Projeto de Pesquisa

ESTUDOS DA PREVISIBILIDADE DE EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS NA SERRA DO MAR

Relatório Final

período: 01/09/2005 a 30/08/2009

Processo No: 04/09469-0

Equipe de líderes:

Chou Sin Chan, coordenadora Iracema F. A. Cavalcanti Íria Vendrame Prakki Satyamurti Luiz Augusto Machado Carlos Nobre Javier Tomasella Eymar Lopes

Lideres institucionais: Luci Hidalgo, UNICAMP Agostinho Ogura, IPT Claudine P. Dereczynski, UFRJ Iria Vendrame, ITA Fedor Mesinger, NCEP Nivaldo Silveira Ferreira, UENF

Instituições parceiras:

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) ITA (Instituto Tecnológico Aerospacial) IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas)

ÍNDICE

1 In	itrodução3
1.1	Objetivos3
2. A	tividades desenvolvidas5
2.1	SP1: Modelagem atmosférica em alta resolução de eventos extremos na Serra do Mar5
2.2	SP2: Acoplamento de um modelo atmosférico a um modelo hidrológico34
2.3	SP3: Características dos sistemas convectivos que resultam em eventos
	extremos na Serra do Mar 52
2.4	SP4: Características de grande escala associadas a eventos extremos na
	Serra do Mar68
2.5	SP5: Desenvolvimento de um Sistema Semi-Automático de Previsões e
	Informações Hidrometeorológicas em Apoio ao Gerenciamento de Riscos
	de Desastres Ambientais na Serra do Mar84
2.6	SP6: Impacto das Informações de estações telemétricas de coleta de dados
	geotécnicos e hidrometeorológicos na previsão numérica para a Serra do
	Mar (Rede Telemetrica)111
3. (Outras atividades117
3.1	Seminários /Workshop organizados117
3.2	Participações em Conferências117
3.3	Visita de Campo, levantamento de sítios117
3.4	Produtos operacionais118
3.5	Ferramenta para monitoramento e alerta a desastres naturais120
4	Publicações121
5	Orientações126
6	Despesas129
7	Considerações finais132
8 Ane Ane	Anexos exo 1 - Agenda do IV Workshop Serra do Mar exo 2 – Cópia das publicações de setembro de 2008 a agosto de 2009

O projeto propõe-se a estudar e desenvolver metodologias de monitoramento e previsão de chuva e riscos de deslizamento das encostas da Serra do Mar no estado de São Paulo. Esta é uma região de importância estratégica para o estado de São Paulo, tanto pelo seu potencial turístico e posição estratégica geográfica, que confere vantagens econômicas, como por abrigar porções remanescentes da Mata Atlântica, quanto pelo desenvolvimento econômico favorecido pelas ferrovias, rodovias, dutovias e instalações industriais e portuárias. Entretanto, esta região sofre recorrentes deslizamentos nas suas encostas causando grandes prejuízos e várias mortes. Estes eventos são de natureza hidrometeorológica e estão associados a uma região de serra com forte declividade que está submetida a ações antrópicas. O projeto compõe-se de 6 subprojetos intitulados: (1) "Modelagem atmosférica em alta resolução de eventos extremos na Serra do Mar", (2)"Acoplamento de um modelo atmosférico a um modelo hidrológico", (3) "Características dos sistemas convectivos que resultam em eventos extremos na Serra do Mar", (4) "Características de grande escala associadas a eventos extremos na Serra do Mar", (5) "Desenvolvimento de um Sistema Semi-Automático de Previsões e Informações Hidrometeorológicas em Apoio ao Gerenciamento de Riscos de Desastres Ambientais na Serra do Mar", e (6) "Impacto das Informações de estações telemétricas de coleta de dados geotécnicos e hidrometeorológicos na previsão numérica para a Serra do Mar"

Os subprojetos se interagem trocando informações e produtos, conforme esquematizado na Figura 1.



Figura 1. Relação entre os subprojetos

1.1 Objetivos

O presente projeto propõe-se a desenvolver um sistema de monitoramento e previsão de riscos para a região da Serra do Mar, através de técnicas de modelagem

atmosférica e hidrológica em alta resolução, além de efetuar medições diretas e remotas para identificação das condições atmosféricas que determinam os eventos extremos de risco.

2.1 Modelagem atmosférica em alta resolução de eventos extremos na Serra do Mar (SP1)

Neste relatório são apresentados os estudos de modelagem atmosférica de alta resolução. Os resultados dos desenvolvimentos numéricos foram avaliados e a versão do modelo em alta resolução implementada no ambiente operacional do CPTEC/INPE. Foi implementado o modo de previsão por conjunto e mostrado o ganho na qualidade da previsão. Propriedades da superfície, tipo de solo e uso da terra, foram descritas com maior detalhamento e testados, mostrando vantagens e necessidades de continuo aprimoramento. Esquemas de produção de chuva do modelo, convectiva ou estratiforme, foram ajustados para as chuvas da região. O modelo mostrou se satisfatório para descrever a circulação dos ventos em escala local e regional. As pesquisas em modelagem atmosférica continuam sendo realizadas. Abaixo seguem os principais resultados de modelagem atmosférica obtidos neste projeto.

a) Simulação de casos extremos com alta resolução

Realização de experimentos de simulação de vários casos calamitosos de precipitação na Serra do Mar, com integração do Modelo Eta na resolução de 10 km. Os casos foram selecionados a partir dos casos de desastres ocorridos na Serra do Mar e baseados em eventos de precipitação acima de determinado valor. Os resultados foram analisados para determinar a capacidade do modelo em simular a precipitação máxima observada nos casos extremos e também os campos atmosféricos associados.

Os casos analisados foram: de Caraguatatuba em 17 e 18 de março de 1967; da via Anchieta em 11 a 13 de dezembro de 1999; de 25 de maio de 2005.

Alguns dos resultados são apresentados a seguir. O caso da via Anchieta surpreendeu, pois se tratava de um evento de chuva com passagem de frente fria em dissipação na região. A simulação do evento na resolução de 10 km subestimou bastante as chuvas como mostra a Figura 2.1.1.



Figura 2.1.1. Precipitação acumulada (mm) em 3 dias do caso de chuvas intensas na via Anchieta 00z 14 de dezembro de 1999.

A simulação da precipitação e das condições atmosféricas associadas ao evento catastrófico que ocorreu em março de 1967 em Caraguatatuba, foi realizada com o modelo Eta, sendo discutidas também as condições atmosféricas sinóticas observadas durante o evento. Os resultados da simulação indicaram, com 72 horas de antecedência, a precipitação intensa sobre a região, porém com maiores valores ao norte da área do evento (Fig.2.1.2). Além da influência de escala sinótica, a circulação da brisa marítima pode ter contribuído para a intensificação do escoamento com aporte de umidade em direção ao continente, e o movimento ascendente simulado sobre o litoral (Fig. 2.1.3).



Fig.2.1.2. Simulação com 72 horas de antecedência para o dia 18 de março de 1967: (a) precipitação (mm); (b) movimento vertical (hPa/s) em 850 hPa (ascendente em azul).



Fig.2.1.3. Média no setor 1 (46W-45W; 23.9S-23.5S) (a) da componente zonal do vento em 925 hPa; (b) umidade específica em 700 hPa; e no setor 2 (45W-44W; 23.5S-23.10S) (c) da componente zonal do vento em 925 hPa; (d) umidade específica em 700 hPa.

b) Previsões em alta resolução

Previsões do Modelo Eta 5km com 50 níveis verticais, modo não-hidrostático, estão disponibilizadas operacionalmente para a região da Serra do Mar no endereço http://serradomar.cptec.inpe.br, desde janeiro de 2007. Além das variáveis de uso comum como precipitação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica, são fornecidos também índices de instabilidade atmosférica (ITT, K, CITT e CK) que servem para indicar regiões com alta probabilidade de evento extremo (Figura 2.1.4).



Fig. 2.1.4. Previsões pelo Modelo Eta com 48 h de antecedência, válido para o dia 08/02/07 – 12 Z dos índices de instabilidade: (a) K (°C); (b) Total Totals (ITT) (°C); e (c) Total pluviométrico (mm).

c) Desenvolvimento de um esquema de ajuste na partição entre a chuva convectiva e estratiforme em função da resolução espacial do modelo.

A precipitação nos modelos de previsão numérica de tempo é gerada pelos esquemas de parametrização convectiva (implícito) e microfísica de nuvens (explícita). Com o objetivo de particionar a precipitação entre convectiva e estratiforme no Modelo Eta, foram realizados experimentos numéricos com a microfísica de nuvens e com o esquema de cúmulos Kain-Fritsch. A precipitação total gerada pelo modelo possui uma componente convectiva dominante. A partição da precipitação convectiva e estratiforme gerada pelos modelos numéricos de previsão de tempo é fundamental para se obter uma previsão de qualidade, pois diferentes tipos de precipitação estão associados a distintos processos microfísicos da nuvem e com isso produzem perfis verticais distintos de temperatura e umidade. Com o aumento da resolução espacial, os processos de desenvolvimento das nuvens se tornam mais sensíveis com relação à grade resolvida pelo modelo. Espera-se ajustar a atuação dos esquemas de microfísica e parametrização de convecção dependendo da resolução horizontal do modelo.

Inicialmente foram realizados experimentos com o Modelo Eta sem nenhuma alteração no código, nas resoluções horizontais de 20, 10 e 5km, com o intuito de determinar a partição da precipitação implícita e explícita do modelo. Foi utilizado o esquema de parametrização de convecção Kain-Fritsch (Kain and Fritsch 1993 e Kain 2004) para resolver a precipitação implícita e o esquema de microfísica de nuvens Ferrier (Ferrier e outros 2002) para resolver a precipitação explícita. Estes experimentos foram denominados experimentos controle (C20, C10 e C5).

Foi escolhido o caso de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que ocorreu no período entre os dias 24 e 20 de janeiro de 2004, para avaliarmos o impacto do aumento da resolução horizontal do modelo na partição da precipitação implícita e explícita. Com o aumento da resolução horizontal verificou-se um aumento da

precipitação total aumento esse devido à maior atividade do esquema implícito. Praticamente toda a precipitação gerada pelo modelo foi gerada pelo esquema de convecção, o que é o oposto do esperado, onde se espera um aumento da contribuição do esquema de microfísica de nuvens com o aumento da resolução horizontal do modelo.

Com o intuito de se obter um controle da partição da precipitação implícita e explícita do modelo Eta, um parâmetro dependente da resolução horizontal foi introduzido no esquema de KF. Este parâmetro controla as tendências de temperatura e umidade e o quanto de água gerada pelo esquema deve ser convertida em precipitação. A equação 1 mostra a função introduzida para controlar a partição da precipitação implícita e explícita. A Figura 2.1.5 mostra a evolução temporal da precipitação total, implícita e explícita, média em todo o domínio do modelo. A função dada pela equação 1 foi utilizada para ajustar a partição da precipitação implícita e explícita do modelo Eta. Assim como no caso controle, o modelo foi rodado nas resoluções horizontais de 20, 10 e 5 km. Com o aumento da resolução horizontal de 20 para 10 km, verifica-se uma redução da precipitação implícita (Fig. 2.1.5b). O aumento da resolução horizontal para 5 km indicou uma precipitação implícita igual ou superior ao experimento com 10 km de resolução horizontal. A Figura 2.1.5c mostra, como esperado, um aumento da precipitação explícita com o aumento da resolução do modelo.

A partição da precipitação implícita e explícita, obtida com a inclusão do parâmetro de ajuste com a resolução horizontal, produziu um impacto positivo no posicionamento dos sistemas, o que impactou num ganho de desempenho nas simulações do modelo. A Figura 2.1.6 mostra o ETS e o BIAS para os experimentos controle (linhas finas) e para os experimentos com a inclusão da função de controle da partição de precipitação (linhas grossas). O modelo foi rodado para 4 casos de ZCAS e 6 casos de Sistema Frontal. Com a inclusão do parâmetro de controle da partição da precipitação houve um maior ETS quando comparado ao experimento controle. Esta melhoria é mais clara para a resolução de 5 km (Fig. 2.1.6a). A super-estimativa presente nos experimentos controle, especialmente para as resoluções horizontais de 10 e 5 km, onde os BIAS são aproximadamente constantes na maioria dos limiares, foi reduzida. Nota-se um comportamento único para as três resoluções: com super estimativa nos limiares de precipitação mais baixos e sub-estimativa para limiares mais altos.

[[^] 0,	$\Delta x \leq 3$ km	
RAN	0.4,	3km <∆z ≤10km	
$P(\Delta x) = \langle$	$0.02 \times \Delta x + 0.2$,	10 km $< \Delta x < 40$ km	(2.1.1)
	_1,	$\Delta x \geq 40 \mathrm{km}$	



Figura 2.1.5. Evolução temporal da precipitação média em todo o domínio do modelo para os experimentos com a inclusão do controle da partição da precipitação implícita e explícita para: a. precipitação total (mm); b. precipitação implícita; e c. explícita (mm).



Figura 2.1.6. (a) Equitable Threat Score; (b) BIAS. Os índices foram determinados considerando-se todos os prazos de previsão (36, 60, 84, 96, 108 e 132h) para os 4 casos de ZCAS e 6 casos de frentes frias. Os casos controle são indicados pelas linhas finas. No eixo x a primeira linha indica os limiares de precipitação e a segunda linha o numero de observações para cada limiar.

d) Inclusão fluxo de momentum

A perturbação de momentum convectivo foi introduzida no modelo Eta. Esta modificação mostrou-se capaz de posicionar melhor o sistema convectivo. Isso se deve a mudança do perfil do vento em presença da convecção. O escoamento que controla o deslocamento da célula convectiva posiciona ligeiramente diferente o local da chuva (Fig. 2.1.7). Integrações juntando um período longo convectivo serão produzidas para gerar uma avaliação mais robusta do desenvolvimento.



Figura 2.1.7. Precipitação convectiva (mm) acumulada em 24h, simulação válida para 1200UTC, 21 de abril de 2006. (a) sem fluxo de momentum convectivo; (b) com fluxo de momentum convectivo.

e) Testes de sensibilidade no esquema de convecção cumulus KF

Foram realizados testes na função de disparo do esquema de parametrização de convecção Kain-Fritsch, utilizando o modelo Eta, com o objetivo de investigar o papel da instabilidade convectiva local, para um caso de tempestade severa ocorrido no dia 21 de outubro de 2007 na cidade de São Paulo com um núcleo convectivo mais intenso no Sul do Estado.

Um dos testes foi realizado reduzindo a espessura da camada fonte de corrente ascendente (USL – Updraft Source Layer), de 50 hPa para 30 hPa visando representar melhor as características termodinâmicas da superfície. O resultado foi em geral o aumento quantitativo da precipitação convectiva (figura 2.1.8a). Outro teste aumentou a dependência da temperatura da parcela com o movimento vertical, onde se verificou que o impacto dessa alteração na precipitação convectiva foi maior que no outro teste. No entanto, para este caso esse resultado não foi satisfatório, pois a precipitação entre SP e RJ diminuiu e na região sul do Estado de SP aumentou (figura 2.1.8b). Quando as duas alterações são realizadas simultaneamente o resultado é semelhante ao encontrado no segundo teste.



Figura 2.1.8. Diferença entre o experimento e a rodada controle, da precipitação convectiva acumulada em 24h a partir do dia 21/10/07 as 12Z. Teste da USL (a) e teste da temperatura da parcela (b).

f) Introdução no modelo de novo mapa de solo e campo inicial de umidade do solo estimada

A nova classificação de solos foi desenvolvida em colaboração com o projeto MUSA (Monitoramento de Umidade do Solo no sudeste da América do sul), coordenado pelo Dr. Javier Tomasela, utilizando os parâmetros característicos do solo sobre América do Sul. A classificação desenvolveu-se levando em consideração as características hidrológicas do solo. O banco de dados de solos do CPTEC contém informações de perfis de solos do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. Cada perfil de solos inclui informações básicas tais como tipo de solo, as classes de textura, a profundidade dos horizontes, a quantidade de carbono orgânico, etc. Os solos foram agrupados de acordo com estas características (tabela 2.1) e de todas as combinações possíveis destes intervalos surgiram os 18 tipos de solos considerados.

Como a base de dados de perfis de solos do CPTEC não abrange toda a América do Sul foi realizada uma correlação entre as classificações da base de dados do CPTEC e do STASGO/FAO, para suprir as regiões onde não havia dados. Desta forma foi gerado o novo mapa de solos para América do Sul, com uma resolução de 0,25x 0,25 grados (figura 2.1.9).

	Categ. 1	Categ. 2	Categ. 3
SCRIT	≤ 75	75 - 150	> 150
SMAX	≤ 200	200 - 350	> 350
SWP	≤ 150	150 - 250	> 250



Figura 2.1.9. Novo mapa de solos

A nova parametrização de solos foi utilizada no Modelo Simples de Água no Solo do INPE para simular as condições de umidade no solo sobre a região. Com as informações sobre a classificação e os parâmetros característicos dos solos do projeto MUSA junto com os campos de umidade no solo simulados foram feitos experimentos com o Modelo Eta na região da América do Sul ao norte de 40S.

As rodadas de controle foram realizadas considerando o mapa de solos atual do modelo e as condições iniciais de umidade do solo fornecidas pelo modelo Global do INPE. As rodadas dos experimentos consideraram o novo mapa de solos desenvolvido e as condições iniciais de umidade no solo fornecidas pelo modelo simples de água no solo do CPTEC.

g) Impacto da umidade do solo e vegetação

Alguns testes com umidade do solo estimada, substituindo a umidade do solo climatológica, que inicializa o modelo, foram realizados. O objetivo foi investigar a sensibilidade do modelo com relação à variação na umidade do solo e à retirada da vegetação, em um caso de precipitação intensa na Serra do Mar. Foram realizados 5 experimentos: um experimento controle com a umidade do solo climatológica, com umidade do solo estimada, aumentando 25% e 80% a umidade, e outro com solo nu. O caso foi o de 9 de abril 2006, com uma simulação de 48 horas e condição inicial de 7abril às 12 GMT.

O impacto da umidade do solo e vegetação na temperatura de superfície é visto na Figura 2.1.10, que é uma média em uma área na região interior do domínio de integração. O modelo simula o ciclo diurno da temperatura, mas as máximas temperaturas ocorrem antes das 18 GMT. O maior impacto da umidade do solo ocorre no período de máximo aquecimento, e não há quase impacto nas temperaturas mínimas.



Figura 2.1.10. (a) Temperatura da superfície para os horários de integração de 7 de abril a 9 de abril de 2006. (b) Evolução da precipitação na área de maior precipitação do experimento com solo mais úmido. Solo nu (rosa), umidade do solo climatológica (azul), umidade do solo estimada (verde), solo menos úmido (vermelho), solo muito úmido (amarelo).

O movimento vertical foi maior no experimento com solo mais úmido, que também apresentou a precipitação mais intensa, comparando com o caso de solo mais seco. As diferenças da precipitação na região do máximo que ocorreu no caso do solo mais úmido são mostradas na Figura 2.1.10. A precipitação menos intensa ocorreu com o experimento de solo nu, seguido do experimento com umidade climatológica, umidade estimada, solo menos úmido e solo mais úmido. Foi notado um impacto em todas as variáveis: omega, pressão, escoamento, umidade específica, temperatura. A umidade do solo tem um impacto maior na temperatura da superfície e é bem sensível ao tipo de solo. Com relação ao ciclo diurno, o máximo de precipitação ocorre mais tarde quando a umidade do solo é maior. O solo sem vegetação tem efeito em diminuir a precipitação no interior. Há necessidade de realização de outros estudos e outros casos para maior detalhamento da influência da umidade do solo e da vegetação.

h) Novo Mapeamento do uso da terra no estado de São Paulo

Foi elaborado um mapeamento do uso da terra no Estado de São Paulo. Esse mapa será útil para fornecer as informações necessárias para implementação, no modelo Eta, das características da vegetação do estado de São Paulo incluindo o efeito da urbanização. Espera-se que a utilização de condições de contorno da superfície mais próximas da realidade melhore o desempenho do modelo. Este mapa está sendo utilizado na modelagem. Maiores detalhes deste mapeamento podem ser encontrados na Seção 2.4.

i) Impacto da orografia

Foi realizado um estudo para analisar as causas de um evento de chuvas intensas no inverno em que ocorreram deslizamentos na Serra do Mar. Foram realizadas

simulações numéricas de 168 horas com resolução horizontal de 40 km e vertical de 38 níveis. As simulações numéricas conseguiram reproduzir com muito boa acurácia a situação sinótica predominante. A Figura 2.1.11a mostra a chuva acumulada entre os dias 16 e 22 de julho de 2004, simulada pelo modelo Eta/CPTEC, onde se reproduzem precipitações próximas dos 200mm ao longo da Serra do Mar.

Uma análise mais aprofundada permitiu estabelecer que as chuvas intensas foram produzidas em sincronia com movimentos verticais junto à encosta oriental (oceânica) da Serra do Mar. A divergência total na camada 300/900 hPa (figura não incluída) no momento de maior intensidade da chuva (00Z do dia 20 de Julho) mostra valores nitidamente positivos ao norte e sul da Serra, indicando convergência (divergência) de massa nos baixos (altos) níveis. Contudo, na região costeira a divergência total foi desprezível. A divergência do vetor Q mostrou resultados semelhantes. Devido à falta de um sinal dinâmico significativo para explicar os movimentos verticais na região de interesse, foi realizada uma simulação numérica na qual foi eliminada a orografia (com exceção da Cordilheira dos Andes). Esse experimento teve como objetivo avaliar o efeito da topografia sobre as precipitações. A Figura 2.1.11b permite concluir que se não existisse a Serra do Mar a situação atmosférica dominante naqueles dias apenas teria conseguido provocar chuvas de, no máximo, 40 mm.

A comparação das rodadas com e sem orografia permitiram determinar que a presença da serra gera convergência e levantamento dos ventos de leste nos baixos níveis na região do litoral, e subsidência e divergência na encosta ocidental. No presente caso, esse efeito se prolongou por vários dias, devido à presença do anticiclone de características barotrópicas sobre o Oceano Atlântico.



Figura 2.1.11. Precipitação total acumulada (mm) entre os dias 16 e 22 de Julho de 2004, segundo as simulações realizadas como modelo Eta/CPTEC: (a) com topografia e b) sem a Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Planalto Central.

Pode se concluir que as chuvas foram causadas pelo efeito orográfico da Serra do Mar, que provocou o levantamento forçado do ar marítimo dentro de uma massa de ar relativamente quente e úmida. Foi fundamental a persistência dos ventos de sudeste sobre a região, devido ao estabelecimento de um anticiclone de bloqueio. O avanço da perturbação baroclínica de onda curta, embora não tenha sido a causa principal das chuvas, contribuiu para o aumento da intensidade das chuvas entre os dias 19 e 20 de julho e, portanto, criou condições favoráveis para o deslizamento de encostas. A situação de inverno analisada apresenta várias semelhanças com as identificadas no semestre quente (bloqueio, interação com perturbações de onda curta, presença de um máximo de divergência nos altos níveis, etc.).

j) Coordenada vertical "sloping eta"

Foram também realizados testes com a coordenada vertical sloping eta que permite fluxo do ar na direção inclinada entre o topo da orografia e a caixa de grade vizinha em nível imediatamente inferior. Este desenvolvimento permite maior aceleração dos ventos que acompanham a topografia.



Figura 2.1.12. Diferença dos ventos entre integração com coordenada eta refinada e coordenada eta original (m/s).

k) Aplicação de esquemas objetivos para ajustes nos campos da condição inicial, e no campo de temperatura da superfície do mar.

Foi desenvolvido um esquema de ajuste de dados para ser aplicado na geração da condição de contorno, mais precisamente a temperatura da superfície do mar – TSM. O intuito foi gerar um campo de TSM próximo daquele observado na natureza. O ajuste proposto utiliza a relaxação newtoniana, possibilitando um procedimento rápido e eficiente na redistribuição espacial das variáveis meteorológicas. Além dos ajustes nos campos de TSM, o mesmo procedimento foi aplicado na assimilação de dados meteorológicos de superfície. Os dados assimilados são aqueles obtidos nas estações meteorológicas instaladas nos aeroportos, organizados seguindo o código METAR. O procedimento proposto pode assimilar outros conjuntos de dados.

Os experimentos, padrão (sem assimilação das observações) e o experimento o modelo numérico foi integrado para o período de 48 horas, utilizando como condição inicial o campo "first-guess". Como o interesse é a previsão de tempo na mesoescala, o modelo é integrado numa grande área horizontal com 10 km de resolução espacial.

Os experimentos utilizaram como condição inicial os campos meteorológicos analisados no horário das 12Z do dia 02/11/2007. Nessa ocasião ocorreram fortes ventos na cidade de Cabo Frio – RJ. Na Figura 2.1.13a e 2.1.13b são mostrados os campos de pressão ao nível médio do mar (PNMM), previstos pelo modelo, usando as

condições estabelecidas nos experimentos EXP1 e EXP2, respectivamente. No EXP2 os dados observados em superfície (METAR) são inseridos na condição inicial.



Figura 2.1.13. Pressão Nível Médio do Mar (hPa) – Campo Previsto: a) EXP1 e b) EXP2, c)– Análise para 12 Z 03/11/2007.

Os campos apresentados nas Figuras 2.1.13a e 2.1.13b devem ser comparados com o campo apresentado na Figura 2.1.13c, a qual mostra a PNMM para o dia 03/11/2007, às 12Z. A principal diferença é observada no litoral paulista e parte do litoral sul brasileiro, diferente do mostrado na Figura 2.1.13c. Tanto no EXP1 quanto no EXP2 o sistema de baixa pressão sofreu um deslocamento mais lento, e apresentando os centros de baixas pressões mais intensos.

Na Tabela 2.1 são apresentados os cálculos dos índices de verificação de desempenho do modelo, a raiz quadrada do erro médio quadrático (RMSE) e o erro sistemático das previsões (BIAS). As variáveis utilizadas, geopotencial no nível de 500 hPa e pressão ao nível médio do mar (PNMM), apresentaram a mesma tendência, no EXP1 e EXP2. Por outro lado, os valores do erro médio quadrático apresentaram uma ligeira redução com a introdução do esquema de assimilação de dados, em ambas variáveis analisadas.

EXP1 – Sem	assimilação.		EXP2 – Com assimilação.		
	Geop. 500hPa	PNMM		Geop. 500hPa	PNMM
RMSE	7,079	2,064	RMSE	7,061	2,061
BIAS	0,999	0,998	BIAS	0,999	0,998

Tabela 2.1 Verificação do desempenho das previsões realizadas pelos experimentos EXP1 e EXP2.

Os ajustes estão sendo feitos na distribuição espacial da TSM, procurando gerar um campo mais próximo daquele observado na natureza. Assim, no intuito de avaliar impactos que serão ocasionados com as alterações no campo da TSM, foram realizados alguns experimentos.

Na Figura 2.1.14 são mostrados os campos da TSM média semanal; a localização dos pontos onde se possui TSM estimada; campo de TSM ajustado, incluindo as novas observações; e, por fim, a diferença entre o campo ajustado e a TSM média semanal.



Figura 2.1.14. Temperatura da Superfície do Mar - 11/02/2007: a) TSM média semanal; b) Locais onde se possui TSM estimada; c) TSM ajustada (K); e, d) Diferença entre os resultados de (a) e (b). (continua).

A localização espacial dos pontos onde se possui TSM estimada (Figura 2.1.14b) vale para as observações do dia 02/11/2008. Naturalmente esta posição depende das passagens dos satélites de órbita polar da série NOAA. Nem sempre haverá coincidência de pontos, incluindo o fato de que píxeis sob nuvens não são levados em contas na estimativa da TSM.

Devido à sua natureza, a TSM média semanal (Figura 2.1.14a) possui um comportamento suavizado, sem variações abruptas. A inclusão dos dados observados produz um campo com maiores variações espaciais. Algumas diferenças podem ser significativas, no caso específico, em módulo, ocorreram valores superiores a 2 K, e, dependendo do fenômeno atmosférico em curso pelas regiões oceânicas, tais variações podem agir de forma decisiva na evolução de fenômenos atmosféricos. Entretanto, os impactos que tais variações podem acarretar precisam ser estudados com mais detalhes, analisando uma quantidade maior de simulações do modelo numérico, o que não foi feito no decorrer deste trabalho.

