



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**RELAÇÃO ENTRE PROCESSOS SINÓTICOS E VENTOS
LOCAIS MEDIDOS NO ATLÂNTICO SUDOESTE**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Rafael Pereira

Itajubá, MG, Brasil

2013

RELAÇÃO ENTRE PROCESSOS SINÓTICOS E VENTOS LOCAIS MEDIDOS NO ATLÂNTICO SUDOESTE

por

Rafael dos Reis Pereira

Monografia apresentada à comissão examinadora
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas da
Universidade Federal Itajubá (UNIFEI, MG), como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas.

Orientador: Arcilan Trevenzoli Assireu
Coorientadora: Michelle Simões Reboita

Itajubá, MG, Brasil
2013

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Monografia

**RELAÇÃO ENTRE PROCESSOS SINÓTICOS E VENTOS
LOCAIS MEDIDOS NO ATLÂNTICO SUDOESTE**

elaborada por

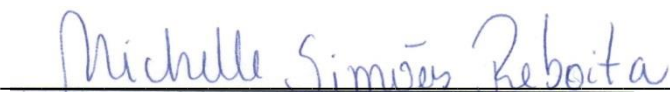
Rafael dos Reis Pereira

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas

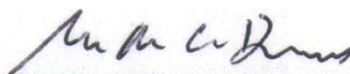
Comissão Examinadora:



Arcilan Trevenzoli Assireu, Dr. (UNIFEI)
(Presidente/Orientador)



Michelle Simões Reboita, Dra. (UNIFEI)
(Co-orientadora)



Marcos Eduardo C. Bernardes, Dr. (UNIFEI)

Itajubá, 14 de novembro de 2013.

AGRADECIMENTOS

A minha família, amigos, professores e todos que acreditaram e estiveram ao lado por tempo o bastante para que eu pudesse, de alguma forma, aprender e ensinar.

Aos meus companheiros de curso que proporcionaram grandes alegrias e aliviaram os fardos desse trajeto.

A PROOCEANO por ter cedido os dados de vento usados neste trabalho.

Ao amigo e pesquisador Thibaut pelo trabalho realizado durante sua estadia em Itajubá/MG.

“Ah, não peçam a graça de uma vida fácil! Peçam para se tornarem homens mais fortes! Não peçam para terem tarefas proporcionais às vossas forças! Peçam para que vossas forças estejam à altura das vossas tarefas”

Lionel Terray em “Os conquistadores do inútil”

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

RELAÇÃO ENTRE PROCESSOS SINÓTICOS E VENTOS LOCAIS MEDIDOS EM OCEANO ABERTO

AUTOR: Rafael dos Reis Pereira
ORIENTADOR: Arcilan Trevenzoli Assireu

Local e Data da Defesa: Itajubá, 14 de novembro de 2013.

Devido à importância dos ventos para a circulação oceânica, transporte de umidade, dispersão de poluentes, entre outros bem como a navegação, o amplo conhecimento de sua variabilidade se faz cada vez mais necessário. Assim este trabalho analisa os processos atmosféricos envolvidos na mudança de direção dos ventos sobre a costa sudeste do Brasil. Para realizar este estudo foram utilizados dados medidos por uma estação meteorológica instalada sobre uma plataforma de petróleo (24,4° S e 43,8° O), temperatura da superfície do mar (TSM) e dados de divergência, vortacidade, geopotencial, pressão ao nível médio do mar e vento obtidos da reanálise ERA-Interim que possui resolução horizontal de 0,75°. O período analisado é de 07 de setembro a 22 de novembro de 2007. Os resultados mostraram que as frentes frias são responsáveis por 53% dos casos de inversão da direção dos ventos e que existem outros processos de mesma ou menor escala que podem interferir no escoamento médio.

Palavras-chave: Vento. Frente Fria. Reanálise

Lista de Figuras

Figura 1: Distribuição da pressão ao nível média do mar e escoamento do vento na superfície para Janeiro (Adaptado de Ahrens, 2009).	14
Figura 2: Frente fria indicada pela carta sinótica do GPT/CPTEC para o dia 24 de Setembro de 2007 as 12Z.....	15
Figura 3: Esquema de um ciclone associado a um sistema frontal.	17
Figura 4: Gráfico obtido pela função feather do Matlab.	18
Figura 5: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Para o dia 08 de Setembro às 00Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.	19
Figura 6: Série de direção e intensidade (ms^{-1}) do vento entre 07 de setembro e 22 de novembro, medidos pela estação meteorológica localizada em 24,4° S e 43,8° O. As setas pretas, pretas pontilhadas e vermelhas indicam respectivamente inversões devido a frente fria, baixa pressão e não identificados.	20
Figura 7: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; c) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 17 de Setembro às 00Z.....	22
Figura 8: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) Vento observado (seta indica o período de menor intensidade). Para o dia 05 de Novembro às 00Z.	23
Figura 9: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Para o dia 17 de Outubro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.	24
Figura 10: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; c) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 08 de Setembro às 12Z.....	25
Figura 11: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; c) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa). Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 22 de Setembro às 12Z.....	26

Figura 12: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; c) TSM ($^{\circ}C$) e vento em superfície. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 19 de Outubro às 00Z.	27
Figura 13: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; c) TSM ($^{\circ}C$) e vento em superfície. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 08 de Setembro às 12Z.	28
Figura 14: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM c) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa). Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 14 de Setembro às 18Z.....	29
Figura 15: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica. d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 27 de Outubro às 12Z	30

Lista de Tabelas

Tabela 1: Tempo associado à passagem de uma frente fria.	16
Tabela 2: Data de início, duração (horas) e causa associada a cada inversão de vento.....	21

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

ASAS – Alta Subtropical do Atlântico Sul

BP – Baixa Pressão

CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudo Climáticos

Cb – Cumulonimbus

Ci – Cirrus

Cs – Cirrostratus

Cu – Cumulus

ECMWF – European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

FF – Frente Fria

GOES – Geostationary Operational Environmental Satellite

GPT – Grupo de Previsão do Tempo

NI – Não Identifica

OSTIA – Operational Sea Temperature and Sea Ice Analysis

Sumário

RESUMO	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos	x
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Alta Subtropical do Atlântico Sul.....	13
2.2. Frentes	14
2.2.1. Definição	14
2.2.2. Climatologia	15
2.2.3. Influência no tempo.....	16
2.3. Ciclones	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS	19
4.1 Médias Horárias	19
4.2 Análise	20
4.2.1 Frentes Frias (FF)	21
4.2.2 Baixa Pressão (BP).....	24
4.2.3 Processos Não Identificados (NI)	28
5. CONCLUSÕES	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXO A – Campo de vento observado.....	34
ANEXO B – Campos utilizados para os casos analisados	35

1. INTRODUÇÃO

O cisalhamento do vento é uma das principais forçantes da circulação oceânica em superfície. Por isso o entendimento do regime de ventos é fundamental para estudos sobre dispersão de poluentes e de larvas de peixes, para trocas gasosas entre oceano e atmosfera, formação de ondas e processos de mistura no oceano, além de sua importância para navegação.

A região sul/sudeste da costa brasileira está situada entre as latitudes de 19° e 34° S com orientação de costa predominante nordeste/sudoeste e comprimento de plataforma continental de aproximadamente 1000 km. Contém o maior fluxo naval, as principais bacias petrolíferas e os maiores portos do país. A costa sudeste é uma região que está sob a influência constante do ramo oeste da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e faz com que o escoamento climatológico do vento seja de norte/nordeste aproximadamente paralelo à linha média da costa (Reboita et al., 2012). Sob certas condições este escoamento pode sofrer influência significativa de sistemas transientes como frentes frias (Stech e Lorenzetti, 1992; Simmonds e Keay, 2000; Reboita et al., 2009), e de ciclones e anticiclones (Reboita et al., 2010; Reboita et al., 2012). Como esses sistemas modificam a direção e intensidade dos ventos atuantes na costa sul/sudeste do Brasil, podem contribuir para a ocorrência de oscilações quase inerciais.

A resposta da circulação oceânica à atuação de sistemas frontais na costa sul/sudeste do Brasil foi analisada por Stech e Lorenzetti (1992), que a partir de modelo numérico demonstraram a importância do vento para a circulação local. A partir de dados de derivadores, Assireu et al. (2003) verificaram diferenças sazonais na condição média das correntes oceânicas locais o que foi relacionado a sistemas meteorológicos.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo identificar, a partir de dados medidos *in situ* e de dados da reanálise do ECMWF ERA-Interim, os sistemas atmosféricos que foram responsáveis pela mudança da direção e intensidade dos ventos registrados em uma estação meteorológica a aproximadamente 100 km da costa, mais especificamente na posição 24,4° S e 43,8° O entre os dias 07 de setembro e 22 de novembro de 2007.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A escala sinótica é definida de acordo com o tamanho dos sistemas migratórios de alta ou baixa pressão na mais baixa troposfera, levando em consideração uma área horizontal de várias centenas de quilômetros ou mais. Para o conhecimento dos padrões de vento sobre a costa sudeste do Brasil é necessário o entendimento dos principais sistemas meteorológicos atuantes na região, que serão descritos nos tópicos de 2.1 a 2.3.

2.1. Alta Subtropical do Atlântico Sul

As altas subtropicais (anticiclones) são centros semipermanentes de alta pressão encontrados nos principais oceanos do nosso planeta em torno de 30° de latitude norte e sul e estão associados à circulação média meridional da atmosfera formada devido às células de circulação global de Hadley (Figura 1). Consistem de grandes áreas de ar subsidente quente e seco, e estendem-se na vertical desde a superfície oceânica até a tropopausa. No inverno, quando um anticiclone predomina sobre as regiões sul e/ou sudeste do Brasil, o tempo dominante é de céu claro, permitindo um intenso resfriamento radiativo durante a noite, o que pode propiciar a formação de nevoeiros ou geadas (notas de aula Prof^a Michelle Reboita). No Brasil o anticiclone que afeta o tempo e o clima é o ASAS. Hastenrath (1985) investigou as características das altas subtropicais semipermanentes dos hemisférios Norte e Sul, e observou que a Alta Subtropical do Atlântico Sul atinge posição mais ao norte (em torno de 27° e 28°S) e à oeste (em torno de 12° e 14°O) durante a estação de inverno do que em outros meses. Mais tarde, Machel et al. (1998) verificou que a oscilação sazonal da ASAS possui movimento leste-oeste, sendo sua posição mais à oeste durante os meses de julho e agosto e de janeiro a março, e sua posição mais a leste durante os meses de outubro e abril. Os resultados mencionados acima foram confirmados por Ito et al. (2000). Na recente análise feita por Degola (2013), utilizando dados do ECMWF (1,5° x 1,5°) para identificar a localização da ASAS no período de 1989-2010, verificou-se que a variação latitudinal apresenta comportamento sazonal atingindo latitudes mais ao norte no inverno e mais ao sul no verão, enquanto a variação longitudinal não apresenta comportamento dependente das estações do ano.

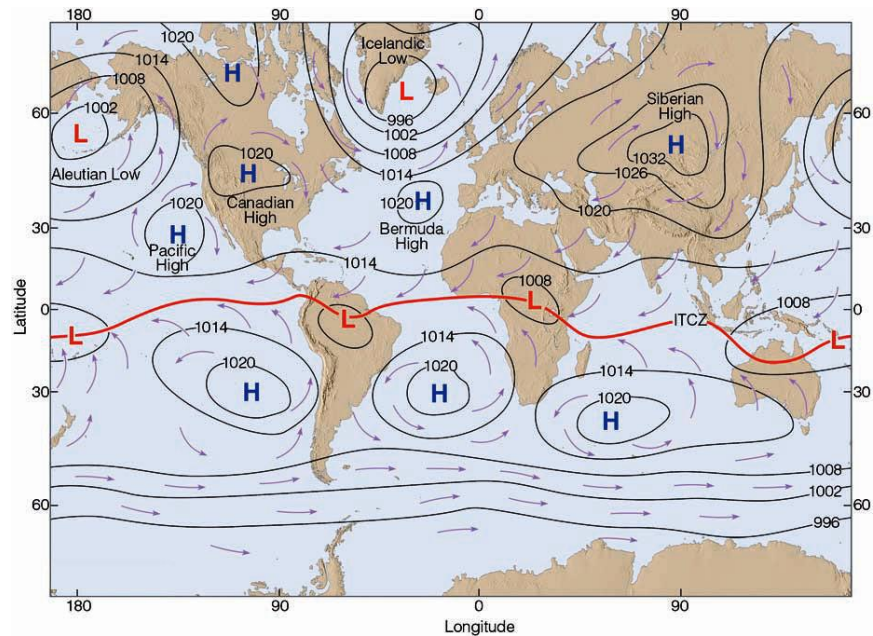


Figura 1: Distribuição da pressão ao nível média do mar e escoamento do vento na superfície para Janeiro (Adaptado de Ahrens, 2009).

A ASAS é caracterizada pelo giro anticiclônico (anti-horário) em todos os níveis e devido a sua posição gera um escoamento dos ventos de norte/nordeste em seu ramo oeste sobre grande parte do litoral brasileiro, em específico sobre a costa sudeste.

2.2. Frentes

2.2.1. Definição

A frente é a região de transição entre duas massas de ar com características distintas (Bjerknes & Solberg, 1922). Nessa região observa-se um valor mínimo relativo de pressão com variação abrupta de temperatura e umidade, onde os ventos são mais fortes, mudam de direção e convergem, também ocorre muita nebulosidade e precipitação.

As frentes podem ser classificadas como fria, quente, estacionária ou oclusa, de acordo com o seu deslocamento e as mudanças que causa na temperatura. Em uma frente fria uma massa de ar frio avança em direção a uma massa de ar quente, devido a diferença de densidade entre as parcelas o ar quente (menos denso) ascende e função do deslocamento do ar frio (mais denso). Já na frente quente, o ar frio se afasta e é tomado pelo ar mais quente. Quando as frentes fria e quente não se deslocam ou há um pequeno deslocamento recebe a classificação de frente estacionária. A frente oclusa ocorre quando uma frente fria se sobrepõe a uma frente

quente, podendo ser classificada como oclusão fria quando uma parcela de ar frio se sobrepõe a outra parcela menos fria, ou oclusão quente quando a parcela de ar frio se sobrepõe a uma parcela mais fria.

2.2.2. Climatologia

A formação ou intensificação de sistemas frontais, conhecido como frontogênese, é um processo pelo qual o gradiente de temperatura é intensificado. Segundo Satyamurty & Mattos (1989) e Reboita et al. (2009) as regiões Sul e Sudeste do Brasil são propícias a formação ou intensificação de frentes frias, constituindo assim regiões frontogênicas. Lemos e Calbete (1996) realizaram uma climatologia da ocorrência de frentes entre 1987 e 1995, e encontraram uma média anual de cinco sistemas por mês para as latitudes entre 15° e 25°S, sendo que para os meses de abril a junho e setembro a novembro a média encontrada foi de três sistemas. Com base no conceito de que há reversão dos ventos devido à passagem de frentes frias, Justi da Silva (2003) estabeleceu que a frequência de frentes durante as estações do ano seria definida pelo número de vezes em que a componente meridional do vento reverte por um período maior que 4 dias, e observou que para o inverno de 1998 no estado do Rio de Janeiro houve 12 casos.

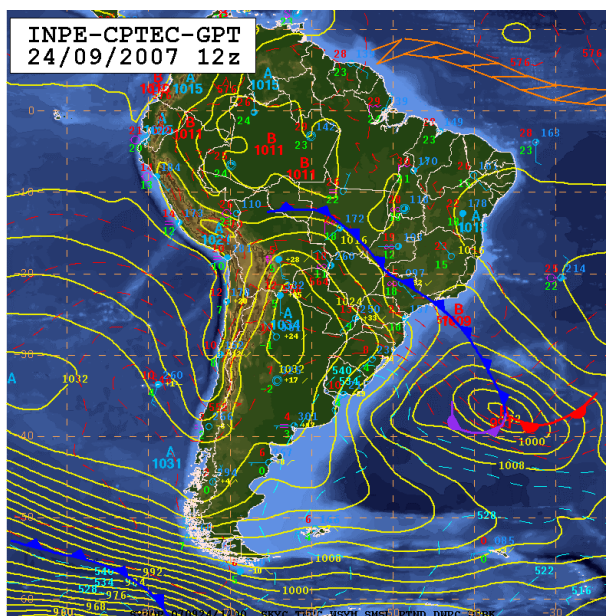


Figura 2: Frente fria indicada pela carta sinótica do GPT/CPTEC para o dia 24 de Setembro de 2007 as 12Z.

Cavalcanti e Kousky (2009) mostraram através de dados do NCEP que os sistemas frontais seguem duas trajetórias principais, uma pela costa brasileira e outra pelo interior com maior frequência no inverno. Posteriormente apresentaram a

variação sazonal das frentes frias na América do Sul e indicam que em média o número de passagens de frentes frias em torno de 8 na primavera, 7 no inverno, 6 no outono e 4 no verão, pra região do presente trabalho. Silva (2011) verificou para a região sul de Minas Gerais um número total de 29 frentes frias em 2007, sendo 7 na primavera, 8 no inverno, 8 no outono e 6 no verão.

2.2.3. Influência no tempo

A passagem de sistemas frontais é o distúrbio transiente mais comum sobre o continente, causando alterações meteorológicas sobre o país. A entrada de frentes é responsável por maior parte da precipitação observada no norte da Argentina, Uruguai, Paraguai, Bolívia, sul do Peru e nas regiões central, sudeste e principalmente na região sul do Brasil (Lemos e Calbet, 1996).

