



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/08.20.17.56-TDI

IMPACTOS DA CHUVA NA OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTO DE TERRA E INUNDAÇÕES NO ESTADO DE SÃO PAULO

Tania Giovanna Caycho Bustamante

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pelos Drs. Carlos Frederico de Angelis, e Regina Célia dos Santos Alvalá, aprovada em 01 de julho de 2010.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/384U6C5>>

INPE
São José dos Campos
2010

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 INTELECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**Presidente:**

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

Membros:

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

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

Dr^a Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

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

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

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

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

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

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:

Vivêca Sant'Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/08.20.17.56-TDI

IMPACTOS DA CHUVA NA OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTO DE TERRA E INUNDAÇÕES NO ESTADO DE SÃO PAULO

Tania Giovanna Caycho Bustamante

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pelos Drs. Carlos Frederico de Angelis, e Regina Célia dos Santos Alvalá, aprovada em 01 de julho de 2010.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/384U6C5>>

INPE
São José dos Campos
2010

Caycho Bustamante, Tania Giovanna.
C318i Impactos da chuva na ocorrência de deslizamento de terra e
inundações no Estado de São Paulo / Tania Giovanna Caycho
Bustamante. – São José dos Campos : INPE, 2010.
xxiv+106 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/08.20.17.56-TDI)

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional
de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

Orientadores : Drs. Carlos Frederico de Angelis, e Regina Célia
dos Santos Alvalá.

1. Chuva. 2. Inundação. 3. Deslizamento. 4. Validação.
5. Sensoriamento Remoto. 6. Modelagem. 7. Sistemas Sinóticos.
I.Título.

CDU 5551.577 (815.6)

Copyright © 2010 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2010 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

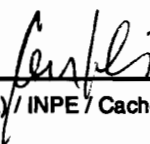
**Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em
Meteorologia**

Dr. Marcelo Enrique Seluchi



Presidente / INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dr. Carlos Frederico de Angelis



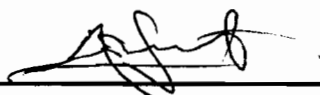
Orientador(a) / INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dra. Regina Célia dos Santos Alvalá



Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Reinaldo Bomfim da Silveira



Convidado(a) / SIMEPAR/UFPR / Curitiba - PR

Aluno (a): Tania Giovanna Caycho Bustamante

São José dos Campos, 01 de julho de 2010

A natureza nunca quebra suas próprias leis.
Leonardo da Vinci(1452 - 1519)

Uma vida não é importante, a não ser pelo impacto que causa em outras vidas.
Leonardo da Vinci (1452 - 1519)

A minha família, principalmente meus queridos pais José Enrique e Maura, e meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente nos bons e maus momentos da minha vida, te dou graças Deus e te dedico todas minhas vitórias.

A minha família, por todo seu apoio, dedicação, amor e carinho.

Aos meus orientadores, Dra Regina Célia dos Santos Alvalá e Dr. Carlos Frederico de Angelis pelo exemplo, pela orientação e pela confiança a mim dada para o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro desta pesquisa.

Aos membros da Banca examinadora da proposta e dissertação final, aos doutores Dr. Marcelo Enrique Seluchi, Dr. Reinaldo Bomfim da Silveira, Dr. Luiz Augusto Toledo de Machado, Julio Pablo Reyes pelos valiosos conselhos e críticas expressos para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Billy Berino Quispe pela força, apoio e carinho em muitos momentos de minha vida.

Aos amigos do Curso de Pós-Graduação do INPE, em especial a Dayana Castilho, Paulo Kubota, Solange Aragão, Rita Micheline, Carlos Gisley, pelo excelente convívio, amizade sincera e apoio incondicional durante este tempo e a todas as pessoas que ajudaram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

Aos meus amigos Rosio Camayo, Enver Ramirez, Maria Valverde, pela sua amizade, apoio e alegria.

À Simone, Vanesa, Fabiana, Lílían e ao César que sempre estiveram dispostos a ajudar.

À Isabelly Costa, Simone Sievert, Luciana Rossato, Alexandra Lima, Enrique Mattos, Florian, Adna e à equipe da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) pela sua amizade, apoio e fornecimento de dados.

Ao Dr. Gustavo Escobar, Monica Lima e à equipe da Previsão do Tempo do CPTEC/INPE pelo apoio, amizade e conselhos.

À Ângela Harada, Vanessa Canavesi e à equipe do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) pelo apoio, amizade.

À equipe do Banco de Dados do CPTEC/INPE e à Defesa Civil do Estado de São Paulo pelo fornecimento dos dados para a realização deste trabalho

RESUMO

Neste trabalho foi estudada a ocorrência de desastres do tipo deslizamentos e inundações associadas a eventos de precipitação no estado de São Paulo-Brasil, durante os períodos de verão de 2004 a 2008. Os dados de desastres foram coletados junto à Defesa Civil do Estado de São Paulo. O número total de vítimas foi de 48.433, das quais 144 foram casos de feridos, 96 óbitos, 13.447 casos de desabrigados pico, 2.891 casos de desabrigados atual e 31.855 de desalojados. O maior número de feridos foi catalogado na região metropolitana de São Paulo; no Vale do Ribeira foram encontrados os maiores valores de desabrigados pico e desalojados; em Campinas os maiores valores de desabrigados atual; nos municípios do interior ocorreram os maiores casos de óbitos e de inundações; e o Vale do Paraíba apresentou os maiores casos de deslizamentos. Os casos de precipitação, associados à ocorrência de deslizamentos e inundações, foram estudados através das anomalias dos campos, utilizando os Reanálises II do NCEP. As situações, escolhidas a partir de informação da Defesa Civil, mostraram que a maioria dos padrões sinóticos esteve relacionada com a atuação de Zona de Convergência do Atlântico Sul ou com a passagem de frentes frias pelo Estado de São Paulo. Os campos médios resultante da composição dos casos foram comparados com a climatologia desses sistemas, obtidos com ajuda da revista Climanalise. Os resultados mostraram que tanto as frentes frias quanto as situações de ZCAS relacionadas com as chuvas extremas analisadas, correspondem a sistemas mais intensos que sua climatologia. Isso pode se comprovar, por exemplo, através do contraste térmico, do conteúdo de umidade ou da convergência dos ventos, entre outros fatores. Na média dos casos também foi detectado um índice, de circulação, mais baixo nas latitudes médias, o que poderia vincular as situações escolhidas com a presença de sistemas de bloqueio. Contudo, o padrão de onda detectado para os casos de Zona de Convergência do Atlântico Sul e de passagem de frentes frias foi diferente. Considerando-se precipitações extremas acima de 50 mm, para o caso de deslizamento, as frentes frias são mais intensas que sua climatologia onde a precipitação observada pelo TRMM3B42 tem uma distribuição menos intensa da precipitação no estado de São Paulo; no Hidroestimador e Eta 40 km, a precipitação é mais intensificada e uniforme no estado. Para o caso de inundações, observam-se anomalias de baixa pressão no litoral de São Paulo associadas com um cavado, com predomínio de massas de ar frio e ar úmido sobre SP e oceano adjacente e ventos que convergem no oceano, associadas à precipitação diária do TRMM3B42V6 e o Hidroestimador, que apresentaram precipitações baixas, e os modelos ETA 40 km e ETA 5KM mostraram um padrão uniforme e mais intenso da precipitação. Avaliando os dados Modelo Eta 5km e Eta 40 km, TRMM3B42V6 e Hidroestimador com os dados observados das estações de superfície, os resultados mostraram que os dados subestimam a precipitação durante a ocorrência destes eventos. Avaliando os dados Modelo Eta 5km e Eta 40 km, TRMM3B42V6 e Hidroestimador com os dados observados dos postos pluviométricos convencionais, os resultados mostraram no caso da inundações que todas as fontes subestimam a precipitação, no entanto para os casos de deslizamento o modelo 40 e 5km subestimam; o TRMM3B42V6 e o Hidroestimador superestimam na precipitação.

IMPACTS OF RAIN IN THE OCCURRENCE OF LANDSLIDES AND FLOOD IN THE STATE OF SÃO PAULO - BRAZIL

ABSTRACT

In this work we studied the occurrence of disasters like landslides and flooding associated with precipitation events in São Paulo, Brazil, during the summer seasons from 2004 to 2008. The disaster data were collected by the Civil Defense of the State of São Paulo. The total number of victims was 48433, of which 144 were cases of injuries, 96 deaths, 13447 cases of peak homeless, 2891 cases of actual homeless and 31855 dislodged. The highest number of injured cases was cataloged in the metropolitan region of São Paulo; in the Ribeira Valley, the highest values of peak homeless and displaced was found; in Campinas, the highest values of current homeless; in the counties of interior the highest values of cases of deaths and flood; and the Paraíba Valley experienced the highest values of cases of landslides. In cases of precipitation associated with the occurrence of landslides and floods, the study of anomalies through the fields, using the NCEP Reanalysis II. The situations chosen from information from Civil Defense showed that most of the synoptic patterns were related to the performance of Convergence Zone South Atlantic or the passage of cold fronts by the State of São Paulo. The mean fields arising from the composition of the cases were compared with the climatology of these systems, obtained with the help of the magazine CLIMANÁLISE. The results showed that both cold fronts and the situations SACZ related extreme rainfall analysis, correspond to systems more intense than your climatology. This can be proven, for example, through the thermal contrast, the moisture content or convergence of the winds, among other factors. On average the cases were also shown a lower rate of movement in the middle latitudes, which could relate the situations chosen with the presence of blocking systems. However, the wave pattern detected for the cases of Convergence Zone of the Southern Atlantic and passing cold front was different. Considering rainfalls over 50 mm, for cases of sliding, the cold fronts are more intense than their climatology where precipitation observed by TRMM3B42 has a more mild and scattered rainfall distribution in the state of São Paulo; in hydroestimator and 40 km Eta, precipitation is more intensified and uniform in the state. In the flood case, low pressure anomalies were observed along the coast of São Paulo associated with a trough, with a predominance of masses of cold air and moist air over SP and the adjacent ocean and winds which converge on the ocean, associated to daily precipitation from the TRMM3B42V6 and the hydroestimator, that presented low rainfalls, and the models ETA 40-km and ETA 5-km showed a uniform and more intense precipitation standard. Evaluating the data Model Eta 5km and Eta 40 km, TRMM3B42V6 and Hidroestimador with the observed data of conventional raingauge, the results showed that in case of flooding all sources underestimate the precipitation, although for the cases of landslides the model Eta 5-km e 40-km underestimate, and the TRMM3B42V6 Hidroestimador overestimate the precipitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 - Distribuição por continente dos desastres naturais ocorridos no globo (1900-2006). Legenda: IN - Inundação, ES - Escorregamento, TE - Tempestade, SE - Seca, TX - Temperatura Extrema, IF - Incêndio Florestal, VU - Vulcanismo, TR - Terremoto e RE - Ressaca. - 2	
Figura 1. 2- (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil (1900-2006). Legenda: IN - Inundação, ES - Escorregamento, TE - Tempestades, SE - Seca, TX - Temperatura Extrema, IF - Incêndio Florestal e TR – Terremoto; b) Distribuição dos desastres naturais no Brasil (1900-2006). Legenda: Regiões: N - Norte, CO - Centro Oeste, NE - Nordeste, SE - Sudeste, S - Sul..... 3	
Figura 2. 1 - Situação de enchente em um canal de drenagem (a), Inundação de terrenos marginais (b), Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (c), Área de risco de enchente e inundações, associada à ocupação de baixa renda (d). 8	
Figura 2.2- a) Deslizamentos Planares induzidos pela ocupação, b) Perfil esquemático dos deslizamentos planares; c) deslizamento circular ou rotacional, d) perfil esquemático do deslizamento circular ou rotacional; e) deslizamento em cunha ou estruturado, f) perfil esquemático de um deslizamento em cunha ou estruturado. .. 8	
Figura 2. 3 - Tipo de Precipitação 10	
Figura 2. 4 Escala espaço – temporal de fenômenos meteorológicos 11	
Figura 2.5 Sistema frontal desenvolvido. Linhas inteiras: Isóbaras. 12	
Figura 2.6 - Diagrama conceitual dos diferentes caminhos do fluxo de umidade documentado para o período de ZCAS e NZCAS (não ocorrência de ZCAS, ou seja, ocorrência de JBN) que ocorreram durante a campanha WETAMC/TRMM3B42-LBA. 14	
Figura 2. 7- Representação esquemática do ciclo de vida de um Sistema Convectivo.. 16	
Figura 2.8 - a) Exemplo de distribuição de 50 camadas no modelo Eta, b) Grade E de Arakawa.c) Seção vertical idealizada da topografia do modelo..... 18	
Figura 2.9- Relação entre a taxa de precipitação obtida por radar e a temperatura de brilho do canal 4. 22	
Figura 3. 1 – Mapa do Estado de São Paulo com as Sub-Regiões monitoradas pela Defesa Civil 25	
Figura 3. 2 Representação gráfica dos pesos da estimativa sobre uma grade de 2 x 2..... 32	
Figura 4. 1 a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE - desalojados 39	
Figura 4. 2- (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE - desalojados 40	
Figura 4. 3 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE – desalojados 41	
Figura 4. 4 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE -	

Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE – desalojados	42
Figura 4. 5 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE – desalojados	43
Figura 4. 6 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE – desalojados	44
Figura 4. 7 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE – desalojados	45
Figura 4. 8 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE - desalojados	46
Figura 4. 9 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE - desalojados	47
Figura 4. 10 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE - desalojados	48
Figura 4. 11 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE - desalojados	49
Figura 4. 12 – Acumulado dos tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (verões de 2004 a 2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE – Vendavais.....	50
Figura 4. 13 – Porcentagem de vítimas relacionada a os desastres Naturais para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados pico, DA desabrigado atual, DE – desalojados.	51
Figura 4. 14 – Porcentagem de vítimas e Desastres Naturais com relação os Municípios atingidos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: Sub-regiões: ABCD- Grande São Paulo, SP - Região metropolitana de São Paulo, GRU – Guarulhos, OSA- Osasco , VRIB - Vale do Ribeira, LIN - Serra do Mar-Litoral Norte , LIS - Serra do Mar - Baixada_Santista VPSM - Vale do Paraíba -Serra da Mantiqueira , SORO – Sorocaba, CAMP – Campinas, INT – Interior.	52

Figura 4. 15 — Mostra o mapa da distribuição espacial das estações selecionadas para o presente estudo.	54
Figura 4. 16 – Análise estática das PCDs (Estimativa de BIAS x PCDS)	55
Figura 4. 17– Análise estática das PCDS (Estimativa Do Erro Médio Quadrático X PCDS).....	56
Figura 4. 18 - Estimativas de Precipitação a) Pluviômetro x Eta 5km , b)Pluviômetro x Eta 40km durante a ocorrência de inundações	60
Figura 4. 19 – a) Pluviômetro x TRMM3B42v6, b)Pluviômetro x Hidroestimador, durante a ocorrência de inundações.....	61
Figura 4. 20– Estimativas de Precipitação a) Pluviômetro x Eta 5km , b)Pluviômetro x Eta 40km durante a ocorrência de deslizamento.	62
Figura 4. 21 – a) Pluviômetro x TRMM3B42v6, b)Pluviômetro x Hidroestimador, durante a ocorrência de deslizamento.....	63
Figura 5. 1 - Áreas da ocorrência de deslizamento e inundação durante a atuação da ZCAS e penetração das Frentes.....	66
Figura 5. 2 - Anomalias de altura geopotencial 1000 hPa (sombreado) e espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações das frentes caso 1.1(a) e caso1.2(b) e ZCAS no caso 2 durante a ocorrência de deslizamento.	69
Figura 5. 3 - Anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações de frentes para caso 1.1(a) , caso1.2(b) e ZCAS o caso 2 (c) na ocorrência de deslizamento.	70
Figura 5.4 - Anomalias das linhas de corrente e magnitude do campo de vento(sombreado) em 200 hPa correspondentes às situações de frentes na caso 1.1 (a) , caso 1.2(b) e às atuação da ZCAS no caso2 (c) durante a ocorrência de deslizamento.	71
Figura 5. 5 - Anomalias de ROL na área 2 (a), área 3 (b), correspondentes às situações de frentes e anomalias de ROL na área 1 (c) correspondentes à atuação da ZCAS durante a ocorrência de deslizamento.....	72
Figura 5. 6 - Anomalias de altura geopotencial 1000 hPa e espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações das ZCAS no caso 3(a) e as frentes caso 4.1(b) e caso4.2(c) e durante a ocorrência de inundações.	74
Figura 5. 7 - Anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações de ZCAS para caso 3(a) e atuação das frentes nos caso4.1(b) e caso 4.2 (c) na ocorrência de inundações.....	75
Figura 5. 8 - Anomalias das linhas de corrente e magnitude do campo de vento em 200 hPa correspondentes às situações de ZCAS na Área1 (a) correspondentes às atuações das frentes na Área2 (b) a Área3 (c) durante a ocorrência de inundação.	76
Figura 5. 9 - - Anomalias de ROL na área 1 (a) correspondentes à atuação da ZCAS e anomalias de ROL na Área 2 (b) e área 3 (c) correspondentes à atuação das frentes durante a ocorrência de inundação.	77
Figura 6. 1 - Anomalias de pressão ao nível médio do mar (sombreado) e de espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações ZCAS na ocorrência de deslizamento	79
Figura 6. 2 - Anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações ZCAS (direita) na ocorrência de deslizamento.....	80
Figura 6. 3 - Anomalias das linhas de corrente e magnitude do campo de vento em 200 hPa correspondentes às da ZCAS no caso1 durante a ocorrência de deslizamento.	80

Figura 6. 4 - Anomalias de ROL na zona 2 correspondentes à atuação da ZCAS durante a ocorrência de deslizamento.....	81
Figura 6. 5 - Anomalias de pressão ao nível médio do mar (sombreado) e de espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações de frentes (direita) e ZCAS (esquerda) na ocorrência de inundação.	82
Figura 6. 6 - Anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações de frentes (direita) e ZCAS (esquerda) na ocorrência de inundação.	82
Figura 6. 7 - Anomalias das linhas de corrente e magnitude do campo de vento em 200 hPa correspondentes às situações de ZCAS na zona 1 (a) correspondentes às atuações das frentes na zona 2 (b) a zona 3 (c) durante a ocorrência de inundação.	83
Figura 6. 8 - Anomalias de ROL na zona 1 (a) correspondentes à atuação da ZCAS e anomalias de ROL na zona 2 (b) correspondentes à atuação das frentes durante a ocorrência de inundação.	83
Figura 7. 1 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 19/JAN/2005, para o caso 1.	85
Figura 7. 2– Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 21/JAN/2005 para o caso 4.	86
Figura 7. 3 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 15/DEZ/2006 para o caso 4.	87
Figura 7. 4 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 02/JAN/2007 para o caso 4.....	88
Figura 7. 5 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 12/DEZ/2007 para o caso 5.	89
Figura 7. 6 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 26/JAN/2005 para o caso 5.....	90
Figura 7. 7 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 18/JAN/2005....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1- Principais características dos canais espectrais no satélite GOES -12.....	20
Tabela 3. 1- Principais tipos de observações.....	27
Tabela 3. 2- Estações Meteorológicas do Estado de São Paulo	28
Tabela 3. 3 - Intensidade da precipitação acumulado em 24 horas	29
Tabela 4. 1 - Municípios e Regiões do Estado de São Paulo atingidos por desastres naturais nos verões de 2004 a 2008 e respectivos número de vítimas com relação aos municípios atingidos no estado.....	38
Tabela 4. 2 -Estações pluviométricas relacionadas com as ocorrências de deslizamentos e Inundação localizada em diferentes municípios do Estado de São Paulo..	
Tabela 4. 3 -Estimativas de precipitação diária durante os verões de 2004 até 2008 durante a ocorrência de deslizamentos e inundações associados a suas vítimas nas diferentes municípios do Estado de São Paulo.	58

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

CERES - Sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens
CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DSA - Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais
EM-DAT– Emergency Events Database
GR - Ground Radar
GOES - Geostationary Operational Environmental Satellite
GPS - Global Positioning System
GV - Ground Validation
HDF - Hierarchical Data Format
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIS - sensor para imageamento de relâmpagos
NASA - National Aeronautics and Space Administration
NOAA/NESDIS - National Oceanic and Atmospheric Administration/National
Environmental Satellite Data and Information Service
ONGs - Organizações Não-Governamentais
PR - Radar de precipitação
SF – Sistemas Frontais
SCM – Sistemas convectivos de Mesoescala
TMI - Imageador de microondas
VIRS - Radiômetro no visível e no infravermelho
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

Pág.

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo Principal	6
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Desastres naturais.....	7
2.1.1 Enchentes e deslizamentos de terras	7
2.2 A precipitação vinculada com os desastres naturais de tipo escorregamentos, inundações	9
2.2.1 Precipitação	9
2.3 Variabilidades espacial e temporal da precipitação	11
2.4 Precipitação relacionada a eventos sinóticos no estado de São Paulo - Brasil..	12
2.4.1 Os sistemas frontais	12
2.4.2 A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	13
2.4.3 Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM).....	15
2.5 Estimativas e medidas da precipitação	16
2.5.1 O modelo Eta.....	16
2.5.2 Instrumentos meteorológicos.....	20
2.5.3 O Satélite GOES	20
2.5.4 O Hidroestimador.....	21
2.5.5 O Satélite TRMM 3B42v6.....	23
3 DADOS E METODOLOGIA	25
3.1 Área de estudo.....	25
3.2 Dados	26
3.3 Metodologia:	29
3.3.1 Identificação da ocorrência de desastres naturais.....	29
3.3.2 Processamento, inter-comparação e análise dos dados de precipitação.....	29
3.3.3 Associação dos escorregamentos e inundações com a precipitação	31
3.3.4 - Identificação da precipitação durante a ocorrência de deslizamento e inundações e sua associação com os sistemas sinóticos	33
4 RESULTADOS	35
4.1 Análises de ocorrências de deslizamentos e inundações no estado de São Paulo.	35

4.2 Processamento, inter-comparação e análise dos dados de Precipitação	53
4.3 Relação entre precipitação e os casos de inundação e deslizamento.....	57
5. Identificação da precipitação durante a ocorrência de deslizamento e inundação e sua associação com os sistemas sinóticos	65
5.1 Análise dos casos de Deslizamento / Frentes na área 2, Deslizamento / Frentes na área 3 e Deslizamento / ZCAS na área 1.	68
5.2 Análise de casos Inundação / ZCAS na área 1, Inundação / Frentes na área 2 e Inundação / Frentes na área 3.	73
6. Identificação da precipitação extrema durante a ocorrência de deslizamento e inundação e a sua associação com os sistemas sinóticos	78
6.1 Análise do Deslizamento / ZCAS	79
6.2 Análise da inundação / ZCAS e inundação / frentes	81
6.3 Comparação da precipitação estimada por diferentes fontes de dados para os principais casos de eventos extremos.	84
7. CONCLUSÕES.....	93
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	97
GLOSSÁRIO DE DEFESA CIVIL	105

1 - INTRODUÇÃO

O início do século XXI está sendo marcado pelo número elevado de desastres naturais associados a chuvas torrenciais e inundações. Esses eventos provocam grandes perdas sociais, econômicas e ambientais no mundo todo e, com maior intensidade, nos países pobres e/ou em desenvolvimento. Os desastres naturais podem ser conceituados, de forma simplificada, como o resultado do impacto de um fenômeno natural extremo ou intenso sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excedem a capacidade dos afetados em conviver com o impacto (TOBIN et al., 1997; UNDP, 2004; MARCELINO, 2008).

De acordo com as normativas da Política Nacional de Defesa Civil, existem três tipos de desastres: naturais, humanos e mistos (CASTRO, 1998). Nessa abordagem, a diferença está basicamente no nível de intervenção humana. Entretanto, se for considerado somente este critério, a grande maioria dos desastres conhecidos como naturais seria de fato desastres mistos. Após a contabilização dos danos decorrentes do tsunami ocorrido em 2004 na Ásia, realizou-se em Kobe, Hyogo, no Japão, em janeiro de 2005, a Conferência Mundial sobre a Redução de Desastres, a qual contou com a participação de representantes de 164 Estados Membros das Nações Unidas. Nesta Conferência foram adotados a Declaração de Hyogo (UNWCDR, 2005) e o Programa de Ação 2005-2015, que focou “Construir a Resiliência das Nações e das Comunidades aos Desastres” (UNWCDR, 2005a), e dois documentos estratégicos da maior importância, que ressaltaram a necessidade de definição de estratégias para mitigar os efeitos de desastres naturais.

- **Desastres naturais no mundo**

Segundo a Base de Dados Global de Eventos de Emergência (EM-DAT - Emergency Events Database), o número de desastres vem apresentando incrementos constantes a partir do ano de 1975.

De acordo com o EM-DAT (2007), a grande maioria dos desastres (mais de 70%) ocorrem em países em desenvolvimento. Estes dados refletem as próprias condições sócio-econômicas desses países, como o adensamento populacional nas áreas de risco, a falta de planejamento urbano, os baixos investimentos na saúde e educação, entre outros fatores, que aumentam consideravelmente a vulnerabilidade das comunidades expostas aos perigos naturais (ALEXANDER, 1997; AYALA, 2002).

Durante o período 1900-2006, o continente asiático apresentou o maior número de desastres, contabilizando 3.699 registros, seguido pelo continente americano com 2.416 registros (EM-DAT, 2007). Os tipos de desastres que mais ocorreram foram inundações (35%) e tempestades (31%). Portanto, aproximadamente 66% dos desastres naturais ocorridos no mundo estão vinculados às instabilidades atmosféricas severas (EM-DAT, 2007), como ilustrado na Figura 1.1.

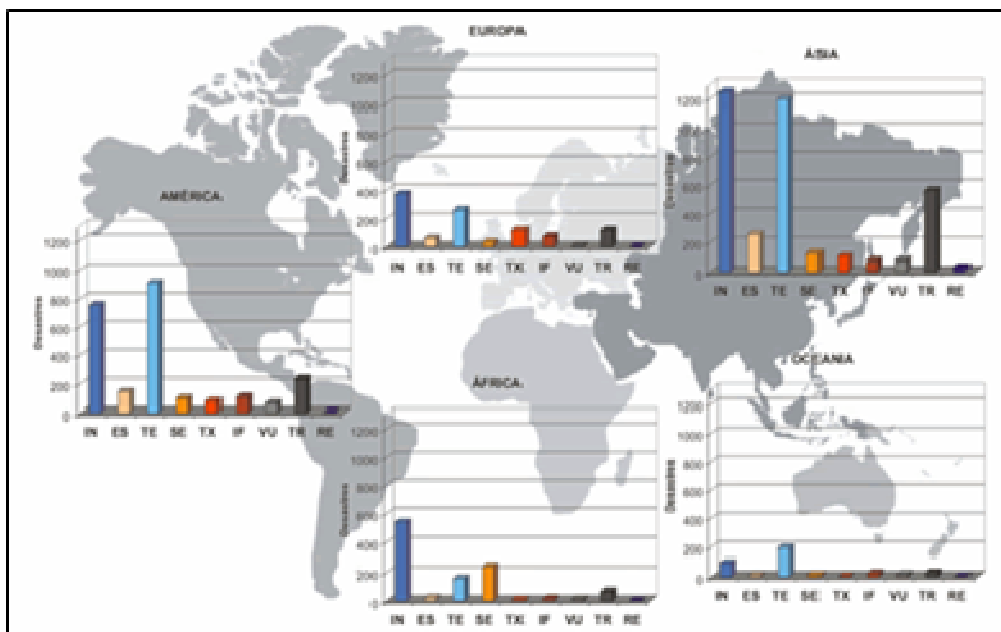


Figura 1. 1 - Distribuição por continente dos desastres naturais ocorridos no globo (1900-2006). Legenda: IN - Inundação, ES - Escorregamento, TE - Tempestade, SE - Seca, TX - Temperatura Extrema, IF - Incêndio Florestal, VU - Vulcanismo, TR - Terremoto e RE - Ressaca. Fonte: Marcelino (2008)

- **Desastres naturais no Brasil**

No Brasil, segundo o EM-DAT (2007), registraram-se 150 desastres durante o período 1900-2006. Como consequência, foram contabilizadas 8.183 vítimas fatais e um prejuízo de aproximadamente 10 bilhões de dólares (MARCELINO, 2008). Os desastres mais freqüentes foram inundações, com aproximadamente 59% dos registros, e escorregamentos (14%), conforme mostrado na (Figura 1.2.a). Com relação à distribuição espacial, mais de 60% dos casos ocorreram nas regiões Sudeste e Sul (Figura 1.2.b). Essa distribuição está mais associada às características geo-ambientais do que às sócio-econômicas

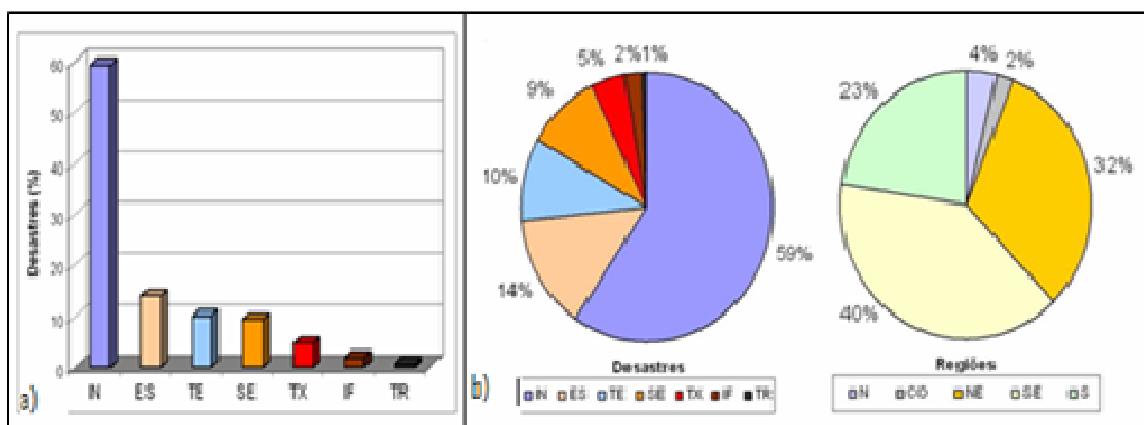


Figura 1. 2- (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil (1900-2006). Legenda: IN - Inundação, ES - Escorregamento, TE - Tempestades, SE - Seca, TX - Temperatura Extrema, IF - Incêndio Florestal e TR - Terremoto; b) Distribuição dos desastres naturais no Brasil (1900-2006). Legenda: Regiões: N - Norte, CO - Centro Oeste, NE - Nordeste, SE - Sudeste, S - Sul.
Fonte: Marcelino (2008)

Os impactos dos desastres naturais nessas regiões são potencializados porque áreas de favelas, bolsões de pobreza e a falta de planejamento urbano estão presentes nas regiões. Aliadas a isso, as freqüentes instabilidades atmosféricas (originadas durante a passagem de frentes frias no verão), a ocorrência de complexos convectivos de mesoescala na primavera e a formação dos sistemas convectivos no verão desencadeiam as chuvas intensas e concentradas nessa região (MONTEIRO et al., 1995; SANTANNA et al., 1995; MARCELINO, 2003).

Os dados mencionados acima estão inclusos no banco EM-DAT, que considera somente os desastres classificados como de grande severidade, que resultam em dezenas de

mortos e centenas de desabrigados, levando geralmente os estados e países a buscarem auxílio externo (MARCELINO et al., 2006; EM-DAT, 2007). Assim, o número de desastres ocorridos no Brasil pode ser bem mais elevado do que os contabilizados no banco EM-DAT. Comparados aos desastres registrados pelo EM-DAT, os desastres níveis III e IV são considerados como desastres de pequeno porte (*small disaster*). No entanto, em virtude de sua elevada frequência, a somatória dos danos e prejuízos pode ser tão intensa quanto os de grande porte (MARCELINO, 2008).

Considerando o grande número de eventos meteorológicos extremos relacionados à ocorrência de desastres naturais no Brasil, como deslizamentos e inundações, fazem-se necessários estudos que possam subsidiar esforços para a mitigação desses desastres. Atualmente o Brasil possui tecnologia de ponta para monitoramento e previsão de tempo e também para desenvolver ferramentas que possam auxiliar os órgãos competentes a antecipar ações que possam mitigar e minimizar os impactos causados por alguns tipos de desastres naturais.

A principal variável envolvida na ocorrência de deslizamentos e inundações é a precipitação e, devido a sua grande variabilidade espacial e temporal, torna-se muito difícil quantificar as intensidades dos eventos de chuva. Considerando a grande extensão do país, só poucas áreas contam com facilidades que podem ser usadas nas tarefas de monitoramento e estimativas de precipitação, como é o caso do Estado do São Paulo. Assim, essa região, a qual é coberta por radares meteorológicos, satélites e pluviômetros, se torna um excelente laboratório para que estudos que visam à mitigação de desastres naturais sejam realizados.

Dentro desse contexto, o presente estudo visou trazer contribuições aos projetos de pesquisa realizados no INPE sobre o tema Desastres Naturais, tais como:

- Estudos da previsibilidade de eventos Meteorológicos de eventos extremos na Serra do Mar (Projeto temático financiado pela FAPESP).
- Tempestades: desenvolvimento de um sistema dinamicamente adaptativo para produção de alertas para a região Sul/ Sudeste (Projeto ADAPT, financiado pela FINEP).

Dentro do projeto Serra do Mar mencionado, o trabalho realizado fez parte dos sub-projetos “Desenvolvimento de um sistema semi-automático de previsões e informações hidrometeorológicas e ambientais em apoio ao gerenciamento de risco de desastres naturais na Serra do Mar” e do projeto ADAPT, sub -projeto “Interface: sistema de integração de informações hidrometeorológicas e ambientais em apoio ao gerenciamento de riscos de desastres Naturais decorrentes”. Além disso, esta pesquisa poderá ser de grande valor para auxiliar os tomadores de decisão na difícil tarefa de gerenciar os danos e prejuízos causados pela ocorrência de deslizamentos.

1.1 Objetivo Principal

O objetivo principal desse trabalho é verificar os impactos de eventos de precipitação intensa medidos por pluviômetros, e estimados por satélites e modelos numéricos de previsão na ocorrência de desastres naturais do tipo deslizamentos de terra e inundações no Estado de São Paulo.

1.1.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Avaliar e intercomparar os casos de precipitações intensas medidos em diversas escalas temporais com aqueles obtidos pelos modelos meteorológicos regionais Eta 5 km e 40 km, Modelo Hidroestimador, algoritmo NASA 3B42V6 (TRMM), durante a ocorrência de deslizamentos de terra e inundações no período dos verões de 2004 até 2008 (Dez, Jan, Fev, Mar);
- Relacionar a ocorrência de eventos de precipitações extremas com a ocorrência de inundações e deslizamentos;
- Caracterizar os aspectos relevantes associados à circulação atmosférica no Estado de São Paulo com relação à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Frentes Frias causadores de precipitação extrema;
- Avaliar a capacidade do uso dos dados usados nessa pesquisa para a emissão de alerta na ocorrência de deslizamentos e inundações.

O presente estudo está estruturado da seguinte forma: o Capítulo 2 mostra a revisão bibliográfica relacionada com o tema investigado; o Capítulo 3 descreve os dados e a metodologia utilizados para o estudo e, finalmente, o Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos no trabalho.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desastres naturais

Segundo Marcelino (2008), os desastres são classificados com respeito a sua origem, em Naturais e Humanos. Os naturais são aqueles causados pela intervenção direta de um fenômeno natural de grande intensidade como, por exemplo, fortes chuvas (inundação e escorregamentos) e fortes ventos (vendaval, tornado e furação, etc.). Desastres humanos são aqueles causados pelas ações ou omissões humanas, tais como acidentes de trânsito, incêndios industriais, contaminação de rios, rompimento de barragens, etc.

2.1.1 Enchentes e deslizamentos de terras

A *enchente ou cheia* (Figura 2.1.a) é a elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga. A *inundação* (Figura 2.1.b) é o processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio. Na Figura 2.1.c, observam-se, didaticamente, os processos de enchente e inundação. As áreas de risco de enchente e inundação são atribuídas a terrenos marginais e cursos d'água ocupados por assentamentos habitacionais precários sujeitos ao impacto direto de processos de enchentes e inundações, conforme mostrado na Figura 2.1.d.