Um dos casos analisados relata um evento meteorológico ocorrido no dia 12 de fevereiro de 2007, o qual provocou intensas chuvas no litoral do sudeste, desde o

estado de São Paulo até o estado do Espírito Santo. Os resultados a serem representados, foram obtidos com a integração do modelo utilizando as condições iniciais das 12:00Z do dia 11 de fevereiro de 2007, 24 horas antes do evento.

Na Figura 2.1.15 são mostrados os totais de precipitação, sem ajuste no campo de TSM (Figura 2.1.15a) e com ajuste de TSM (Figura 2.1.15b). Naturalmente, como era de se esperar, as principais alterações ocorrem nas áreas próximas ao litoral, especialmente o litoral do Estado do Rio de Janeiro. Como registrado na Figura 2.1.14, o campo ajustado de TSM, na sua grande parte, apresentou desvios negativos (Figura 2.1.14d).



Figura 2.1.15. Distribuição espacial dos totais pluviométricos para 24 horas de integração do modelo numérico: a) Sem ajuste no campo de TSM e b) Com ajuste no campo de TSM.

A circulação no litoral fluminense sofreu sensíveis mudanças com a inclusão do novo campo de TSM. Em ambos os casos, o campo de TSM mais "frio" redistribuiu de forma mais homogênea as precipitações ao longo de todo o litoral fluminense, diminuindo a intensidade de precipitação especialmente sobre o sul fluminense.

O papel da TSM nas condições de tempo e de clima é incontestável, sendo utilizado como índice prognóstico, especialmente nas previsões sazonais para o nordeste brasileiro. Por outro lado, seu papel no desenvolvimento de sistemas frontais, incluindo os ciclones extratropicais, tem sido motivo de estudos, inclusive pode ser responsável por desenvolvimento abrupto de ciclones no alto-mar.

O que se propôs neste trabalho foi adicionar mais uma informação no processo de previsão de tempo utilizando modelos numéricos. Informações mais precisas do estado dos oceanos podem introduzir mais acurácia nas previsões de curto prazo para regiões litorâneas. Os resultados aqui apresentados não permitem tais conclusões, sendo necessárias novas previsões e simulações, com análises para diferentes eventos meteorológicos.

I) Previsão por Conjunto (Ensemble)

Foi finalizado o estudo sobre previsão por conjunto usando duas metodologias: com diferentes Condições Iniciais e com diferentes processos físicos. Os resultados foram melhores do que as previsões determinísticas. Além disso, o ensemble de processos

físicos apresentou um melhor desempenho. Os resultados são importantes para a possibilidade de previsão probabilística na região da Serra do Mar. Um resumo dos resultados é apresentado a seguir.

A previsão por conjunto combinada com alta resolução e maior detalhamento da orografia pode produzir melhor representação dos processos de mesoescala e, conseqüentemente, aprimorar as previsões dos eventos localizados e extremos. Dois dos objetivos do Subprojeto de Modelagem Atmosférica foram:

- Desenvolver uma metodologia de previsão por conjunto de curto prazo, utilizando o modelo regional Eta com alta resolução, tendo como área de principal interesse a região da Serra do Mar e o litoral paulista, visando entender a previsibilidade de eventos extremos que ocorrem sobre esta região.
- Fornecer produtos de previsão probabilística.

Foram testadas duas metodologias de previsão por conjunto de curto prazo: uma utilizando como fontes de incertezas as perturbações das condições iniciais, ensemble de condição inicial (SREP), e outra explorando os erros dos modelos como fonte de incertezas, ensemble de física (SREPF). Além destes dois experimentos, foi avaliado o resultado fornecido por um conjunto reunindo as duas fontes de incertezas, SREP e SREPF, denominado ensemble total (SREPT).

Ensemble de condição inicial

Para escolher a melhor metodologia de perturbação das condições iniciais a ser utilizada, foram testados dois conjuntos de condições iniciais fornecidos pela metodologia de previsão por conjunto do modelo operacional global do CPTEC: um, onde apenas dois campos da condição inicial foram perturbados, a temperatura e o vento, e outro onde foi incluída a perturbação no campo da umidade específica. O ensemble de condição inicial consiste basicamente em:

Selecionar 4 membros perturbados entre os 15 membros fornecidos pelo ensemble de médio prazo do modelo global operacional do CPTEC, através de análise de cluster;

Integrar uma versão do modelo regional Eta com 10 km de resolução horizontal e 38 níveis na vertical utilizando como condição inicial e de contorno cada um dos 4 membros perturbados selecionados;

Integrar a mesma versão do modelo regional Eta utilizando como condição inicial e de contorno o membro não perturbado fornecido pelo ensemble do modelo global (membro controle);

Desta forma um conjunto com 5 membros do ensemble de curto prazo é formado.

Os resultados indicaram ligeira vantagem da metodologia incluindo a perturbação do campo de umidade específica em relação à metodologia onde apenas a temperatura e o vento são inicialmente perturbados. Diante disto o ensemble de incertezas devido a perturbações de condições iniciais apresentado nos resultados a seguir refere-se ao ensemble de condição inicial incluindo a perturbação da umidade específica, denominado SREPH.

Ensemble de Física

Os erros dos modelos numéricos estão associados, principalmente, a representações imperfeitas dos processos atmosféricos parametrizados. Desta forma diferentes configurações do modelo regional Eta com resolução horizontal de 10 km e 38 níveis na vertical foram integradas para a composição de um ensemble de física. O ensemble de física consiste em:

Três membros empregando esquema de parametrização convectiva Betts-Miller-Janjic com diferentes ajustes de parâmetros do esquema de superfície;

Três membros empregando esquema de parametrização convectiva Kain-Fritsch, sendo um membro com o esquema original, o segundo incluindo o fluxo de momentum e o terceiro com o esquema original modificado;

Uma integração controle equivalente ao membro controle do ensemble de condição inicial.

Avaliação

Foram escolhidos 4 casos de passagem de sistema frontal (SF) e 4 casos de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) para avaliação das metodologias de ensemble. Em todos estes casos ocorreu precipitação significativa sobre a região da Serra do Mar. A Figura 2.1.16 mostra o RMSE do ensemble médio em comparação ao espalhamento da previsão para cada um dos experimentos. Curvas em verde são os resultados do ensemble de condição inicial (SREPH), em azul do ensemble de física (SREPF) e em roxo do ensemble total (SREPT). O RMSE da previsão determinística é plotado em preto.



Figura 2.1.16. RMSE e SPR da umidade específica em 850-hPa (g/kg): a) casos de ZCAS e b) casos de passagem de SF. RMSE é a linha tracejada para cada experimento e para a rodada controle (com círculos). SPR é a linha cheia para cada experimento.

A Figura 2.1.17 mostra os índices ETS e BIAS para o ensemble médio dos três experimentos para os casos de ZCAS e SF. Estes índices são usados para medir de forma objetiva o desempenho das previsões de precipitação em diferentes categorias. Uma previsão perfeita indica valores de ETS equivalentes a 1, enquanto que BIAS acima (abaixo) de 1 indica superestimativa (subestimativa) das previsões. Os valores do ETS do SREPF mostram vantagens sobre os demais experimentos tanto para os

casos de ZCAS quanto para os casos de SF. Do mesmo modo que o BIAS indica melhor desempenho para o experimento SREPF na maioria das categorias de chuva.



Figura 2.1.17. Índices objetivos do ensemble médio do SREPT, SREPF e SREPH da precipitação acumulada em 24 horas: a) ETS e b) BIAS.

Em geral, os resultados indicam significativos ganhos de qualquer uma das metodologias testadas em relação à previsão determinística. Das metodologias avaliadas a de ensemble de física (SREPF) indica vantagens em relação à de condição inicial (SREPH), tanto nos casos de Zona de Convergência do Atlântico Sul quanto de passagem de Sistema Frontal, principalmente nas previsões de precipitação. As avaliações probabilísticas das metodologias indicam que todas as metodologias avaliadas possuem potencial de aplicação.

m) Produtos da Previsão por Conjunto

Ensemble médio x Espalhamento

O ensemble médio é a forma mais condensada de obter informações da previsão por conjunto, consiste em calcular a média das previsões considerando que todos os membros tenham a mesma probabilidade de ocorrência. O conjunto médio pode ser considerado como a melhor estimativa da atmosfera futura.

Uma informação importante obtida da previsão por conjunto está relacionada à estimativa da incerteza associada à determinada previsão. O espalhamento das previsões é uma maneira de se medir esta incerteza. Em geral, são plotados no mesmo gráfico a previsão do ensemble médio e o espalhamento daquele campo, como apresentado na Figura 2.1.18.

Plumas

As plumas das previsões apresentam a evolução temporal para uma localidade específica (Figura 2.1.19).

Probabilidade

A previsão de probabilidades deriva espontaneamente da previsão por conjunto. Dado um limiar pré-estabelecido pode-se estimar, espacialmente, quais são as regiões que contenham maior possibilidade de ocorrência de precipitação a partir das previsões do conjunto. Em regiões cuja probabilidade está acima de 65 %, as condições atmosféricas indicam possibilidade alta de ocorrência de precipitação acima do limiar. Por outro lado, regiões que apresentam probabilidade abaixo de 35 %, as condições atmosféricas indicam que existem poucas chances de ocorrência de precipitação acima do limiar (Figura 2.1.20).



Figura 2.1.18. Ensemble médio (sombreado) e espalhamento (contorno) da previsão de pressão ao nível médio do mar.



Figura 2.1.19. Evolução temporal das previsões de cada membro (curva em azul) e do ensemble médio (curva em vermelho) válidos para a localidade de Ubatuba.



Figura 2.1.20. Probabilidade de precipitação acumulada em 24 horas acima do limiar de: a) 1 mm; b) 10 mm; c) 25 mm; d) 50 mm.

n) Combinação entre modelagem numérica e mineração de dados: Análise de casos de ZCAS

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é o principal sistema sinótico responsável por chuvas fortes e persistentes na região da Serra do Mar. Assim, o seu estudo nos resultados de previsões com o modelo Eta fornece informações sobre a habilidade do modelo em reproduzir as características associadas.

Foram catalogados 53 casos de ZCAS ocorridos no período entre 1997 e 2007, separando-os em dois grupos: não associados (grupo A) ou associados (grupo B) com deslizamentos na região da Serra do Mar. Desses 53 casos, 18 estavam associados com deslizamentos. Posteriormente foi elaborado um programa em Fortran que faz a separação dos casos de ZCAS nesses dois grupos (com ou sem deslizamentos) a partir de dados extraídos das previsões de 48h do modelo Eta com resolução espacial de 40 km, para a localidade de Caraguatatuba (23.6ºS/45.4ºS). Ao todo foram gerados dados de 6 variáveis: altura geopotencial em 850 e 500 hPa, vento meridional, zonal, temperatura e umidade específica em 850 hPa para 275 datas correspondentes a todo o período de atuação das ZCAS. Quatro testes foram feitos, utilizando-se diferentes registros como centróides para os grupos A e B.

Grupo A	Grupo A	Grupo A Grupo A		Grupo A	Grupo A	Grupo A
184	34	115	146	195	18	102
						•
REGISTRADOS	TEMP	UVEL	VVEL	ZGEO850	ZGEO500	UMES
Grupo B	Grupo B	Grupo B	Grupo B	Grupo B	Grupo B	Grupo B
91	201	160	129	80	257	173

VVEL

ZGEO850

ZGEO500

UMES

Tabela 2.3. Resultados obtidos com o teste 1, comparando os grupos formados por cada variável a partir do programa de agrupamento e os grupos realmente registrados.

UVEL

REGISTRADOS

TEMP

A partir desse resultado feito como primeiro teste conclui-se que o programa de agrupamento inclui mais membros no grupo A do que realmente é observado para a maioria das variáveis testadas.

Tabela 2.3.	Limiares	de	taxas	de	acerto	para	as	variáveis	temperatura	е	umidade
específica en	n 850 hPa.										

	TEMP (°C)	Temp acerto (%)	UMES (g/kg)	Umes acerto (%)
Grupo A	<24	94	<14	83
Grupo B	>24	37	>14	43

Os valores de limiares foram encontrados comparando-se os valores máximos e mínimos das variáveis em cada grupo. As taxas de acerto para o grupo A são maiores, pois existem muito mais registros não associados com deslizamentos do que associados com deslizamentos, fator que influencia fortemente no resultado final. O método estudado pode se mostrar eficiente e é prático, pois requer o uso de um programa simples, não requerendo grande custo computacional e de tempo. De forma geral o programa tende a formar grupos de casos associados com a ocorrência de deslizamentos com um número de membros maior do que o realmente ocorre, comparando-os com os dados registrados.

A partir desta etapa foram selecionados 7 casos para estudo com chuvas na Região da Serra do Mar, sendo 4 casos de chuvas fortes e 3 casos de chuvas fracas. Os resultados mostram que as variáveis mais sensíveis à intensidade da ZCAS são umidade específica em 850 hPa, omega em 500 hPa, divergência de umidade em 1000 hPa, pressão ao nível médio do mar, divergência de massa à superfície. Os limiares de tais variáveis encontram-se listados na Tabela 2.4.

Variáveis	ZCAS	ZCAS	
	chuvas intensas	chuvas fracas	
Umidade específica 850 hPa	12 a 14 g/kg	<10 g/kg	
Omega em 500 hPa	-4 a –5 Pa/s	Valores positivos	
Divergência de umidade 1000 hPa	-25 a -30 g.kg ⁻¹ .dia ⁻¹	0 a -5 g.kg ⁻¹ .dia ⁻¹	
PNMM sobre continente	1010 hPa	1018 hPa	
Divergência de massa à spf.	-25x10-6s ⁻¹	-10x10-6s ⁻¹	

Tabela 2.4. Lim	iares das variáv	eis associadas c	com ZCAS fortes	e fracas
				c nucus

o) Avaliação das Previsões Operacionais

1) Análise das previsões do MCGA CPTEC para verões extremos chuvosos na região da Serra do Mar

Nestas análises foram analisadas as características atmosféricas associadas a verões secos e chuvosos extremos em uma área do Sudeste do Brasil que engloba a região da Serra do Mar, em resultados do MCGA CPTEC/COLA. Essas análises são importantes, pois as condições de contorno laterais para o modelo regional Eta, para previsão de tempo, provêm de previsões do modelo global. Assim, é necessário saber se o modelo global tem a habilidade de representar as principais configurações mensais de estações com extremos de precipitação. Como na região da Serra do Mar os máximos de precipitação ocorrem na estação de verão, esta estação foi selecionada para a análise. Foram utilizados resultados da simulação climática com o MCGA CPTEC/COLA na resolução T62L28, no período de 1951 a 2001. Os 5 anos mais extremos de precipitação na área 25S-20S e 45W-40W, tanto com anomalias positivas quanto negativas foram selecionados para a construção de compostos. Os resultados mostram padrões associados às anomalias de precipitação similares aos obtidos com dados observacionais e são também semelhantes aos obtidos na variabilidade intra-sazonal, como o dipolo nordeste/sudoeste associado à ZCAS (Figura 2.1.21) e o padrão de teleconexão PSA, com o trem de ondas sobre o Pacífico e América do Sul. Compostos para os casos extremos em uma área ao norte desta mostraram anomalias mais intensas, devido ao fato da área toda estar na região de atuação da ZCAS simulada. A área que compreende a Serra do Mar se encontra na parte sul dessa atuação. Os casos extremos opostos (chuvosos ou secos) apresentam características diferentes no escoamento em altos e baixos níveis. Em baixos níveis os anos extremos chuvosos apresentam uma confluência do escoamento de noroeste, que provém da região Amazônica, com o escoamento que provém do Atlântico, sobre a região SE. Nos anos extremos secos, o escoamento é dirigido para o sul, deixando a região SE livre da umidade que provém da Amazônia. Em altos níveis, nos casos extremos chuvosos a Alta da Bolívia estava bem organizada e estendida para a região SE, e nos casos secos estava concentrada sobre a Bolívia. Foi também identificada, assim como nos resultados observacionais, a fase positiva da Oscilação Antártica nos casos extremos chuvosos e a fase negativa nos casos secos.



Figura 2.1.21. Compostos simulados pelo MCGA CPTEC/COLA para anomalias de precipitação (a) DJF extremos chuvosos, (b) DJF extremos secos.

2) Avaliação da nova versão regional de previsão Eta15kmL50

Foi testada uma nova versão operacional de domínio regional, aumentando a resolução vertical, de 38 para 50 níveis e a resolução horizontal de 40 km para 15 km. Foram também implementadas as seguintes mudanças: modificação na função de eficiência de precipitação no esquema de BM e alterações na subcamada molecular. Além disso, foi testado e avaliado o esquema KF com inclusão do fluxo de momentum.

O novo domínio regional cobre grande parte dos Oceanos Atlântico e Pacífico (Fig. 2.1.22).



Figura 2.1.22. Domínio do modelo Eta15kmL50

Para esta avaliação foi escolhido o período de10 dias, de 27 de abril a 06 de maio de 2009, em que a ZCIT estava atuando fortemente na região Norte e norte da região Nordeste. Os experimentos foram: experimento controle (CNTRL), o experimento com aumento da eficiência da precipitação (FEFI) e o experimento que inclui o transporte convectivo de momentum no esquema de parametrização de convecção Kain-Fritsch (KFMX).

Inicialmente a nova versão foi comparada com a versão operacional do CPTEC com 40 km de resolução horizontal e 38 níveis verticais. As Figuras 2.1.23 e 2.1.24 apresentam o ETS e o BIAS para as previsões de 24 e 48 horas. A Figura 2.1.23 mostra que o Eta15kmL50 apresentou BIAS menores que a versão operacional. Quando foram comparados os experimentos, o Experimento KFMX apresentou BIAS menores que os outros experimentos nas previsões de 24 e 48 horas (Figura 2.1.24). O experimento com Kain Fritsch e fluxo de momento apresentou ETS menores nas previsões de 24 e 48 horas (Figura 2.1.24).



Figura 2.1.23. ETS e BIAS para as previsões de 24 e 48 horas dos modelos Eta15kmL50 (linha preta) e Eta40kmL38 (linha vermelha).



Figura 2.1.24. ETS e BIAS para as previsões de 24 e 48 horas dos experimentos CNTRL, FEFI e KFMX.

3) Avaliações das previsões operacionais Eta5km

Avaliação operacional

Durante o projeto foi desenvolvido um sistema de avaliação do modelo Eta Serra do Mar que conta com alguns índices estatísticos, tais como Equitable Threat Score (ETS), Bias, Probabilidade de detecção (POD), Razão de Alarme Falso (RAF), Erro Quadrático Médio (RMSE), Viés Médio e Indices de Acertos. Este sistema é bastante flexível e permite ao usuário uma série de combinação que facilita o procedimento da avaliação do modelo, permitindo comparações entre diferentes resoluções, horários de previsão, épocas do ano. Esta ferramenta encontra-se disponível, de forma operacional, na pagina do CPTEC/INPE (http://serradomar.cptec.inpe.br/). Os resultados das avaliações (de janeiro de 2008 a fevereiro 2009) mostram que o modelo

regional Eta-05km apresenta resultados satisfatórios com desempenho superior às versões operacionais do Eta-40km e Eta-20Km, também integrados operacionalmente (Figura 2.1.25). Notou-se ainda que a versão Eta-05km minimiza os erros de ajustes do modelo que geralmente ocorrem nas primeiras horas de integração.



Figura 2.1.25. Índice de acerto da pressão ao nível médio do mar (a) e Equitable Threat Score (b), calculados sobre o domínio da Serra do Mar para o período de janeiro de 2008 a fevereiro 2009.

Avaliação do ciclo diurno das previsões do modelo Eta-05Km

O ciclo diurno das previsões do modelo Eta-05Km foi avaliado utilizando várias estações de superfície. O modelo Eta-05km consegue captar razoavelmente bem o ciclo diurno, porém alguns erros sistemáticos se apresentaram para a precipitação (superestimativa), pressão em superfície (subestimativa), magnitude do vento (superestimativa) (Fig. 2.1.26).



Figura 2.1.26. Ciclo diurno da precipitação (a), pressão à superfície (b) e magnitude do vento para a localidade de Pincinguaba (SP). Em vermelho as previsões do modelo Eta_5km e em azul as observações obtidas a partir das PCDs.

Avaliação com as estações instaladas pelo Projeto

Foram elaboradas avaliações das previsões de 24, 48 e 72 horas do modelo Eta-5km, nas localidades de Cunha, PESM Curucutu, Itanhaém, Paraibuna, PESM Picinguaba, PESM Santa Virginia e São Jose dos Campos para o ano de 2008.

Verificou-se que o modelo superestima a pressão em Cunha (5 hPa), PESM Curucutu (19 hPa) e Santa Virginia (5 hPa) e subestima a pressão em Paraibuna (6 hPa), Picinguaba (23 hPa) e São José dos Campos (5 hPa). O ciclo diurno é bem previsto pelo

modelo exceto pela previsão de 24 horas que não capta o mínimo de 6 Z em nenhuma das estações. A qualidade das previsões de 24 e 48 horas é sempre superior à qualidade das previsões de 72h.

A temperatura do ar apresenta uma superestimativa no PESM Curucutu (3ºC), Itanhaém (2ºC) e Santa Virgínia (3º C), contudo a altitude do modelo é menor do que o real em PESM Curucutu (166 m) e nas demais estações são praticamente iguais. Nas demais localidades a previsão tem um ótimo comportamento em relação à observação. Os ciclos diurnos observados são previstos corretamente. Em geral, a previsão de 24 horas é melhor que as demais.

Devido ao fato da topografia do modelo ser diferente da topografia real, o modelo não é capaz de captar a direção dos ventos, contudo suas intensidades são razoavelmente bem previstas. Nota-se uma ligeira subestimativa da fregüência de ocorrência de ventos calmos e superestimativa de ventos fortes.

Com relação à precipitação nota-se que eventos chuva/não chuva são bem previstos pelo modelo (prec>=0,3mm), contudo o desempenho reduz quando se trata de eventos de chuvas moderadas a fortes. O modelo superestimou a quantidade de eventos para todas as intensidades de chuvas para todas as localidades, exceto Curucutu e Santa Virgínia.

Um exemplo de todas as variáveis para a localidade de Santa Virgínia é apresentada na Figura 2.1.27.



(c)

ЗZ

6Z

9Z



Figura 2.1.27. Avaliação das previsões de 24, 48 e 72 h do modelo Eta (5 km) a partir das observações coletadas na PCD de Santa Virginia para (a) pressão atmosférica ao nível da estação, (b) temperatura do ar, (c) direção e intensidade do vento e (d) precipitação.

p) Avaliação do Ciclo diurno e circulação local:

A região da Serra do Mar, por ser uma região com montanhas e próximo ao mar, é uma região que sofre o efeito de dois sistemas de circulação local: o de ventos valemontanha e a circulação das brisas marítima e terrestre. As circulações locais não dependem da situação sinótica, mas podem influenciar no campo meteorológico total, quando estes sistemas estão presentes, contribuindo para a intensidade das chuvas na região. O objetivo do estudo foi a investigação da capacidade do modelo regional Eta em representar o ciclo diurno e a circulação local próximo à Serra do Mar.

Foram utilizadas as previsão do Modelo Eta 5km operacional (resultante do projeto) para Janeiro 2007 (previsão até 3 dias). Os dados horários foram processados para dados a cada 3 horas e foram feitas médias de cada horário para todos os dias de

previsão. A variabilidade diurna na região da Serra do Mar é bem simulada pelo modelo, como mostrada na Figura 2.1.28. O ciclo diurno de aquecimento e resfriamento é bem representado, com máximo aquecimento às 18 GMT (15 horas Local) e máximo resfriamento às 09 GMT (06 Horas Local), (Figura 2.1.28a). O escoamento do vento zonal também apresenta uma variabilidade diurna que pode ser identificada com a brisa marítima com ventos de leste e brisa terrestre com ventos de oeste (Figura 2.1.28b). Variabilidade diurna também ocorre com o vento meridional, com sentido predominante de norte, porém com variação na intensidade (Figura 2.1.28c). Esta variação na componente meridional parece estar associada à variabilidade na temperatura, aumentando nos períodos mais frios e reduzindo nos períodos mais quentes.



Figura 2.1.28. Evolução a cada 3 horas da média para o mês de janeiro de 2007 da previsão realizada com o modelo Eta 5 km, às 12 GMT de (a) temperatura em 850 hPa; (b) vento zonal em 850 hPa; (c) vento meridional em 850 hPa.

Também foram utilizados os dados de uma Simulação do Eta 5 km (versão pesquisa) para o Caso de 9 e 10 abril 2006 quando ocorreram deslizamentos na Serra do Mar deflagrados por chuvas intensas. A condição inicial foi a de 7 abril para integração de 72 horas. A variabilidade diurna de algumas variáveis, com dados horários, é apresentada na Fig. 2.1.29. A média de precipitação em várias áreas da região, com os valores mais altos nos dias 9 e 10 foi simulada com 48 e 72 horas de antecedência (Figura 2.1.29a). Embora os valores horários não tenham sido altos, a persistência da chuva nos resultados do modelo teria sido um bom indicador para um sinal de alerta para ocorrência de um caso extremo. Nesse caso a temperatura da superfície também apresentou a variabilidade diurna, com aquecimento diurno e resfriamento noturno (Figura 2.1.29b). As componentes do vento zonal e meridional em 925 hPa também apresentaram indicações da circulação da brisa marítima e terrestre e associação com a variação da temperatura (Figura 2.1.29c). O campo Omega, de movimento vertical, em 850 hPa mostra bem os movimentos ascendentes durante o dia e subsidentes durante a noite (Figura 2.1.29d). No campo de pressão é notada a redução do dia 7 ao dia 10, consistente com a aproximação do sistema sinótico que atuou na região, e também a variação semi-diurna, com dois máximos as 09 e 21 HL (Horário Local) e dois mínimos as 15 e 03 HL (Figura 2.1.29e). O aumento de umidade do dia 7 ao dia 10 também é bem notável, com leve variabilidade diurna (Figura 2.1.29f).



Figura 2.1.29. Variação horária da média espacial na região da Serra do Mar para (a) precipitação; (b) temperatura à superfície, (c) vento zonal e meridional em 925 hPa; (d) Omega em 850 hPa; (e) pressão ao nível do mar; (f) umidade específica em 700 hPa.

As análises espaciais da média de precipitação no período de resfriamento (entre 00 e 12 GMT: noite até o começo da manhã) e no período de aquecimento (entre 13 e 00: fim da manhã até a noite), mostram o efeito da circulação da brisa e do aquecimento na precipitação sobre a região da Serra do Mar. No primeiro período (Figura 2.1.30a, b), o escoamento sobre todo o litoral norte está direcionado para o oceano, e não há ocorrência de precipitação junto à costa. No segundo período (Figura 2.1.30c, d), o escoamento está dirigido do oceano para a costa, contribuindo para o aumento de umidade e resultando em intensa precipitação.

A circulação local na região simulada em dois períodos (diurno e noturno) mostra bem a circulação da brisa marítima com escoamento dirigido para a costa em baixos níveis, ascenção do ar sobre o continente e escoamento para o mar em níveis mais altos, durante o período diurno. No período noturno o escoamento está também dirigido para o continente, porém com subsidência sobre a região costeira (Figura 2.1.31a, b).



Figura 2.1.30. Média de precipitação e escoamento do vento em 925 hPa nos períodos (a), (b) (entre 00 e 12 GMT) e (c), (d) (entre 13 e 00 GMT).

พรศภาพระวิพระเวิทศาสพรรณชพรรณ

(c)

24.55

255

25.55

(d)

24.50

252

25.55



Figura 2.1.31. Circulação local próxima à costa (média de 3 dias de simulação) nos períodos: (a) 12 às 22 GMT, representando o período diurno, (b) 00 às 10 GMT, representando o período noturno.

q) Conclusão

Foram realizadas as atividades propostas como metas do projeto, com a finalização dos estudos do ensemble de previsões, com a realização de testes de sensibilidade e implementação de várias melhorias no modelo Eta que aumentaram o seu desempenho, assimilação da temperatura da superfície do mar e observações das PCDs, estudo do ciclo diurno e circulação local e avaliação da versão operacional para a previsão na Serra do Mar. O sistema de previsão com o modelo em alta resolução sobre parte do Sudeste do Brasil continuará como uma das atividades operacionais do CPTEC, assim como a contínua avaliação com a utilização das PCDs instaladas pelo projeto. Os casos extremos na região continuarão a ser monitorados e avaliados com o modelo operacional e as versões de pesquisa do modelo.

2.2 Acoplamento de um modelo atmosférico a um modelo hidrológico (SP2)

Este sub-projeto se propõe a acoplar o modelo hidrológico DHSVM ao modelo atmosférico Eta.

