do período total, o composto indicou um direcionamento do escoamento em direção à baixa pressão fechada em superfície.

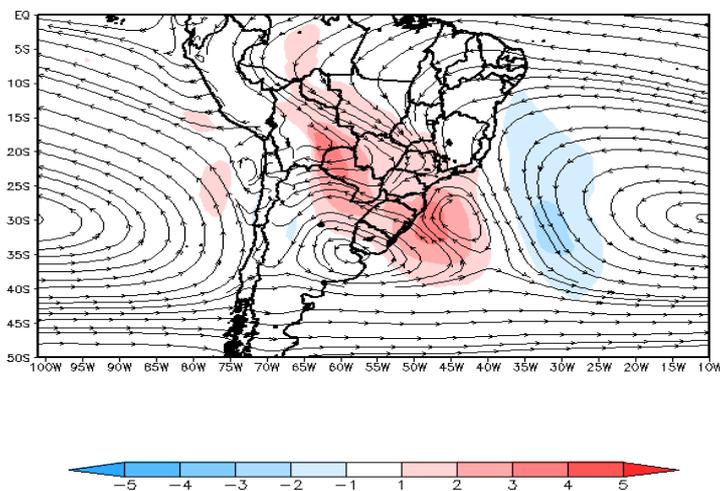


Figura 4.27- Composto de Linhas de Corrente e anomalia da componente meridional dos ventos (m/s) em 850 hPa, de outubro a abril, de 2003 a 2013.

Em 500 hPa (Figura 4.28), um cavado se situa desde o Oceano Atlântico até parte do Centro-Oeste do país, associado a uma área de anomalia negativa de

vorticidade. Esse cavado é responsável pelo transporte de vorticidade para a região do Atlântico Sul e seria um dos fatores responsável pela ciclogênese próximo à costa das Regiões Sul e Sudeste.

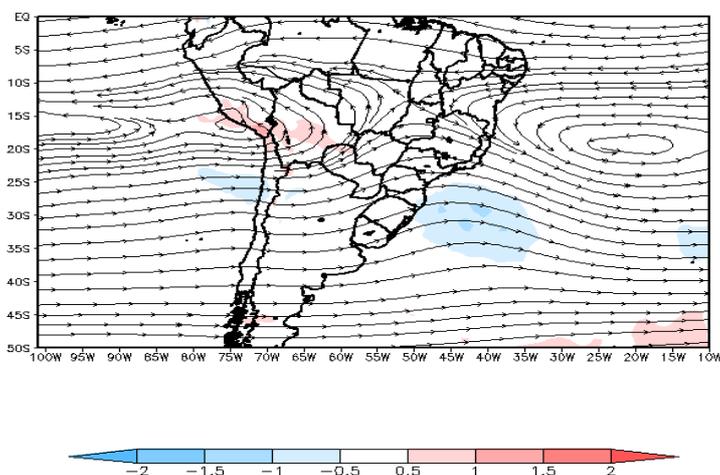


Figura 4.28- Linhas de Corrente (m/s) e anomalia de vorticidade relativa ($10^{-5}s^{-1}$) em 500 hPa de outubro a abril, de 2003 a 2013.

O campo médio do comportamento do escoamento em altitude e da anomalia da componente zonal do vento é mostrado na Figura 4.29. Pode-se notar a presença de circulação anticiclônica próximo à Bolívia, associado à Alta da Bolívia que atua climatologicamente com mais intensidade nos meses de novembro a fevereiro (CAVALCANTI, 2009), se associando ao Cavado do Nordeste, bem amplificado, provocando difluência no escoamento no Sudeste do país, favorecendo a convergência de massa em baixos níveis, muitas vezes traduzida em superfície por uma banda de nebulosidade que vai desde o sul da Amazônia, passa pelo Brasil Central, chega ao Sudeste e se prolonga pelo Atlântico Sul, provocando chuvas por vezes fortes em algumas áreas por período superior a 04 dias, ao qual se denomina de Zona de Convergência do Atlântico Sul. Outro ponto característico observado foi o escoamento zonal anormalmente mais forte e sobre parte da Argentina, Sul e Sudeste do Brasil o que ajuda a aumentar instabilidade em superfície, uma vez que estão relacionados ao cisalhamento do vento e a uma região de maior baroclinia.

Esse comportamento em altitude aliado a presença de cavado em níveis médios sobre Atlântico, e a convergência do escoamento em baixos níveis predominante nos

casos estudados, como ilustraram os compostos dos períodos, ajudam a justificar a ciclogênese em superfície, como mostrado na Figura 4.26.

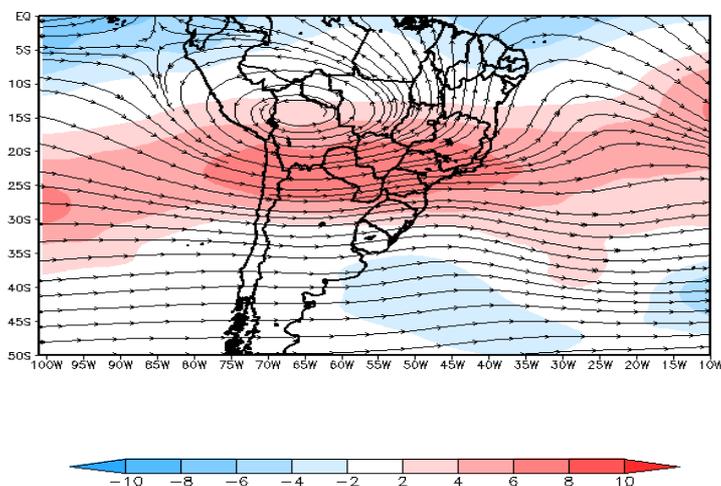


Figura 4.29- Linhas de Corrente e anomalia da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa de outubro a abril, de 2003 a 2013.

4.3. Análise subjetiva de cartas sinóticas

Uma análise complementar, de caráter subjetivo, foi feita visando identificar ciclones ocorridos no Oceano Atlântico Sul, na costa do Sul e Sudeste do país e associações com eventos da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) ou Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), bem como a presença de correntes de jatos, cavados ou vórtices ciclônicos em níveis médios e altos da troposfera e formação de sistemas frontais.

Nesse tipo de análise, adotou-se os seguintes critérios:

- análise das cartas sinóticas de 00 UTC e 12 UTC (intervalo de 12h) de superfície, no nível de 500 hPa e as cartas de altitude, desenvolvidas pelo Grupo de Previsão de Tempo;
- período da análise foram os meses de outubro a abril, dos anos de 2007 a 2013;
- critério de isóbara fechada, com intervalos de 4 hPa.

Como mostra a Figura 4.30, houve expressiva participação (superior a 80% dos casos) de cavados e/ou vórtices tanto em níveis médios quanto em altitude na formação

dos ciclones na área de estudo. A presença dos jatos associada a cavados também teve importância (próxima a 60% dos casos). Em parte dos casos, canal de umidade esteve presente com manifestação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a ciclogênese também gerou o desenvolvimento de sistemas frontais na região.

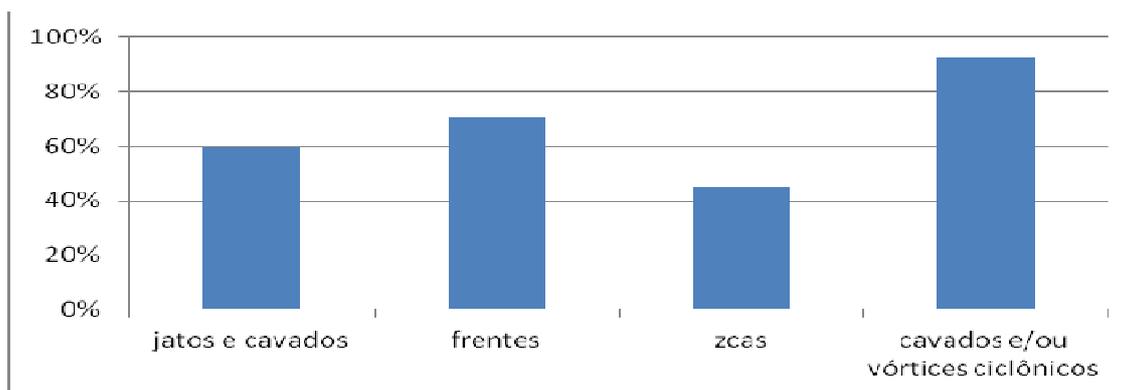


Figura 4.30- Associação das baixas pressões com outros sistemas meteorológicos

Ressalta-se no entanto, que uma comparação direta com a análise feita segundo os critérios relatados obtidos anteriormente não pode ser feita, tendo em vista o espaço de tempo de permanência da isóbara fechada ser menor (apenas dois horários sinóticos consecutivos), o fato da resolução do modelo utilizado nas cartas sinóticas ter sido diferente ao longo do período, e o fato de se usar espaçamento entre as isóbaras de 4 hpa e ainda de abranger um período de tempo inferior, de 2007 a 2013, em virtude da disponibilização completa das cartas para análise.

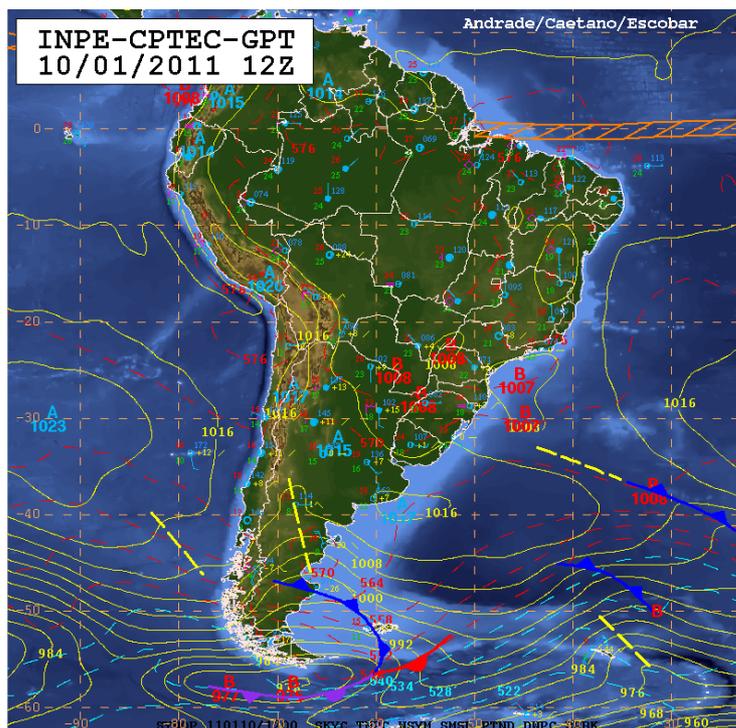
5. ESTUDO DE CASO

Um caso relevante que merece destaque causou desastre natural na Região Serrana do Rio de Janeiro em 11-12/jan/11. O grande volume de chuva (por exemplo, 180 milímetros em Nova Friburgo, segundo dados do INMET), a saturação do solo e a vulnerabilidade da região provocaram o transbordamento de rios e córregos e deslizamentos de encostas, causando a morte de 905 pessoas e outras desaparecidas de acordo com a Defesa Civil, e foi considerada a maior tragédia natural já ocorrida no país, conforme se pode ver na Figura 5.1:

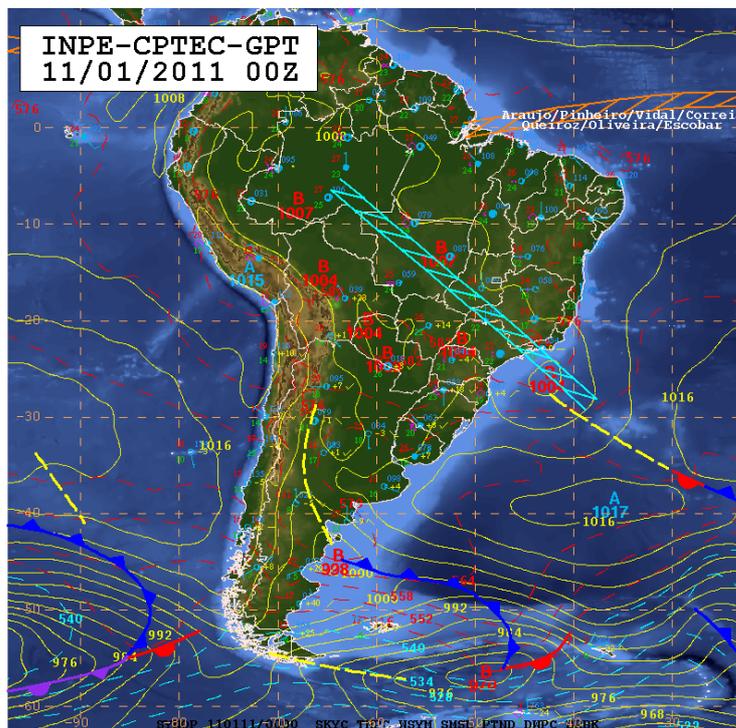


Figura 5.1- Imagens dos deslizamentos de terra ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro.
Fonte: Folha da Região em 02.02.11

A sequência de cartas de superfícies no período de 10/01/11 12Z a 13/01/11 00Z (Figuras 5.2 a 5.4), mostra a formação inicial de um sistema de baixa pressão próxima ao litoral de São Paulo e do Rio de Janeiro e sua gradativa intensificação e afastamento da costa. Esse sistema contribuiu para a organização de um canal de umidade sobre as Regiões Sudeste e Centro-Oeste do país e, posteriormente, a formação de um sistema frontal sobre o oceano. Esses sistemas combinados levaram à ocorrência de chuvas localmente fortes em áreas do Sudeste e grandes acumulados de chuvas sobre a Região Serrana do Rio de Janeiro.