Através de imagens do satélite GOES e cartas sinóticas, Stech e Lorenzetti (1992) definiram um modelo conceitual para a passagem de frentes frias na costa sudeste do Brasil que indicou um deslocamento no sentido sudoeste/nordeste de aproximadamente 500 km/dia para o sistema frontal. De acordo com Castro (1996) os ventos no setor quente têm intensidade média de 5 ms^{-1} e alteram sua direção de nordeste para ventos de noroeste com a aproximação da frente. Após a passagem, no setor frio, os ventos tem predominância de sudoeste com intensidade média de 8 ms^{-1} . A Tabela 1 apresenta as condições de tempo associadas à passagem uma frente fria.

Tabela 1: Tempo associado à passagem de uma frente fria.

Variável	Antes	Durante	Após
Temperatura	Aumenta	Súbito resfriamento	Resfriamento
Pressão	Decresce	-	Aumenta
Precipitação	Chuva	Chuva intensa	Céu claro
Ventos	De norte	Turbulento	De sul
Nuvens	Ci, Cs	Cu, Cb	Sem nuvens/Cu

2.3. Ciclones

Muitas vezes surge uma região de menor pressão atmosférica que desconfigura o setor oeste da ASAS, nesses casos podem surgir ciclones, sistemas de menor pressão no centro e circulação horária no entorno. Surgem principalmente

sobre os oceanos, em geral em regiões tropicais e podem durar por dias e se deslocar por longas distâncias, tornando-se às vezes muito intensos (Ahrens, 2009).

Nos extratropicos, região caracterizada pelo intenso contraste norte/sul de temperatura, ocorrem distúrbios de grande escala denominados de ondas baroclínicas e associados a estas ondas, desenvolvem-se em superfície os ciclones extratropicais acompanhados de sistemas frontais. A formação de ciclones extratropicais é determinada por diversos fatores, tais como, topografia, distribuição terra e mar, gradiente de temperatura e localização/orientação das zonas baroclínicas. Reboita et al. (2008) verificaram que a costa sul/sudeste é uma das 3 regiões ciclogênicas da América do Sul.

É importante mencionar que as frentes frias podem ser o mecanismo necessário para a formação de ciclones, bem como os ciclones podem se desenvolver sem a presença de frente, fato que é comum na costa sul-sudeste do Brasil (Reboita, 2008) e depois originar tais sistemas.

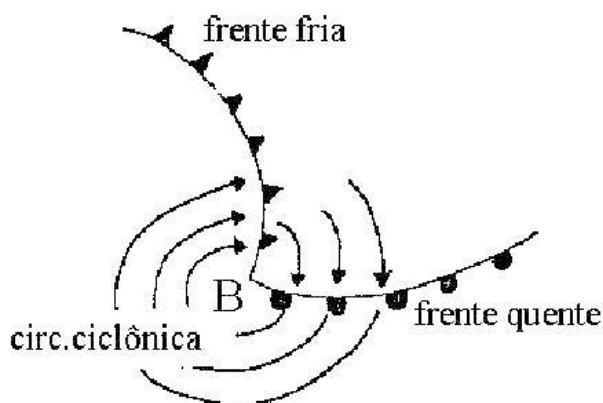


Figura 3: Esquema de um ciclone associado a um sistema frontal.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Dados Observados

Os dados de direção e intensidade do vento foram medidos a cada hora cheia por uma estação meteorológica instalada em uma plataforma de petróleo a 10 metros acima do nível do mar, localizada em 24,4° S e 43,8° O. A plataforma estava em sua fase inicial de implementação, por esse motivo não havia obstáculos à passagem dos ventos. Os dados disponibilizados pela operadora compreendem três

meses de medição compreendendo o período entre 07 de Setembro e 22 de novembro de 2007.

Os dados observados foram tratados por uma rotina computacional utilizando o software Matlab e plotados utilizando a função “*feather*” que plota os vetores de acordo com sua intensidade e componentes U e V ao longo de um eixo horizontal espaçados pelo seu intervalo de medição. A figura 4 apresenta um exemplo do gráfico gerado pela função.

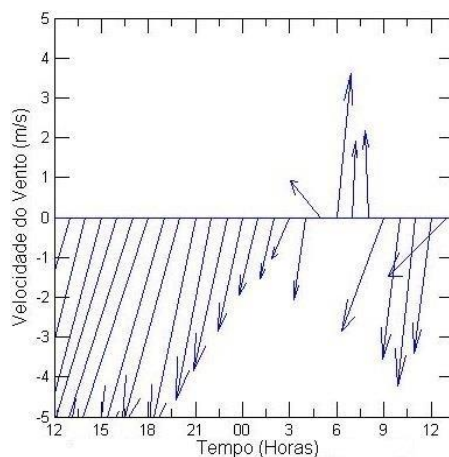


Figura 4: Gráfico obtido pela função feather do Matlab.

3.2. Dados de Reanálise

A fim de realizar uma análise dos processos associados à reversão dos ventos, para o período entre 07 de Setembro e 22 de Novembro de 2007, foram utilizados dados para os quatro horários sinóticos (00, 06, 12 e 18 UTC) de vento em 1000hPa (ms^{-1}) divergência em 1000hPa (S^{-1}), vorticidade (S^{-1}), geopotencial e pressão ao nível médio do mar (hPa) obtidos da reanálise ERA–Interim do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) com resolução horizontal de $0,75^\circ$ (disponíveis em: http://data-portal.ecmwf.int/data/d/interim_daily/levtype=pl/). A área em estudo está compreendida entre as latitudes de 10° a 44° S e longitude de 30° a 60° O, e os dados foram obtidos em dois níveis de pressão da atmosfera (1000 e 500hPa). Os dados de reanálise foram plotados utilizando o software GrADS separando os conjuntos de variáveis:

a) Divergência em 1000hPa, Pressão ao nível média do ar e Vetor vento em 1000hPa (Figura 5a). Valores positivos indicam divergência e valores negativos convergência.

b) Geopotencial em 1000hPa, Pressão ao Nível Médio do Mar e Vetor Vento em 1000hPa (Figura 5b).

c) Vorticidade em 1000hPa e Pressão ao Nível Médio do Mar (Figura 5c). Valores positivos indicam vorticidade anticiclônica e valores negativos indicam vorticidade ciclônica.

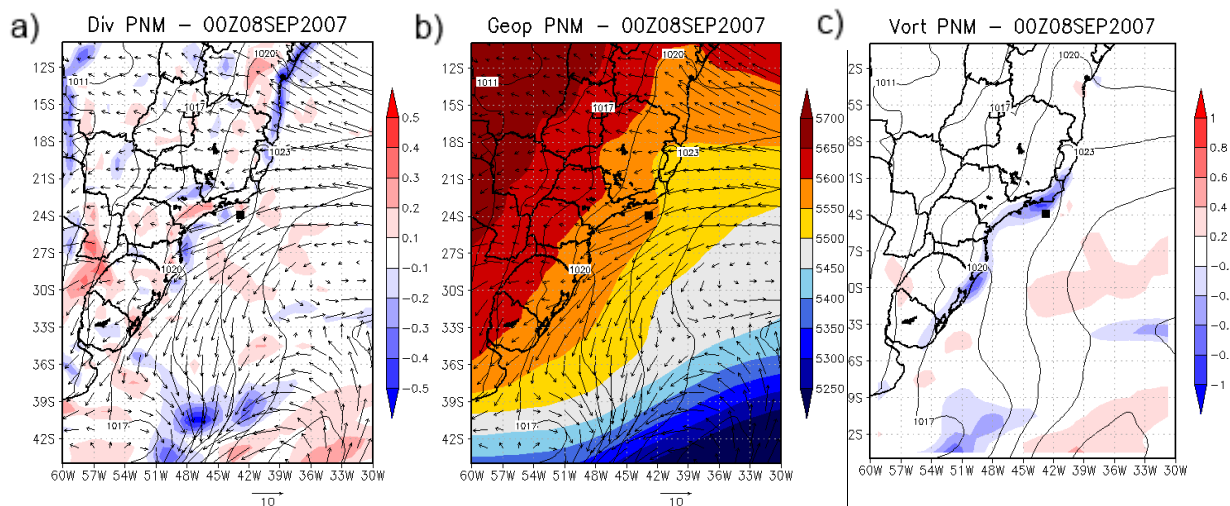


Figura 5: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Para o dia 08 de Setembro às 00Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

Em complemento foram observadas as cartas sinóticas geradas pelo Grupo de Previsão do Tempo (GPT) do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE; www.cptec.inpe.br/) e dados de TSM disponibilizados pela PROOCEANO e gerados pela Análise Operacional de Temperatura da Superfície do Mar e Gelo Marinho (OSTIA; ghrsst-pp.metoffice.com/pages/latest_analysis) com resolução de 5 km que devido a interpolação de dados *in situ* são livres da interferência de nuvens. A análise foi realizada a partir das imagens geradas para os campos da reanálise e da série de ventos observados pela estação meteorológica. Através de comparação, buscou-se uma relação entre as inversões do vento observado e alterações nos campos da reanálise sobre a região onde estava localizada a estação (Marcação em preto na Fig. 5).

4. RESULTADOS

4.1 Médias Horárias

A Figura 1 mostra o registro de observações da estação meteorológica, onde é possível observar as inversões na direção do vento ao longo do período medido. O

eixo das ordenadas indica a direção e intensidade (ms^{-1}) do vento com valores positivos para ventos do quadrante sul e negativos para ventos do quadrante norte. Os ventos predominantes são do quadrante norte em consequência ao ramo oeste da ASAS, que está atuando sobre a região. A Figura 6 pode ser melhor visualizada no anexo A.

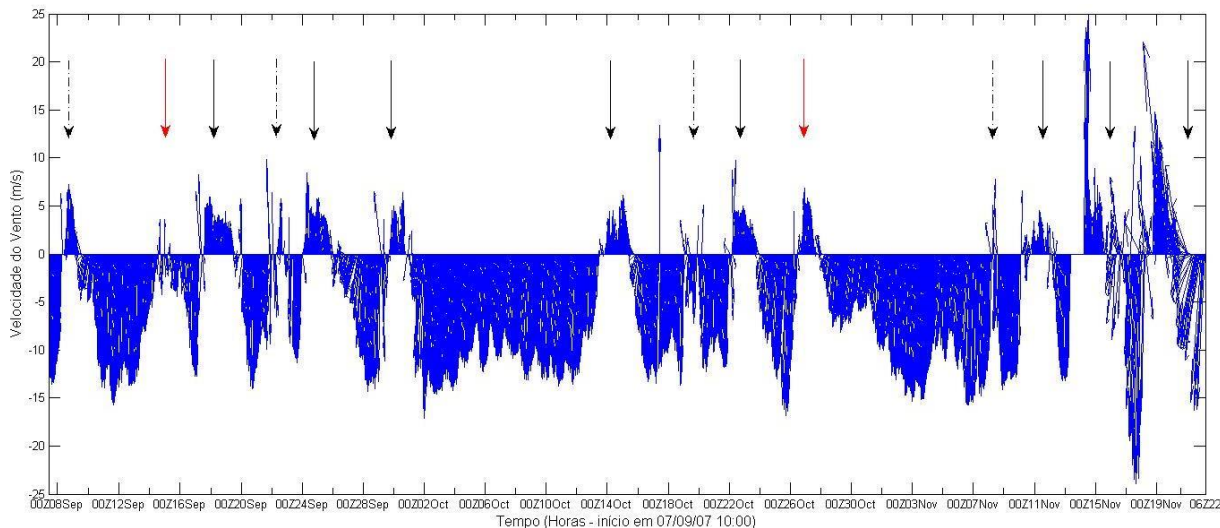


Figura 6: Série de direção e intensidade (ms^{-1}) do vento entre 07 de setembro e 22 de novembro, medidos pela estação meteorológica localizada em $24,4^\circ \text{ S}$ e $43,8^\circ \text{ O}$. As setas pretas, pretas pontilhadas e vermelhas indicam respectivamente inversões devido a frente fria, baixa pressão e não identificados.

4.2 Análise

Ocorreram 14 inversões na direção predominante (N/NE) do vento, identificadas pelos vetores positivos (quadrante sul) e separadas entre elas por períodos com vento de norte ou nordeste como pode ser visto na Figura 6. Oito casos são explicados pela passagem de sistemas frontais frios (FF) (setas pretas Fig. 6) que têm como característica o escoamento de sul, e outros sete casos são decorrentes de outros processos separados entre Baixa Pressão (BP) (setas pretas pontilhadas Fig. 6) e Não Identificados (NI) (setas vermelhas Fig. 6). Os casos serão analisados na próxima seção.

A tabela 2 apresenta na primeira coluna a data em que foi verificado o início da inversão dos ventos nos dados observados pela estação. Na segunda coluna são apresentados os períodos em que os ventos permaneceram do quadrante sul ou variando rapidamente entre norte e sul. Os processos sinóticos associados são indicados na terceira coluna. O caso em que há apenas um vetor do quadrante sul (17 de Outubro) não foi considerado na tabela e nos cálculos das médias finais.

Tabela 2: Data de início, duração (horas) e causa associada a cada inversão de vento.

Data	Duração	Causa
08/09	42	BP
14/09	24	NI
17/09	72	FF
21/09	36	BP
24/09	60	FF
29/09	48	FF
13/10	60	FF
19/10	30	BP
22/10	48	FF
26/10	48	NI
08/11	18	BP
10/11	60	FF
14/11	60	FF
18/11	72	FF

4.2.1 Frentes Frias (FF)

As inversões na direção do vento ocorridas nas datas 17, 24, 29 de Setembro, 13, 22 de Outubro e 10, 14 e 18 de Novembro estiveram associadas à passagem de frentes frias.

A passagem de FF é bem representada pelos campos da reanálise, é possível observar o escoamento de vento convergente, os valores negativos do campo de divergência na linha da frente, o menor espaçamento das linhas de PNM e o aumento do gradiente dos valores de geopotencial, na maior parte dos casos também se observa vorticidade negativa, estas características podem ser verificadas nesta seção nas Figuras 7 e 8, e no anexo B para os casos de FF.

Quando se compara o tempo inicial de inversão nos dois dados, nota-se um intervalo de tempo entre o medido e a reanálise para alguns casos variando entre 6 e 12 horas. O vento observado para o dia 17 de Setembro tem inversão às 06Z e a reanálise mostra a inversão às 00Z (Figura 7a). É possível identificar a frente pela região de convergência dos ventos indicada pelos vetores e por valores negativos de divergência.

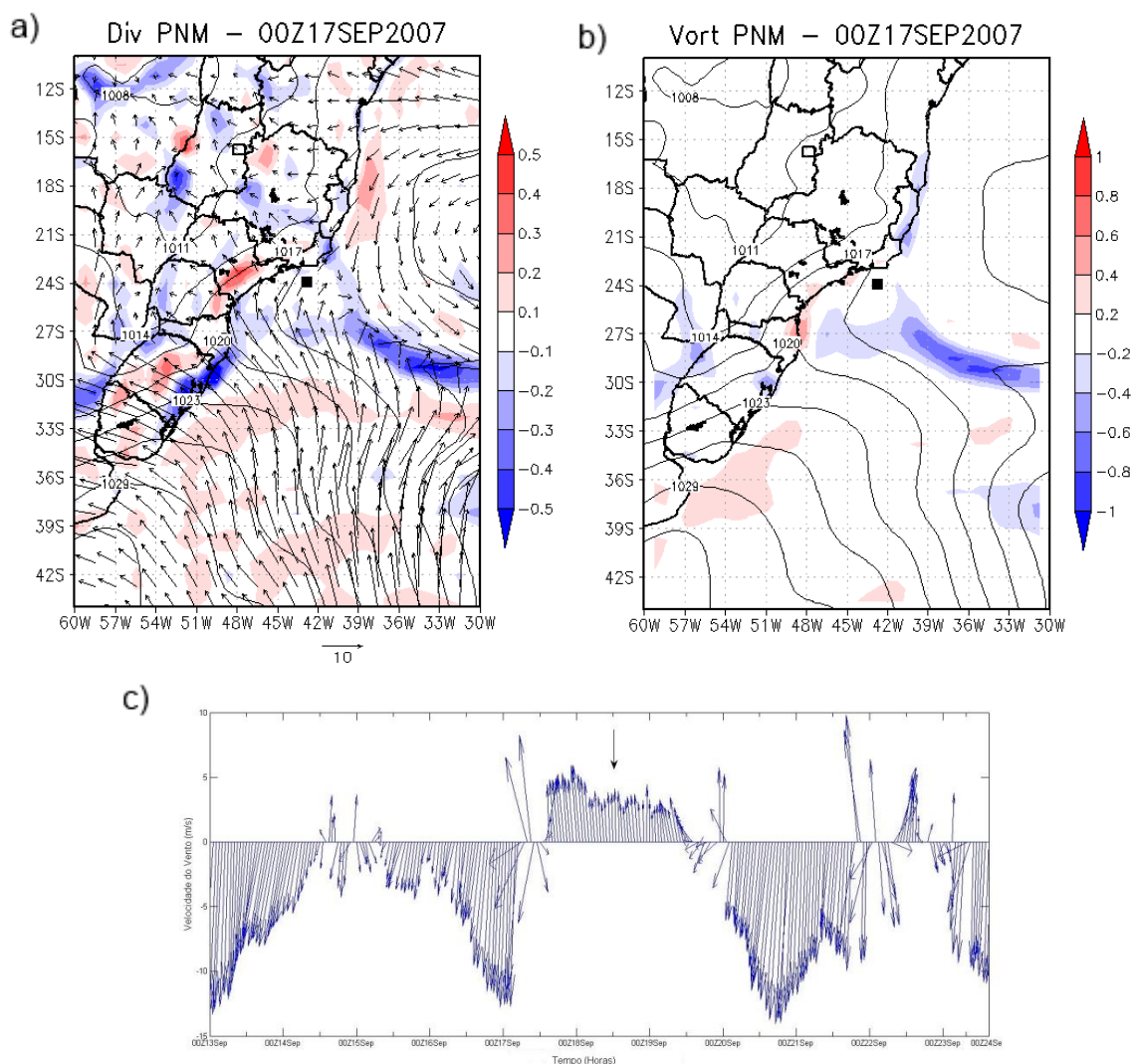


Figura 7: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; c) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 17 de Setembro às 00Z.