O termo genérico *escorregamentos ou deslizamentos* engloba uma variedade de tipos de movimentos de massa de solos, rochas ou detritos, gerados pela ação da gravidade, em terrenos inclinados, tendo como fator deflagrador principal a infiltração de água, principalmente das chuvas. Existem diversas classificações nacionais e internacionais relacionadas a deslizamentos. Neste texto será adotada a classificação proposta por Augusto Filho (1992), em que os movimentos de massa relacionados à encostas são agrupados em quatro grandes classes de processos, sendo: Rastejos, Escorregamentos, Quedas e Corridas (Figura 2.2).



Figura 2. 1 - Situação de enchente em um canal de drenagem (a), Inundação de terrenos marginais (b), Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (c), Área de risco de enchente e inundações, associada à ocupação de baixa renda (d).

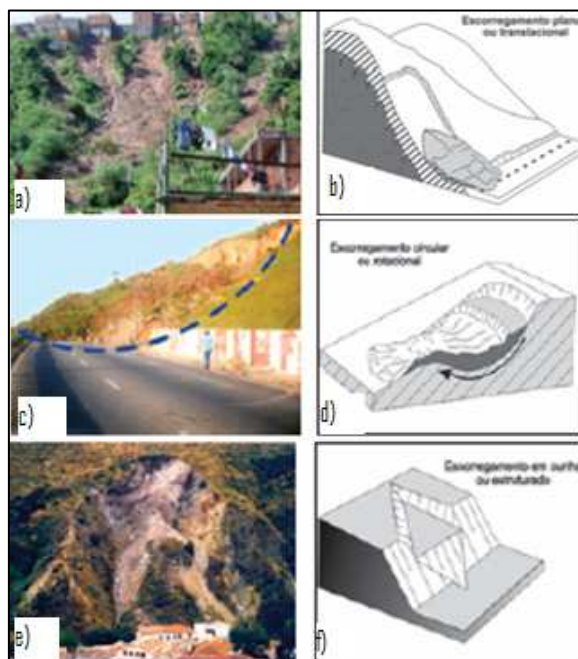


Figura 2. 2- a) Deslizamentos Planares induzidos pela ocupação, b) Perfil esquemático dos deslizamentos planares; c) deslizamento circular ou rotacional, d) perfil esquemático do deslizamento circular ou rotacional; e) deslizamento em cunha ou estruturado, f) perfil esquemático de um deslizamento em cunha ou estruturado.

FONTE: Ministério das Cidades e IPT- 2007

2.2 A precipitação vinculada com os desastres naturais de tipo escorregamentos, inundação

2.2.1 Precipitação

As chuvas do meio tropical úmido podem ser divididas basicamente em convectivas, frontais e orográficas (essa última experimentada como um efeito dinamizador), podendo haver conjugação entre elas. Avaliando as principais gêneses de precipitação, Collischonn (2005) salientou que as chuvas frontais ocorrem quando se encontram duas grandes massas de ar, de diferentes temperaturas e umidades (Figura 2.3). Na frente há o contato entre as duas massas, o ar mais quente (mais leve e, normalmente, mais úmido) é empurrado para cima, onde atinge temperaturas mais baixas, resultando na condensação do vapor. As massas de ar que formam as chuvas frontais têm centenas de quilômetros de extensão e movimentam-se de forma relativamente lenta, conseqüentemente as chuvas frontais caracterizam-se pela longa duração e por atingirem grandes extensões. No Brasil as chuvas frontais são muito freqüentes na região Sul, atingindo também as regiões Sudeste, Centro Oeste e, por vezes, o Nordeste e o Norte.

As Chuvas frontais têm uma intensidade relativamente baixa e uma duração relativamente longa. Em alguns casos as frentes podem ficar estacionárias, e a chuva pode atingir o mesmo local por vários dias seguidos.

As chuvas orográficas ocorrem em regiões em que um grande obstáculo do relevo, como uma cordilheira ou serra muito alta, o qual funciona como um efeito intensificador, impede a passagem de ventos quentes e úmidos, que sopram do mar, obrigando o ar a subir. Em maiores altitudes a umidade do ar se condensa, formando nuvens junto aos picos da serra, onde chove com muita freqüência. As chuvas orográficas ocorrem em muitas regiões do mundo, e no Brasil são especialmente importantes ao longo da Serra do Mar. Alguns autores estudaram essa influência, como Nunes (1990) que considerou essa influência em todo o Estado de São Paulo e Candido (2003), que mostrou a influência no setor que engloba partes da depressão periférica, planaltos atlântico e ocidental paulista.

As *chuvas convectivas* ocorrem pelo aquecimento de massas de ar, relativamente pequenas, que estão em contato direto com a superfície quente dos continentes e oceanos. O aquecimento do ar pode resultar na sua subida para níveis mais altos da atmosfera, onde as baixas temperaturas condensam o vapor, formando nuvens, podendo ou não resultar em chuva. As precipitações convectivas ocorrem de forma concentrada sobre áreas relativamente pequenas. No Brasil há uma predominância de eventos originados por esse tipo de gênese, resultando em chuvas de grande intensidade e de duração relativamente curta. Problemas de inundação em áreas urbanas estão, muitas vezes, relacionados às chuvas convectivas.

Em geral, as chuvas convectivas são mais intensas, rápidas e localizadas, enquanto que as frontais são mais demoradas e se estendem por área maior sendo, por isso, potencialmente mais significativas para a deflagração de escorregamentos, por conjugarem um forte estado de saturação do solo (chuvas contínuas de longa duração) com fenômenos de desenvolvimento instantâneo (picos de chuva de alta intensidade). Mas dependendo da intensidade localizada das chuvas convectivas, eventos podem ocorrer em decorrência dos fatores pré-dispostos ocasionados pela ação antrópica.

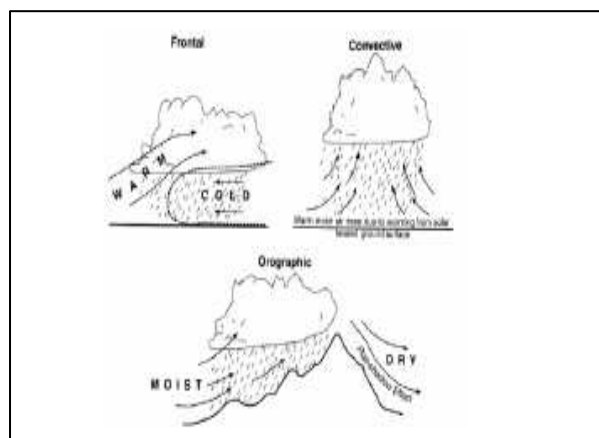


Figura 2. 3 - Tipo de Precipitação
Fonte: Collischonn (2005)

2.3 Variabilidades espacial e temporal da precipitação

Os fenômenos Meteorológicos ocorrem em distintas escalas espaciais e temporais, como pode ser visto na Figura 2.9.

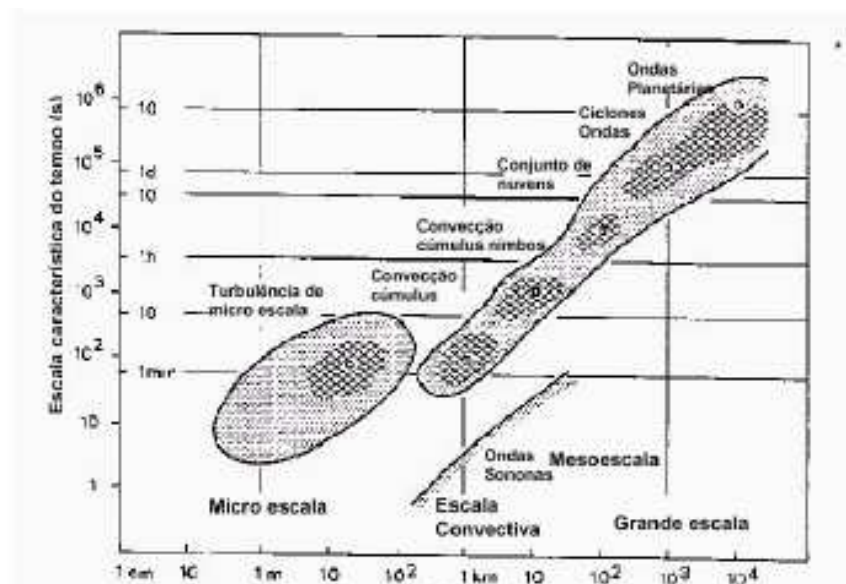


Figura 2. 4 Escala espaço – temporal de fenômenos meteorológicos

Fonte: Aravéquia e Quadro (2003)

Na maioria das pesquisas, há um forte desejo de incorporar fisicamente características espaciais e temporais da chuva dentro dos modelos estocásticos. Modelos de processo pontual têm sido estudados por Foufoula e Guttorp (1987); Entekhabi et al. (1989) e Cowpertwait (1991), que procuraram caracterizar a intermitente estrutura temporal de chuva por meio de tempestades e células de chuva.

A caracterização da estrutura temporal altamente variável da chuva em um único ponto é parte do problema. O escopo da modelagem de chuva, tanto no espaço quanto no tempo, é mais complexo. Embora algum progresso tenha sido feito na formulação de modelos de campo de precipitação (WAYMIRE et al., 1984), o principal obstáculo para a aplicação ser bem sucedida nos modelos é a estimativa de parâmetros (SIVAPALAN et al., 1987). Um complexo modelo de campo de precipitação é introduzido por Mellor e O'Connell (1996), em que a principal característica estrutural da chuva frontal é modelada explicitamente. Estimativas de parâmetros são realizadas tendo em vista as dinâmicas de células de chuva e bandas de chuva nas imagens de

radar. Os algoritmos para estimar parâmetros de células de chuvas e bandas de chuva são descritos por Mellor e Metcalfe (1996), respectivamente. As relações entre variabilidades espaciais de chuva e seus efeitos sobre as bacias têm sido investigadas conduzindo-se experimentos com modelos espaços-temporais de chuva, estocásticos e físicos, através de modelos matemáticos desde o tipo de chuva-vazão até os modelos distribuídos, fisicamente mais complexos (ABBOTT et al., 1986; BATHURST, 1986).

2.4 Precipitação relacionada a eventos sinóticos no estado de São Paulo - Brasil

2.4.1 Os sistemas frontais

Um sistema frontal clássico é composto por uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão em superfície, denominado ciclone (Figura 2.10). Classificados na escala meso (200 - 2000 km) de extensão e duração de dias a semanas (ORLANSKI, 1975), são os responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos registrados na Região Sul do Brasil e mesmo na bacia do Prata (OLIVEIRA, 1986).

Oliveira et al. (2001) definiu a frente como sendo a intersecção da superfície frontal com o nível da superfície, sendo esta intersecção representada nas cartas sinóticas.

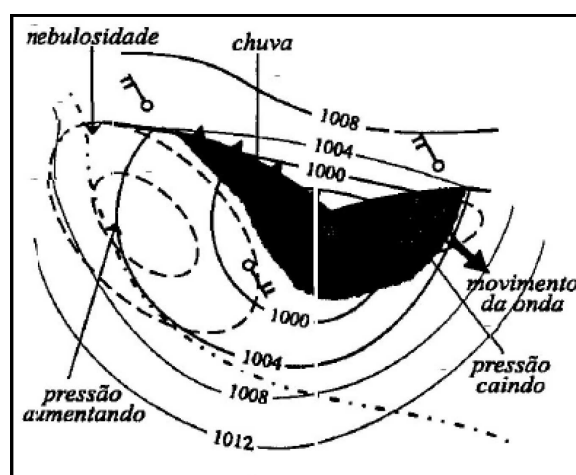


Figura 2. 5 Sistema frontal desenvolvido. Linhas inteiras: Isóbaras.
Fonte: Oliveira et al. (2001).

Sistemas frontais afetam o Brasil durante todo o ano, atuando principalmente sobre as Regiões Sul e Sudeste e algumas vezes atingindo as latitudes mais baixas nas Regiões Centro-Oeste e Nordeste. As Regiões Sul e Sudeste do Brasil são consideradas regiões frontogenéticas, onde os sistemas frontais se formam ou intensificam (Satyamurty e Mattos, 1989). Estes sistemas frontais são fenômenos de escala sinótica, sendo que na maioria das vezes estão associados à ocorrência de precipitações.

2.4.2 A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um sistema atmosférico que se apresenta na imagem de satélite como uma faixa de nebulosidade quase-estacionária. Atuante durante os meses de novembro a março, por períodos que variam de 4 a 20 dias, a ZCAS estende-se desde a região amazônica até o Oceano Atlântico Sul (NW-SE), associada a uma zona de convergência de umidade que se prolonga até a média troposfera (CASARIN et al., 1986; SATYAMURTI et al., 1989; KODAMA, 1992; MARTON, 2000; SANCHES, 2002; CARVALHO et al., 2004). Na região em estudo (Estado de São Paulo) a ZCAS exerce um papel importante no regime pluviométrico local que, em conjunto com a topografia da área, contribui para a ocorrência de deslizamentos e os episódios de enchentes. O posicionamento e intensidade da ZCAS são responsáveis pela alta variabilidade temporal da precipitação durante a estação de verão, sobre grande parte do leste e do Sul do Brasil. Um padrão de dipolo de precipitação é verificado entre as Regiões Sul e Sudeste do Brasil neste período (KOUSKY et al., 1988).

Quando configurada a ZCAS, verifica-se geralmente que este fenômeno está associado também à convergência de umidade em baixos níveis, um cavado semiestacionário, em 500 hPa, a sotavento dos Andes, forte gradiente de temperatura potencial equivalente, em 500 hPa, e uma faixa de vorticidade relativa positiva em 200 hPa, na direção da ZCAS (QUADRO, 1993).

A ZCAS é definida como uma zona de atividade convectiva que se estende da bacia Amazônica até o Oceano Atlântico passando pela Região Sudeste do Brasil (CARVALHO et al., 2002). Sendo assim, existem duas regiões preferenciais de caminhos para o transporte de umidade dos trópicos para os extratrópicos na AS. A

Figura 2.11, obtida de Herdies et al. (2002), exibe esses caminhos preferenciais, sendo o primeiro relacionado à presença e posição da ZCAS (SACZ, em inglês) e o segundo sendo o estreito Jatos de Baixos Níveis (JBN) que fluí ao longo dos Andes.

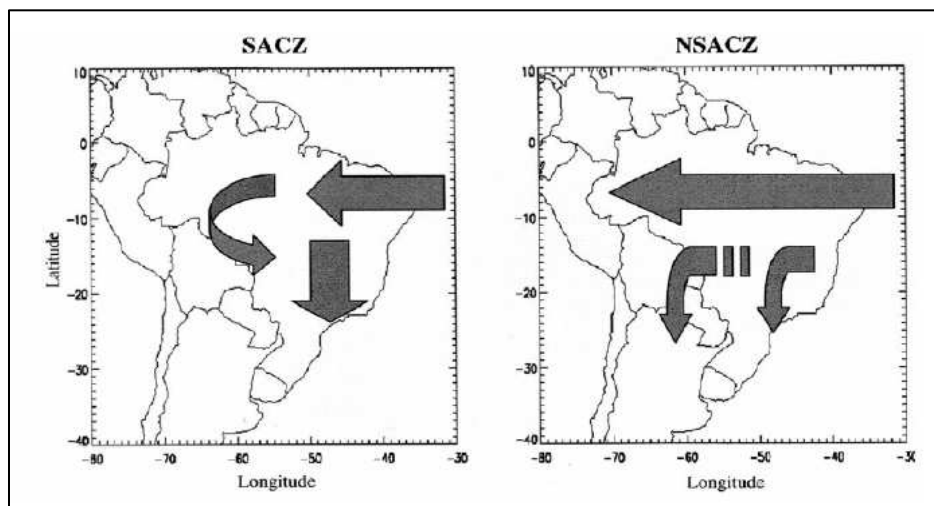


Figura 2. 6- Diagrama conceitual dos diferentes caminhos do fluxo de umidade documentado para o período de ZCAS e NZCAS (não ocorrência de ZCAS, ou seja, ocorrência de JBN) que ocorreram durante a campanha WETAMC/TRMM3B42-LBA.
Fonte: Herdies et al. (2002).

Valverde (2003), que fez uma análise sinótica para o estudo da distribuição da precipitação sobre a região Sudeste, observou que os sistemas frontais (SF) e ZCAS interagindo com os VCANs foram os principais responsáveis pelas chuvas durante o verão. Por outro lado, no inverno, os sistemas frontais, VCANs de latitudes médias, e cavados foram os principais fatores associados à chuva.

Vasconcellos (2008), analisando a climatologia da precipitação para a região Sudeste do Brasil, observou que os resultados indicaram que há uma diminuição da precipitação de verão para o inverno e que as estações estão se apresentando cada vez mais extremas, ou seja, as primaveras e os verões cada vez mais chuvosos; e os outonos e invernos cada vez mais secos. No verão (inverno), a ZCAS (um sistema frontal) atua como principal contribuinte para a precipitação

Seluchi et al., (2009) estudaram os padrões sinóticos associados aos eventos de deslizamentos sobre a Serra do Mar, particularmente durante o período de verão, tendo identificado 33 casos com estas características. Para tal, consideraram uma climatologia

sinótica destes episódios utilizando Reanálises II do NCEP no período de novembro a abril (1995 a 2005), com o objetivo de melhorar a previsão deste tipo de fenômeno. As situações de deslizamentos de terra se deveram fundamentalmente à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul e à passagem de frentes frias. Esses sistemas se diferenciaram da climatologia por serem mais intensos que o normal (no caso das frentes frias) e por estarem ligadas a situações de bloqueio (no caso das ZCAS). Em ambos os casos a divergência no nível de 250 hPa apareceu como uma boa guia para os previsores, com uma antecedência de pelo menos 24 horas.

2.4.3 Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM)

Maddox (1980) define os complexos convectivos de mesoescala (CCM) com base nas suas características físicas. Os CCM são freqüentemente associados com forte precipitação e rajadas de vento, conforme ressaltado em Velasco e Fritsch (1987). Alguns tipos particulares de SCM são as Linhas de Instabilidade (LI) e Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM (COTTON et al., 1989).

Houze (1993) definiu os SCM's como sistemas de nuvens formados por blocos de tempestades, que produz precipitação contínua sobre áreas da ordem de 100 km ou mais na escala horizontal, ou sistemas individuais e em linhas, com períodos de vida de 6 a 12 horas. Estas se dividem em quatro etapas.

Durante sua fase de formação, o sistema surge como um grupo de células isoladas, distribuídas aleatoriamente e alinhadas. Durante seu desenvolvimento, as células isoladas crescem e se fundem, gerando uma região de precipitação com diversos núcleos de precipitação intensa interligados por regiões de precipitação mais fraca. Em sua fase máxima, forma-se uma grande região de precipitação estratiforme a partir de células mais antigas, que persistem enquanto existirem células novas.

Na fase de dissipação a formação de novas células diminui, e o sistema se torna uma larga região de precipitação estratiforme, enfraquecendo-se, restando apenas algumas células convectivas tênues. Um SCM é composto por diversos tipos de nuvens, que variam segundo a fase do ciclo de vida. A Figura 2.12 exemplifica o ciclo de vida médio de um SCM tropical.

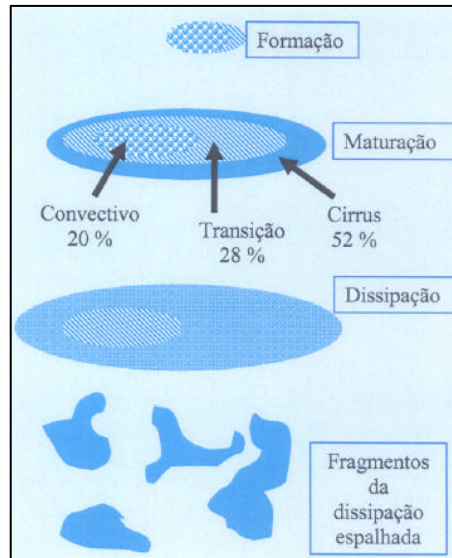


Figura 2. 7- Representação esquemática do ciclo de vida de um Sistema Convectivo.
Fonte: Adaptado de Machado e Rossow (1993).

O monitoramento do crescimento e da velocidade de deslocamento de sistemas convectivos de mesoescala (MACHADO et al., 1998; MACHADO et al., 2004) são responsáveis por chuvas intensas e um conjunto de fenômenos adversos.

2.5 Estimativas e medidas da precipitação

2.5.1 O modelo Eta

O modelo Eta foi desenvolvido pela Universidade de Belgrado, em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia, e se tornou operacional no National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (MESINGER et al., 1988; BLACK, 1994).

A coordenada vertical Eta (η), que dá nome ao modelo, foi definida por Mesinger (1984) para reduzir os erros que ocorrem nos cálculos de variáveis obtidas a partir de derivadas horizontais, tais como a força gradiente de pressão, difusão e advecção horizontal ao longo de topografia íngreme. A coordenada Eta é definida como:

$$\eta = \left(\frac{p - p_T}{p_{sfc} - p_T} \right) \left[\frac{p_{ref}(Z_{sfc}) - p_T}{p_{ref(0)} - p_T} \right] \quad (2.1)$$

em que p_T é a pressão no topo do domínio, p_{sfc} é a pressão à superfície, Z_{sfc} é a altitude à superfície e p_{ref} é a pressão de referência que é função da distância acima do nível do mar (é usada a atmosfera padrão). O primeiro termo do lado direito da Equação 2.1 é a definição padrão da coordenada sigma. O segundo termo é função somente de x e y , e faz a conversão da coordenada sigma em coordenada Eta.

O modelo Eta tem uma estrutura vertical com 50 camadas, conforme mostrado na Figura 2.13a. As pressões no lado esquerdo indicam as posições das camadas com respeito à atmosfera padrão, enquanto que os números do lado direito indicam aproximadamente a profundidade em pressão de cada camada em hPa. O nível mais baixo é de aproximadamente 20 metros de espessura dentro da atmosfera padrão, e as camadas aumentam de espessura gradativamente até a alta troposfera, onde elas começam a reduzir a espessura novamente, resultando em um máximo secundário em resolução próximo à tropopausa. As equações do modelo são discretizadas para a grade E de Arakawa (WINNINGHOFF, 1968; ARAKAWA et al., 1977), a grade E é representada através de um sistema de coordenadas de latitude e longitude que sofreu uma rotação.

O ponto de interseção entre o Equador e o meridiano de 0° transladado coincide com o centro do domínio do modelo. A Figura 2.13b mostra a distribuição dos pontos na grade E, com H representando um ponto de uma variável de massa, como a temperatura ou umidade e cada ponto v representa as componentes horizontais do vento. O espaçamento entre dois pontos de h ou v adjacentes é “ d ”, e a magnitude desta distância define a resolução horizontal do modelo. A topografia é representada por degraus discretos, cujos topos coincidem exatamente com as interfaces das camadas do modelo. A altura de cada degrau é obtida a partir do método de silhueta. Este método procura o valor médio das alturas máximas da topografia dentro de cada quadrado de grade. Uma seção vertical idealizada da topografia do modelo é ilustrada pela Figura 2.13c.

Dentro de cada camada do modelo, t representa uma variável de massa, tal como temperatura e umidade, enquanto que u representa ambas componentes horizontais do vento; p_s é a pressão em superfície. A variável u circulada nos lados dos degraus indica pontos de vento e são definidos como zero.

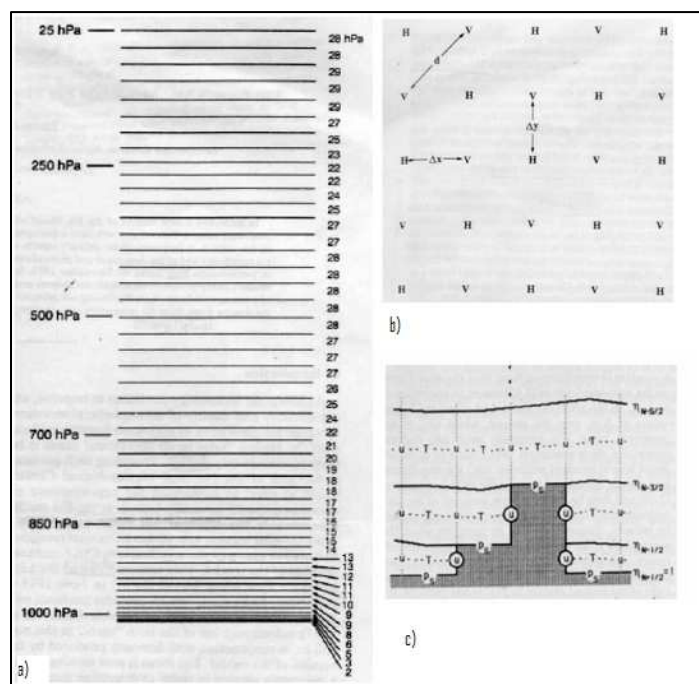


Figura 2. 8 - a) Exemplo de distribuição de 50 camadas no modelo Eta, b) Grade E de Arakawa.c) Seção vertical idealizada da topografia do modelo.
Fonte: Black, (1994).

O modelo Eta hidrostático é governado por um conjunto de equações para movimentos adiabáticos e sem fricção. No caso do modelo Eta, a parametrização de convecção se baseia no esquema de parametrização cumulus proposto por Betts-Miller (BETTS, 1986; BETTS et al , 1986). Nesse esquema, apenas a convecção profunda é responsável pela precipitação. Este tipo de esquema é baseado em um conceito simples de que quando a atmosfera exibe um “lapse-rate” instável, em condições secas, a mistura ocorre espontaneamente e provoca o retorno para um “lapse-rate” neutro; em condições saturadas, ocorre condensação e o estado final é um “lapse-rate” neutro úmido.

No Brasil, o modelo Eta é rodado operacionalmente desde 1996, no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) (CHOU, 1996). O domínio do modelo cobre aproximadamente a região compreendida entre as longitudes de 25°W a 90°W e as latitudes de 12°N a 45°S. O modelo é integrado duas vezes por dia, utilizando condições iniciais das 12:00 UTC e 00:00 UTC. As previsões do modelo Eta se estendem até 120 h (5 dias) e cobrem a maior parte da América do Sul. Estas previsões são fornecidas duas vezes ao dia em uma grade regular com resoluções horizontais de 40 km x 40 km e

20 km x 20 km. As previsões de precipitação ainda apresentam deficiências e precisam ser aprimoradas.

As pesquisas direcionadas para avaliar o desempenho das previsões de precipitação do modelo regional Eta argumentam que os erros nas previsões de precipitação podem estar relacionados com a qualidade das condições iniciais, o problema da topografia (incompatibilidade da topografia espectral do modelo NCEP com a forçante topográfica do modelo Eta) e ao tratamento do modelo físico, através de um melhoramento do esquema de parametrização da convecção (TIPPETT et al., 1999; BUSTAMANTE et al., 1999; CHOU et al., 1999).

Valverde (2003) utilizou uma metodologia que envolveu o uso de *downscaling* estatístico com base nas saídas do modelo Eta, em que as equações prognósticas para previsão pontual sobre a região Sudeste do Brasil foram desenvolvidas utilizando-se redes neurais (RNAs). Os eventos previstos pela RNA com alto desempenho estiveram associados aos sistemas meteorológicos bem organizados (ZCAS e SF), principais responsáveis pelas chuvas durante o verão. Por outro lado, no inverno, a precipitação apresenta maior previsibilidade, porque a forçante sinótica é mais intensa e a convecção é menos prevalente.

Mendes (2006) analisou um evento extremo de chuva sobre a cidade de Angra dos Reis, RJ, através de oito simulações de alta resolução com o modelo Eta, com testes de 10 e 3 km, com o objetivo de identificar os principais mecanismos meteorológicos atuantes neste sistema. Este caso estava associado a um episódio de ZCAS em escala sinótica e com a atuação de nuvens convectivas em mesoescala. Os experimentos com perfil úmido apresentaram melhores resultados em relação àqueles com perfil seco, para a descrição dos padrões de precipitação. O aumento da resolução permitiu que o modelo pudesse simular mais adequadamente a escala de convecção cumulus, proporcionando maior instabilidade convectiva e uma melhor localização das nuvens convectivas. Variáveis, como pressão, temperatura, movimento vertical e umidade, foram usados na descrição temporal das simulações, apresentando maior amplitude quando do aumento da resolução horizontal e indicando resultados mais próximos aos dados de reanálise do NCEP.

Os resultados de um estudo de três casos de chuva intensa sobre a Região Sudeste, dois relacionados a episódios de ZCAS e um a passagem de um sistema frontal mostraram que as previsões do modelo Eta-40 km com 48 h representaram bem várias características da escala sinótica, incluindo o padrão geral da precipitação ao longo do período estudado (GUIMARÃES et al., 2007).

2.5.2 Instrumentos meteorológicos

A intensidade da precipitação é registrada, em termos de medidas, por pluviômetros, embora possuam baixa representatividade espacial, mesmo quando há uma rede densa. Os problemas inerentes à representatividade dos sistemas são maiores sob condições de chuvas de origens convectivas e isoladas, uma vez que a precipitação pode ocorrer em áreas pequenas e com forte intensidade, podendo não ser registradas pelo equipamento (CALVETTI et al, 2003). A magnitude do erro depende intensamente da velocidade do vento, para as características locais, do tipo de precipitação, e da temperatura. O monitoramento da chuva é dificultado em uma variedade de locais, tais como em regiões montanhosas, florestas, e em corpos de água (MAIDMENT, 1993).

2.5.3 O Satélite GOES

OS satélites geoestacionário GOES (“Geostationary Operational Environmental Satellite”) são operados pela NOAA (“National Oceanic and Atmospheric Administration”). Esses satélites geoestacionários encontram-se a cerca de 35.800 km da Terra, em órbita equatorial geossíncrona. O sensor imageador do satélite GOES-12 possui cinco canais, sendo quatro canais infravermelhos e um visível (Tabela 2.1).

Tabela 2. 1- Principais características dos canais espectrais no satélite GOES -12

Canal	Resolução Sub-satélite	Intervalo espectral (μm)	Nomenclatura
1	1 km x 1 km	0,55 – 0,75	Visível (VIS)
2	4 km x 4 km	3,80 – 4,00	Infravermelho próximo (NIR)
3	4 km x 4 km	6,50 – 7,00	Vapor d’água (WV)
4	4 km x 4 km	10,20 – 11,20	Infravermelho Termal – Janela Atmosférica (IV1)
5	4 km x 4 km	12,90 – 13,70	Infravermelho Termal (IV2)

Fonte NASA, 2008

Os sensores de infravermelho medem a energia que é emitida pela superfície terrestre e pela atmosfera e dependem da temperatura das nuvens. A temperatura de brilho é obtida a partir da radiância, considerando a emissividade das nuvens igual a do corpo negro. Quanto mais alta a temperatura, mais brilhante é a cena. No entanto, por convenção, as imagens são mostradas de forma invertida, ou seja, quanto mais baixa a temperatura, mais brilhante é a cena, segundo Henderson (1984).

Os Canais 4 e 5 captam a energia emitida pelo planeta nas chamadas “janelas atmosféricas”. O canal 4 (11 μ m) detecta a radiação vinda das nuvens e da superfície terrestre, com pouca interferência da atmosfera. As vantagens das imagens GOES são: sua resolução temporal (uma a cada meia hora ou quinze minutos atualmente para a América do Sul), a resolução espacial (em torno de 4 km x 4 km) e seu caráter operacional; isto é, a previsão contínua de imagens por um contínuo período de tempo. Essas características são úteis para desenvolver e aplicar métodos de monitoramento destinados a fornecer informações para previsão do impacto de alguns fenômenos meteorológicos e/ou sua avaliação posterior, na escala de horas.

2.5.4 O Hidroestimador

O Hidroestimador é um método inteiramente automático que utiliza uma relação empírica exponencial entre a precipitação (estimada por radar) e a temperatura de brilho do topo das nuvens (extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-12), gerando taxas de precipitação em tempo real (INPE, 2008). Através da tendência de temperatura da nuvem (e informações de textura) é utilizado um ajuste da área coberta pela precipitação. Variáveis, como água precipitável, umidade relativa, orografia e um ajuste do nível de equilíbrio convectivo para eventos de topos quentes (SCOFIELD, 2001) são utilizados para ajustar automaticamente a taxa de precipitação.

O Hidroestimador foi desenvolvido a fim de resolver problemas antes gerados pelo Auto-Estimador, que utilizavam uma curva de tendência de temperatura e não a informação de textura (assumindo precipitação zero para pixels na região de baixa variação espacial sob a posição que estão os cirrus). Assim, o Hidroestimador utiliza diferentes discriminações para o cálculo de áreas de chuva e não chuva e novos ajustes para o efeito da umidade disponível. O modelo de estimativa implementado no

CPTEC/INPE é uma adaptação daquele utilizado pela NOAA/NESDIS (VICENTE et al. 1998 e 2002).

Vicente et al. (1998) desenvolveram uma técnica para estimar precipitação intensa, denominada Autoestimador, utilizando as temperaturas de brilho do infravermelho do canal 4 ($10,7\ \mu\text{m}$) dos satélites GOES-8 e GOES-9 e as convertendo, a partir de uma relação de potência com a taxa de precipitação estimada pelo radar (Figura 2.14).

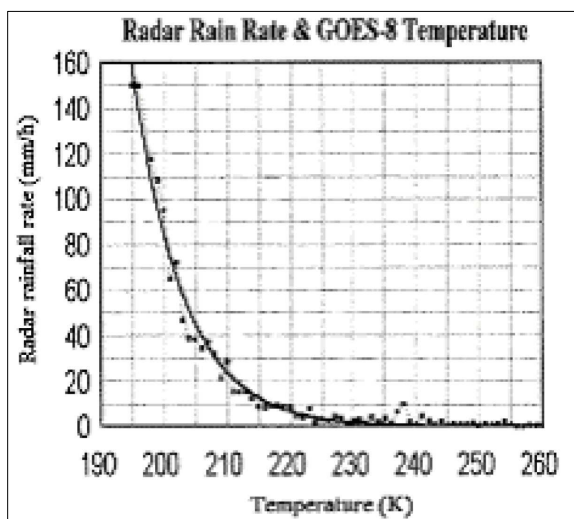


Figura 2. 9- Relação entre a taxa de precipitação obtida por radar e a temperatura de brilho do canal 4.

Fonte: Vicente et al. (1998).

Este modelo passou por várias modificações e, para ser implementado operacionalmente no CPTEC/INPE, foi inteiramente adaptado para as condições e estrutura da precipitação sobre a América do Sul (VILA, 2001).

Os produtos disponibilizados no site do CPTEC/INPE exibem a precipitação estimada a partir da imagem GOES mais recente recebida pelo CPTEC e a precipitação acumulada durante o período entre 12:00 horas do dia anterior e 12:00 horas do dia atual. A ausência de produtos em uma determinada hora ou em um determinado dia é consequência da falta de imagens GOES ou de dados de vento e umidade gerados pelo modelo do CPTEC/INPE. Os detalhes operacionais do Modelo Hidroestimador podem ser visto em Angelis et al., (2004).

2.5.5 O Satélite TRMM 3B42v6.

O produto de precipitação 3B42 **Versão 6** é obtida a partir da Técnica de Análise de precipitação de Multi-satélites (TMPA) (TRMM Multisatellite Precipitation Analysis) (HUFFMAN et al., 1997; HUFFMAN, et al., 2004). Os dados estão dispostos em intervalos regulares de 3 horas com grade de 0,25°, que cobrem a faixa latitudinal de 50° a 50 ° N e longitudinal de 180 ° O a 180 ° E .

Jobard (2001) comparou diversos produtos de estimativa de chuva, incluindo o 3B42, e dados de redes densas de pluviômetros localizados na África.

Valverde (2003) desenvolveu um modelo prognóstico para previsão espacial cujos preditores foram as saídas do modelo de circulação geral T126 e como preditando mapas de chuvas derivados do satélite 3B42/TRMM entre os anos de 1997 até 2003. Para a definição das variáveis preditoras, realizou uma análise sinótica e um estudo da distribuição da precipitação sobre a região Sudeste. Observou-se que os sistemas frontais SF e ZCAS interagindo com VCANs foram os principais responsáveis pelas chuvas durante o verão.

Chokngamwong et al. (2004) compararam os produtos 3B42 e 3B43 com dados de uma rede pluviométrica da Tailândia, com resolução de 1° x 1°, contendo cerca de dois pluviômetros por ponto de malha. Como resultados, encontraram um viés de 4 mm.mês⁻¹ para o 3B43, e de 28 mm.mês⁻¹ para o 3B42, demonstrando que os produtos que utilizam informações de múltiplas fontes (caso do 3B43) representam melhores estimativas.