As bacias hidrográficas do Litoral Norte têm grande deficiência de dados hidrológicos, no que se refere às vazões líquidas, sólidas e qualidade da água dos rios.

Os trabalhos de modelagem hidrológica se concentraram em duas bacias de estudo:

- Rio Bocaina localizada nos municípios de Cachoeira Paulista e Silveiras com uma área de drenagem de 251,36 km². Nesta bacia localiza-se uma estação hidrológica da Agência Nacional de Águas (ANA) próximo à mesma, existem 2 Plataformas de Coleta de Dados (PCD's) do INPE.
- Rio Claro localizada nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião com uma área de drenagem de 70,2 km². Próximo à bacia está localizada a PCD de Caraguatatuba do INPE.

a) Modelagem hidrometeorológica da bacia do Rio Bocaina

Na bacia do Rio Bocaina foram instalados equipamentos para medição em alta freqüência para comparação com os dados medidos duas vezes por dia por observadores contratados pela ANA. A curva-chave foi fornecida pela ANA.

Simulações do modelo Eta

Para fins de acoplamento, o modelo atmosférico Eta foi executado para os três eventos severos escolhidos como estudo de casos, fevereiro e julho de 2004 e março de 2008, em duas resoluções horizontais, 10 e 2 km. Para a resolução de 10 km o modelo foi executado no modo hidrostático, com 211 x 385 pontos de grade, 38 níveis na vertical, passo de tempo de integração de 20 segundos e com o esquema de parametrização da precipitação convectiva de Betts-Miller. A resolução de 2 km foi

executada no modo não hidrostático, com 211 x 385 pontos de grade, 50 níveis na vertical, passo de tempo de integração de 4 segundos e também com o esquema de parametrização da precipitação convectiva de Betts-Miller.

As variáveis prognósticas do modelo atmosférico que serviram de entrada ao modelo hidrológico foram a temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa, precipitação, irradiância incidente de ondas curtas e longas.

Para o caso de fevereiro de 2004, houve um aumento da precipitação prevista com o aumento da resolução sobre a área de interesse. Nesse período, as precipitações observadas nas PCD's de Cachoeira Paulista e Silveiras foram de 142 e 113,15 mm, respectivamente. Para a previsão com resolução de 10 km houve uma superestimativa da precipitação próximo à PCD de Cachoeira Paulista e uma boa previsão próximo à estação de Silveiras. Já para a resolução de 2 km, houve uma superestimativa da precipitação próximo às duas PCD's. Já para o caso de julho, houve uma redução da precipitação com o aumento da resolução do modelo atmosférico. O padrão das chuvas manteve-se com o aumento das resoluções. Para esse período, as precipitações observadas nas PCD's de Cachoeira Paulista e Silveiras foram de 47,25 e 45,5 mm, respectivamente. Para as previsões com resolução de 10 km, houve uma superestimativa da precipitação próximo à PCD de Cachoeira Paulista. Para a resolução de 2 km, os valores parecem bastante coerentes próximos às estações.

Assim como no caso de fevereiro de 2004, houve um acréscimo da precipitação simulada com o aumento da resolução do modelo atmosférico para o período de 13 a 18 de março de 2008. Nesse período, as precipitações observadas foram de 121 e 171,5 mm nas estações de Silveiras e Cachoeira Paulista, respectivamente. Para a resolução de 10 km, o modelo subestimou a precipitação acumulada em ambas estações. Já para a resolução de 2 km, a precipitação acumulada prevista para a estação de Cachoeira Paulista apresentou-se bem próxima à precipitação observada, enquanto que para a estação de Silveiras, houve uma superestimativa.

Desagregação do modelo Eta

A desagregação das variáveis prognósticas de temperatura e precipitação do modelo atmosférico foi feita de acordo com a metodologia descrita no Relatório Parcial de 2008. A desagregação foi aplicada para as simulações com resolução horizontal de 10 km, para reduzir o tamanho da grade para 2 km e assim se aproximar da escala espacial do modelo hidrológico, cuja grade horizontal é de 100 m.

A metodologia de desagregação foi aplicada para os campos de precipitação e temperatura em cada uma das saídas da previsão do modelo Eta, ou seja, nos períodos estudados, a cada 3 horas. Para garantir o *warm-up* do modelo hidrológico, as simulações do ano de 2004 começaram em 01/01/2003 e para o ano de 2008, em 14/03/2007.

Observou-se que houve um aumento da temperatura nas porções mais baixas da bacia (oeste, noroeste), enquanto houve uma redução da temperatura nas partes mais elevadas (leste, sudeste). Essa grande diferença pode ser explicada pela discordância da topografia do modelo Eta, com resolução de 10 km, e a topografia de 2 km gerada a partir dos dados da

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (2006), com resolução de 90 m, as quais foram utilizadas como parâmetros da desagregação da temperatura.

Para o campo de precipitação, os valores de cada sub-grade foram calculados pelo valor da precipitação na grade correspondente, ponderado pela altitude da sub-grade. Observou-se que os valores foram majorados onde as altitudes de sub-grade se apresentaram maiores, e minorados para altitudes de sub-grade menores.

Vazões resultantes do acoplamento dos modelos atmosférico e hidrológico

As figuras 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3 apresentam os resultados das vazões simuladas pelo modelo hidrológico DHSVM, tendo como entrada, dados das estações metereológicas (PCD's) de Cachoeira Paulista e Silveiras, dados do modelo Eta com resolução de 10 e 2 km, e com dados da desagregação (downscaling) das simulações do modelo Eta de 10 km para 2 km.

Vale a pena ressaltar que as vazões observadas do ano de 2004 são médias de duas leituras diárias, uma às 7:00 e a outra às 17:00. Portanto, picos de vazão que ocorrem for a desses horários não são medidos. Já as vazões simuladas para esse período com o modelo DHSVM, uma vez que o passo de tempo é de três horas, são as médias das vazões das 6:00 e 18:00.

De acordo com a Figura 2.2.1, para o período de 20 a 26 de fevereiro de 2004, a vazão que mais se aproximou da observada, foi a que resultou da simulação do modelo hidrológico tendo como dados de entrada os observados nas PCD's. A diferença entre a vazão simulada e observada é decorrente de erros numéricos, de simplificações físicas inerentes à modelagem, da diferença entre os horários de leituras e de saída do modelo, mas principalmente devido ao campo de precipitação utilizado como entrada. Este campo foi gerado em cada ponto de grade do modelo hidrológico pela precipitação proporcional ao inverso da distância a cada uma das PCD's. Como a distância entre as duas estações é relativamente grande e devido à grande variedade espacial da precipitação, o campo gerado não condiz com a realidade. Uma rede mais densa de monitoramento, com estações no interior da bacia, seria necessária para se obter melhores resultados.


Figura 2.2.1. Resultados da vazão do modelo DHSVM alimentado com dados de entrada gerados pelo modelo Eta com resoluções de 10 e 2 km, com dados observados nas PCD's e com dados desagregados de 10 para 2 km. As precipitações são totais diários e médias para a bacia. Período de simulação: 20 a 26 de fevereiro de 2004.

Ainda de acordo com essa figura, pode-se observar que as vazões simuladas, alimentadas pelo modelo Eta com resolução de 10 km, apresentaram-se mais próximas às observadas do que as vazões alimentadas com o modelo Eta com resolução de 2 km. Isso deve-se principalmente à maior quantidade de precipitação diária média na bacia gerada por este em relação aquele, como pode-se observar na parte superior da figura. Em relação à precipitação observada nas PCD's o modelo Eta, em ambas resoluções, apresentou uma superestimativa nos cinco primeiros dias de simulação e uma subestimativa nos últimos dois dias. Observa-se também que a desagregação do modelo Eta de 10 km para 2 km não apresentou impacto significativo nas vazões simuladas pelo modelo DHSVM.

Já para o período de julho de 2004, de acordo com a Figura 2.2.2, a vazão que mais se aproximou da observada foi a resultante da simulação do modelo DHSVM alimentado com a saída do modelo Eta 10 km. Com relação a essa simulação, a vazão resultante do modelo alimentado com os dados das PCD's apresentou-se ligeiramente inferior, porém com uma correlação maior com os dados observados. Já a simulação feita com o modelo Eta com resolução de 2 km apresentou-se novamente como a mais distante dos dados observados. A desagregação do modelo Eta de 10 km para 2 km também não alterou significativamente os resultados das vazões simuladas. Pode-se observar ainda nessa figura, que a vazão novamente foi reflexo direto da qualidade da previsão da precipitação. As precipitações diárias médias para a bacia, previstas pelo modelo Eta com resolução de 10 km, apresentaram-se bem mais próximas às observadas do que as previstas com o modelo Eta 2 km. Este último não conseguiu simular o pico de precipitação ocorrido no dia 19 de julho.



Figura 2.2.2. Resultados da vazão do modelo DHSVM alimentado com dados de entrada gerados pelo modelo Eta com resoluções de 10 e 2 km, com dados observados nas PCD's e com dados desagregados de 10 para 2 km. As precipitações são totais diários e médias para a bacia. Período de simulação: 15 a 21 de julho de 2004.

Para o período de março de 2008, a Figura 2.2.3 mostra que as vazões simuladas com o modelo DHSVM alimentado com dados de PCD's apresentaram-se com a maior correlação com os dados observados, apesar de superestimar a vazão em praticamente todo o período.

As simulações alimentadas com o modelo Eta 10 km apresentaram-se mais próximas aos dados observados do que as com o modelo Eta 2 km. Este último superestimou a vazão principalmente na segunda metade do período de simulação. A desagregação do modelo Eta de 10 km para 2 km também não alterou significativamente os resultados das vazões simuladas.

Pela Figura 2.2.3, observa-se ainda que a grande diferença apresentada pelas vazões simuladas é decorrente da grande disparidade entre as precipitações acumuladas em 3 horas observadas e simuladas.

Embora que, para os três eventos estudados, o modelo Eta com resolução de 10 km tenha apresentado valores de precipitação mais próximos aos observados do que o modelo com resolução de 2 km, não é possível afirmar que o primeiro esteja prevendo precipitações mais acuradas do que o segundo. Isso porque foram feitas avaliações em apenas dois pontos, onde estão localizadas as PCD's, o que penaliza bastante as simulações. Os modelos podem prever bem os sistemas, porém se estes estiverem um pouco deslocados, os erros pontuais podem ser grandes. Para se ter uma conclusão sobre a acurácias das previsões de precipitação do modelo Eta em função da resolução seria necessário analisar mais pontos, mais avaliações e mais simulações.



Figura 2.2.3. Resultados da vazão a cada 3 horas do modelo DHSVM alimentado com dados de entrada gerados pelo modelo Eta com resoluções de 10 e 2 km, com dados observados nas PCD's e com dados desagregados de 10 para 2 km. As precipitações são acumuladas em 3 horas e médias para a bacia. Período de simulação: 13 a 18 de março de 2008.

Conclusões

Os resultados das vazões simuladas com o acoplamento dos modelos atmosférico e hidrológico mostraram-se fortemente dependentes da qualidade das previsões dos campos de precipitação gerados pelo modelo atmosférico. Observou-se que para os casos estudados, o modelo Eta com resolução de 10 km previu precipitações mais próximas às observadas do que o modelo com resolução de 2 km, refletindo em melhores vazões simuladas com o acoplamento. Outras duas teses de doutorado dentro dos objetivos do mesmo Projeto Temático estão sendo desenvolvidas buscando-se melhorar as previsões do modelo atmosférico Eta. Uma delas analisa a microfísica da modelagem das nuvens e a outra analisa previsões por conjunto (ensemble).

As técnicas de desagregação propostas para aumentar a resolução do modelo atmosférico de 10 para 2 km praticamente não afetaram as vazões simuladas pelo modelo hidrológico com o acoplamento. Isso se deve ao fato que a técnica de desagregação da precipitação não altera o total precipitado dentro da bacia, apenas redistribui espacialmente de modo a colocar mais precipitação nas maiores altitudes. E como a região de estudo é uma bacia hidrográfica relativamente pequena, com tempo de concentração bastante curto, devido às altas declividades, a redistribuição da precipitação não teve impacto significativo nas vazões simuladas. Isso mostra que a qualidade das vazões simuladas depende principalmente da qualidade do campo de precipitação de entrada, seja ele gerado pela interpolação de tempo.

b) Medidas de alta freqüência no rio Bocaina por curto período

Para verificar o comportamento do nível do rio Bocaina em horários de chuvas mais intensas foi instalado um sensor de nível no rio para obter medidas de alta freqüência (Fig. 2.2.4). Os dados da ANA são tomados em dois horários do dia que não são dos horários de pico da chuva. A curva-chave do rio foi fornecida pela ANA.



Figura 2.2.4. Instalação de sensor de nível no rio Bocaina.

c) Modelagem hidrometeorológica da bacia do Rio Claro

São apresentados os resultados fornecidos pelo modelo na simulação hidrológica e também os resultados obtidos nas simulações dos processos erosivos e de transporte de sedimentos na bacia do Rio Claro. Inicialmente são apresentados os estudos sedimentol

Ogicos na bacia do Rio Claro, em seguida as simulações na bacia são apresentadas para os anos de 2003 e 2004, sendo o primeiro ano utilizado como período de aquecimento do modelo.

1) Estudos sedimentológicos na bacia do Rio Claro

Para a realização dos estudos erosivos e sedimentológicos de uma bacia hidrográfica existem diversas técnicas, que variam desde medições em campo até modelagem matemática. Existem também indicadores indiretos, como por exemplo, parâmetros relacionados com a morfometria da bacia que muitas vezes são fortemente relacionados com fenômenos erosivos e de transporte de sedimentos.

Neste relatório são apresentados alguns parâmetros morfométricos e uma aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), que tem como objetivo caracterizar o comportamento erosivo e determinar os potenciais de perda de solo, na Bacia do Rio Claro.

2) Levantamento dos parâmetros morfométricos

A rede de drenagem foi extraída diretamente do Modelo Numérico de Terreno utilizando o método descrito em Tarboton (1991).

Na figura 2.2.5 pode-se observar a delimitação da área da bacia, bem como a rede de drenagem com o mapa de elevação ao fundo.

A tabela 2.2.1, apresenta diversos parâmetros morfométricos, que foram calculados para a bacia do Rio Claro. Os valores encontrados para a bacia do Rio Claro indicam que esta bacia possui baixa densidade de drenagem e uma textura topográfica grosseira. Bacias com baixa densidade de drenagem não são muito eficientes para transportar os sedimentos, tendo a tendência de ocorrer a deposição do sedimento antes de atingir o exutório da bacia.



Figura 2.2.5.	Ordenamento	de canai	s para a	a bacia	do R	o Claro,	de	acordo	com	o méto	do de
Strahler.											

Parâmetro	Valor	Unidade
Área	69,63	km ²
Perímetro	62,80	km
Quantidade de canais	293,00	
Comprimento dos canais	125,60	km
Densidade Hidrográfica	4,21	
Densidade de drenagem	1,80	(km (km²)⁻¹)
Extensão do Percurso Superficial	277,19	m
Textura da Topografia	3,20	
Coeficiente de Manutenção	554,37	m²
Índice de forma	2,12	

Tabela 2.2.1. Parâmetros morfométricos da bacia do Ric) Claro.
--	----------





Figura 2.2.6. Mapa de declividade da bacia do Rio Claro

Figura 2.2.7. Índice de Rugosidade de Melton aplicado na bacia do Rio Claro.

A maioria dos movimentos de massa ocorre no intervalo de 35 a 40 graus de declividade do terreno. Conforme mostrado na figura 2.2.6, que apresenta o mapa de declividade da Bacia do Rio Claro, a região mais alta da bacia não possui grandes declividades e, portanto não se espera que esta região seja uma grande produtora de sedimentos oriundos de movimentos de massa. A região média da bacia apresenta valores que sugerem uma maior probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, pois além de ser a região com as maiores declividades, conforme mostra a figura 2.2.6, é a região com os maiores índice de rugosidade de Melton, figura 2.2.7.

3) Determinação do Potencial de erosão, utilizando a Equação Universal de Perda de solos

Para a aplicação da EUPS é necessário a obtenção dos parâmetros para a determinação do potencial de erosão.

Determinação do Fator R de erosividade da chuva

Para o cálculo da erosividade da chuva, foram utilizados os dados de uma estação do DAEE, de prefixo E2-128, localizada no município de Caraguatatuba, com as seguintes coordenadas: Latitude S 23º 42' e Longitude O 45º 27'. Esta estação localiza-se na bacia do rio Juqueriquerê. A tabela 2.2.2 mostra os dados utilizados para o cálculo do fator *R*.

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
1972	316,80	269,40	142,70	248,40	77,70	33,60	133,40	104,00	192,10	160,60	127,70	145,40	1951,80
1973	303,40	125,10	273,10	191,70	311,90	31,50	140,30	40,10	159,90	179,60	125,50	285,20	2167,30
1974	451,30	61,30	69,90	127,00	28,60	102,90	13,40	21,20	45,60	110,10	87,70	207,90	1326,90
1975	327,40	431,70	116,00	120,50	152,40	32,20	67,50	9,30	72,60	189,40	281,00	240,90	2040,90
1976	385,00	330,60	187,50	227,00	195,80	36,00	162,20	123,70	250,00	79,40	125,80	147,00	2250,00
1977	298,30	14,50	75,10	251,60	146,30	54,60	29,00	94,90	178,90	147,80	205,60	303,30	1799,90
1978	249,70	93,20	203,90	187,50	205,70	89,80	29,10	35,80	5,60	68,70	187,00	155,20	1511,20
1983	205,80	203,40	295,10	81,50	126,40	30,10	74,70	54,10	220,00	157,60	134,30	259,20	1842,20
1986	55,20	297,00	316,30	244,20	128,20	37,50	138,50	99,40	93,60	127,50	117,80	347,80	2003,00
1987	470,40	185,40	177,80	251,30	241,10	168,30	73,20	53,10	160,40	148,60	93,70	119,40	2142,70
1988	353,20	440,90	182,30	393,60	203,20	67,30	26,80	12,60	220,30	223,80	107,30	274,10	2505,40
1989	169,20	262,10	155,80	98,10	294,90	165,60	247,50	14,00	110,70	140,20	122,10	140,20	1920,40
1990	115,80	95,40	244,50	229,30	100,80	35,80	154,50	67,00	209,40	134,70	117,70	134,60	1639,50
1992	197,80	72,60	37,60	100,30	60,90	0,00	15,70	24,10	126,30	154,30	97,10	34,00	920,70
1993	29,20	134,10	93,80	45,40	85,20	65,90	12,90	27,60	131,80	72,20	33,50	80,00	811,60
Média	261.00	201 11	171 42	196 40	157 27	62 41	07.01	52.06	145 15	120.62	120.02	101 61	Média
Mensal	201,90	201,11	111,45	100,49	151,21	03,41	01,91	52,00	145,15	139,03	130,92	191,01	Anual
EI30	1494,521	953,9402	727,118	839,07	628,04	134,061	233,649	95,8802	547,9535	513,0423	459,8137	878,6085	1788,9
												FATOR R	7505.7

Tabela 2.2.2. Determinação do Fator R - Índice de Erosividade da chuva.

Determinação do Fator K de erodibilidade dos solos

A bacia do Rio Claro é composta por dois grandes grupos de solo. Em seu baixo curso existe a ocorrência de Espodossolos, já em seu médio curso e na parte alta da bacia, existe a ocorrência de Cambissolos. Os valores de erodibilidade dos solos adotados são os apresentados na tabela 2.2.3.

<

Tipo de Solo	Fator K (ton.ha.h.ha ⁻¹ MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)
Cambissolo	0,0508
Espodossolo	0,0592

Determinação dos Fatores CP de uso e manejo do solo

Para se determinar o tipo de cobertura do solo foi utilizado o mapa do banco de dados do OBT/INPE. De acordo com este mapa, foi considerado que na bacia do Rio Claro existem apenas dois tipos de vegetação, sendo no baixo curso, vegetação rasteira e pastagens e nas partes mais altas remanescentes de Mata Atlântica. Os valores para CP são apresentados na tabela 2.2.4.

Tabela 2.2.4. Valores do Coeficiente CP – Fonte: Lopes (200							
Tipo de Solo	Valores adotados de CP						

Tipo de Solo	Valores adotados de CP
Mata	0,003
Vegetação Rasteira	0,100

Apresentação do resultado da aplicação da eups

Aplicando-se a Equação Universal de Perda de Solos, chegou-se aos potenciais de perda de solo, mostrados na Figura 2.2.8. Pode-se observar que os maiores riscos de erosão ocorrem na parte média e baixa da bacia. Conforme os dados levantados sobre a bacia, a mesma possui tipos de solos, com grande erodibilidade, mas que devido a sua ocupação com Mata Atlântica, tem seu o risco de erosão laminar bastante diminuído.



Figura 2.2.8. Mapa de potencial de perda de solos para a bacia do Rio Claro determinado com a EUPS.

4) Modelagem

Foram estabelecidos e ajustados ao modelo hidrológico os parâmetros de vegetação, solo, vazão mínima e fontes de sedimentos.

A ocorrência de escorregamentos ocorre em função de altos valores de precipitação diários combinados com saturação do solo em decorrência das precipitações dos dias que antecedem o evento. Valores acima de 180 mm diários podem ocasionar eventos de escorregamentos. Desta forma, foram analisados, os valores precipitados para o ano de estudo, bem como os totais acumulados para os 5 dias anteriores, conforme mostrado na Figura 2.2.9 que apresenta os valores diários de precipitação e os valores de precipitação acumulada em 2,3,4 e 5 dias. De acordo com os valores precipitados no ano de 2004, a produção de sedimentos em função de escorregamentos não foi significativa, pois os valores precipitados não atingiram valores diários próximo de 180 mm.



Figura 2.2.9. Precipitações acumuladas de 1, 2, 3, 4 e 5 dias para o ano de 2004, medidos na estação de Caraguatatuba.

Os resultados calculados pelo modelo são mostrados na Figura 2.2.10, onde são apresentados os valores de precipitação, vazão modelada, quantidade de sedimentos que atingem a rede de drenagem e a concentração de sedimentos no exutório da bacia.

Pode-se notar que a vazão modelada responde de forma coerente com o aumento da precipitação, apresentando picos de vazão após eventos de chuva e tendo queda de vazão em períodos de estiagem. Para o ano de 2004 a maior precipitação ocorreu no mês de julho, que não é um mês chuvoso, o que pode ter ocorrido em função de uma frente fria. A produção de sedimentos se mostrou relacionada com o aumento da chuva e da vazão. A concentração de sedimentos no exutório da bacia se mostrou dependente da vazão do canal, tendo em alguns casos ocorrido uma queda brusca de concentração de sedimentos em função do aumento da vazão como no evento ocorrido no mês de Julho.

Os valores mensais do total de sedimentos que atingem a rede de drenagem são mostrados na Figura 2.2.11 e os valores médios de concentração de sedimentos são mostrados na Figura 2.2.12. Estes resultados mostram que a concentração de sedimentos é inversamente proporcional aos valores de vazão líquida do córrego.



Figura 2.2.10. Resultados do modelo hidrossedimentológico, aplicado na Bacia do Rio Claro, para o ano de 2004.



Figura 2.2.11. Acumulado mensal, dos sedimentos que atingem a rede de drenagem.



Figura 2.2.12. Média mensal da concentração de sedimentos.

Teste de Sensibilidade dos Parâmetros do Modelo

Com o objetivo de verificar a resposta do DHSVM em função da variação de um determinado parâmetro foi realizado um teste de sensibilidade dos parâmetros de entrada onde apenas um parâmetro foi alterado mantendo os demais constantes. Este teste permitiu compreender a influência de cada parâmetro no resultado da modelagem.

A tabela 2.2.5 apresenta os valores que foram modificados em relação à modelagem inicial que foi chamada de *base*.

Simulação	1	2	3	4				
Parâmetros de vegetação								
Fração de cobertura	-0,5	-0,3	-0,1	+0,05				
Altura do dossel superior	-10	-5						
Parâmetros de solo	•	•	•					
Condutividade hidráulica (m.s ⁻¹)	x 100	x 10	x 0,1	x 0,01				
Expoente de decaimento	-0,9	+1	+2	+3				
Infiltração máxima (m.s ⁻¹)	x 10	x 0,1	x 0,01	x 0,001				
Parâmetros do módulo de sedimentos								
Erodibilidade do solo (J ⁻¹)	-20	-10	+10	+20				
Granulometria do sedimento d ₅₀	- 1	-0,5	+0,5	+1				

Tabela 2.2.5. Valores de alteração da simulação de referência.

As simulações foram agrupadas em três grupos principais que são: Parâmetros de Vegetação; Parâmetros de Solo e Parâmetros do Módulo de Sedimentos. Os resultados foram agrupados em três períodos do ano, sendo cada período com 4 meses.

Teste de sensibilidade dos parâmetros da Vegetação

Para o teste de sensibilidade dos parâmetros de vegetação, foram escolhidos dois parâmetros que podem influenciar na produção de sedimentos que são: fração de cobertura da vegetação e altura do dossel superior. A alteração de parâmetros de vegetação influi tanto na vazão líquida do córrego como na produção de sedimentos, conforme pode-se observar nos gráficos das Figuras 2.2.13 e 2.2.14. Com a redução da fração de cobertura para valores menores do que 0,65 (Base – 0,3), o modelo apresentou uma instabilidade com picos de vazão nos meses de março e dezembro de 2004 que não são relacionados com a precipitação. A altura do dossel superior possui uma importante característica nos processos erosivos, pois a chuva que primeiro é interceptada pela copa das árvores mais altas escorre pelas folhas e pode novamente ganhar energia cinética antes de atingir o solo, fazendo que desprenda um número maior de partículas de solo. A redução da altura da vegetação superior reduziu levemente os picos de vazão e também reduziu a quantidade de sedimentos que atingem a rede de drenagem.





Figura 2.2.13. Simulações do Parâmetro Fração de Cobertura da Vegetação para o período de Janeiro a Abril de 2004.

Figura 2.2.14. Simulações do Parâmetro Altura da Vegetação para o período de Janeiro a Abril de 2004.

Teste de Sensibilidade dos Parâmetros de Solo

A variação dos parâmetros de solo apresentou uma grande influência nos resultados, tanto no modelo hidrológico como no sedimentológico. Devido a sua grande capacidade de modular as vazões estes parâmetros possuem um grande potencial de calibração do modelo.

As variações da condutividade hidráulica do solo foram feitas assumindo o mesmo valor para a condutividade lateral e vertical. Este parâmetro apresentou grande capacidade de modular picos de vazão (Figura 2.2.15).

O parâmetro decaimento da condutividade hidráulica com a profundidade, apresentou menor capacidade de modular os picos de vazão do que o parâmetro condutividade hidráulica, mas demonstrou também interferir na vazão de forma significativa, tornando este parâmetro importante para uma calibração do modelo (Figura 2.2.16).

O último parâmetro de solo simulado, foi a infiltração máxima. Este parâmetro influi diretamente no escoamento superficial, e por isso foi escolhido para ser simulado. A variação do escoamento superficial influi na quantidade de solo que é erodido e transportado para a rede de canais o que torna este parâmetro importante para uma simulação sedimentológica (Figura 2.2.17).

De modo geral, a variação dos parâmetros influi diretamente na vazão líquida estimada pelo modelo. A resposta do modelo sedimentológico se mostrou muito dependente do resultado do modelo hidrológico. A concentração de sedimentos

apresentou um comportamento inversamente proporcional ao da vazão. A quantidade de sedimentos que chega a rede de drenagem é mais influenciada por períodos consecutivos de chuva.





Figura 2.2.15. Simulações do Parâmetro Condutividade de Janeiro a Abril de 2004.

Figura 2.2.16. Simulações do Parâmetro Expoente de hidráulica do solo para o período decaimento para o período de Janeiro a Abril de 2004.

Figura 2.2.17. Simulações do Parâmetro Infiltração do Solo para o período de Janeiro a Abril de 2004.

Teste de Sensibilidade dos Parâmetros do Módulo de Sedimentos

Para avaliar a resposta do módulo de sedimentos do modelo, os demais parâmetros do modelo hidrológico foram mantidos constantes, e foram variados dois parâmetros exclusivos do módulo de sedimentos que são: índice de erodibilidade do solo e granulometria do sedimento.

Na primeira simulação foi variado o índice de erodibilidade do solo. A expectativa inicial era de que não ocorreriam alterações na vazão líquida com a variação deste parâmetro, mas em alguns casos isto não ocorreu (Figura 2.2.18). Este parâmetro contrariamente ao esperado não apresentou variação na produção e na concentração de sedimentos.