Uma atenção deve ser dada à passagem de uma FF no dia 05 de Novembro. Nos campos de reanálise é possível ver a inversão dos ventos às 00Z (Figura 8a) e rápida variação de geopotencial (Figura 8b), indicativos da passagem da FF como foi verificado nos outros casos, porém os dados observados não apresentam inversão dos ventos, ocorrendo apenas o enfraquecimento dos ventos do quadrante norte (Figura 8c). Para o dia 17 de Outubro onde os campos de reanálise mostram claramente a passagem de um FF e a inversão dos ventos (Figura 8 a, b) às 12Z, enquanto que a observação mostra somente um vetor de sul no mesmo horário sem permanência do mesmo. Estes dois casos indicam que a passagem da FF não garante a inversão dos ventos e podem apenas enfraquece-los.

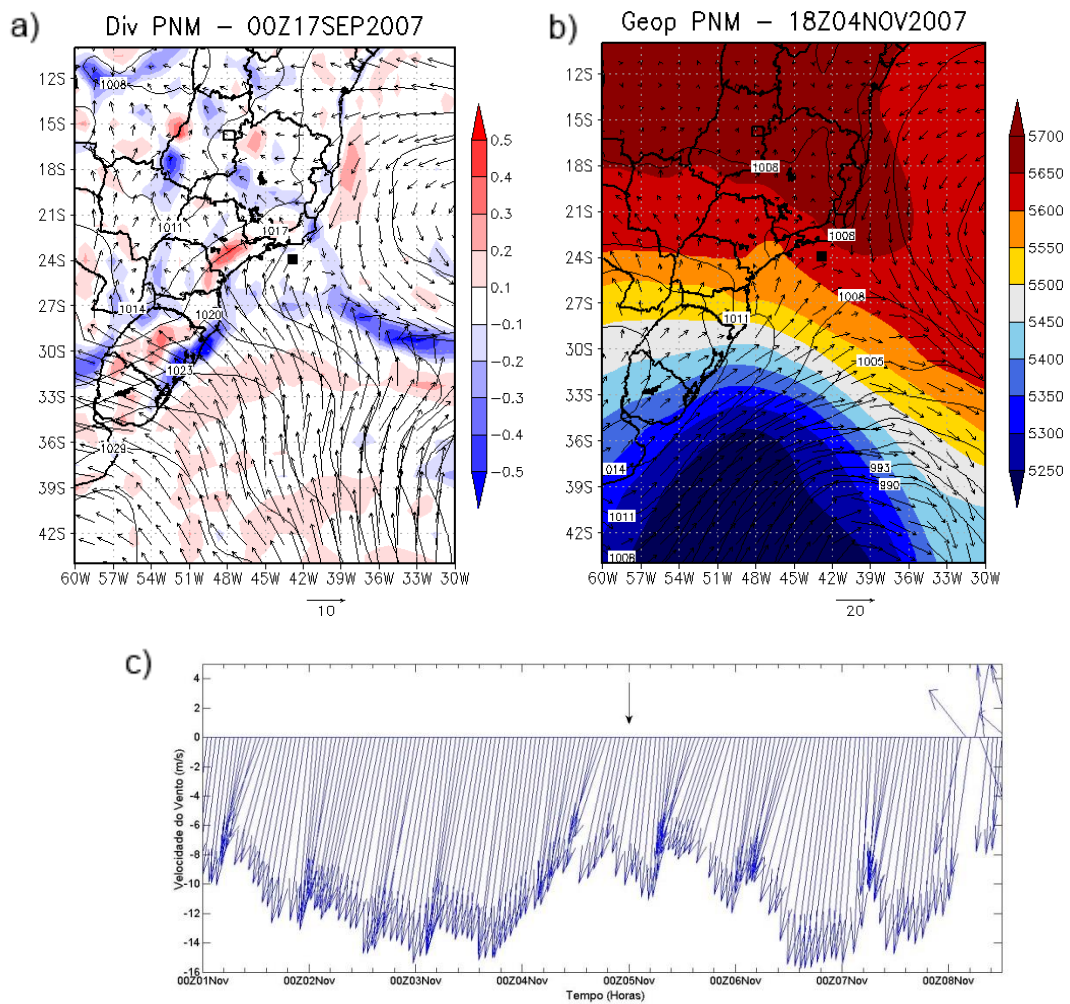


Figura 8: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) Vento observado (seta indica o período de menor intensidade). Para o dia 05 de Novembro às 00Z.

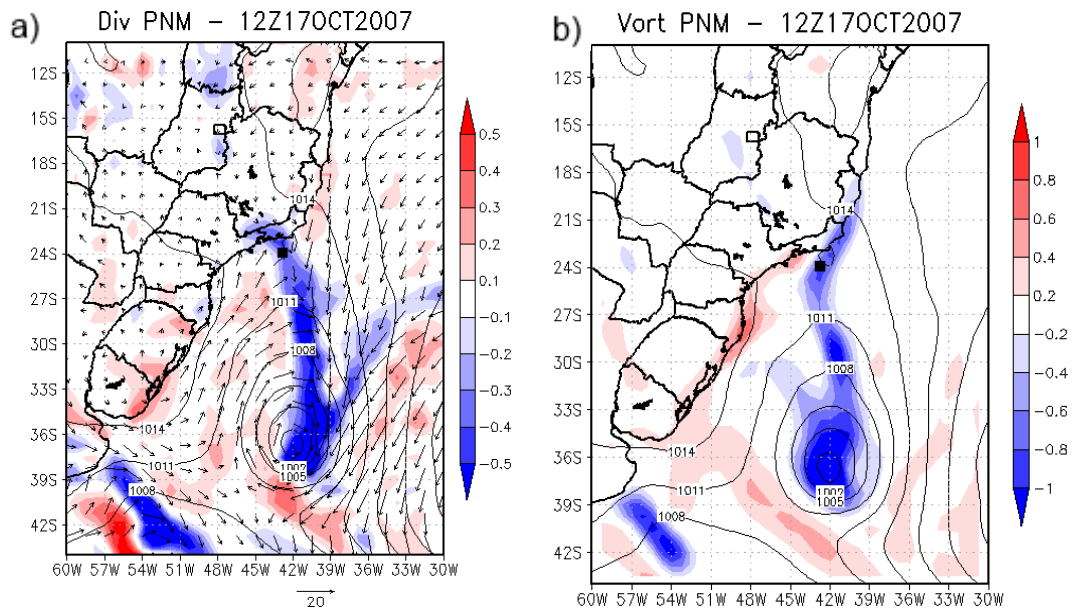


Figura 9: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Para o dia 17 de Outubro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

4.2.2 Baixa Pressão (BP)

As inversões na direção do vento ocorridas nas datas 08 e 21 de Setembro, 19 de Outubro e 08 de Novembro estiveram associadas a baixa pressão descritas abaixo.

08 de Setembro: A inversão tem início às 06Z com duração aproximada de 42 horas (Figura 6). Sobre a região o campo de vento da reanálise em 1000hPa (Figura 10a) apresenta escoamento de NE, porém o campo de vorticidade (Figura 10b) mostra uma leve circulação ciclônica acompanhada de uma ondulação na isolinha de 1023hPa, tal situação pode induzir instabilidade direcional dos ventos em menor escala, ainda que os processos de escala sinótica não apresentem o mesmo comportamento.

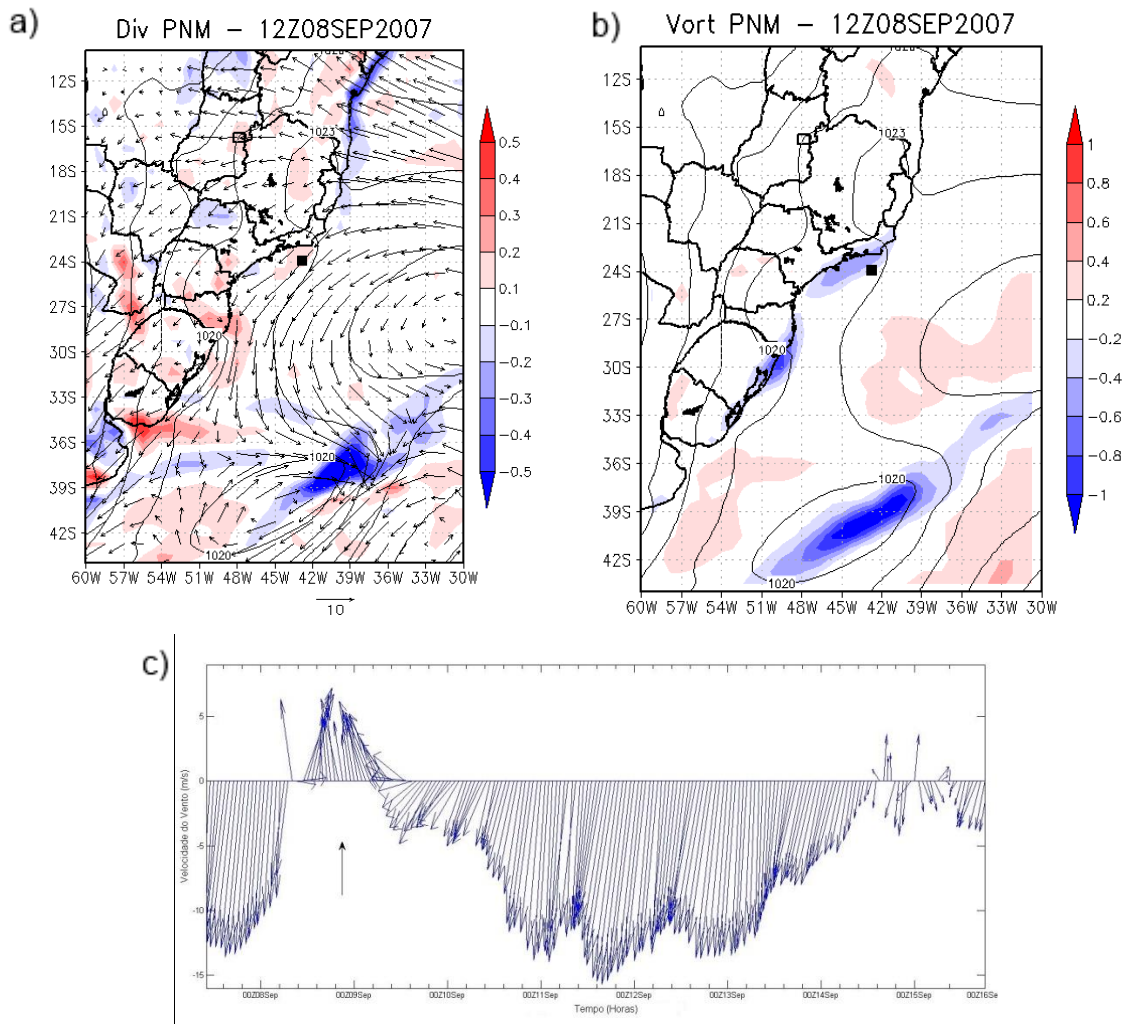


Figura 10: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; c) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 08 de Setembro às 12Z

21 de Setembro: A inversão tem início às 18Z e os ventos alternam entre a direção N e S por aproximadamente 36 horas. Sobre a região, o campo de ventos da reanálise (Figura 11a) apresenta escoamento de NE, porém há uma ondulação em forma de cavado na isolinha de 1017 hPa. O campo de vorticidade (Figura 11b) mostra valores negativos sobre a estação, indicando circulação ciclônica. A atuação em conjunto destes processos podem induzir movimentos do quadrante sul para o vento em menor escala.

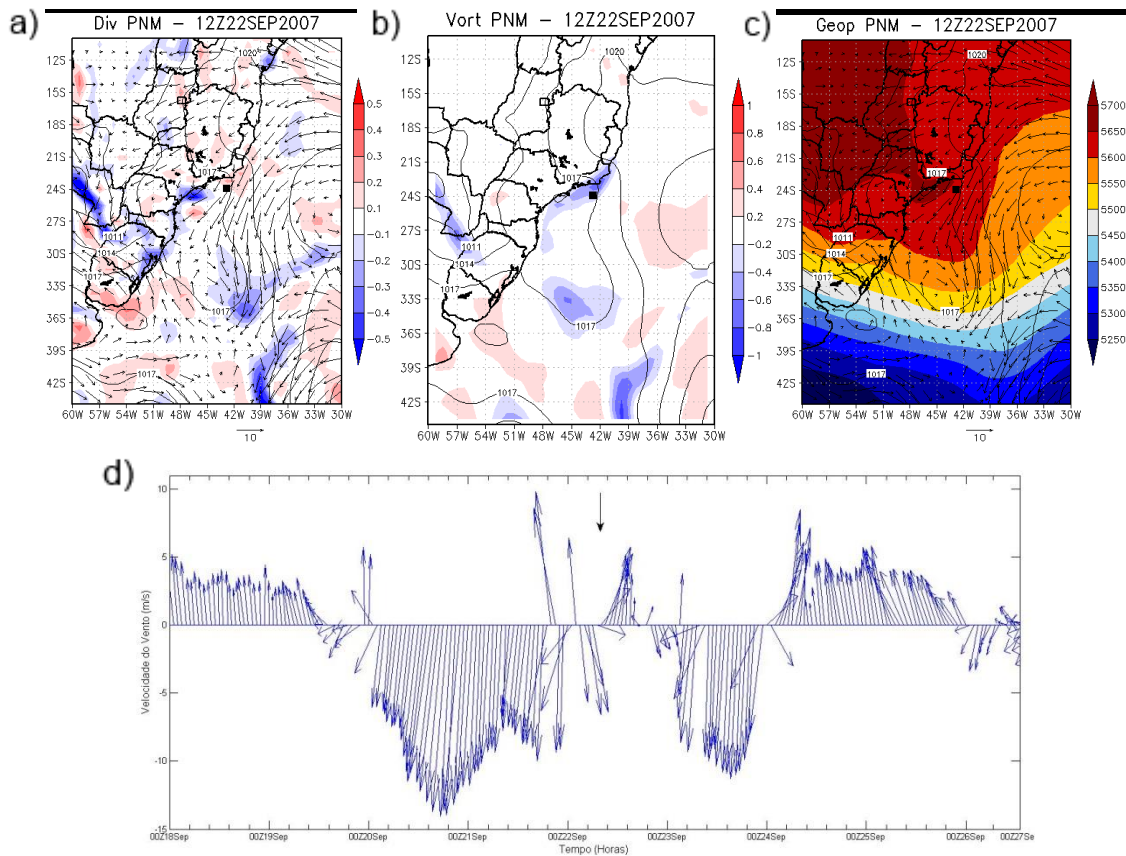


Figura 11: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; c) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa). Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 22 de Setembro às 12Z.

19 de Outubro: A inversão tem início às 00Z e os ventos alternam entre a direção N e S por aproximadamente 30 horas. Os ramos norte da alta pós-frontal que atua sobre a região devido à passagem de um FF, e a intensidade do vento é reduzida pelo escoamento de N do ramo oeste da ASAS (Figura 12a) em complemento o campo de divergência apresenta valores negativos (convergência) sobre o estado do RJ e valores positivos (divergência) logo ao sul sobre o oceano, indicando escoamento de S próximo a estação com pouca influência dos ventos de leste e oeste, visto que o campo de vorticidade (Figura 12b) não mostra circulação ciclônica ou anticiclônica. A Figura 12c apresenta o campo médio de TSM e vento em superfície para o dia 19, e é possível ver ventos de sul sobre a estação associado a um giro ciclônico a sudeste. Esta representação se deve a melhor resolução (5 km) dos dados da Figura 12c em comparação com os dados da Figura 12^a (aproximadamente 75 km).