Nascimento (2008) utilizou as estimativas de precipitação obtidas através de dados de satélites, a partir do algoritmo 3B42, para analisar as taxas de precipitação de diversas formas como, por exemplo, ciclo sazonal e influência de sistemas frontais e sistemas convectivos, durante a atuação de dois tipos de jatos de baixos níveis. Dentre as verificações observadas destacou algumas características, ou seja, foram observadas maiores taxas acumuladas de precipitação relacionadas com o jato do tipo CJE que avançam sobre a latitude de 25°S durante a atuação de sistemas frontais (SF). Enquanto

que para o jatos q não avançam a latitude 25°S Maiores taxas acumuladas de precipitação foram observadas durante a atuação de SC. Analisando a influência direta destes jatos sobre o aporte de umidade e sua relação direta com o comportamento da precipitação, mostrou que a atuação dos jatos CJE e NCJE dos tipos CJE e NCJE que avançam ou não a latitude 25°S é de fundamental importância no transporte de umidade sobre a região da Bacia do Prata.

Vila (2009) avaliou as precipitações diárias das estações automáticas e de satélites sobre América do Sul para o ano 2004, onde para o algoritmo 3B42RT apresenta baixo desempenho devido a que algoritmo não utilizar dados de estação automáticas, enquanto 3B42V6, que inclui apenas os dados mensais GPCC, tende a melhorar todos os parâmetros estatísticos.

Silva (2009) enfatiza a importância da formulação da Função de Disparo de Convecção (FDC) na simulação do ciclo diário de precipitação sobre a Bacia Amazônica. Neste sentido, implementa-se uma nova FDC na parametrização convectiva em uso no modelo regional BRAMS. Sobre a região do experimento TRMM-LBA usando o algoritmo 3B42v6 na região da Rondônia,(SO da Amazônia), a versão original do modelo simula o máximo de precipitação às 1400 UTC (1000 HL). Após a implementação, o máximo simulado ocorre às 1800 UTC (1400 HL), enquanto as observações de um radar banda S mostram o máximo às 1900 UTC (1500 HL). Este resultado é função de dois fatores: (i) a nova FDC é acoplada aos fluxos de calor sensível e calor latente à superfície; (ii) a parcela ascendida adiabaticamente na atmosfera apresenta as propriedades bem misturadas da Camada Limite Atmosférica, ao contrário da versão original. Assim, há uma redução da Energia Potencial Disponível para a Convecção e conseqüente estabilização estática da atmosfera durante o início da manhã. Verificam-se também melhorias na simulação do ciclo diário em outras áreas da bacia.

3 DADOS E METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O Estado de São Paulo, selecionado para o presente estudo, é uma das 27 unidades federativas do Brasil. Está localizado ao sul da região Sudeste e tem como limites os Estados de Minas Gerais (N e NE), Rio de Janeiro (Leste -L), Paraná (SO) e Mato Grosso do Sul (O), além do oceano Atlântico (SE), conforme ilustrado na Figura 3.1. É dividido em 645 municípios e ocupa uma área de 248.209,426 km². Com mais de quarenta milhões de habitantes, São Paulo é o estado mais populoso do Brasil e a terceira unidade política mais populosa da América do Sul.

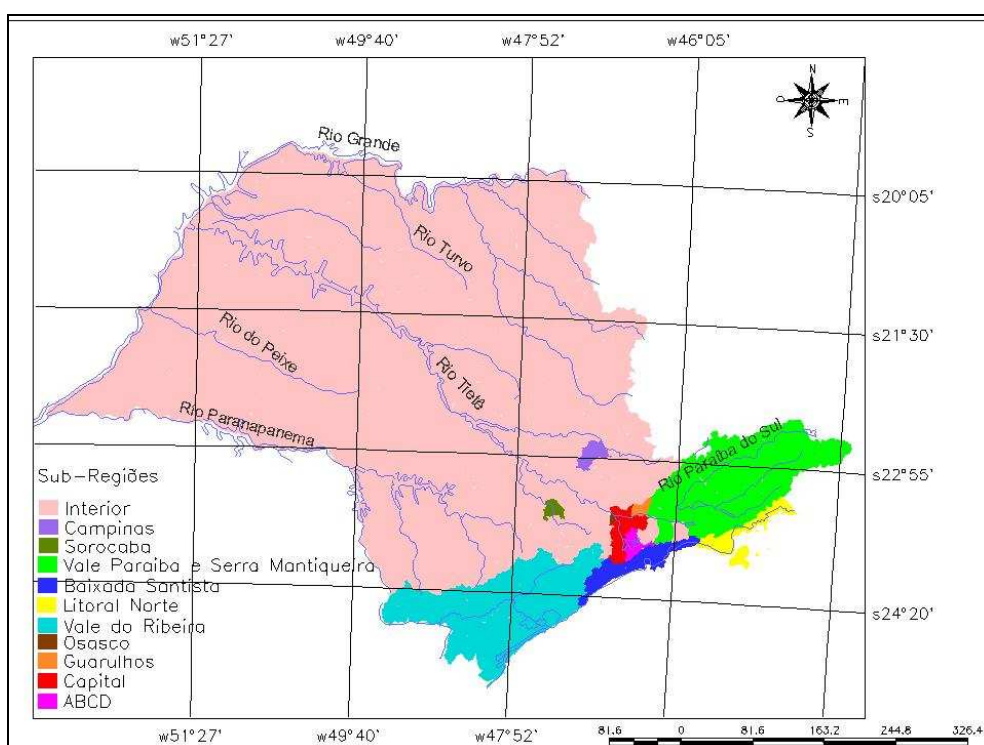


Figura 3. 1 – Mapa do Estado de São Paulo com as Sub-Regiões monitoradas pela Defesa Civil

3.2 Dados

Os dados, detalhados abaixo, compreendidos dentro do período dos verões 2004 até 2008, foram utilizados para o trabalho proposto.

- Dados de temperatura de brilho dos satélites GOES-12 (de novembro de 2004 até março de 2007), com resolução temporal de 30 minutos, e do GOES-10 (de março de 2007 a dezembro de 2007), com resolução temporal de 15 minutos, ambos no canal 4 (10,7 μm , infravermelho) e resolução espacial, no ponto subsatélite, de 4 km x 4 km, obtidas do banco de dados do CPTEC/INPE.
- Dados da Reanálise do NCEP/National Center for Atmospheric Research (NCAR) diários, para os casos escolhidos do período dezembro de 2004 até março de 2008, com resolução espacial de 2,5° x 2,5°: vento, temperatura geopotencial, etc., disponíveis no site <http://dss.ucar.edu/>.
- Saídas de precipitação do modelo regional Eta do CPTEC/INPE com resolução espacial de 40 x 40 km (de 2004 até 2006) em intervalos de 6h, obtidas do banco de dados do CPTEC/INPE, e de resolução de 5 x 5 km para a região da Serra do Mar.
- Dados de precipitação do satélite TRMM (produto 3B42V6), com grade de 0,25° x 0,25°, em intervalos de tempo de 3 horas, obtidos da NASA (NASA, 2008).
- Dados de deslizamentos e de inundações da Defesa Civil para o período de verão, compreendido entre dezembro e fevereiro, para os anos de 2004 até 2007.
- Dados de precipitação do Hidroestimador, obtidos do CPTEC/INPE, com resolução de 4 km x 4 km, em intervalos de 30 minutos, cujos arquivos se encontram em formato binário ou em GIF.

- Dados de precipitação de estações de superfície fornecidos por diversas fontes e detalhados abaixo (itens a e b) e na Tabela 3.2 (dados efetivamente usados no trabalho):

a) Banco de Dados do INPE:

A implementação do Banco de Dados Meteorológicos no CPTEC (<http://www.cbmet.com/cbmfiles/12a427aef4155f2e2b163b7b9a02e0a353.pdf>) iniciou-se com o subsistema relativo aos dados observacionais, que se encontra operacional desde julho de 1999. Outros subsistemas, como de dados climatológicos, de imagens de satélite e de produtos numéricos de modelos de previsão estão sendo implementados. Este subsistema é responsável pelo armazenamento e recuperação das observações meteorológicas que chegam regularmente ao CPTEC pela rede GTS da OMM através do INMET. O controle de qualidade é feito por outro sistema, denominado Pré-processamento (DERECZYNSKI, 1996), que agrega às observações índices de confiabilidade dos valores reportados para as variáveis meteorológicas, adotado pela OMM (WMO, 1994). A Tabela 3.1 mostra as características dos 10 tipos principais de observações.

Tabela 3. 1- Principais tipos de observações

TIPO	DESCRIÇÃO	HORÁRIO (GMT)	QUANT. MÉDIA DIÁRIA	
			REGIONAL ^(*)	GLOBAL
SYNOP	superfície (terra)	00/06/12/18	2.400	15.600
SHIP	superfície (navio)	00/06/12/18	120	2.400
BUOY	superfície (bóia)	a todo instante	950	8.500
METAR	superfície (aeroporto)	a cada hora	1.750	1.750
AIREP	altitude, 1 nível, avião	a todo instante	200	15.000
SATOB	altitude, 1 nível, satélite	a cada hora	1.000	7.000
SATEM	sondagem vertical, satélite	a cada hora	800	1.000
TOVS	sondagem vertical, satélite	a todo instante	2.000	45.000
TEMP	sondagem vertical, não satélite	00/06/12/18	70	1.150
PILOT	sondagem vertical, não satélite	00/06/12/18	40	850

(*) Área geográfica com latitude entre 90°S e 20°N e longitude entre 100°O e 20°O

Fonte : <http://www.cbmet.com/cbmfiles/12a427aef4155f2e2b163b7b9a02e0a353.pdf> .

b) Plataformas de Coletas de Dados (PCDs):

A Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do CPTEC/INPE disponibiliza informações meteorológicas horárias de temperatura, pressão, direção e velocidade do vento, umidade, precipitação, e outros, de estações meteorológicas, hidrometeorológicas e agrometeorológicas.

- c) Dados de precipitação providos pela Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária (INFRAERO).

Tabela 3. 2- Estações Meteorológicas do Estado de São Paulo

Nº	Nome da Estação	Tipo da Estação	Latitude(°)	Longitude(°)	Altitude(m)	Instituição
1	São Paulo		-23,5	-46,62	792	Banco de dados – INPE
2	Cipo P-26	HIDRO	-23,88	-46,79	793	Banco de dados – INPE
3	Guarulhos	SYNOP	-23,463	-46,533	750	Banco de dados – INPE
4	Iguape	SYNOP	-24,72	-47,55	3	Banco de dados – INPE
5	Ubatuba	HIDRO	-23,39	-45,12	8	DSA - INPE
6	Guaratinguetá	MET	-22,8	-45,19	539	DSA - INPE
7	Campos do Jordão	MET	-22,72	-45,57	1590	DSA - INPE
8	Cachoeira Paulista	MET	-22,680	-45,000	563	DSA - INPE
9	São José dos Campos	SYNOP	-23,22	-45,87	646	Banco de dados – INPE
10	Sorocaba	SYNOP	-23,48	-47,43	645	Banco de dados – INPE
11	Campinas	INFRAEDRO	-22,906	-47,061	854	INFRAEDRO
12	Presidente Prudente	AGROMET	-22,17	-51,37	489	DSA - INPE
13	Bauru	SYNOP	-22,32	-49,07	615	Banco de dados – INPE

Fonte a) Banco de dados – INPE: <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>

b) PCDs -DSA – INPE : <http://satelite.cptec.inpe.br/PCD/>

c) Infraedro: convênio com o INPE.

3.3 Metodologia:

3.3.1 Identificação da ocorrência de desastres naturais

O levantamento, processamento e seleção dos dados de ocorrência de desastres naturais do tipo deslizamentos e inundação foram feitos considerando-se como base os registros da Operação Verão da Defesa Civil dos verões do período de 2004-2008. A Coordenadoria Municipal da Defesa Civil, com base no Decreto 4.885/09, definiu os detalhes da “Operação Verão”, realizada anualmente em todo o Estado de São Paulo, a qual consiste no monitoramento diário das condições meteorológicas e dos índices de chuva.

3.3.2 Processamento, inter-comparação e análise dos dados de precipitação.

Eventos de precipitação serão classificados segundo a intensidade da chuva. Nesta pesquisa adota-se a classificação proposta pelo Moreira (2002) como mostra-se na Tabela 3.3, e a Metodologia de Teixeira et. al. (2006) que considera como evento extremo de precipitação valores superior ou igual a 50 mm dia⁻¹

Tabela 3. 3 : Intensidade da precipitação acumulado em 24 horas

Intensidade	Acumulado em 24 horas
Chuvisco	0 - 1 mm
Chuva Fraca	1 – 10 mm
Chuva Moderada	10 – 20 mm
Chuva Moderada a Forte	20 – 30 mm
Chuva Forte	30 - 40 mm
Chuva Muito Forte	40 – 50 mm
Chuva Extremamente Forte	> 50.0 mm

Fonte: MOREIRA (2002).

O processamento e inter-comparação dos dados temporais de precipitação do modelo Eta, do Hidroestimador, do TRMM (3b42v6), das estações meteorológicas, serão feitos

considerando estatísticas convencionais, tais como chuva média, chuva máxima, chuva mínima, desvio padrão.

As estatísticas quantitativas de chuva estão associadas às diferenças nas intensidades dos dados obtidos pelo modelo Eta, pelo Hidroestimador, pelo TRMM (3B42V6) e pelos pluviômetros. As estatísticas são utilizadas por vários autores como Valverde (2003), Vila et. al. (2008) e entre outros, estas equações são descritas a seguir:

- **BIAS:** é uma variável que indica a direção média dos desvios de um conjunto de Previsões (S) a partir de um conjunto de valores observados (P). Este valor indica a tendência, valores positivos indicam superestimativas, enquanto que valores negativos indicam subestimativas.

$$BIAS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - P_i) \quad (3.1)$$

Onde ,

F_i , é a precipitação prevista pelo modelo.

P_i , é a precipitação observada na estação do estudo

n é o numero de casos

- **Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE):** indica a magnitude média do erro. Esse índice será mais influenciado quando no conjunto de previsões verificadas existam erros de maior magnitude, mesmo que sejam poucos, do que quando ocorrem muitos erros pequenos, já que ao levar ao quadrado, os erros mais altos serão realçados.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - P_i)^2} \quad (3.2)$$

Onde ,

F_i , é a precipitação prevista pelo modelo.

P_i , é a precipitação Observada na estação do estudo

n é o numero de casos

3.3.3 Associação dos escorregamentos e inundação com a precipitação

Para a análise das ocorrências de escorregamentos e inundações relacionadas com a precipitação de diferentes fontes foram levados em consideração os seguintes critérios:

- Seleção dos dados de registro de escorregamentos ou deslizamentos e inundação dos planos preventivos da Defesa Civil;
- Cadastro das coordenadas para identificação da posição geográfica de cada evento em relação ao município de ocorrência;
- Identificação das estações automáticas mais próximas dos locais de ocorrência dos eventos, pelo método do vizinho mais próximo, considerando um raio de 0,01 graus;
- Extração dos dados de precipitação dos pontos de grade do modelo ETA, do Hidroestimador e do TRMM (3B42V6) para as coordenadas das estações meteorológicas.
- Para identificar a localização das estações de superfície mais próximas dos locais de ocorrência dos eventos de deslizamentos e de inundação foi usado o método da distância Euclidiana $d(A, B)$, descrito na equação 3.4, considerando um raio aproximado de 0,01 graus.

$$d(A, B) = \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}, (3.4)$$

sendo $a = (x_a - y_a)$ e $b = (x_b - y_b)$ os pontos analisados.

- Extração dos dados de precipitação dos pontos de grade do modelo ETA (5 km e 40 km), do Hidroestimador e do TRMM (3B42V6) para as coordenadas das estações meteorológicas usando o método de Interpolação Bilinear, conforme metodologia de Ud Din et. al (2008), em que os pesos de interpolação bilinear (ilustrados na Figura 3.2) são expressos como:

$$X = S_x X_1 + (1 - S_x) X_{21} \quad (3.5)$$

$$S_x = \frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \quad (3.6)$$

$$Y = S_y Y_1 + (1 - S_y) Y_2 \quad (3.7)$$

$$S_y = \frac{Y - Y_1}{Y_2 - Y_1} \quad (3.8)$$

com $0 \leq S \leq 1$, $X_1 \leq S \leq X_2$

Considerando o exposto, o peso atual em qualquer ponto (X, Y) em um espaço de duas dimensões pode ser calculado (ARNOLD et al. 2002) pela equação abaixo (3.9)

$$I(X, Y) = (1 - S_x)(1 - S_y)I(X_1 Y_1) + S_x(1 - S_y)I(X_2 Y_1) + (1 - S_x)S_y I(X_1 Y_2) + S_x S_y I(X_2 Y_2) \quad (3.9)$$

em que I é o valor da grade atual.

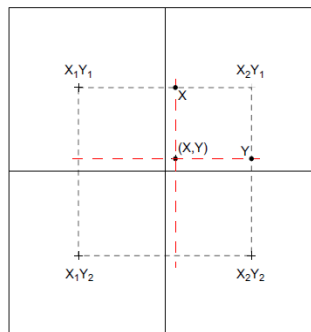


Figura 3. 2 Representação gráfica dos pesos da estimação sobre uma grade de 2 x 2.
Fonte: Ud Din et. al(2008).

- Para a relação entre a precipitação e a ocorrência de deslizamentos (escorregamentos) e inundações se valia mediante os métodos estadísticos mencionados nas equações 3.1e 3.2 .

3.3.4 - Identificação da precipitação durante a ocorrência de deslizamento e inundação e sua associação com os sistemas sinóticos

Nesta seção do trabalho utilizou-se uma metodologia, semelhante aquela usada por Seluchi et al. (2009) quem estudaram os padrões sinóticos para ocorrências de deslizamentos, e que neste trabalho, além dos casos de deslizamentos também foi aplicada para as ocorrências de inundações

Também foi construída uma climatologia sinótica de 11 anos (de 1998 até 2009) para os casos da ZCAS e uma climatologia sinótica de 9 anos (de 2001 até 2009) para os casos das frentes frias, tendo como base as informações obtidas da Revista Climanálise do CPTEC/INPE.

Para o cálculo da climatologia se realizou uma média de todos os casos de ocorrência seguindo a seguinte equação (3.3):

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (3.3)$$

Onde :

- $\bar{x}$: Representa a climatologia, que é o valor médio da variável para um determinado período
- n : Representa o numero total da serie.
- x_i : Representa o valor de cada variável, em um tempo i .

Para o cálculo do composto da variável e o composto da anomalia foi efetuado mediante das Equações 3.4 e 3.5 como mostra-se abaixo.

$$composto = \frac{\sum_{k=1}^m x_k}{m} \quad (3.4)$$

$$composto_anomalia = \frac{\sum_{k=1}^m (x_k - \bar{x})}{m} \quad (3.5)$$

Onde:

- $\bar{x}$: Representa a climatologia da variável
- m: Representa o número total de eventos de casos analisados durante as ocorrências de deslizamento ou inundação.
- x_k : Representa o valor de cada variável no tempo durante as ocorrências de deslizamento ou inundação.

A seleção dos padrões sinóticos nos casos de ocorrência de deslizamento e inundação considerou duas classificações:

- a) Considerando a ocorrência de deslizamento e inundação monitorados no estado de São Paulo.
- b) Considerando a ocorrência de deslizamento e inundação monitorados no estado de São Paulo associadas a chuvas extremas com limiares acima de 50 mm dia⁻¹.
- c) Para os valores da chuva dos dados dos pluviômetros considerados como dado observado durante verões de 2004 até 2008
- d) Para a análise sinótica calculam-se as medias dos campos de superfície e altura, tais como o geopotencial, umidade específica e vento em 850 hPa; e camada de espessura 500/1000 hPa, linhas de corrente, magnitude do vento, e ROL. Esta análise tem o objetivo de obter uma visão geral do comportamento sinótico durante a ocorrência dos eventos.

4 RESULTADOS

4.1 Análises de ocorrências de deslizamentos e inundações no estado de São Paulo.

Com base nos planos preventivos e de contingência do monitoramento de desastres naturais, como inundações, alagamentos, deslizamentos em encostas e ventos ocorrido para o período do estudo do 01 de dezembro a 31 de março durante os verões de 2004 até 2008, da Operação de Verão da Defesa Civil, foram selecionados os registros de ocorrência destes eventos e as vítimas relacionadas a estes acontecimentos. Neste contexto, a Defesa Civil monitora um total de 114 municípios, que apresentam áreas mais suscetíveis à ocorrência de desastres associados às precipitações intensas.

A Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC possui Planos Preventivos nas seguintes regiões: Região Metropolitana de São Paulo, Vale do Ribeira, Litoral Norte e Serra do Mar (Baixada Santista), Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira, Região de Sorocaba, Região Metropolitana de Campinas e no Interior do Estado de São Paulo. Para todas as regiões é indicado o número total de vítimas para o período da Operação Verão de 2003/2008, que pode ser visto na Tabela 4.1.

Ressalta-se que o maior número de feridos foi catalogado na Região Metropolitana de São Paulo, enquanto que no Vale da Ribeira foram registrados os maiores valores de desabrigados e desalojados. Já nos municípios do interior registraram-se os maiores valores de óbitos, alagamentos, inundações e vendavais.

Fazendo uma análise para os números de eventos acumulados no período de 2003 a 2008 foi verificado os seguintes impactos:

- **Na Grande São Paulo - ABCD**, o verão 2009 ocorreu mais inundações que nos verões 2004 e 2005, o ano 2004 o número de ocorrências de deslizamentos é maior de que os outros anos. Apesar do verão de 2005 ter tido um número menor de inundações, o número de desalojados foi maior (Figura 4.1a, b).

- Na **capital** foram observados para o verão de 2004 e 2006 os maiores números de casos de inundação. Em 2006 também houve grande número de alagamento e, conseqüentemente, grande número de desabrigados (239), no 2004 e desalojados(693). No entanto o 2008 apresenta ocorrências maiores de casos de deslizamento , seguido de inundações e alagamentos com um numero de 644 desalojados.
- Em Garulhos, o verão de 2006 apresentou um número maior de inundações e um número relativamente menor de alagamentos, resultando em um grande número de desalojados. O ano de 2005 apresentou um número maior de deslizamentos que inundações com um numero maior de vítimas que 2006 (Figura 4.3a, b).
- Em **Osasco**, os números de desastres foram relativamente baixos, ocorrendo os maiores números de vítimas em 2005, 2006 e 2007 (Figura 4.4a, b).
- No **Vale da Ribeira**, apesar do maior número de desastres (inundação) ter ocorrido em 2006 que nos anos 2005 e 2008, e numero maior de deslizamentos no 2008 foi observado un numero maior de vitimas no 2008 seguidos dos anos 2006 e 2005 (Figura 4.5a, b).
- No **litoral Norte**, o 2005 foi o ano maior atingido com casos de inundação e alagamentos por tanto mostrando também um numero elevado de vitimas (Figura 4.8a, b).
- Na **Baixada Santista** foi catalogado um baixo número de desastres nos cinco anos, porém vale ressaltar que foi grande o número de desabrigados e desabrigados durante o verão 2008 seguidos dos anos 2007 e 2005 (Figura 4.7a, b).
- O **Vale do Paraíba** foi a região mais atingida por desastres no ano de 2006 (deslizamento, alagamento e inundação) seguida no ano 2008, causando um grande número de desalojados; e desabrigados assim como foi observado no Vale da Ribeira (Figura 4.8a, b).

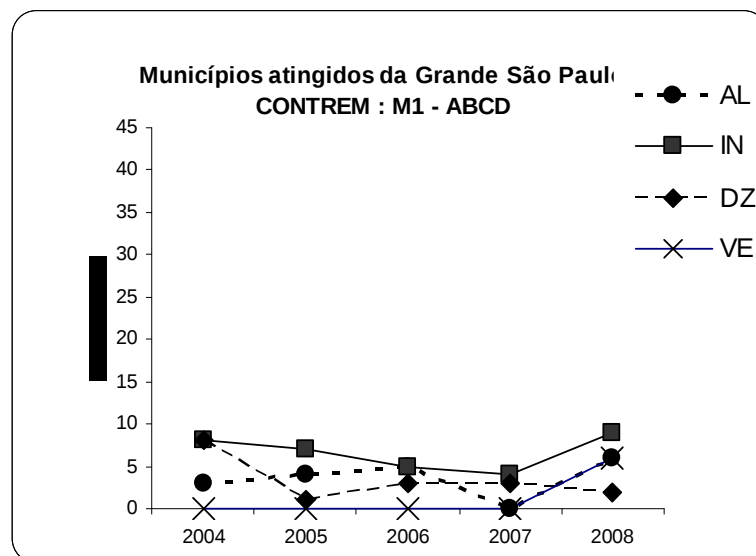
- **Em Sorocaba**, o ano de 2004 o numero de ocorrências de inundação e vitimas foi maior que no ano 2006 que apresenta maiores casos de deslizamento, (Figura 4.9a, b).
- **Em Campinas** houve vários casos no decorrer dos anos, sendo os maiores valores de inundação no 2006 e menores casos de deslizamento e maior numero de vitimas . No ano 2007 verificou se casos de inundação e deslizamento pero com menor número de vítimas que o ano 2006 (Figura 4.10a, b).
- **No interior de São Paulo**, em todos os anos, foram observados grandes números de desastres, principalmente no ano de 2007, refletindo no número de vítimas ,seguido do ano 2005 com um numero menor de vitimas(Figura 4.11a, b).

De modo geral, foi verificado entre todas as ocorrências de desastres que a maior porcentagem de eventos no Estado de São Paulo é de inundações, seguido dos alagamentos (Figura 4.12).

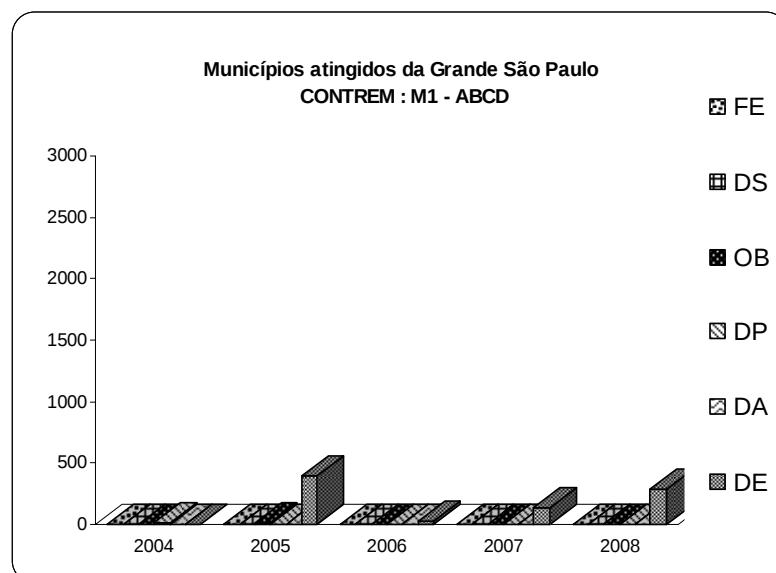
Tabela 4. 1 - Municípios e Regiões do Estado de São Paulo atingidos por desastres naturais nos verões de 2004 a 2008 e respectivos número de vítimas com relação aos municípios atingidos no estado

MUNICÍPIOS ATINGIDOS (MA) Operação Verão 2003/2008	CÓDIGO Defesa Civil	CÓDIGO Adaptado	FE	DS	OB	DP	DA	DE	AL	IN	DZ	VE
Municípios atingidos da Grande São Paulo – ABCD	abcd	ABCD	11	0	14	11	3	849	18	33	17	6
Municípios atingidos da Grande São Paulo – CONTREM – Região Metropolitana de São Paulo	capital	SP	40	0	11	265	43	1370	51	36	16	11
Municípios atingidos da Grande São Paulo – CONTREM – Guarulhos	Guarulhos	GRU	10	0	10	368	86	1720	19	36	19	1
Municípios atingidos da Grande São Paulo – CONTREM Osasco	Osasco	OSA	18	0	0	452	184	948	16	22	19	5
Municípios atingidos do Vale do Ribeira – CONVAR	CONVAR	VRIB	4	0	4	3971	16	13852	7	30	4	12
Municípios atingidos da Serra do Mar – PPDC - LN	Pcpp_litoral_norte	LIN	1	0	0	287	64	88	4	6	3	1
Municípios atingidos da Serra do Mar – PPDC	baixada_santista	LIS	3	0	4	1642	0	580	9	13	15	5
Municípios atingidos do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira – CONVAP	CONVAP	VPSM	19	0	8	234	33	3637	42	54	45	11
Municípios atingidos de Sorocaba – CONSOR	CONSOR	SORO	2	0	6	1790	73	194	18	37	8	5
Municípios atingidos de Campinas – CONCAMP	CONCAMP	CAMP	14	0	13	3650	2264	4847	38	81	28	23
Municípios atingidos do Interior	Interior	INT	22	0	26	777	125	3770	59	115	16	37
TOTAL			144	0	96	13447	2891	31855	281	463	190	117

**FE: Feridos; DS: Desaparecidos; OB: Óbitos; DP: Desabrigados Pico; DA: Desabrigados Atual; DE: Desalojados; AL: Alagamentos
IN: Inundações; DZ: Deslizamentos; VE: Vendavais.**

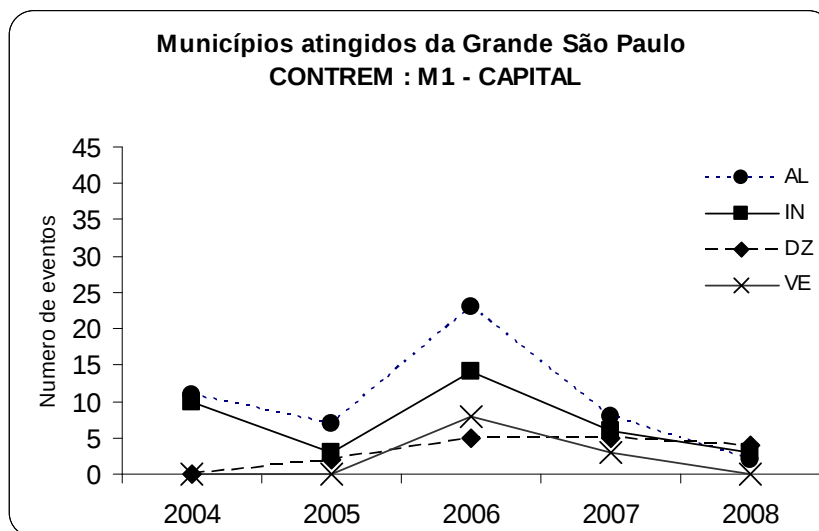


(a)

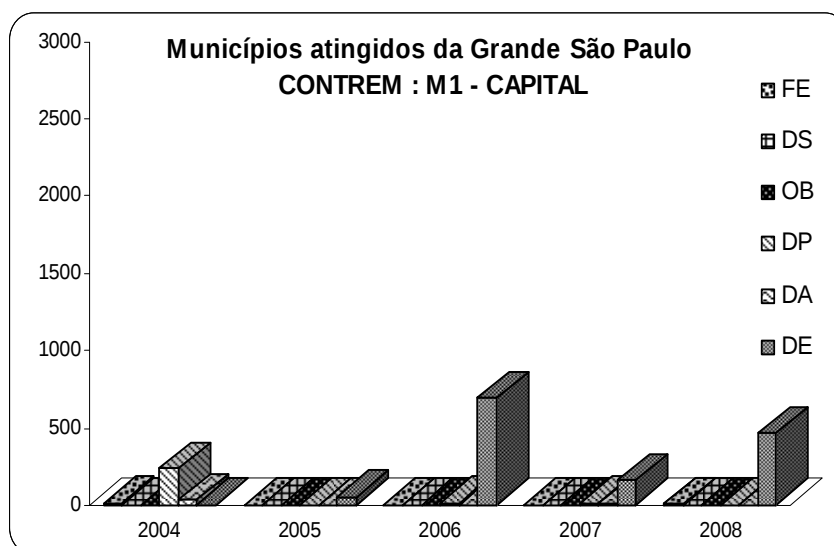


(b)

**Figura 4. 1 a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais –
(b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS –
desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE -
desalojados**

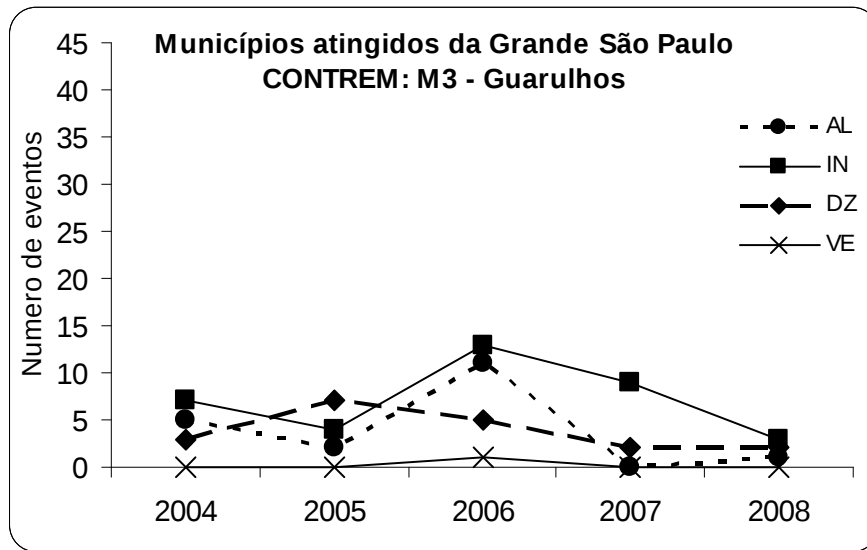


(a)

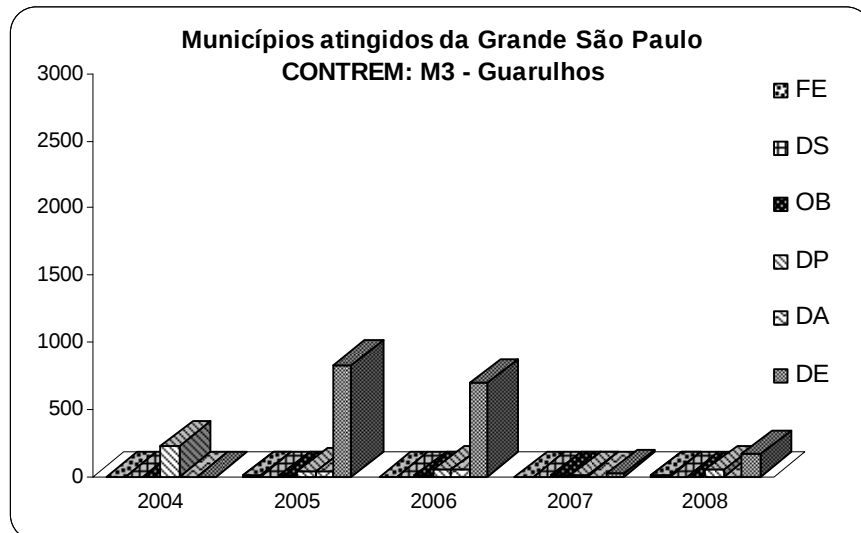


(b)

**Figura 4. 2- (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais –
(b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS –
desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE -
desalojados**

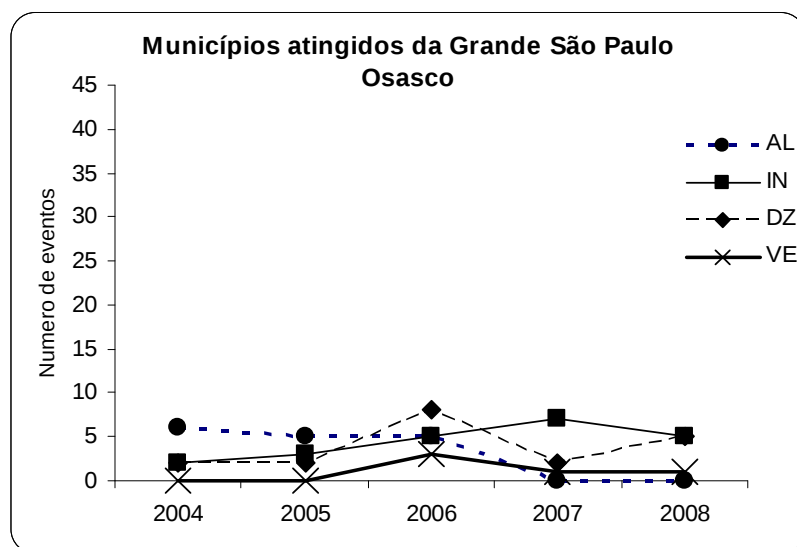


(a)