A quantidade de sedimentos que atinge a rede de canais e a concentração de sedimentos, respondem de forma muito significativa aos valores de vazão líguida. Conforme se observa na Figura 2.2.19, mesmo com o aumento do índice de erodibilidade a quantidade de sedimentos que atingiu a rede de canais nos meses de janeiro e fevereiro diminuiu. Este fato seria de difícil entendimento se não tivesse ocorrido uma redução nos picos de vazão líquida, o que causou a redução na quantidade de sedimentos que atinge a rede de drenagem.

A variação da granulometria do sedimento, apresentou um comportamento semelhante à variação da erodibilidade do solo, sendo que estas variações também interferiram na vazão líguida. Este parâmetro, porém mostrou que com a redução do tamanho da partícula de solo a quantidade de sedimento que atinge a rede de drenagem aumentou. Este fato pode ser explicado, pois uma partícula menor é mais



fácil de ser transportada do que uma maior, necessitando de menor vazão de água para ser transportada.



Figura 2.2.18. Simulações do Parâmetro Erodibilidade do Solo para o período de Janeiro a Abril de 2004.

Figura2.2.19. Simulações do Parâmetro Distribuição Granulométrica do Solo para o período de Janeiro a Abril de 2004.

d) Levantamento de topossequênia na bacia do rio Grande em Ubatuba

A atividade a seguir dá apoio às informações necessárias para realizar a modelagem da bacia de Ubatuba onde foi instalada a estação hidrológica. Este estudo busca detalhar o solo de uma vertente de alta declividade no município de Ubatuba e relacionar o estudo desse solo com os movimentos de massa. A área fica na bacia do Rio Grande de Ubatuba. A vertente está localizada próxima a estação hidrológica instalada pelo INPE na área de captação de águas da SABESP, e próxima também da Rodovia Oswaldo Cruz - SP 125 que vai para Taubaté. A vertente está voltada diretamente para o Rio Grande de Ubatuba e logo abaixo existem entre o rio e a vertente três residências numa faixa muito estreita, de aproximadamente 10 metros, após o rio existe um bairro. A área é de mata atlântica muito fechada e muito inclinada o que dificultou muito o trabalho tanto pelo acesso quanto para verificação da profundidade e retirada de material.

Para finalizar as atividades referentes ao projeto de mestrado (Análise Físico-Hídrica de Toposseqüência na Serra do Mar em Ubatuba para produzir informações em subsídio ao acoplamento de modelagem atmosférica a susceptibilidade de escorregamento de massa. Para a executar o trabalho era necessário a coleta de amostras indeformadas de solo para realização de ensaio de cisalhamento direto, este que está sendo realizado na faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP. Para esta coleta foi necessário a reabertura das trincheiras e coleta de maior volume de material.

Foram coletadas amostras das trincheiras 02 e 03 (próxima ao topo da vertente), localizada na meia encosta. Foi possível realizar a descrição de perfil.



Foto 2.2.1. Final do primeiro dia de coleta de amostras para cisalhamento direto.



Foto 2.2.2. Descrição do Perfil do trabalhodoEstéfanoSeneme



Figura 2.2.10 - Perfil topográfico e Perfis de Alteração nos pontos da

Toposseqüência Sabesp

Estas amostras serão levadas para análise química e física do solo. Serão realizadas coletas em anéis volumétricos para cálculo da curva de retenção, verificando o comportamento da água neste solo. A continuidade do levantamento nesta bacia será realizada a partir de outro projeto de pesquisa.

<mark>2.3 Características dos sistemas convectivos que resultam em eventos extremos na Serra do Mar</mark> (SP3)

Este subprojeto tem por objetivo monitorar a precipitação através de sensores remotos e prever, a curtíssimo prazo, o deslocamento e intensificação de sistemas precipitantes em mesoescala. A caracterização dos sistemas convectivos associados aos eventos extremos na Serra do Mar é feita a partir de sensoriamento remoto. Este subprojeto teve como objetivo realizar pesquisa aplicada, objetivando como resultado final um processo operacional de descrição da precipitação e previsão imediata de sistemas convectivos. O processo final é implementado a partir da ferramenta desenvolvida para integrar os diferentes produtos de resultados de pesquisas realizadas em parte neste subprojeto, a ferramenta é o SOS. Esta ferramenta é uma ferramenta para apoio ao monitoramento de tempo severo e à previsão imediata ("nowcasting"), e integra aproximadamente 15 produtos desenvolvidos pela Divisão de Satélites Ambientais do INPE, entre eles estão: ForTraCC; Hidroestimador (Instantâneo e Acumulado); HydroTrack; Imagens de radar; ForTraCC-Radar; ForTraCC-Vil; Índice de Severidade; Velocidade e direção do vento; Detecção e probabilidade de descargas elétricas; e Classificação de nuvens. A ferramenta foi adequada para detalhar a região da Serra do Mar.

a) Sistema Hidroestimador e HydroTrack

Com a baixa densidade de observações de precipitação em superfície, radares e pluviômetros, a estimativa por satélite se torna necessária para suprir a demanda por essa informação. O

Gobi.

Hidroestimador (Scofield et al., 2001) é uma versão atualizada do Autoestimator (Vicente, 1998), atualmente operacional na Divisão de Satélite e Sistemas Ambietais (DSA/CPTEC/INPE). Esse modelo utiliza a temperatura de brilho (Tb) do canal infravermelho do satélite GOES para estimar a taxa de precipitação (R_s) baseada numa relação não-linear de regressão de potência (Equação 1), onde seus coeficientes (1.1183e11 e -3,6382e-2) são ajustados baseado no contéudo de água precipitável (PW) integrado da superfície a 500hPa, e considerando também alguns fatores adicionais como o regime de umidade e estrutura do topo de nuvens.

$$R_{\rm s} = 1.1183 \cdot 10^{11} \exp\left(-3.6382 \cdot 10^{-2} T b^{1.2}\right)$$
(2.3.1)

A determinação de trajetórias e ciclo de vida dos Sistemas Convectivos (SC) é de suma importância para o desenvolvimento da previsão a curtíssimo prazo (*nowcasting*), utilizando-se de imagens de satélite geoestacionário (GOES) como base fundamental de dados. Para tanto foi desenvolvido um aplicativo centrado nesse propósito, o ForTraCC (*Forecasting and Tracking of the evolution of the Cloud Clusters*). Atualmente na DSA/CPTEC utilizam-se operacionalmente as imagens GOES que são recebidas a cada 15 minutos em cinco canais sobre a América do Sul, as quais permitem observar e/ou quantificar características da nebulosidade. Devido a sua cobertura, resolução espacial (4x4km) e freqüência, sua utilização se torna essencial na aplicação deste aplicativo. O sistema baseia-se na extrapolação da convecção com base na análise estatística dos dados históricos do ciclo de vida dos SC. A previsão realizada se baseia em propagação e evolução das condições de nebulosidade (Temperatura de Brilho), vila et al. (2008). O HydroTrack (*Hydroestimator Tracking and Nowcaster*), Figura 2.3.1, é a junção dos dois modelos apresentados anteriormente (ForTraCC-Hidroestimador), cujo objetivo é realizar prognósticos a curtíssimo prazo da precipitação levando em consideração as estruturas de precipitação ao invés das características da nuvem, como no ForTraCC.



Figura 2.3.1. Imagem da previsão da taxa de precipitação para 90 (vermelho) e 120 (preto) minutos pelo HidroTrack.

Entretanto o modelo de previsão necessita de informações sobre a tendência de crescimento e desenvolvimento dos sistemas precipitantes, portanto, se tornou necessário construir as curvas que representam a expansão/dissipação em função do ciclo de vida das células de chuva. Essa relação baseia-se na variável 1/A* (δA / δt), onde A no ForTraCC é a área do sistema convectivo, e

no HidroTrack é a área da precipitação associada ao sistema convectivo. A Figura 2.3.2 expõe as curvas para sistemas convectivos (vermelho) e sistemas precipitantes (azul) que tenham ciclos de vida de 0 a 2 horas, 2 a 4 horas e de 4 a 8 horas. Como pode ser visualizado nessa figura, os sistemas com ciclo de vida até 2hrs, os precipitantes (azul) apresentam o ponto médio de seu ciclo de vida bem perto da maturação, o que difere dos SC (vermelho). Para aqueles cujo ciclo de vida está entre 2 e 4hrs nota-se que os SC apresentam expansão e dissipação maior e mais rápida do que os sistemas precipitantes (SPr). Já para os sistemas que tem um tempo de vida maior que 4hrs (4 a 8hrs), verifica-se que os SPr expõem um ciclo de vida mais curto e com valores de expansão/dissipação bem menores que os dos sistemas convectivos, sua dissipação média final pode ocorrer em até duas horas antes. Portanto, observa-se nas curvas de precipitação que os valores iniciais de expansão são bem próximos, em torno de 150 (10⁶s⁻¹). E apresentou um tempo de crescimento maior do que a dissipação, que também ficou próximo dos -150 (10⁶s⁻¹), mas esta ultima característica não difere dos SC.



Figura 2.3.2. Variação da área com o tempo (expansão (10⁶s⁻¹)) com respeito ao tempo de vida total do SC (vermelho) e dos sistemas precipitantes (azul). Valores positivos (negativos) indicam crescimento (decaimento).

A Figura 2.3.3a mostra as estimativas da precipitação para o dia 17 de janeiro de 2008 pelo hydroestimator e os *clusters* associados a essas precipitações assimiladas pelo HydroTrack, Figura 2.3.3b, as cores indicam se o sistema está se intensificando (vermelho), desintensificando (verde) ou se encontra estável (amarelo). A Figura 2.3.3c apresenta as previsões para até 2 horas do deslocamento e intensificação de um sistema precipitante, identificado no mesmo instante.



Figura 2.3.3. (a) Precipitação estimada pelo modelo Hydro-Estimator e (b) clusters de precipitação do modelo HydroTrack e (c) Previsão do deslocamento e intensificação de um sistema precipitante para 30, 60, 90 e 120min no dia 17 de janeiro de 2008 às 11:00GMT.

Para analisar da destreza do modelo foi feita uma tabela de contingência (2 x 2), e para determinar alguns índices, tais como: a razão de falso alarme ($FAR = \frac{b}{a+b}$), probabilidade de detecção $(POD = \frac{a}{a+c})$, a precisão ($PREC = \frac{a+d}{Total}$) e o bias ($BIAS = \frac{a+b}{a+c}$) para cada previsão (30, 60, 90 e 120 minutos), em que: a é a previsão de chuva que foi observado; b é a previsão de chuva e não foi observado; c é a não- previsão de chuva que foi observada; e d é a não-previsão de chuva que não foi observada. A figura 2.3.4 apresenta os valores para cada prognóstico dos índices associados à previsão da área precipitante. Nota-se no gráfico que os valores de FAR aumentam gradativamente com as previsões o que já era esperado, variando entre 0,3 e 0,54. No entanto, os valores de POD estão entre 0,72 e 0,5, diminuindo com o passar das previsões. A precisão apresenta valores excelentes, próximos a 1, o que indica que de modo geral o modelo tem um bom resultado. Com relação ao bias, observa-se que o modelo tende a superestimar a área precipitante até a previsão de 90min, já em 120 minutos há uma pequena subestimativa. Com isso, verificamos que o modelo apresenta resultados satisfatórios, já que a precipitação tem como grande característica a alta variabilidade, tanto no tempo como no espaço, os índices mostraram valores que indicam uma boa previsibilidade do modelo. No que se relaciona a taxa de precipitação estimada, o módulo dos valores não excedem os 10 mm/h, sendo que a maioria dos casos apresentou um viés entre ±5 mm/h (Figura 2.3.5). Valores de viés igual a zero foram observados em aproximadamente 14% dos sistemas em todas as previsões



	30	60	90	120
■ POD	0,7205012	0,6217472	0,5849453	0,5078174
■ FAR	0,3020918	0,4441686	0,5065705	0,5420523
■ PREC	0,994538	0,9922852	0,9906238	0,9889542
BIAS	1,032583133	1,0659126	1,033789567	0,9760033

Figura 2.3.4. Índices que medem a destreza do HydroTrack para previsão de precipitação a curto prazo: FAR, POD, PREC e BIAS.



Figura 2.3.5. Histogramas do erro observado para as previsões de até duas horas para janeiro de 2008 da taxa de precipitação (mm/h) estimada pelos sistemas.

b) Radar Meteorológico de São Roque: comparação com Radar de Precipitação TRMM

Radares meteorológicos têm sido bastante utilizados por apresentarem a capacidade de estimar a precipitação em locais bem distantes de onde se encontram localizados, além de fornecerem uma estrutura tridimensional dos sistemas precipitantes. A qualidade dos dados do radar meteorológico deve ser investigada constantemente, pois esses sensores podem ser descalibrados por diversos fatores. Nesse sentido é importante manter um programa regular de calibração eletrônica do radar e, se possível, manter uma rede de pluviômetros para eventuais correções dos valores de refletividades que podem ser alterados por outras fontes de variações. Com o objetivo de avaliar a qualidade dos dados do radar de superfície (GR) localizado em São Roque (SP) foram utilizados dados do radar de precipitação (PR) a bordo do satélite TRMM, como referência.

O campo de refletividade dos dois radares apresenta boa concordância, porém, é nítida a superestimação dos valores do GR em relação ao PR (Fig.2.3.6). Os gráficos de dispersão

apresentam correlação significativa ao nível de 5% para os dois casos analisados. O que indica uma boa relação entre os valores de refletividade obtidos pelos dois tipos de radares.



Figura 2.3.6. Distribuições espaciais, secções transversais e gráficos de dispersão para o PR e o GR para: a) 19/11/2005_12:00; b) 29/03/2006_01:15.

Os resultados obtidos nessa pesquisa revelaram que o radar de São Roque apresenta valores de refletividade acima dos valores obtidos pelo radar a bordo do satélite TRMM. De acordo com estudos teóricos (Chandrasekar et al., 2006) uma diferença da ordem de 2 dBZ é aceitável quando se compara um radar de Banda S com outro de Ku.

Por apresentar uma grande diferença (6.97 dBZ) em relação ao PR, o radar de São Roque precisa ser melhor investigado, e se possível com a presença de engenheiros que possam avaliar todo o funcionamento do sensor.

c) ForTraCC-Radar/VIL

O ForTraCC-Radar parte do mesmo princípio do HydroTrack, só que os dados assimilados são as refletividades medidas por radares meteorológicos, cujo limiar é de 20 dBZ, que segundo Marshall e Gun (1952) é aproximadamente 0,5 mm/h de precipitação. Ou seja, o ForTraCC acompanha estruturas precipitantes em campos de refletividade a uma altura constante próxima a superfície (3km). O ForTraCC-Radar, devido a sua melhor resolução espacial (2X2 km²), quando comparado ao ForTraCC e o HydroTrack que utilizam dados de satélite (4X4 km²), consegue monitorar o rápido crescimento inicial das estruturas precipitantes no radar, o que favorece sua previsão. Já O ForTraCC-Vil é versão do ForTraCC na qual ao invés de assimilar dados de temperatura de brilho, este assimila VIL (Vertical Integrated Liquid), que é o conteúdo de água liquida contida em uma coluna atmosférica medida a partir de radar meteorológico. Proporcionando previsões de 30 a 120 minutos do conteúdo de água líquida integrada na camada e seu deslocamento. Para desenvolver o Vil são necessárias diversas varreduras que são dependentes do ângulo de elevação da antena. O conteúdo de água integrado é medido da base da nuvem até a altura que representa 20 dBz de refletividade. Atualmente esses dados são disponibilizados a cada 15 minutos.

A Figura 2.3.7 apresenta os valores que medem a destreza do modelo, seguindo a mesma metodologia utilizado na avaliação do HydroTrack. Os valores mostram que o ForTraCC-Radar tem mostrado grande destreza na previsão de sistemas precipitantes, POD apresenta 85% de acerto nas previsões de 30 minutos e uma diminuição desse valor para 64% há 120 minutos. O FAR tem valor máximo de 26% em 120 minutos. A precisão apresenta valores próximos a 1 o que indica um ótimo resultado. Contudo, o bias apresentado para as previsões mostram que o sistema tende a subestimar a área prevista. O ForTraCC-VIL apresentou valores similares.



	30	60	90	120
■ POD	0,856189	0,817121	0,6658	0,645863
🗆 FAR	0,169691	0,188625	0,24886	0,261633
■ PREC	0,999808	0,999696	0,999696	0,99984
BIAS	0,931726	0,803674	0,685763	0,592971

Figura 2.3.7. Índices que medem a destreza do ForTraCC-Radar para previsão de precipitação a curto prazo: FAR, POD, PREC e BIAS.

d) Índice de Severidade

Tempo severo foi definido para este trabalho, como qualquer evento meteorológico que causou algum tipo de dano à superfície como granizo (GRZ), ventos de rajada (RJD), cisalhamento do vento – windshear (WS), enchentes ou alagamentos (ALAG). Os parâmetros analisados para a obtenção do índice de severidade foram o VIL, a densidade de VIL (DVIL), máxima refletividade vertical (MAX REF), altura da máxima refletividade (ALT MAX REF) e a diferença de altura entre o nível de 45 dBZ e o nível de congelamento (0°C), daqui em diante denominada de altura de Waldvogel (1979) (ALT WALDVOGEL) para caracterizar células com potencial para produzir granizo. Análisando todos os parametros envolvidos verificamos que há um acréscimo dos antes do horário do evento e um decréscimo depois da ocorrência do evento (Figura 2.3.8). Os máximos valores dos parâmetros de quase todos os casos, encontram-se dentro do intervalo de tempo entre 15 minutos antes do registro do evento e 15 minutos após a ocorrência.



Figura 2.3.8. Evolução temporal dos parâmetros para um caso de controle.

Em seguida, foram analisados os parâmetros para o horário de ocorrência do evento severo. Com os dados dos casos selecionados de controle, foram obtidos os limiares mínimos para os parâmetros de severidade, para que um pixel fosse caracterizado como de tempo severo. Utilizouse como limiares mínimos a média menos 1,5 vezes o desvio padrão, de cada limiar, como mostrado nas Tabelas 2.3.1 e 2.3.2.

				-						
	18/12 /05	22/12 /05	03/01 /06	01/11 /06	18/11 /06	20/1 1/06	28/11 /06	29/1 1/06	04/1 2/06	15/12 /06
Parâmetro	GRZ	GRZ	ALAG	RJD	ALAG	GRZ	WS	RJD	ALAG	GRZ
VIL(kg/m²)	32,4	45,4	30,6	26,9	47,5	61,4	26,8	41,8	34,5	63
DVIL(g/m³)	2	2,8	1,9	2,2	3	3,8	1,7	2,6	2,2	3,9
MAX REF(dBZ)	55,1	59,1	56,6	55,4	57,8	64	53,5	54,8	55,2	60,2
ALT MAX	5,6	6,6	5,6	4,8	3,2	7,6	7	8,6	5	8,8

Tabela 2.3.1. Parâmetros para os 10 casos considerados de controle.

REF(km)										
ALT										
WALD(km)	5,7	7,4	4,8	4	9,8	9,2	7,1	10,5	8,9	11,3
ÍNDICE	1,4	1,8	1,3	1,2	1,7	2,2	1,4	2	1,6	2,4

Tabela 2.3.2. Limiares para o cálculo do índice de severidade

Parâmetro	Média (M)	Desvio Padrão (DP)	M-1,5DP
VIL(kg/m²)	41	13,3	21,1
DVIL(g/m³)	2,6	0,8	1,4
MAX REF(dBZ)	57,2	3,2	52,4
ALT MAX REF(km)	6,3	1,8	3,6
ALT WALD(km)	7,9	2,5	4,2

Na sequência foram atribuídos pesos iguais para cada parâmetro e foi obtida a Equação 3 com os 10 casos de controle:

$$\frac{INDICE}{5\times21} = \frac{VIL(kg/m^2)}{5\times21} + \frac{DVIL(g/m^3)}{5\times1,4} + \frac{MAXREF(dBZ)}{5\times52} + \frac{ALTMAXREF(km)}{5\times3,6} + \frac{ALTWALDVOGEL(km)}{5\times4,2}$$

$$(2.3.2)$$

Assim, com o estudo para os 10 casos de controle, podemos dizer que um *pixel* pode ser considerado com potencial para tempo severo, quando o seu índice de severidade for igual ou maior que 1,2. Esse índice foi aplicado para os 10 casos de teste e conseguiu identificar 90% dos eventos de tempo severo, conforme mostrado na Tabela 2.3.3.

Tabela 2.3.3. Cálculo do índice de severidade para o conjunto de teste.

	04/11 /05	23/11 /05	21/12 /05	24/1 2/05	10/0 1/06	11/01 /06	06/1 1/06	25/11 /06	27/11 /06	06/12 /06
Parâmetro	GRZ	GRZ	ALAG	ALAG	GRZ	GRZ	RJA	RJA	RJD	GRZ
VIL(kg/m²)	39 <i>,</i> 5	27,0	38,6	45,4	22,1	45,1	38,4	59 <i>,</i> 9	56,5	37,4
DVIL(g/m³)	2,6	1,7	2,4	2,8	1,4	2,8	2,6	3,7	3,5	2,3
MAX REF(dBZ)	58,8	53,4	42,5	61,5	51,2	55,5	55,6	57,6	60,1	56,8
ALT MAX REF(km)	7,0	7,0	10,0	8,0	5,0	7,0	6,0	7,0	10,0	5,0
ALT WAL(km)	5,3	6,8	7,2	9,6	5,1	8,8	6,1	11,6	11,6	6,1
Índice	1,6	1,4	1,8	2,0	1,1	1,9	1,6	2,3	2,4	1,5

O índice de severidade proposto nesse trabalho apresentou resultados bastante satisfatórios. Certamente esses índices devem ser validados através de uma base maior de eventos extremos levando em conta a sazonalidade e os tipos de eventos sinóticos.

e) Estimativa de Probabilidade de Ocorrência de Descarga Elétrica

Um dos produtos desenvolvido pela Divisão de Satélites Ambientais (DSA) para monitoramento de descargas elétricas, em parceria com o Laboratório de Eletricidade Atmosférica (ELAT/INPE) e a Universidade de São Paulo (USP), é a estimativa de probabilidade de ocorrência de descargas elétricas. Este produto relaciona nuvens "penetrativas", isto é, nuvens com convecção profunda alcançando a tropopausa, com a ocorrência de descargas elétricas sobre o continente. Diante disto, este trabalho tem como objetivo apresentar o novo sistema de monitoramento de estimativa de probabilidade de ocorrência de descargas elétricas, que permite alerta em tempo real a possível ocorrência de descargas elétricas sobre o continente do Sul.

De acordo, com Schmetz et al. (1997) e Kurino (1997), as diferenças positivas entre os canais do WV (6.47–7.02 μm) e janela atmosférica (IR) (10.2–11.2 μm) podem está relacionadas com topos de nuvens com convecção profundas ou nuvens penetrativas. São consideradas nuvens penetrativas aquelas que seu topo consegue penetrar nas camadas da tropopausa, injetando unidade na estratosfera, essas nuvens apresentam grande atividade convectiva tendo em vista sua profundidade e grande quantidade de gelo, principal responsável pela criação de forte campo elétrico no interior da nuvem. Esse fato se explica pela diferente propriedade dos dois canais. O canal IR, por estar situado na faixa da janela atmosférica, apresenta pouca absorção e o valor medido, de uma forma geral, representa a emissão do alvo (topo da nuvem ou a superfície). Já o canal WV se situa no centro da faixa de absorção do vapor d'água e, portanto, as medidas dos mesmos alvos observados pelo canal IR, representam a temperatura de emissão do alvo menos a absorção desta radiação pelo vapor d'água atmosférico. Logo, a diferença entre a temperatura de brilho dos canais WV e IR, de uma forma geral, sempre será negativa, a menos dos casos de nuvens penetrativas que injetam vapor d'água na estratosfera que apresenta uma temperatura maior que a da tropopausa. Nestes casos, a diferença WV-IR passa a ser positiva e indica a presença de nuvens muito ativas com forte atividade elétricas e convectivas com considerável quantidade de gelo.

Baseando-se na relação entre a diferença WV-IR e a atividade elétrica das nuvens levantou a probabilidade de ocorrência de descargas elétricas para cada valor inteiro da diferença WV-IR, no intervalo de -10 a 10 K. Nesta análise foram levados em conta em torno de 177000 descargas elétricas. A curva de probabilidade foi levantada considerando a imagem de satélite no horário da medida da descarga elétrica em uma área de 10 km de raios do centro do pixel do satélite.

A figura 2.3.9 mostra os pontos entre a diferença de temperatura de brilho e a freqüência relativa de ocorrência de descargas elétricas. Como se observa os pontos ajustou-se muito bem a uma curva exponencial com um coeficiente de determinação de 0,9847. Nota-se que à medida que a diferença aumenta a probabilidade de ocorrência de descargas elétricas aumenta. Para valores positivo a probabilidade de ocorrência é superior a 13 %. Esse resultado mostra que as descargas elétricas estão altamente relacionadas com as nuvens penetrativas, podendo assim ter uma estimativa de probabilidade de ocorrência de descargas elétricas para qualquer região da América do sul a partir das imagens GOES.



Figura 2.3.9 Curva ajustada entre a diferença de temperatura de brilho e a freqüência relativa de ocorrência de descargas elétricas.

f) Sistemas de Detecção de Descargas Elétricas

Anualmente diversas regiões do mundo são intensamente afetadas pela ocorrência de relâmpagos, indubitavelmente devida a sua natureza agressiva e destruidora. O Brasil, por sua proximidade ao equador e extensa área territorial é atingido por cerca de 50-70 milhões de descargas elétricas por ano (Pinto Jr, 2005), causando prejuízos aos setores de energia elétrica, telefonia e telecomunicações além de incêndios florestais e mortes. Por outro lado, os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são os principais responsáveis pela precipitação e eventos extremos na região tropical (Machado e Laurent, 2004). Desta forma, este trabalho realizou um estudo combinando informações de ocorrência de raios com as propriedades físicas e microfísicas de SCM determinadas através das temperaturas de brilho (T_B) em infravermelho e microondas estimadas por satélites, para o estado de São Paulo. Essas relações empíricas encontradas poderão em um futuro próximo ser empregada como ferramenta de monitoramento e para previsão imediata de tempo para suporte a mitigação de eventos extremos.

Inicialmente foi realizada uma caracterização espacial da densidade média de raios (raios/km².ano) no estado de São Paulo utilizando informações de ocorrência de raios de 2005 a 2007 detectados pela Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Elétricas (RINDAT). A Figura 2.3.10 evidencia que as maiores ocorrências média de raios nesta região situam-se na porção leste do estado, sendo os máximos observados próximo a região metropolitana de São Paulo (14 raios/km². ano) e região do Vale do Paraíba (8-14 raios/km². ano). A atividade convectiva e elétrica bem intensa e definida seguindo o Vale do Paraíba sugere que a cadeia montanhosa a oeste denominada Serra da Mantiqueira poderia estar intensificando os sistemas frontais que adentram esta região. Por outro lado, a brisa marítima em associação com a Serra do Mar que se encontra a leste desta região também seria possivelmente um dos fatores locais que estaria influenciando a formação e a intensificação da convecção nesta região. Contudo próximo a grandes centros urbanos (São Paulo, Campinas e São José dos Campos) uma característica importante destas regiões são o alto índice de urbanização (poluição, densidade populacional e ilhas de calor), os quais podem influenciar de forma a alterar a estrutura elétrica das nuvens convectivas, intensificando a atividade elétrica de raios, o que se deve a um aumento da

quantidade núcleos de condensação (efeito da poluição urbana) e alteração da circulação local (efeito das ilhas de calor).



Figura 2.3.10. Mapa de densidade de raios médio anual (raios/km².ano) com resolução de 4 km para a região de estudo, baseado em três anos de dados consecutivos (2005-2007).