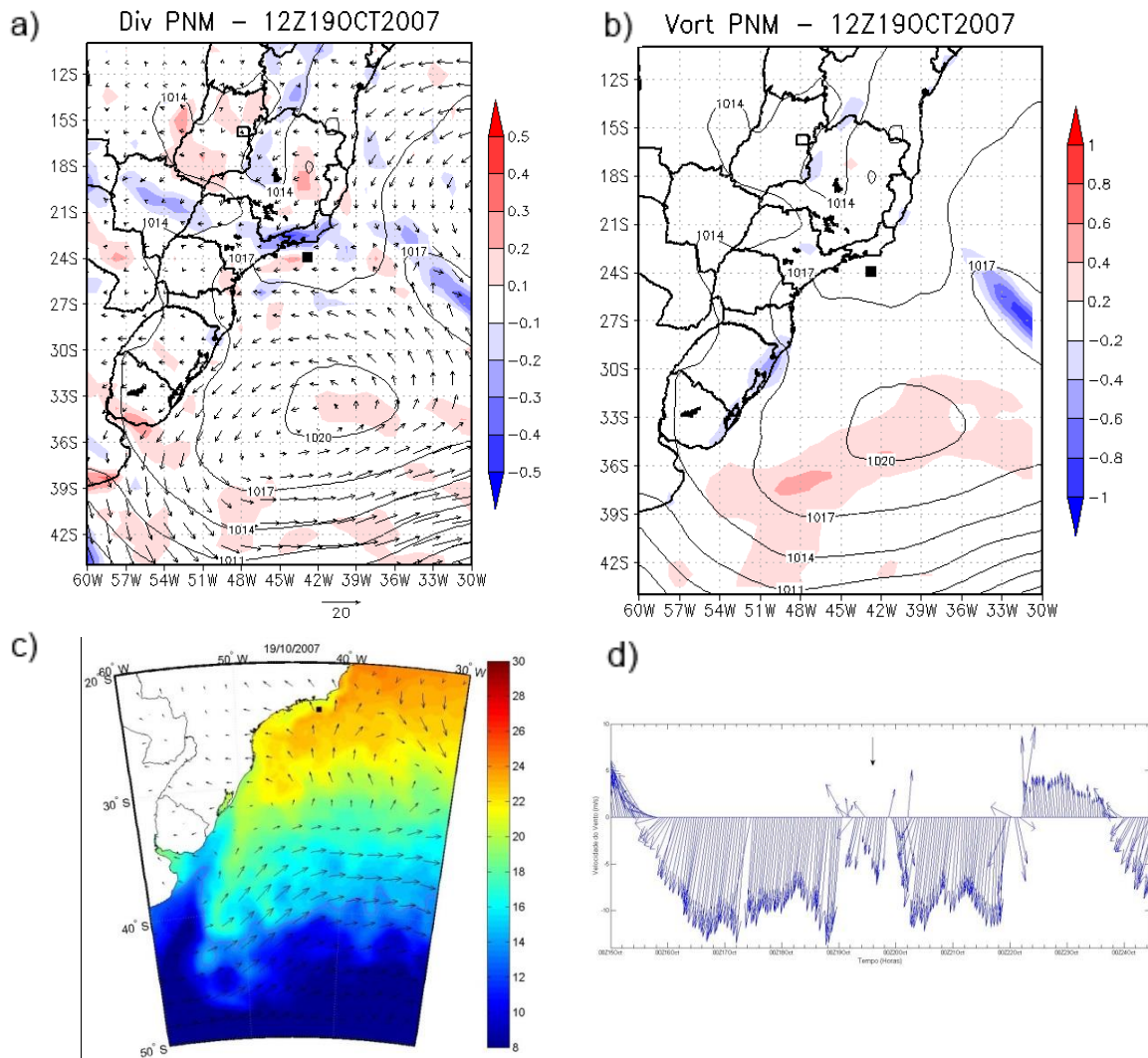


Figura 12: a) Divergência (S⁻¹) e vento (ms⁻¹) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S⁻¹) em 1000hPa e linhas de PNM; c) TSM (°C) e vento em superfície. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 19 de Outubro às 00Z.

08 de Novembro: A inversão tem início às 06Z do dia 08 com duração aproximada de 18 horas. O campo de vento da reanálise (Figura 13a) apresenta escoamento de NE devido ao ramo leste da ASAS, porém, é possível notar uma ondulação em forma de cavado na isolinha de 1011hPa e convergência ao norte da estação sobre o continente próximo a costa. Analisando estes fatores em conjunto com o campo de vorticidade (Figura 13b), que apresenta circulação ciclônica sobre a estação, os ventos em menor escala podem sofrer flutuações e em alguns momentos com direção de sul. Os ventos em superfície visto na Figura 13c são pouco intensos ou quase nenhum sobre a estação

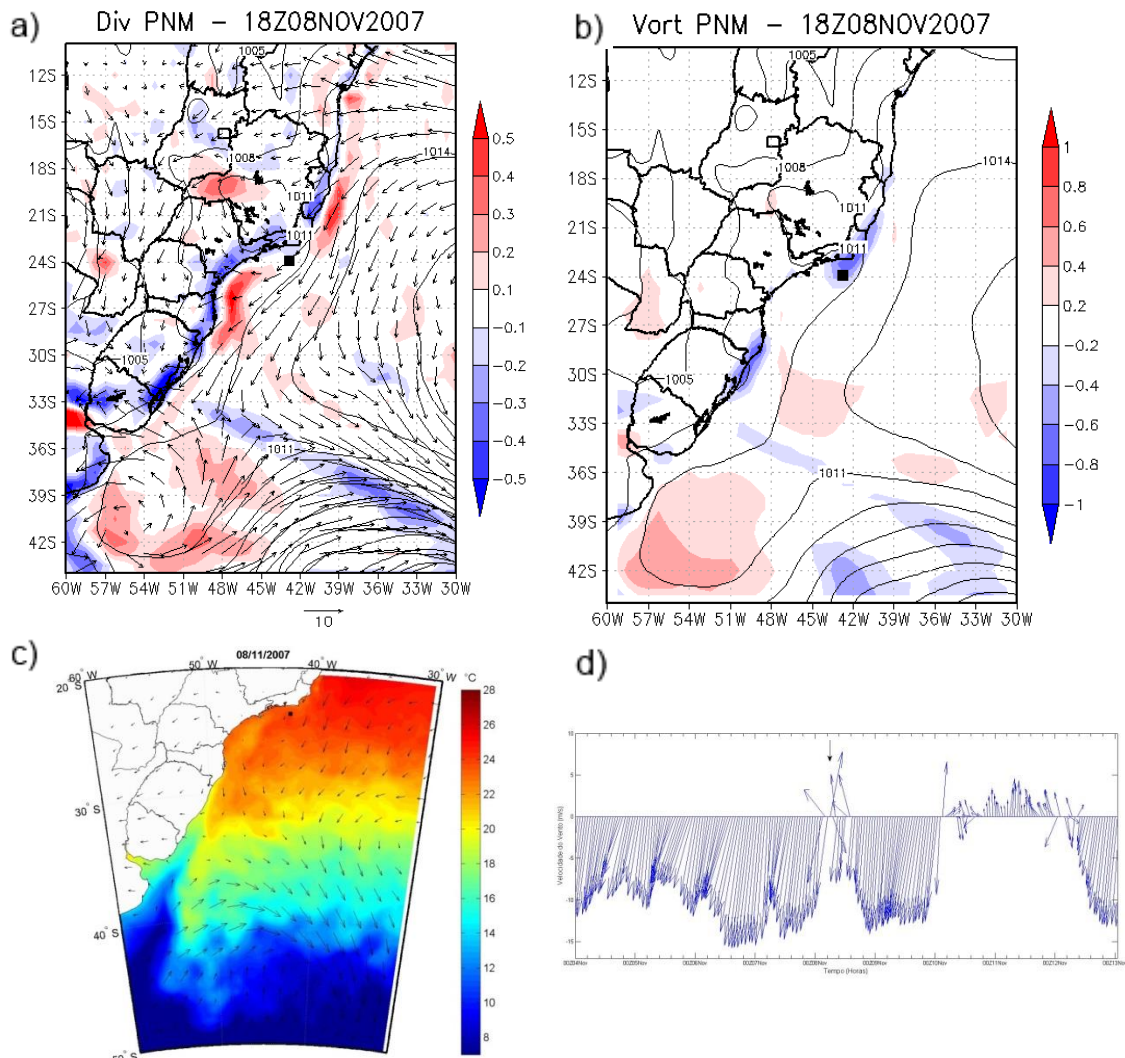


Figura 13: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; c) TSM ($^{\circ}C$) e vento em superfície. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 08 de Setembro às 12Z.

4.2.3 Processos Não Identificados (NI)

14 de Setembro: A inversão tem início às 12Z com ventos alternando entre as direções N e S por aproximadamente 24 horas. Sobre a região o campo de vento da reanálise (Figura 14a) apresenta escoamento de NE, e é possível observar uma faixa de convergência sobre o continente e uma faixa de divergência, acompanhando a linha de costa que pode ser indicativo de escoamento do mar pro continente (brisa marítima). O campo de vorticidade (Figura 14b) mostra circulação ciclônica sobre a costa do estado do RJ e o geopotencial (Figura 14c) indica um ramo com geopotencial de 5650 se estendendo para leste próximo à estação indicando um maior aquecimento do continente.

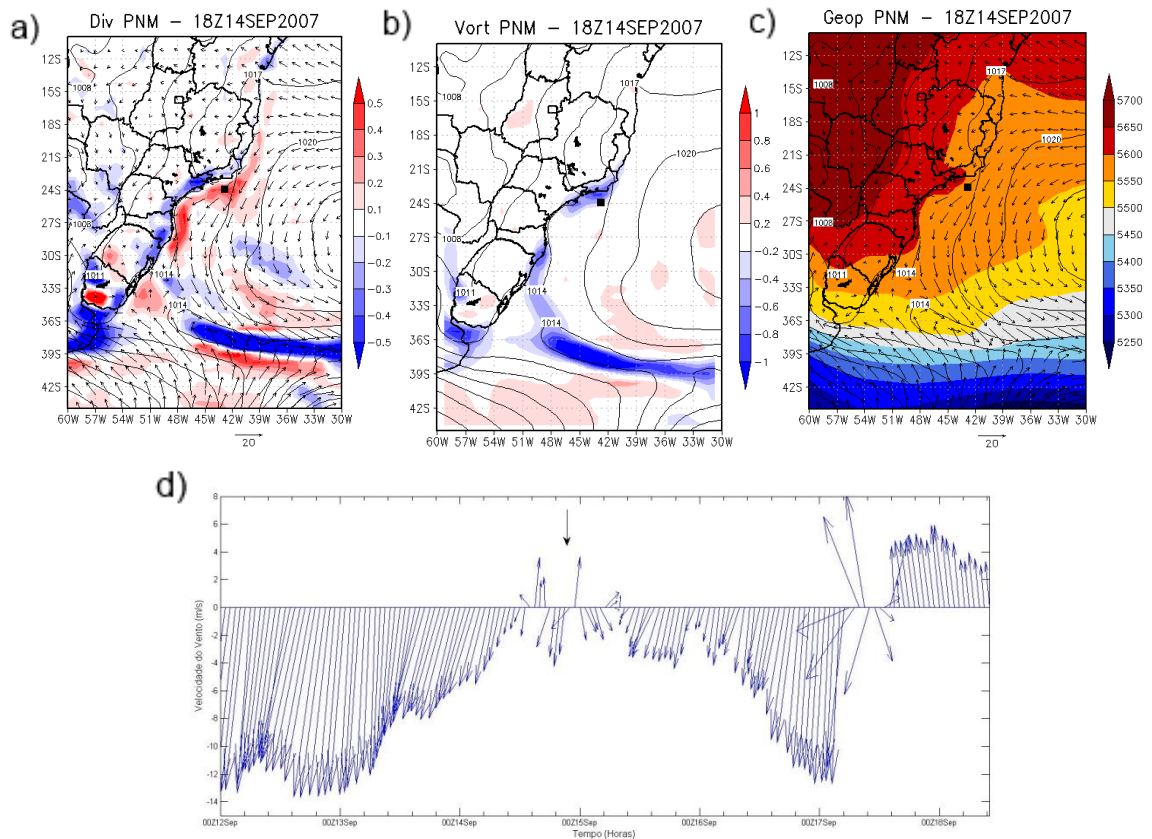


Figura 14: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM c) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa). Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica; d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 14 de Setembro às 18Z.

26 de Outubro: A inversão teve início às 06Z do dia 26 e permaneceu com ventos do quadrante Sul por aproximadamente 48 horas. O padrão observado é semelhante ao que ocorre durante a passagem de uma frente fria, com inversão da direção dos ventos e duração aproximada de 48 horas, porém, neste caso não houve a passagem de um sistema frontal. A leste da estação há um centro de intensa convergência (Figura 14a) e à oeste, sobre o continente, há um centro de alta pressão que redireciona o escoamento leste da ASAS e induz ventos de O e SO sobre a estação. No campo de vorticidade (Figura 14b) é possível observar circulação ciclônica associada ao centro de convergência à leste da estação.

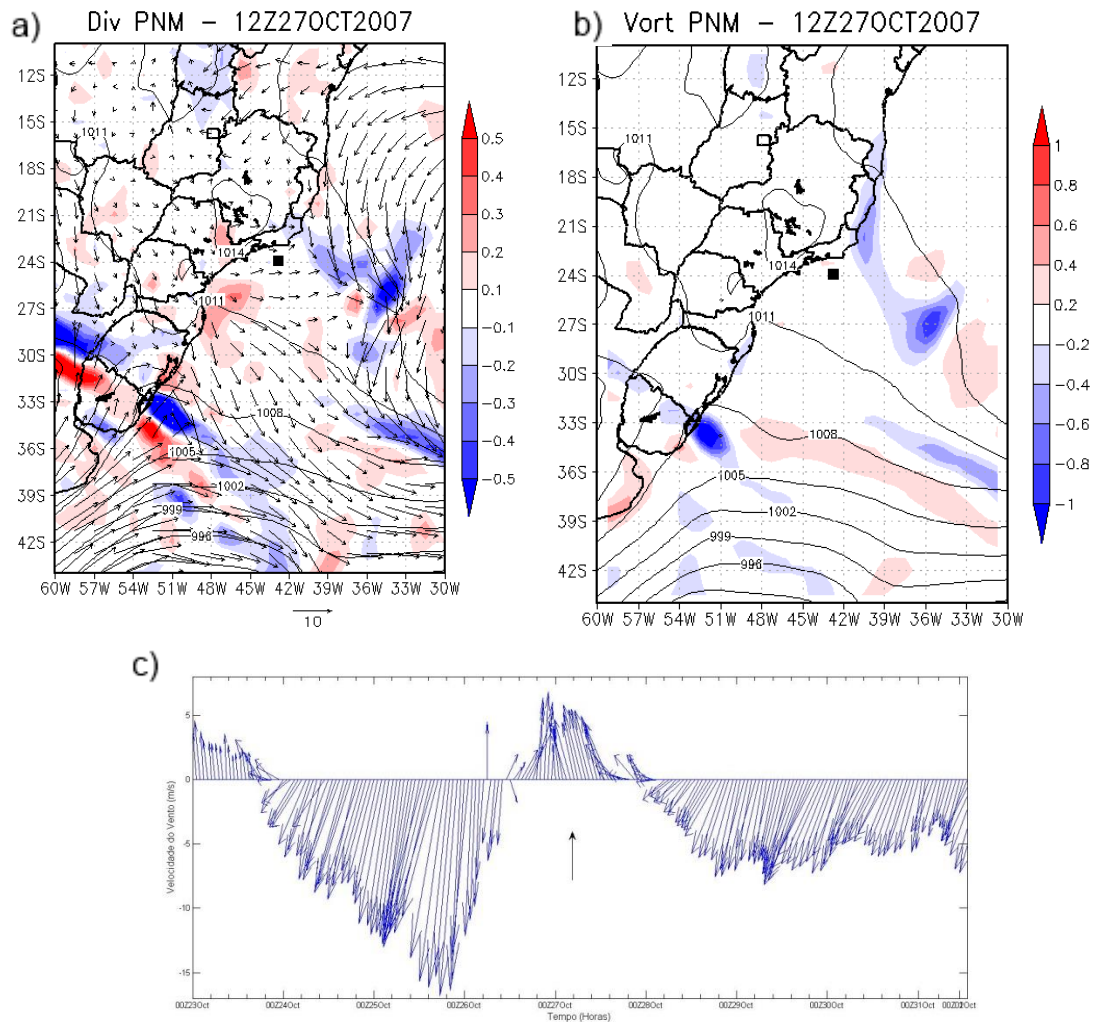


Figura 15: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica. d) Vento observado (seta indica o período de inversão). Para o dia 27 de Outubro às 12Z

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram analisados dados de vento horários medidos em uma plataforma de petróleo, onde buscou-se investigar a relação entre alterações no regime de vento e processos sinóticos. Os resultados indicaram que:

- A passagem de FF é responsável por 57% (8 casos) dos casos de inversão da direção do vento, sendo que estes se mantêm de quadrante sul por um período aproximado de 60 horas em média, com um máximo de 72 horas e um mínimo de 48 horas;
- Uma baixa pressão indicada pela ondulação nas linhas de PNM pode alterar o escoamento médio. Foi verificado que as inversões relacionadas à BP têm duração

média de aproximadamente 32 horas e compreendem 28% (4 casos) do casos observados;

- Dois casos de inversão não puderam ser explicados por completo através da análise e podem estar relacionados a processos de menor escala, a exemplo da circulação de brisa;

- Observou-se a reversão do vento sem associação clara com processos sinóticos esperados como geradores do processo, o que abre a possibilidade de que outros processos, não identificados neste trabalho, possam causar esta reversão;

- Este trabalho representa subsídio importante para estudos sobre interação oceano-atmosfera na costa SE/S do Brasil, ao permitir uma associação entre processos sinóticos, facilmente obteníveis, a partir de cartas sinóticas, e ventos locais, raramente disponíveis.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, C. D. *Meteorology Today: na introduction to weather, climate, and environment*. Ed. 9. Brooks/Cole Pub Co.

ASSIREU, A. T. *Estudo das Características Cinemáticas e Dinâmicas das Águas de Superfície do Atlântico Sul Ocidental a partir de Derivadores rastreados por Satélite*. Tese de Doutorado em Oceanografia Física, IOU-USP, 174 pg., 2003.

BJERKNES, J.; SOLBERG, H. *Life Cycle of Cyclones and Polar Front Theory of Atmospheric Circulation*. *Geof. Publ.*, 3(1), 3-18

CASTRO, B. M. *Correntes e massas de águas da Plataforma continental norte de São Paulo*. Tese de Livre-Docência, IOU-USP, 248 pg., 1996.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Parte I - Sistemas meteorológicos que afetam o tempo na América do Sul: Frentes frias sobre o Brasil. *In*: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da Silva dias (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 135-147.

DEGOLA, T, S, D. Impactos e variabilidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul sobre o Brasil no clima presente e em cenários futuros, 2013. 91p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

FRANCHITO, S. H. Interaction between Coastal Upwelling and Local Winds at Cabo Frio, Brazil: Na Observation Study. *Journal of Applied Meteorology and Clomatology*, v. 47, p. 1590-1598.