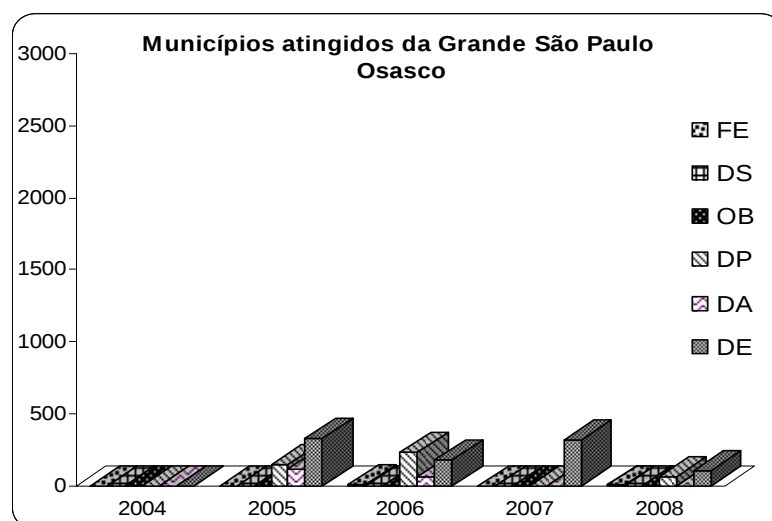


(b)

**Figura 4. 3 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais –
(b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE – desalojados**

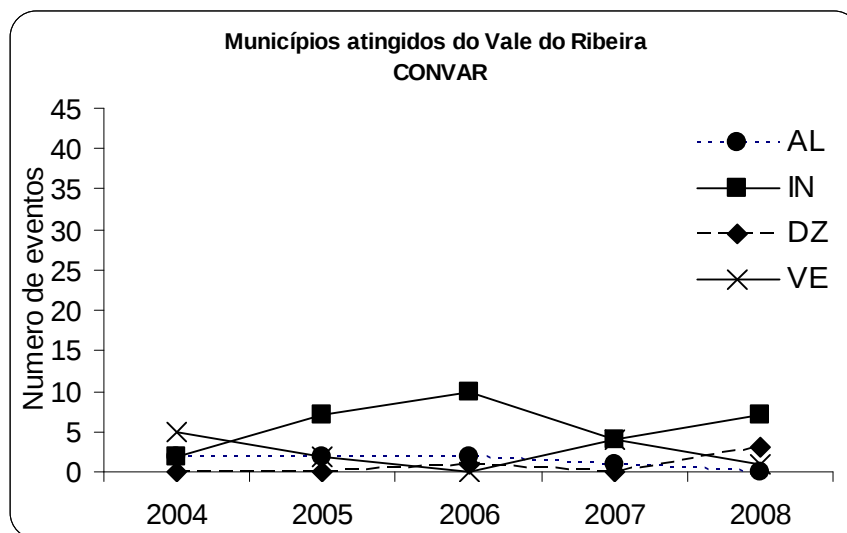


(a)

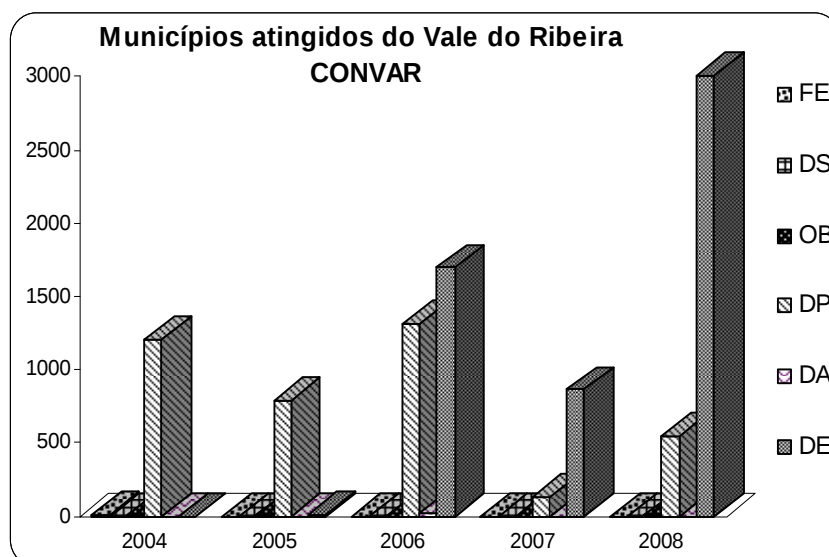


(b)

**Figura 4. 4 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais –
(b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS –
desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE –
desalojados**

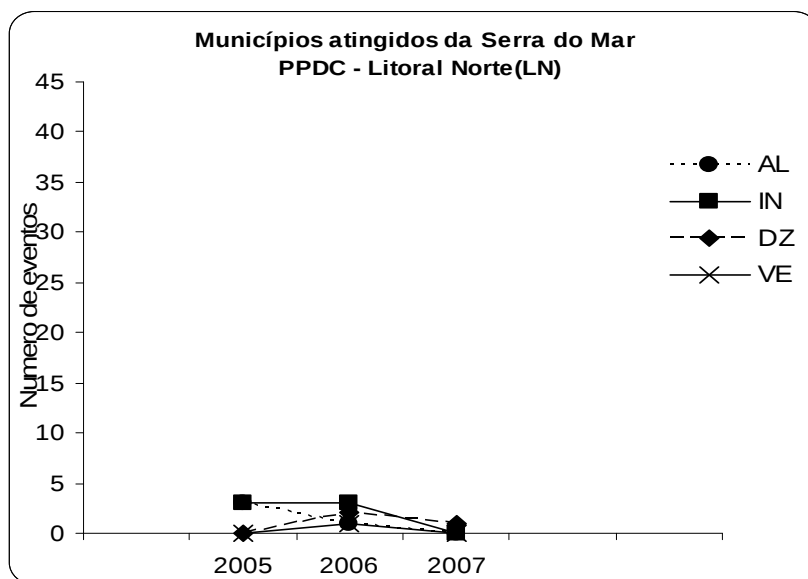


(a)



(b)

**Figura 4. 5 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais –
(b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS –
desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE –
desalojados**

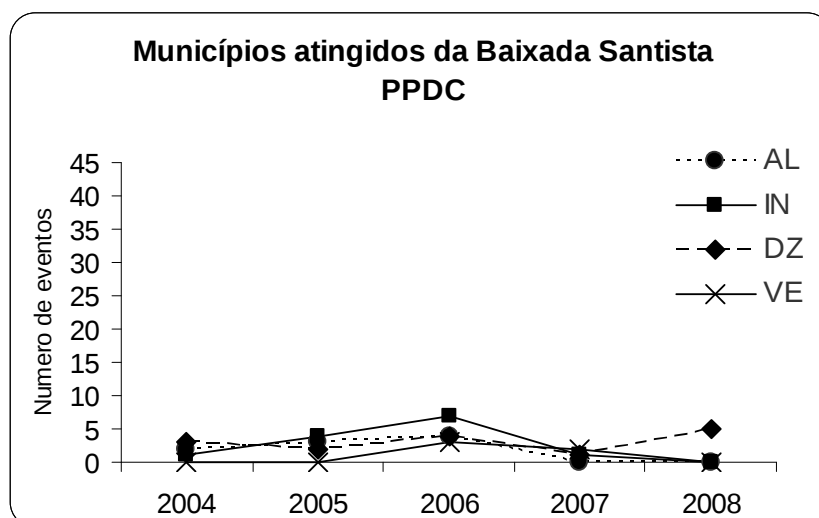


(a)

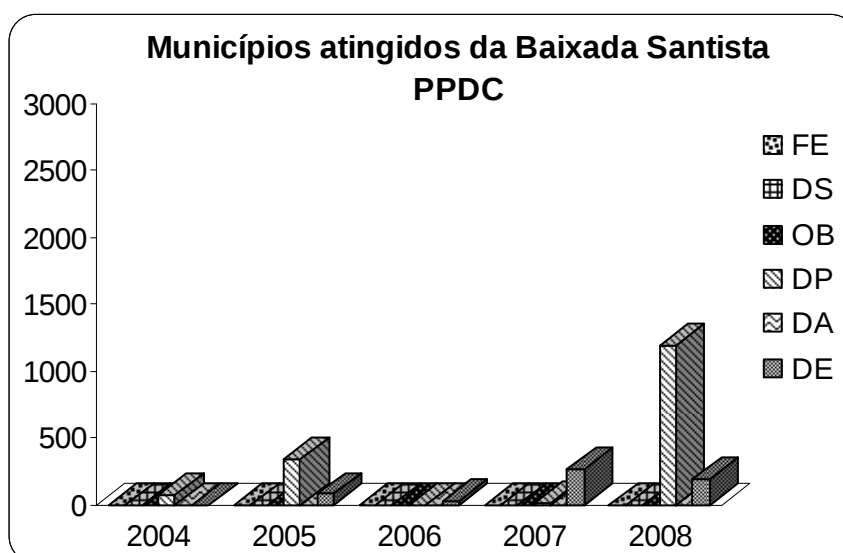


(b)

Figura 4. 6 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE – desalojados

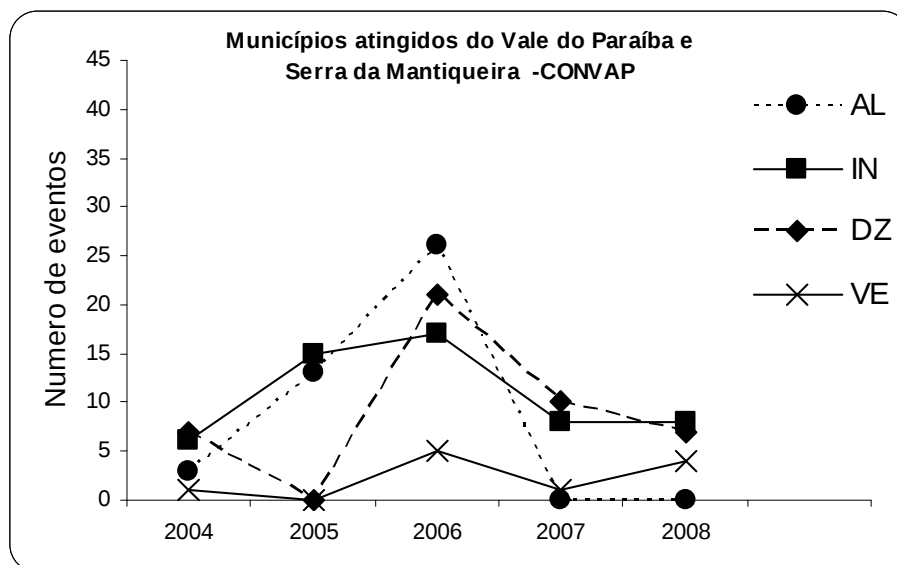


(a)

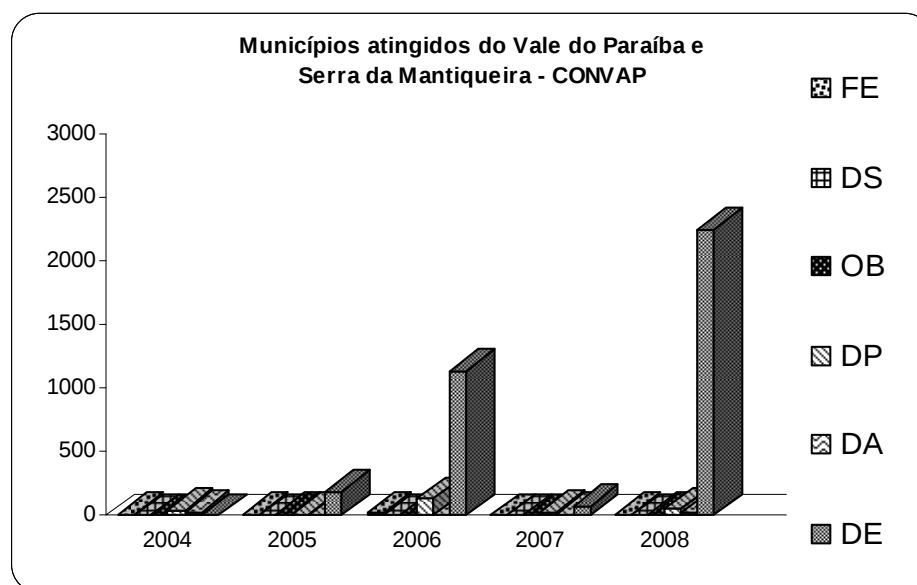


(b)

**Figura 4. 7 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais –
(b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS –
desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE –
desalojados**

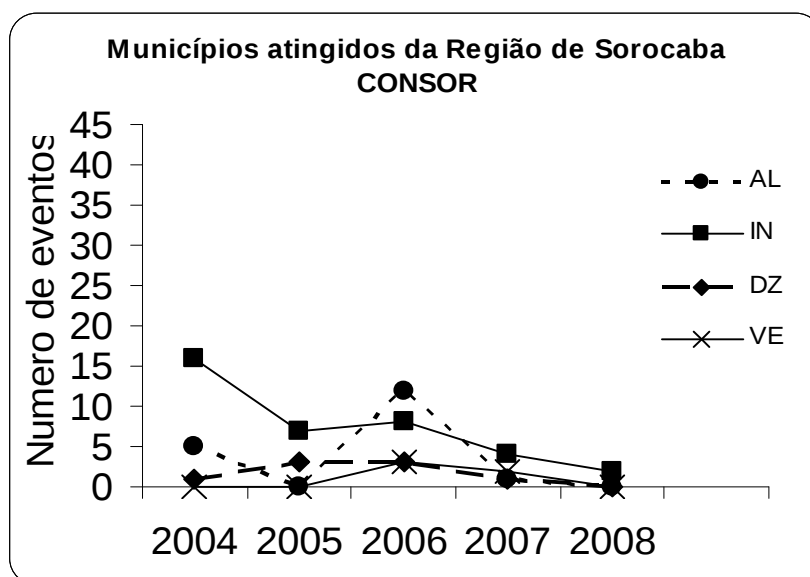


(a)

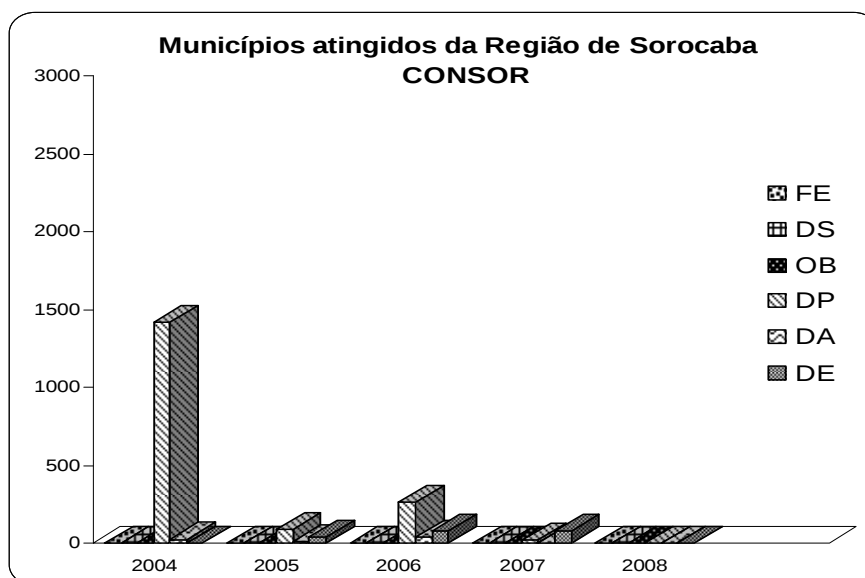


(b)

Figura 4. 8 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE - desalojados

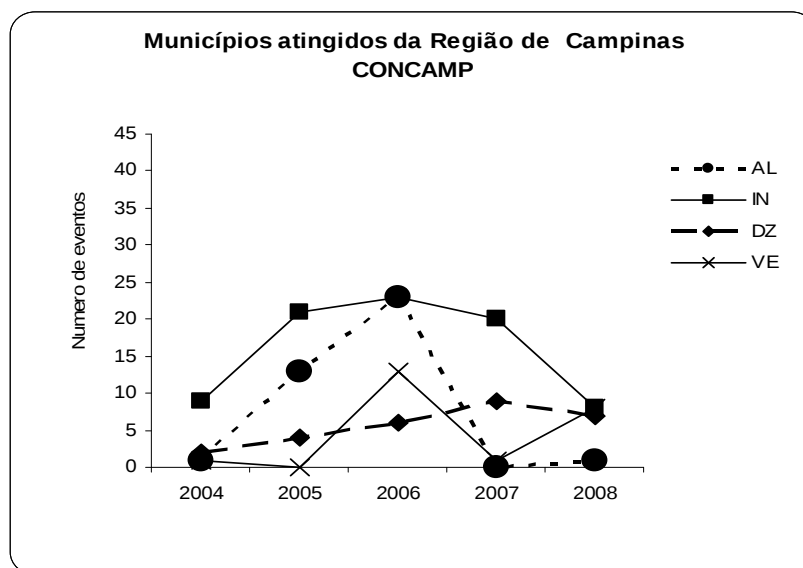


(a)

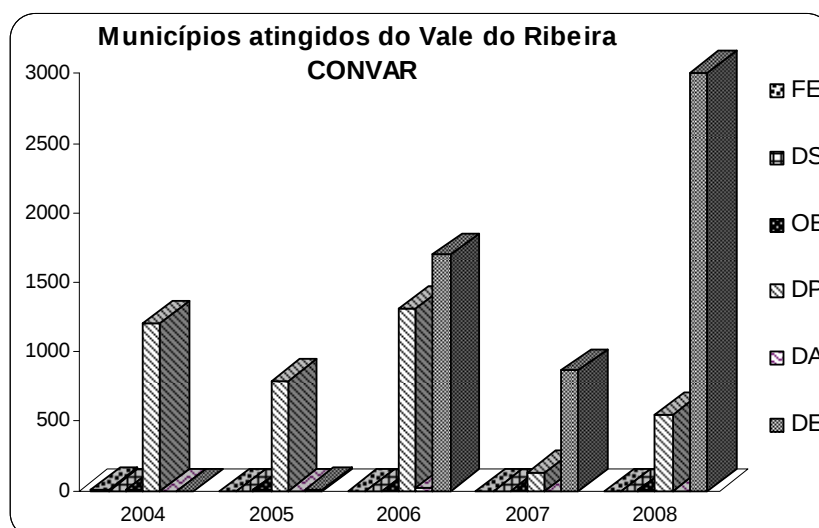


(b)

**Figura 4. 9 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais –
(b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS –
desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE -
desalojados**

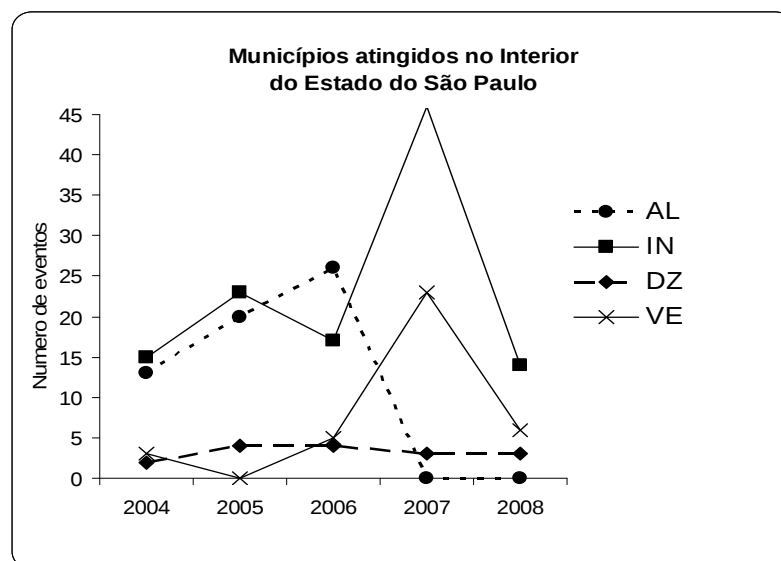


(a)

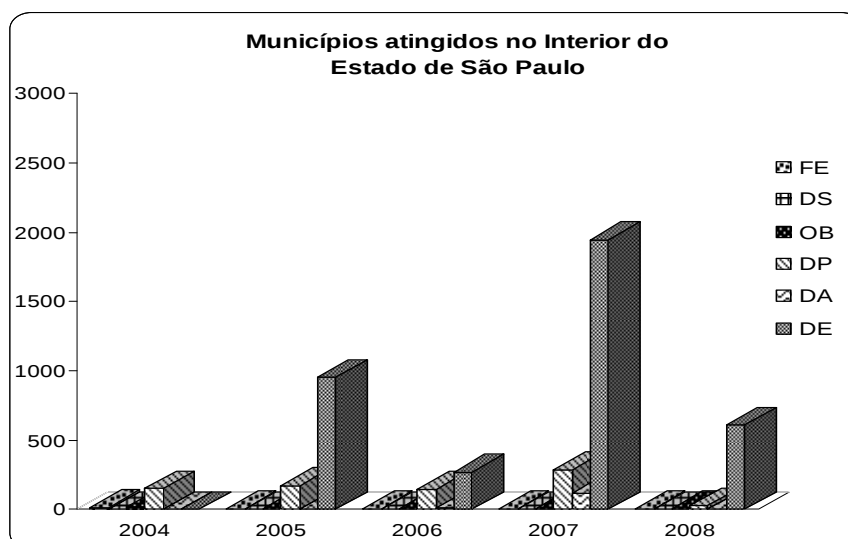


(b)

**Figura 4. 10 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais – (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos,
DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE - desalojados**



(a)



(b)

**Figura 4. 11 – (a) Tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (2003-2008).
 Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE - Vendavais –
 (b) Número de vítimas para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS –
 desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados, DA – desabrigados, DE -
 desalojados**

Observa-se que o Estado de São Paulo apresenta maiores ocorrências de inundações, totalizando 44% dos desastres, seguidos de aproximadamente 27 % de alagamentos, 18% de deslizamentos e 11 % de vendavais, conforme mostrado na Figura 4.12.

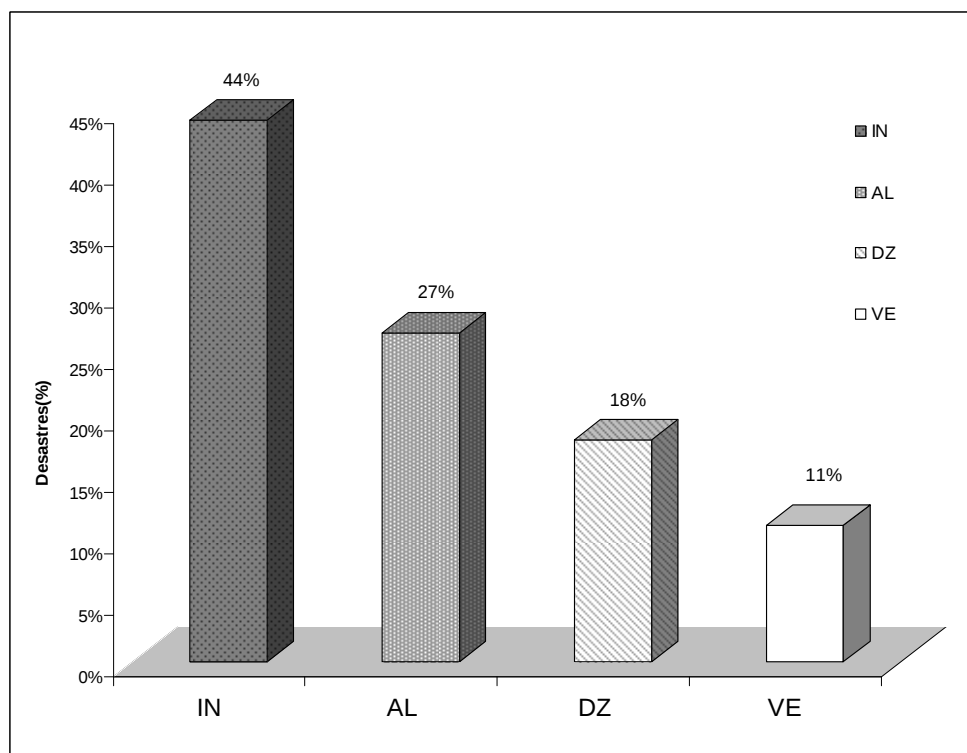


Figura 4. 12 – Acumulado dos tipos de desastres naturais ocorridos no Estado de São Paulo (verões de 2004 a 2008). Legenda: AL - Alagamento, IN - Inundação, DZ- Deslizamento, VE – Vendavais.

A Figura 4.13 mostra a porcentagem de vítimas relacionada aos eventos de desastres naturais registrados no estado de São Paulo no período de estudo. O número total de vítimas foi de 48.433, dos quais 144 foram casos de feridos, 0 caso de desaparecido, 96 óbitos, 13.447 casos de desabrigados pico e 2.891 casos de desabrigados atual e 31.855 de desalojados, portanto, conforme apresentado na Tabela 4.1, a maioria das vítimas foi de desalojados, seguido por desabrigados. A definição dos termos adotados pela Defesa Civil estão no Apêndice B.

Importante notar que não houve casos de desaparecidos durante o período de estudo, porém o mesmo não se pode afirmar para o caso de óbitos, que apesar de baixo

apresentou um valor de 0,2% de todas as vítimas. Enquanto o caso de óbitos, apesar de baixo, apresentou um percentual de 0,2% de todas as vítimas.

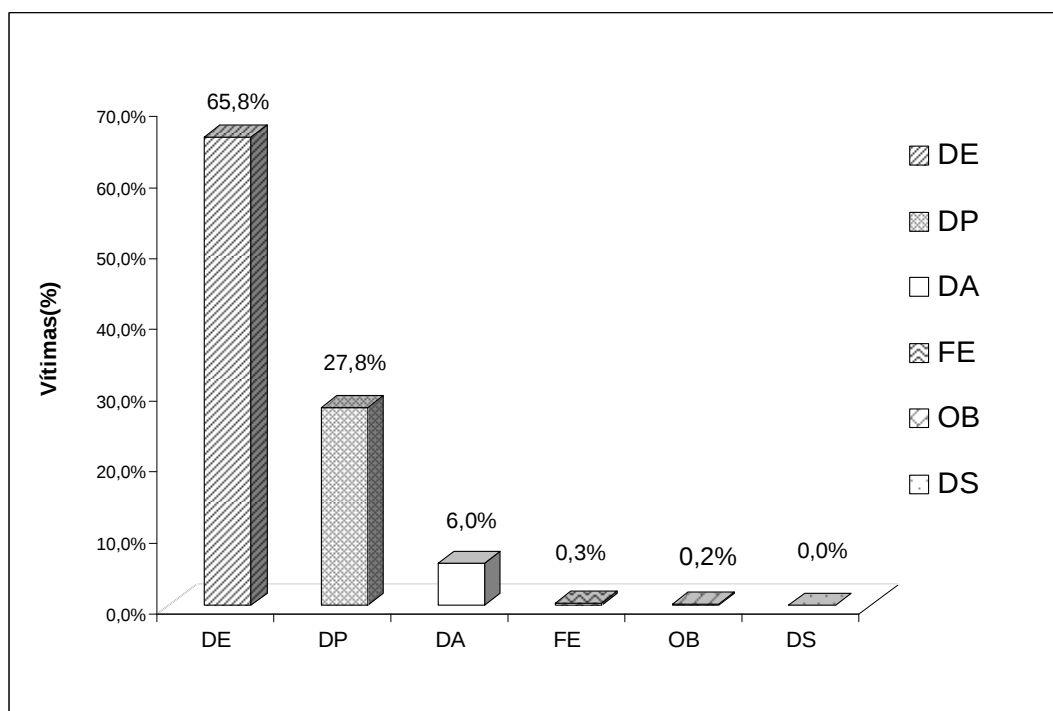


Figura 4. 13 – Porcentagem de vitimas relacionada a os desastres Naturais para os anos de 2003 e 2008: FE - feridos, DS – desaparecidos, OB – óbitos, DP – desabrigados pico, DA desabrigado atual, DE – desalojados.

A Figura 4.14 mostra a porcentagem do número de vítimas e porcentagem do número de desastres registrados no período de estudo em função da região geográfica do estado de São Paulo. Percebe-se que a região do Vale do Ribeira (VRIB) apresentou maior quantidade de vítimas (36,8 %) para um total de 5% de desastres. O Vale do Ribeira tem uma área aproximada de 17.054 km² que abriga uma população de 364.572 habitantes. Esse resultado chama atenção para o fato de que a população dessa área é altamente vulnerável à ocorrência de desastres. O fato de ser uma das regiões mais pobres do estado pode estar ligado a essa alta vulnerabilidade, uma vez que a população sem recursos financeiros tende a ocupar áreas de riscos.

No lado oposto do quadro anterior percebe-se que o município de São Paulo apresentou 3,6% de vítimas diante de um número de 10.8% do total de ocorrência de desastres naturais durante o período estudado. Apresentando uma população de 10.886.518 de habitantes e uma área de 1.525 km², o município de São Paulo é uma região de maior

densidade demográfica do mundo. Dentro dos resultados mostrados para o estado de São Paulo, pode-se considerar que o número de vítimas em função da ocorrência de desastres naturais no município de São Paulo é relativamente baixo. Isso reforça a hipótese de que o local apresenta baixa vulnerabilidade à população.

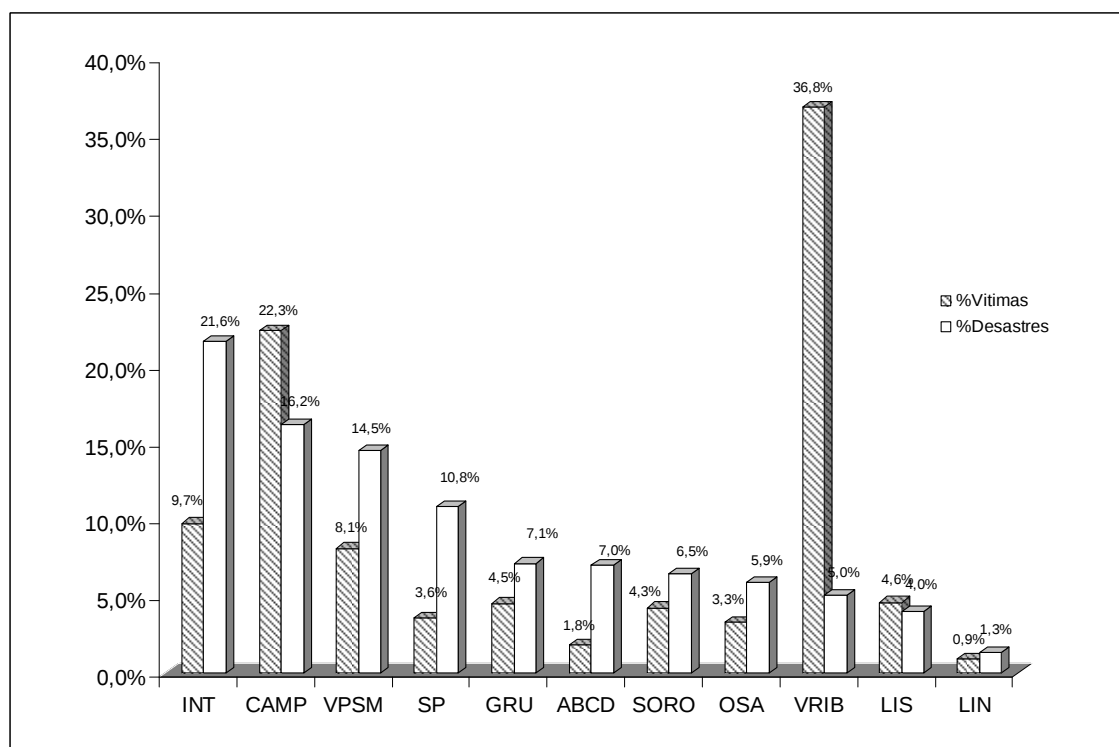


Figura 4. 14 – Porcentagem de vítimas e Desastres Naturais com relação os Municípios atingidos no Estado de São Paulo (2003-2008). Legenda: Sub-regiões: ABCD- Grande São Paulo, SP - Região metropolitana de São Paulo, GRU – Guarulhos, OSA- Osasco, VRIB - Vale do Ribeira, LIN - Serra do Mar-Litoral Norte, LIS - Serra do Mar - Baixada_Santista VPSM - Vale do Paraíba -Serra da Mantiqueira, SORO – Sorocaba, CAMP – Campinas, INT – Interior.

4.2 Processamento, inter-comparação e análise dos dados de Precipitação

Nessa seção foi feita a comparação das várias fontes de estimativas de precipitação usadas nesse trabalho com valores da precipitação observada de 13 estações identificadas pelo método da distância euclidiana em um raio aproximado de 0.01°, relacionadas com a ocorrências de deslizamentos e inundação localizadas em diferentes municípios e subregiones do estado de São Paulo como mostra-se na seguinte Tabela 4.2.

Tabela 4. 2 Estações pluviométricas relacionadas com as ocorrências de deslizamentos e Inundação localizada em diferentes municípios do Estado de São Paulo.

Municípios Atingidos	codigo	Município	Nome da Estação	Nº da Estação
Municípios atingidos da Grande São Paulo - CONTREM : M1 - CAPITAL	SP	São Paulo	São Paulo	1
Municípios atingidos da Grande São Paulo - CONTREM : M1- CAPITAL(zona sul)	SP	zona_sul_sao_paulo	Cipo P-26	2
Municípios atingidos da Grande São Paulo - CONTREM: M3 - GUARULHOS	GRU	Guarulhos	Guarulhos	3
Municípios atingidos do Vale do Ribeira - CONVAR	VRIB	Iguape	Iguape	4
Municípios atingidos da Serra do Mar - PPDC - Litoral Norte(LN)	LIN	Ubatuba	Ubatuba Hidro	5
Municípios atingidos do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira - CONVAP	VPSM	Guaratinguetá	Guaratinguetá	6
Municípios atingidos do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira - CONVAP	VPSM	Campos do Jordão	Campos do Jordao	7
Municípios atingidos do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira - CONVAP	VPSM	Cachoeira Paulista	Cachoeira.Paulista	8
Municípios atingidos do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira - CONVAP	VPSM	São José dos Campos	São José dos Campos	9
Municípios atingidos da Região de Sorocaba - CONSOR	SORO	Sorocaba	Sorocaba	10
Municípios atingidos da Região de Campinas - CONCAMP	CAMP	Campinas	Campinas	11
Municípios atingidos no Interior do Estado	IN	Presidente Prudente	Presidente Prudente	12
Municípios atingidos no Interior do Estado	IN	Bauru	Bauru	13

A Figura 4.15 mostra o mapa da distribuição espacial das estações selecionadas para o presente estudo.

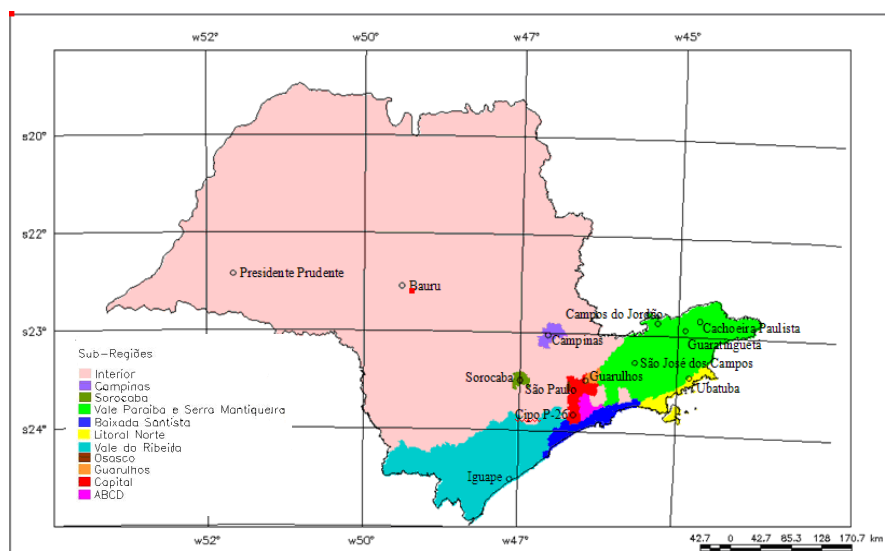


Figura 4. 15 — Mostra o mapa da distribuição espacial das estações selecionadas para o presente estudo.