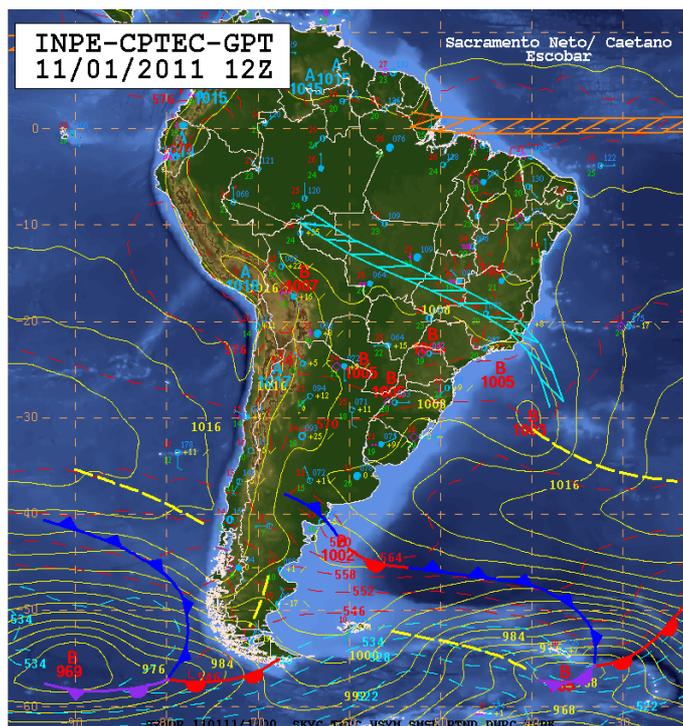


(a)

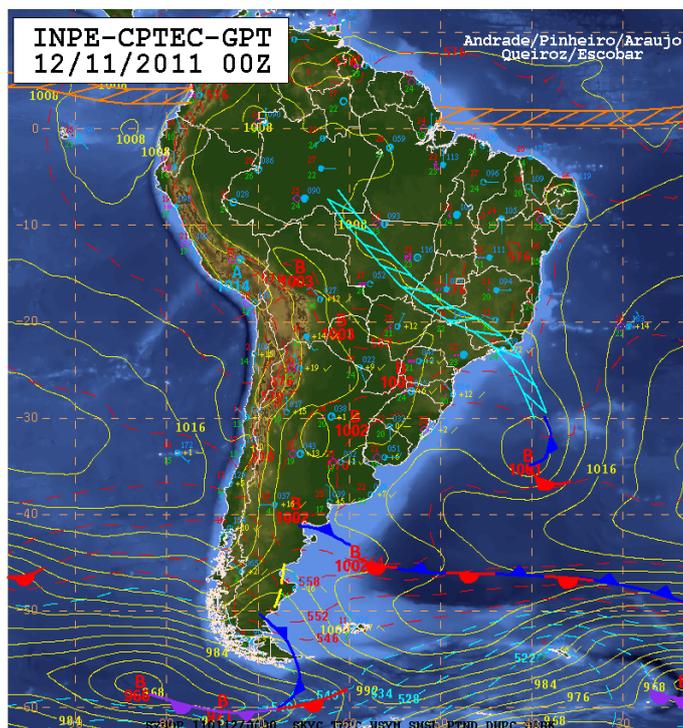


(b)

Figura 5.2- Sequência de cartas de superfícies em 10/01/11 12UTC (a);11/01/11 00Z (b)
 Fonte: INPE/CPTEC(2013).

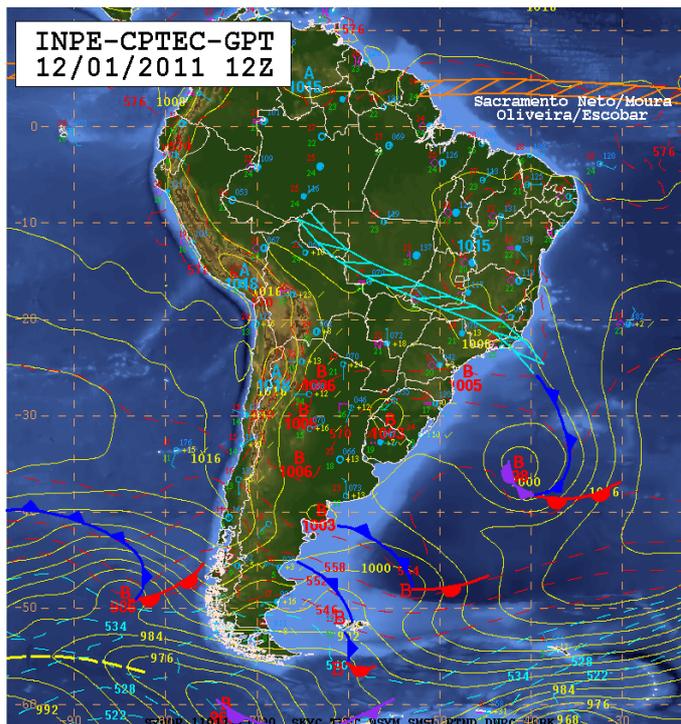


(a)

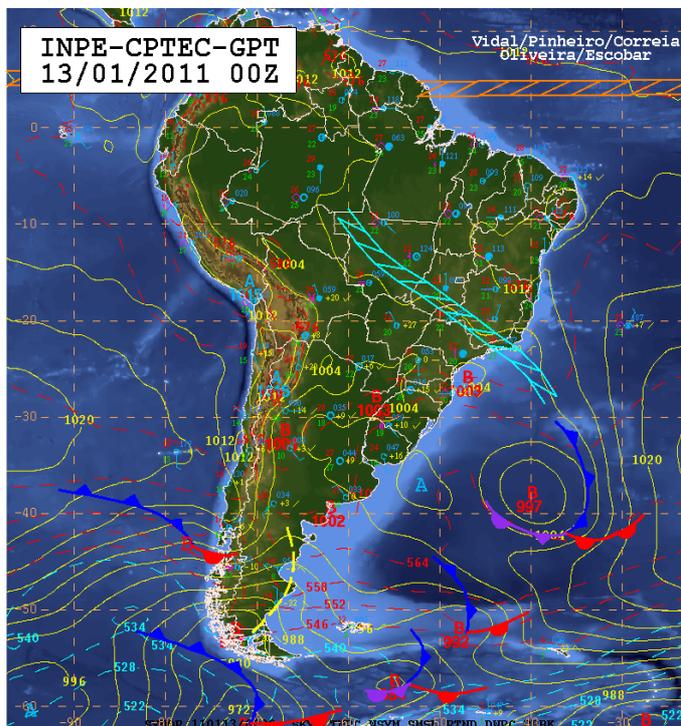


(b)

Figura 5.3- Sequência de cartas de superfícies em 11/01/11 12UTC (a) e 12/01/11 00Z (b).
Fonte: INPE/CPTEC(2013).



(a)



(b)

Figura 5.4- Sequencia de cartas de superficies em 12/01/11 12UTC (a) e 13/01/11 00Z (b) .
 Fonte: INPE/CPTEC(2013)

A Figura 5.5 apresenta uma sequência de imagens realçadas do satélite GOES-12 nos períodos de ocorrência das chuvas mais intensas. Nota-se a presença de muitas nuvens sobre a Região Serrana do Rio de Janeiro e áreas adjacentes. Apesar dessas nuvens não terem apresentado grande desenvolvimento vertical, foram suficientes para provocar acumulados significativos de chuva na região.

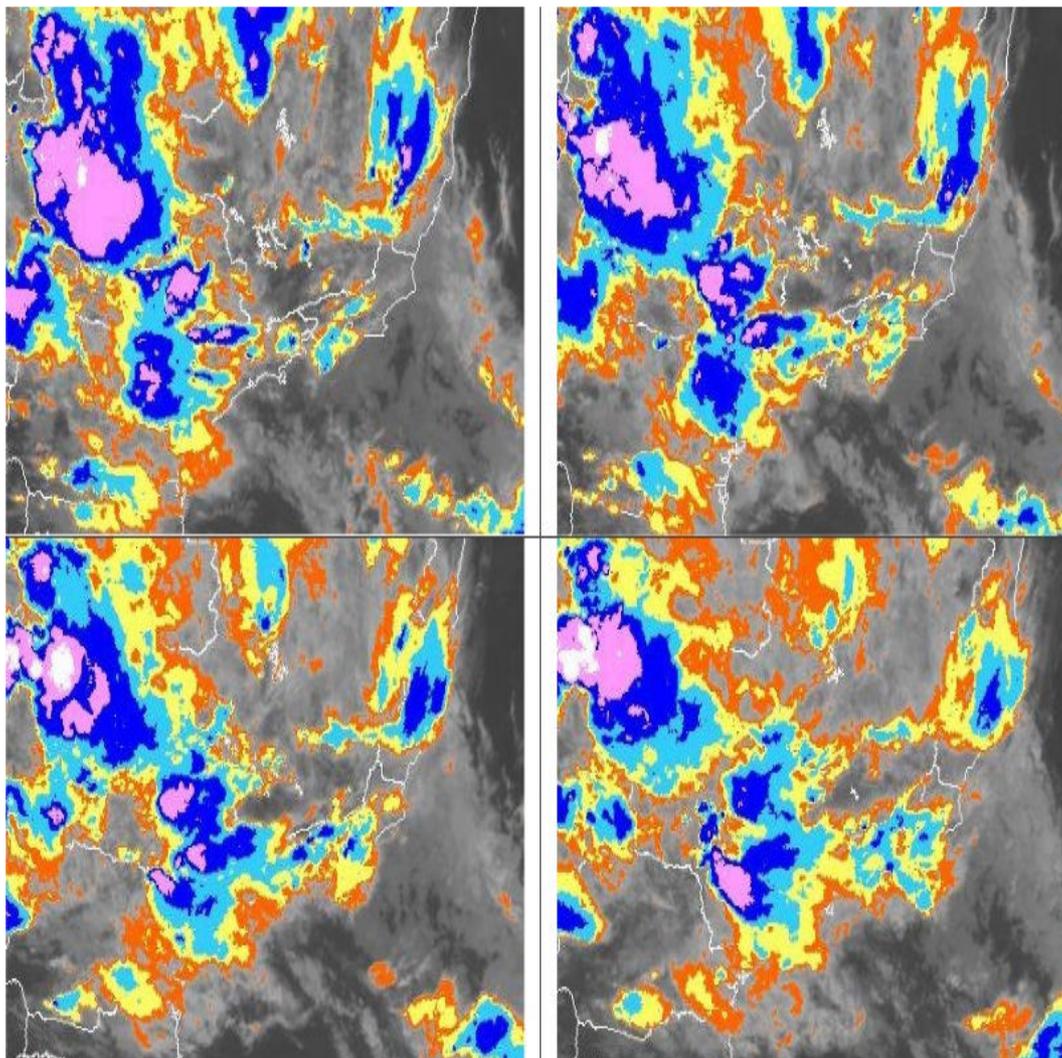


Figura 5.5- Sequencia de imagens realçadas do satélite GOES-12 em 11/01/11 22 UTC e 23 UTC (acima) e em 12/01/11 00UTC e 01UTC (abaixo) . Nuvens mais profundas realçadas em rosa e branco.
Fonte: INPE/CPTEC(2013).

Nas Figuras 5.6 e 5.7, cedidas pelo Grupo de Previsão de Tempo do CPTEC/INPE, nota-se a comparação do campo de pressão atmosférica da análise (previsão 00 h) para o dia de formação dessa baixa pressão com a previsão feita 24h, 48h, 72, 96 e 120h antes do evento, segundo os modelos operacionais de previsão numérica de tempo ETA (modelo regional com resolução de 20 km) e GFS (*Global Model System*, modelo global).

Pode-se notar a deficiência neste caso do modelo ETA em prever o fechamento da baixa pressão próximo ao litoral do Rio de Janeiro. Por se tratar de uma modelo regional e de melhor resolução, esperaria que esse ciclone fosse identificado em 24h, o que não ocorreu. A previsão somente foi feita da formação desse sistema nas previsões de 48 e 72h, mas com localização mais afastada da costa carioca. Nas previsões de 96 e 120h, o modelo se perde e nem sequer sinaliza uma área de circulação ciclônica (cavado).

O modelo americano GFS, também apresentou limitações graves na previsão de 24, 48 e 72h para esse evento. Surpreendentemente, apresentou boa previsão com 120h de antecedência, posicionando a baixa pressão bem próxima ao litoral do Rio de Janeiro, coerente com o apresentado na análise. Nesse contexto, apresentou desempenho pior que o Modelo ETA 20 km.