HASTENRATH, S. Interannual Variability na Annual Cycle: Mechanisms of Circulation and Climate in the Tropical Atlantic Sector. *Monthly Weather Review*, v. 112, p. 1097-1107, 1984

ITO, E. R. K. ; AMBRIZZI, T. Climatologia da posição da alta subtropical do atlântico sul para os meses de inverno. In: XI Congresso LatinoAmericano e Iberico de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. *A Meteorologia Brasileira além do ano 2000*. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000. p. 860-865.

JUSTI DA SILVA, M. G. A. A Frequência de Fenômenos Meteorológicos na América do Sul: Climatologia e Previsibilidade. Tese de Doutorado em Ciências em Engenharia Mecânica, COPPE-UFRJ, 130 pg., 2003.

LEMO, C. F.; CALBETE, N. O. Sistemas Frontais que Atuaram no Litoral de 1987 a 1995. In *Climanálise Especial de 10 anos*. CPTEC, 1996.

MACHEL, H.; KAPALA, A.; FLOHN, H. Behaviour of the centres of action above the atlantic since 1881. Part I: Characteristics of season and interannual variability. *International Journal of Climatology*, v. 18, p. 1-22, 1998.

REBOITA, M. S. Ciclones Extratropicais sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade. Tese de Doutorado em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG–USP, 359 pg., 2008.

REBOITA, M. S. Análise de Ciclone Semi-estacionário na Costa Sul do Brasil Associado a Bloqueio atmosférico. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 4, p. 407-422, 2009.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; da ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2, p. 193-212, 2010.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; da ROCHA, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. *Terra e Didática*, v. 8, n. 1, 34-50, 2012.

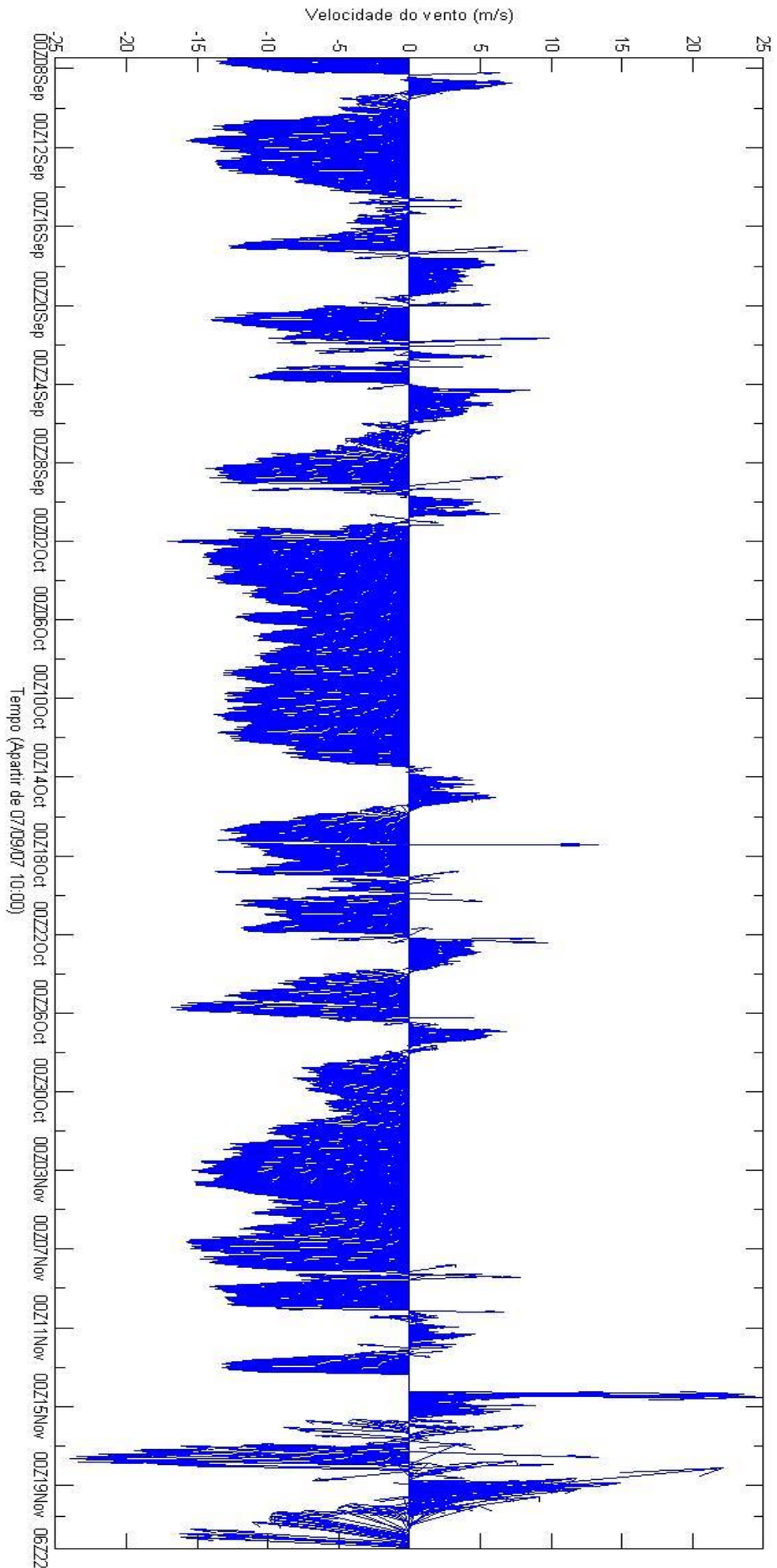
SATYAMURTY, P.; MATTOS, L. F. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. *Monthly Weather Review*, v. 117, n. 6, p. 1355-1364, 1989

SILVA, L. J. Frentes Frias na Região Sul de Minas Gerais (RSMG). Trabalho Final de Graduação, Instituto de Recursos Naturais – IRN – UNIFEI, 2011.

SIMMONDS, I.; KEAY, K. Mean Southern Hemisphere Extratropical Cyclone Behaviour in the 40-Year NCEP-NCAR Reanalysis. *J. Climate*, v. 13, p. 873-885, 2000.

STECH, J. L.; LORENZETTI, J. A. The Response of the South Brazil Bight to the Passage of Wintertime Cold Fronts. *Journal Geophysical Research*, v. 97, n. 66, p. 9507-9520, 1992

ANEXO A – Campo de vento observado



ANEXO B – Campos utilizados para os casos analisados

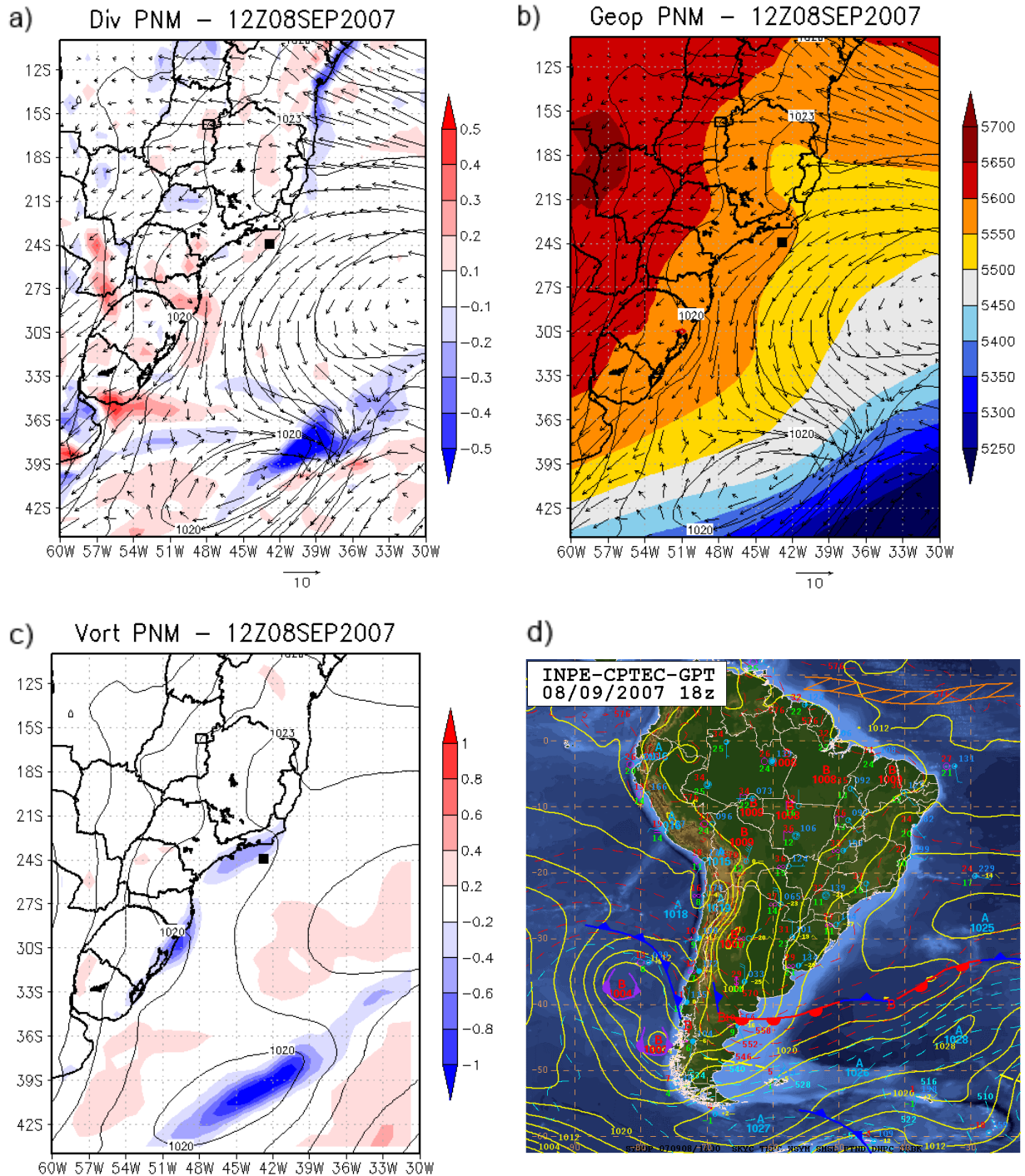
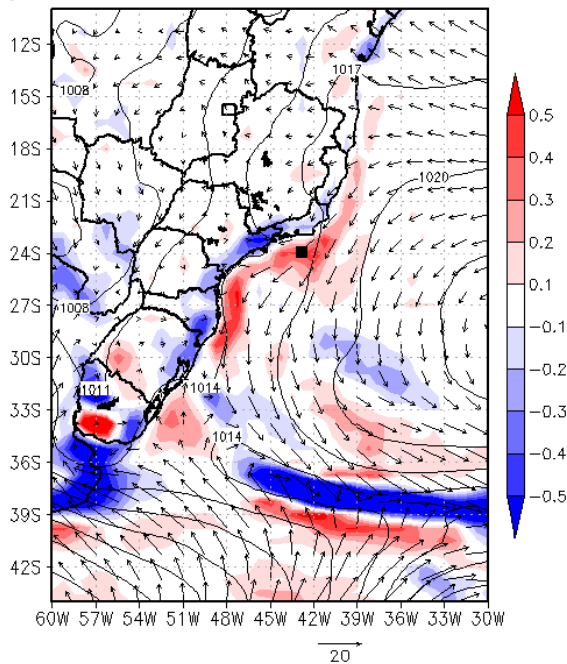
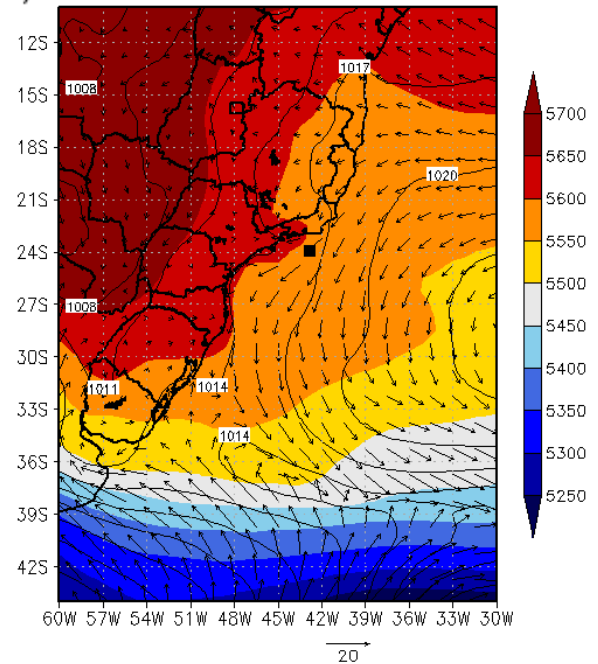


Figura B.1: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 08 de Setembro às 18Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

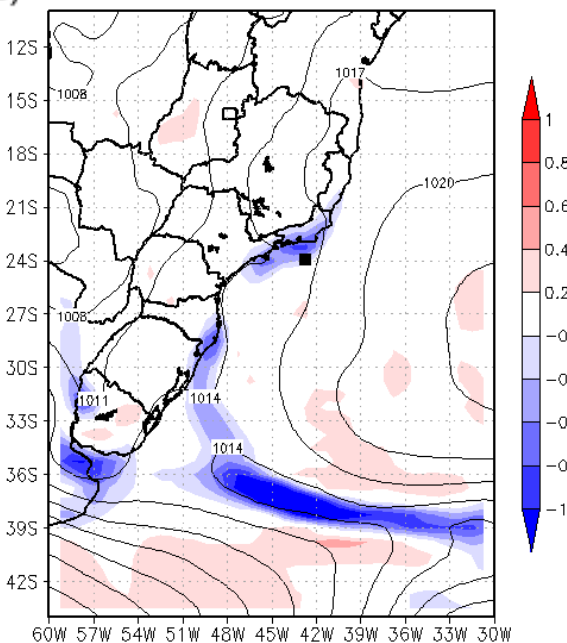
a) Div PNM – 18Z14SEP2007



b) Geop PNM – 18Z14SEP2007



c) Vort PNM – 18Z14SEP2007



d)

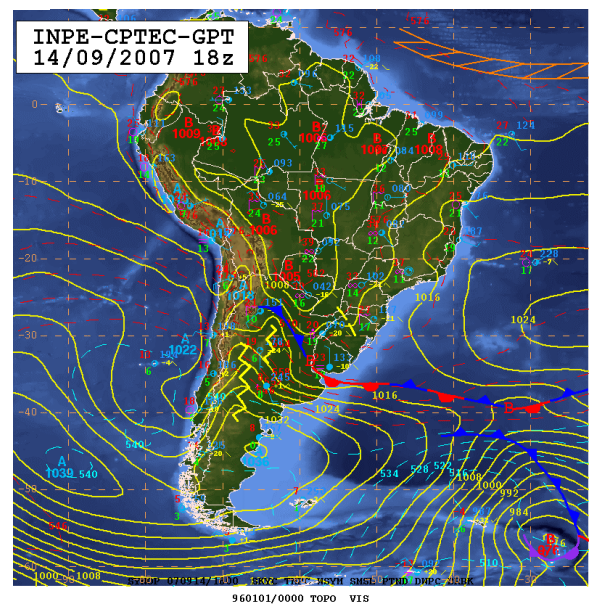


Figura B.2: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 14 de Setembro às 18Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

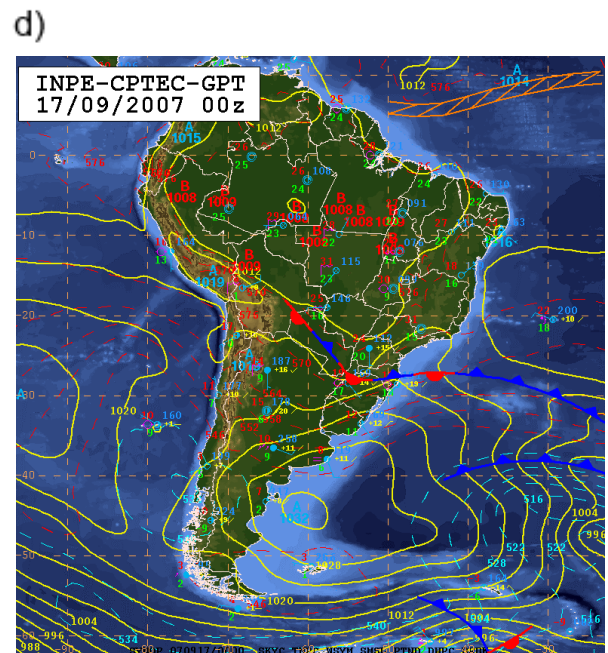
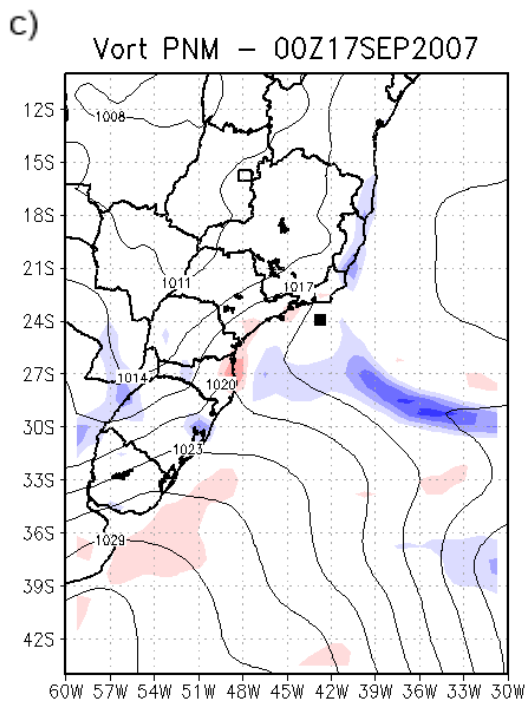
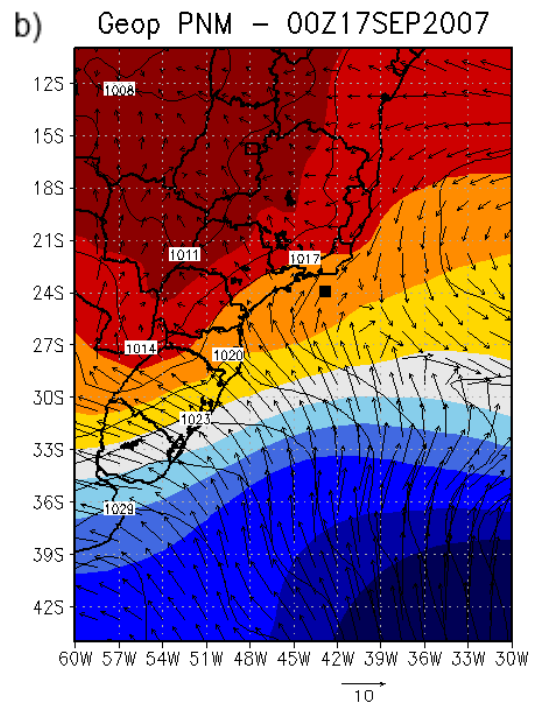
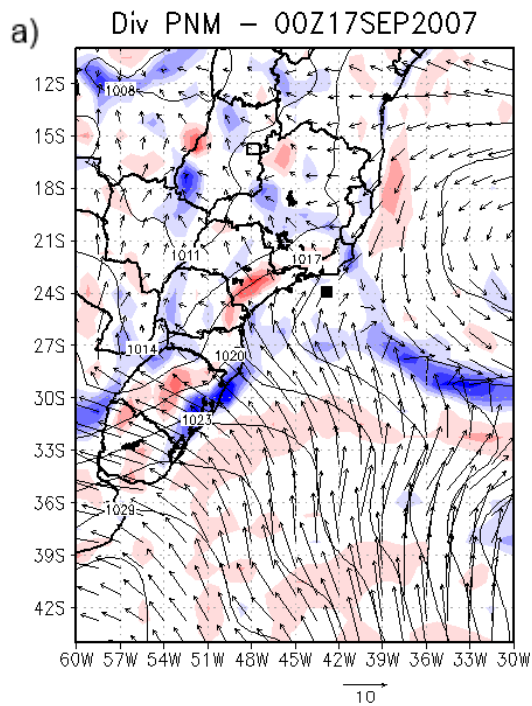