Procurou-se avaliar as diferenças entre os dados observados e estimados através da análise das estatísticas descritas no capítulo 3.3.2. Desta forma, para cada estação pluviométrica foi calculada a chuva acumulada para 24 horas nos dias da ocorrência dos desastres naturais. Da mesma forma foi feito para as diferentes fontes de precipitação, ou seja, previsões do Modelo ETA 40 km, ETA 5km, Hidroestimador e TRMMM 3B42v6.

A Figura 4.16 mostra que a estimativa de chuva feita por satélite (Modelo Hidroestimador) superestima a precipitação nas estações 6, 7, 8 e nos outros locais de observação subestima. Por outro lado, o Modelo ETA5km superestima a chuva em todos os locais. Interessante notar que o ponto 2 (Cipo) subestima para o TRMM, ETA40 e Hidroestimador.

Essa subestimativa generalizada precisa ser melhor avaliada e pode ser um indicativo de mau funcionamento da estação meteorológica como resultado do regime de chuvas que ocorre no local, o que dificulta a recuperação do valor devido a incertezas nos modelos e algoritmos usados nessa pesquisa. Outro fator a ser avaliado é que tanto o algoritmo Hidroestimador como o Modelo ETA05 apresentam alta resolução espacial, ou seja 4 km x 4 km e 5km x 5 km, respectivamente. Esse fato associado às características dos sistemas precipitantes que ocorrem durante o verão no Estado de São Paulo podem ser uma das causas desse comportamento oposto entre os dois métodos.

O Modelo ETA40 e o algoritmo 3B42V6 apresentaram valores similares de BIAS a exceção das estações 1, 3, 11. Esses dois métodos são os que apresentam as menores resoluções espaciais (40 km e 25 km, respectivamente). Essa característica de baixa resolução espacial pode suavizar os valores de precipitação, tornando os resultados mais homogêneos.

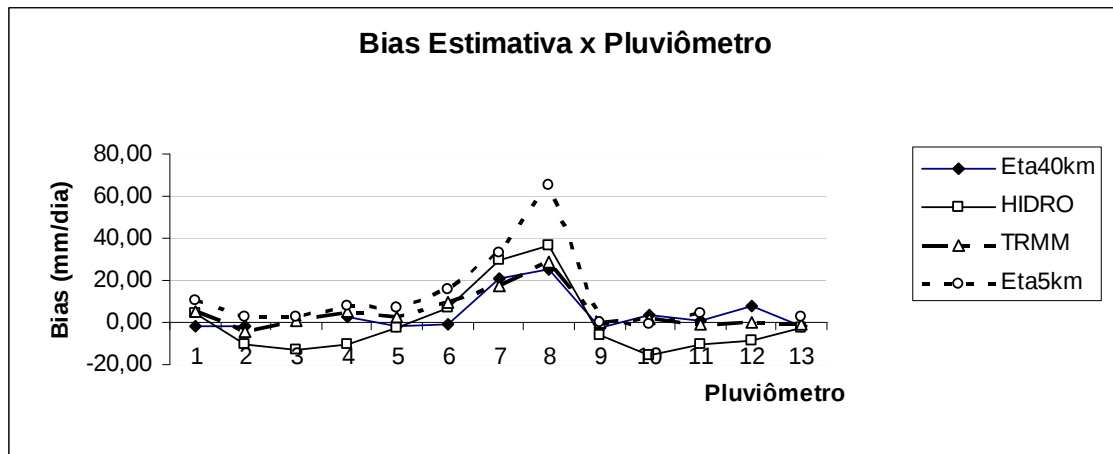


Figura 4. 16 – Análise estática das PCD_s (Estimativa de BIAS x PCDS)

A Figura 4.17 indica a direção e a magnitude dos erros. Verifica-se que não há um padrão evidente para todos os pontos de observação, uma vez que as estações 6, 7 e 8 apresentam clara subestimativa de chuva para todos os métodos avaliados, enquanto outros locais o erro tende a ser baixo. Como as três estações estão localizadas na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, ou seja, na mesma região geografia, é possível que esse fenômeno seja causado pela dificuldade de todos os métodos em recuperar o padrão de chuva local, que se sabe pode alternar entre convectivo e estratiforme. Um indicativo dessa hipótese é reforçado pelo fato do Modelo Hidroestimador apresentar superestimativa na estação 1, que estão localizadas em locais de chuva cuja predominância tende a ser convectiva dada a sua relativa distância da forte orografia da Serra do Mar e Mantiqueira. É sabido que o modelo Hidroestimador tem uma característica de superestimar chuvas convectivas devido ao baixo valor da temperatura de brilho associada às essas formações (Angelis, 2008). Ao mesmo tempo o Modelo Hidroestimador tende a subestimar a chuva de origem estratiforme

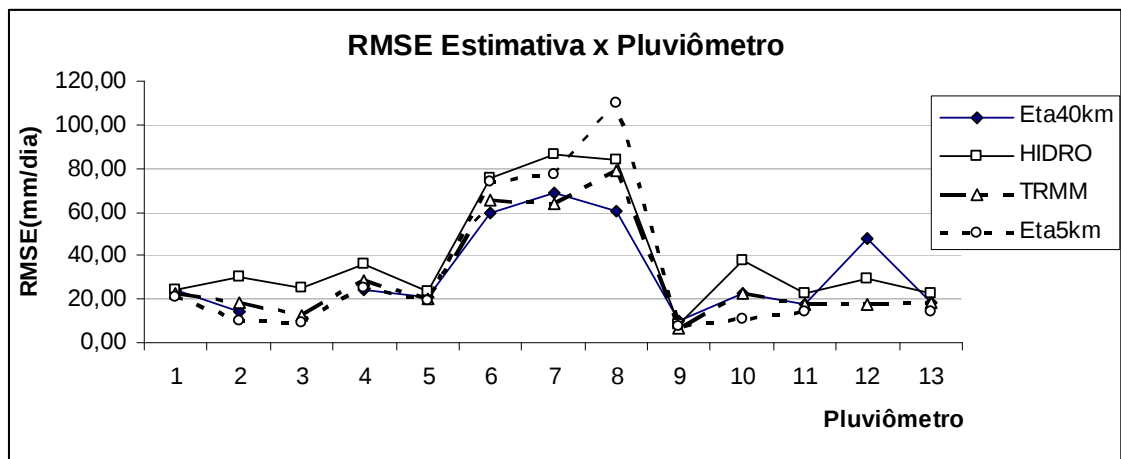


Figura 4. 17– Análise estática das PCDS (Estimativa Do Erro Médio Quadrático X PCDS).

4.3 Relação entre precipitação e os casos de inundação e deslizamento

A partir do levantamento de registros de ocorrência de inundação e de deslizamentos elaborou-se a Tabela 4.3, que relaciona os eventos já mencionados com as diferentes fontes de precipitação e também associados com o numero de vitimas.

Nesta Tabela 4.3 são apresentados os números de ocorrências por verão de cada ano para as 13 estações no período dos verões de 2004 até 2008, que foram previamente selecionadas pelo método da distancia euclidiana da busca da ocorrência do evento de deslizamentos e inundação; e a extração pontual do valor da grade dos dados estimados pelo método de interpolação bilinear.

Os valores mencionados na coluna denominada “Pluviômetro” referem-se ao acumulado de chuvas (mm/dia) durante a ocorrência (casos de eventos no verão de cada ano, em cada localidade) dos eventos de desastres. Os valores apresentados nas colunas Eta 5 km, Eta 40 km, TRMM e Hidroestimador representam os valores diários das precipitações previstas pelos diferentes modelos, para pontos de grades selecionados próximos aos locais de ocorrências dos eventos de desastres.

As 13 estações apresentam um total de 103 casos de inundações e 39 casos de deslizamentos, o TRMM3B42 por ter uma serie mais completo cujo acumulado e media para cinco verões é $2711,5 \text{ mm dia}^{-1}$ e media de precipitação de 21 mm dia^{-1} .

Destaca-se que das 13 estações pluviométricas analisadas, o algoritmo 3B42 (TRMM) foi que o previu mais chuva acumulada nas datas dos eventos ocorridos nos cinco verões analisados.

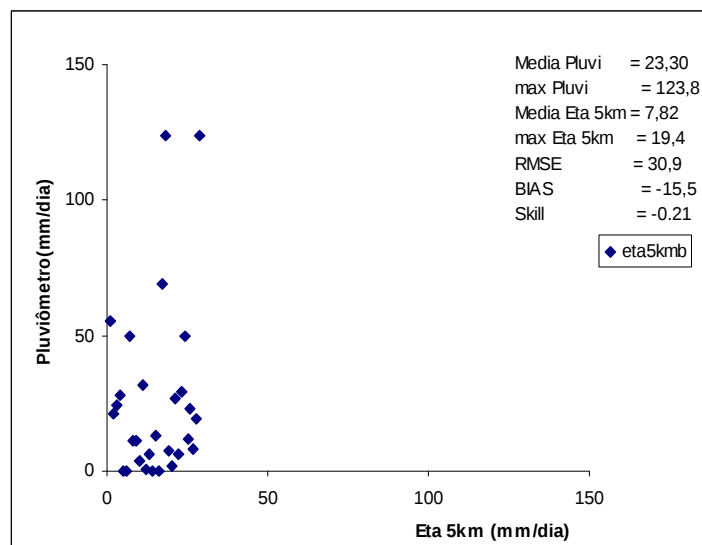
Tabela 4. 3 Estimativas de precipitação diária durante os verões de 2004 até 2008 durante a ocorrência de deslizamentos e inundações associados a suas vítimas nas diferentes municípios do Estado de São Paulo.

Nome da Estação: São Paulo															
ano	mês	dia	FE	DS	OB	DP	DA	DE	IN	DZ	Pluvi	Eta5km	Eta40km	TRMM3B42V6	Hidroestimador
2003	12	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Nan	0	0	Nan
2004	1	8	0	0	0	0	0	0	1	0	9,7	Nan	6,5	14,4	Nan
2004	1	30	0	0	0	239	35	0	1	0	7,4	Nan	1,1	0,8	Nan
2004	2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	Nan	6,6	19,7	Nan
2004	2	4	6	0	0	0	0	0	1	0	0	Nan	9,2	0	Nan
2004	2	13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Nan	0	0,7	Nan
2004	2	19	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Nan	0	3,5	Nan
2004	3	9	0	0	0	0	0	0	1	0	0,4	Nan	Nan	0,5	Nan
2004	12	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0,5	Nan	0	14,3	0
2005	3	17	2	0	2	0	0	0	1	0	0	Nan	Nan	12,9	0
2005	12	22	0	0	0	12	0	251	1	0	Nan	0,1	7,8	15,1	0
2005	12	30	2	0	0	0	0	120	1	0	Nan	Nan	0	28	21
2006	1	29	0	0	0	0	0	8	0	1	Nan	5,8	27,1	13,7	Nan
2006	1	30	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	16,3	12,8	5,6	Nan
2006	2	8	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	8,2	39,7	51,8	Nan
2006	3	2	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	3,9	Nan	0,7	0
2006	3	8	0	0	0	0	0	0	1	1	Nan	5,6	Nan	0	0
2006	3	20	0	0	0	0	0	8	1	0	Nan	0	Nan	0	0
2006	3	22	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	4,8	Nan	4,4	3
2006	12	4	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	1,4	18,4	42,5	28
2006	12	23	0	0	0	0	0	5	1	0	24,5	0,2	40,2	31,1	0
2006	12	31	0	0	0	6	0	0	1	1	28	14,8	24,1	31,9	69
2007	2	7	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6,6	0,7	0
2007	2	25	0	0	0	0	0	0	1	1	0	12,9	0	4,7	3
2008	2	18	7	0	1	0	0	0	1	0	50	0	6,6	13,2	14
2008	2	21	0	0	1	0	0	360	1	0	11	2,5	42,1	8,8	1
TOTAL			124	410	20	0	5	257	35	752	25	4			319
Nome da Estação: Cipo															
2004	1	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0,2	Nan	14,4	5,6	Nan
2004	12	5	1	0	0	0	0	0	1	0	50,6	Nan	0	8	2
2005	1	20	1	0	0	0	0	3	0	1	26,6	Nan	30,8	31,4	70
2005	3	17	2	0	2	0	0	0	1	0	2,6	Nan	Nan	19,1	0
2005	12	2	0	0	1	0	0	0	1	0	11,4	12,2	22,8	20,7	146
2006	1	29	0	0	0	0	0	8	0	1	42,2	2,7	4,2	26,6	Nan
2006	2	8	0	0	0	0	0	0	1	0	3,6	1,5	23,8	29,8	Nan
2006	2	10	0	0	0	0	0	6	1	0	31,8	15,8	37,1	37,3	Nan
2006	3	22	0	0	0	0	0	0	1	0	0,4	1,4	Nan	7,5	11
2006	3	29	1	0	0	0	0	0	1	0	65,4	Nan	Nan	84,2	13
2006	12	4	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	0	3	45,9	36
2007	2	25	0	0	0	0	0	0	1	1	Nan	0	0	33,5	0
2007	3	18	0	0	0	8	8	150	0	1	Nan	10,8	Nan	20	3
2008	1	20	3	0	1	0	0	0	0	1	Nan	10,8	40,3	4,2	11
2008	1	29	1	0	0	0	0	40	0	1	Nan	20,1	24,1	101,5	70
2008	2	17	0	0	1	0	0	0	1	0	Nan	12,6	4,1	13,6	17
2008	2	18	7	0	1	0	0	0	1	0	Nan	2	10,6	8,3	0
2008	2	21	0	0	1	0	0	360	1	0	Nan	0,6	2,2	1,9	6
TOTAL			65	302	16	0	7	8	8	567	13	6			499,1
Nome da Estação: Guarulhos															
2004	1	23	0	0	0	0	0	0	1	0	89,5	Nan	Nan	33,2	Nan
2004	2	13	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	Nan	Nan	0,1	Nan
2004	2	21	0	0	0	0	0	0	1	1	Nan	Nan	Nan	24,7	Nan
2004	3	6	0	0	0	0	0	0	0	1	138,4	Nan	Nan	30,1	Nan
2005	1	8	0	0	1	40	40	15	0	1	39,1	Nan	Nan	22,6	0
2005	3	12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Nan	Nan	5,8	12
2005	12	18	0	0	0	0	0	0	1	0	69,3	0,8	Nan	12,6	2
2006	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	Nan	Nan	60,5	Nan
2006	2	10	0	0	0	0	0	85	1	0	34,3	23	Nan	17,3	Nan
2006	3	10	0	0	0	0	0	117	1	1	27,7	0,6	Nan	36,2	4
2006	12	15	0	0	0	0	0	0	1	0	66,1	0	Nan	0	0
2006	12	31	0	0	0	0	0	20	1	1	34,9	13,3	Nan	30,3	35
2007	1	4	0	0	0	0	0	0	1	0	38,9	11,1	Nan	15,5	66
TOTAL			55	174	0	0	1	40	40	237	11	5			288,9
Nome da Estação: Iquape															
2004	1	27	0	0	0	79	0	0	1	0	51	Nan	48,3	16,6	Nan
2004	1	29	0	0	0	416	0	0	1	0	8	Nan	27,9	16,6	Nan
2005	1	25	0	0	0	234	0	400	1	0	11	Nan	20,1	28,5	65
2008	1	12	0	0	0	0	0	0	1	1	0	7,1	10,9	11,6	0
TOTAL			4	93	0	0	0	729	0	400	4	1	70	107,2	73,3

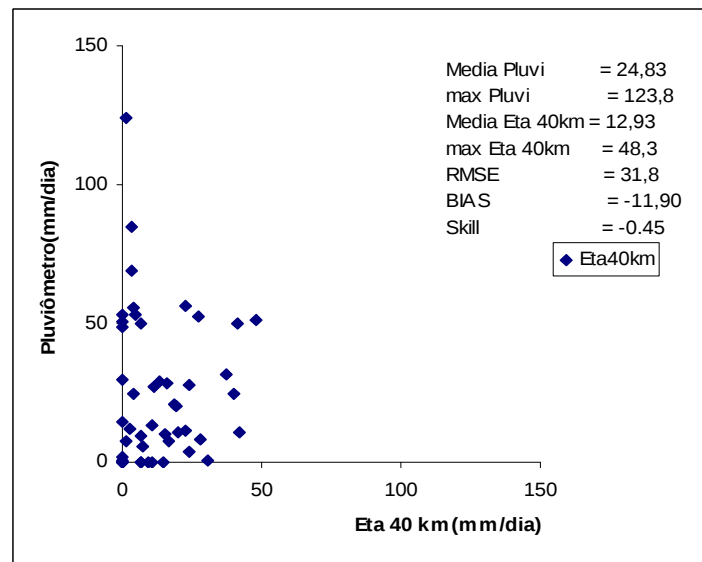
Nome da Estação: Cachoeira Paulista																
2004	3	5	0	0	0	0	0	0	0	1	9,8	Nan	Nan	20,4	Nan	
2006	1	5	4	0	0	0	0	8	0	1	41,7	Nan	32,1	26,5	Nan	
2006	2	16	0	0	0	6	0	0	1	0	7,5	8,8	16,4	42,7	Nan	
TOTAL	6	26	4	0	0	6	0	8	1	2	59			89,6		
Nome da Estação: São José dos Campos																
2004	2	26	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	Nan	6	12,1	Nan	
2005	1	10	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	Nan	2,7	13,4	13	
2005	1	26	0	0	0	0	0	7	1	0	Nan	Nan	15,2	58,6	5	
2005	2	13	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	Nan	3,8	5	0	
2006	1	1	0	0	0	0	0	14	0	1	Nan	Nan	4,9	9,4	Nan	
2006	1	2	0	0	0	0	0	14	0	1	Nan	Nan	16,1	25	Nan	
2006	1	3	0	0	0	0	0	14	0	1	Nan	Nan	26,2	63,4	Nan	
2006	1	4	0	0	0	0	0	14	0	1	Nan	Nan	5,3	39,9	Nan	
2006	1	5	0	0	0	0	0	14	0	1	Nan	Nan	39,9	19,7	Nan	
2006	1	6	0	0	0	0	0	14	0	1	Nan	Nan	0,6	15,9	Nan	
2006	1	7	0	0	0	0	0	14	0	1	Nan	Nan	0	1,2	Nan	
2006	2	9	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	12,9	14	30,4	Nan	
2006	2	15	0	0	0	0	0	0	1	1	Nan	17	6	13,3	Nan	
2006	12	27	0	0	0	0	0	1	1	0	Nan	6,3	18,1	34	52	
2007	3	23	0	0	0	0	0	9	1	0	Nan	18,6	Nan	3,6	16	
2008	1	2	0	0	0	0	0	65	0	1	Nan	8,9	0	22,7	0	
2008	1	12	0	0	1	8	0	1600	1	0	Nan	4,9	0,1	24,3	14	
2008	2	10	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	3,6	5	25,3	46	
TOTAL	36	201	0	0	1	8	0	1780	10	9				417,2		
Nome da Estação: Sorocaba																
ano	mês	dia	FE	DS	OB	DP	DA	DE	IN	DZ	Pluvi	Eta5km	Eta40km	TRMM3B42V6	Hidroestimador	
2005	1	21	0	0	0	0	0	0	1	0	52,4	Nan	27,5	6,1	0	
2005	3	17	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	Nan	Nan	2,3	0	
2006	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	Nan	16,4	8,1	Nan	
2006	2	21	0	0	0	0	0	13	1	0	Nan	4,1	20,2	11,6	Nan	
2006	3	6	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	0	Nan	27,4	0	
2008	1	20	0	0	1	0	0	0	1	0	Nan	25,3	35,9	16,8	8	
2008	3	13	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	20,6	Nan	22,6	Nan	
TOTAL	14	100	0	0	1	0	0	13	7	0				94,9		
Nome da Estação: Campinas																
2003	12	1	0	0	0	93	0	0	1	0	123,6	Nan	0	35,6	Nan	
2004	1	30	0	0	0	120	0	0	1	0	52,9	Nan	0,1	27,8	Nan	
2004	2	20	0	0	0	20	0	0	1	0	10	Nan	15,2	12,2	Nan	
2005	1	4	0	0	0	10	0	18	0	1	25	Nan	8,3	24,6	22	
2005	1	18	6	0	0	432	0	1020	1	0	56	Nan	3,8	33	0	
2005	1	19	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Nan	12,9	71,6	18	
2005	1	25	0	0	0	0	0	0	1	0	20	Nan	19,4	10,8	14	
2005	3	15	0	0	0	0	0	0	1	0	40	Nan	Nan	38,6	62	
2005	3	23	0	0	0	0	0	0	1	0	21	Nan	Nan	31,3	2	
2005	3	24	0	0	0	154	154	0	1	0	135	Nan	Nan	35,3	54	
2006	1	3	0	0	0	10	0	0	1	0	53	Nan	4,7	42	Nan	
2006	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3,2	0	7,8	0	
2006	3	29	0	0	0	8	8	0	1	1	53	Nan	Nan	68,3	52	
2007	1	5	0	0	0	31	0	43	0	1	4	19	20,1	9,1	39	
2007	1	18	0	0	0	0	0	0	1	0	27	11,4	11	29,2	43	
2008	2	7	0	0	0	0	0	0	1	0	6	2,2	7,6	6,8	34	
2008	8	13	0	0	0	14	0	0	1	0	Nan	Nan	Nan		Nan	
TOTAL	47	255	6	0	0	892	162	1081	14	4	629,5			484		
Nome da Estação: Presidente Prudente																
2007	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	84,8	Nan	3,3	9,7	19	
2007	1	9	0	0	0	10	10	60	1	0	28,4	Nan	16,3	3,9	0	
2007	2	11	0	0	0	0	0	2	1	0	24,9	Nan	3,9	22,1	22	
TOTAL	4	22	0	0	0	10	10	62	3	0	138,1		23,5	35,7	41	
Nome da Estação: Bauru																
2004	2	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0,6	Nan	30,5	31,8	Nan	
2005	1	21	0	0	0	0	0	0	0	1	49	Nan	52,7	0	5	
2006	1	8	0	0	0	0	0	0	1	0	Nan	Nan	0	22,6	Nan	
2006	3	6	0	0	0	0	0	5	1	0	Nan	1,9	Nan	0,4	0	
2007	1	28	0	0	0	0	0	0	1	0	29	16,3	13,2	7,3	28	
2007	12	12	0	0	0	0	0	0	1	0	50	19,1	41	18,6	54	
2008	1	26	0	0	0	0	0	0	1	1	12	3,8	2,4	6,1	0	
TOTAL	21	107	0	0	0	0	0	5	6	2				86,8		
TOTAL DE OCORRENCIAS																
			52	0	18	2174	403	4917	103	39				2711,5		

*Nan = ausência de dados.

Observa-se no gráfico Figura 4.18 a,b, e Figura 4.19 c, d que o valor do Bias tem valor negativo em todos os casos, quer dizer que subestima a precipitação. Em relação à magnitude do erro das previsões, verificou-se que o valor médio do *RMSE* foi de 30.9 mm para o modelo ETA 5 km, 31.8 para o Modelo ETA 40 km, 29.7 para o caso do TRMM 3b42 V6 é 31.8 para o caso do Hidroestimador. Observando que o valor médio do *RMSE* variam entre 29 mm e 32mm para as diferentes fontes para os casos de inundação .

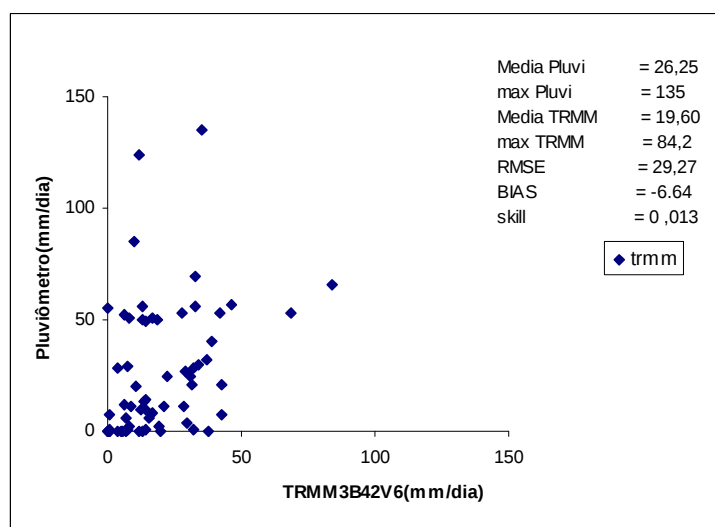


(a)

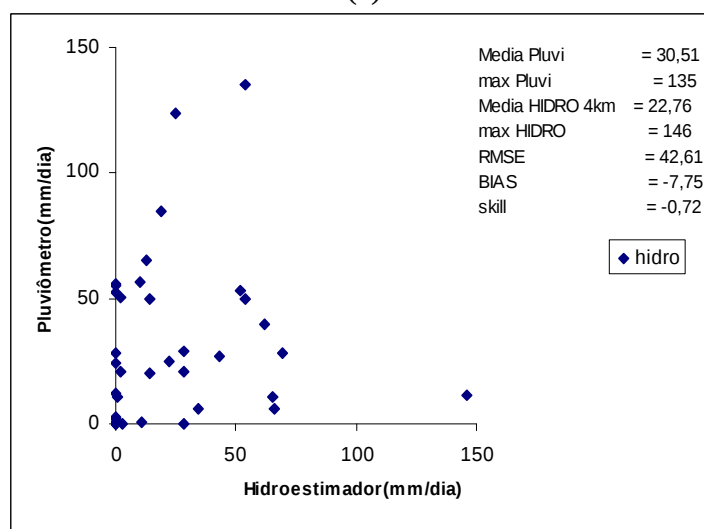


(b)

Figura 4. 18 – Estimativas de Precipitação a) Pluviômetro x Eta 5km , b)Pluviômetro x Eta 40km durante a ocorrência de inundações



(a)



(b)

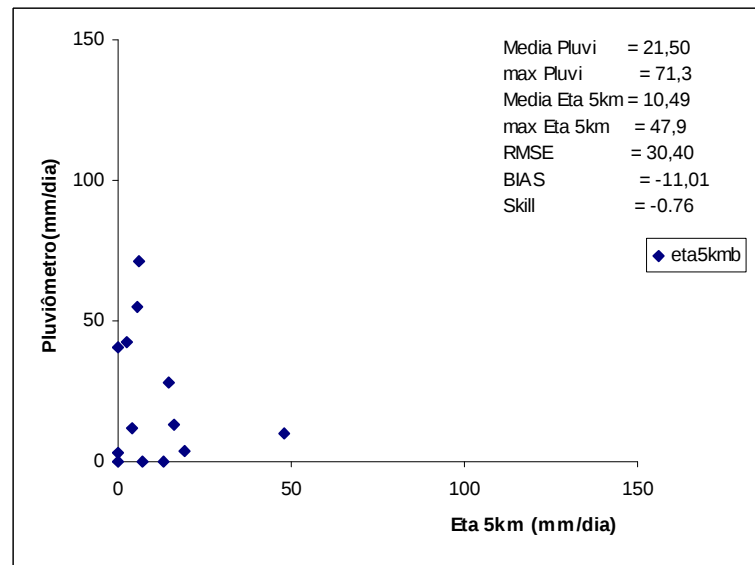
Figura 4. 19 – a) Pluviômetro x TRMM3B42v6, b)Pluviômetro x Hidroestimador, durante a ocorrência de inundações

Percebe-se pelos gráficos anteriores que os métodos de estimativa por satélite apresentam resultados que parecem estar mais correlacionados com as observações feitas pelos pluviômetros. As estatísticas mostradas para os dois métodos (TRMM-3B42 e Hidroestimador) estão de acordo com os resultados de validação desses métodos feitos operacionalmente pelo CPTEC no sítio eletrônico <http://sigma.cptec.inpe.br/validacao/>.

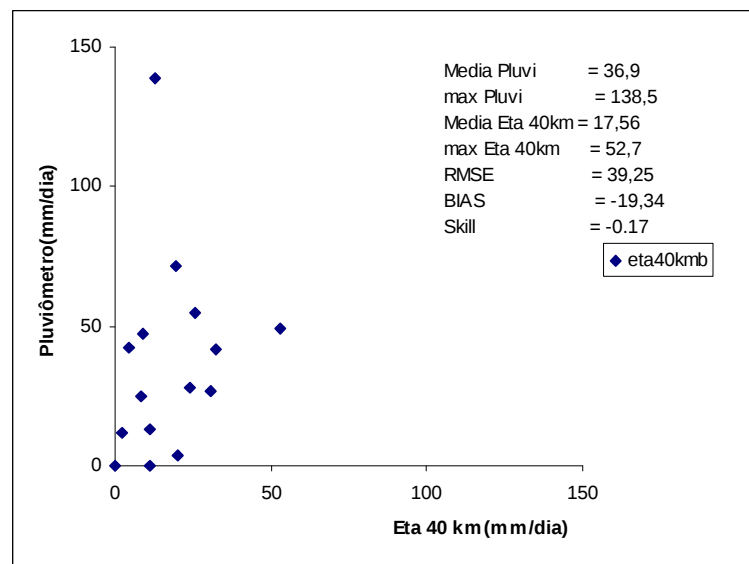
No caso da ocorrência de deslizamento observa-se no gráfico Figura 4.20 a,b, que o valor do Bias tem valor negativo quer dizer que subestima a precipitação. No entanto na

Figura 1.21 a,b. o valor do Bias tem valores positivos indicando superestimativas na precipitação.

No entanto verificou-se que o valor médio do RMSE para o modelo ETA 5km foi de 30.4 mm, Modelo ETA 40 km foi de 39.25, para o caso do TRMM 3b42 V6 é 29,40, para o caso do Hidroestimador foi 46,42. Observando que o valor médio do RMSE variam entre 29,4 mm e 46,5 mm para as diferentes fontes .

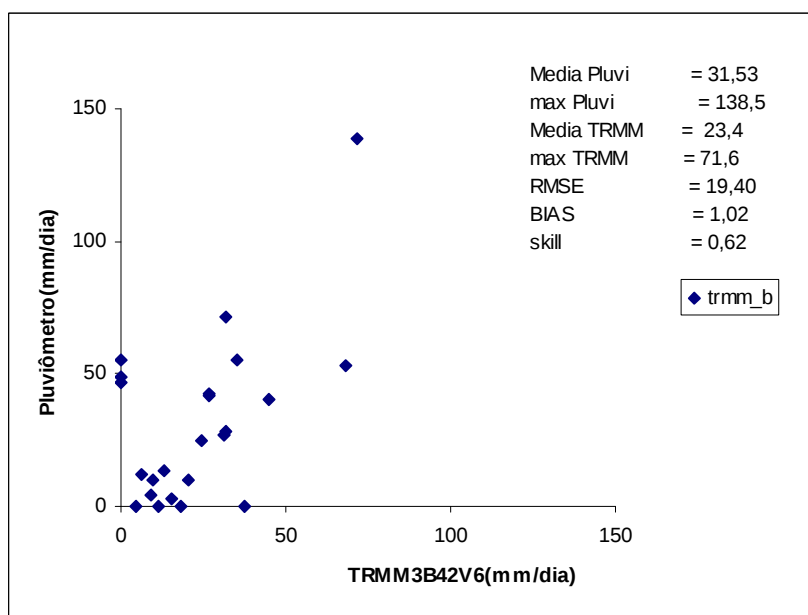


(a)

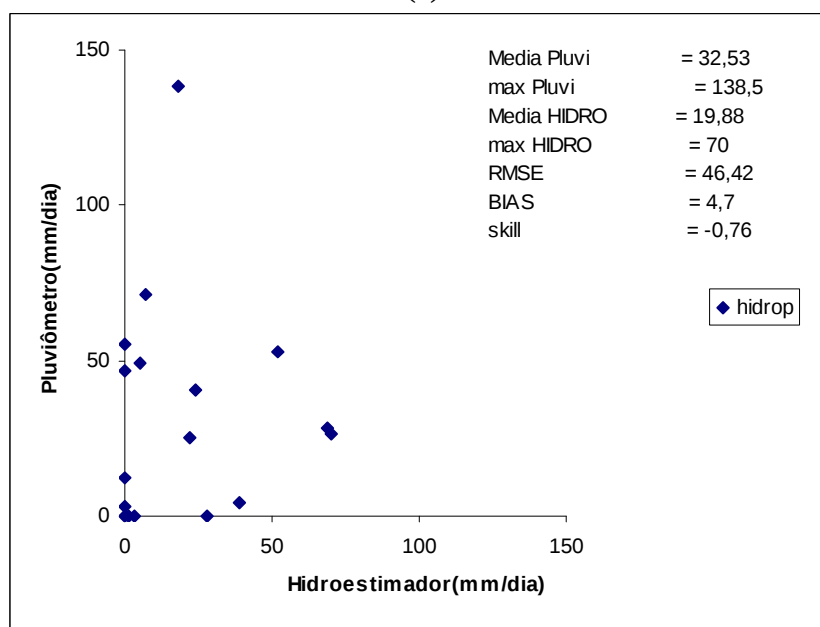


(b)

Figura 4. 20– Estimativas de Precipitação a) Pluviômetro x Eta 5km , b)Pluviômetro x Eta 40km durante a ocorrência de deslizamento.



(a)



(b)

Figura 4. 21 – a) Pluviômetro x TRMM3B42v6, b)Pluviômetro x Hidroestimador, durante a ocorrência de deslizamento

5. Identificação da precipitação durante a ocorrência de deslizamento e inundação e sua associação com os sistemas sinóticos

Os compostos dos campos atmosféricos foram construídos na intenção de se obter um campo único e representativo das anomalias atmosféricas que resultaram nos eventos de deslizamentos e inundações sobre a região do Estado de São Paulo durante os verões (DJFM) de 2004 até 2008.

De um total de 103 casos de ocorrências inundação e 39 casos deslizamentos, localizados em 12 municípios atingidos mostrados na tabela 4.3 foram selecionados apenas os casos que obtiveram relacionados com os casos atuação da ZCAS e penetração de frentes durante os 5 anos de estudo.

Os valores de casos de deslizamentos e de inundações foram subtraídos da climatologia de ZCAS(11 verões) e frente(9 verões), para a obtenção das anomalias dos principais campos.

- Caso 1.1: Durante a ocorrência de deslizamento no estado de São Paulo e atuação da frente fria na área 2.
- Caso 1.2: Durante a ocorrência de deslizamento e atuação da frente fria na área 3.
- Caso 2: Durante a ocorrência de deslizamento e atuação da ZCAS na área 3
- Caso 3: Durante a ocorrência de inundação e atuação ZCAS na área 3
- Caso 4.2: Durante a ocorrência inundação e atuação frente fria associada na área 3
- Caso 4.3: Durante a ocorrência inundação e atuação frente fria associada na área 3

Essa seleção se realizou com ajuda da revista Climanálise a partir da qual se identificaram os casos de ZCAS e frentes frias mostrados na tabela 5.1 para as latitudes nas seguintes áreas; área 1 (1°N e 35°S), área 2 (11°S e 50°S), e área 3(20°S e 25°S), mostradas na Figura 5.1.