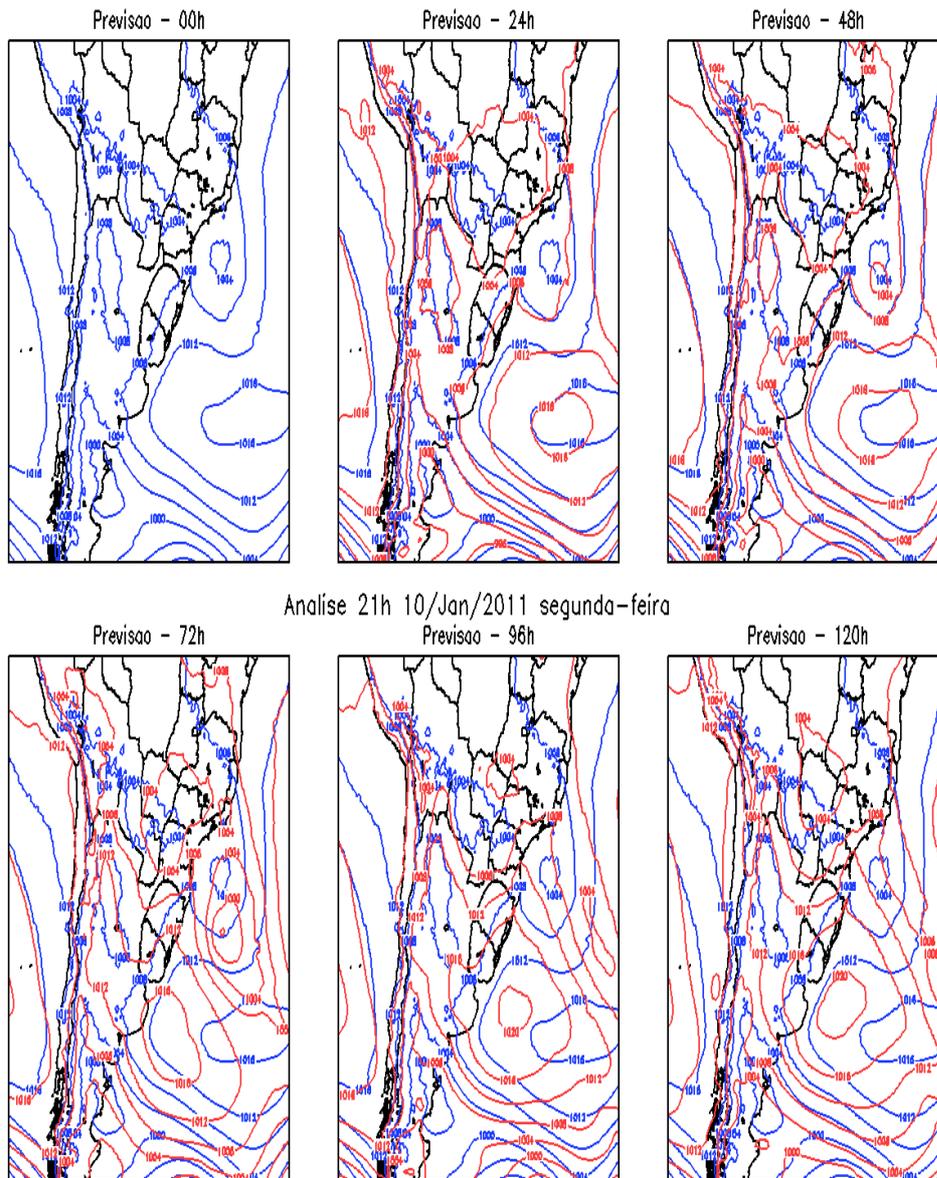


Figura 5.6 Comparação do campo de pressão atmosférica entre a Análise (previsão de 00h em azul) e as previsões até 120h (em vermelho) do modelo ETA para a ciclogênese em 10/01/11.

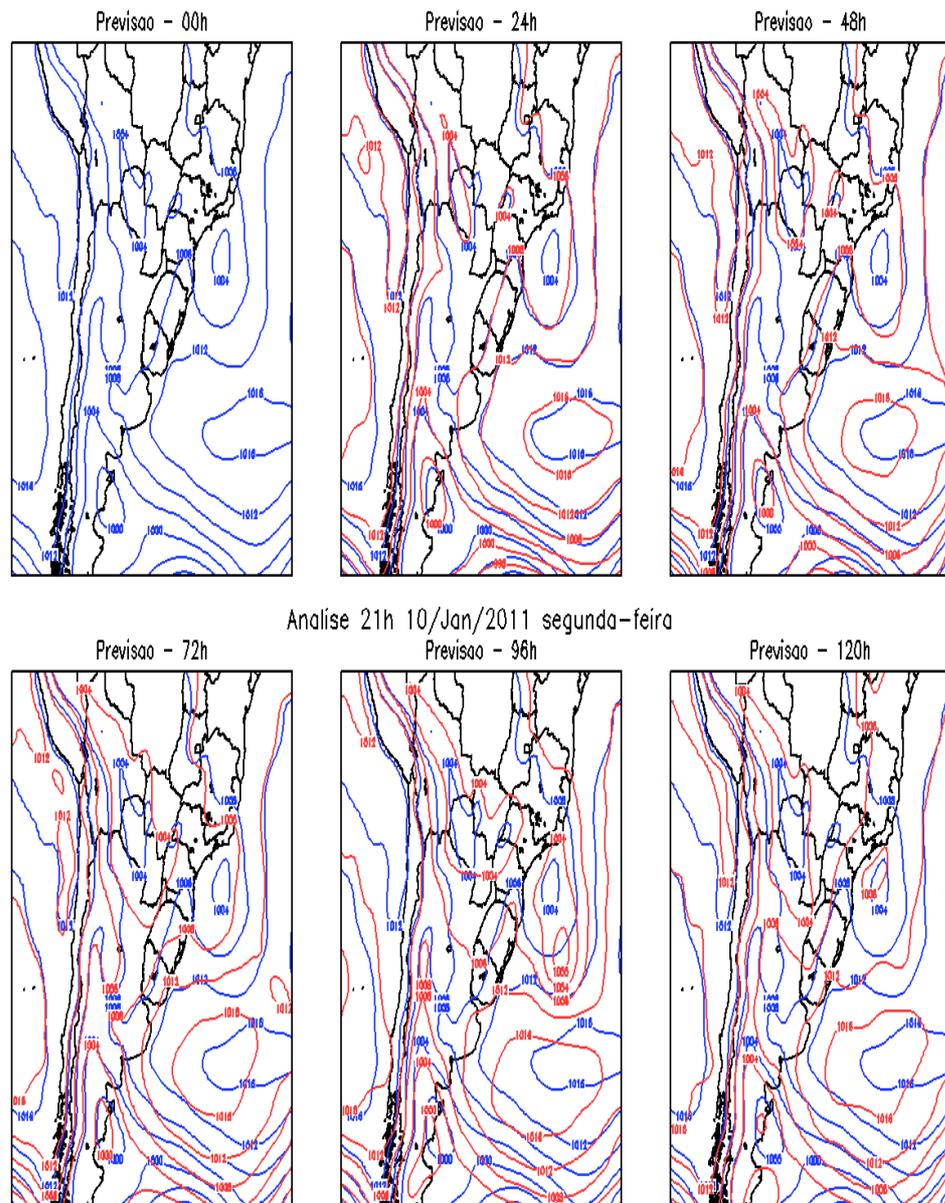


Figura 5.7- Comparação do campo de pressão atmosférica entre a Análise (previsão de 00h em azul) e as previsões até 120h (em vermelho) do modelo numérico americano GFS para a ciclogênese em 10/01/11.

O comportamento de algumas variáveis meteorológicas deste caso em estudo a partir de dados da Reanálise do ERA-Interim é mostrado nas Figuras 5.8 a 5.11. Cabe ressaltar os seguintes pontos:

- A convergência (divergência negativa) dos ventos e de umidade em 850 hPa no Atlântico Sul, com circulação ciclônica bem definida nas sequencias de datas nesse nível;
- A vorticidade e linhas de corrente em 500 hPa, com valores negativos de vorticidade na posição da baixa, denotando circulação ciclônica;
- A difluência do escoamento em 250 hPa sobre o Atlântico Sul, derivado do posicionamento dos sistemas meteorológicos Alta da Bolívia e cavado do Nordeste favorecendo a convergência de massa em superfície; forte escoamento dos ventos em altitude sobre o Sul do país e Oceano adjacente, sinalizando a presença de correntes de jato;
- Uma ampla área de baixa pressão, com isóbaras fechadas, em superfície.

A formação e fechamento da baixa pelos critérios objetivos, plotada na Figura 5.12 apresentou boa correspondência no posicionamento, deslocamento e intensidade, comparando com as cartas sinóticas elaboradas pelo INPE/CPTEC.

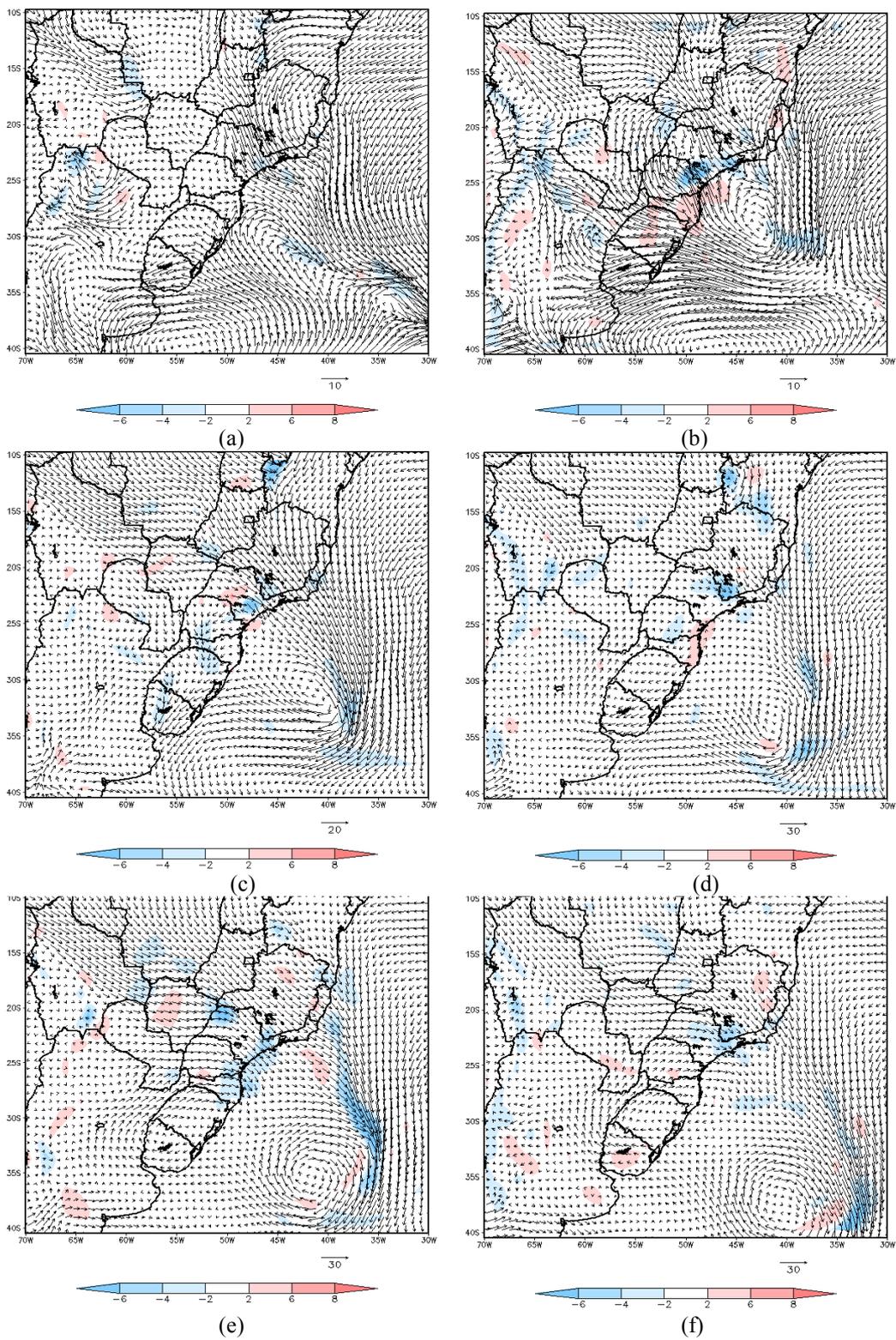


Figura 5.8 – Divergência de Umidade Específica (10^3g/kg) e Vento em 850 hPa nas datas: 10/01/11 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e)

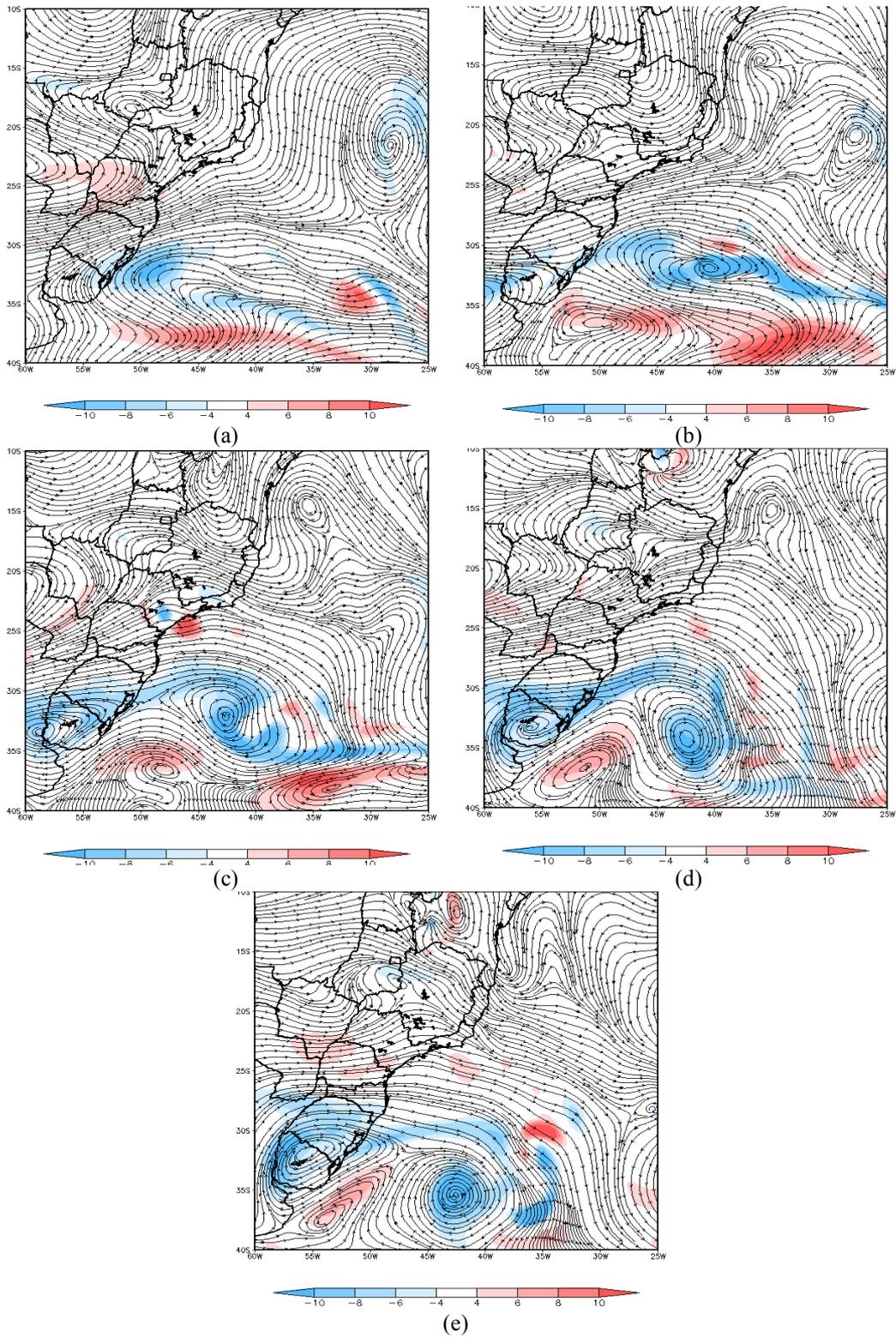


Figura 5.9 – Vorticidade Relativa ($10^{-5} s^{-1}$) e Linhas de Corrente em 500 hPa nas datas: 10/01/11/ 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e)