Figura B.3: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 17 de Setembro às 00Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

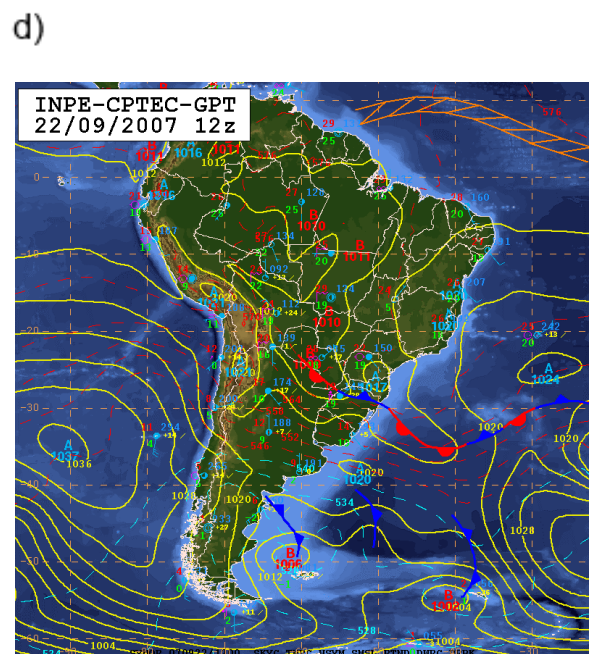
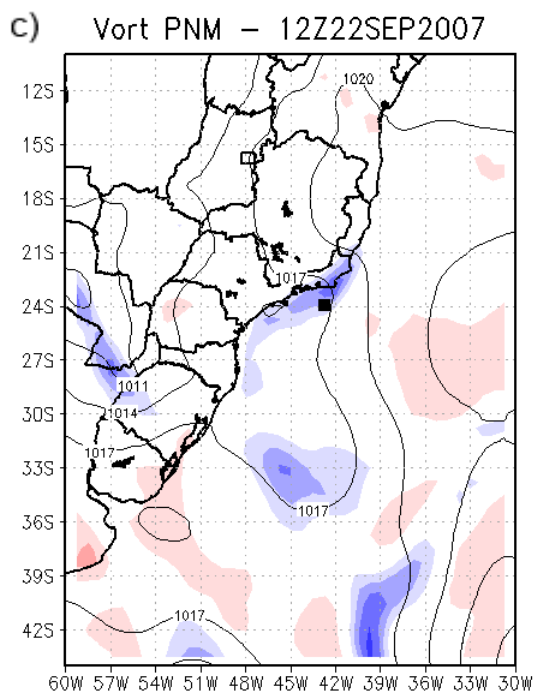
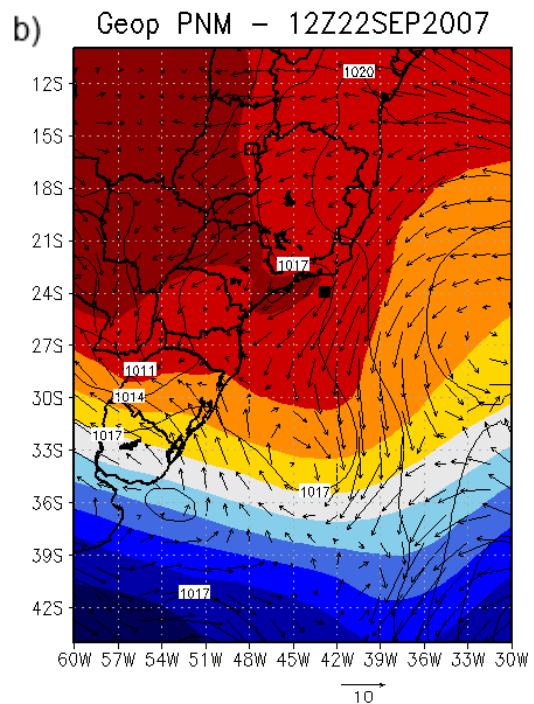
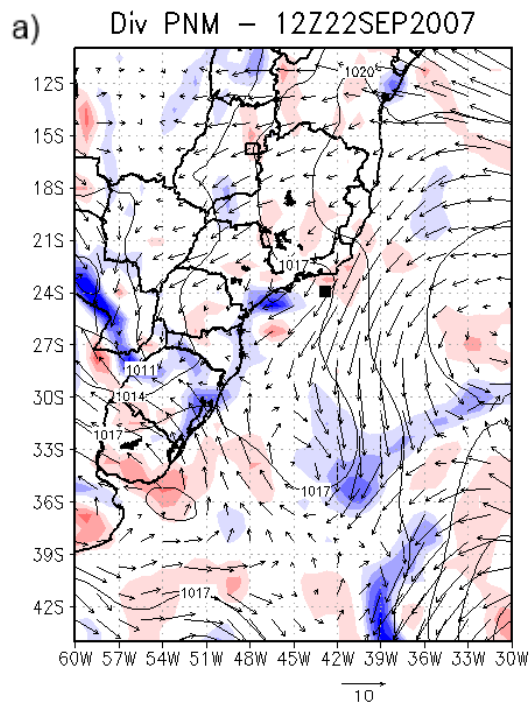


Figura B.4: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 22 de Setembro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

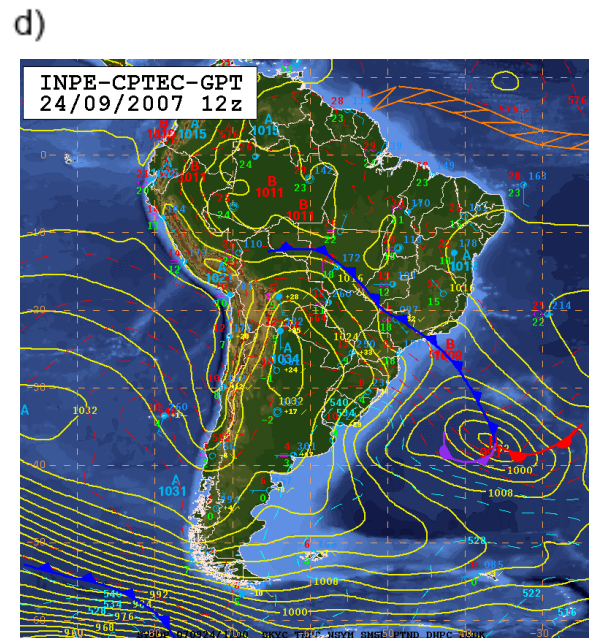
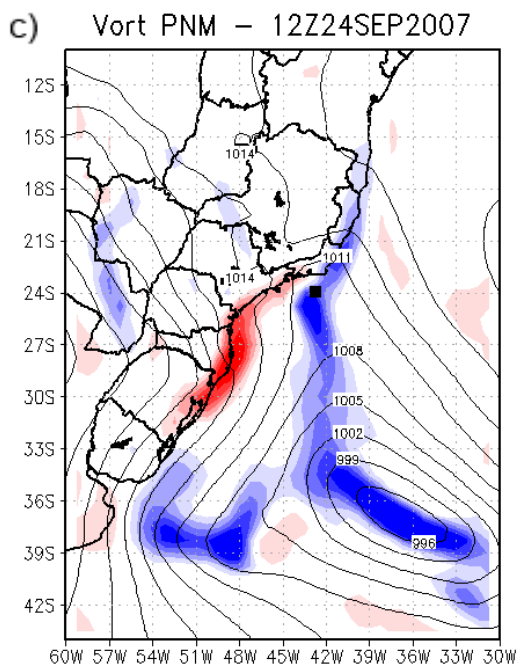
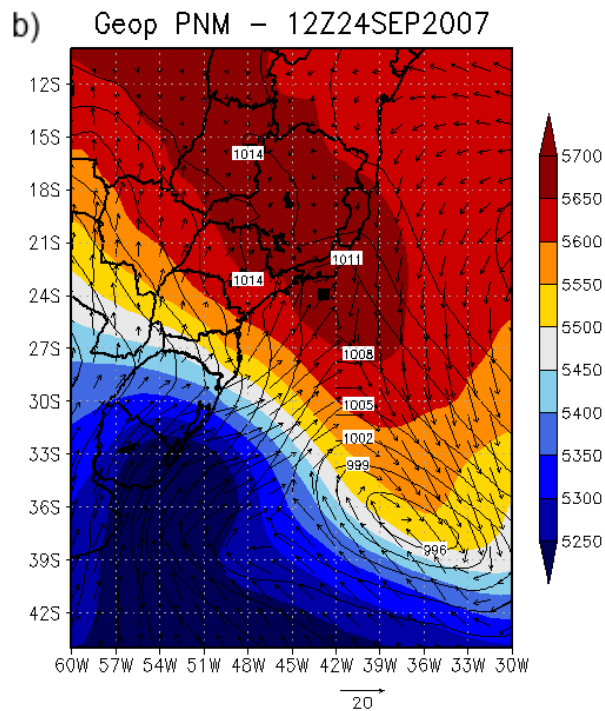
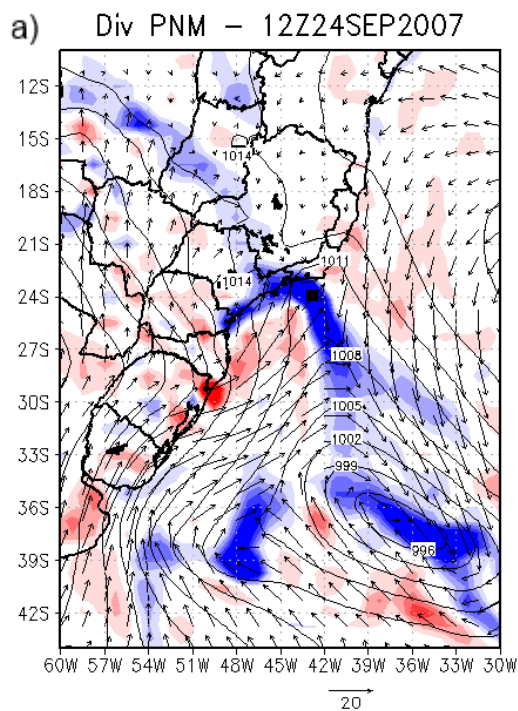


Figura B.5: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 24 de Setembro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

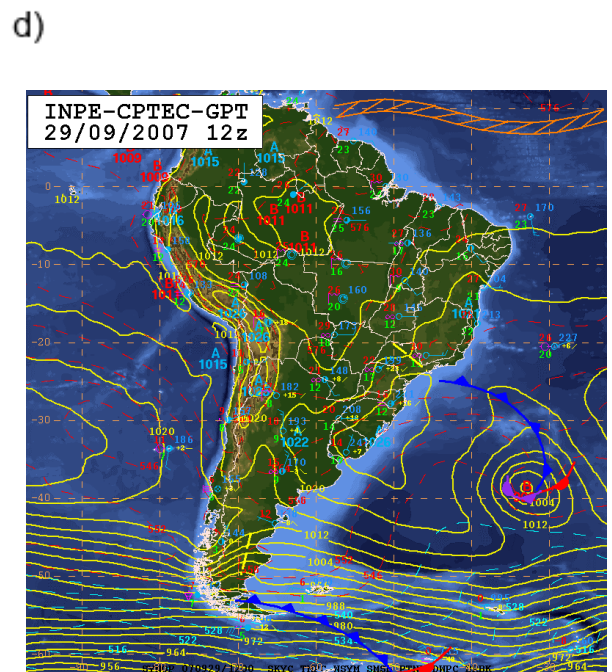
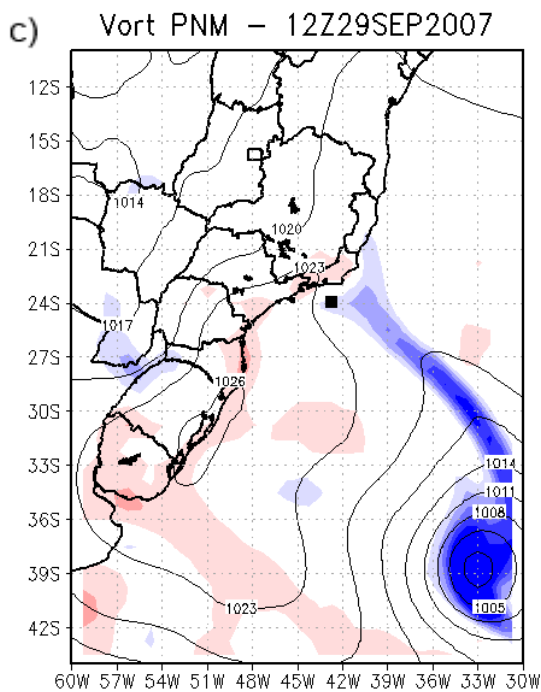
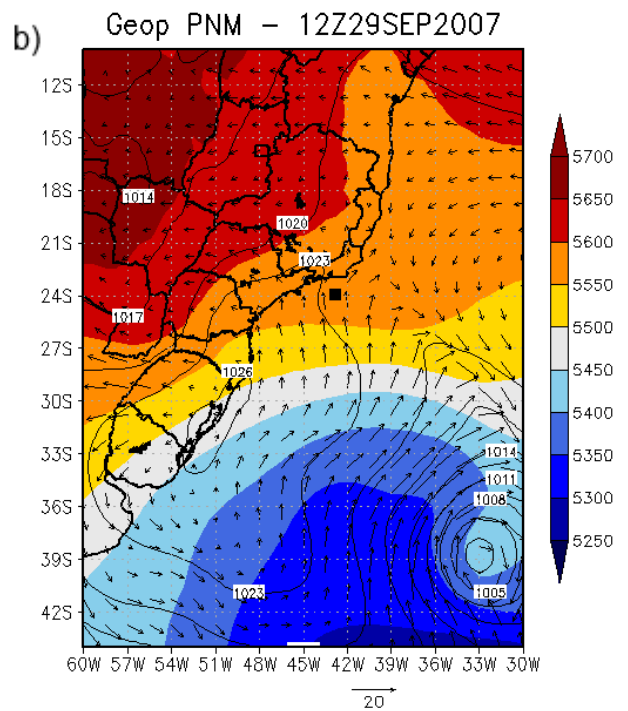
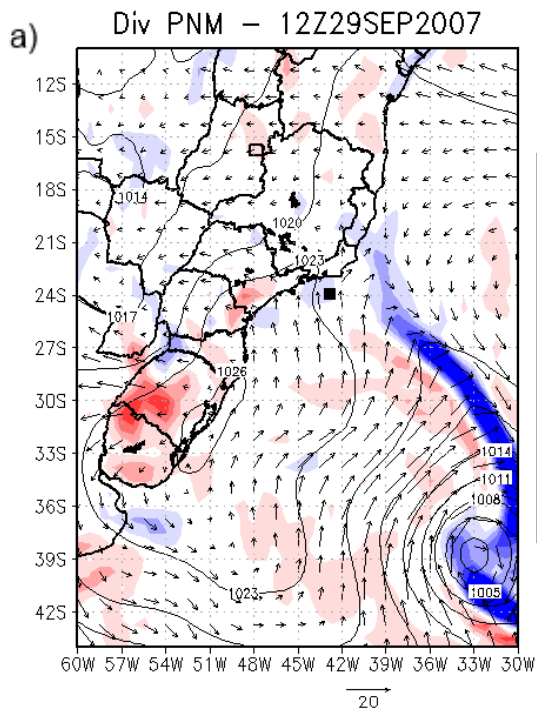