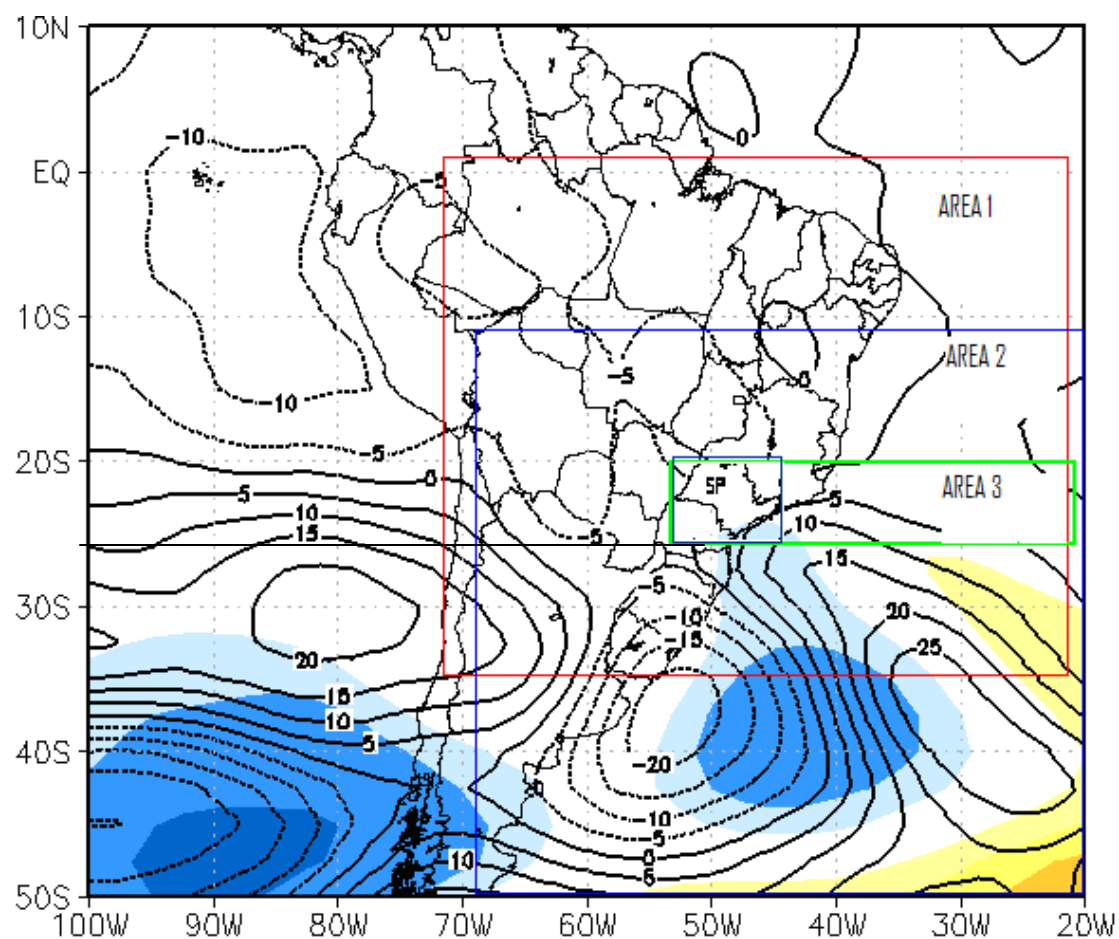


Figura 5. 1 - Áreas da ocorrência de deslizamento e inundação durante a atuação da ZCAS e penetração das Frentes

Tabela 5. 1– Número de casos dos eventos de deslizamento e inundações que ocorreu devido à penetração de frentes e/ou devido à atuação da ZCAS na região de estudo e, as datas correspondentes a atuação desses eventos.

Eventos	Total de eventos	Total de eventos	Datas dos Eventos
Caso 1.1 Deslizamento (SP) – Frente (área 2)	12	12/39= 31%	20/1/2005; 20/1/2008; 21/2/2004 8/1/2005 ;10/3/2006 ; 8/2/2006 25/3/2006;12/12/2007;23/2/2004 19/1/2005 ;29/3/2006 ;21/1/2005
Caso 1.2 Deslizamento (SP) – Frente (área 3)	2	2/39=5%	8/02/2006; 25/03/2006
Caso 2 Deslizamento (SP) – ZCAS(área 1)	21	21/39=54%	8/3/2006 ; 31/12/2006; 20/1/2005 20/1/2008; 21/2/2004; 10/3/2006 31/12/2006;11/12/2004 ;16/3/2008 23/2/2004; 5/1/2006;1/1/2006 2/1/2006; 3/1/2006 ;4/1/2006 5/1/2006 ; 6/1/2006 ;7/1/2006 19/1/2005 ; 5/1/2007 ; 21/1/2005
Caso 3 Inundação(SP) – ZCAS(área 1)	36	36/103=35%	17/3/2005; 2/3/2006; 8/3/2006 31/12/2006; 7/2/2007;17/3/2005 10/2/2006; 21/2/2004; 3/1/2006 10/2/2006; 10/3/2006; 15/12/2006 31/12/2006; 4/1/2007; 27/1/2004 29/1/2004; 20/2/2004; 24/12/2005 13/2/2005; 9/2/2006 ; 27/12/2006 23/3/2007 ; 21/1/2005; 17/3/2005 2/1/2006 ; 20/1/2008 ;13/3/2008 20/2/2004; 18/1/2005 ;15/3/2005 3/1/2006; 1/3/2006 ;7/2/2008 2/1/2007; 9/1/2007; 8/1/2006
Caso 4.1 Inundação (SP) – Frente (área 2)	37	37/103=36%	2/2/2004; 19/2/2004 ; 9/3/2004 17/3/2005; 30/1/2006 ; 8/2/2006 17/3/2005 ; 8/2/2006; 29/3/2006 23/1/2004; 21/2/2004;18/12/2005 10/3/2006; 25/1/2005; 26/1/2005 8/2/2006; 25/3/2006; 20/2/2004 19/2/2004; 3/3/2004; 24/12/2005 10/1/2005; 26/1/2005 ;21/1/2005 17/3/2005; 20/1/2008; 1/12/2003 20/2/2004; 18/1/2005; 25/1/2005 15/3/2005; 23/3/2005; 24/3/2005 29/3/2006; 11/2/2007; 6/2/2004 12/12/2007
Caso 4.2 Inundação(SP) – Frente (área 3)	3	3/103=3%	25/1/2005; 8/2/2006; 25/3/2006

A seguir se apresenta os campos de anomalias dos casos de chuvas intensas associadas à situação de frentes frias e ZCAS respeito da climatologia destes últimos sistemas nas três áreas já mencionadas. Dita climatologia foi realizada com ajuda da revista CLIMANÁLISE, a partir da qual se escolheram os casos respectivos e utilizando as reanálises do NCEP para compor os campos. As variáveis escolhidas permitem determinar as principais características térmicas e dinâmicas dos sistemas envolvidos. Em particular, a espessura 500/1000 hPa fornece informação sobre a estrutura baroclínica (a través de seu gradiente) e do campo térmico.

5.1 Análise dos casos de Deslizamento / Frentes na área 2, Deslizamento / Frentes na área 3 e Deslizamento / ZCAS na área 1.

Nos casos de frentes frias (caso 1.1 e 1.2) da Figura 5.2, a estrutura térmica permite concluir que os sistemas escolhidos representam casos mais intensos que o normal. Isso pode se comprovar a partir da estrutura térmica (espessura 500/1000 hPa) que mostra anomalias positivas na faixa que se estende desde a Região Sudeste ao Oceano Atlântico e valores negativos sobre as latitudes mais altas. Em outras palavras, o contraste térmico através da região frontal, localizada aproximadamente sobre o Estado de São Paulo, é maior em comparação com a climatologia. Por outro lado, as anomalias de altura geopotencial mostram um cavado mais profundo que o normal sobre o Oceano Atlântico e anomalias positivas no extremo sul do domínio analisado. Esse padrão poderia sugerir alguma vinculação com sistemas de bloqueio ou, pelo menos, com situações de baixo índice de circulação zonal. Note-se que o padrão de anomalias das figuras 5.1a e 5.1b é relativamente semelhante, o que resulta interessante desde o ponto de vista da previsão de tempo.

Nos casos associados a ZCAS, (Figura 5.2c) também aparece um contraste de térmico mais intenso respeito da climatologia entre as regiões Sul e Sudeste, embora com um padrão de onda diferente do caso de frentes. Novamente, o índice de circulação zonal nas latitudes altas resulta menos intenso que o normal. É interessante destacar que o padrão de anomalias no Oceano Atlântico resulta relativamente semelhante ao achado para os casos de frentes frias. Isso poderia indicar que o tipo de ZCAS analisada surja

da passagem de frentes frias, que posteriormente se tornam estacionárias nas proximidades do Estado de SP.

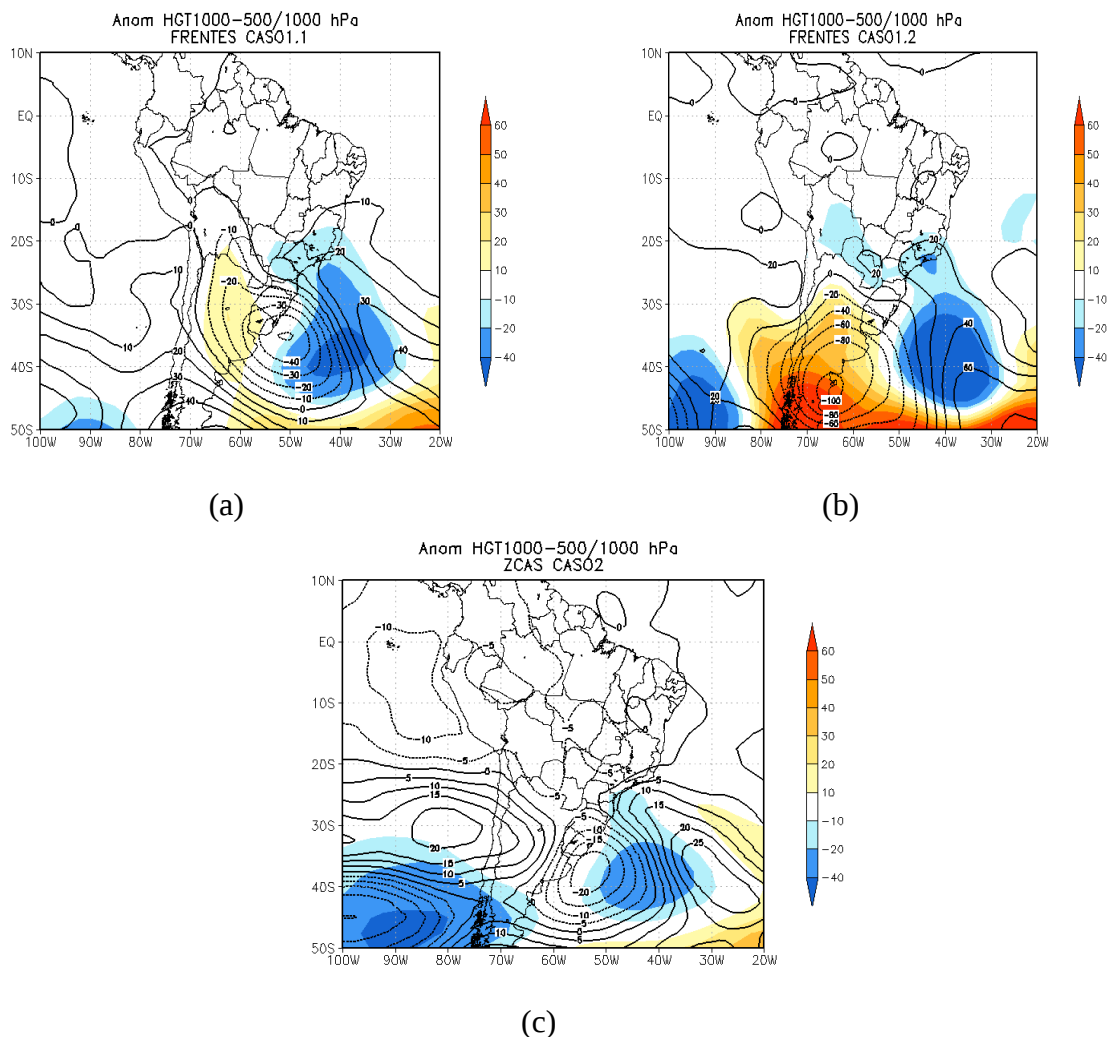


Figura 5. 2 - Anomalias de altura geopotencial 1000 hPa (sombreado) e espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações das frentes caso 1.1(a) e caso1.2(b) e ZCAS no caso 2 durante a ocorrência de deslizamento.

O campo de vento e umidade específica para o nível de 850 hPa tanto nas (Figuras 5.3.a e 5.3.b) mostra também padrões semelhantes com máximo de umidade sobre as regiões sudeste e centro-oeste do Brasil, que são mais acentuados no caso das situações de frentes. Um fato destacado é que em todas as situações analisadas os campos de ventos apresentam uma maior convergência, respeito da climatologia. Em particular, os casos de ZCAS mostram também um maior transporte de umidade (maior vento e/ou maior conteúdo de umidade) desde a região amazônica. A Figura 5.3 é também coerente com a Figura 5.2, mostrando a atuação de uma massa mais

quente, úmida e com maior escoamento de norte ao norte dos sistemas escolhidos e uma mais fria, seca e com ventos de sul mais intensos nas latitudes mais altas.

O campo de vento nesse nível mostra um máximo anômalo localizado sobre a região centro-oeste do Brasil tanto no caso de frentes como no de ZCAS mostrada na Figura 5.3.c, sendo que mais intenso para situação de frentes.

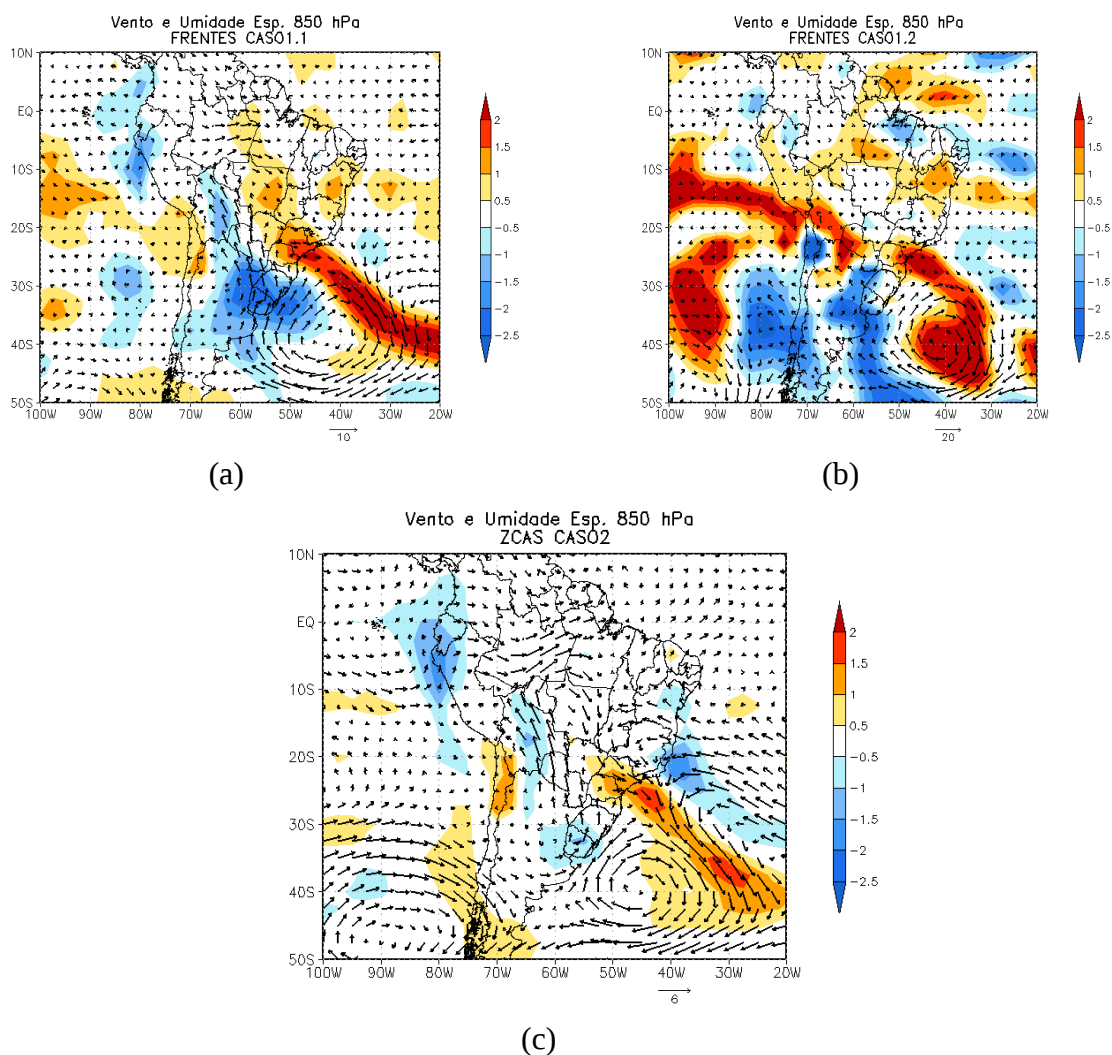


Figura 5. 3 - Anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações de frentes para caso 1.1(a) , caso1.2(b) e ZCAS o caso 2 (c) na ocorrência de deslizamento.

O campo das anomalias das linhas de corrente e magnitude do vento para o nível de 200 hPa tanto nas Figura 5.4.a e Figura 5.4.b mostram uma formação de circulação ciclônica sobre as latitudes mais altas durante a penetração das frentes frias, associada ao cavado em altos níveis e uma anomalia anticiclônica próxima da região Sudeste. Novamente fica evidente que a onda atmosférica associada às perturbações escolhidas é mais intensa que sua climatologia. Uma situação relativamente semelhante se observa na Figura 5.4.c durante a atuação de ZCAS no caso de deslizamento.

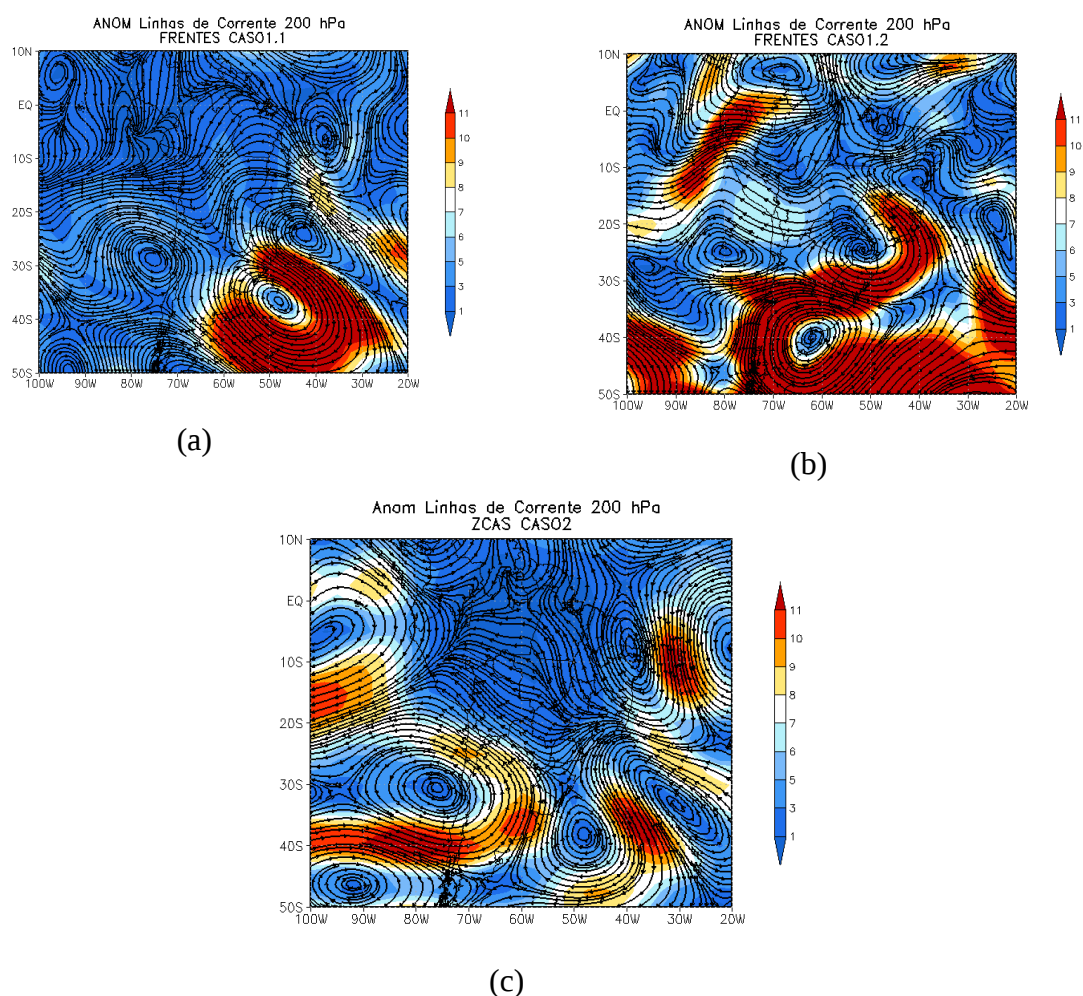


Figura 5.4 - Anomalias das linhas de corrente e magnitude do campo de vento(sombreado) em 200 hPa correspondentes às situações de frentes na caso 1.1 (a) , caso 1.2(b) e às atuação da ZCAS no caso2 (c) durante a ocorrência de deslizamento.

Os campos de Radiação de Onda Longa emergente (ROL) são úteis para avaliar as características da nebulosidade de topo elevado (normalmente associadas à convecção

profunda nas latitudes tropicais), que usualmente prevalece nas situações de chuvas extremas.

Na figura 5.5.a o campo das anomalias do ROL para a área 2 mostra anomalias negativas mais intensas que na área 3 da figura 5.5.b para o Estado de São Paulo durante a ocorrência de casos deslizamentos durante a atuação de frentes frias. Por tanto indicando atividade convectiva acima da media.

No caso da figura 5.5.c indica também anomalias negativas para o estado de São Paulo durante a atuação da ZCAS na área 1 com presença de atividade convectiva acima da media.

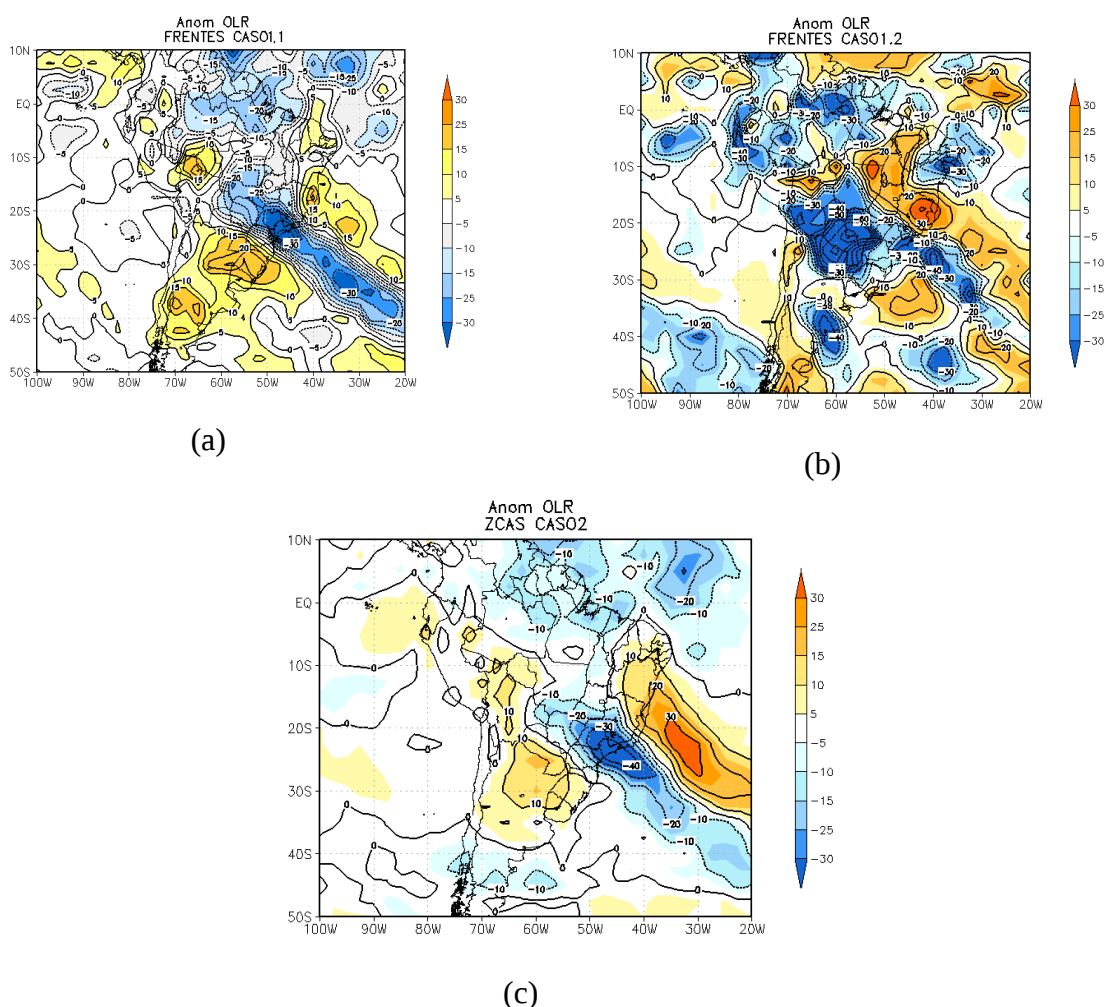


Figura 5. 5 - Anomalias de ROL na área 2 (a), área 3 (b), correspondentes às situações de frentes e anomalias de ROL na área 1 (c) correspondentes à atuação da ZCAS durante a ocorrência de deslizamento.

5.2 Análise de casos Inundação / ZCAS na área 1, Inundação / Frentes na área 2 e Inundação / Frentes na área 3.

As anomalias de altura geopotencial ao nível de 1000hPa e de espessura na camada 500/1000 hPa para os eventos de inundação que ocorreram na presença tanto de ZCAS (a) , como de frentes área 2 (b) área 3 (b) são apresentadas na Figura 5.6.

O padrão de altura geopotencial no nível de 1000 hPa mostra anomalias negativas sobre o Oceano Atlântico relacionadas com a extensão anômala do anticiclone subtropical até a Região Sudeste (Figura 5.6a). Anomalias negativas são observadas na Figura 5.6b sobre o Atlântico Sul e a região Sudeste. Já no caso das frentes (Figura 5.6.b) observa-se um intenso centro de anomalias negativas sobre a região Sudeste e Sul do Brasil estendendo para o Oceano Atlântico sul, indicando as respectivas regiões dos cavados. O campo de espessura 500/1000 hPa mostra um contraste de temperatura mais intenso que na climatologia desses casos, destacando-se em ambos os casos a presença de um ambiente mais quente sobre o estado de SP. Isso significa que as chuvas ocorreram dentro de uma massa de ar comparativamente mais quente, o que pode provavelmente indicar um maior conteúdo de umidade e uma maior instabilidade convectiva.

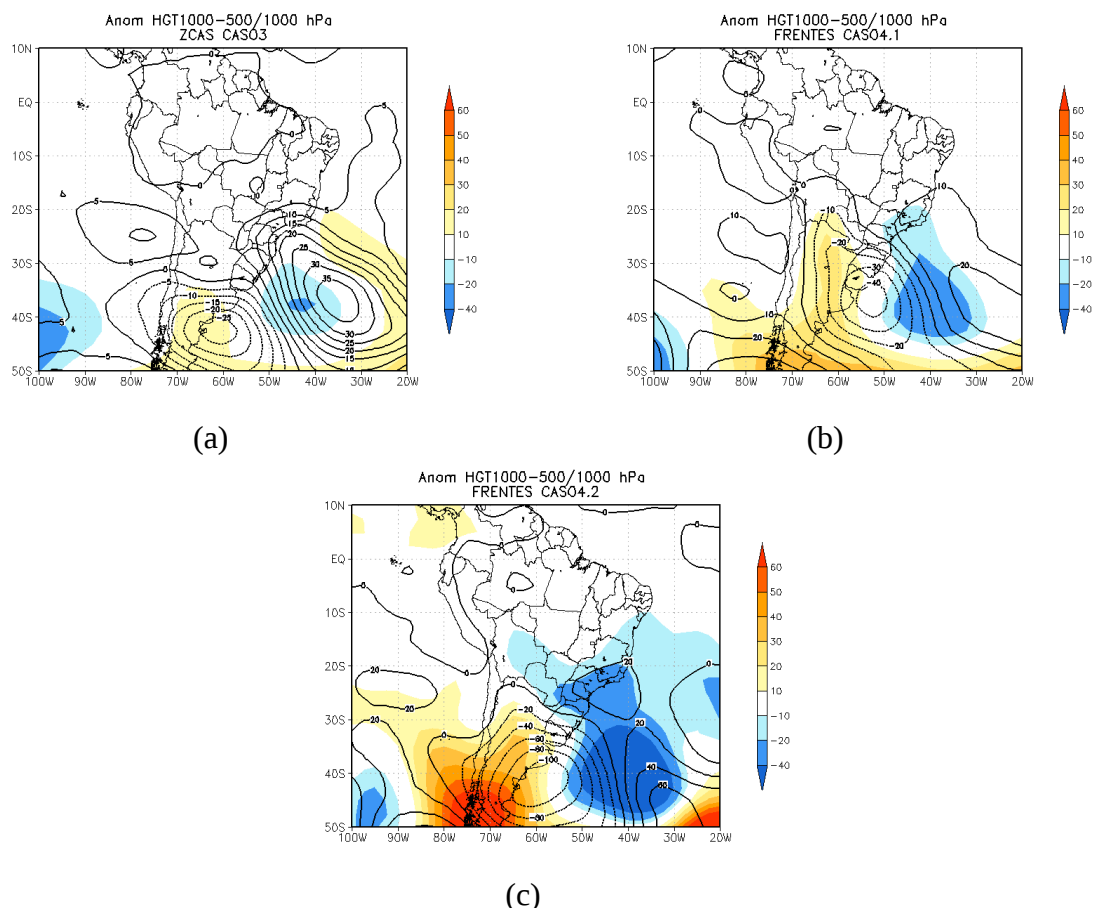


Figura 5. 6 - Anomalias de altura geopotencial 1000 hPa e espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações das ZCAS no caso 3(a) e as frentes caso 4.1(b) e caso4.2(c) e durante a ocorrência de inundações.

A Figura 5.7.a apresenta o mapa de vento e umidade específica no nível de 850 hPa, onde observa-se máximos de umidade sobre as regiões sul, sudeste e oceano Atlântico, que são mais acentuados nas situações de ZCAS. Para os casos 4.2. na Figura 4.1.c mostra maior intensidade de vento e umidade que no caso4.1 na Figura 4.2.b durante a ocorrência de inundações no Estado do São Paulo. Novamente, surge das figuras uma maior convergência dos ventos na região afetada pelas chuvas e um maior transporte de umidade desde o interior do continente nas Figuras 5.7.a e, especialmente, na Figura 5.7.c.

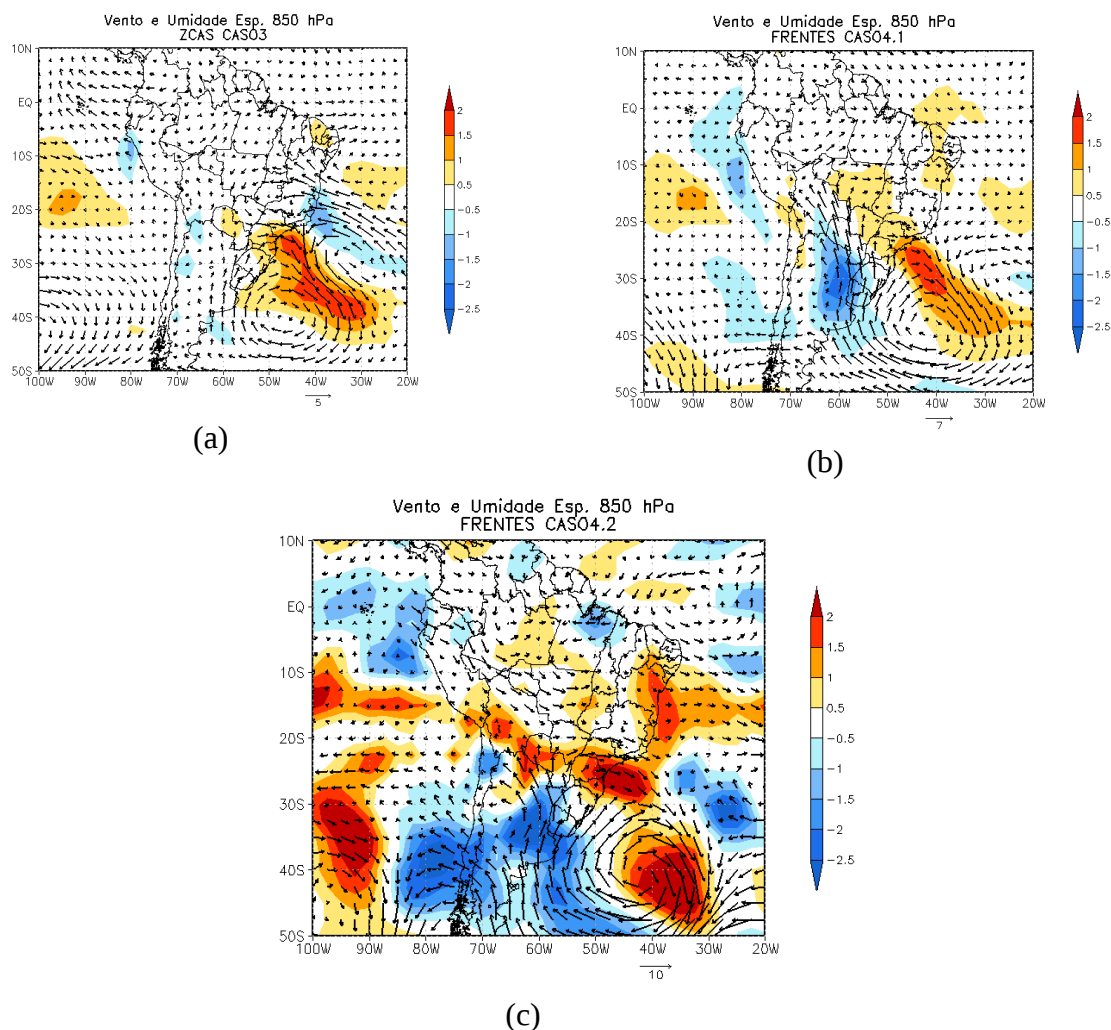


Figura 5. 7 - Anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações de ZCAS para caso 3(a) e atuação das frentes nos caso4.1(b) e caso 4.2 (c) na ocorrência de inundações.

Na Figura 5.8.a mostra se as anomalias das linhas de corrente e magnitude do vento para o nível de 200 hPa onde aprecia se forte gradiente das linhas no Estado de São Paulo durante a atuação de ZCAS com ocorrência de inundações .

Na Figura 5.8.b. e Figura 5.8.c mostra se a formação de uma da circulação anticiclônicas no Estado de São Paulo e uma circulação ciclônica mais para sul no caso da penetrações das frentes durante a ocorrência de inundações.

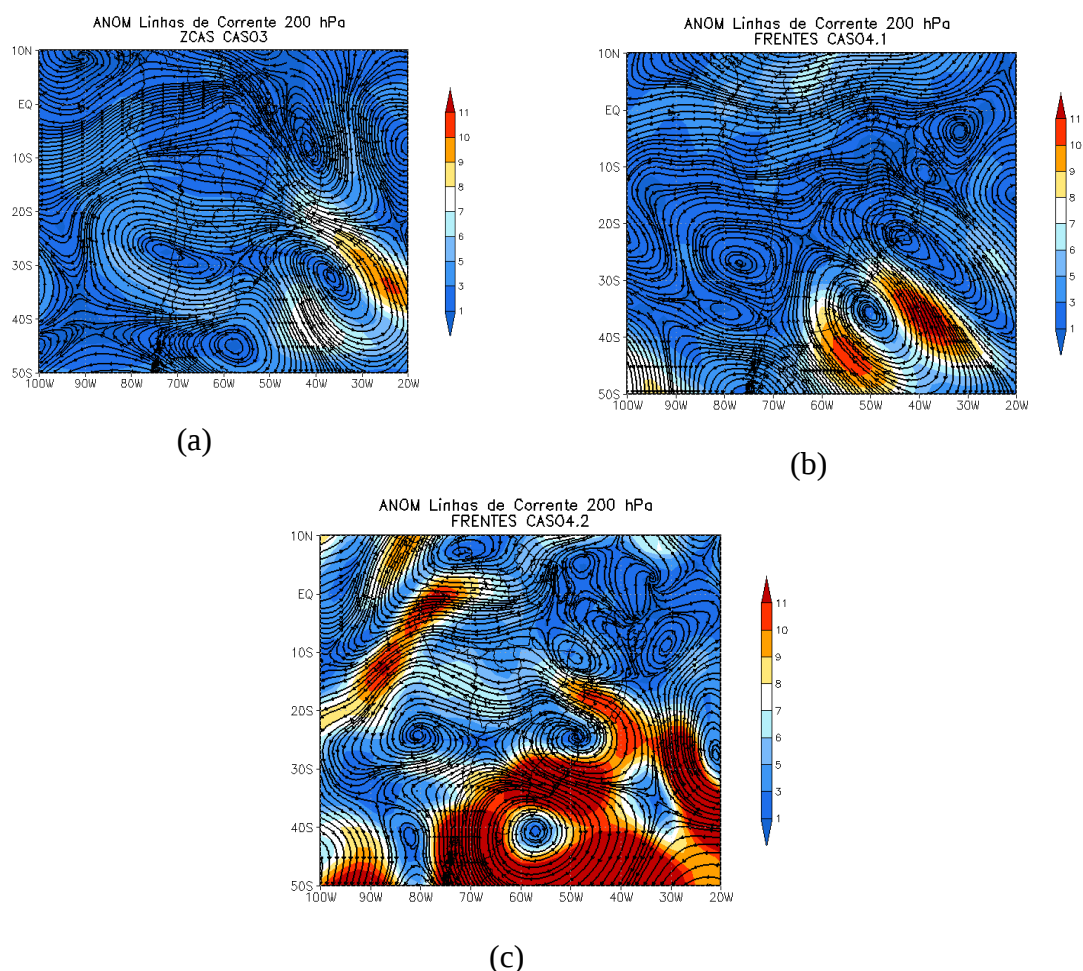


Figura 5. 8 - Anomalias das linhas de corrente e magnitude do campo de vento em 200 hPa correspondentes às situações de ZCAS na Área1 (a) correspondentes às atuações das frentes na Área2 (b) a Área3 (c) durante a ocorrência de inundação.