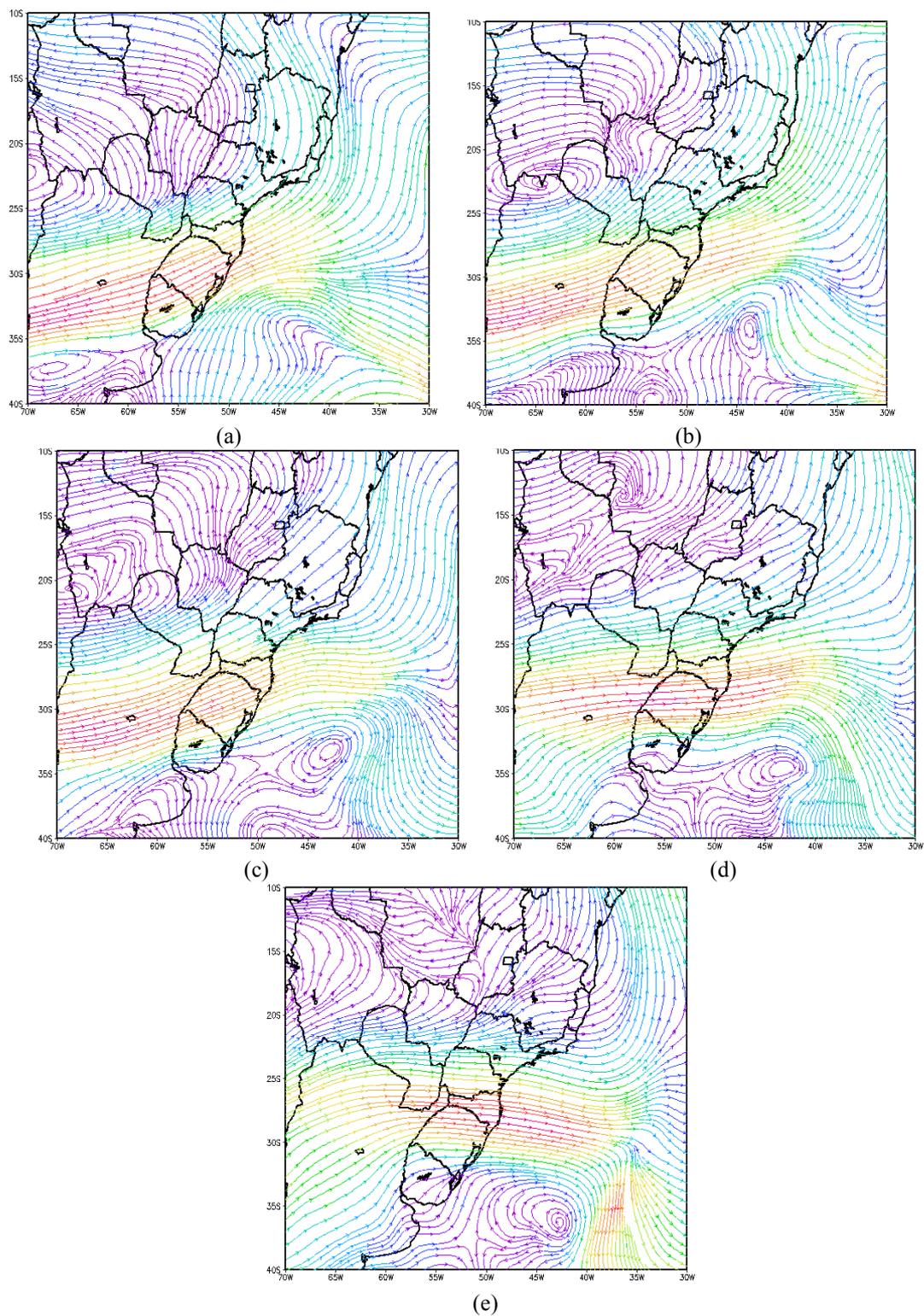


Figura 5.10 – Linhas de Corrente em 250 hPa nas datas: 10/01/11/ 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e) .

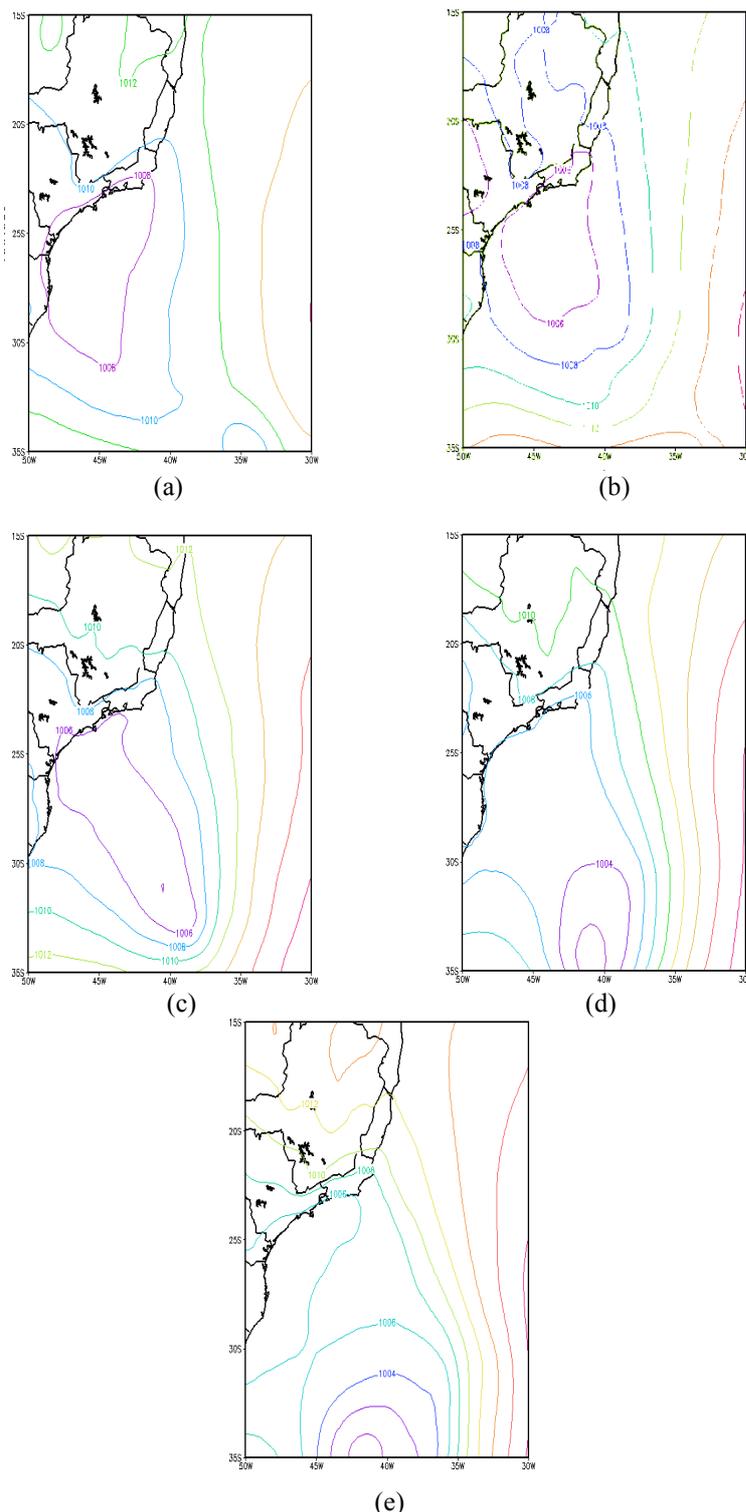


Figura 5.11 - Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) nas datas: 10/01/11/ 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e) .

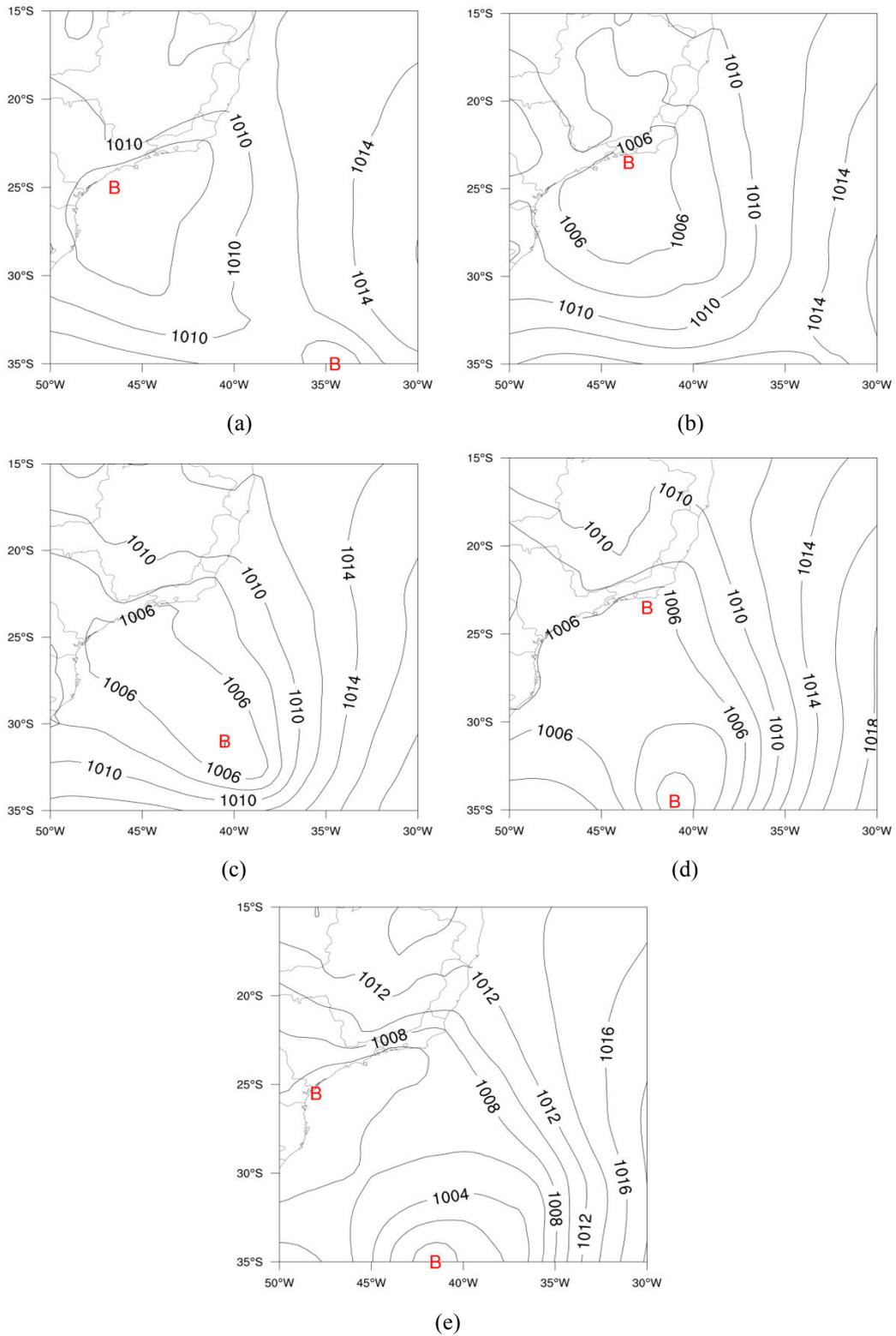


Figura 5.12 – Mínimos de Pressão segundo critério objetivo marcados pela letra B em vermelho e campo de Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa) a partir da Renálise do ERA-Interim: 10/01/11 12 UTC (a); 11/01/11 00 UTC (b); 11/01/11 12 UTC (c); 12/01/11 00 UTC (d) e 12/01/11 12 UTC (e)

6. CONCLUSÕES

O tempo de vida dos ciclones dentro da área de estudo variou, sendo de pelo menos de 24h, chegando, em alguns casos, a 08 dias. No que se refere à intensidade, se destaca os ciclones de número 101 (dez/09) e 110 (abr/10), que apresentaram valores do mínimo de pressão inferiores a 1000 hPa e a 990 hPa, respectivamente.

O número total de casos de ciclones foi de 169 na região e período de estudo, o que corresponde a uma média aproximada de 17 casos por temporada outubro/abril.

No entanto, no período de 2008 a 2009 a frequência de ciclones foi acima da média. Um dos motivos para tal disparidade pode estar relacionado à ocorrência de La Nina, que corresponde à fase fria do El Nino Oscilação Sul (ENOS), que vinha ocorrendo desde meados de 2007, com intensidade mais significativa ao longo de 2008 e permanecendo, ainda que com menor intensidade, até início de 2009, conforme identificado pela área em azul (negativa) do índice Oceanic Nino Index - ONI (NOAA) ilustrado na Figura 4.1. Cavalcanti (2009) menciona o estudo de Gan e Rao (1991) que aponta a existência de uma variação interanual importante na frequência de ocorrência de ciclogêneses e que eventos de La Nina tendem a favorecer o aumento da frequência de ciclones. Esse raciocínio também pode ser explicado para o período de 2010/2011 de segunda maior elevada frequência, que corresponde a uma fase de La Nina.

Por outro lado, também notou-se uma situação de neutralidade e El Nino fraco atuando de meados de 2002 a meados de 2004, o que pode explicar uma diminuição na frequência de ciclones entre 2003 e 2004.