Figura B.6: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 29 de Setembro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

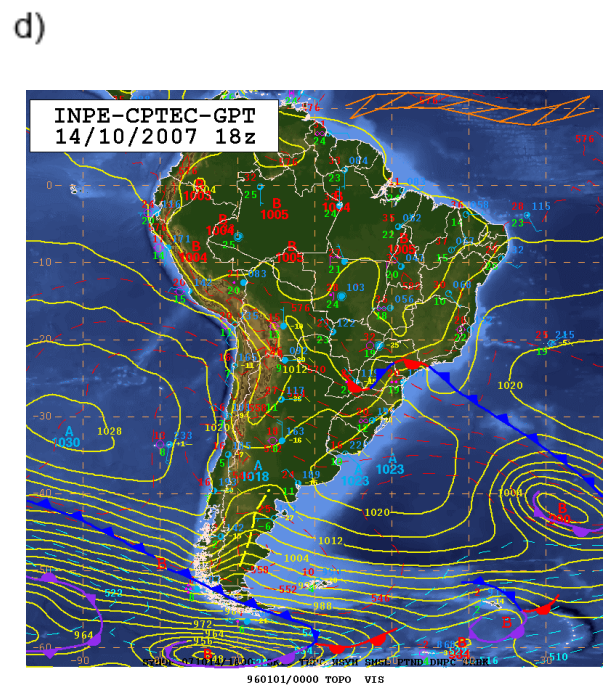
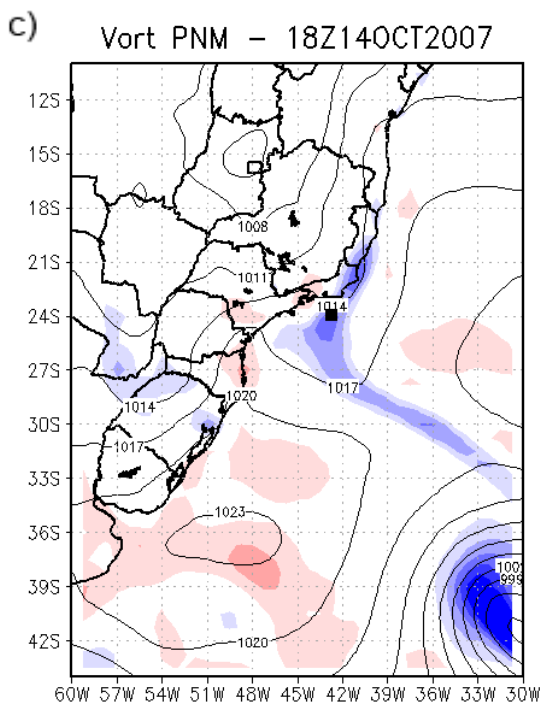
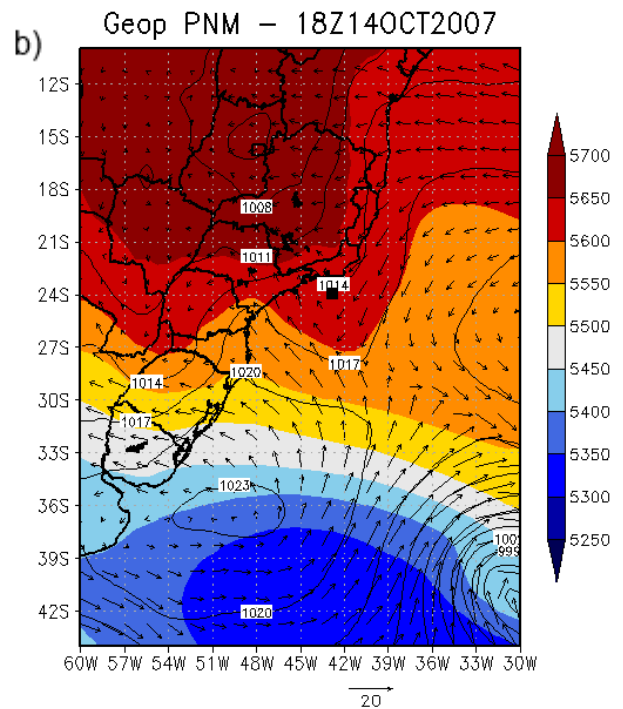
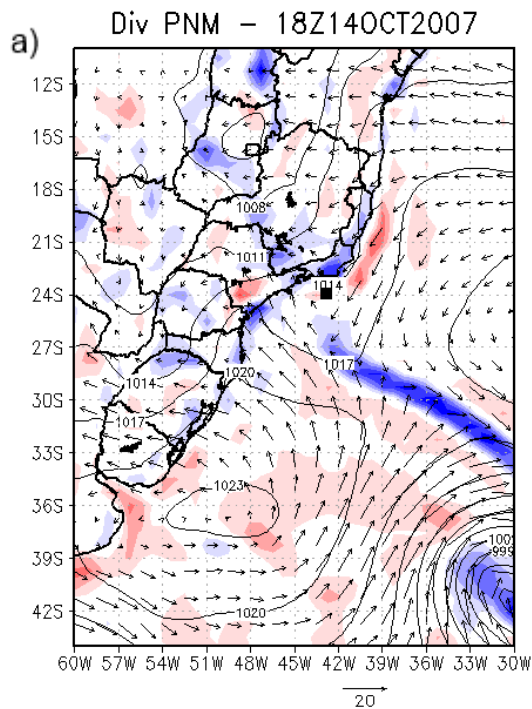


Figura B.7: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 100 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 14 de Outubro às 18Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

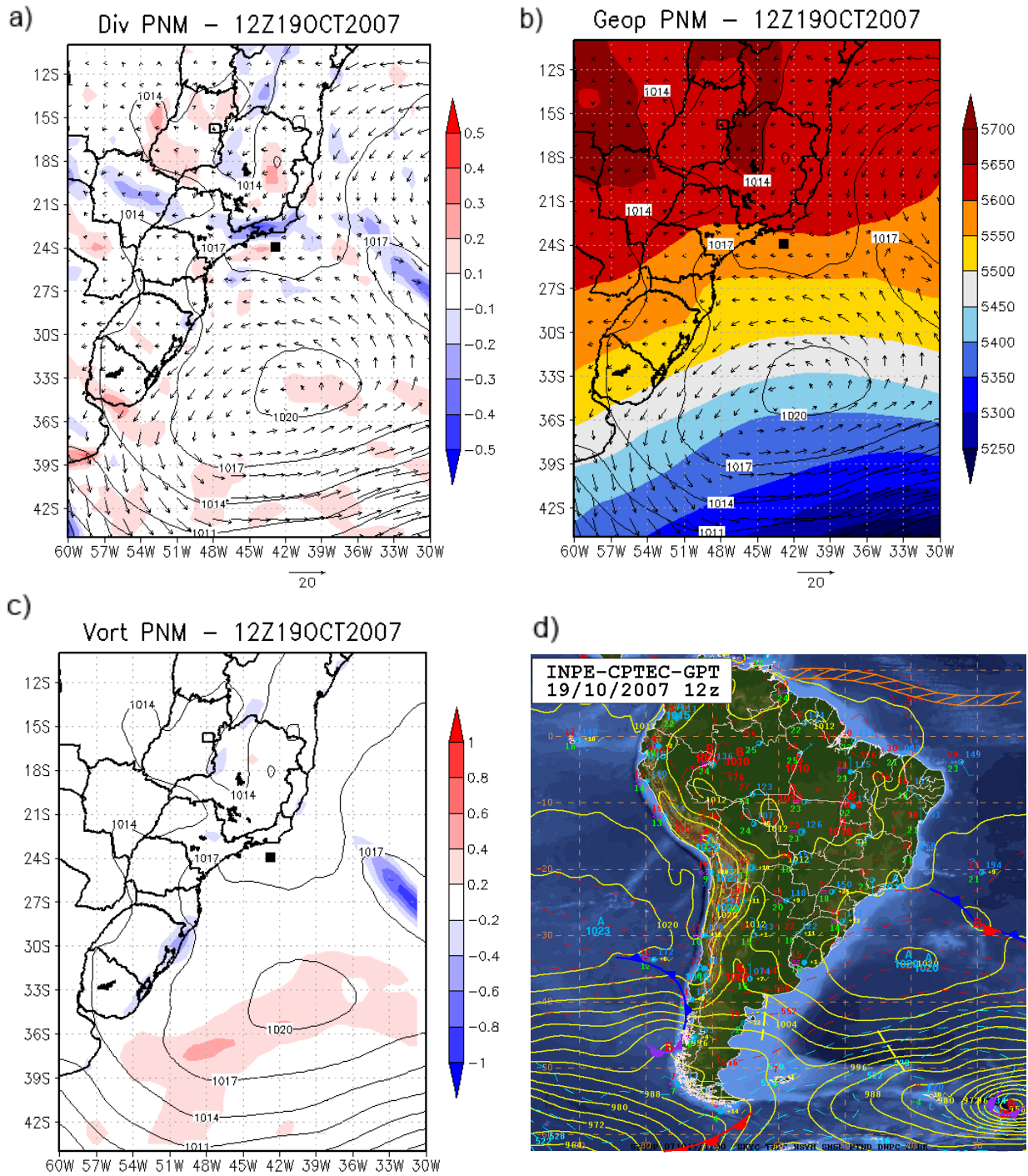


Figura B.8: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 100 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 19 de Outubro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

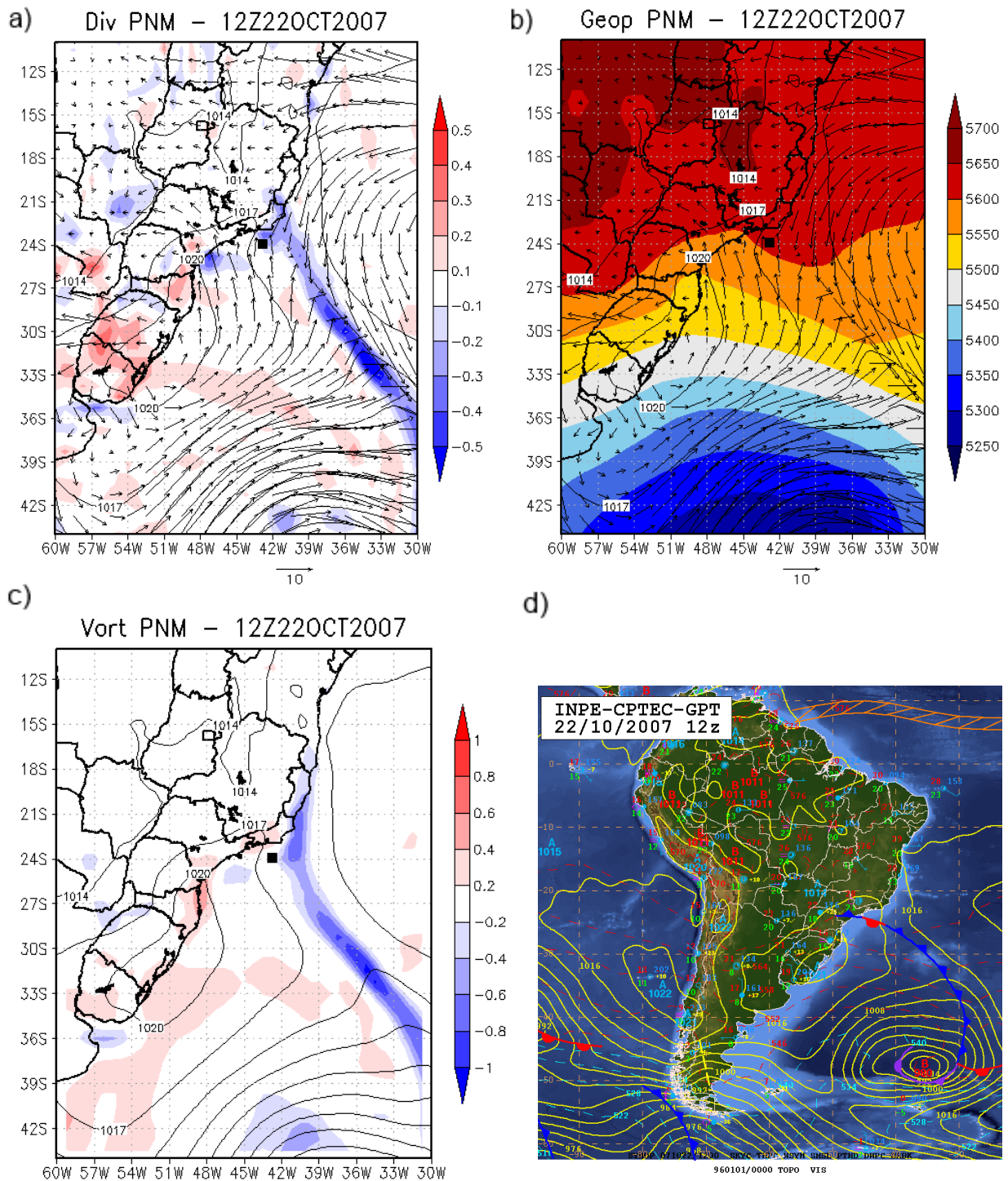


Figura B.9: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 100 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 22 de Outubro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

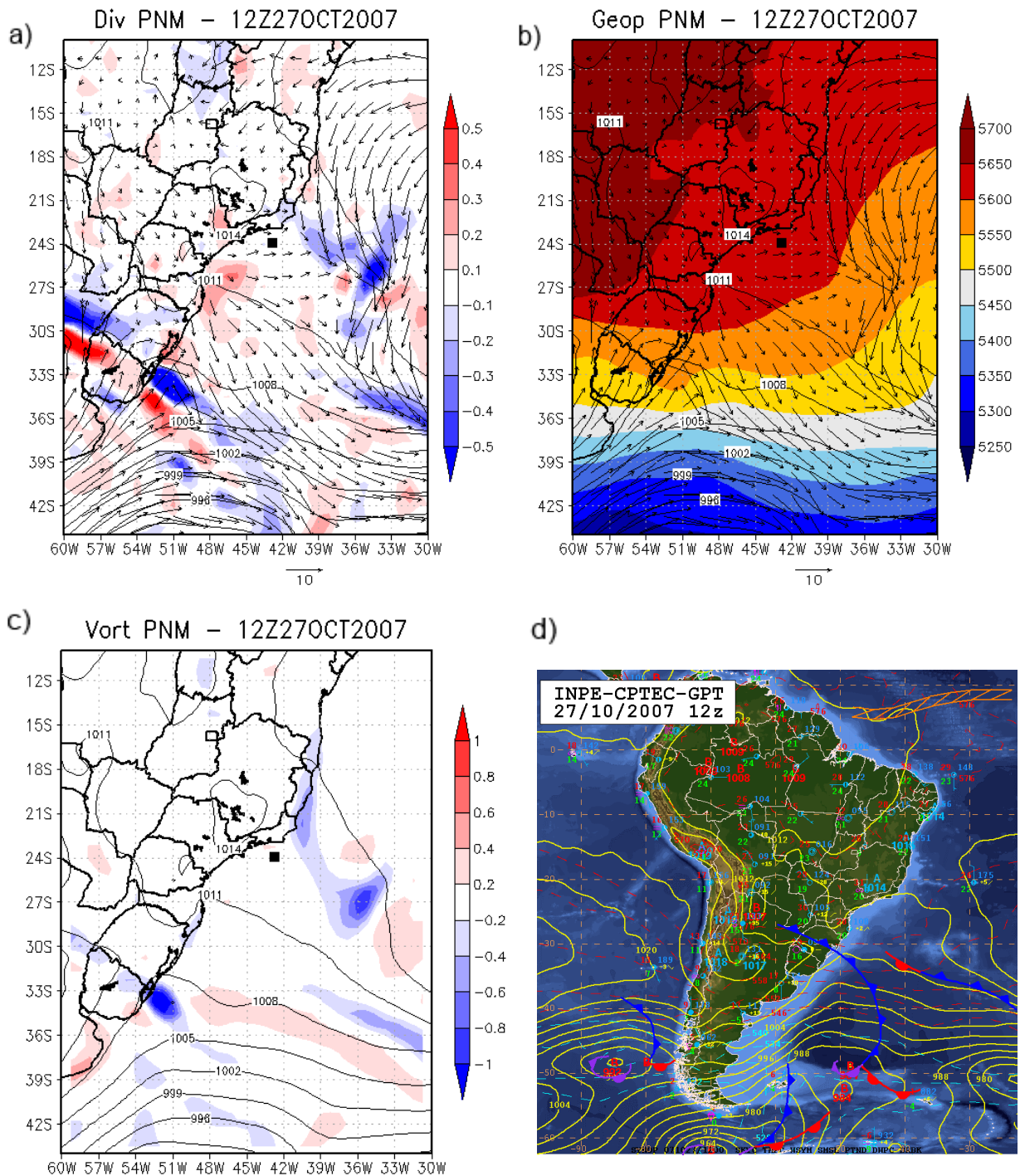
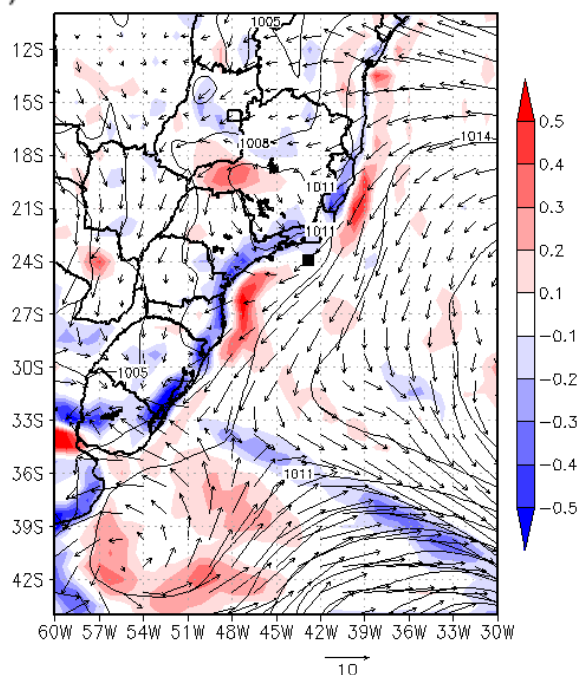
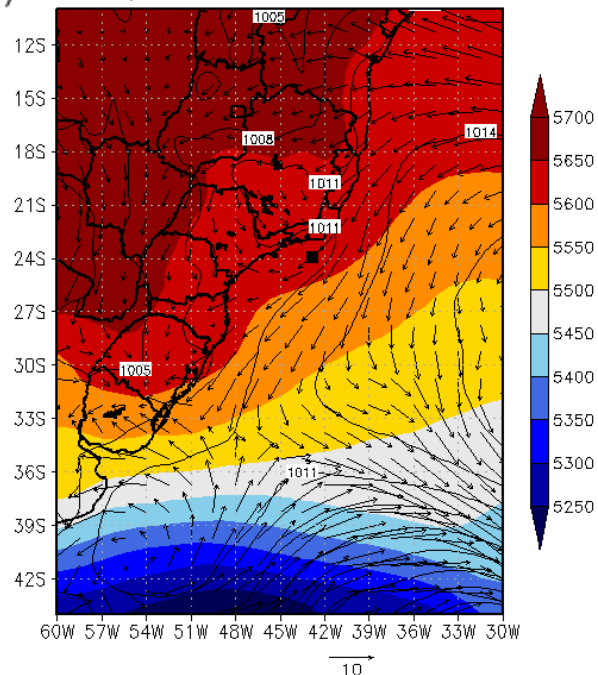