A distribuição geográfica de raios no estado de São Paulo revelou que a atividade convectiva nesta região é bastante intensa, portanto torna-se importante analisar neste momento a eficiência dos SCM e em qual parte do ciclo de vida dos mesmos ocorrem mais raios. A partir de uma amostra de 342 SCM identificado e rastreado pelo algoritmo FORTRACC (Forecast and Tracking of Active Convective Cells) analisou-se (Figura 2.3.11a) a evolução da área média (raio efetivo do sistema em quilômetros, curva vermelha) e o número médio de raios (curva verde) associado a esses sistemas durante cinco estágios: iniciação, intermediário entre iniciação e maturação, maturação, intermediário entre maturação e dissipação e dissipação. O rápido aumento inicial no número de raios é acompanhado por um forte crescimento inicial da área dos sistemas, atingindo o seu máximo de raios antes da maturação (máxima área do sistemas estágio 3), sendo este máximo representando 50 % do total de raios que ocorreram durante o ciclo de vida médio dos sistemas e após este momento o numero de raios diminui sistematicamente. Resultado este semelhante ao encontrado por Goodman e Macgorman (1986), Machado e Laurent (2004), e que indicam que o forte processo de condensação durante o primeiro estágio e o intenso fluxo de massa durante o segundo estágio, seriam fatores essenciais para a formação significativa de um contingente de partículas de gelo e conseqüentemente favorecer um pronunciado processo de eletrificação das nuvens convectivas.

A Figura 2.3.11b ilustra que a analise discreta para sistemas que tem duração de 4 (curva em preto), 6 (curva em vermelho) e 7 horas (curva em azul), também apresenta um rápido crescimento inicial de raios antes dos mesmos atingirem a maturação e que quanto maior sua duração maior é a taxa de crescimento inicial de raios e maior é o máximo de raios atingindo. Portanto observa-se que a taxa de crescimento inicial de raios pode ser utilizada como um parâmetro indicador do tempo de vida que um determinado sistema possuirá e que a quantidade máxima de raios um indicador do tempo de vida restante depois de ter atingido a maturação. Estes resultados sugerem novamente uma forte relação existente entre a ocorrência de atividade elétrica de raios e as condições dinâmicas e termodinâmicas dos SCM.



Figura 2.3.11. (a) Variação do Número Médio de Raios (verde) e do Raio Efetivo (km) (vermelho) para os SCM para cinco categorias de ciclo de vida: 1 (iniciação), 2 (estágio intermediário entre iniciação e maturação), 3 (maturação), 4 (estágio intermediário entre maturação e dissipação) e 5 (dissipação) e (b) Variação do Número Médio de Raios dos SCM em função do ciclo de vida, para três valores de duração: 4 horas (curva preta), 6 horas (curva vermelha) e 7 horas (curva azul).

O principio físico do processo de eletrificação das nuvens convectivas (colisões entre partículas de gelo) abordado na literatura da área de Eletricidade Atmosférica e a forte correlação entre condições dinâmicas e termodinâmicas observados neste trabalho reforçam a importância de se avaliar o grau de associação entre propriedades microfísicas como: Diâmetro Efetivo de Gelo (D_e), Ice Water Path (IWP, Conteúdo Integrado Verticalmente de Gelo) e orientação das partículas de gelo com as ocorrências de raios em nuvens convectivas. Desta forma, utilizando um modelo de microfisica de nuvens desenvolvido por Zhao e Weng (2001), foram realizadas simulações usando como dados de inicialização as T_B em 23 GHz e 31 GHz do sensor Advanced Microwave Sounder Unit - A2 (AMSU-A2) e as T_B dos canais de 89 GHz, 157 GHz e 183.3 \pm 1 GHz do sensor Microwave Humidity Sounder (MHS) do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) entre setembro de 2007 a fevereiro de 2008 para o estado de São Paulo. O produto deste modelo resultou no D_e e IWP para cada pixel da imagem do satélite, desta forma determinou-se a ocorrência de raios para cada pixel 7.5 minutos antes e depois da linha escaneada. O acoplamento desses parâmetros microfísicos de nuvens convectivas com a ocorrência de raios permitiu produzir relações empíricas. Na Figura 2.3.12a é ilustrado a relação entre a probabilidade de ocorrência de raios (em porcentagem) de ao menos 1 (curva vermelha), 2 (curva azul), 4(curva verde), 8(curva rosa) e 16 raios (curva amarela) em função do D_e (milímetros).

Nota-se que há uma forte relação crescente entre o aumento da probabilidade de ocorrência de raios e o tamanho das partículas de gelo, atingindo valores máximos de probabilidade de ocorrência de raios em torno de 12 %, 8 %, 5 %, 3 % e 2 % para a ocorrência de ao menos 1, 2, 4, 8 e 16 raios respectivamente. Assim foi possível o ajuste de curvas do tipo exponencial (Figura 2.3.12b) com alto coeficiente de determinação (>0.90) que caracterizam a relação entre probabilidade de raios e valores de tamanho das partículas de gelo. Esta relação positiva observada sugere que quanto maior o tamanho das partículas de gelo que colidem entre si, maiores seria a área em contato, possibilitando uma maior quantidade de carga transferida por

colisão entre as partículas o que poderia estar intensificando o processo de eletrificação das nuvens e por conseqüência a ocorrência de raios (Baker e Dash, 1989).



Figura 2.3.12. (a) Relação de dispersão entre a probabilidade de ocorrência de raios em função do Diâmetro Efetivo das partículas de gelo, para a probabilidade de ocorrer ao menos um (vermelho), dois (azul), quatro (verde), oito (rosa) e dezesseis (amarelo) dezesseis raios em um intervalo de 15 minutos e (b) respectivas curvas exponenciais ajustadas.

Na Figura 2.3.13a é mostrado a relação encontrada entre a probabilidade de ocorrência de raios e o conteúdo de gelo (IWP, kg.m⁻²). De forma bastante significativa observa-se um rápido aumento na probabilidade de raios para conteúdo de gelo até aproximadamente 0.7 kg.m⁻², sendo que esta taxa de crescimento é maior quanto menor a quantidade de raios que se almeja detectar. Por outro lado, a partir de 0.7 kg.m⁻² ocorre uma atenuação significativa na probabilidade de ocorrência de raios conforme os tamanhos das partículas de gelo tendem a aumentar. Essas características possibilitaram o ajuste de curvas do tipo polinomiais de segunda ordem (Figura 2.3.13b) que melhor representa-se esta relação empírica para cada probabilidade de ocorrência de raios com coeficientes de determinação significativos.

A forte correlação positiva observada entre a probabilidade de ocorrência de raios e o conteúdo de gelo até 0.7 kg.m⁻² pode estar associada ao fato que a quantidade de carga transferida durante a interação entre as partículas depende não apenas do tamanho, mas também da concentração dessas partículas, entre outros fatores microfísicos (Keith e Saunders, 1990 e Miller et al, 2001). Assim, a maior disponibilidade de partículas de gelo no interior das nuvens poderia estar influenciando no aumento na taxa de colisões entre as partículas, propiciando a existência de uma quantidade relevante de partículas de gelo eletrizadas, favorecendo a formação de um campo elétrico mais intenso e uma maior probabilidade de ocorrer raios. Por outro lado, ao atingir uma quantidade de 0.7 kg.m⁻² os centros de carga elétricas no interior da nuvem poderiam estar vivenciando um processo de saturação. Todavia para testar esta hipótese seria importante utilizar um período maior de análise (minimizando a ocorrência de poucos casos de eventos para IWP maiores) e classificar os valores de IWP em função do tamanho das partículas.



Figura 2.3.13. (a) Relação de dispersão entre a probabilidade de ocorrência de raios em função do Conteúdo Integrado Verticalmente de Gelo (IWP) para a probabilidade de ocorrer um (vermelho), dois (azul), quatro (verde), oito (rosa) e dezesseis (amarelo) raios em um intervalo de 15 minutos e (b) respectivas curvas polinomiais de segundo grau ajustadas.

As análises das relações entre o tamanho das partículas de gelo (D_e) e do conteúdo de gelo (IWP) demonstraram forte correlação com a probabilidade de ocorrência de raios, desta forma torna-se importante avaliar se a orientação dessas partículas de gelo (vertical ou horizontal) também pode expressar algum indicativo das condições dinâmicas e elétricas no interior das nuvem e por conseqüência a ocorrência de raios. Para tanto se utilizou as T_B do canal de 85 GHz com polarização vertical e horizontal do sensor *TRMM Microwave Imager* (TMI) abordo no satélite TRMM pertencente ao período de setembro de 2008 a fevereiro de 2009. Determinou-se a diferença entre a T_B polarizada verticalmente e horizontalmente ($T_{BV}-T_{BH}$) para cada *pixel* da imagem do satélite e calculou-se a ocorrência de raios entre 7,5 minutos antes e depois do horário da linha escaneada.

A Figura 2.3.14a ilustra a probabilidade de ocorrência de raios em função da diferença de temperatura polarizada do canal de 85 GHz, para a probabilidade de ocorrência de ao menos 1 (curva vermelha), 2 (curva azul), 4(curva verde), 8(curva rosa) e 16 raios (curva amarela). Pode ser observado que um aumento na probabilidade de ocorrência de raios esta associado a uma diminuição da diferença de temperatura polarizada (valores negativos de T_{BV} - T_{BH}), resultado que possibilitou o ajuste de curva do tipo linear que se representa esta relação negativa entre essas duas variáveis. Para valores de T_{BV} - T_{BH} em torno de -6 K observa-se uma probabilidade de aproximadamente 18 %, 11 %, 5 %, 3 % e 1 % de ocorrer ao menos 1, 2, 4, 8 e 16 raios respectivamente.

Em concordância aos resultados observados por Prigent et al (2005), os encontrados nesta pesquisa associado ao fato que as maiores probabilidade de raios serem observadas na presença de uma diminuição na T_{BV}-T_{BH} pode estar relacionado à existência de grandes partículas de gelo orientadas preferencialmente na vertical (devido à existência de um intenso campo elétrico capaz de alinhá-las e forte correntes ascendentes), as quais tendem a atenuar (espalhar) de forma mais significativa o sinal da radiação polarizado verticalmente em relação ao horizontal, implicando, portanto em valores próximos ou até menores da T_{BV} em relação à T_{BH} estimada pelo satélite.



Figura 2.3.14. (a) Relação de dispersão entre a probabilidade de ocorrência de raios em função da diferença de polarização (vertical menos horizontal) em 85 GHz de eventos (*pixels*) para a probabilidade de ocorrer ao menos um, dois, quatro, oito e dezesseis raios em um intervalo de 15 minutos e (b) respectivas curvas lineares ajustadas.

Desta forma, a combinação de informações provenientes de satélites na faixa do infravermelho e microondas em sinergia com as informações de ocorrência de raios medidas por sensores em solo de raios relâmpagos, mostra-se uma importante e promissora ferramenta para caracterizar a atividade elétrica de raios e principalmente em um futuro próximo a possibilidade de realizar diagnóstico e prognóstico (*nowcasting*) de severidade de tempestades, principalmente em regiões desprovidas de detectores de relâmpagos em solo. Entretanto, os processos físicos e microfísicos envolvidos na eletrificação das nuvens e ocorrência de raios mostram-se extremamente complexos e dependentes de inúmeras variáveis, suscitando ainda de estudos mais detalhados pela comunidade científica para serem mais bem compreendidos e elucidados.

g) Sistema de Observação de tempo Severo - SOS

O SOS é um sistema de integração de informações aplicadas na identificação e previsão de sistemas severos e suas características a partir de um conjunto de técnicas que utilizam tanto imagens de satélite como de radares meteorológicos. Atualmente o SOS é composto por aproximadamente 15 produtos desenvolvidos pela DSA, entre eles estão: ForTraCC; Hidroestimador (Instantâneo e Acumulado); HydroTrack; Imagens de radar; ForTraCC-Radar; ForTraCC-Vil; Índice de Severidade; Velocidade e direção do vento; Detecção e probabilidade de descargas elétricas; e Classificação de nuvens. Além de boletins diários e instantâneos para todos os municípios brasileiros.

Sistema de Integração

O Sistema de Informações Geográficas Aplicada ao Meio Ambiente (SIGMA) permite ao usuário ter uma interface de integração e visualização dos dados dinâmica (Figura 2.3.15). O sistema tem uma serie de ferramentas que o permite manipularem os dados da forma que desejar. O SIGMA foi desenvolvido utilizando o servidor de mapas Mapserver cujo código-fonte aberto foi criado em 1996 pela Universidade de Minnesota (UMN), Estados Unidos, e em cooperação com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e o Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR). O Mapserver foi escolhido como plataforma para o SIGMA por possuir suporte a dados vetoriais e raster, além de aceitar diferentes formatos de imagens, podendo estar também em diferentes projeções. Além do mapa, com o mapserver também é possível gerar

legendas, barra de escalas, mapa de referência o que torna sua usabilidade mais interessante aos usuários. Essa página Web estará operacional para acesso público no mês de setembro e incluirá todos os produtos descritos nesse relatório.



Figura 2.3.15. Tela de visualização do SOS-serra do mar a partir do sistema SIGMA

2.4 Características observacionais associadas a eventos extremos na Serra do Mar (SP4)

Para o estudo das condições atmosféricas de grande escala predominantes nos eventos extremos de precipitação na região da Serra do Mar, foram inicialmente selecionados os casos para estudo. Estes se basearam no banco de mortes preparado pelo IPT (Eduardo Macedo, comunicação pessoal). Outros casos foram selecionados a partir de totais pluviométricos diários do Global Precipitation Climatology Project (GPCP) superiores a 50 mm e em casos relatados de deslizamento na Serra do Mar e inundações nas cidades próximas. Para análise das condições observacionais de grande escala determinantes dos eventos de chuvas extremas na região da Serra do Mar, vários estudos de casos foram realizados utilizando diferentes técnicas de análise. Os principais resultados estão resumidos no final da seção.

a) Classificação dos casos do Banco de Mortes do IPT

A partir do Banco de Mortes do IPT, foram identificados os principais sistemas meteorológicos atuantes em casos de precipitação intensa associados a desastres na região da Serra do Mar. Os casos foram agrupados e classificados meteorologicamente em eventos de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), frentes frias e sistema convectivo isolado, sendo que as frentes frias são os fenômenos mais freqüentes. Esta classificação possibilitou a inclusão de uma coluna na tabela do banco de mortes descrevendo o fenômeno meteorológico no Banco de Mortes.

b) Compostos de Analises do NCEP

A partir do Banco de Mortes e as análises do NCEP (Kalnay et al, 1997) foi realizado um estudo com compostos de casos de frentes e de ZCAS para distinguir entre os eventos de ZCAS que causaram deslizamentos e eventos de ZCAS comuns ou frentes frias. Notou-se que nos casos selecionados, a ZCAS estava deslocada para sul, e no caso das frentes, estas eram mais intensas do que as que não causaram os eventos. Destaca-se a presença de um cavado de onda curta em 500 hPa e a ausência do Jato de Baixos Níveis nos eventos extremos e a barotropia do sistema. Na figura 2.4.1 são apresentadas as configurações de anomalia de geopotencial para os compostos de casos de ZCAS e de frentes frias associados a eventos de mortes nos casos extremos.



Figura 2.4.1. Padrão de grande escala composto de: a) ZCAS e b) Frentes frias

A Figura 2.4.2 mostra o campo de divergência em altos níveis e os ventos médios do dia de chuvas mais intensas nos eventos de ZCAS (a) e frente fria (b). No caso da frente fria, a divergência máxima se localiza sobre o oceano, enquanto que no caso da ZCAS a divergência se posiciona sobre o continente.



Figura 2.4.2. Divergência e ventos em 250hPa a partir de casos de chuvas intensas seguido de morte registrados pelo IPT, para casos de ZCAS (a) e frentes frias (b).

Notou-se uma estreita relação entre o Sistema de Monção sobre América do Sul (SMAS) e a atividade convectiva da Zona de Convergência do Atlântico Sul. Em período de atividade da SMAS, a ZCAS está intensificada, e a região da Serra do Mar é mais afetada pelas intensas chuvas que ocorrem nesse período. No período inativo, a atividade convectiva está mais ao sul, afetando menos a região da Serra do Mar.

Compostos de diversas variáveis atmosféricas foram produzidos para os meses de novembro a março. Estes compostos mostram algumas diferenças nas suas características, mas semelhanças também. As amplitudes nas situações de ZCAS são geralmente maiores, por exemplo, o campo de movimento vertical mostrado na Figura 2.4.3. Notou-se que em períodos de ZCAS, as temperaturas da superfície do mar apresentam anomalias negativas no litoral entre São Paulo e Rio de Janeiro, enquanto que em situações de Sistema Frontais, o sinal da anomalia não é claro, variando de positiva para negativa em alguns meses.



Figura 2.4.3. Composto de movimento vertical em 500hPa para o mês de Janeiro, em situação de Sistemas Frontais (SF) e de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

c) Estudos de eventos históricos

O caso de chuva intensa em Caraguatatuba em 1967 foi bastante estudado. Este caso foi considerado como a maior tragédia ocorrida no litoral norte do Estado de São Paulo, quando houve deslizamentos, destruição de casas, estradas e mortes. As análises mostraram que havia ocorrido a passagem de um sistema frontal com atuação de uma alta pós - frontal bem intensa, havia a presença de um cavado em altos níveis e corrente de jato em posição favorável para movimento ascendente na região de ocorrência. A Alta da Bolívia estava bem organizada e estendida para a região Sudeste e havia alta umidade sobre a região (Fig. 2.4.4).



Fig.2.4.4. Linhas de corrente, anomalia zonal de geopotencial (cores) (a), Omega em 500 hPa (b) e umidade específica em 700 hPa (c), no dia 18 de março de 1967.

O caso de chuva intensa em Cubatão em 1994 foi estudado a partir de dados de Reanálises que mostraram uma forte circulação anticiclônica em altos níveis sobre a região (Fig. 2.4.5)



Figura 2.4.5. Reanálise NCEP das Linhas de corrente em 200 hPa no dia 6 de fevereiro de 1994, 12Z.

O caso de deslizamento na via Anchieta ocorrido em dezembro de 1999 foi analisado do ponto de vista de interação entre a grande escala e a escala local. Neste caso o cavado em 500 hPa estava posicionado com seu eixo na direção NW-SE sobre o sul do estado de São Paulo (Fig.2.4.6) com a passagem de uma onda curta com um máximo de vorticidade ciclônica na região. A divergência em altos níveis estava posicionada sobre o oceano, semelhante ao padrão de compostos gerado a partir de vários casos de chuva com passagem de frente fria.



Figura 2.4.6. Altura geopotencial em 500 hPa (a) e vento e divergência em 250 hPa no dia 12z 11 de dezembro de 1999. Dados de reanálise do NCEP.

Este caso de dezembro de 1999 mostrou a importância da interação entre o sistema de grande escala, frente fria ou ZCAS e a escala local, a brisa marítima. A aproximação da frente no região intensifica a circulação da brisa marítima, As chuvas foram produzidas por 2 regimes meteorológicos, os dois primeiros dias (11 e 12) a brisa marítima esteve presente com fraca interação com a circulação de grande escala. No período depois do dia 13, a circulação de grande escala prevaleceu sobre a brisa.

d) Estudos de casos de chuvas intensas recentes:

Em outro estudo sinótico realizado para o período de março de 2006, destaca-se um caso de ZCAS ocorrido no dia 10 desse mês e de uma frente fria no dia 29. Os resultados deste estudo concordaram com o estudo acima, com relação à ausência de Jato de Baixos Níveis (JBN) e à posição da anomalia de pressão mais ao sul.

Resultados de análises de outro caso recente de deslizamento na Serra do Mar e inundações, em cidades do litoral norte, mostraram que houve a ocorrência de dois episódios que causaram chuvas intensas na região. No primeiro episódio a intensa convecção foi associada à presença de um cavado de onda curta em altos níveis e de um cavado invertido em baixos níveis. No segundo episódio, um sistema tipo vírgula invertida afetou a região com presença da montanha também contribuíram para a intensa convecção ocorrida. As imagens de satélite do dia 9 e 10 de abril de 2006, às 00 GMT, indicam as situações correspondentes movimento ascendente intenso (Figura 2.4.7). As condições sinóticas foram favoráveis para a ocorrência de movimento ascendente intenso na região.


(a)



(b)

Fig.2.4.7. Imagens de satélite no canal infravermelho (a) dia 09 abril 2006 às 00:00 GMT; (b) dia 10 abril 2006 às 00:00 GMT.

e) Chuvas intensas no período de inverno

1.1 Julho 2004

Entre os dias 19 e 20 de julho de 2004 ocorreram deslizamentos de encostas na região da Serra do Mar que provocaram segundo dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), várias mortes por soterramento. Ditos deslizamentos estiveram associados a chuvas intensas que acumularam, entre os dias 16 e 22 de julho, quase 200 mm nos municípios de Ubatuba e Caraguatatuba e mais de 240mm na cidade de Santos. No litoral sul paulista, e na costa do Paraná, também foram registradas precipitações significativas, com valores próximos aos 150 mm. O caso tem grande relevância científica devido ao fato de ter acontecido na estação de inverno.

A situação meteorológica nos dias prévios mostrava o avanço de uma região frontal intensa, típica de inverno, que no dia 15 de julho já atuava no Estado do Paraná e no Sul do Mato Grosso do Sul. Essa frente fria chegou à região da Serra do Mar entre os dias 16 e 17, quando as chuvas iniciaram e perduraram até o dia 22. Os campos de umidade específica e vento em 850 hPa mostravam que a frente não conseguiu avançar o suficiente para afastar a massa de ar úmido que se encontrava na região. Na retaguarda da frente fria, um anticiclone frio se deslocou com direção SW-NE tornando-se gradativamente mais lento e barotrópico, ficando semi-estacionário sobre o Oceano Atlântico. Desta forma os ventos de leste e sudeste sopraram sistematicamente em direção à costa da Região Sudeste. No dia 19, um cavado de onda curta nos níveis médios da atmosfera se deslocou sobre latitudes subtropicais provocando o aumento das precipitações em toda a região, e deflagrando os deslizamentos.

Simulações numéricas (descritas na seção 2 - Modelagem) foram realizadas para comparar das rodadas com e sem orografia. Estas simulações permitiram determinar que a presença da serra gera convergência e levantamento dos ventos de leste nos baixos níveis na região do litoral, e subsidência e divergência na encosta ocidental. As chuvas na ausência da serra somente chegam a 40 mm.

O avanço da perturbação baroclínica de onda curta, embora não foi a causa principal das chuvas, contribuiu para o aumento da intensidade das chuvas entre os dias 19 e 20 de julho e, portanto, criou condições favoráveis para o deslizamento de encostas.

A situação de inverno analisada apresenta varias semelhanças com as identificadas no semestre quente (bloqueio, interação com perturbações de onda curta, presença de um máximo de divergência nos altos níveis, etc.).

1.2 Julho de 2007

A situação estudada, 23 a 26 de julho de 2007, foi escolhida por ter apresentado chuvas intensas na cidade de São Paulo (140 mm durante 4 dias) e ter sido incluída no "Banco de Ocorrências" do IPT. Com o objetivo de entender os mecanismos dinâmicos que provocaram as precipitações mencionadas, foi realizada uma simulação numérica com o modelo regional Eta/CPTEC, iniciada no dia 22 de julho de 2009, utilizando as análises do NCEP como condições de contorno. A resolução horizontal utilizada foi de 40km e 38 níveis na vertical. Os campos de circulação e a chuva simulada pelo modelo resultaram satisfatoriamente próximos dos obtidos a partir das observações e análises. A Figura 2.4.8 mostra que os totais de chuvas simulados pelo modelo. É interessante ressaltar que a região com chuvas mais abundantes (precipitações superiores a 50mm) coincide quase perfeitamente com o contorno de movimento vertical ascendente no nível de 500 hPa maior a -2 10⁻³ Pa s⁻¹, o que significa que elas resultaram do levantamento em escala sinótica associado à passagem da frente fria. Um estudo mais amplo sobre a situação revelou que durante o período 22 a 27 de julho de 2009 a circulação regional se caracterizou por ondas atmosféricas relativamente longas e muito amplas, e pela presença de um baixo índice de circulação zonal nas latitudes meias no Oceano Atlântico. Esse comportamento mostra que a situação analisada apresentou algumas semelhanças com as características gerais achadas ao longo do projeto para esse tipo de situação.



Figura 2.4.8. Precipitações simuladas pelo modelo Eta/CPTEC para o período 22 a 27 de julho de 2009 (sombreado) e movimento vertical ômega (10⁻³ Pa s⁻¹) no nível de 500 hPa médio durante o período 00Z 22 de julho a 00Z 27 de julho.

As chuvas ocorridas entre os dias 22 e 26 de julho de 2009 foram causadas pela passagem de uma frente fria relativamente intensa, e que teve um deslocamento relativamente lento sobre a Região Sudeste. As chuvas foram provocadas pela dinâmica associada à frente fria na escala sinótica (levantamento generalizado provocado pela divergência (convergência) nos altos (baixos) níveis). A situação de grande escala esteve dominada por um baixo índice de circulação zonal nas latitudes médias e amplas ondas na troposfera média que favoreceram o desenvolvimento de ciclones extratropicais e a ondulação da frente.

O Modelo Eta/CPTEC capturou bem os padrões de escala sinótica no modo simulação e conseguiu reproduzir os totais de chuva com aceitável precisão.

f) Caso de chuva intensa na porção norte da Serra do Mar

2.1. Março 2005

O caso de chuva intensa ocorreu no dia 4 de março de 2005 na porção norte da Serra do Mar, totalizando-se mais de 90 mm em 24 horas (Figura 2.4.9). A ZCAS esteve configurada desde o dia 01 até o dia 08/03/05. O estudo foi realizado a partir das previsões do modelo Eta de 40 e 5 km. A análise sinótica do caso revelou que um cavado nos altos e médios níveis posicionado a oeste da região em estudo (Figura 2.4.9) deu suporte ao distúrbio que provocou as chuvas intensas no período de 03/03 – 12 Z a 04/03 – 12 Z.



Figura 2.4.9. Altura geopotencial em 300 hPa (mgp) e linhas de corrente para os dias (a) 03/03/05 – 18 Z, (b) 04/03/05 – 00 Z e (c) 04/03/05 – 06 Z

As previsões do modelo Eta 5 km e 40 km, geradas a partir da condição inicial de 03/03/05 – 12 Z (Figura 2.4.10) apresentaram bom desempenho, principalmente do modelo Eta 5 km, cuja chuva foi prevista com intensidade maior do que 90 mm na região norte da Serra do Mar, onde de fato foi observada precipitação intensa. Nesta previsão, contudo, o modelo superestimou a precipitação em áreas próximas à região estudada, atingindo o sudeste de Minas Gerais, onde a chuva não foi tão intensa.



Figura 2.4.10 Precipitação (mm): (a) observada e previstas Eta (b) 5km e (c) 40km para o dia 04/03/05, 12 Z.

2.2. Janeiro 2007

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o fenômeno estudado, ocorrido entre os dias 2 e 6 de janeiro de 2007, deflagrou inundações e deslizamentos, deixando 26 mortos e cerca de 1121 pessoas desabrigadas no Estado do Rio de Janeiro.

Uma análise sinótica foi elaborada utilizando-se os dados da Reanálise do National Center for Environmental Prediction – National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR). Os resultados preliminares indicaram que a nebulosidade na região coincidiu com a borda oeste de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), com núcleo frio, estabelecido a aproximadamente 25ºS/40ºW. Uma avaliação das previsões com 48-h de antecedência do modelo regional Eta (com resolução horizontal de 10x10km) foi elaborada, a fim de avaliar o desempenho do modelo em prever este tipo de distúrbio. O modelo apresentou bom desempenho em prever a estrutura do vórtice, localizando bem regiões com valores de vorticidade mais acentuado no local onde o mesmo esteve configurado. Contudo a localização e intensidade do núcleo de máxima precipitação não foram tão bem previstas pelo modelo nas resoluções de 15 e 5 km.

g) Chuvas intensa na porção sul (caso de Itanhaém em Janeiro de 2008)

O evento durou dois dias, de 12 a 13 de janeiro de 2008, e foram registrados inundações, estradas bloqueadas, corte no abastecimento de d'água, interdições de rodovias e deslizamentos, causando vários desabrigados (800 no município de Peruíbe). Foi observado o total de precipitação acumulada em 24 horas em torno de 220 mm em Iguape. O evento resultou da atuação conjunta forte difluência em altos níveis e frente fria estacionária com a intensificação da brisa marítima. As previsões com antecedência de 48h apresentaram ligeiro atraso na posição das chuvas. Por outro, as previsões 24h indicaram com alta acurácia a posição e quantidade das chuvas (Figura 2.4.11).