Na análise dos compostos, considerando o período total de outubro a abril de 2003 a 2013, notou-se que o comportamento do escoamento em altitude com difluência no escoamento provocado pela atuação da Alta da Bolívia e pelo Cavado do Nordeste e das anomalias positivas do vento zonal, aliado à presença de cavado em níveis médios sobre Atlântico que transporta vorticidade ciclônica para a região do Oceano Atlântico Sul, e à convergência do escoamento em baixos níveis ajudaram a justificar a ciclogênese em superfície.

Por fim, o estudo de caso, bem como as verificações realizadas de outros casos analisados, mostrou boa representação dos ciclones usando os critérios desenvolvidos, que contempla também técnicas objetivas. Ressaltou ainda a dificuldade de modelos numéricos de previsão em prever com maior exatidão a localização e a intensidade dos ciclones.

Dessa forma, isto permite como trabalhos futuros, a aplicação da metodologia desta pesquisa para uso operacional na identificação de ciclones nos resultados das previsões, aperfeiçoando de forma objetiva a previsão de tempo, podendo, inclusive, ser utilizada nos resultados das previsões numéricas sazonais.

Adicionalmente, outra aplicação possível, seria a análise mensal da habilidade dos modelos de previsão numéricas através de índices de acerto na detecção dos ciclones nos diversos prazos de previsão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, K.M. **Climatologia e comportamento de sistemas frontais sobre a América do Sul**. 2005. 185 p. (INPE-14056-TDI/1067). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005. Disponível em:<<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2005/06.15.17.12>>. Acesso em: 30 abr. 2014.
- AHRENS, C. D. **Essentials of meteorology: an invitation to the atmosphere**. 4. ed. Belmonte, CA, EUA: Brooks/Cole, 2005.
- ANTHES, R. A. **Tropical cyclones: their evolution, structure and effects**, Meteorol. Monogr., v. 19, Boston, Mass: American Meteorological Society, 1982.
- BEVEN, J.L. **A study of three ‘hybrid’ storms**. In: CONFERENCE ON HURRICANES AND TROPICAL METEOROLOGY, 22., 1997, Fort Collins. **Proceedings...** Fort Collins, CO. Boston, Mass: American Meteorological Society, 1997.
- CAVALCANTI, I. et al. (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CELEMIN, A. **Meteorologia práctica**. Mar del Plata: Edicion del Autor, 1997.
- DACRE et al. An extratropical cyclone atlas: a tool for illustrating cyclone structure and evolution characteristics. **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 93, p. 1497–1502, 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00164.1>
- DAVIS, C.A.; BOSART, L.F. Baroclinically induced tropical cyclogenesis. **Monthly Weather Review**. v. 131, p. 2730–2747, 2003.
- DEE, D.P., et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 137, p. 553–597, 2011.
- FOLHA DA REGIÃO. **Inpe divulga imagens de satélite da tragédia na região serrana do RJ**. Disponível em: <http://www.folhadaregiao.com.br/Materia.php?id=270653>, Acesso em: 15.09.2013.
- GAN, M. A.; RAO, V. B.: Surface cyclongenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, p.1293-1302, 1991.
- GISHARD, M. P., EVANS, J. L., HART, R.: Atlantic Subtropical Storms. Part II: Climatology. **Journal of climate**, v. 22, p. 3574-3594, 2009.

GUIA, C.V.F. **Análises das características sinóticas das trajetórias dos ciclones extratropicais que atuam na América do Sul e vizinhanças**. 120 p. (sid.inpe.br/mte-m19/2010/11.26.17.17-TDI). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011 Disponível em:<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/38LS7UE>. Acesso em: 30 abr. 2014

GRAY, W. Global view of the origin of tropical disturbances and storms. **Monthly Weather Review**, v. 96, p.669-700,1968.

HART, R. E. A cyclone phase space derived from thermal wind and thermal asymetry. **Monthly Weather Review**, v.131, p.585-616, 2003.

HART, R., E.; EVANS, J. L. A Climatology of the extratropical transition of Atlantic Tropical Cyclones. **Journal of Climate**, v. 14, p.546-564, 2000.

HART, R., E. **Hurricanes: a primer on formation, structure, intensity change and frequency** Washington, DC: The Marshall Institute — Science for Better Public Policy, 2006.

HODGES, K.I.: Feature tracking on the unit sphere. **Monthly Weather Review**. v. 123,p.3458-3465,1995.

HOLTON, J. R. **An introduction to dynamic meteorology**. 4. ed.. New York: Academic Press, 2004.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Análise sinótica**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/faces/noticias.jsp?idConsulta=&idQuadros=142>, Acesso em 10.05.2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Climatologia mensal**. Disponível em: http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento_brasil.shtml . Acesso em:01.08.2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Análise de Eventos Extremos**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/15913>, Acesso em:10.05.2013.

LEME BEU, C. M.; AMBRIZZI, T. Variabilidade interanual e intersazonal da frequência de ciclones no Hemisfério Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 44-55, 2006.

MENDES, D.; SOUZA, E.; TRIGO, I.; MIRANDA, P. On precursors of south american cyclogenesis. **Tellus**, v. 59, p. 114-121, 2007.

MURRAY, R. J.; I. SIMMONDS: A numerical scheme for tracking cyclone centres from digital data. Part I: Development and operation of the scheme. **Australian Meteorological Magazine**, v.39, p.155–166,1991.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). El Nino - Souther Oscillation (ENSO). Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml> . Acesso em: 20.05.2014.

PEZZA, A.B; SIMMONDS, I. The first south Atlantic hurricane: Unprecedented blocking, low shear and climate change. **Geophysical Research Letters**, 32, L15712, doi:10.1029/2005GL023390, 2005.

PEZZA, A. B.; AMBRIZZI, T. Variability of Southern Hemisphere Cyclone and Anticyclone Behavior: further analysis. American Meteorological Society. **Journal of Climate**, v. 16, p. 1075–1083, 2003. doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<1075:VOSHCA>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<1075:VOSHCA>2.0.CO;2).

REBOITA, M.S. et al. Análise de um ciclone semi-estacionário na costa sul do Brasil associado a bloqueio atmosférico. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.24, n.4, p.407-422, São Paulo, 2009.

ROCHA, F.R. **Estudo de caso de dois ciclones tropicais no Oceano Atlântico Sul**. Monografia (Bacharelado em Meteorologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2012.

ROSA, M.B.; FILHO, A.P.; SATYAMURTY, P. Hydrometeor and latent heat profiles of tropical cyclones Conson, Ivan and Catarina using PR/TRMM data. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.156 - 174, 2010.

SANDERS, F. Real Front or Baroclinic Trough? **American Meteorological Society**. v.20, p.647-651. 2005.

SIMMONS, A.;UPPALA, S.; Dee, D.; KOBAYASHI, K. ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from1989 onwards. **ECMWF Newsletter**, v.110, p. 29, 2007.

SINCLAIR, M. R. An a climatology of cyclogenesis for the Southern Hemisphere. **Monthly Weather Review**, v.123, p.1601-1619,1995.

SINCLAIR, M.R. Objective identification of cyclones and their circulation intensity, and climatology. **American Meteorological Society**, v.12, p.595-612,1997.

QUADRO, F. et al. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n. 2, p.152 - 162, 2012.

APÊNDICE A

Tabela A.1- Comparação de casos utilizando diferentes gradientes médios para identificação objetiva dos mínimos de pressão: Caso Furacão Catarina, Caso da Região Serrana –RJ, Caso de Angra dos Reis - RJ, Ciclone abr/13 e Ciclone nov/12

FURACÃO CATARINA				
gradientes médios	data	latitude	longitude	pressão central
1,0	2004032200	-30,0	320,0	1003,0
1,0	2004032312	-29,5	323,0	1010,9
0,8	2004032012	-25,0	314,0	1008,9
0,8	2004032112	-29,0	318,0	1004,4
0,8	2004032200	-30,0	320,0	1003,0
0,8	2004032212	-30,0	322,5	1007,0
0,8	2004032300	-29,5	324,0	1009,3
0,8	2004032312	-29,5	323,0	1010,9
0,8	2004032400	-29,5	322,0	1011,1
0,8	2004032412	-29,0	321,0	1010,9
0,8	2004032700	-28,5	315,0	1009,9
0,8	2004032800	-29,0	312,0	1011,1
0,8	2004032812	-26,0	312,0	1013,1
0,6	2004032012	-25,0	314,0	1008,9
0,6	2004032100	-26,5	317,0	1007,3
0,6	2004032112	-29,0	318,0	1004,4
0,6	2004032200	-30,0	320,0	1003,0
0,6	2004032212	-30,0	322,5	1007,0
0,6	2004032300	-29,5	324,0	1009,3
0,6	2004032312	-29,5	323,0	1010,9
0,6	2004032400	-29,5	322,0	1011,1
0,6	2004032412	-29,0	321,0	1010,9
0,6	2004032500	-28,5	320,0	1011,2
0,6	2004032512	-28,0	319,5	1011,0
0,6	2004032600	-28,0	318,0	1011,5
0,6	2004032612	-28,5	316,5	1011,1
0,6	2004032700	-28,5	315,0	1009,9
0,6	2004032712	-29,0	313,5	1011,3
0,6	2004032800	-29,0	312,0	1011,1
0,6	2004032812	-26,0	312,0	1013,1

0,4	2004032012	-25,0	314,0	1008,9
0,4	2004032100	-26,5	317,0	1007,3
0,4	2004032112	-29,0	318,0	1004,4
0,4	2004032200	-30,0	320,0	1003,0
0,4	2004032212	-30,0	322,5	1007,0
0,4	2004032300	-29,5	324,0	1009,3
0,4	2004032312	-29,5	323,0	1010,9
0,4	2004032400	-29,5	322,0	1011,1
0,4	2004032412	-29,0	321,0	1010,9
0,4	2004032500	-28,5	320,0	1011,2
0,4	2004032512	-28,0	319,5	1011,0
0,4	2004032600	-28,0	318,0	1011,5
0,4	2004032612	-28,5	316,5	1011,1
0,4	2004032700	-28,5	315,0	1009,9
0,4	2004032712	-29,0	313,5	1011,3
0,4	2004032800	-29,0	312,0	1011,1
0,4	2004032812	-26,0	312,0	1013,1
0,2	2004032000	-23,5	316,5	1010,7
0,2	2004032012	-25,0	314,0	1008,9
0,2	2004032100	-26,5	317,0	1007,3
0,2	2004032112	-29,0	318,0	1004,4
0,2	2004032200	-30,0	320,0	1003,0
0,2	2004032212	-30,0	322,5	1007,0
0,2	2004022300	-29,5	324,0	1009,3
0,2	2004032312	-29,5	323,0	1010,9
0,2	2004032400	-29,5	322,0	1011,1
0,2	2004032412	-29,0	321,0	1010,9
0,2	2004032500	-28,5	320,0	1011,2
0,2	2004032512	-28,0	319,5	1011,0
0,2	2004032600	-28,0	318,0	1011,5
0,2	2004032612	-28,5	316,5	1011,1
0,2	2004032700	-28,5	315,0	1009,9
0,2	2004032712	-29,0	313,5	1011,3
0,2	2004032800	-29,0	312,0	1011,1
0,2	2004032812	-26,0	312,0	1013,1

CHUVA NA REGIÃO SERRANA DO RJ

gradientes médios	data	latitude	longitude	pressão central
1,0	2011011200	-34,5	319,0	1001,2
0,8	2011011012	-35,0	325,5	1008,5
0,8	2011011112	-31,0	319,5	1004,0
0,8	2011011200	-34,5	319,0	1001,2
0,8	2011011212	-35,0	318,5	999,4
0,8	2011011300	-25,0	313,5	1003,7
0,6	2011011012	-35,0	325,5	1008,5
0,6	2011011100	-23,5	316,5	1005,0
0,6	2011011112	-31,0	319,5	1004,0
0,6	2011011200	-34,5	319,0	1001,2
0,6	2011011212	-35,0	318,5	999,4
0,6	2011011300	-25,0	313,5	1003,7
0,4	2011011012	-35,0	325,5	1008,5
0,4	2011011100	-23,5	316,5	1005,0
0,4	2011011112	-31,0	319,5	1004,0
0,4	2011011200	-34,5	319,0	1001,2
0,4	2011011212	-35,0	318,5	999,4
0,4	2011011300	-25,0	313,5	1003,7
0,4	2011011312	-26,5	314,0	1004,4
0,2	2011011000	-23,5	316,5	1007,5
0,2	2011011012	-25,0	313,5	1006,1
0,2	2011011100	-23,5	316,5	1005,0
0,2	2011011112	-31,0	319,5	1004,0
0,2	2011011200	-34,5	319,0	1001,2
0,2	2011011212	-35,0	318,5	999,4

CHUVA EM ANGRA DOS REIS/RJ

gradientes médios	data	latitude	longitude	pressão central
1,0	2010010112	-24,5	315,5	1007,4
0,8	2009123112	-23,5	317,5	1006,2
0,8	2010010100	-30,0	327,0	1012,9
0,8	2010010112	-24,5	315,5	1007,4
0,8	2010010200	-25,5	314,5	1009,0
0,8	2010010400	-26,5	312,0	1013,8
0,6	2009123112	-23,5	317,5	1006,2
0,6	2010010100	-30,0	327,0	1012,9
0,6	2010010112	-24,5	315,5	1007,4
0,6	2010010200	-25,5	314,5	1009,0
0,6	2010010400	-26,5	312,0	1013,8
0,4	2009123112	-23,5	317,5	1006,2
0,4	2010010100	-30,0	327,0	1012,9
0,4	2010010112	-24,5	315,5	1007,4
0,4	2010010200	-25,5	314,5	1009,0
0,4	2010010212	-28,0	314,0	1010,9
0,4	2010010300	-29,0	316,0	1011,9
0,4	2010010400	-26,5	312,0	1013,8
0,2	2009123100	-23,5	318,5	1006,0
0,2	2009123112	-23,5	317,5	1006,2
0,2	2010010100	-24,0	316,5	1007,0
0,2	2010010112	-24,5	315,5	1007,4
0,2	2010010200	-25,5	314,5	1009,0
0,2	2010010212	-28,0	314,0	1010,9
0,2	2010010300	-29,0	316,0	1011,9
0,2	2010010312	-30,0	319,0	1014,3