Na Figura 5.9.a indica também anomalias negativas de ROL para o estado de São Paulo durante a atuação da ZCAS na Área 1 indicando chuva acima da média desses casos.

No caso da Figura 5.9.c na área 3 o campo das anomalias negativas do ROL e são mais intensas comparadas com a figura 5.9.b da área 2 para o estado de São Paulo indicando atividade convectiva acima da média.

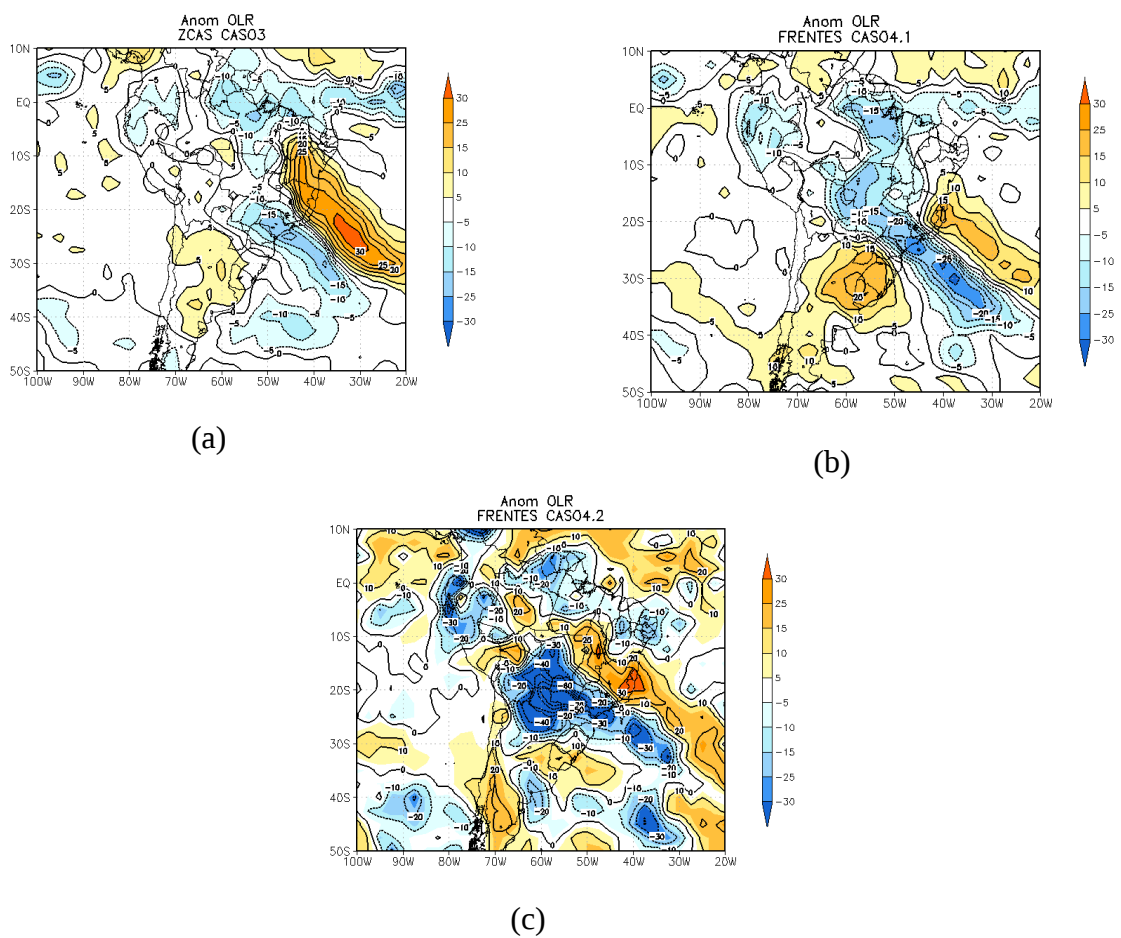


Figura 5. 9 - Anomalias de ROL na área 1 (a) correspondentes à atuação da ZCAS e anomalias de ROL na Área 2 (b) e área 3 (c) correspondentes à atuação das frentes durante a ocorrência de inundação.

6. Identificação da precipitação extrema durante a ocorrência de deslizamento e inundação e a sua associação com os sistemas sinóticos

Os compostos dos campos atmosféricos foram construídos na intenção de se obter as principais características atmosféricas que resultaram nos eventos de deslizamentos e inundações sobre a região de estudo durante os verões (DJFM) de 2004 até 2008. Do total de 77 casos de inundação e 32 de deslizamentos, durante os 5 anos de estudo foram selecionados apenas os casos que obtiveram chuvas acima de 50 mm. A Tabela 6.1 mostra os casos dos eventos de deslizamento e inundações que ocorreram devido a penetração de frentes e/ou devido a atuação da ZCAS e, as datas que esses eventos ocorreram.

Tabela 6. 1– Número de casos dos eventos de deslizamento e inundações que ocorreram devido a penetração de frentes e/ou devido a atuação da ZCAS que ocorreram na região de estudo e, as datas correspondentes a atuação desses eventos.

Eventos	Total de eventos Chuva (50 mm)	Datas dos Eventos
Caso 1 Deslizamento(SP) – ZCAS (área 1)	2	23/02/2004; 19/01/2005
Caso 2 Inundação(SP) – ZCAS(área 1)	7	27/01/2004; 18/01/2005; 21/01/2005; 24/12/2005; 03/01/2006; 15/12/2006; 02/01/2007
Caso 3 Inundação(SP) – Frente(área 2)	8	01/12/2003; 23/01/2004; 18/01/2005; 21/01/2005; 26/01/2005; 18/12/2005; 24/12/2005; 12/12/2007

6.1 Análise do Deslizamento / ZCAS .

Pode-se observar na Figura 6.1 a presença de anomalias positivas sobre a região do Oceano Atlântico Sul, relacionadas com a extensão anômala do anticiclone subtropical. Essas anomalias se estendem até a região sudeste do Brasil. Este comportamento pode sugerir que uma intensificação do anticiclone do atlântico sul sobre essa área, além de contribuir com a advecção de umidade proveniente do oceano, também funcionou como uma barreira o bloqueio para manter a ZCAS estacionária sobre a região.

Anomalias negativas são observadas sobre a região sul do Brasil, associadas às regiões dos cavados.

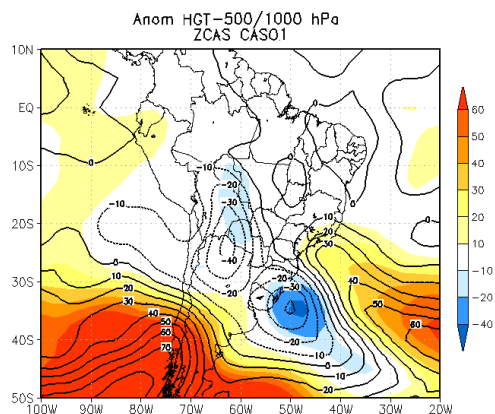


Figura 6. 1 - Anomalias de pressão ao nível médio do mar (sombreado) e de espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações ZCAS na ocorrência de deslizamento

O campo de vento e umidade específica para o nível de 850 hPa (Figura 6.2) mostra também padrões semelhantes com máximo de umidade sobre as regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. O campo de vento nesse nível mostra um máximo anômalo localizado sobre a região centro-oeste do Brasil.

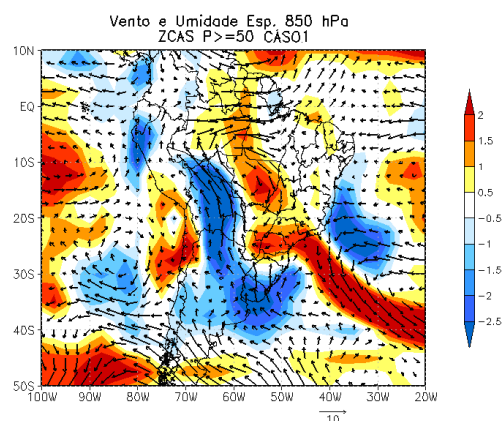


Figura 6. 2 - Anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações ZCAS (direita) na ocorrência de deslizamento.

O campo das anomalias das linhas de corrente e magnitude do vento para o nível de 200 hPa mostram na Figura 6.3 uma formação de circulação anticiclônica no oceano adjacente da região Sudeste durante a penetração das frentes durante a atuação da ZCAS no caso de deslizamento.

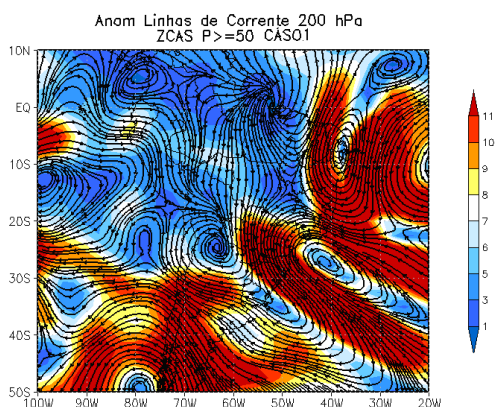


Figura 6. 3 - Anomalias das linhas de corrente e magnitude do campo de vento em 200 hPa correspondentes às da ZCAS no caso1 durante a ocorrência de deslizamento.

No caso da figura 6.4 indicam anomalias negativas para o estado de São Paulo durante a atuação da ZCAS na zona 1 com presença de chuva acima da media.

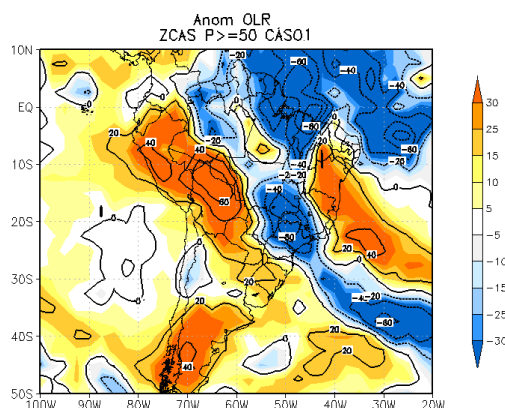


Figura 6. 4 - Anomalias de ROL na zona 2 correspondentes à atuação da ZCAS durante a ocorrência de deslizamento.

6.2 Análise da inundação / ZCAS e inundação / frentes

As anomalias de pressão ao nível do mar e de espessura na camada 500/1000 hPa para os eventos de inundação que ocorreram na presença tanto de ZCAS (a) e como de frentes (b) são apresentadas na Figura 6.5. O padrão de pressão mostra anomalias positivas sobre Oceano Atlântico relacionadas com a extensão anômala do anticiclone subtropical até a região sudeste (Figura 6.5a). Anomalias negativas são observadas sobre o Atlântico Sul, Pacífico Sul e Sul da América do Sul. Já no caso das frentes (Figura 6.5b) observa-se um intenso centro de anomalias negativas sobre a região sul do Brasil estendendo para o Oceano Atlântico sul, indicando as respectivas regiões dos cavados.

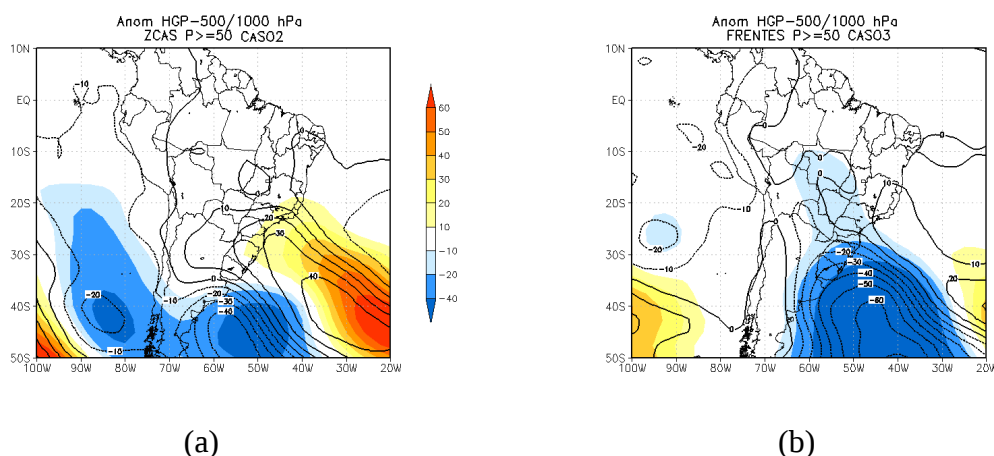


Figura 6. 5 - Anomalias de pressão ao nível médio do mar (sombreado) e de espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações de frentes (direita) e ZCAS (esquerda) na ocorrência de inundação.

A Figura 6.6 apresenta o mapa de vento e umidade específica no nível de 850 hPa, onde observa-se máximos de umidade sobre as regiões sul e sudeste do Brasil, que são mais acentuados nas situações de ZCAS. De maneira geral, em todos os casos as condições sinóticas foram determinantes para ocorrência dos desastres naturais no estado de São Paulo.

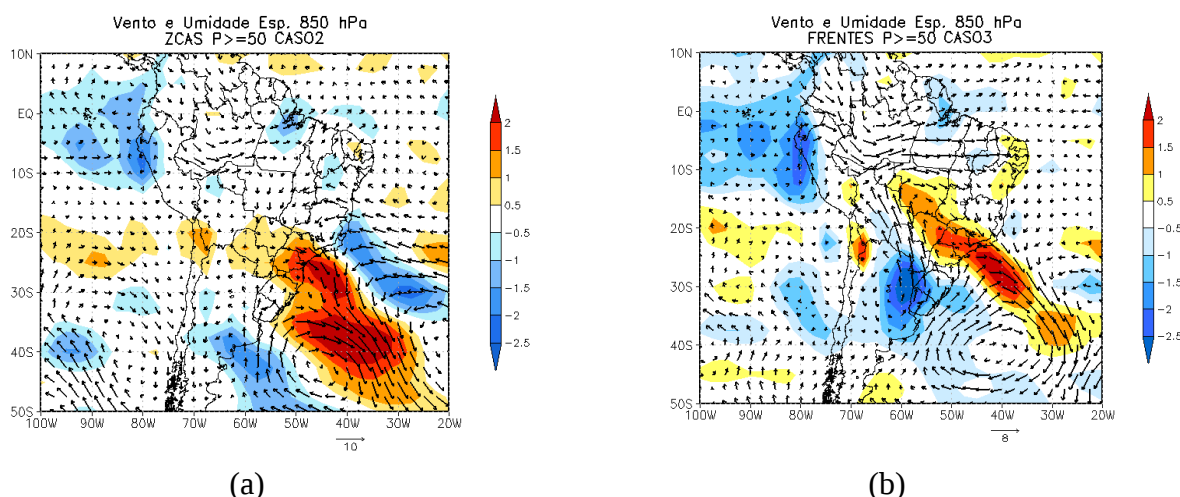


Figura 6. 6 - Anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações de frentes (direita) e ZCAS (esquerda) na ocorrência de inundação.

Na Figura 6.7.a mostra-se as anomalias das linhas de corrente e magnitude do vento para o nível de 200 hPa, onde aprecia-se forte gradiente das linhas no Estado de São Paulo durante a atuação de ZCAS com ocorrência de inundações .

Na Figura 6.7.b. mostra-se a formação da circulação anticiclônica no Estado de São Paulo, para o caso de penetrações das frentes durante a ocorrência de inundações.

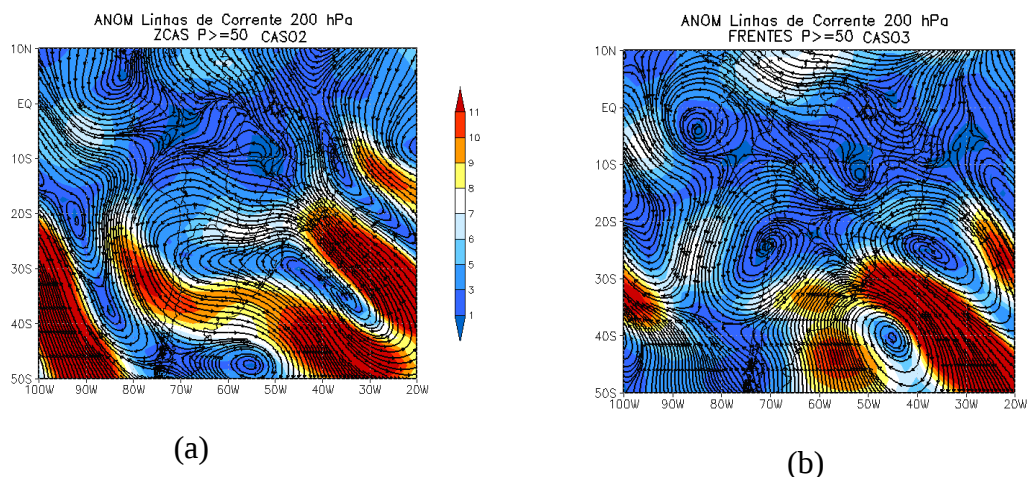


Figura 6. 7 - Anomalias das linhas de corrente e magnitude do campo de vento em 200 hPa correspondentes às situações de ZCAS na zona 1 (a) correspondentes às atuações das frentes na zona 2 (b) a zona 3 (c) durante a ocorrência de inundação.

A Figura 6.8.a indica também anomalias negativas do ROL para o estado de São Paulo durante a atuação da ZCAS, na zona 1, indicando chuva acima da media.

No caso da Figura 6.8.b mostra-se anomalias negativas do ROL no estado de São Paulo, durante a ocorrência de casos de inundação, durante a atuação de frentes, indicando atividade convectiva, ou seja, precipitações acima da media.

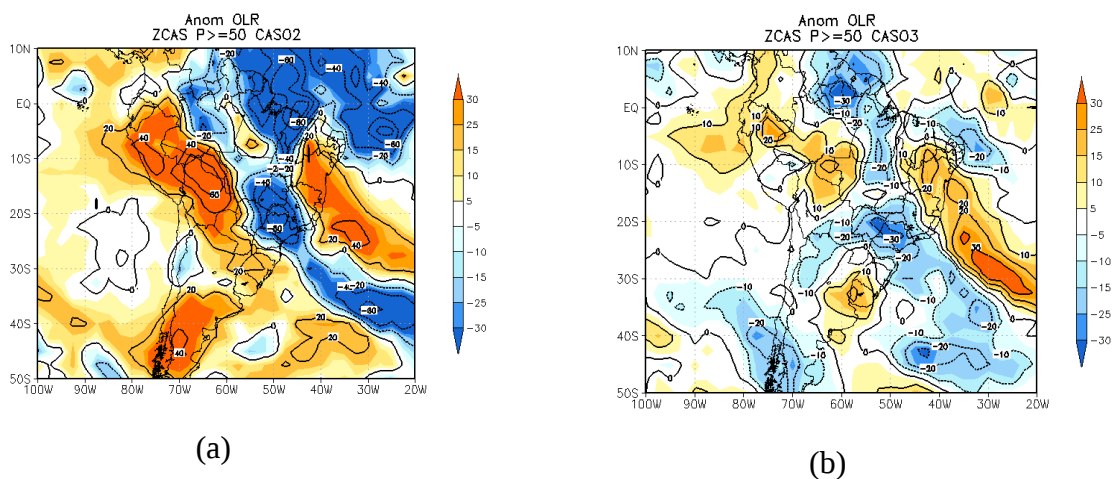


Figura 6. 8 - Anomalias de ROL na zona 1 (a) correspondentes à atuação da ZCAS e anomalias de ROL na zona 2 (b) correspondentes à atuação das frentes durante a ocorrência de inundação.

6.3 Comparação da precipitação estimada por diferentes fontes de dados para os principais casos de eventos extremos.

Para análise dos campos determinados pelo TRMM3B42, hidroestimador, Eta 40 km e Eta 5 km foram escolhidos os dias 18/01/2005, 19/01/2005, 21/01/2005, 26/01/2005, 15/12/2006, 02/01/2007 e 12/12/2007. Levando em consideração dois critérios fundamentais: a disponibilidade de dados do Hidroestimador, terem um dos campos simulados pelo modelo Eta5km, a ocorrência de precipitação acima de 50 mm e ocorrência de vítimas para relacionar com os casos já mencionados acima.

Nos dias 18, 19, 21 e 26 de janeiro de 2005 o padrão de precipitação encontrado pelo TRMM3B42, hidroestimador e Eta 40 km (Eta 5 km não estava disponível) foram bem representativos. Havendo diferenças apenas na intensidade de precipitação distribuída espacialmente na América do Sul. No TRMM3B42 ocorre uma distribuição mais leve e dispersiva da precipitação no estado de São Paulo; no Hidroestimador a precipitação é intensificada e uniforme no estado; e no Eta 40 km além da precipitação ser intensificada, a mesma cobre densamente todo o estado (Figuras 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4).

No dia 15/12/2006 o TRMM3B42 mostra a forte atividade convectiva sobre a América do Sul, bem distribuída nas porções norte, oeste e sudeste do Brasil; No hidroestimador a precipitação é intensificada, principalmente no extremo norte do Estado de São Paulo. De acordo com o Eta 40 km há precipitação distribuída em praticamente todo o estado, com exceção da porção sul (Figura 7.5).

No dia 02 de janeiro de 2007 foi verificada maior distribuição de precipitação na porção oeste no estado de acordo com o TRMM3B42 e o hidroestimador. No Eta 40 km é observada a precipitação em todo o estado, da mesma forma que através do Eta 5 km entretanto não é tão uniforme no estado, como mostrado no Eta 40 km (Figura 7.6).

No dia 12 de janeiro de 2007 os valores de precipitação foram relativamente mais baixos que os outros casos de acordo com o TRMM3B42 e o hidroestimador. A distribuição da precipitação abrange uma faixa mais estreita e não uniforme sobre o

estado de São Paulo. No Eta 40 e 5 km mostra um padrão uniforme e mais intenso de precipitação (Figura 7.7).

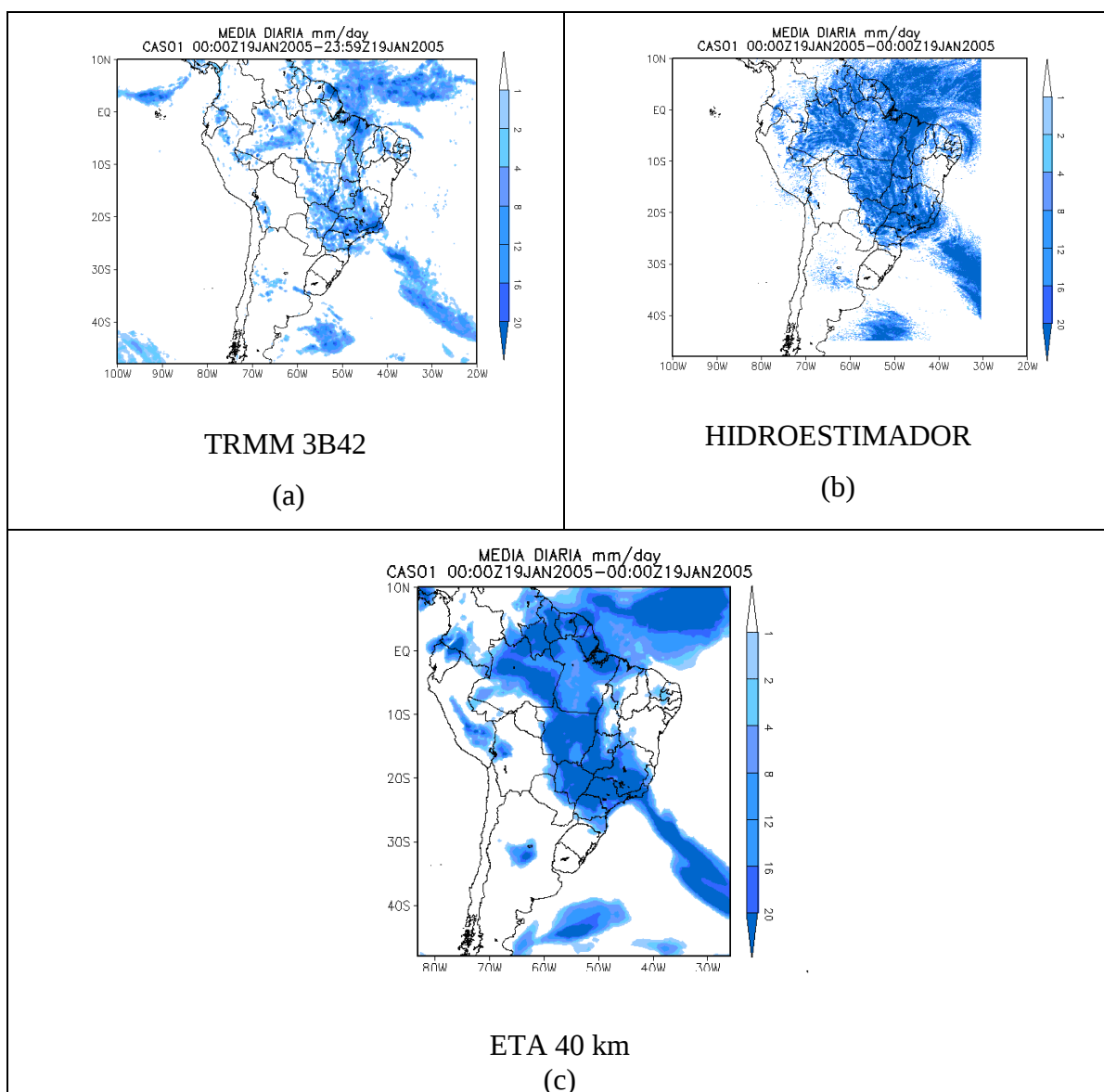


Figura 7. 1 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 19/JAN/2005, para o caso 1.

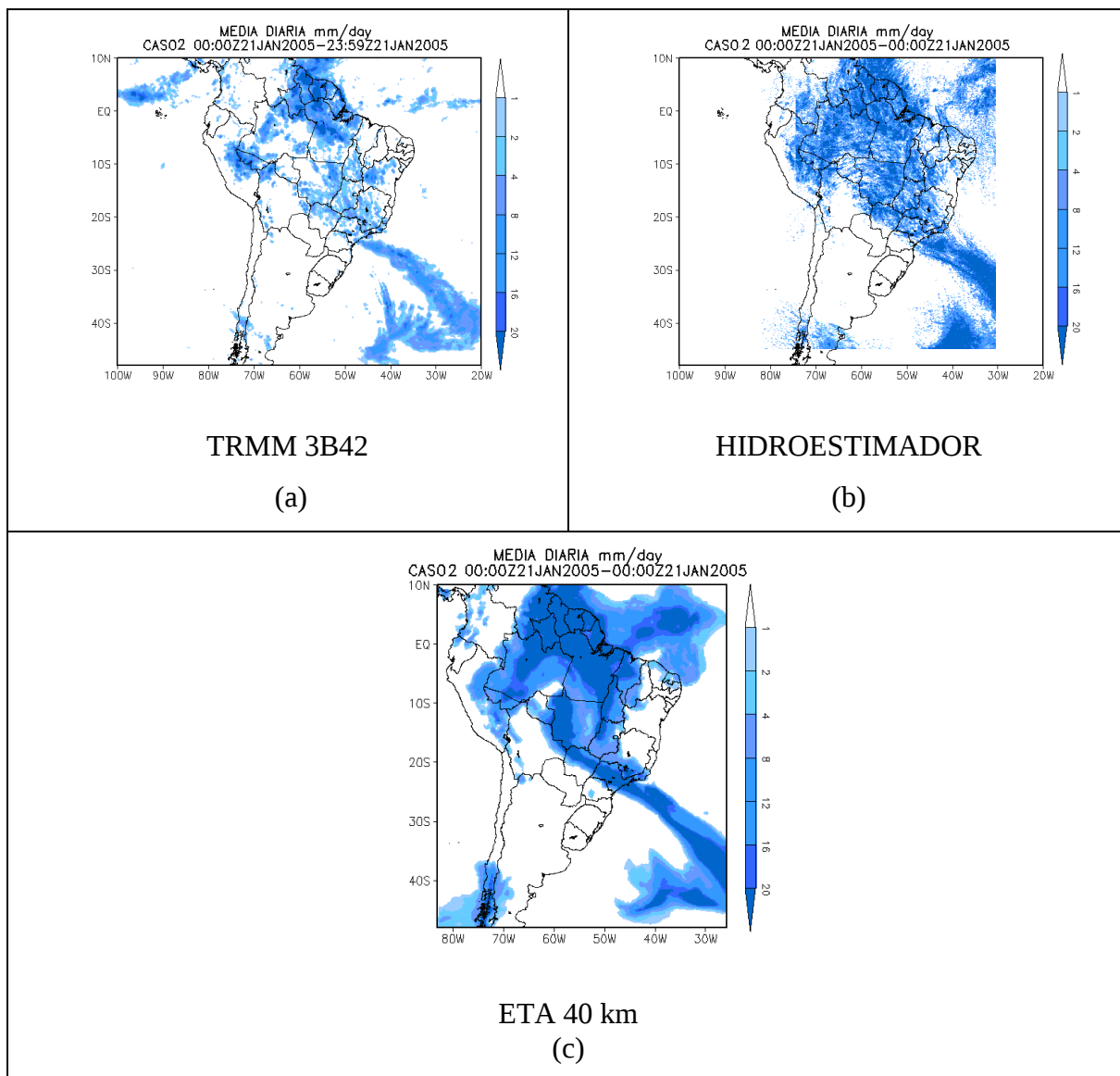


Figura 7. 2– Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 21/JAN/2005 para o caso 4.

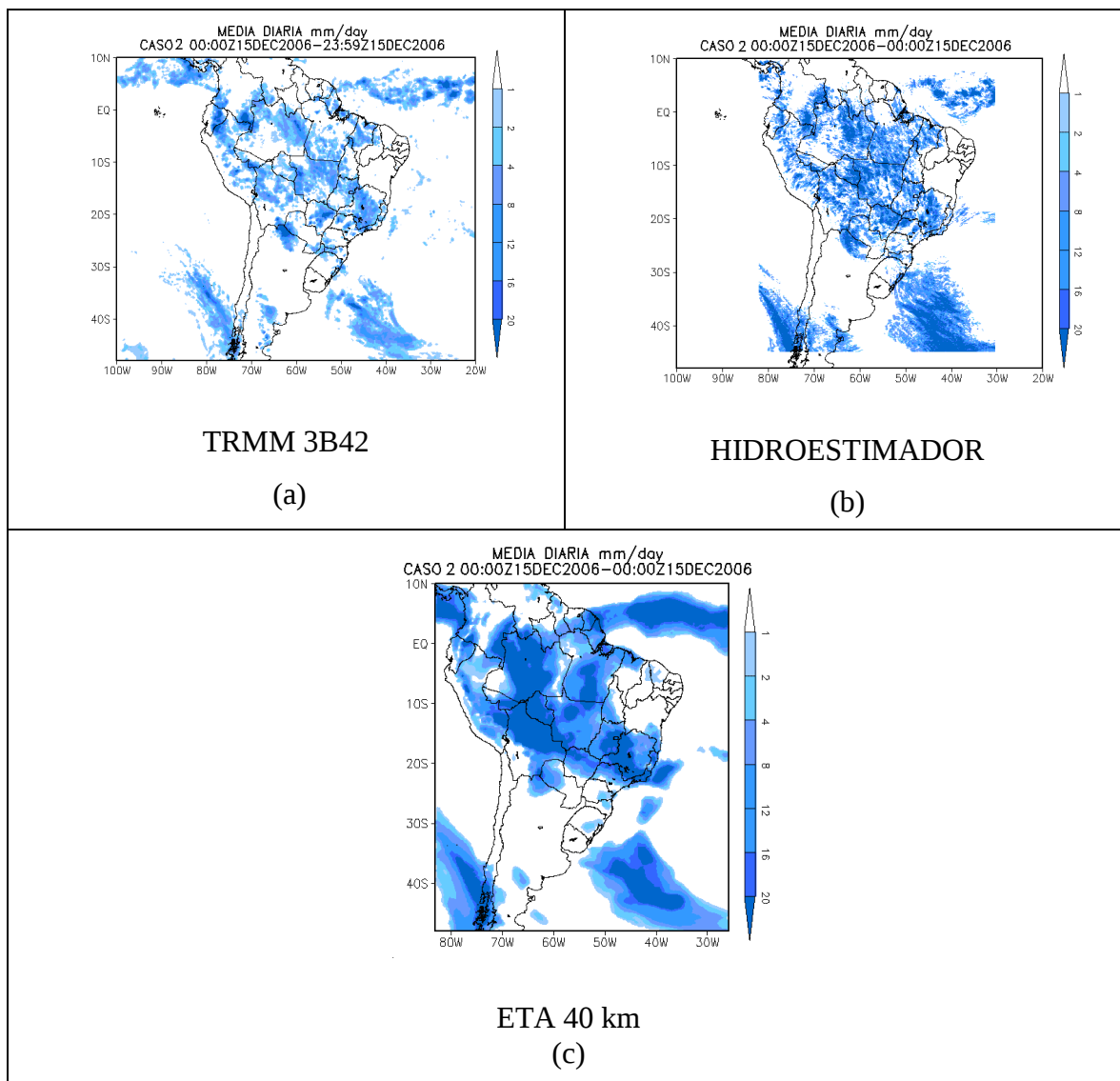


Figura 7.3 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 15/DEZ/2006 para o caso 4.