Figura 2.4.11. Precipitação acumulada em 24 h (mm). (a) Previsão de 24h e (b) Observação.

h) Climatologia de chuvas fortes na Região Sudeste com ênfase na região da Serra do Mar

Critérios para a definição de eventos extremos – estudo de caso para o litoral Central Paulista

Avaliação de dados diários de precipitação do posto Barragem das Pedras (23°52' e 46°28') para período de 1926 –1994: A média climatológica desse posto é considerável: 4172 mm/ano, sendo que alguns anos registraram totais superiores a 6000 mm. Extremos diários de valores de até 446 mm/dia foram encontrados. Os altos montantes pluviais de Barragem das Pedras têm relação com o número de dias chuvosos do ano. Contudo, em anos recentes a variabilidade na relação dias do ano e dias com precipitação foi menor.

Dezembro e janeiro foram os meses mais chuvosos (média: 500,0 e 487,0mm,) e junho e julho, os menos chuvosos (163,0mm e 166,0 mm). Os meses de verão foram uniformemente mais homogêneos (baixos valores de coeficiente de variação, revelando totais ano a ano mais próximos) e apresentaram mais dias chuvosos. Nove meses apresentaram em média mais da metade dos dias com chuva (exceções: maio a junho).

A análise dos quantis (Tabelas 2.4.1a e 2.4.1b) destaca que os meses mais chuvosos apresentaram mais eventos excepcionais, definidos de acordo com suas características de volumes pluviais e distribuição. Tal fato sugere maior complexidade na gênese das chuvas nesse período. A correlação entre totais de chuva mensais e número de episódios extremos foi alta: 0,96.

Tabela 2.4.1a – Ocorrências mensais de chuvas extremas definidas pelos quantis, sendo cl 1= Q(0,975), cl 2=Q(0,95) e cl 3=Q(0,90), para os meses de janeiro a junho.

	Ja	aneir	0	Fe	verei	ro	ſ	Março)		Abril			Maio)	J	unho)
	cl 1	cl 2	cl 3	cl 1	cl 2	cl 3	cl 1	cl 2	cl 3	cl 1	cl 2	cl 3	cl 1	cl 2	cl 3	cl 1	cl 2	cl 3
Total/c I	36	35	74	35	30	61	36	33	67	34	25	64	27	23	45	19	24	35
TOTAL		145			126			136			123			95			78	

		Julhc)	А	gost	0	Se	temb	ro	0	utubı	0	No	vemb	oro	De	zemb	oro
	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl		cl	cl		cl	cl		cl	cl		cl
	1	2	3	1	2	3	1	cl 2	3	1	cl 2	3	1	cl 2	3	1	cl 2	3
Total/cl	20	21	46	23	25	49	35	32	56	41	37	72	36	46	54	36	49	61
TOTAL		87			97			123			150			136			146	

Tabela 2.4.1b – Idem à tabela 2.4.1a, para os meses de julho a dezembro.

O emprego dos quantis para a delimitação de extremos diários e acumulados de precipitação mostrou-se adequado, mas a avaliação de seqüências de chuva mostrou-se mais dificultosa. Todavia, os resultados encontrados pela definição escolhida mostram a importância de não se considerar apenas os totais registrados em *um único dia* de chuva, pois seqüências de dias com chuva faz com que a umidade que permanece no ambiente seja grande, fato que certamente é um contribuinte para provocar problemas ambientais desencadeados por precipitações.

Uma climatologia de chuvas fortes na Região Sudeste com ênfase na região da Serra do Mar foi realizada utilizando dados da ANA. Foram encontrados 309 casos em toda Região Sudeste em 20 anos (99 percentil), com maior freqüência no sul de Minas e menor no Estado de São Paulo. A análise da variabilidade mensal dos eventos de chuva forte mostrou que nos meses de dezembro e janeiro a freqüência é alta, 40 eventos em 20 anos, e nos meses de inverno (junho e julho) a freqüência é baixa apenas 4 a 5 eventos em 20 anos. A tendência da freqüência de eventos nas últimas quatro décadas mostra que houve uma diminuição das chuvas fortes nas últimas quatro décadas.

A análise de componentes principais dos campos meteorológicos associados utilizando dados de Reanálise 2 no período de 1979 a 2004 mostraram que 80 casos tiveram correlações com os principais padrões. Todavia, 14 casos sobre a Serra do Mar tiveram correlações de 70% ou maior com os padrões dos quais 5 ocorreram na primavera (3 em Setembro), 3 ocorreram no outono, e 6 ocorreram no inverno (3 em Agosto). Os eventos no verão (DJF) produziram grandes quantidades de chuva mais ao norte da região da Serra do Mar; centro-sul de MG, parte do RJ e ES. Na região da Serra do Mar, estes casos provocaram chuvas fracas, abaixo de 20 mm/24 horas (Figura 2.4.12).



Figura 2.4.12. Distribuição total da quantidade de eventos de precipitação INTENSA e EXTREMA.

Foi realizada a separação de eventos de chuva forte em Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Passagem de Frente Fria, no período de verão, pré-verão e pós-verão. Um evento de precipitação intensa/extrema foi definido quando 15% / 20% ou mais do total sazonal climatológico ocorre em um dia. Os casos de precipitação intensa/extrema foram separados conforme o tipo de sistema atmosférico responsável por suas ocorrências. Assim, a separação dos casos foi feita de acordo com tempo de permanência sobre a região em estudo.



Figura 2.4.13. (a) Variação interanual da freqüência de eventos de chuva forte (EPF), média móvel. (b) Variação mensal da freqüência de EPFs (barras, número em 45 meses) e chuva climatológica (linha contínua) em mm/mês.

O gráfico na Figura 2.4.13 (Lima et al. 2009) mostra a freqüência mensal de Episódios de precipitação Forte (EPF) em comparação com os valores de precipitações normais climatológicas

para toda a Região Sudeste. A curva da freqüência acompanha aproximadamente a curva da chuva mensal climatológica durante os meses de novembro a fevereiro. É interessante notar que, em março, a freqüência aumenta em comparação com ao mês de fevereiro apesar da queda da chuva mensal. O resultado indica que as chuvas no mês de março na Região Sudeste são mais concentradas em episódios de chuvas fortes. A distribuição geográfica de chuvas fortes na Região Sudeste mostra uma maior concentração nas regiões costeira e nas regiões serranas (Serra do Mar e Serra de Mantiqueira) da região. Este resultado indica a importância do transporte de umidade para a região.

Os casos de chuvas fortes desastrosas ocorridas em 18 de março de 1967, em 6 de fevereiro de 1994 e um terceiro em março de 2006 no vale do Paraíba foram estudados para entender as características do escoamento atmosférico associado às precipitações intensas. Para escolher os três casos o critério foi registro de mortes no leste do estado de São Paulo associadas a chuvas fortes e inundações e enxurradas decorrentes.

h.1) Componentes Principais

A estação mais chuvosa e com maior freqüência de desastres na região da Serra do Mar é o verão e o começo de outono (Dez-Jan-Fev-Mar). Notou-se nas análises de dados do GPCP que a freqüência de chuvas fortes é maior sobre o continente do que sobre o oceano, a diferença sendo aproximadamente de 15 pontos percentuais. A quantidade média de chuva também é ligeiramente maior sobre o continente, em torno de 2 mm.

Uma análise de agrupamento das estações da ANA sobre o Sudeste do Brasil, baseada nos dados diários de 45 anos, separou o Sudeste em cinco sub-regiões. Uma das sub-regiões é a região da Serra do Mar. A variação mensal da freqüência de EPF sobre as cinco sub-regiões está mostrada na Figura 2.4.14. O grupo g3 corresponde à sub-região sobre Serra do Mar. Observa-se que nesta sub-região EPFs não são raros em comparação com as demais sub-regiões. Na mesma figura está mostrada a freqüência de EPF ao longo do período sobre a região da Serra do Mar. Nota-se que a freqüência apresenta uma variabilidade interanual grande, com uma tendência pequena de decréscimo de eventos. Os meses de novembro a março apresentam maior freqüência, e maio a setembro a menor freqüência. Todavia, a freqüência de EPF sobre a região da Serra do Mar mostra um ligeiro aumento nos últimos 40 anos.

Os campos de ϕ (500) associados a todos os casos de EPF foram submetidos a uma análise de Componentes Principais. Os primeiros dois componentes são mostrados na Figura 2.4.15. O primeiro corresponde a um centro de baixa pressão profunda no Atlântico e outro corresponde a ZCAS. (Deve-se lembrar que o campo de anomalia multiplicado por -1 produz a configuração desejada.)



Figura 2.4.14. (a) Variação interanual (esquerda) e (b) variação mensal (direita) da freqüência de chuvas intensas sobre a região da Serra do Mar.



Figura 2.4.15. As primeiras duas FOEs da Z500 (m) associadas com chuvas fortes na região da Serra do Mar. FOEs 1 e 2 explicam 19,3% e 18,3% da variância. (Multiplicado por -1, FOE 1 mostra um ciclone no Atlântico; FOE 2 mostra uma massa de ar frio na baixa troposfera sobre Argentina, Uruguai e Rio Grande do Sul, indicando uma frente sobre a Região Sudeste.)

h) Compostos de EPF e EPN

Cerca de 200 casos de EPF e 2000 casos de EPN ocorridos nos 45 anos do estudo foram considerados para construir os campos de compostos de anomalias das variáveis e diagnósticos. Figuras 2.4.17, 2.4.18, 2.4.19 mostram os campos de p_s , ϕ (500) e ventos, respectivamente, para as situações de ZCAS e FF e para EPF e EPN. Os compostos foram construídos para D-2, D-1 e D0. Para economia do espaço, apresentaram-se apenas campos referentes aos dias D-2 e D0. Em todos os três campos, as anomalias são mais intensas nos EPF em comparação com EPN. Assim, pode-se ver que é difícil de confundir entre EPN e EPF. Nas situações de ZCAS os campos mostram pouca evolução do dia D-2 a D0, enquanto nas situações de FF verifica-se uma evolução rápida. Isso se

deve a natureza da perturbação meteorológica causadora de chuva: ZCAS é semi-estacionária e FF é altamente transitória. Os transportes de água nas fronteiras e a convergência de umidade dentro do "caixa de alvo" sobre a Região Sudeste associados à EPF e EPN são mostrados na Figura 2.4.20. Nota-se que a convergência de umidade no caso de EPF é 60% maior que no caso de EPN. Nas situações de ZCAS apresentam um valor maior que nas situações de FF. Novamente, isso se deve a transitoriedade dos sistemas frontais.



Figura 2.4.17. Anomalias compostos da pressão ao nível do mar para EPN (linhas 1 e 3) e EPF (linhas 2 e 4). Coluna a esquerda refere-se ao dia D-2 e a coluna a direita refere-se ao dia D0. Os painéis a-d referem-se a incursões frontais e e-h refere-se à ZCAS. Destaca-se a intensidade da anomalia nos casos de EPF.



Figura 2.4.18. – Como na Fig. 2.4.17, exceto para altura geopotencial em 500 hPa.



Figura 2.4.19. Como na Fig. 2.4.17 exceto para ventos em 850 hPa (painéis a-d) e 200 hPa (painéis e-h). Vetores referenciais e suas magnitudes estão dados abaixo de painéis.



Figura 2.4.20. Compostos de transporte de umidade através de fronteiras do caixa alvo em volta da Região Sudeste. O número no canto inferior direito é o acumulo de umidade (10⁹ kg s⁻¹). Painéis a-d para incursões frontais, e-h para ZCAS. Linhas 1 e 3 para EPN e 2 e 4 para EPF.

2.5 Desenvolvimento de um Sistema Semi-Automático de Previsões e Informações Hidrometeorológicas em Apoio ao Gerenciamento de Riscos de Desastres Ambientais na Serra do Mar (SP5)

Neste subprojeto, apresenta-se o desenvolvimento do aplicativo SISMADEN para fins de previsão de riscos de deslizamento de terra decorrente de chuvas intensas na região da Serra do Mar.

Outros produtos e informações gerados para subsidiar a base de dados do SISMADEN são também apresentados. O SISMADEN foi avaliado com relação ao PPDC e apresentou-se como uma ferramenta importante para subsidiar ações de mitigação a riscos de deslizamentos na área da Serra do Mar paulista.

a) Sistema de automática de alertas a partir de Informações Georreferenciadas

Houve um apoio do Projeto do Ministério de Ciência e Tecnologia de Desastres Naturais ao Projeto da Serra do Mar por meio do aporte de recursos para a contratação de pessoal para desenvolvimento do sistema de alerta baseado em GIS desenvolvido pelo INPE.

A versão 2.0 do SISMADEN foi lançada em 25/07/2009, com várias melhorias e correções para maior facilidade de uso do sistema. O SISMADEN está baseado no conceito de serviços (SOA – Service Oriented Architecture), onde um serviço é uma funcionalidade independente, sem estado, que aceita uma ou mais requisições e retorna um ou mais resultados. Além do serviço, existem módulos, que são processos independentes que exportam alguns serviços mas também podem executar operações em resposta a um "timer" (Figura 2.5.1).



Figura 2.5.1. Arquitetura do Sistema.

Uma nova interface de administração permite a gerência dos bancos de dados e dos serviços (coleta, planos, análise e notificação) que na versão anterior necessitavam ser disparados (executados) em diversas instâncias do sistema operacional.

Os recursos que sofreram melhoria e inovações foram:

Módulo de aquisição

• Pré-análise dos dados:

Realiza pré-análise de dados hidrometeorológicos com a finalidade de descartar seu armazenamento e inserção no banco de dados quando eles não representarem risco de desastre.

Limiares são fornecidos pelos usuários e analisados em toda a área útil dos dados (sejam estruturas matriciais ou vetoriais) ou dentro de um limite pré-definido pelo usuário a partir de um plano inserido no banco.

• Filtros por área:

Permite reduzir o tamanho das grades salvas na base de dados, restringindo sua área de abrangência a uma região definida pelo usuário por meio das coordenadas geográficas de um retângulo envolvente ou de polígono disponível no banco de dados.

• Estratégia de arquivamento:

Usuário define a estratégia para arquivamento e remoção dos dados coletados pelo módulo de aquisição. A solução adotada é configurável por servidor e por tipo de dados, envolve a possibilidade de manter os dados na base por um determinado período de tempo, efetuar seu armazenamento em arquivo ou em outra base de dados e remover os dados da base principal. Uma estratégia para arquivamento dos logs de alerta que fazem referência aos planos de dados também foi definida.

• Formato de dados para previsões ETA - CPTEC:

Foi implementado a leitura dos dados de previsões dos modelos numéricos ETA (CPTEC – www.cptec.inpe.br/prevnum/). No caso, um único arquivo de imagem que contém as 72 bandas (previsões de 72 horas, uma a uma) é importado e armazenado em um único plano matricial de múltiplas bandas no bando de dados. Há inclusive a possibilidade de recortar as bandas importadas por meio de filtros restritivos por área (descrito acima).

• Plano de Informação das PCDs:

Permite informar que as PCDs disponíveis em uma série de dados estão em um plano de informação de pontos, que foi anteriormente carregado pelo TerraView no banco de dados. Os pontos devem possuir um atributo que indique a qual PCD está associada, inclusive o status dessa PCD, se ativa ou inativa.

Módulo de análise

• Suporte ao uso de planos adicionais nas regras de análise:

Permite que as regras de análise, tanto com plano de risco quanto por modelo, possam utilizar grades cadastradas como planos adicionais. Atualmente são utilizadas apenas as grades obtidas pelo módulo de aquisição.

<u>Novos operadores para modelo ETA</u>:

Foi implementado novos operadores para facilitar o trabalho com dados de modelo ETA, permitindo que se ajuste a grade selecionada em função do momento de execução da análise.

• Área de influência das PCDs:

Foi incluído o modo de análise para permitir que a definição da área de influência de uma PCD seja fornecida por um plano de informações que contém polígonos. Tal mapa de polígonos fornece os limites de influência para cada PCD através de um atributo que indique qual PCD está associada.

• Análises ativas, inativas ou condicionadas:

Incorporado parâmetro de controle do tipo de análise, isto é, se análises ativas, inativas ou condicionadas por meio de outras análises. Somente análises ativas serão executadas. As análises

condicionadas serão disparadas por análises ativas quando alguma condição, nas regras escritas em LUA, for satisfeita.

• Permitir o cadastro e a execução simultânea de análises:

Incorporado esquema de controle de concorrência utilizado para permitir que análises sejam editadas ou inseridas enquanto outras análises são executadas.

• Suporte a execução concorrente de análises:

Usuário define na interface de administração qual instância do módulo de análises deve ser executada. Assim, o sistema pode ser configurado com dois ou mais módulos de análise, em que cada um executa simultaneamente um conjunto distinto de análises, o que permitirá utilizar melhor os recursos computacionais de máquinas com mais de um processador.

Módulo de configuração

• Nova interface para conexão com Bancos de Dados:

Executa a conexão com um banco TerraLib através de interface gráfica e criar automaticamente as tabelas usadas pelo SISMADEN quando elas ainda não existirem, evitando a necessidade de executar manualmente "scripts" em SQL.

• Conexão com outros bancos:

Permite, além do atual PostGIS, a utilização do banco PostgreSQL e MySQL pelo SISMADEN.

• Novas interfaces de assistentes para definição de análises:

Na interface do assistente para definição de análises foi incorporado o caso particular de modelo de análise – CPC (Coeficiente de Precipitação Crítico), que utiliza chuva acumulada (medida em pluviômetros) e chuva prevista (modelos de previsão).

	Assistente de ar	nálise			- 🗆
no de Risco: Cuba	atao				
odelo geral CPC	.]				
Modelo matemático:					
CPC = li / K	* Aci ^-0.933	li Aci K	= Pr = Pr = Co po	recipitação Ho recipitação Ac onstante de R or Área	orária cumulada tisco
A quantidade de ch					
ntervalo de 84 hor modelo de CPC usa PCD:	acumulada (Aci) precisa as. É possível fazer previsões ando fontes de dados do tipo Chuva Acumulada	a ser calcula s com o GrADS (ETA	ada no A). 🔻	Envoltó	rias
intervalo de 84 hor modelo de CPC usa PCD: Atributo da PCD:	as. É possível fazer previsões ando fontes de dados do tipo Chuva Acumulada pluvio	a ser calcula com o GrADS (ETA	ada no A). 	Envoltó Atenção:	rias
intervalo de 84 hor modelo de CPC usa PCD: Atributo da PCD: Const. de Risco:	as. Ê possível fazer previsões as. Ĉ possível fazer previsões ando fontes de dados do tipo Chuva Acumulada pluvio k	a ser calcula s com o GrADS (ETA	ada no A).	Envoltó Atenção: Alerta:	rias
intervalo de 84 hor modelo de CPC usa PCD: Atributo da PCD: Const. de Risco: Intens. Horária:	Autoria a cumulada (Act) precisa ando fontes de dados do tipo Chuva Acumulada pluvio k Chuva Prevista	a ser calcula s com o GrADS (ETA	ada no A).	Envoltó Atenção: Alerta: Alerta Máximo:	rias 1,00 ↓ 1,40 ↓ 2,10 ↓
nitervalo de 84 hor modelo de CPC usa PCD: Atributo da PCD: Const. de Risco: Intens. Horária: Operador:	Autoria a cumulada (ACI) precisa ando fontes de dados do tipo Chuva Acumulada pluvio k Chuva Prevista Minimo	a ser calcula s com o GrADS (ETA	ada no A). • •	Envoltó Atenção: Alerta: Alerta Máximo:	rias 1,00 ↓ 1,40 ↓ 2,10 ↓ 2,10 ↓
nitervalo de 84 hor modelo de CPC usa PCD: Atributo da PCD: Const. de Risco: Intens. Horária: Operador:	Inva acumulada (Aci) precisa as. E possível fazer previsões ando fontes de dados do tipo Chuva Acumulada pluvio k Minimo Previsão (horas): 12	a ser calcula s com o GrADS (ETA		Envoltó Atenção: Alerta: Alerta Máximo:	rias

Figura 2.5.2. Interface do assitente.

• Suporte ao teste dos parâmetros de conexão com um servidor:

Permite que os parâmetros de conexão com um servidor de dados sejam testados sem que haja uma recuperação real de arquivos.

• Melhoria na interface do editor de modelos:

Melhorias na interface do editor de modelos, aumentando o espaço de edição e incluindo novas ferramentas para auxílio no processo de edição, tais como o uso de "Syntax highlight".

Validação da sintaxe do modelo ainda no módulo de configuração:

Foi criada nova ferramenta para permitir que os modelos de análise configurados pelo usuário sejam validados antes de serem enviados para o módulo de análise, facilitando a identificação e correção de erros.

• Melhorar mensagens de erro no módulo de configurações:

Melhoria nas mensagens de erro exibidas quando ocorre alguma falha no processamento de uma requisição do usuário.

Módulo de alertas

• Visualização dos planos de entrada para uma análise:

Permite a visualização no módulo de alertas dos planos de entrada (grades ou informações pontuais) utilizados em uma análise, no momento da geração de um alerta. A interface deve permitir a fácil inclusão ou exclusão destes planos na área de visualização.

• Formatar visualização de dados de um plano de risco:

Melhoria na formatação da visualização de dados associados ao polígono selecionado, permitindo inclusive a seleção dos atributos do plano de risco que devem ser mostrados, filtrando-se os demais.

• Visualizar valores utilizados na análise:

Permite visualizar, por área de risco, os valores das grades usados em uma análise e que deram origem ao estado de alerta atual.

• Visualizar metadados de uma análise:

Para cada análise, permite a visualização de seus metadados e regras, emitindo aviso se algum dos planos de entrada utilizados estiver "vencido", conforme definição do metadado de validade do plano de informação.

• Definir imagem de fundo para a área de visualização:

Permite ao usuário definir uma imagem matricial de fundo, a ser incluída na tela de visualização de mapas.

Novos módulos

• Módulo para desenvolvimento de estudos:

Foi criado um módulo que facilita a condução de estudos e verificação do comportamento de um modelo em face de um conjunto conhecido de dados. Este módulo permitir que o usuário indique de onde deverão ser lidos, ordenadamente, dados de uma série histórica de informações, facilitando a visualização de alertas ao longo do processamento destes dados. Deverá também facilitar o processo de remoção do conteúdo do estudo de dentro da base de dados.

Utilize alertas	o botão de Ex gerados po	ecutar ("Play' de ser efetua	") na base do por u	Estudos e da tela para iniciar a exec m aplicativo conectado à t	ução do estudo. O acompanha base TerraLib em uso ou pela	- □ × mento dos janela de			
visuali: Utilize facilitar de Exec desabil	zação que se as opções de ndo o process cutar para ini itados enqua	rá aberta ao fi controle de e co de acompar ciar o próximo nto algum eve	nal de um execução nhamento passo do ento de ar	evento de análise. para configurar paradas ap dos resultados obtidos. Apo estudo. As opções de contro álise estiver em execução.	ós a execução de análises sele os cada parada, utilize novamer le de execução e o botão Execut	cionadas, ite o botão ar estarão			
Cont P P (P (P (P	role de execu xecutar todas arar após ca arar sempre (0 - Normal arar após a e	ção: as análises e da análise exe que uma análi vecução das s	em sequêr ecutada se retorna análises r	ncia ar um alerta de nível maior ou 👻 narcadas na tabela de even	u igual a: tos abaixo		×	imagem da	Analos - D X
	Parar?	Data	Hora	Evento	Arquivo		Análises com plano de risco ocarridas e 23/04/2009 12:00:00		-7-
	1	23/4/2009	12:00	Carga dados radar	dclo_1_20090423150000		Analise2		
	2	23/4/2009	12:00	Execução de análises					and the second
	3	23/4/2009	13:00	Carga dados radar	dclo_1_20090423160000	÷		00	Contraction of the second s
E Can	_ Mostrar aj	enas eventos	de anális	ie I		> Terminar		a de la compañía de l	

Figura 2.5.3. Módulo para condução de estudos e verificação.

• Módulo de notificação:

Implementado módulo para cadastro de usuários a serem notificados e envio de notificações via e-mail ou SMS quando da ocorrência de um alerta de certo nível, para um determinado modelo de análises. No caso de e-mail, deve-se incluir a possibilidade de imagens (em JPG) da situação de alerta. Segue exemplo de uma notificação enviada por email.

Caro(a) SISMADEN,

Houve uma alteração no estado de alerta de uma ou mais zonas no mapa de risco de uma análise a qual você está associado. Abaixo segue o relatório completo das alterações:

Nome da Análise: Analise_Hidro Detalhes da Análise: Analise com hidroestimador Mapa de Risco:Risco_muni Zonas de Risco

ID	Nome	Nv. de Alerta Anterior	Nv. de Alerta Atual
10	Juquiá	0	1
2	Cajati	0	3

4	Jacupiranga	2	0
6	Registro	0	3
8	Ilha Comprida	0	1

Anexado ao email se encontra a imagem correspondente ao mapa de risco.



Figura 2.5.4. Imagem da situação de alerta.

b) Teste SISMADEN

Foi instalado o SISMADEN no servidor (da marca DELL) adquirido pelo projeto, que foi instalado no IPT, para agregar a base de dados das áreas de atuação do IPT na Serra do MAR.

Os primeiros testes reais de operação e monitoramento com o SISMADEN serão implementados para os:

- Plano de Contingência do Pólo Industrial de Cubatão (1986-2008)
- Plano Preventivo de Defesa Civil para deslizamentos PPDC (1988-2008)

Para o Plano de Contingência do Pólo Industrial de Cubatão (1986-2008) serão utilizados:

- Monitoramento com foco local de pequenas micro-bacias;
- Processos de corridas de detritos (*debris flow*) e enchentes com alta energia cinética;
- Sistema de monitoramento automatizado com dados contínuos de 30 em 30 min de pluviógrafos em operação desde 1986.

Os parâmetros monitorados são:

- Previsão meteorológica
 - Possibilidade de ocorrência de chuvas de longa duração e alta intensidade
 - Coeficiente de Precipitação Crítica CPC
 - CPC efetivo e CPC potencial
- Coeficiente de Ciclo Móvel CCM

Para o Plano Preventivo de Defesa Civil para deslizamentos – PPDC (1988-2008) serão utilizados:

Os parâmetros monitorados são:

- Previsão meteorológica: previsão de chuvas de longa duração e alta intensidade 2 vezes ao dia
- Acumulado de chuvas de 72 horas a partir de leitura pluviométrica diária;
- Coeficiente de Ciclo Móvel CCM;
- Monitoramento com foco regional (municípios e bacias) e local (micro-bacias, setores de encosta);
- Processos diversos de escorregamentos: escorregamentos em cortes e aterros, escorregamentos naturais, queda de blocos, corridas de detritos (*debris flows*) e rastejo de depósitos de encosta;
- Sistema de monitoramento com dados de leitura diária de alguns pluviômetros.

Parâmetros Operacionais de Referência

-Acumulado de 3 dias CHUVAS

- 100 mm Baixada Santista
- 120 mm Litoral Norte

Parâmetro geotécnico

- Vistorias nas áreas de risco para observação da condição das encostas procurando indícios ou feições de instabilidade

Testes de operação piloto do Sismaden 2008-09

- a) Acompanhamento dos dados de alerta do Sismaden sob a lógica dos parâmetros atualmente utilizados (Previsão meteorológica, CPC, CCM, Chuva Acumulada) para a tomada de ações de prevenção de acidentes;
- b) Avaliação da operação piloto do Sismaden;
- c) Correções e melhorias do Sismaden.

O SISMADEN foi alimentado com os seguintes mapas na sua base de dados:

Bases topográficas e temáticas

As entidades e a origem das mesmas são:

1-) Municípios de São Paulo

Foi adquirida a base de municípios do Estado de São Paulo do ano de 2005, na escala 1:500.000, projeção policônica (SAD69), do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no site <u>www.ibge.gov.br</u>, no formato Shape-File. Para ligação com os atributos associados aos polígonos de cada município (tabela abaixo) foi utilizado o campo GEOCODIGO (código padrão do IBGE), pois assim, os municípios formados por mais de um polígono serão reconhecidos como se fosse um só

e desse modo por uma única linha na tabela. A Figura 2.5.5 mostra o mapa incorporado ao sistema SPRING.

	GEOCODIGO	NOME	UF	ID_U	REGIAO	MESOREGIAO	MICROREGIA	LATITUDE	LONGITUDE	SEDE
1	3500105	Adamantina	SP	35	Sudeste	PRESIDENTE F	ADAMANTINA	-21.685	-51.073	true
2	3500204	Adolfo	SP	35	Sudeste	SAO JOSE DO	SAO JOSE DO F	-21.235	-49.644	true
3	3500303	Aguaí	SP	35	Sudeste	CAMPINAS	PIRASSUNUNG	-22.059	-46.979	true
4	3500402	Águas da Prata	SP	35	Sudeste	CAMPINAS	SAO JOAO DA E	-21.937	-46.717	true
5	3500501	Águas de Lindóia	SP	35	Sudeste	CAMPINAS	AMPARO	-22.476	-46.633	true
6	3500550	Águas de Santa Bárbara	SP	35	Sudeste	BAURU	AVARE	-22.881	-49.239	true
7	3500600	Águas de São Pedro	SP	35	Sudeste	PIRACICABA	PIRACICABA	-22.599	-47.876	true



Figura 2.5.5. Municípios de SP no banco SPRING.