CICLONE ABR/13

gradientes médios	data	latitude	longitude	pressão central
1,0	2013041500	-30,5	329,0	1002,4
1,0	2013041512	-34,0	328,5	1002,9
0,8	2013041500	-30,5	329,0	1002,4
0,8	2013041512	-34,0	328,5	1002,9
0,6	2013041412	-29,5	325,0	1002,8
0,6	2013041500	-30,5	329,0	1002,4
0,6	2013041512	-34,0	328,5	1002,9
0,4	2013041412	-29,5	325,0	1002,8
0,4	2013041500	-30,5	329,0	1002,4
0,4	2013041512	-34,0	328,5	1002,9
0,2	2013041412	-29,5	325,0	1002,8
0,2	2013041500	-30,5	329,0	1002,4
0,2	2013041512	-34,0	328,5	1002,9

CICLONE NOV/12

gradientes médios	data	latitude	longitude	pressão central
1,0	2012111400	-25,5	326,0	1009,6
0,8	2012111400	-25,5	326,0	1009,6
0,6	2012111312	-24,0	320,5	1009,9
0,6	2012111400	-25,5	326,0	1009,6
0,4	2012111312	-24,0	320,5	1009,9
0,4	2012111400	-25,5	326,0	1009,6
0,2	2012111312	-24,0	320,5	1009,9
0,2	2012111400	-25,5	326,0	1009,6
0,2	2012111412	-26,5	329,5	1010,5

Tabela A.2- Identificação dos ciclones pelos critérios definidos

n° de casos	data (ano, mês, dia, hora UTC)	latitude (°)	longitude (°)	pressão central (hPa)
1	2003110112	- 24,5	314,5	1.011,7
	2003110200	- 23,5	317,0	1.011,3
	2003110212	- 24,0	318,5	1.011,9
2	2003112412	- 29,0	311,0	1.007,7
	2003112500	- 26,0	312,0	1.009,2
	2003112512	- 26,0	312,0	1.009,0
3	2004010812	- 25,0	313,5	1.011,5
	2004010900	- 25,5	313,0	1.009,4
	2004010912	- 24,0	316,0	1.008,7
	2004011000	- 25,5	315,5	1.006,9
	2004011012	- 29,0	318,0	1.007,5
4	2004011200	- 26,0	312,0	1.007,8
	2004011212	- 23,5	317,5	1.007,9
	2004011300	- 23,5	318,5	1.008,2
	2004011312	- 26,5	318,5	1.008,2
5	2004011512	- 25,0	319,0	1.004,9
	2004011600	- 26,5	321,0	1.005,1
	2004011612	- 29,0	324,5	1.005,3
	2004011700	- 30,5	327,0	1.005,8
	2004011712	- 31,0	328,5	1.007,3
6	2004011912	- 16,0	323,5	1.009,0
	2004012000	- 15,5	323,5	1.009,4
	2004012012	- 15,5	323,0	1.009,3

	2004012100	-	16,0	322,0	1.008,8
7	2004022300	-	23,5	317,0	1.013,7
	2004022312	-	23,5	317,0	1.012,7
	2004022400	-	32,0	318,5	1.009,7
	2004022412	-	34,5	321,0	1.004,1
8	2004031512	-	27,0	315,0	1.007,4
	2004031600	-	28,0	315,0	1.005,7
	2004031612	-	29,0	317,0	1.004,7
	2004031700	-	28,5	318,0	1.002,7
	2004031712	-	30,0	319,5	1.003,3
	2004031800	-	31,5	320,5	1.003,1
	2004031812	-	34,0	320,0	1.002,5
9	2004032012	-	25,0	314,0	1.008,9
	2004032100	-	26,5	317,0	1.007,3
	2004032112	-	29,0	318,0	1.004,4
	2004032200	-	30,0	320,0	1.003,0
	2004032212	-	30,0	322,5	1.007,0
	2004032300	-	29,5	324,0	1.009,3
	2004032312	-	29,5	323,0	1.010,9
	2004032400	-	29,5	322,0	1.011,1
	2004032412	-	29,0	321,0	1.010,9
	2004032500	-	28,5	320,0	1.011,2
	2004032512	-	28,0	319,5	1.011,0
	2004032600	-	28,0	318,0	1.011,5
	2004032612	-	28,5	316,5	1.011,1

	2004032700	-	28,5	315,0	1.009,9
	2004032712	-	29,0	313,5	1.011,3
	2004032800	-	29,0	312,0	1.011,1
subtotal:9	2004032812	-	26,0	312,0	1.013,1
10	2004100600	-	34,5	321,5	1.005,1
	2004100612	-	33,5	322,5	1.004,8
	2004100700	-	33,0	324,5	1.004,1
	2004100712	-	32,5	325,0	1.007,2
	2004100800	-	31,0	325,0	1.007,9
	2004100812	-	30,5	325,5	1.008,3
	2004100900	-	30,5	326,0	1.010,2
	2004100912	-	31,0	327,0	1.013,0
11	2004112900	-	29,5	318,5	1.004,8
	2004112912	-	32,0	321,0	1.001,6
	2004113000	-	33,0	323,5	999,4
	2004113012	-	34,5	327,5	997,0
12	2004120812	-	30,5	311,0	1.006,6
	2004120900	-	31,5	316,0	1.003,7
	2004120912	-	33,0	324,0	1.002,7
13	2004121200	-	25,0	317,0	1.009,3
	2004121212	-	26,5	316,5	1.006,4
	2004121300	-	28,5	317,5	1.006,2
	2004121312	-	31,0	319,0	1.006,0
	2004121400	-	33,0	322,5	1.005,3

14	2004121800	-	21,5	319,0	1.011,4
	2004121812	-	26,5	321,0	1.013,2
	2004121900	-	28,0	322,5	1.013,9
15	2004122700	-	34,5	314,0	1.005,2
	2004122712	-	34,0	317,0	1.006,6
	2004122800	-	32,0	318,0	1.007,5
	2004122812	-	31,0	324,0	1.010,5
	2004122900	-	30,5	321,5	1.012,5
16	2005010600	-	26,0	312,0	1.007,4
	2005010612	-	31,0	313,5	1.008,9
	2005010700	-	25,5	313,0	1.009,4
	2005010712	-	25,0	314,0	1.011,7
17	2005011112	-	32,5	327,0	1.007,6
	2005011200	-	27,5	324,0	1.007,4
	2005011212	-	28,0	325,0	1.007,3
	2005011300	-	27,0	325,5	1.006,8
	2005011312	-	30,0	327,0	1.006,9
18	2005011612	-	23,5	316,5	1.004,7
	2005011700	-	23,0	318,5	1.006,2
	2005011712	-	25,0	317,0	1.008,4
	2005011800	-	26,0	316,0	1.008,4
	2005011812	-	29,0	318,5	1.007,9
	2005011900	-	30,5	320,5	1.007,7
19	2005012512	-	27,5	313,5	1.001,8
	2005012600	-	29,5	319,5	999,4

	2005012612	-	33,5	326,5	998,1
20	2005020100	-	22,0	319,0	1.008,9
	2005020112	-	23,0	318,5	1.008,6
	2005020200	-	24,5	317,0	1.008,8
	2005020212	-	25,5	316,0	1.010,2
	2005020300	-	25,5	316,5	1.012,0
21	2005021300	-	22,0	319,0	1.007,3
	2005021312	-	23,0	318,5	1.007,4
	2005021400	-	26,0	321,0	1.006,5
	2005021412	-	29,5	321,0	1.005,6
	2005021500	-	32,5	319,5	1.004,6
	2005021512	-	33,0	317,5	1.004,5
	2005021600	-	32,5	316,5	1.005,3
	2005021612	-	32,5	316,0	1.005,6
	2005021700	-	32,5	316,5	1.007,1
22	2005021812	-	23,5	316,5	1.013,6
	2005021900	-	23,5	317,0	1.012,7
	2005021912	-	23,5	317,0	1.013,2
	2005022000	-	22,5	319,0	1.011,8
23	2005022612	-	32,0	312,5	1.003,8
	2005022700	-	32,0	315,0	1.000,5
	2005022712	-	33,0	319,0	1.000,8
24	2005031612	-	33,5	313,0	1.008,8
	2005031700	-	33,0	313,0	1.009,8
	2005031712	-	33,0	322,5	1.011,6

25	2005032300	-	25,0	314,5	1.013,5
	2005032312	-	25,5	314,0	1.014,7
	2005032400	-	28,0	315,0	1.013,8
	2005032412	-	32,0	319,5	1.011,8
	2005032500	-	33,0	321,5	1.008,4
	2005032512	-	33,5	324,0	1.010,0
	2005032600	-	34,0	326,5	1.010,5
subtotal:16	2005032612	-	33,5	328,0	1.011,9
26	2005101000	-	32,0	316,0	1.013,4
	2005101012	-	32,0	319,5	1.012,5
	2005101100	-	34,0	322,0	1.009,6
	2005101112	-	34,5	324,0	1.009,3
27	2005101800	-	29,0	315,0	1.008,8
	2005101812	-	30,0	321,5	1.006,6
	2005101900	-	31,5	328,5	1.004,2
28	2005102612	-	23,5	317,0	1.011,4
	2005102700	-	22,0	319,0	1.011,4
	2005102712	-	24,5	320,0	1.013,8
29	2005120812	-	23,5	323,0	1.010,4
	2005120900	-	25,5	323,5	1.011,9
	2005120912	-	28,5	325,5	1.011,7
	2005121000	-	30,5	327,0	1.013,3
30	2005121012	-	23,5	316,5	1.011,0
	2005121100	-	22,0	319,0	1.011,0
	2005121112	-	21,5	319,5	1.011,7

31	2005121412	-	27,5	321,0	1.010,8
	2005121500	-	28,5	323,0	1.010,4
	2005121512	-	30,5	324,0	1.008,7
	2005121600	-	33,0	326,5	1.006,8
	2005121612	-	35,0	329,0	1.007,4
32	2006010212	-	26,5	312,0	1.008,4
	2006010300	-	31,0	320,0	1.007,0
	2006010312	-	35,0	322,5	1.003,9
33	2006021300	-	25,5	313,0	1.011,4
	2006021312	-	26,5	313,5	1.011,5
	2006021400	-	23,0	318,0	1.011,2
	2006021412	-	23,5	318,0	1.012,0
34	2006022200	-	32,0	310,5	1.005,0
	2006022212	-	31,5	312,0	1.002,9
	2006022300	-	33,5	317,5	1.000,8
35	2006022512	-	31,0	313,5	1.002,6
	2006022600	-	32,0	313,5	999,9
	2006022612	-	32,0	315,5	1.000,7
	2006022700	-	33,5	320,0	1.001,8
	2006022712	-	34,0	320,0	1.001,1
	2006022800	-	34,0	322,5	1.002,7
	2006022812	-	34,0	325,5	1.005,0
36	2006031212	-	22,0	321,5	1.011,9
	2006031300	-	23,0	322,5	1.010,7

	2006031312	-	26,0	322,5	1.010,4
	2006031400	-	27,0	322,0	1.011,1
	2006031412	-	28,0	320,0	1.011,9
	2006031500	-	28,0	319,5	1.011,8
37	2006032100	-	25,0	314,0	1.011,3
	2006032112	-	26,0	314,5	1.013,6
	2006032200	-	25,0	315,0	1.013,5
38	2006032600	-	23,5	317,5	1.011,9
	2006032612	-	24,0	318,5	1.010,8
	2006032700	-	23,0	320,0	1.011,8
	2006032712	-	21,5	321,0	1.013,1
39	2006040900	-	23,5	317,0	1.010,7
	2006040912	-	25,0	316,0	1.009,5
	2006041000	-	23,5	318,0	1.008,0
40	2006041112	-	33,0	313,5	1.004,5
	2006041200	-	34,0	313,5	1.001,8
	2006041212	-	34,0	315,0	1.001,3
	2006041300	-	33,5	317,5	1.002,9
	2006041312	-	33,5	321,0	1.003,7
	2006041400	-	32,5	323,0	1.006,1
	2006041412	-	31,0	324,0	1.009,4
41	2006042600	-	30,0	311,0	1.012,5
	2006042612	-	32,0	314,5	1.009,2
	2006042700	-	29,5	319,5	1.008,8
subtotal:17	2006042712	-	30,0	321,5	1.007,9

42	2006102612	-	33,5	313,5	1.003,7
	2006102700	-	32,5	316,5	995,7
	2006102712	-	30,0	318,5	998,9
	2006102800	-	28,5	321,0	1.002,0
	2006102812	-	27,0	322,5	1.006,0
	2006102900	-	26,0	323,0	1.008,0
	2006102912	-	25,5	322,5	1.010,3
43	2006112812	-	23,5	317,0	1.008,9
	2006112900	-	23,5	317,0	1.006,8
	2006112912	-	25,0	317,5	1.008,1
	2006113000	-	22,0	319,0	1.008,6
	2006113012	-	21,5	319,5	1.009,7
44	2006120612	-	28,0	312,0	1.010,4
	2006120700	-	27,5	316,5	1.006,7
	2006120712	-	27,5	321,0	1.003,6
	2006120800	-	31,0	327,5	1.001,2
45	2007011212	-	28,5	312,0	1.004,2
	2007011300	-	32,0	324,0	1.000,0
	2007011312	-	34,0	328,5	998,6
46	2007012100	-	26,5	312,5	1.008,4
	2007012112	-	29,0	319,5	1.009,8
	2007012200	-	30,0	325,5	1.009,2
47	2007012912	-	26,0	313,0	1.008,4
	2007013000	-	26,0	314,0	1.007,7
	2007013012	-	33,0	321,0	1.004,2