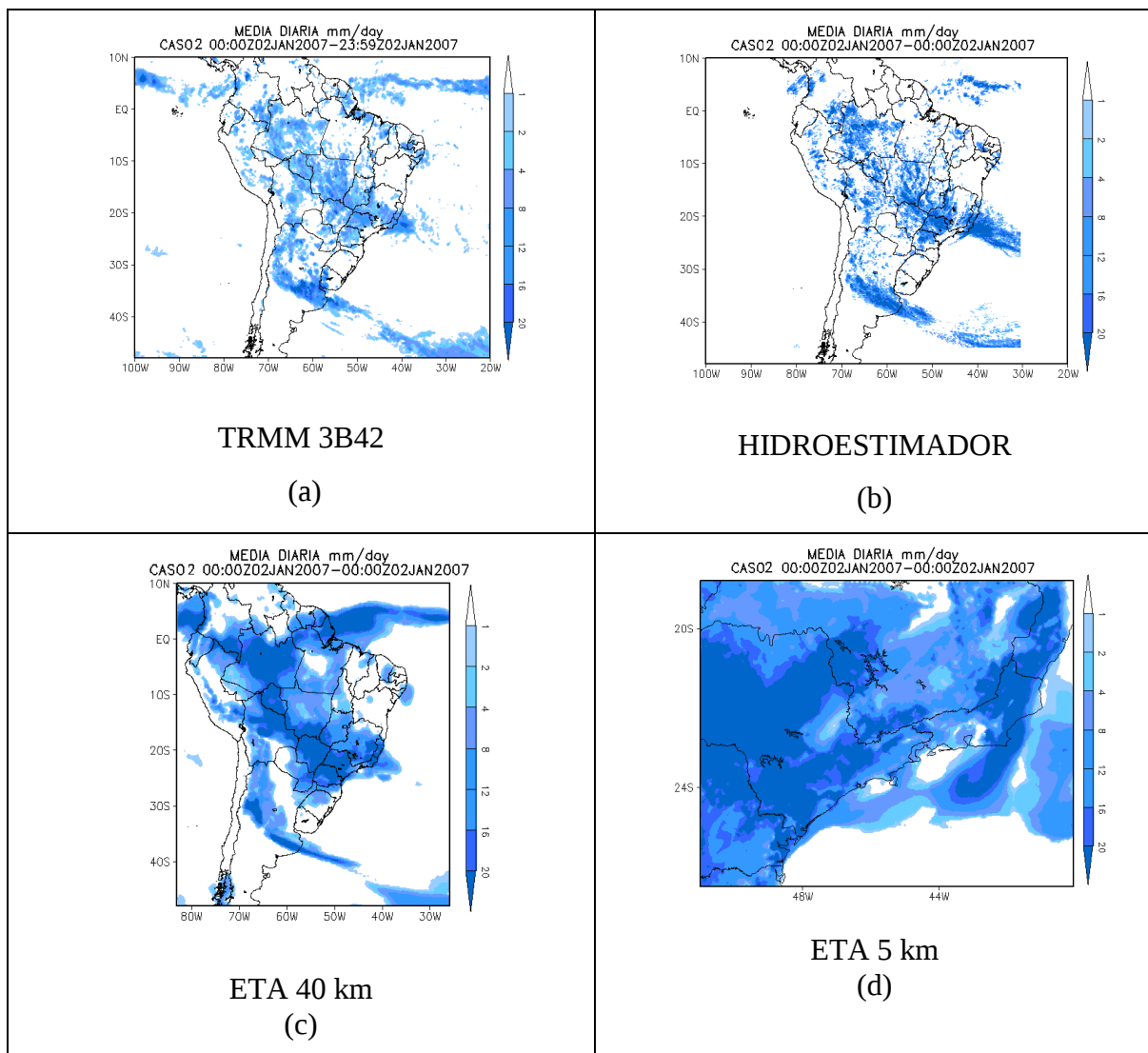


Figura 7. 4 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 02/JAN/2007 para o caso 4

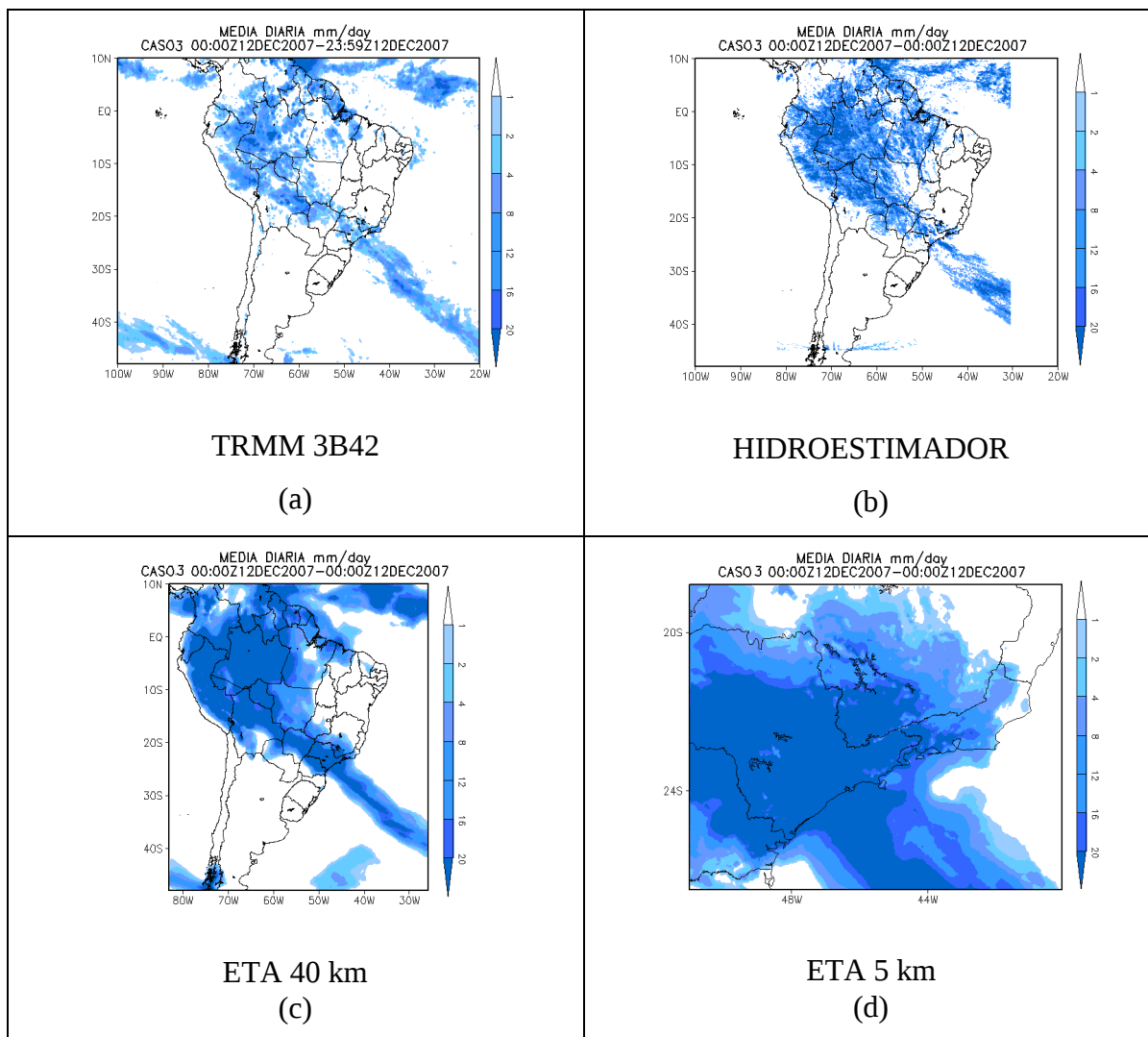


Figura 7. 5 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 12/DEZ/2007 para o caso 5.

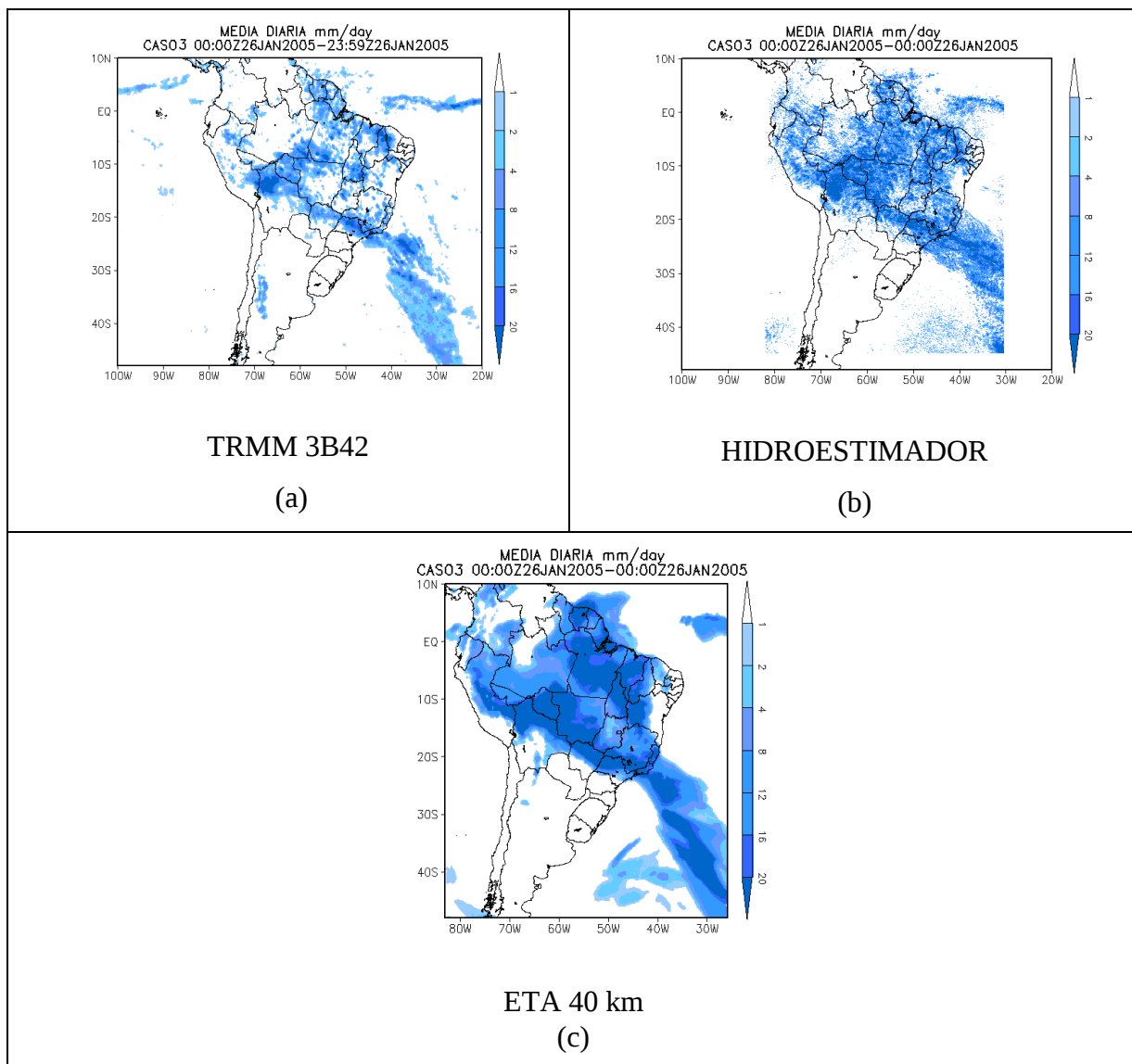


Figura 7. 6 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 26/JAN/2005 para o caso 5

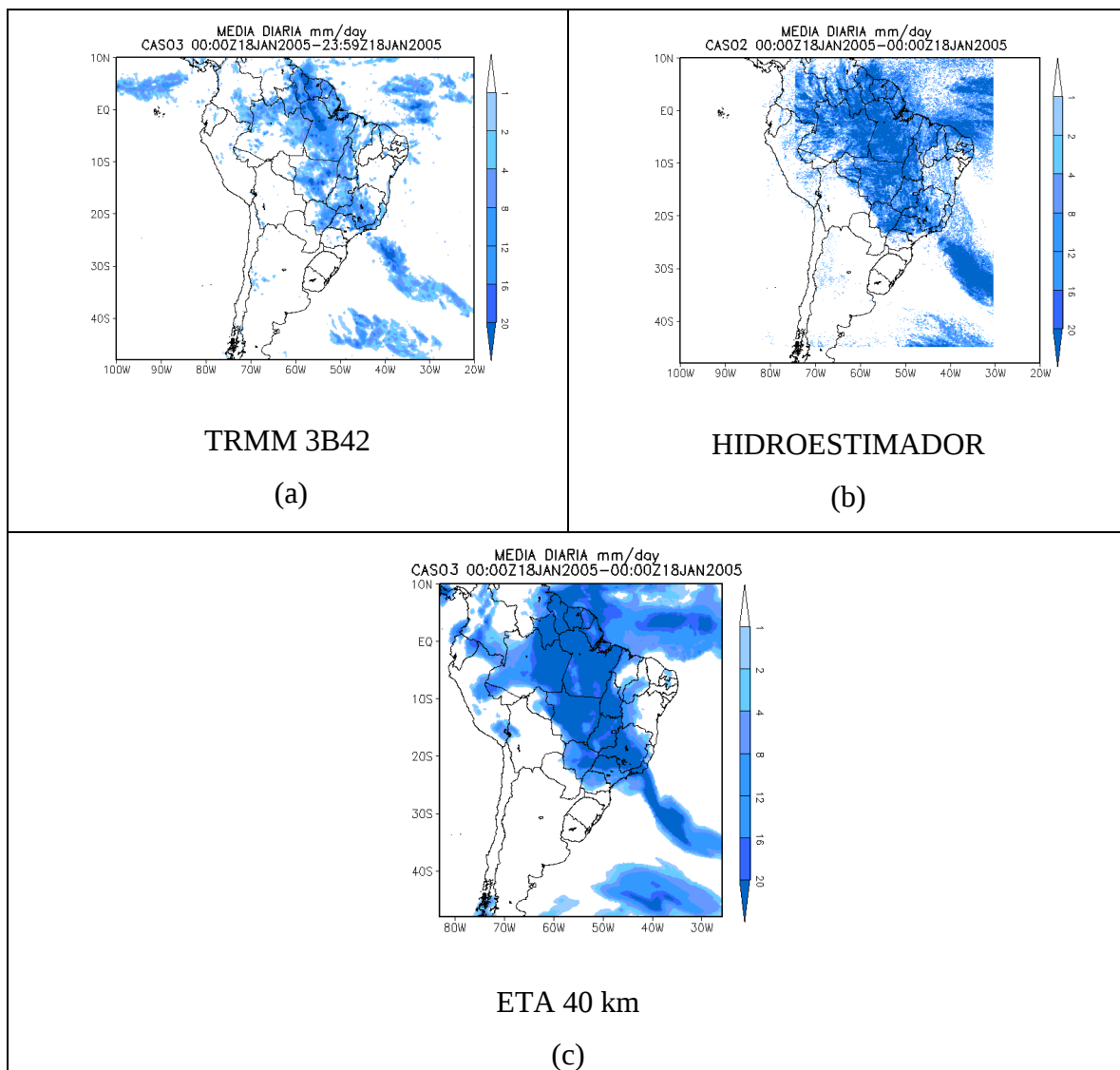


Figura 7. 7 – Distribuição espacial da precipitação acumulada do dia 18/JAN/2005

7. CONCLUSÕES

Considerando os cinco anos de registros do Plano preventivo da defesa civil durante o períodos de verão dos meses de dez, jan, feb, mar desde 2004 até 2008 no estado de São Paulo verificou-se maior porcentagem de ocorrências de inundações, que totalizou um 44% dos desastres, seguidos de aproximadamente 27 % de alagamentos, 18% de deslizamentos e 11 % de vendavais

O número total de vítimas foi de 48.433, dos quais 144 foram casos de feridos, 0 caso de desaparecido, 96 óbitos, 13.447 casos de desabrigados pico e 2.891 casos de desabrigados atual e 31.855 de desalojados.

Os anos que mais afetaram estes municípios foram para a capital 2004, 2006, 2008 Vale da Ribeira 2005, 2006, 2008; Campinas 2006 2007; Interior 2005 2007; E O Vale do Paraíba 2006 e 2008.

Nos casos dos eventos de precipitação durante a ocorrência de deslizamento associados a atuação da frentes frias pode se comprovar a partir da estrutura térmica (espessura 500/1000 hPa) que mostra anomalias positivas na faixa que se estende desde a Região Sudeste ao Oceano Atlântico e valores negativos sobre as latitudes mais altas, concluindo se que os sistemas escolhidos representam casos mais intensos que o normal.

No casos associados a ZCAS na região sudeste também aparece um contraste de térmico mais intenso respeito da climatologia entre as regiões Sul e Sudeste, embora com um padrão de onda diferente do caso de frentes.

Um fato destacado é que em todas as situações analisadas os campos de ventos apresentam uma maior convergência e máximo de umidade sobre as regiões sudeste , centro-oeste do Brasil e oceano atlântico com respeito da climatologia que são mais acentuados no caso das situações de frentes.

Em particular, os casos de ZCAS mostram também um maior transporte de umidade e maior desde a região amazônica. Na região sudeste e Oceano atlântico mostram a atuação de uma massa mais quente, úmida e com maior escoamento de norte ao norte

dos sistemas escolhidos e uma mais fria, seca e com ventos de sul mais intensos nas latitudes mais altas.

O campo de vento nesse nível mostra um máximo anômalo localizado sobre a região centro-oeste do Brasil tanto no caso de frentes como no de ZCAS mostradas nas latitudes de 20°S e 25°S , sendo que mais intenso para situação de frentes.

No caso de deslizamento o campo das anomalias das linhas de corrente e magnitude do vento para o nível de 200 hPa tanto no Oceano Atlântico e Estado de São Paulo mostram uma formação de circulação ciclônica sobre as latitudes mais altas durante a penetração das frentes frias, associada ao cavado em altos níveis e uma anomalia anticiclônica próxima da região Sudeste.

No caso de deslizamento Novamente fica evidente que a onda atmosférica associada às perturbações escolhidas é mais intensa que sua climatologia. E também anomalias negativas de ROL para o estado de São Paulo durante a atuação da ZCAS com presença de atividade convectiva acima da média.

Durante a ocorrência de deslizamento no estado de São Paulo e atuação da frente fria o campo das anomalias do ROL para no oceano atlântico mostra anomalias negativas mais intensas que no estado de São Paulo. Por tanto indicando atividade convectiva acima da média.

No caso das inundações no Estado de São Paulo o padrão de altura geopotencial no nível de 1000 hPa mostra anomalias negativas sobre o Oceano Atlântico relacionadas com a extensão anômala do anticiclone subtropical até a Região Sudeste. No entanto, os campos de anomalia de vento e umidade específica no nível de 850 hPa, mostram máximos de umidade sobre as regiões sul, sudeste e oceano Atlântico. Observam-se nos campos das anomalias das linhas de corrente e magnitude do vento para o nível de 200 hPa um forte gradiente das linhas no Estado de SP. Os resultados indicam também anomalias negativas de ROL para a região sudeste durante a atuação da ZCAS indicando chuva acima da média.

No caso das inundações no Estado de São Paulo observa-se um intenso centro de anomalias negativas de altura geopotencial 1000 hPa sobre o Atlântico Sul e a região Sudeste indicando as respectivas regiões dos cavados, O campo de espessura 500/1000 hPa mostra um contraste de temperatura mais intenso que na climatologia destacando-

se em ambos os casos a presença de um ambiente mais quente sobre o estado de SP. Isso significa que as chuvas ocorreram dentro de uma massa de ar comparativamente mais quente, o que pode provavelmente indicar um maior conteúdo de umidade e uma maior instabilidade convectiva. Observasse também maior intensidade do vento e da umidade no oceano atlântico, a formação de uma circulação anticiclônica no Estado de São Paulo e uma circulação ciclônica mais para sul. Apresentam-se também anomalias negativas do ROL no Estado de São Paulo mais intensas comparadas com o oceano atlântico durante a atuação das frentes indicando atividade convectiva acima da média.

No caso das inundações no Estado de São Paulo maiores convergência dos ventos na região afetada pelas chuvas e um maior transporte de umidade desde o interior do continente durante a atuação da ZCAS, especialmente, no estado de SP durante a atuação das frentes.

Para as precipitações acima de 50 mm, o caso 1 e 2 mostra uma semelhança no padrão de pressão, com frentes ZCAS mais intensas. Com relação à precipitação acumulada do dia 19/JAN/2005, o TRMM 3B42, HIDROESTIMADOR, ETA 40 km mostram uma boa representação da precipitação espacial, no caso 3 apresenta-se anomalias positivas no oceano e ligeiramente quente no estado do São Paulo com ventos que convergem no oceano associados a altas umidades, no caso 4 apresenta-se anomalias positivas de pressão associado a um anticiclone subtropical de tipo bloqueante, com presença de ar úmido sobre SP, com relação na precipitação acumulada do dia 02/JAN/2007 o TRMM 3B42, HIDROESTIMADOR, ETA 40 km mostram a precipitação para todo São Paulo, e ETA 5KM para a região da Serra do Mar.

Para o caso 5 observassem anomalias de baixa pressão no litoral do São Paulo associado com um cavado, com predomínio de massas de ar frio e ar úmido sobre SP e oceano adjacente e ventos que convergem no oceano, associadas na precipitação acumulada do dia 12/DEZ/2007 onde o TRMM 3B42, HIDROESTIMADOR, apresentação precipitações baixas, ETA 40 km e ETA 5KM mostra um padrão uniforme e mais intenso de precipitação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABBOTT, M. B.; BATHURST, M. B.; CUNGE, J. C.; O'CONNELL J. A.; RASMUSSEN P.E. Structure of a physically-based, distributed modeling system, **Journal of hydrology**, v.87, p.61-77, 1986
- ALEXANDER, D. The study of natural disasters, 1977 – 1997: some reflections on a changing field of knowledge. **Disasters**, v. 21, n.4, p. 284-304, 1997
- ANGELIS, C. F. Validação das estimativas de precipitação obtidas pelo modelo hidroestimador para as bacias hidrográficas brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., São Paulo. **Anais...** 2008. On-line. (INPE-15482-PRE/10210). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.17.13.40>>. Acesso em: 1 mar. 2009.
- ARAKAWA, A.; LAMB, V. R. Computational design of the basic dynamical process of the UCLA generation circulation model. **Methods in Computational Physics**, 17, p. 173-265, 19
- ARAVÉQUIA, J. A.; QUADRO, M. F. L. **Aspectos gerais da previsão numérica de tempo e clima**. Cachoeira Paulista: CPTEC, 2003. 57 p. (INPE-10211-PUD/135). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/12.23.10.21>>. Acesso em: 24 jan. 2010.
- ARNOLD, D. N.; BOFFI, D.; FALK, R. S. Approximation by quadrilateral finite element. **Mathematics of Computation**, v. 71, p. 909–922, 2002.
- AYALA, A. I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, p. 107 – 14, 2002.
- FILHO, A. O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. p. 721-733.
- BATHURST, J.C., Physically-based distributed modelling of an upland catchment using the Systeme Hydrologique Européen. **Journal of hydrology**, v.87, p.79-102, 1986
- BETTS, A. K. A new convective adjustment scheme. Part I: Observational and theoretical basic. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**, v. 112; p. 1306-1335, 1986.
- BETTS, A. K.; MILLER, J. A new convective adjustment scheme. Part II: Single column test using GATÉ wave, BOMEX, and arctic air-mass data set. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**, v. 112; p. 693-709, 1986.
- BLACK, T. L. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. **Weather and Forecasting**, v. 9, n. 2, p. 265-278, 1994.

BUSTAMANTE, J. F.; CHOU, S. C.; ROZANTE, J. R.; GOMES, J. L. Uma avaliação da previsibilidade de tempo do Modelo ETA para a América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 1, p. 59-70, Abr. 2005. (INPE-12500-PRE/7802). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1915/2005/05.12.17.41>>. Acesso em: 12 jan. 2010. Forecasts Over South America Using The Eta Model. *Climanálise*, 1999.

CANDIDO, D. H. **Relação entre precipitação e altimetria na área entre o vale do Rio Tietê e a Serra da Mantiqueira**. Monografia de conclusão de curso, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. E. LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, v.17, p. 88-108, 2004.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. E. LIEBMANN B. Extreme precipitation events in southern South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, v. 15, p. 2377-2394, 2002

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos de medicina de desastres**. Brasília: MPO, p. 283, 1998

CASARIN, D. P. E KOUSKY, V. E. Anomalias de Precipitação no Sul do Brasil e Variações na Circulação Atmosférica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.1, p. 83-90, 1986.

CAVALCANTI, I. F. A.; CERQUEIRA, F. A.; ROZANTE, J. R. Caso extremo de precipitação com ocorrência de deslizamento na serra do mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, XIV - (CBMET), Florianópolis, SC. **Anais...**2006. CD-ROM; Papel. (INPE-14545-PRE/9575). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.19.17.28>>. Acesso em: 14 set. 2010.

CALVETTI, L.; BENETI, C.; PEREIRA FILHO, A. J. Características das estimativas de precipitação por radar, satélite e pluviômetro no Paraná: Uma comparação entre chuva de verão e chuva provocada por frente fria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais...**Porto Alegre: ABRH, 2003

CHOKNGAMWONG, R.; CHIU, S. L. Comparisons of daily hailand rain gauge with GPCC and TRMM satellite precipitation measurements. In: RMM INTERNATIONAL SCIENCE CONFERENCE, 2., 2004, Nara, Japan. **Proceedings...** Nara: [s.n], 2004.

CHOU, S. C. Modelo regional Eta. **Climanálise Especial Edição Comemorativa de 10 anos**. São José dos Campos, 1996.

COLLISCHONN, W. **Alguns fundamentos de hidrologia**. apostila Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

COTTON, R. W.; ANTHES, A.R. **Storm and cloud dynamics**. San Diego:Academic Press, Inc. International Geophysics Series, 44, 1989.

COWPERTWAIT, P.S.P. Further developments of the Neyman – Scott clustered point process for modeling rainfall, **Water Resources Research**, v.27, n.7, p.1431-1438, 1991. doi:10.1029/91WR00479.

EM-DAT. **Emergency events database**, 2007. Disponível em: (www.emdat.be), Acesso em: 22 jan. 2008.

ENTEKHABI, D.; RODRIGUEZ, I.; EAGLESON, P. S. Probabilistic representation of the temporal rainfall process by a modified Neyman – Scott, rectangular pulse model: parameter estimation and validation, **Water Resources Research**, v.25, n.2, p.295-302, 1989.

FOUFOULA, G., E. AND GUTTORP, P., Assessment of a class of Neyman – Scott models for temporal rainfall, **J. Geophys. Res.**, v.92, n.8, p. 9679-9682, 1987.

GUIMARÃES, J. M.; CHAN, C. S.; DEREZYNSKI, C. P. Avaliação do modelo ETA para um caso de chuvas intensas entre os estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (SICINPE-2007), , São José dos Campos. **Resumos...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 26. CD-ROM; Papel; On-line. (INPE-15068-PRE/9978). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/12.17.13.18>>. Acesso em: 1 nov. 2009.

HENDERSON, S. A. **Satellite sensing of a cloud atmosphere**: observing the third planet. [S.l.]: Taylor & Francis Ltda.- USA, 1984.

HERDIES, D. L.; SILVA, A.; SILVA DIAS, M. A. F.; FERREIRA, R. N. Moisture budget of the bimodal pattern of the summer circulation over South America. **Journal of Geophysical Research**, 107, 2002.

HUFFMAN, G.; ADLER, R.; BOLVIN, D.; NELKIN, E. Uncertainty in finescale MPA precipitation estimates and implications for hydrometeorological analysis and forecasting, CONFERENCE ON HYDROLOGY, 18., 2004, Seattle, WA. **Proceeding** [S.l.]: AMS, 2004.

HUFFMAN, G.J.; ADLER, R.F.; ARKIN, P.; CHANG, A.; FERRARO, R.; GRUBER, A.; JANOWIAK, J.; MCNAB, A.; RUDOLF, B.; SCHNEIDER, U. The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) combined precipitation dataset. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 1, p. 5–20, 1997.

HOUZE, R. A. **Cloud dynamics**. Burlington, MA: Academic Press, 1993. 573 p.

International Precipitation Working Group (IPWG). **Products and validation**. Disponível em: <<http://www.isac.cnr.it/~ipwg/>>. Acesso em: 24 jan. 2008.

JOBARD, I. Status of satellite retrieval of rainfall at different scales using multisource data. MEGHA-TROPIQUES SCIENTIFIC WORKSHOP, 2., Paris, 2001.

KODAMA, Y. Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of Subtropical Frontal Zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**. v.70, n. 4, p. 813-841, 1992.

KOUSKY, V. E CAVALCANTI, I. F. A. Precipitation and atmospheric circulation anomaly patterns in the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, n.1, p. 199-206, Jun., 1988.

MACHADO, L. A. T.; ROSSOW, W. B. Structural characteristics and radiative properties of tropical cloud clusters, **Monthly Weather Review**, v.121, p. 3234–3260, 1993.

MACHADO, L., A., T.; LAURENT, H. The convective system area expansion over Amazonia and its relationships with convective system life duration and high-level wind divergence. **Monthly Weather Review**, v.132, 4, p. 714-725, 2004.

MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 61, p.1374-1387, 1980.

MAIDMENT, D.R. **Handbook of hydrology**. New York: Ed. McGraw-Hill, 1993. 1424 p.

MELLOR, D, METCALFE, A. V., The modified turning bands (MTB) model for space-time rainfall. III. Estimation of the storm rainband profile and a discussion of future model prospects. **Journal of Hydrology**, v.175, p.161 – 180. 11 8, 1996.

MELLOR, D., O'CONNELL, P.E.,The Modifiel turning bands (MTB) model for space-time rainfall. II. Estimation of raincell parameters. **Journal of Hydrology**, v. 175, p. 129-159, 1996

MENDES, L. L. **Simulação numérica de evento extremo de chuvas**: um estudo de caso sobre Angra dos Reis - RJ. 2006. 136 p. (INPE-14599-TDI/1181). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/06.12.14.18>>. Acesso em: 12 set. 2009.

MARCELINO, E. **Desastres naturais e geoteconologias**: conceitos os básicos. Santa Maria: CRS/INPE, 2008.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBİYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: ana//lise de dados globais e regionais. **Caminhos de geografia**, v.6, n.19, p. 130-149, 2006.

MARTON, E. **Oscilações intrasazonais associadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul no sudeste brasileiro**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, 2000.

MESINGER, F., Z.; JANJIC, I, S.; NICKOVIC, D. G.; DEAVEN, D. G. The step-mountain coordinaté: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. **Monthly Weather Review**, v. 116, 7, p.1493-1518, 1988.

MESINGER, F. A blocking technique for representation of mountains in atmosphere odels. **Rivista di Meteorologia Aeronautica**, v. 44, p. 195-202, 1984.

MONTEIRO, M. A; FURTADO, S. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Geosul**, v.10, n.19/20, p.117-113

National Aeronautics and Space Administration (NASA).Disponível em: <ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/3B42_V6/>, Acesso em: 18 feb. 2008.

MOREIRA, J. L. B. **Estudo da distribuição espacial das chuvas em belo horizonte e seu entorno**. 2002. 107f. Dissertação (mestrado em geografia)- universidade federal de minas gerais, belo horizonte, 2002.

NASCIMENTO, M. G. **Análise dos impactos dos jatos de baixos níveis sobre a Bacia do Prata**. 2008. 210 p. (INPE-15240-TDI/1327). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/02.26.18.30>>. Acesso em: 8 oct. 2009.

NUNES, L. H. **Impacto pluvial na Serra do Paranapiacaba e Baixada Santista**. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, 1990.

OLIVEIRA, A. S. **Interacoes entre sistemas frontais na America do Sul e a convecção na Amazonia**. 1986. 134 p. (INPE-4008-TDL/239). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1986. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.22.13.12>>. Acesso em: 12 set. 2009.

OLIVEIRA, L.; VIANELLO, R.; FERREIRA, N. **Meteorologia Fundamental**. Erichim, RS: EDIFAPES, p. 432, 2001.

ORLANSKI, I., A rational subdivision of scales for atmospheric processes. **Bulletin of American Meteorological Society**, v.56, p. 527-534, 1975.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1993. 124 p. (INPE-6341-TDI/593). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1993. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.26.14.10>>. Acesso em: 5 set. 2009.

SANCHES, M. B. **Análise sinótica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) utilizando-se a técnica de composição**. 2002. 95 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2002.

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

SCOFIELD, R. A. Comments on A quantitative assessment of the NESDIS auto-estimator. **Wea. Forecasting.**, v.16, p. 277-278, 2001.

SELUCHI, M. E.; CHAN, C. S. Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 98, n. 1-2, p. 67-77, sep. 2009. doi: <10.1007/s00704-008-0101-x>.

SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. **Climanálise**. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, p.173-182, 1996. edição especial.

SILVA, C. M. S. **Simulação numérica do ciclo diário da precipitação sobre a bacia amazônica durante a estação chuvosa**. 2009. 180 p. (INPE-16582-TDI/1571). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2009. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/07.23.15.02>>. Acesso em: 26 set. 2009.

SIVAPALAN, M.; WOOD, E. F. A Multidimensional model of nonstationary space-time rainfall at the catchment scale. **Water Resources Research**, v.23, n.7, p.1289-1299, 1987.

TIPPETT, M.; DA SILVA, A. Model error estimations for the CPTEC Eta model. **Climanálise**, 1999, INPE. Disponível em: <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/error_ETA.pdf>. Acesso em: 1 dec. 2009.

TOBIN, G. A. E MONTZ, B. E. **Natural hazards**: explanation and integration. New York: the Guilford Press, p. 388, 1997.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. Eventos extremos de precipitação na região da serra do mar parte i – descrições estatísticas da precipitação diária, congresso brasileiro de meteorologia, 16., 2006, Florianópolis, **Anais...** Florianopolis: SBMet, 2006. CD-ROM. 18, 21

United Nations Development Programme (UNDP). **Reducing disaster risk**: a challenge for development. New York, USA: UNDP, p. 129, 2004.

United Nations World Conference on Disaster Reduction (UNWCDR). **Hyogo Declaration**. Kobe, Hyogo, Japan, 18-22 Jan. 2005.

United Nations World Conference on Disaster Reduction (UNWCDR). **Building the resilience of nations and communities to disasters**: Hyogo framework for action 2005–2015. Kobe, Hyogo, Japan, 18-22 Jan., 2005a.

VALVERDE RAMÍREZ, M. C. **Previsão e análise sobre as regiões sudeste e sul do Brasil utilizando redes neurais artificiais**. 2003. 238 p. (INPE-13950-TDI/1061). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/02.16.14.01>>. Acesso em: 10 ene. 2010.

VASCONCELLOS, F. C. **Variabilidade atmosférica associada a casos extremos de precipitação na Região Sudeste do Brasil**. 2008. 110 p. (INPE-15226-TDI/1318). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,

São José dos Campos. 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/01.15.16.05>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

VICENTE, G. A.; SCOFIELD, R. A.; MENZEL W. P. The Operational GOES Infrared Rainfall Estimation Technique. **Bulletin American Meteorological Society**, 79, 9, 1998. p.1883-1898.

VICENTE, G. A., DAVENPOR, J. C; SCOFIELD, R. A. The role of orographic and parallax corrections on real time high resolution satellite estimation. **Int. J. Remote Sens.**, n. 23, p. 221-230, 2002.

VILA, D. A.; SCOFIELD, R. A.; KULIGOWSKI, R. J.; DAVENPORT, J. C. Satellite rainfall estimation over South America: Evaluation of two major events. [s.L]: NOAA, 2001. Technical Reports n. 114.

VILA, D. A., L. GONÇALVES, G. G.; TOLL D. L.; ROZANTE. J. R. Statistical evaluation of combined daily gauge observations and rainfall satellite estimates over Continental South America. **J. Hydrometeor.**, v.10, p.533–543, 2009.

WAYMIRE, E.; GUPTA, V. K.; RODRIGUEZ, I. A spectral theory of rainfall intensity at the meso- β scale, **Water Resources Research**, v.20, n.10, p.1453-1465, 1984.

WINNINGHOFF, F. J. **On the adjustment toward a geostrophic balance in a simple primitive equation model with application to the problems of initialization and objective analysis**. Ph.D. thesis - University of California, 1968.

GLOSSÁRIO DE DEFESA CIVIL

Apresentam-se, abaixo, as definições adotadas pela Defesa Civil para os diferentes termos associados com as vítimas e com os tipos de desastres naturais (<http://www.defesacivil.gov.br/glossario/index1.asp>), considerados no presente trabalho.

DESALOJADO: Pessoa que foi obrigada a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre, e que, não necessariamente, carece de abrigo provido pelo Sistema.

DESABRIGADO PICO: Desalojado ou pessoa cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessita de abrigo provido pelo Sistema.

DESABRIGADO ATUAL: Desalojado ou pessoa cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessita de abrigo provido pelo Sistema.

DESAPARECIDO: Pessoa que não foi localizada ou de destino desconhecido, em circunstância de desastre.

ALAGAMENTO: Água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.

INUNDAÇÃO: Transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. Em função da magnitude, as inundações são classificadas como: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude. Em função do padrão evolutivo, são classificadas como: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas. Na maioria das vezes, o incremento dos caudais de superfície é provocado por precipitações pluviométricas intensas e concentradas, pela intensificação do regime de chuvas sazonais, por saturação do lençol freático ou por degelo. As inundações podem ter outras causas como: assoreamento do leito dos rios; compactação e impermeabilização do solo; erupções vulcânicas em áreas de nevados; invasão de terrenos deprimidos por

maremotos, ondas intensificadas e macaréus; precipitações intensas com marés elevadas; rompimento de barragens; drenagem deficiente de áreas a montante de aterros; estrangulamento de rios provocado por desmoronamento.

DESLIZAMENTO: Fenômeno provocado pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados encostas, pendentes ou escarpas. Caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados. Em função da existência de planos de fraqueza nos horizontes movimentados, que condicionam a formação das superfícies de ruptura, a geometria desses movimentos é definida, assumindo a forma de cunha, planar ou circular.

VENDAVAL: Deslocamento violento de uma massa de ar. Forma-se, normalmente, pelo deslocamento de ar de área de alta para baixa pressão. Ocorre, eventualmente, quando da passagem de frentes frias, e sua força será tanto maior quanto maior a diferença de pressão das "frentes". Também chamado de vento muito duro, corresponde ao número 10 da Escala de Beaufort, compreendendo ventos cuja velocidade varia entre 88,0 a 102,0 km/h. Os vendavais normalmente são acompanhados de precipitações intensas e concentradas, que caracterizam as tempestades. Além das chuvas intensas, os vendavais podem ser acompanhados de queda de granizo ou de neve, assim chamados de nevascas.