Figura B.10: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 100 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 27 de Outubro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

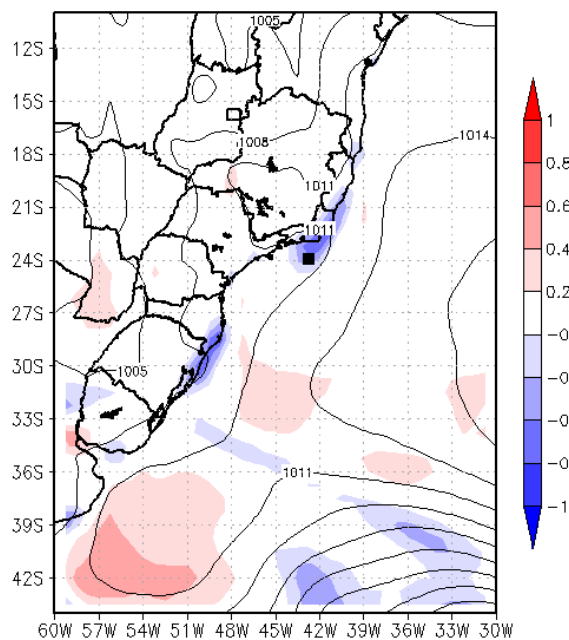
a) Div PNM – 18Z08NOV2007



b) Geop PNM – 18Z08NOV2007



c) Vort PNM – 18Z08NOV2007



d)

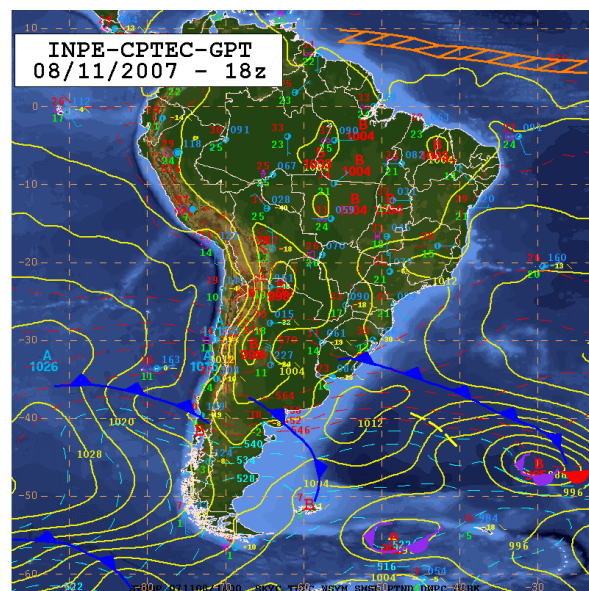


Figura B.11: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 100 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 08 de Novembro às 18Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

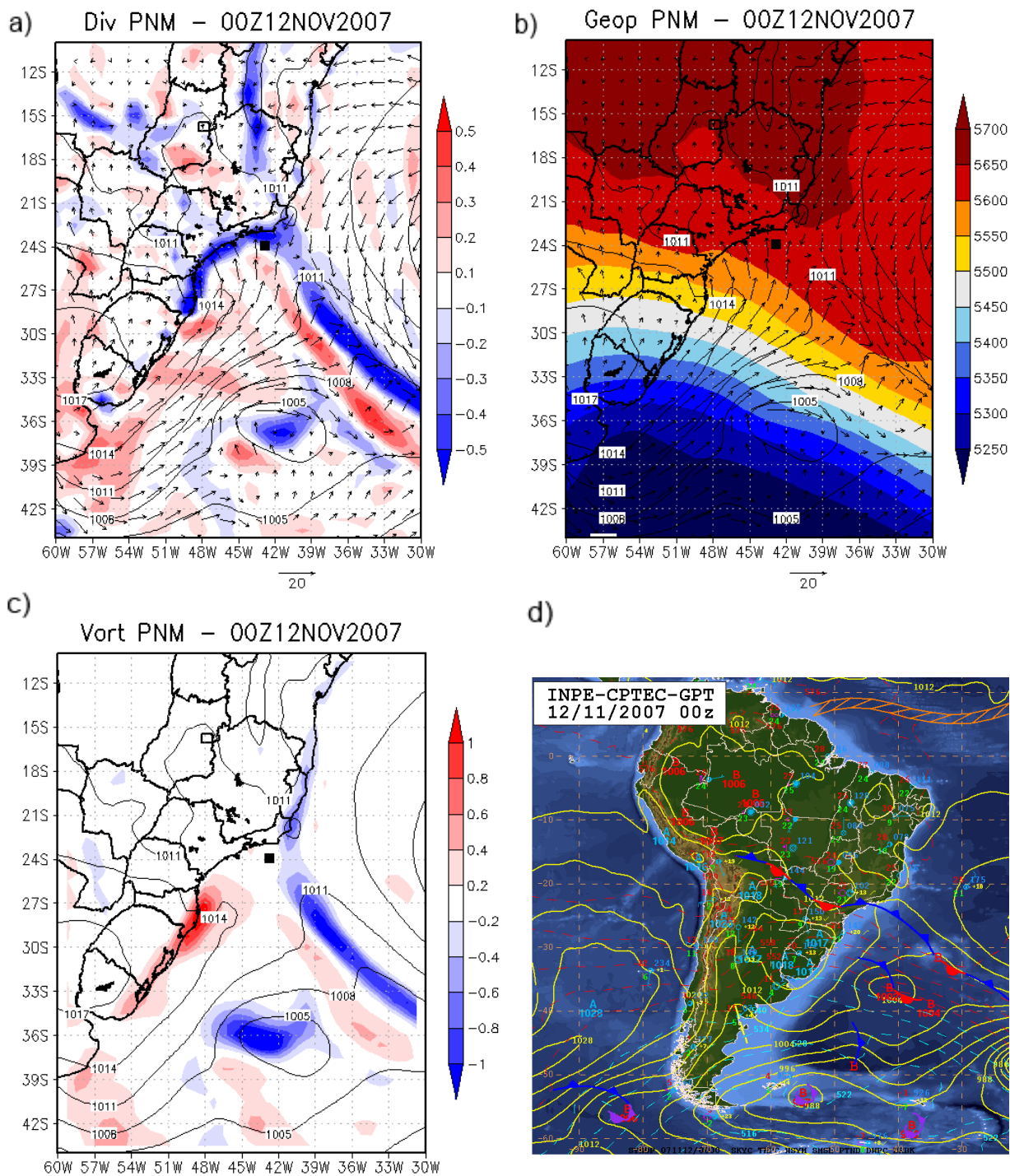


Figura B.12: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 100 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 12 de Novembro às 00Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

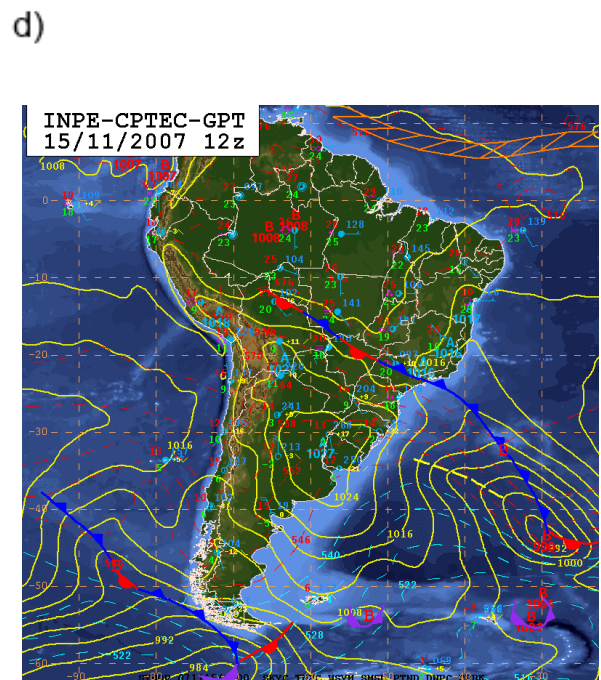
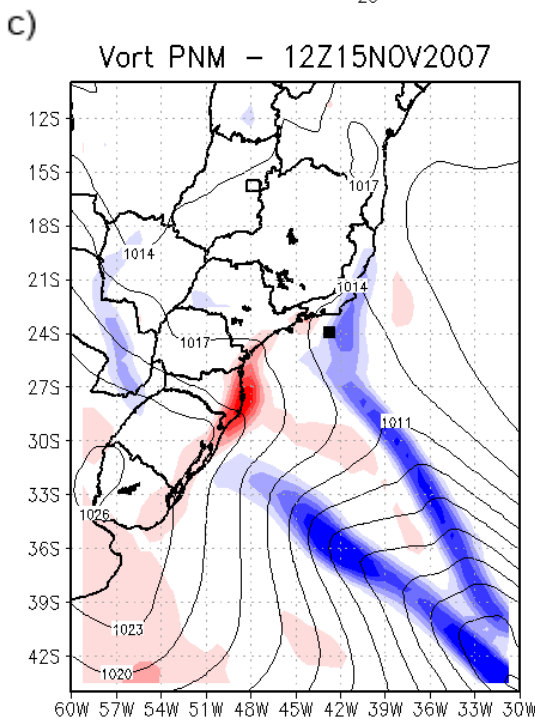
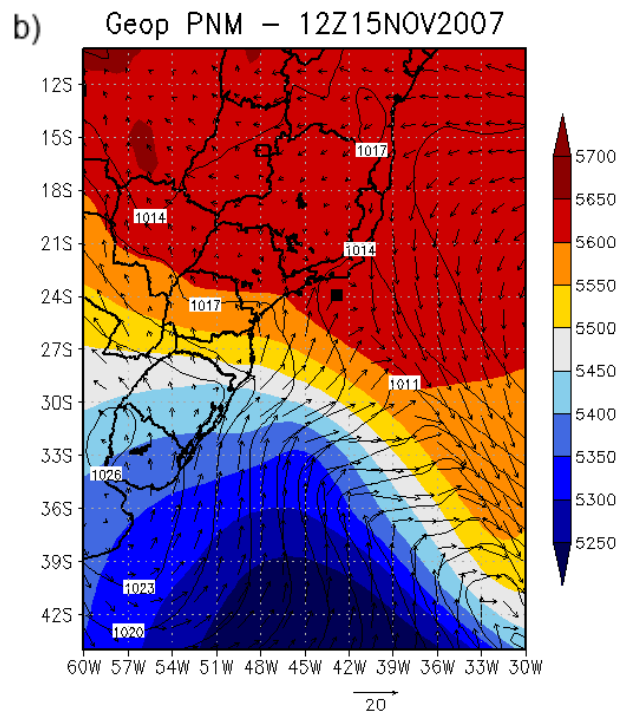
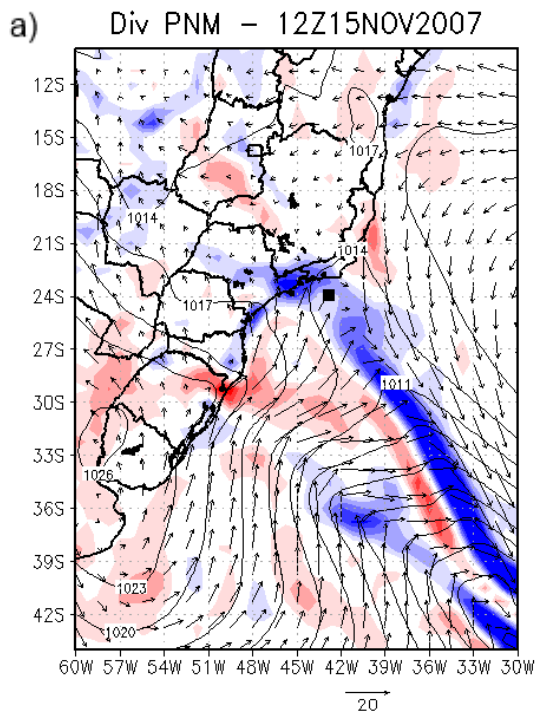


Figura B.13: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 100 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 15 de Novembro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.

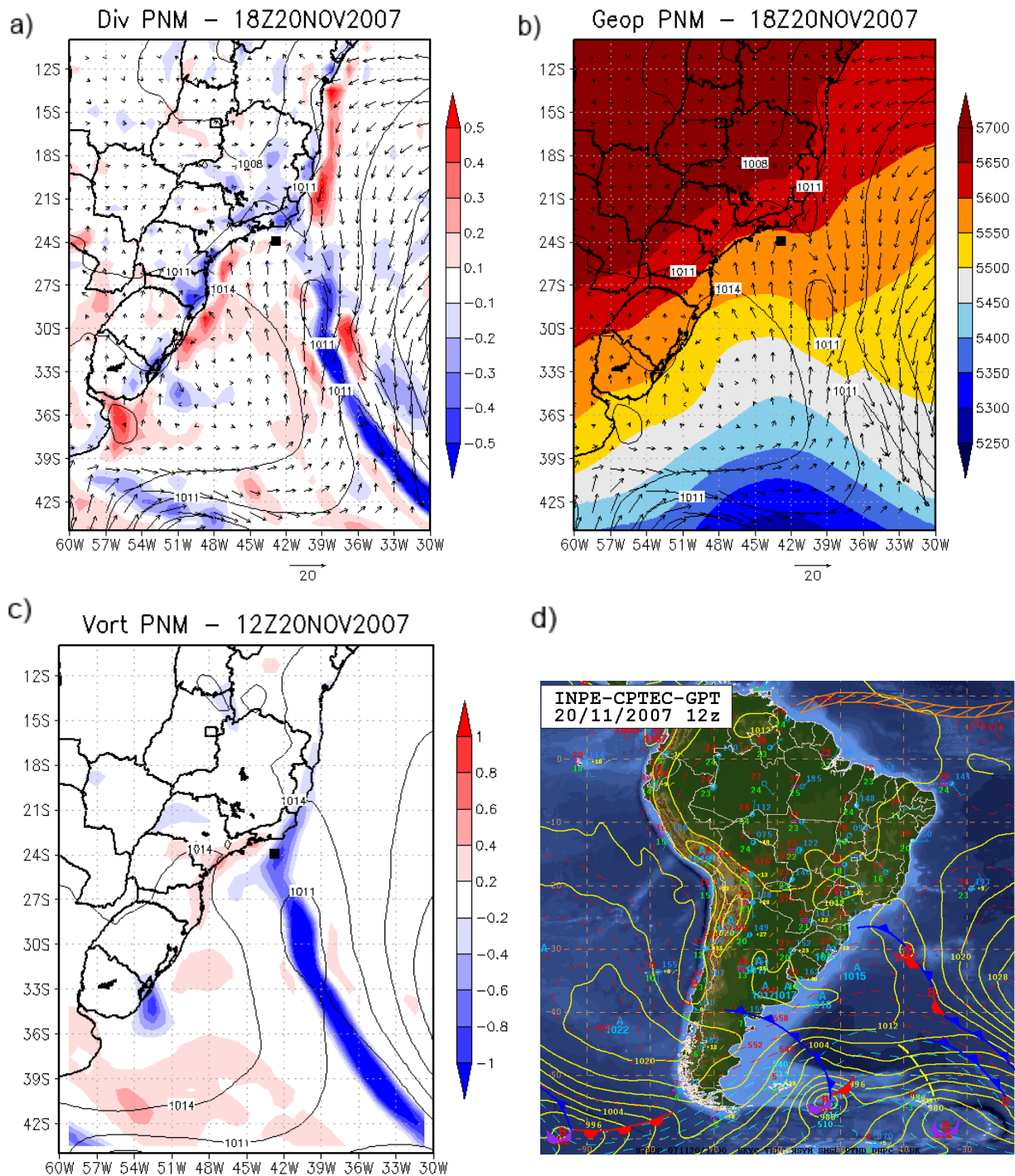


Figura B.14: a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 100 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) vorticidade (S^{-1}) em 1000hPa e linhas de PNM; d) Carta sinótica do GPT/CPTEC. Para o dia 20 de Novembro às 12Z. Marcação em preto indica a posição da estação meteorológica.