	2007013100	-	34,5	324,0	997,5
48	2007020300	-	21,5	319,5	1.011,1
	2007020312	-	21,5	319,5	1.011,1
	2007020400	-	21,5	320,0	1.011,9
49	2007021100	-	32,5	321,5	1.012,7
	2007021112	-	32,5	326,5	1.007,6
	2007021200	-	29,0	324,0	1.003,8
	2007021212	-	31,0	326,5	1.000,7
	2007021300	-	31,0	326,5	1.003,5
	2007021312	-	30,0	325,5	1.006,5
	2007021400	-	30,5	326,0	1.007,9
	2007021412	-	31,0	325,0	1.008,9
	2007021500	-	31,0	324,5	1.010,6
50	2007021812	-	27,0	312,0	1.007,7
	2007021900	-	23,5	316,5	1.008,0
	2007021912	-	24,5	315,5	1.010,5
	2007022000	-	24,0	316,0	1.010,6
	2007022012	-	25,5	313,5	1.011,8
	2007022100	-	23,5	316,0	1.011,4
	2007022112	-	24,5	314,5	1.013,9
51	2007031800	-	25,0	316,0	1.011,7
	2007031812	-	25,5	313,5	1.009,8
	2007031900	-	28,5	318,0	1.006,7
	2007031912	-	31,0	320,5	1.006,8
	2007032000	-	32,5	325,0	1.007,4

	2007032012	-	32,5	325,0	1.009,0
	2007032100	-	33,0	325,5	1.009,1
	2007032112	-	33,5	326,0	1.008,8
	2007032200	-	34,0	327,0	1.009,1
	2007032212	-	33,5	328,5	1.010,3
subtotal:10	2007032300	-	32,5	330,0	1.011,0
52	2007112812	-	34,0	319,5	1.006,3
	2007112900	-	34,0	321,0	1.007,3
	2007112912	-	34,5	324,5	1.006,9
53	2007122000	-	23,5	317,0	1.006,5
	2007122012	-	25,5	317,5	1.006,5
	2007122100	-	25,0	318,5	1.008,4
	2007122112	-	25,5	318,5	1.009,8
54	2008011212	-	23,5	316,5	1.010,4
	2008011300	-	23,5	316,5	1.012,0
	2008011312	-	24,5	315,0	1.013,6
55	2008011900	-	26,0	312,0	1.007,5
	2008011912	-	28,5	312,0	1.004,3
	2008012000	-	31,0	320,0	1.000,2
	2008012012	-	34,5	328,0	999,2
56	2008012512	-	24,5	322,0	1.013,0
	2008012600	-	24,0	323,0	1.011,4
	2008012612	-	23,5	324,5	1.011,7
57	2008020800	-	23,5	316,5	1.014,7
	2008020812	-	23,5	317,0	1.013,7

		2008020900	-	25,5	315,0	1.013,1
58		2008021200	-	26,5	313,0	1.010,5
		2008021212	-	29,0	312,0	1.011,0
		2008021300	-	30,5	312,0	1.008,6
		2008021312	-	33,0	312,0	1.007,0
		2008021400	-	35,0	313,5	1.004,7
59		2008021700	-	23,5	316,0	1.011,8
		2008021712	-	25,0	314,0	1.013,1
		2008021800	-	23,5	316,5	1.012,7
		2008021812	-	23,5	317,5	1.014,5
60		2008022100	-	26,5	312,0	1.008,8
		2008022112	-	25,0	313,5	1.009,3
		2008022200	-	23,5	317,5	1.009,6
61		2008022512	-	22,5	325,0	1.011,9
		2008022600	-	23,5	326,5	1.008,8
		2008022612	-	23,5	328,0	1.007,2
		2008022700	-	24,0	329,5	1.005,8
62		2008022712	-	20,5	310,0	1.012,6
		2008022800	-	19,5	326,5	1.006,8
		2008022812	-	20,5	328,5	1.008,1
63		2008031100	-	30,0	310,5	1.011,2
		2008031112	-	29,0	312,0	1.009,9
		2008031200	-	25,5	313,0	1.009,1
64		2008032200	-	23,5	316,5	1.013,6
		2008032212	-	24,5	315,0	1.013,5

	2008032300	-	23,5	316,5	1.011,6
	2008032312	-	23,5	317,5	1.012,5
65	2008040300	-	23,5	316,5	1.009,4
	2008040312	-	24,5	315,5	1.009,9
	2008040400	-	22,0	319,0	1.009,8
66	2008042300	-	30,0	315,0	1.010,0
	2008042312	-	29,0	320,0	1.007,1
	2008042400	-	30,5	324,5	1.001,8
	2008042412	-	32,0	330,0	1.000,8
67	2008042700	-	26,5	312,0	1.009,4
	2008042712	-	30,0	316,5	1.007,8
	2008042800	-	30,0	320,0	1.008,7
subtotal:16	2008042812	-	32,5	325,5	1.011,7
68	2008100212	-	28,0	312,0	1.005,9
	2008100300	-	25,5	312,5	1.007,6
	2008100312	-	24,5	314,5	1.013,6
69	2008100500	-	23,5	316,5	1.009,2
	2008100512	-	29,5	319,5	1.008,1
	2008100600	-	33,5	326,5	1.004,7
70	2008101412	-	28,5	311,5	1.011,1
	2008101500	-	31,5	312,0	1.012,2
	2008101512	-	33,0	322,5	1.012,8
	2008101600	-	33,5	328,0	1.011,6
71	2008102700	-	32,0	310,5	1.005,7

	2008102712	-	32,5	316,0	1.002,0
	2008102800	-	33,0	325,0	1.000,5
72	2008103000	-	30,0	310,5	1.009,7
	2008103012	-	35,0	314,5	1.005,7
	2008103100	-	34,5	319,0	1.004,0
	2008103112	-	35,0	326,0	1.001,9
73	2008110212	-	24,0	314,5	1.013,7
	2008110300	-	23,0	317,5	1.013,5
	2008110312	-	23,0	318,0	1.012,2
74	2008110612	-	30,0	310,5	1.007,1
	2008110700	-	28,5	313,5	1.005,8
	2008110712	-	27,5	315,5	1.007,8
	2008110800	-	30,5	328,5	1.006,2
75	2008111300	-	23,5	316,5	1.009,5
	2008111312	-	27,5	316,0	1.007,9
	2008111400	-	29,0	315,0	1.005,5
	2008111412	-	30,5	316,0	1.005,0
	2008111500	-	34,0	318,5	1.002,6
76	2008120112	-	21,5	325,0	1.009,6
	2008120200	-	24,0	326,0	1.008,3
	2008120212	-	26,0	326,0	1.007,5
77	2008121012	-	27,0	311,5	1.009,3
	2008121100	-	29,5	313,5	1.008,5
	2008121112	-	29,5	318,0	1.008,6
	2008121200	-	29,5	320,0	1.009,8

	2008121212	-	29,5	323,0	1.009,4
	2008121300	-	29,0	323,5	1.007,7
	2008121312	-	30,5	324,5	1.005,4
	2008121400	-	33,0	326,5	1.000,4
78	2008121512	-	23,0	316,5	1.009,2
	2008121600	-	23,5	318,5	1.005,9
	2008121612	-	25,5	320,0	1.006,7
	2008121700	-	25,0	317,0	1.006,8
	2008121712	-	24,5	318,5	1.007,7
	2008121800	-	29,0	318,0	1.009,6
79	2008122700	-	29,5	324,0	1.004,4
	2008122712	-	31,5	324,5	1.008,4
	2008122800	-	34,0	327,5	1.011,3
	2009010212	-	23,5	318,0	1.009,6
	2009010300	-	23,5	316,0	1.006,9
	2009010312	-	26,0	316,0	1.001,8
	2009010400	-	28,0	318,0	996,1
	2009010412	-	29,0	320,0	997,6
	2009010500	-	29,0	323,0	1.002,6
	2009010512	-	29,0	324,5	1.007,9
	2009010600	-	30,0	324,0	1.011,1
	2009010612	-	32,0	324,5	1.012,3
	2009010700	-	34,5	326,5	1.013,0
80	2009011412	-	31,5	310,5	1.008,7
	2009011500	-	31,0	312,0	1.006,8

	2009011512	-	34,0	317,5	1.006,7
81	2009011612	-	25,5	314,5	1.010,8
	2009011700	-	25,0	313,5	1.009,6
	2009011712	-	26,0	312,0	1.009,0
82	2009012000	-	25,0	313,0	1.008,4
	2009012012	-	23,5	316,5	1.008,0
	2009012100	-	29,0	320,0	1.008,8
	2009012112	-	24,0	317,0	1.011,5
83	2009020412	-	29,0	312,0	1.010,5
	2009020500	-	30,5	318,0	1.008,4
	2009020512	-	33,0	324,5	1.004,3
84	2009020712	-	24,5	314,5	1.011,8
	2009020800	-	23,5	316,5	1.011,2
	2009020812	-	23,5	316,5	1.011,2
85	2009020912	-	23,5	317,0	1.010,6
	2009021000	-	23,5	318,0	1.011,0
	2009021012	-	23,5	317,0	1.013,0
86	2009021312	-	25,0	320,0	1.008,9
	2009021400	-	27,0	319,5	1.009,1
	2009021412	-	29,0	318,0	1.011,1
87	2009021500	-	23,5	317,0	1.011,8
	2009021512	-	24,5	314,0	1.012,0
	2009021600	-	24,5	314,5	1.011,2
88	2009022712	-	26,5	312,0	1.012,2

	2009022800	-	25,0	314,5	1.010,7
	2009022812	-	23,5	316,5	1.012,3
89	2009030600	-	32,0	312,0	1.003,4
	2009030612	-	33,0	316,5	1.003,4
	2009030700	-	34,5	321,0	1.001,0
90	2009030912	-	25,0	313,5	1.011,5
	2009031000	-	23,5	316,5	1.010,9
	2009031012	-	23,5	317,0	1.012,8
91	2009032912	-	22,0	319,0	1.008,7
	2009033000	-	21,5	319,5	1.007,4
	2009033012	-	21,5	321,0	1.008,5
	2009033100	-	21,5	322,5	1.006,9
92	2009033100	-	23,5	329,0	1.007,5
	2009033112	-	24,5	329,0	1.007,2
	2009040100	-	25,5	329,5	1.006,0
93	2009040712	-	22,5	319,0	1.012,7
	2009040800	-	22,5	319,0	1.011,4
	2009040812	-	25,0	322,0	1.009,1
	2009040900	-	25,5	326,0	1.008,8
94	2009042612	-	20,0	324,0	1.012,7
	2009042700	-	20,0	325,5	1.010,9
	2009042712	-	23,5	326,5	1.009,0
subtotal:27	2009042800	-	25,5	328,5	1.003,5
95	2009100912	-	22,0	320,0	1.011,2
	2009101000	-	22,0	322,0	1.010,5

	2009101012	-	22,0	324,0	1.011,1
	2009101100	-	22,5	326,0	1.011,6
	2009101112	-	24,0	328,0	1.012,2
	2009101200	-	25,0	329,5	1.012,8
96	2009102012	-	23,0	318,0	1.010,7
	2009102100	-	25,5	320,5	1.009,2
	2009102112	-	25,0	322,0	1.011,9
	2009102200	-	23,5	323,0	1.011,8
97	2009102300	-	22,0	319,0	1.007,2
	2009102312	-	25,5	326,0	1.006,5
	2009102400	-	26,5	328,0	1.007,9
98	2009111100	-	23,5	316,5	1.010,8
	2009111112	-	23,5	317,0	1.008,9
	2009111200	-	23,5	317,5	1.009,4
	2009111212	-	25,0	317,0	1.010,3
99	2009111412	-	35,0	311,5	1.007,9
	2009111500	-	35,0	317,0	1.006,3
	2009111512	-	34,5	324,0	1.001,6
	2009111600	-	34,0	330,0	998,1
100	2009120500	-	21,5	319,5	1.008,8
	2009120512	-	23,0	319,0	1.009,5
	2009120600	-	24,0	318,5	1.010,4
	2009120612	-	26,5	318,5	1.011,9
101	2009121212	-	32,0	311,0	996,2
	2009121300	-	32,0	315,0	991,2

102	2009121312	-	32,5	317,5	987,2
	2009121400	-	33,0	320,0	986,2
	2009121412	-	34,0	324,0	993,0
	2009122512	-	26,5	312,0	1.009,6
	2009122600	-	25,5	312,5	1.007,7
	2009122612	-	25,0	313,5	1.007,2
	2009122700	-	25,0	313,5	1.005,5
	2009122712	-	25,0	313,5	1.004,8
	2009122800	-	26,0	312,5	1.003,9
	2009122812	-	26,0	312,5	1.003,8
	2009122900	-	25,0	313,5	1.003,7
	2009122912	-	25,0	314,0	1.003,4
	2009123000	-	25,0	315,0	1.003,8
	2009123012	-	23,5	317,0	1.005,0
	2009123100	-	23,5	318,5	1.006,0
	2009123112	-	23,5	317,5	1.006,2
	2010010100	-	24,0	316,5	1.007,0
	2010010112	-	24,5	315,5	1.007,4
	2010010200	-	25,5	314,5	1.009,0
	2010010212	-	28,0	314,0	1.010,9
2010010300	-	29,0	316,0	1.011,9	
103	2010012200	-	28,5	316,5	1.010,4
	2010012212	-	32,5	320,0	1.009,7
	2010012300	-	34,0	322,5	1.007,9
	2010012312	-	34,5	326,5	1.009,5

104	2010012312	-	23,5	316,5	1.012,8
	2010012400	-	23,5	316,5	1.012,7
	2010012412	-	23,5	316,5	1.012,8
105	2010030700	-	21,0	321,5	1.006,9
	2010030712	-	22,0	320,5	1.006,7
	2010030800	-	22,5	319,5	1.006,8
106	2010030812	-	27,0	313,5	1.007,9
	2010030900	-	28,0	314,0	1.008,3
	2010030912	-	30,5	313,5	1.009,2
	2010031000	-	30,0	312,0	1.007,3
	2010031012	-	29,5	312,0	1.007,3
	2010031100	-	30,5	313,5	1.004,9
	2010031112	-	32,0	316,5	1.002,0
	2010031200	-	34,5	320,0	997,4
107	2010032412	-	25,0	314,0	1.013,7
	2010032500	-	23,5	316,5	1.012,6
	2010032512	-	23,5	316,0	1.014,4
108	2010032912	-	30,5	314,5	1.009,9
	2010033000	-	32,0	323,0	1.008,1
	2010033012	-	34,0	327,0	1.004,0
109	2010040412	-	24,5	315,5	1.011,4
	2010040500	-	27,0	315,0	1.010,0
	2010040512	-	30,0	321,0	1.010,1
	2010040600	-	33,0	325,0	1.005,8
110	2010040700	-	23,5	321,5	1.005,2