2-) Sede de Municípios de São Paulo

Nota-se que o mapa de municípios contém em seus atributos a coluna LATITUDE e LONGITUDE com valores de graus decimais que indicam a posição de um ponto referente a sede de cada município. Desse modo, foi utilizado o arquivo "35mu500pc.dbf" associado ao formato Shape-file para criar o mapa com os pontos associados. A Figura 2.5.6 mostra o mapa da sede de municípios incorporado ao sistema SPRING.



Figura 2.5.6. Sede de municípios de SP no banco SPRING.

3-) Municípios do Projeto Serra do Mar

Por apontamento os municípios que fazem parte da Serra do Mar foram selecionados e posteriormente criados um PI com tais municípios. A Figura 2.5.7 mostra o mapa dos municípios que fazem parte do projeto Serra do Mar incorporado ao sistema SPRING.



Figura 2.5.7. Municípios do Projeto Serra do Mar no banco SPRING.

4-) Limite da área do Projeto Serra do Mar

Por agrupamento espacial dos polígonos dos municípios que fazem da Serra do Mar foi definido o mapa com limite da área total do projeto. A Figura 2.5.8 mostra o mapa com limite da área do projeto Serra do Mar incorporado ao sistema SPRING.



Figura 2.5.8. Limite da área do Projeto Serra do Mar no banco SPRING.

5-) Base de Referência

Para referência em escalas menores (de maior detalhe) foi adotado como "âncora" as ortofotos digitais da SMA-PPMA, de 04-05-06/2001, na escala 1:25.000 e resolução espacial de 0,98 metros. As imagens foram adquiridas pelo INPE no formato "Geotiff", com projeção UTM e datum SAD-69. A Figura 2.5.9 (a,b e c) mostra a articulação das ortofotos na área do projeto Serra do Mar que estão disponíveis para serem incorporadas ao sistema SPRING quando necessário para corrigir outras bases de dados.



Figura 2.5.9. Articulação das 186 ortofotos na área do Projeto Serra do Mar.

Outra base de referência são as cartas topográficas na escala 1:10.000 do projeto "Sistema Cartográfico Metropolitano", disponíveis na Agência Metropolitana da Baixada Santista – AGEM. As cartas estão limitadas nos limites dos municípios da baixada santista, num total de 124 cartas.

Algumas dessas cartas foram adquiridas e estão disponíveis em arquivos no formato DWG do AutoCad, para a região da Serra de Cubatão e Paranapiacaba. As principais camadas desses arquivos são as isolinhas com equidistância de 5 metros, drenagem e vias de acesso. A Figura 2.5.10 mostra a articulação das cartas AGEM disponíveis na área do projeto Serra do Mar e incorporadas ao sistema SPRING.

Carta	Código	Escala	Instituição
Rio Passareúva	3242 / SF-23-Y-C-VI-4-SE-B	1:10.000	AGEM
Rio Cubatão	3244 / SF-23-Y-C-VI-4-SE-D	1:10.000	AGEM
Zanzala	4213 / SF-23-Y-D-IV-3-NO-C	1:10.000	AGEM
Serra do Poço	4214 / SF-23-Y-D-IV-3-NO-D	1:10.000	AGEM
Caminho do Mar	4215 / SF-23-Y-D-IV-3-NO-E	1:10.000	AGEM
Vila Parisi	4216 / SF-23-Y-D-IV-3-NO-F	1:10.000	AGEM
Rio Itutinga	4231 / SF-23-Y-D-IV-3-SO-A	1:10.000	AGEM
Acaraú	4233 / SF-23-Y-D-IV-3-SO-C	1:10.000	AGEM
Campo Grande II	4221 / SF-23-Y-D-IV-3-NE-A	1:10.000	AGEM
Raiz da Serra	4223 / SF-23-Y-D-IV-3-NE-C	1:10.000	AGEM
Onde: Ad	GEM = Agência Metropolitana da	Baixada Santis	ita;

Figura 2.5.10. Articulação das 10 cartas AGEM na área do Projeto Serra do Mar.

6-) Cartas IBGE

Cartas topográficas na escala 1:50.000 foram adquiridas no do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no site <u>www.ibge.gov.br</u>. Algumas dessas cartas estão no formato DGN do MicroStation – vetorial, outras estão no formato TIFF (sem georeferenciamento) – matricial e outras não estão disponíveis. A Figura 2.5.11 mostra a articulação das cartas IBGE na área do projeto Serra do Mar incorporadas ao sistema SPRING.

Figura 2.5.11. Articulação das 65 cartas IBGE na área do Projeto Serra do Mar. Em verde, cartas não disponíveis, em cinza (M) cartas matriciais e magenta (V) cartas vetoriais.

Das cartas vetoriais, serão aproveitadas as camadas de rede de drenagem na forma de linhas duplas (polígonos) e linhas simples, além das rodovias, pavimentadas e não pavimentadas.

7-) Mapas geológicos

Mapas de geológicos foram adquiridos em duas escalas. Na escala 1:50.000 foram adquiridos no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), do **Programa Serra do Mar: Levantamentos básicos na folhas de Santos e Riacho Grande,** de 1986, do relatório n 23394. A Figura 2.5.12 mostra a porção do mapa geológico na área do projeto Serra do Mar incorporada ao sistema SPRING. Na escala 1:1.000.000 foram recortadas da base da CPRM parte da província Mantiqueira, como mostra a Figura 2.5.13.

Figura 2.5.12. Mapa Geológico elaborado pelo IPT na área do Projeto Serra do Mar.

Figura 2.5.13. Mapa Geológico da CPRM na área do Projeto Serra do Mar.

8-) Mapas de Relevo

Foram adquiridos a base de dados de MNT do projeto SRTM (em inglês, <u>Shuttle Radar Topography</u> <u>Mission</u>) obtidos do ônibus espacial Endeavour, numa parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI). Os dados brutos foram tratados e disponibilizados no site da EMBRAPA, através de arquivos GeoTIFF em Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS84. A Figura 2.5.14 mostra uma dessas cartas no banco SPRING.

Figura 2.5.14. MNT do SRTM na área do Projeto Serra do Mar.

Mapas das Áreas de Risco Potencial

A base de dados das áreas de atuação do IPT na Serra do MAR foi agregada a base de dados no formato TerraLib (INPE). A Figura 2.5.15 mostra um exemplo do mapa de suscetibilidade e perigo de escorregamentos para a porção da Serra do Mar no trecho da rodovia Anchieta e Imigrantes. Mapas como este são convertidos em risco efetivo quando cruzado com instalações urbanas e industriais.

Figura 2.5.15. Mapa elaborado pelo IPT.

Foi definido que o cruzamento de mapas de risco com dados hidrometeorológicos dependem do processo em questão, isto é, que tipo de movimento de massa. Foram incorporados ao banco de dados:

- Mapa de risco a corridas de massa compreende ao cálculo do CPC (Coeficiente de Precipitação Crítico) definido pelo IPT para a região de Cubatão. As corridas de massa ("debris flows") na Serra do Mar têm como origem a ocorrência generalizada de escorregamentos, deflagrados por chuvas intensas durante um período de dias. Portanto, a importância dos dados de chuva acumulada e prevista, para cálculo do CPC.
- Mapa de Risco a escorregamentos esparsos trata-se de movimentos de massa naturais ou induzidos que são deflagrados principalmente por dados de chuva acumulada. Tais mapas exigirão atualizações periódicas aos índices de risco, uma vez que a atividades antrópicas alteram os fatores condicionantes das encostas.

9-) Imagens de Satélite

Foram adquiridas as imagens do satélite LANDSAT do projeto "Global Land Cover Facility (GLCF)", no site <u>http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml</u>, para serem utilizadas como referência para corrigir outras imagens. Foram incorporadas ao banco de dados no SPRING as bandas 3,4, 5 e 8. A Figura 2.5.16 mostra um trecho na Serra de Cubatão em uma imagem Landsat.

Foram adquiridas também as cenas do satélite CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite), do catálogo no site <u>http://www.dgi.inpe.br/CDSR/</u> do INPE. Por ser nível 2 de correção, foram utilizadas as imagens do Landsat para corrigir as imagens desse satélite.

Figura 2.5.16. Trecho de imagem Landsat na área do Projeto Serra do Mar.

Figura 2.5.17. Setores (bacias) no trecho da Serra do Mar.

Outros dados

Outras bases de dados estão disponíveis para ser incorporadas ao banco de dados.

Foram concluídos estudos de levantamento dos processos físico-ambientais geomorfológicos para a região costeira do Município de São Vicente. Baseadas em fotointerpretação, imagens de satélite e interpretação topomorfológica foram gerados os seguintes produtos: Cartas de compartimentos geomorfológicos, carta geológica, carta de uso e ocupação das terras, carta de cobertura vegetal, carta de estado ambiental, cartas de tipos de ocupação, carta de unidades geoambientais, carta de fragilidade a escorregamentos dos setores de encosta da área urbana, escala da evolução da mancha urbana (Fig.2.5.18 e 2.5.19).

Figura 2.5.18 – Carta clinográfica do Município de São Vicente, SP.

Figura 2.5.19 – Carta de riscos a movimentos de massa da área urbana de São Vicente, SP.

c) Novo Mapeamento do uso da terra no Estado de São Paulo

A identificação das imagens é feita pelo número de sua órbita ponto. o total de imagens utilizadas foi de 19 (Figura 2.5.20). o tamanho de cada imagem é de 185 x 185 km (34.225 km²) e a área total mapeada é de 248.000 km².

Figura 2.5.20. Área mapeada com as sub-áreas.

Para o mapeamento foram usados os seguintes dados:

1. SOS Mata Atlântica: ano base 2005. Fruto de um convênio pioneiro entre a SOS Mata Atlântica e o INPE, o atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica é hoje a principal fonte de informações e de conhecimento da Mata Atlântica. Trata-se do mapeamento e monitoramento da

Mata Atlântica e seus ecossistemas (vegetação de mangue e restinga). Abrange 17 estados (da Bahia ao Rio Grande do Sul).

2.Dados do mapeamento do CANASAT/INPe: ano base 2005. O projeto CANASAT (OBT/INPE) utiliza imagens de satélites para identificar e mapear a área cultivada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo e centro sul gerando a cada ano-safra mapas temáticos com a distribuição espacial da cultura (Figura 2.5.21). No mapeamento são utilizadas imagens landsat com resolução de 30 x 30 m, bandas 3, 4, 5 (composição brg).

3. Áreas de reflorestamento ocupadas principalmente pelo gênero *eucalyptus* – 4.atualização do inventário florestal das áreas reflorestadas do estado de São Paulo (Kronka, 2002) para o ano de 2005.

5.hidrografia do Estado de São Paulo – mapeamento de todos os lagos, lagoas e represas maiores que 1470 m² e os rios no mínimo 60 m de largura.

Localização das áreas de Cana Safra 2005/2006 nos municípios do estado de São Paulo.

Figura 2.5.21. Localização das áreas de cana safra 2005/2006 nos municípios do estado de São Paulo.

A tabela v indica os diferentes usos e a área ocupada por cada um. A predominância é de agricultura (35% da área total) e de pastagem (32% da área total), somente 10% é de floresta nativa. O mapa é mostrado na Figura 2.5.22.

Uso do Solo	Área (ha)	%
Floresta	2.651.275,62	10,69
Restinga	207.358,92	0,84
Mangue	24.072,30	0,10
Area_urbana	499.347,54	2,01
Agua	425.010,51	1,71
Estrada	1.264,68	0,01
Solo_Nu	208,35	0,00
Agricultura	8.802.185,67	35,47
Eucalyptus	695.473,92	2,80
Cana	3.333.207,69	13,43
Pastagem	8.173.653,12	32.94

Figura 2.5.22. Mapa de uso e cobertura do Estado de São Paulo

d) Comparação entre os alertas PPDC e SISMADEN

A comparação dos dois sistemas de alertas o do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) com o do Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (SISMADEN) é importante para estabelecer as analises que apresentam o melhor desempenho e confiabilidade na emissão de alertas.

O Plano Preventivo de Defesa Civil foi formulado a partir da aplicação de conhecimentos geológicos sobre os escorregamentos na região da Serra do Mar no litoral Paulista. O principal alicerce técnico do PPDC são os estudos de correlação de dados de chuva e escorregamentos, a partir dos quais foram estabelecidos os valores críticos de acumulado e intensidade de chuvas, importantes para a deflagração das ações operacionais (MACEDO et al., 2004).

O estudo de correlação permitiu estabelecer valores de chuvas acumulados em três dia para cada município. Estes valores quando atingidos indicam alta possibilidade de ocorrência de escorregamentos. As medições são feitas diariamente nos postos pluviométricos de casa região. Fora definidos como referência: 100 mm para a Baixada Santista, 120 mm para os municípios do Litoral Norte, 100 mm para o Vale do Paraíba, 80 mm para a Serra da Mantiqueira e municípios da região de Campinas e Sorocaba (MACEDO et al., 2004).

O PPDC está organizado em 4 níveis: Observação, Atenção, Alerta e Alerta Máximo. A principal ação para cada nível é:

- Observação: acompanhamento dos índices pluviométricos e meteorologia;
- Atenção: vistoria de campo nas áreas anteriormente identificadas;
- Alerta: remoção preventiva da população das áreas de risco iminente indicadas pela vistoria; e
- Alerta Máximo: remoção de toda a população que habita áreas de risco.

O SISMADEN é um produto de software, um sistema computacional, baseado em uma arquitetura de serviços, aberta, que provê a infra-estrutura tecnológica necessária ao desenvolvimento de sistemas operacionais para monitoramento de alertas de riscos ambientais. O SISMADEN provê serviços para busca de dados atuais através da internet e sua incorporação à base de dados do

sistema de alerta; serviços para tratar/analisar em tempo real dados novos e verificar se uma situação de risco existe, através de uma comparação com mapas de risco ou de um modelo definido; serviços para executar/editar/criar novos modelos de risco e alerta; serviços para criação e notificação de alerta para os usuários do sistema em operação entre outros serviços básicos e avançados.

O SISMADEN opera com dados de PCD's (Plataforma de Coleta de Dados), Hidroestimador, Radar e Modelo Eta.

Para a comparação utilizou apenas os dados pluviométricos obtidos pelas PCD's durante o período de Dezembro de 2008 a Março de 2009. Sendo o mesmo período utilizado no PPDC.

A análise das Figuras 2.5.23 para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março permite algumas considerações: os meses de janeiro e fevereiro foram os mais chuvosos porém não ocorreram alterações de nível. Durante os quatros meses o município manteve o nível Observação.

Figura 2.5.23. Dados de precipitação da operação verão 2008/2009 para o município de Santos.

Para o período de dezembro a março o município de São Vicente não apresentou alteração do nível, permanecendo em Observação (Figura 2.5.24). Vale ressaltar que o acumulado de chuva não ultrapassou os 100 mm em três dias.

Figura 2.5.24. Dados de precipitação da operação verão 2008/2009 para o município de São Vicente.

Para o município do Guarujá a análise mostra que durante os meses de Dezembro e Janeiro os dados pluviométricos não ultrapassaram o acumulado em três dias de 100 mm. Contudo durante o mês de fevereiro, mais precisamente no dia 25/02 o acumulado de chuva ultrapassou os 100 mm atingindo 109,2 mm mudando o nível para Alerta em função de um escorregamento que ocorreu no Bairro Vila Bahiana. Este quadro persistiu até o mês de março, mesmo com a diminuição da chuva (Figura 2.5.25).

Figura 2.5.25. Dados de precipitação da operação verão 2008/2009 para o município de Guarujá.

Os índices pluviométricos para o município de Ubatuba para o período de Dezembro/2008 a Março/2009 não ultrapassaram o valor de referência de 120mm acumulados em três dias, conforme pode ser observado na Figura 2.5.26.

Figura 2.5.26. Dados de precipitação da operação verão 2008/2009 para o município de Ubatuba.

Durante os dias 26 e 27 de Fevereiro ocorreu uma alteração do nível vigente de Observação para Atenção sem no entanto o município atingir o limiar de 120mm de acumulado, conforme pode ser constatado na Figura 2.5.27.c. Esta alteração possivelmente ocorreu em função de vistorias de campo dos agentes de Defesa Civil do município.

Figura 2.5.27. Dados de precipitação da operação verão 2008/2009 para o município de Caraguatuba.

O nível vigente para o município de Ilha Bela não sofreu alteração durante o período de Dezembro/2008 a Março/2009 (Figura 2.5.28).

Figura 2.5.28. Dados de precipitação da operação verão 2008/2009 para o município de Ilha Bela.

Durante o mês de Janeiro o nível vigente para o município de São Sebastião sofreu uma alteração nos dias 5 e 6/2009 de Observação para Atenção. O acumulado atingiu o limiar de 98,2 (Dia 5) e 107,4 (Dia 6) (Figura 2.5.29.b).

Figura 2.5.29. Dados de precipitação da operação verão 2008/2009 para o município de São Sebastião.

As PCD's utilizadas para gerar a análise acima foram: 30885, 30886, 30887, 30889, 30890, 308901, 30892, 30893, 69030, 69031, 69032 e 69033. A Figura 2.5.30 mostra a distribuição espacial dessas PCD's. O Figura 2.5.31 da PCD 30889 mostra o comportamento dos dados ao longo dos mês de Dezembro a Março. Os dados da PCD são acumulados ao longo do mês e zerados após um intervalo de tempo pré-determinado. No Gráfico é possível visualizar o momento em que a PCD é zerada. O mesmo procedimento é adotado para as demais PCD's.

Figura 2.5.30. Localização das PCD'S.

Figura 2.5.31. Dados pluviométricos coletados pela PCD 30885.

O monitoramento através do programa SISMADEN utilizou a seguinte regra de análise:

```
local var1 = 0
local var2 = 0
local pcds = influencia_pcd ('pcd')
print (nome1)
for i, vinipairs (pcds) do
var2 = soma historico pcd ('pcd', 'pluvio', v, 48)
if var2 > var1 then
var1 = var2
end
print (v, '-', var2)
end
if var1 = nil or var 1 < (0.5 * limiarchuva) then return 0
elseif var 1 < (0.75 * limiarchuva) then return 1
elseif var 1 < (limiarchuva) then return 2
elseif var 1 < (1,2 * limiarchuva) then return 3
else return 4
end
```

O limiar de chuva adotado segue o valor do acumulado de três dias conforme os valores adotados para o PPDC.

O resultado desta análise para os dados pluviométricos das PCD's instaladas durante o projeto FAPESP Serra do Mar estão representados na forma de mapas.

Para o mês de dezembro a comparação dos dados das análises geradas pelo SISMADEN (Figura 2.5.32) e dos dados do PPDC são similares, contudo para os municípios de Bertioga, Cubatão, Guarujá, Santos e São Sebastião a partir do dia 26/12 apresentaram alteração do nível vigente de Observação para Atenção, ultrapassando o limiar de acumulado em três dias.

A análise dos dados para o mês de janeiro apresentam um alteração de nível para o período do dia 20/01 a 24/01, conforme pode ser observado na Figura 2.5.33. Diferindo dos dados do PPDC que apresentou uma alteração de nível para o município de São Sebastião.

A comparação dos resultados da análise para o mês de Fevereiro com os dados do PPDC apresentou uma significativa discordância. Principalmente para o município do Guarujá. No dia 25/02 o nível vigente passou de Observação para Alerta em função dos dados pluviométricos terem ultrapassado o limiar de acumulado de três dias e também do escorregamento ocorrido na Vila Bahiana. Porém os dados gerados pelo SISMADEN para o município não mostra esse acumulado de chuva para o período conforme pode ser observado na Figura 2.5.34.

O mês de Março os dados gerados não apresentaram valores de acumulado superiores ao limiar de acumulado para os municípios da Baixada Santista e Litoral Norte, conforme pode ser visualizado na Figura 2.5.35.

Figura 2.5.32. Dados do mês de Dezembro resultantes da regra de análise do SISMADEN.


Figura 2.5.33. Dados do mês de Janeiro resultantes da regra de análise do SISMADEN.



Figura 2.5.34. Dados do mês de Fevereiro resultantes da regra de análise do SISMADEN.



Figura 2.5.35. Dados do mês de março resultantes da regra de análise do SISMADEN.

A análise comparativa permite algumas considerações:

- A alteração do nível vigente não depende apenas dos dados de acumulado de chuva;
- A divergência de dados para o município do Guarujá para o mês de Fevereiro pode ser relacionado com a distância da PCD's;
- A regra de análise utilizada não é única, pode-se utilizar mais de uma regra de análise ao mesmo tempo;
- Os dados resultantes da análise realizada pelo SISMADEN permitem a análise da evolução do índice pluviométrico uma vez que as PCD's enviam dados de hora em hora, conforme programado; e
- Outro fator importante que além dos dados das PCD's também podese utilizar dados gerados pelo Hidroestimador, Radar e Modelo Eta.

O SISMADEN é uma ferramenta de suma importância para o monitoramento de áreas de risco de escorregamento não só para a região da Serra do Mar, mas para todo o Estado Paulista.

2.6. Impacto das Informações de estações telemétricas de coleta de dados hidrometeorológicos na previsão numérica para a Serra do Mar (Rede Telemétrica) (SP6)

Este subprojeto se propõe a ampliar e integrar a rede de observações de superfície com estações telemétricas meteorológicas e hidrológicas, também denominadas PCDs ou Plataformas de Coleta de Dados.

As figuras a seguir indicam a localização da rede de estações instaladas. O desenho experimental foi concebido de maneira a permitir o monitoramento das condições atmosféricas e hidrológicas ao longo de três eixos principais: litoral, pico da serra do mar e vale do Paraíba. A rede complementou a rede de estações já instaladas pelo INPE.

	Estação	Latitude	Longitude	Altitude	Data de	Localização
				(m)	instalação	
1	Paraibuna	23:24:43.0	45:35:21.3	726	17/09/2007	CESP - represa
2	Cunha	23:04:46.1	44:56:46.3	1002	24/09/2007	ETA2 de Cunha
3	Itanhaém	24:10:46.3	46:47:41.3	2	28/09/2007	Secr Meio Ambiente
4	Curucutu	23:59:05.8	46:44:35.4	784	19/10/2007	PESM de Curucutu
5	Picinguaba	23:21:29.2	44:51:01.5	5	31/10/2007	PESM de Picinguaba
6	Santa Virginia	23:19:29.3	45:05:38.4	922	29/02/2008	PESM de Sta Virginia
7	Juquei	23:45:28.3	45:43:18.7	13	06/03/2008	SABESP S.Sebastiao
8	S. J. Campos	23:12:27.7	45:52:07.1	621	15/04/2008	ICEA - CTA
9	Vila Itatinga	23:45:47.0	46:07:24.3	654	19/12/2008	Usina Itatinga CODESP
10	Via ANCHIETA	23:45:03.7	46:32:05.5	853	12/03/2009	SABESP Riacho Grande

Descrição	das Esta	ções mete	eorológicas



Localização das PCDs meteorológicas instaladas pelo Projeto

a) Variáveis medidas nas PCDs meteorológicas

- 1 Vento
- 2 Pressão atmosférica
- 3 Radiação solar
- 4 Chuva
- 5 Temperatura do ar
- 6 Umidade do ar
- 7 Temperatura do solo
- 8 Temperatura do solo

Apesar em geral de os dados medidos por estas estações serem consideradas de boa qualidade, alguns cuidados no seu uso para estudo de casos são apontados:

1. Datas das correções do problema de medida (de montagem de fábrica) da pressão atmosférica

- Cunha ---13/05/08
- Curucutu-- 23/01/08
- Picinguaba-- 07/05/08
- Paraibuna -- 06/05/08
- Itanhaem --- 25/01/08 (2 problemas, sensor diferente dos demais)

O restante das PCDs foram instaladas depois deste defeito já estar corrigido. São José dos Campos, Santa Virginia, Anchieta, Juqueí, V Itatinga

2. Ocorreram alguns problemas de energia que foram sanados:

- PCDs instaladas em locais de muita nebulosidade.
- Painel solar inicial com potência de 20Watts,
- Foram acrescentados +20Watts e,
- Instalou-se um controlador de carga da bateria, para proteger a bateria

A transmissão do satélite pelo SCD foi considerada satisfatória, entretanto a recepção às vezes ocorria com ruído. Os dados inconsistentes recomenda-se o descarte.

Recentemente, o ICEA localizado no ITA e que abriga uma das estações meteorológicas solicitou a retirada da estação devido à construção de um prédio no local. A estação será transferida para um local próximo do ITA, onde a prof Iria Vendrame poderá realizar manutenção nos equipamentos mais facilmente.

O transmissor SCD da estação meteorológica instalada na Região Metropolitana de São Paulo, na via Anchieta apresentou problemas. Este transmissor, ainda em período de garantia, foi enviado para o fornecedor no exterior para conserto.

A estação de Santa Virgínia apresentou problema de umidade. Ocorreu interrupção de uma semana na medição dos dados desta estação.

Abaixo estão plotadas algumas séries observacionais para apontar os problemas listados acima.

b) Séries temporais das observações meteorológicas







Localização das PCDs hidrológicas instaladas pelo Projeto

No caso da estações hidrológicas, é interessante destacar que não existe rede de coletas de dados hidrológicos telemétricos seja da ANA, seja do DAEE. Isto se deve a que a concepção da rede de monitoramento sempre foi o de atender necessidade de inventário hidrelétrico. Já a rede do projeto visa estudar eventos extremos e disponibilidade hídrica, o que é um fator muito importante visto que o litoral do estado de São Paulo apresenta um crescimento populacional acelerado de caráter sazonal. Espera-se que a coleta contínua de dados da rede hidrológica venha a permitir o desenvolvimento de uma base de dados fundamental para a gestão dos recursos hídricos superficiais no litoral do estado de são Paulo, para a definição de vazões ecológicas e para a definição do potencial de exploração sem comprometer o equilíbrio dos ecossistemas da região. A rede instalada ainda pode ser expandida de maneira a incorporar sondas de qualidade de água que permitam não apenas monitorar a quantidade, mas também a qualidade dos recursos hídricos.

Este ano finalmente foi instalada a estação meteorológica de Vila Itatinga em Bertioga. Este era um ponto de medição muito requisitado pela Sub-comissão de Restauração da Serra do Mar (CRSM). A instalação desta estação, que foi realizada no final de 2008, teve diversos fatores complicadores, desde obtenção de autorização para instalação, burocráticos, e defeito no guincho para levar os equipamentos a uma altura de 600m no local de instalação. Foi instalada a estação na Região Metropolitana de São Paulo, mais especificamente na área da SABESP de São Bernardo do Campo. Infelizmente esta estação apresentou defeitos no transmissor de satélite e não reporta os dados 'on-line', por outro lado os dados estão armazenados na memória do equipamento para estudos.

A estação hidrológica de Itutinga-Pilões apresentou dificuldades devido ao redesenho do projeto inicial de instalação com a mudança da direção. A outra dificuldade é que a estação por ser mais alta era mais pesada e difícil de erguer, além de requerer uma base mais profunda e portanto serviço de obras civis maior.

A rede de estações instaladas tem um forte potencial de utilização que vai além da prevenção dos desastres naturais. A rede existente coleta em tempo real informações tais como temperatura e precipitação, de extrema importância em atividades relacionadas com o turismo. A rede permite validar e verificar o desempenho dos modelos de previsão de tempo e clima de escala regional, bem como o estudo das condições atmosféricas associadas a eventos extremos e em uma região normalmente muito carente de informações hidro-meteorológicas. A rede também oferece dados de grande confiabilidade os quais podem ser assimilados de maneira a melhorar a qualidade das previsões meteorológicas.

d) Sistema de recepção e visualização de dados via modem celular GSM

Foi desenvolvido um Sistema de Recepção de Dados e Alerta Hidrometeorológico utilizando PCDs e Transmissão Celular com as seguintes funções:

- 1) Recepção de dados de PCDs via celular (estação base de recepção)
- 2) Detecção e envio de alarmes via e-mail e SMS (PCDs e estação base)
- 3) Visualização de dados e alarmes de PCDs (estação base e servidor web)

Um protótipo deste sistema foi testado com 5 as PCDs hidrológicas instaladas neste Projeto utilizando chips da TIM no modo pré-pago, pelo qual o sistema apresenta falhas de continuidade pois este tipo de serviço não oferece as garantias de sistemas pós-pagos empresariais. Entretanto, o objetivo foi o de testar a viabilidade do sistema. Tal sistema poderá ser ampliado e adaptado para também operar com as PCDs meteorológicas.