	2010040712	-	27,0	324,0	1.000,2
	2010040800	-	29,0	323,5	988,4
	2010040812	-	28,5	325,0	989,7
subtotal:16	2010040900	-	29,5	328,5	989,6
111	2010100212	-	23,5	317,0	1.010,7
	2010100300	-	27,0	320,0	1.010,0
	2010100312	-	28,0	330,0	1.008,9
112	2010100800	-	30,5	312,0	1.000,4
	2010100812	-	30,5	313,5	999,6
	2010100900	-	30,5	319,5	1.003,2
113	2010101200	-	28,5	320,5	1.014,7
	2010101212	-	32,0	326,5	1.010,8
	2010101300	-	30,0	329,0	1.009,9
114	2010101812	-	30,5	320,0	1.007,3
	2010101900	-	33,5	322,5	996,6
	2010101912	-	34,0	322,5	993,7
115	2010111712	-	25,0	317,5	1.009,7
	2010111800	-	26,0	315,5	1.006,9
	2010111812	-	28,0	316,0	1.004,6
	2010111900	-	30,5	316,5	1.000,6
	2010111912	-	31,5	317,5	1.003,0
	2010112000	-	33,0	321,5	1.005,7
	2010112012	-	34,0	320,5	1.008,1
	2010112100	-	34,0	320,5	1.010,0
	2010112112	-	34,0	320,0	1.011,9

		2010112200	-	35,0	319,0	1.011,3
116		2010112112	-	24,5	314,0	1.011,7
		2010112200	-	23,5	316,5	1.009,5
		2010112212	-	23,5	316,0	1.007,4
		2010112300	-	23,5	317,0	1.005,9
		2010112312	-	23,5	317,0	1.005,4
117		2010121512	-	23,5	318,0	1.009,7
		2010121600	-	23,0	317,5	1.011,0
		2010121612	-	24,5	316,5	1.012,9
118		2010121712	-	29,0	314,0	1.010,4
		2010121800	-	32,0	315,0	1.004,9
		2010121812	-	35,0	316,0	1.003,3
119		2010122600	-	23,5	316,5	1.007,4
		2010122612	-	23,5	317,0	1.007,0
		2010122700	-	23,5	318,0	1.007,3
120		2010122900	-	29,5	323,5	1.002,7
		2010122912	-	32,0	324,0	1.004,2
		2010123000	-	25,5	322,5	1.004,8
		2010123012	-	28,0	323,0	1.005,4
121		2011010112	-	23,5	316,5	1.009,6
		2011010200	-	23,5	316,0	1.007,1
		2011010212	-	25,5	315,0	1.006,4
		2011010300	-	26,5	315,0	1.005,1
		2011010312	-	26,5	313,5	1.005,6
122		2011010512	-	27,0	313,5	1.008,2

	2011010600	-	29,5	312,0	1.007,5
	2011010612	-	32,0	312,0	1.007,1
	2011010700	-	33,5	312,0	1.006,8
123	2011011000	-	30,5	312,5	1.007,6
	2011011012	-	25,0	313,5	1.006,1
	2011011100	-	23,5	316,5	1.005,0
124	2011011112	-	31,0	319,5	1.004,0
	2011011200	-	34,5	319,0	1.001,2
	2011011212	-	35,0	318,5	999,4
125	2011011300	-	25,0	313,5	1.003,7
	2011011312	-	26,5	314,0	1.004,4
	2011011400	-	25,0	313,5	1.005,8
	2011011412	-	23,5	317,5	1.007,7
	2011011500	-	23,5	318,5	1.008,5
	2011011512	-	23,5	318,5	1.009,5
	2011011600	-	23,5	316,5	1.009,1
	2011011612	-	24,5	314,0	1.009,6
126	2011011912	-	26,5	312,0	1.007,2
	2011012000	-	29,5	314,0	1.005,0
	2011012012	-	33,0	317,0	1.004,1
127	2011020612	-	25,0	313,0	1.010,0
	2011020700	-	23,5	316,5	1.010,7
	2011020712	-	23,5	316,5	1.013,6
128	2011021200	-	26,0	312,0	1.011,4
	2011021212	-	29,0	311,0	1.011,7

		2011021300	-	30,5	310,0	1.005,3
		2011021312	-	33,0	312,5	1.001,6
129		2011021400	-	23,5	316,5	1.009,4
		2011021412	-	23,5	316,5	1.011,1
		2011021500	-	23,5	317,0	1.011,5
		2011021512	-	23,5	316,5	1.012,5
		2011021600	-	23,5	317,0	1.012,8
130		2011022200	-	23,5	316,5	1.012,7
		2011022212	-	23,5	317,0	1.011,4
		2011022300	-	29,5	319,5	1.006,6
131		2011022612	-	24,5	314,0	1.011,8
		2011022700	-	23,5	316,5	1.009,9
		2011022712	-	23,5	316,5	1.009,7
		2011022800	-	21,5	319,0	1.009,3
		2011022812	-	22,5	319,0	1.009,7
132		2011031312	-	21,5	319,0	1.006,6
		2011031400	-	22,0	319,0	1.005,2
		2011031412	-	22,5	319,0	1.004,7
		2011031500	-	22,5	320,0	1.005,8
		2011031512	-	24,0	324,0	1.005,9
		2011031600	-	26,0	327,0	1.003,7
		2011031612	-	27,0	330,0	1.002,7
133		2011032800	-	23,5	316,5	1.011,7
		2011032812	-	24,5	315,5	1.013,7
		2011032900	-	23,5	317,0	1.013,1

subtotal:23	2011032912	-	23,5	317,5	1.013,4
134	2011100112	-	23,5	316,5	1.011,4
	2011100200	-	23,5	316,5	1.008,9
	2011100212	-	31,0	318,0	1.011,0
	2011100300	-	34,0	323,5	1.010,0
135	2011101612	-	24,0	321,0	1.007,6
	2011101700	-	27,0	324,0	1.005,9
	2011101712	-	28,0	325,5	1.005,5
	2011101800	-	30,0	330,0	1.005,2
136	2011111412	-	24,5	315,5	1.011,3
	2011111500	-	23,5	317,0	1.009,4
	2011111512	-	27,5	319,0	1.004,1
	2011111600	-	31,0	322,5	1.000,9
	2011111612	-	35,0	325,5	996,4
137	2011111512	-	25,0	313,5	1.005,9
	2011111600	-	23,5	318,0	1.004,7
	2011111612	-	27,0	322,5	1.003,5
138	2011112212	-	31,5	311,0	1.003,1
	2011112300	-	30,5	314,0	1.004,6
	2011112312	-	29,0	315,5	1.007,0
	2011112400	-	31,0	318,0	1.009,1
139	2011120300	-	25,0	324,0	1.011,4
	2011120312	-	27,0	325,5	1.012,6
	2011120400	-	29,0	327,0	1.012,9
	2011120412	-	30,5	327,0	1.014,7

140	2011121000	-	27,5	317,5	1.005,4
	2011121012	-	28,0	319,0	1.000,3
	2011121100	-	29,0	323,0	996,6
	2011121112	-	32,0	324,0	990,5
	2011121200	-	33,5	324,5	987,6
141	2011121500	-	24,5	315,0	1.005,7
	2011121512	-	28,5	314,0	1.004,5
	2011121600	-	32,5	315,0	1.000,6
	2011121612	-	35,0	314,5	1.001,4
142	2011122312	-	30,0	310,5	1.007,3
	2011122400	-	26,5	312,0	1.010,3
	2011122412	-	25,0	313,5	1.011,8
	2011122500	-	23,5	317,0	1.013,0
	2011122512	-	25,0	316,5	1.014,7
143	2011122800	-	28,0	318,5	1.013,0
	2011122812	-	29,0	319,5	1.011,1
	2011122900	-	29,0	319,5	1.008,4
	2011122912	-	29,5	319,0	1.005,9
	2011123000	-	29,5	321,0	1.006,7
	2011123012	-	30,5	323,5	1.009,2
	2011123100	-	30,5	324,5	1.012,1
144	2012010100	-	25,5	313,5	1.006,9
	2012010112	-	26,0	313,5	1.002,9
	2012010200	-	29,0	317,5	1.001,5
	2012010212	-	32,0	316,5	997,0

		2012010300	-	31,5	316,5	995,7
		2012010312	-	33,0	320,0	996,6
145		2012011400	-	29,0	311,0	1.007,7
		2012011412	-	29,5	310,5	1.007,0
		2012011500	-	29,0	313,0	1.004,9
		2012011512	-	34,0	316,0	1.002,8
		2012011600	-	35,0	318,0	1.003,2
146		2012012812	-	28,5	319,5	1.012,3
		2012012900	-	30,5	321,5	1.010,8
		2012012912	-	33,5	320,5	1.007,8
		2012013000	-	35,0	319,0	1.008,1
147		2012020712	-	34,0	323,0	1.008,1
		2012020800	-	34,0	325,0	1.005,8
		2012020812	-	33,5	326,0	1.006,2
148		2012021000	-	23,5	317,0	1.008,4
		2012021012	-	23,5	317,0	1.009,8
		2012021100	-	23,5	317,0	1.009,0
149		2012022200	-	33,5	311,0	1.005,4
		2012022212	-	32,5	313,0	1.005,3
		2012022300	-	33,0	316,0	1.005,6
		2012022312	-	35,0	320,0	1.005,7
150		2012022300	-	26,5	312,0	1.007,7
		2012022312	-	25,5	313,0	1.009,3
		2012022400	-	24,5	316,0	1.009,8
		2012022412	-	23,5	316,5	1.011,3

	2012022500	-	23,5	316,5	1.010,8
	2012022512	-	23,5	316,5	1.011,1
151	2012031912	-	21,5	323,0	1.013,5
	2012032000	-	22,0	322,0	1.013,4
	2012032012	-	22,5	321,0	1.013,7
152	2012041500	-	30,0	311,5	1.005,6
	2012041512	-	30,5	316,0	1.004,6
	2012041600	-	32,0	321,5	1.002,8
153	2012042912	-	32,0	313,0	1.004,3
	2012043000	-	32,5	318,0	1.003,1
subtotal:20	2012043012	-	34,5	328,0	1.003,5
154	2012101012	-	25,0	313,5	1.008,8
	2012101100	-	23,5	316,5	1.009,3
	2012101112	-	23,5	317,0	1.012,3
155	2012103100	-	34,0	312,0	1.001,0
	2012103112	-	33,0	317,0	1.001,2
	2012110100	-	33,5	322,5	999,0
	2012110112	-	33,5	327,0	996,8
156	2012110512	-	19,5	325,5	1.009,6
	2012110600	-	20,0	326,5	1.010,0
	2012110612	-	20,5	327,0	1.011,3
157	2012112212	-	35,0	327,5	1.000,0
	2012112300	-	32,0	329,0	1.004,0
	2012112312	-	31,0	330,0	1.005,7

158	2012120212	-	23,5	317,0	1.011,4
	2012120300	-	23,5	317,5	1.011,7
	2012120312	-	23,5	317,5	1.013,5
159	2012121400	-	23,5	317,0	1.007,6
	2012121412	-	23,5	317,0	1.008,3
	2012121500	-	25,5	316,0	1.008,3
	2012121512	-	27,0	318,0	1.008,1
	2012121600	-	28,5	319,0	1.007,2
	2012121612	-	30,0	321,0	1.005,9
	2012121700	-	31,0	324,5	1.005,9
	2012121712	-	33,0	327,5	1.005,5
160	2012122812	-	28,5	311,5	1.010,0
	2012122900	-	28,0	313,5	1.009,0
	2012122912	-	30,5	316,5	1.010,6
161	2013011012	-	25,5	316,0	1.010,8
	2013011100	-	25,5	317,5	1.008,5
	2013011112	-	27,5	318,0	1.006,4
	2013011200	-	30,0	318,0	1.008,0
	2013011212	-	34,0	317,0	1.011,6
162	2013011612	-	23,5	316,5	1.009,2
	2013011700	-	23,5	316,5	1.008,3
	2013011712	-	23,5	316,5	1.008,9
163	2013012100	-	24,5	324,0	1.009,9
	2013012112	-	24,5	325,5	1.011,5
	2013012200	-	25,5	330,0	1.012,0

164	2013013012	-	22,0	322,5	1.013,1
	2013013100	-	22,0	324,0	1.010,8
	2013013112	-	21,5	324,0	1.011,7
	2013020100	-	21,5	324,0	1.011,8
	2013020112	-	21,0	322,5	1.013,3
165	2013020400	-	28,5	318,0	1.004,4
	2013020412	-	32,0	323,5	1.003,2
	2013020500	-	33,0	325,5	1.003,5
166	2013021512	-	29,5	311,5	1.009,9
	2013021600	-	29,5	313,0	1.009,1
	2013021612	-	31,5	316,5	1.008,4
	2013021700	-	33,5	317,5	1.007,5
167	2013031300	-	29,0	311,5	1.002,9
	2013031312	-	30,0	314,5	1.002,3
	2013031400	-	31,0	319,5	1.002,2
	2013031412	-	34,0	325,0	1.002,3
168	2013032712	-	31,5	312,5	1.011,8
	2013032800	-	30,0	318,0	1.008,4
	2013032812	-	29,5	319,5	1.007,0
	2013032900	-	34,0	328,0	996,8
169	2013041412	-	29,5	325,0	1.002,8
	2013041500	-	30,5	329,0	1.002,4
subtotal:15	2013041512	-	34,0	328,5	1.002,9
TOTAL:					
169					