O sistema demonstrou a viabilidade técnica de se operar sistemas de alerta usando transmissão celular. Concluímos que é tecnicamente viável se montar um sistema com estas características técnicas. Entretanto, as maiores dificuldades que foram encontradas durante o projeto referem-se à indisponibilidade de serviços específicas desta natureza e à própria inexperiência das operadoras comercias com este tipo de serviço. Houve dificuldades de configuração das estações em decorrência da falta de experiência das operadoras em este tipo de serviço.

e) Topologia do Sistema

As figuras a seguir apresentam a concepção do sistema e algumas telas que são exibidas pela estação base, bem como a configuração de envio automático de e-mails para alarmes de eventos.



Estação Base: Visualização de Dados



Estação Base: Configuração de Alarme de Precipitação

ieneral	Display/Audio Run-time Events	
Select	Data	
"UB	ATUBA.Tab_1H.chuva_Tot" Browse	
Cond	tions	
Ala	m ON if rate of change > 💌 0	
NC	NE 💌 rate of change > 🔽 0	
-0	tions	
6	Normal Alarm OFF if rate of change 0	
0)Latched	
C	Deadband NONE rate of change 0	
		-

3.1 Seminários organizados

Entre os dias 5 a 7 de agosto de 2009, realizamos uma série de seminários da equipe do projeto. Esta reunião tem sido realizada anualmente e a denominamos de "Workshop do Projeto Serra do Mar", esta foi a 4ª edição. Todos os participantes do projeto apresentaram seus trabalhos e as atividades desenvolvidas neste 4º ano do projeto. Foram discutidas as possibilidades de financiamento para continuidade das atividades do projeto. A agenda do workshop está no **Anexo I**.

O material das apresentações dos últimos seminários, *e dos anos anteriores*, estão disponíveis em PDF no site: http://serradomar.cptec.inpe.br/

A realização da série de seminários em local fora das sedes das equipes do projeto permite maior concentração dos participantes no andamento dos trabalhos e permite maior interação entre as diferentes instituições. Foram realizados seminários dos participantes do projeto, em média com **35** apresentações por seminário.

3.2 Participações em Conferências, Workshops e Encontros entre set/2008 e ago/2009

Neste último ano o projeto apresentou trabalhos em 12 eventos científicos.

- 1. 12º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Porto de Galinhas, 23-27 nov. 2008
- 2. European Geoscience Union (EGU), Austria, Abril, 2009.
- 3. International Radiation Symposium, Foz do Iguaçu, Brasil, 2008.
- 4. 9th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, Melbourne, 2009.
- 5. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009.
- 6. X Congreso Argentino de Meterologia (CONGREMET), Buenos Aires, 2009.
- 7. SICINPE Seminário de iniciação científica do INPE, julho de 2009.
- 8. Simpósio Internacional de Climatologia, Canela, 2009.
- 9. XXXI Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural da UFRJ
- 10. XI Simpósio de Iniciação Científica e Tecnológica da FATEC-SP
- 11. V encontro nacional e I encontro internacional de riscos, Coimbra, 2009.
- 12. 44º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba, 2008.

As referências estão listadas na seção de "Publicações" deste relatório.

3.3 Visita de Campo, levantamento de sítios

Foram realizadas várias visitas a campo para finalização da instalação das estações meteorológicas e hidrológicas. Todas as estações adquiridas pelo projeto foram instaladas e colocadas em funcionamento. As estações necessitam constante manutenção, principalmente por causa da bateria e captação de energia pelas placas solares. As baterias nacionais adquiridas após a aquisição das estações têm apresentado problemas, que não ocorreu com as baterias importadas.

Este ano finalmente foi instalada a estação meteorológica de Vila Itatinga em Bertioga. Este era um ponto de medição muito requisitado pela Sub-comissão de Restauração da Serra do Mar (CRSM). A instalação desta estação, que foi realizada no final de 2008, teve diversos fatores complicadores, desde obtenção de autorização para instalação, burocráticos, e defeito no guincho para levar os equipamentos a uma altura de 600m no local de instalação.

A estação hidrológica de Itutinga-Pilões apresentou dificuldades devido ao redesenho do projeto inicial de instalação com a mudança da direção. A outra dificuldade é que a estação por ser mais alta era mais pesada e difícil de erguer, além de requerer uma base mais profunda.

Foram também realizadas visitas a bacia do Rio Claro para medidas de nível de rio para obtenção de curva chave e comparação com o valor da estação automática, principalmente.

Visitas a campo para retirada de amostras de solo também foram realizadas no rio Claro e rio Grande.

3.4 Produtos operacionais

a) Previsões em alta resolução

Para atender a um dos objetivos do projeto de prover previsões de alta resolução para a região da Serra do Mar e vizinhanças, foi instalado de modo operacional uma configuração do modelo Meso Eta com 5 km de resolução na horizontal e 50 níveis na vertical. Esta versão roda duas vezes ao dia, com condição inicial as 0000 UTC e 1200 UTC, em modo não-hidrostático, com prazo de integração de 72 horas. Estas previsões utilizam como condição inicial a análise do NCEP (interpolada na grade do Eta 40 km) e como condições de contorno previsões fornecidas a cada 6 horas pela versão operacional do modelo Eta 40km do CPTEC.

As saídas do modelo são horárias e os produtos gráficos gerados estão disponíveis no endereço **http://www6.cptec.inpe.br/produtos_serramar/etaserra/.** Os produtos gerados são: vento, temperatura, chuva, pressão atmosférica, umidade, índices de instabilidade atmosférica a cada hora. Série para algumas cidades estão também disponíveis.

b) Avaliação das previsões numéricas

A qualidade das previsões é uma informação importante para os previsores no uso dos produtos numéricos de modelo. A caracterização dos erros dos modelos, como o sinal do erro, o momentos em que ocorrem auxiliam os previsores na elaboração da previsão final emitida para os usuários. Esta avaliação, de precipitação e pressão atmosférica, foi automatizada e está disponível no endereço: http://serradomar.cptec.inpe.br/ na opção **"Avaliação Objetiva": precipitação, pressão e evolução.**

c) Previsões por ensemble.

A previsão por conjunto é uma contribuição importante deste projeto. Informação de probabilidade da previsão de ocorrência de um evento meteorológico é necessário para a comunicação de riscos a desastres. Estes produtos estão disponibilizados, por ora, na resolução de 40km. Espera-se com a chegada do novo supercomputador do INPE possamos gerar previsão por ensemble com maior resolução horizontal, 10km, na região da Serra do Mar. Até a elaboração deste relatório, o supercomputador ainda não havia chegado.



http://www6.cptec.inpe.br/iodopweb/ioweb/Etaens 40km.shtml

d) Dados das estações meteorológicas e hidrológicas

Os dados das estações meteorológicas e hidrológicas transmitidos por satélite do SCD do INPE estão disponíveis na pagina do projeto: <u>http://serradomar.cptec.inpe.br/</u>, opção "Estações Automáticas" e selecionar a cidade desejada.

e) Desenvolvimento do site do SOS Serra do Mar

O SOS é um sistema de integração de informações aplicadas na identificação e previsão de sistemas meteorológicos severos e suas características a partir de um conjunto de técnicas que utilizam tanto imagens de satélite como de radares meteorológicos. Atualmente o SOS é composto por aproximadamente 15 produtos desenvolvidos pela DSA, entre eles estão: ForTraCC; Hidroestimador (Instantâneo e Acumulado); HydroTrack; Imagens de radar; ForTraCC-Radar; ForTraCC-Vil; Índice de Severidade; Velocidade e direção do vento; Detecção e probabilidade de descargas elétricas; e Classificação de nuvens. Além de boletins diários e instantâneos para todos os municípios brasileiros. Esta é uma ferramenta para apoiar atividades de monitoramento e previsão de tempo algumas está disponível endereço: para horas, е no http://sigma.cptec.inpe.br/serradomar/index.php



Visualização da tela do SOS-Serra do Mar

3.5 Ferramenta para monitoramento e alerta a desastres naturais

Foi criado uma Home-Page no endereço <u>http://www.dpi.inpe.br/sismaden</u> com acesso a documentos técnicos, manuais de instalação e configuração, programas executáveis e exemplo de uma aplicação em tempo real para municípios do Serra do Mar utilizando dados de PCD's e hidroestimador. Funcionalidade e melhorias do aplicativo estão descritas na Seção 2.5 deste relatório.



4.1 – Publicados

- 1 Lima KC, Satyamurty P, Fernandez JPR, 2009: Large-scale atmospheric conditions associated with Heavy Rainfall Episodes in Southeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology.
- 2 KRUK, N. S.; VENDRAME, I. F.; CHOU, S. C.; LADEIRA, F. S. B., 2009: Análise de sensibilidade do modelo hidrológico distribuído DHSVM aos parâmetros de vegetação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol 14, No. 1, PP 75-84.
- 3 KRUK, N. S.; VENDRAME, I. F.; ROCHA, H. R.; CHOU, S. C.; CABRAL, O. M. R., 2009: Downward longwave radiation estimates for clear and all-sky conditions in the Sertãozinho region of São Paulo, Brazil. Theoretical and Applied Climatology, 2009 DOI 10.1007/s00704-009-0128-7
- 4 Arraut JM, Satyamurty P, 2009: Precipitation and water vapor transport in the Southern Hemisphere with emphasis on the South American region. Journal of Applied Meteorology and Climatology. DOI: 10.1175/2009JAMC2030.1
- 5 Satyamurty P, Sousa Jr. SB, Teixeira MS, Silva LEMG, 2008. Regional circulation differences between a rainy episode and nonrainy episode in eastern São Paulo state in March 2006. Revista Brasileira de Meteorologia 23: 404-416.
- 6 Seluchi ME, Chou SC, 2009: Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar. Theoretical and Applied Climatology, 93. DOI 10.1007/s00704-008-0101-x
- 7 Araki R, Nunes LH, 2008: Vulnerability associated with precipitation and anthropogenic factors on Guarujá City (São Paulo, Brazil) from 1965 to 2001. Terrae-Geosciences, Geography and the Environment, v.3, p. 54-57.
- 8 Machado, L., Lima, W. F. A., Pinto, O. J., Morales, C. A., 2009: Relationship between cloudto-ground discharge and penetrative clouds: A multi-channel satellite application. Atmospheric Research, v. 93, p. 304-309, 2009.
- 9 Bustamante, J. F.; S. C. Chou, 2009: Impact of Including Moisture Perturbations on Short-Range Ensemble Forecasts, J. Geophys. Res., doi: 10.1029/2009JD012395.
- 10 Rozante, J. R. ; Moreira, D. S. ; de Gonçalves, L.G.G. ; Vila, Daniel . Combining TRMM and Surface Observation Precipitation: Technique and Validation over South American. Weather and Forecasting, 2009. Aceito.
- 11 Gomes, J. L., Chou, S. C., 2009: Dependence of partitioning of model implicit and explicit precipitation on horizontal resolution. Meteor. Atmos. Phys. Aceito.
- 12 Vasconcellos, FC; IFA Cavalcanti. Extreme precipitation over Southeastern Brazil in the austral summer and relations with the Southern Hemisphere annular mode. Atmospheric Science Letters. Aceito.

4.2 – Submetidos

- 13 Lima KC, Satyamurty P, 2009: Post-summer heavy rainfall events in Southeast Brazil associated with South Atlantic Convergence Zone (SACZ). **SUBMETIDO** a Atmospheric Science Letters.
- 14 Seluchi ME, Chou SC, Gramani M, 2009: A case study of a winter heavy rainfall over Serra do Mar in Brazil. **SUBMETIDO** a Natural Hazards and Earth System Sciences.
- 15 Calheiros, A. J. P., Machado, L.A.T., 2009: Sistema de Previsão Imediata da Precipitação: O HYDROTRACK. Revista Brasileira de Meteorologia, **SUBMETIDO**, 2009.
- 16 Karmakar, P. K., Calheiros, A. J. P., Angelis, C. F., Machado, L.A.T., Costa, S. S., 2009. Radiometric Studies of Water Vapour at 22.234 GHz over Brazil. Geoscience and Remote Sensing, **SUBMETIDO**.
- 17 Queiroz, A. P., Machado, L.A.T., 2009: Monitoramento e Previsão Imediata de Tempestades Severas Usando Dados de Radar. Revista Brasileira de Meteorologia, **SUBMETIDO**, 2009..
- 18 Vasconcellos, FC; IFA Cavalcanti. Dois casos de chuva intensa ocorridos na região da Serra do Mar e as previsões com o modelo regional Eta. SUBMETIDO à Revista Brasileira de Meteorologia. 2009.
- 19 Chagas, D. J., Chou, S. C, Corsi, A. C., Análise do Banco de Atendimentos da Defesa Civil a partir de Técnicas de Mineração de Dados. **SUBMETIDO** ao Anuário do Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009
- 20 Dereczynski, C. P.; Pristo, M. V. de J., Chou, S. C.; Cavalcanti, I. F. A.; Rozante, J. R. Avaliação do Modelo ETA na Região da Serra do Mar (SP). **SUBMETIDO** ao Anuário do Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.
- 21 Gobbi, E.S.; Ladeira, F.S.B. Proposta para mapeamento de riscos associados a movimento de massa e inundação: o caso de Ubatuba–SP. **SUBMETIDO** a revista Geografia.

Resumos estendidos de eventos

- 22 Claudio Luiz Ridente Gomes; <u>Agostinho Tadashi Ogura</u>; Marcelo Fischer Gramani; Nabil Alameddine. Retro-análise da corrida de massa ocorrida no ano de 1967 nas encostas da serra do mar, vale dos rios camburi e pau d' alho, município de caraguatatuba sp: quantificação volumétrica dos sedimentos depositados nas planícies de inundação. 12º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Porto de Galinhas, 23-27 nov. 2008.
- 23 <u>Agostinho Tadashi Ogura</u>; Claudio Luiz Ridente Gomes; Marcelo Fischer Gramani; Geraldo Figueiredo De Carvalho Gama Jr.; Alessandra Cristina Corsi. Movimento de massa na serra do mar no estado de São Paulo: cenários de risco de acidentes e suas correlações com eventos chuvosos extremos. 12º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Porto de Galinhas, 23-27 nov. 2008.
- 24 <u>Orjana Carvalho Alcantara Silva</u>¹; Teodoro Isnard Ribeiro De Almeida²; Alessandra Cristina Corsi³; Agostinho Tadashi Ogura⁴; Marcelo Fischer Gramani. Variação da susceptibilidade a movimentos de massa no município de Paraty, RJ, em função da evolução da ocupação do

solo. 12º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Porto de Galinhas, 23-27 nov. 2008.

- 25 <u>Fabiana Checchinato Silva</u>; Nabil Alameddine; Fabrício Araujo Mirandola; Marcelo Fischer Gramani; Alessandra Cristina Corsi. Análise comparativa dos resultados obtidos para os planos municipais de redução de risco - pmrr dos municípios de Osasco, Jundiaí, Guarujá E Jacareí. 12º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Porto de Galinhas, 23-27 nov. 2008.
- 26 <u>Nabil Alameddine</u>; Fabrício Araujo Mirandola; Fabiana Checchinato Silva; Kátia Canil; Alessandra Cristina Corsi. O uso de sistemas de informação geográfica no âmbito da elaboração dos planos municipais de redução e erradicação de riscos nos municípios de Osasco e Taboão Da Serra, SP. 12º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Porto de Galinhas, 23-27 nov. 2008.
- 27 Costa, I. C., Angelis, C.F. Avaliação Estatística dos Dados Produzidos pelos Radares Meteorológicos de Banda "S" Localizados no Centro Sul do Brasil In: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo.
- 28 Queiroz, A. P., Machado, L.A.T. Comparação de Dados Produzidos por Radares Meteorológicos Banda S Localizados na Região Sudeste do Brasil. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo, Brasil, 2008.
- 29 Mattos, E. V., Serafim Barbosa, Antonio Vicente Pereira Neto, Lucimara Russo, Rosario Anchayhua Altamirano, Julio Pablo Reyes Fernandez. Avaliação das Simulações Numéricas de um Tornado no Setor Central do Estado de São Paulo. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo. 2008.
- 30 Satyamurty P, Gularte L. E., Castro A. A., Manzi A. O., 2008: Mudanças climáticas em Rio Claro. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo.
- 31 Lima KC, Satyamurty P, Fernandez, JPR, 2008: Episódios de precipitação (intensa/extrema) na Região Sudeste do Brasil: Parte I - Distribuições espacial, interanual e sazonal. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo.
- 32 Lima KC, Satyamurty P, Fernandez JPR, 2008: Episódios de precipitação (intensa/extrema) na Região Sudeste do Brasil: Parte II - Análise Sinótica. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo.
- 33 Sousa Junior SB, Satyamurty P, 2008: Dois Eventos Extremos de Chuva na Região da Serra do Mar. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo: A meteorologia e as Cidades.
- 34 Calheiros, A. J. P., Garcia, S. R., Kayano, M. T., Machado, L.A.T. Análise do Tipo de Precipitação no Início e Fim da Estação Chuvosa Sobre a Bacia Amazônica Central em 2007/2008. Simpósio Internacional de Climatologia, Canela, 2009.
- 35 Lima, W.F.A.; Machado, L.A.T.; Morales, C.A.; Pinto Jr., O. Estimativa de probabilidade de ocorrência de relâmpagos. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis, 27 de novembro a 01 de dezembro de 2006.
- 36 Mattos, E. V.; Machado, L. A. T. Caracterização das propriedades espaciais, temporais e físicas de Relâmpagos e Sistemas Convectivos de Mesoescala. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, Proceedings... p. 1677-1684, Natal, 2009.
- 37 Seluchi, M. E., Chou S. C., 2009: Causas Meteorológicas de los aludes ocurridos em La Serra do Mar (Brasil) em Julio Del 2004. CONGREMET X, Buenos Aires, 2009.

- 38 Pristo, M. V. de J.; Dereczynski, C. P.; Chou, S. C. Comparações entre as previsões do modelo Eta e Observações na Serra do Mar. In: Congreso Argentino de Meteorologia, Buenos Aires, 2009. Anais ... Buenos Aires: Centro Argentino de Meteorólogos, 2009. 1 CD-ROM.
- 39 Costa, I. C., Angelis, C.F. Statistical Evaluation of the Weather Radars Data Located in Southern Brazil In: International Radiation Symposium, 2008, Foz do Iguaçu. Current Problems in Atmospheric Radiation. Melville, New York: American Institute of Physics, 2008. v.1. p.227 – 230
- 40 Araki R, Nunes LH, Episódios pluviais associados a escorregamentos no município de Guarujá, SP Brasil Evento: Workshop Internacional sobre Clima e Recursos Naturais nos Países de Língua Portuguesa, 02-07/03/2008, Ilha do Sal, Cabo Verde, 2008.
- 41 Lima KC, Satyamurty P, Fernandez JPR, 2009: Synoptic characteristics associated with heavy rainfall episodes in Southeast Brazil. 9th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, 2009, Melbourne. February, 2009.

Resumos em conferências

- 42 Dereczynski, C., Almeida V., 2009: Evaluation of the 40-km Eta Model during a SACZ event at Serra do Mar (Southeast Brazil). European Geophysical Union, Viena. Abril, 2009.
- 43 Bustamante, J. F., Chou S. C., 2009: Short-range ensemble prediction based on convection perturbations in the Eta Model for the Serra do Mar region in brazil. European Geophysical Union, Viena. Abril, 2009.
- 44 Guimarães, J. M. Estudo comparativo de casos de ZCAS associados com deslizamentos na Serra do Mar. In: XXXI Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Anais ... Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. 1 CD-ROM.
- 45 Almeida, V. A. Impacto da umidade do solo estimada sobre a qualidade das previsões do modelo Eta na Região da Serra do Mar. In: Semana de Iniciação Científica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.
- 46 Chagas, D.J. Siqueira,G.C.; Corsi,A.C.,Chou, S. C., Barbosa, E. B. M, 2009: Identificação de padrões de deslizamentos de encostas por meio de data mining. FATEC, São Paulo.
- 47 Guimarães, J. M., Chou, S. C., Dereczynski, C. P., 2009: Estudo comparativo de casos de ZCAS associados com deslizamentos na Serra do Mar. SICINPE.
- 48 Perdomo, C. V.; Ladeira, F. S. B. . Levantamento pedológico em vertente sujeita a escorregamentos de massa Ubatuba/SP/Brasil. In: V encontro nacional e I encontro internacional de riscos, 2009, Coimbra. V Encontro Nacional e I Encontro Internacional de Riscos, 2009.
- 49 Gobbi, E.S. Ladeira, F. S. B. Mapeamento de riscos na planície sedimentar de Ubatuba-SP In: V encontro nacional e I encontro internacional de riscos, 2009, Coimbra. V Encontro Nacional e I Encontro Internacional de Riscos, 2009.
- 50 Perdomo, C. V. ; Ladeira, F. S. B. ; Gobbi, E.S. . Processos de Escorregamento de Massa em Vertentes de Alta Declividade Podem Estar Relacionados com a Profundidade de Solo. In:

44 Congresso Brasileiro de Geologia: O Planeta Terra em Nossas Mãos, 2008, Curitiba. 44 Congresso Brasileiro de Geologia: O Planeta Terra em Nossas Mãos, 2008. p. 418-418.

4.3- Artigos em preparação (rascunhos em anexo)

- 1 Mesinger et al. An Upgraded version of the Eta Model. **A ser submetido** ao Meteorology and Atmospheric Physics
- 2 Cavalcanti, IFA; JR Rozante, FC Vasconcellos, SC, Chou. Synoptic situation of a extreme precipitation case in southeastern Brazil and the Regional Eta model simulation. A ser submetido ao Journal of flooding risk managements.

a. – Produção bibliográfica:

<i>Publicações de setembro 2007 a agosto 2008</i>	quantidade			
	2006-2007	2007-2008	2008-2009	TOTAL publicados
Artigos submetidos/aceito em revistas com corpo editorial		11	12	23
Artigos submetidos para revistas com corpo editorial	5	4	9	
Artigos completos publicados em Conferências	24	31	21	76
Resumos publicados em Conferências	6	4	9	19
Artigos completos submetidos a Conferências	16	1	0	
Artigos em preparação			2	
TOTAL:	51	51	53	118

Graduação:

Iniciação científica

- a. Jessica Motta Guimarães, UFRJ. Bolsa PIBIC/INPE. Projeto: "Avaliação do Modelo Eta em Situações de Chuvas Intensas Associadas com Deslizamentos"
- b. Marcos Vinícius de Jesus Pristo, UFRJ. Bolsa FBDS. Projeto: *"Estudos de Casos de Chuvas Intensas na Região da Serra do Mar utilizando o Modelo Eta"*
- c. Felipe Papaiz, UNICAMP, Projeto: "Mapeamento Geomorfológico do Município de Guarujá-SP"
- d. Rene Lupiani, UNICAMP, Projeto: *Mapeamento Topomorfológico e Compartimentação de Relevo no Município de Santos-SP*"
- e. Ana Luisa Pereira Marçal Ribeiro, UNICAMP, Projeto: *"Impactos da urbanização no sistema hidrológico: exemplo do município de Guarujá-SP"*.
- f. Bruna Capoia Trescenti, UNICAMP, Projeto: "Evolução histórica do municipio de São Vicente-SP no periodo de 1950-2005"
- *g.* Pedro Michelutti Cheliz, UNICAMP, Projeto: *"Análise sócio-demográfica das áreas de risco a enchentes, inundações e escorregamentos na área urbana de São Vicente-SP"*
- h. Paula Tamanho, UNICAMP.
- i. Estéfano Seneme Gobbi Última ingressão Marinha nas praias de Itaguá e Iperoig e suas relaçoes com depósitos gravitacionais Ubatuba.

Pós-graduação:

Mestrado

1. Carolina Verbicaro Perdomo. Análise Físico-Hídrica de Toposseqüência na Serra do Mar em Ubatuba: subsídio para acoplamento de modelagem atmosférica a susceptibilidade de escorregamento de massa.

2. Pedro Henrique de Mello Bacci, UNICAMP, Projeto: *"Zoneamento Ambiental do município de Santos (SP) como subsídio ao planejamento físico-territorial."*

3. Fernando Marques Baroni, UNICAMP, Projeto: "Estudo de Fragilidade Ambiental no Município de Guarujá-SP: Elaboração de zoneamento ecológico-econômico com vista ao planejamento de uso e ocupação do solo"

4. Rafael Galeotti, UNICAMP, Projeto: "O Plano Diretor como instrumento de normatização de uso do solo na Baixada Santista: uma reflexão sobre as zonas de fragilidade ambiental e as pressões de uso e ocupação."

5. Carolina Estefani Mourão. CAPES. "Testes de sensibilidade no esquema de convecção cumulus KF para um caso de temporal"

Doutorado

- 1. Josiane Bustamante, INPE, sem bolsa, projeto: "Previsão de tempo por ensemble.
- 2. Jorge Gomes, INPE, sem bolsa, projeto: "Ajuste dos parâmetros de produção de chuva do modelo Eta"
- 3. Mateus da Silva Teixeira, INPE, bolsa CNPq. *Chuvas intensas e extremas no Sudeste e suas simulações utilizando modelo regional MM5.*

- 4. Andréa K.Vicente, UNICAMP, bolsa CAPES, projeto: *"Estudo da dinâmica dos eventos extremos de precipitação nos setores Baixada Santista e norte da Serra do Mar através da análise das incertezas"*.
- 5. Wagner Flauber Soares, INPE, sem bolsa, projeto: *"Estimativa de precipitação usando microondas passivo e modelos numéricos"*
- 6. Kellen Carla Lima, INPE, Influência da SST e topografia nos eventos de chuvas intensas no Sudeste do Brasil.

Teses de doutorado defendidas,

2008-2009

total =3

1. José Roberto Rozante, INPE, sem bolsa. Projeto: *"Circulações locais no Modelo regional Eta"*.

2. Adma Raia, INPE, sem bolsa. Projeto: *"Monção da América do Sul e início da estação chuvosa no Sudeste do Brasil"*.

3. Nadiane Kruk, ITA, bolsa CAPES, projeto: *"Estudos da previsibilidade de eventos hidrometeorológicos extremos numa região de topografia complexa"*.

Dissertações de mestrado Defendidas,

2008-2009

total =8:

1. Estéfano Seneme Gobbi - Relação entre depositos gravitacionais, fluviais e marinhos e a evolução geomorfológica da Planície Sedimentar de Carguatatuba.

2. Géssika Pollon Puerta Sabio. Procedimentos para cálculo de volume de manto intempérico de encostas sujeitas à escorregamentos de massa na Serra do Mar.

3. Walter Manoel Mendes Filho, ITA, bolsa CNPq. Projeto: "Análise das respostas hidrológicas de uma bacia do Litoral Norte-SP".

4. Matheus Andrade, ITA, sem bolsa, projeto: "Aplicação do modelo DHSVM para previsão de produção e transporte de sedimentos na bacia do Rio Claro".

5. Antonio Queiros, INPE, projeto:"Previsão Imediata utilizando radar".

6. Enrique Vieira Mattos, Caracterização das propriedades espaciais, temporais e físicas de Relâmpagos e Sistemas Convectivos de Mesoescala.

7. Rafael Castelo, INPE, projeto: *"Parâmetros Preditores de tempestades severas usando radar".*

8. Raul Reis Amorim, UNICAMP, Projeto: "Análise Geoambiental com ênfase aos setores de encosta da área urbana do Município de São Vicente-SP".

2007-2008

total = 5 :

- 1. Alan Calheiros, INPE, bolsa FAPESP. Projeto: "Previsão da Precipitação usando o modelo Hidroestimador e o ForTraCC"
- 2. Izabelly Carvalho da Costa Bolsa CNPq
- 3. João Paulo Macieira Barbosa "Reavaliação espacio-temporal dos eventos extremos de precipitação na costa e entorno paulista, com uso de técnicas empíricas e estatísticas, UNICAMP
- 4. Fernanda Vasconcellos, bolsa CNPq, INPE

5. Valdeci Juliar Donizetti, INPE, sem bolsa. Avaliação da metodologia de previsão de nevoeiro e visibilidade horizontal no Modelo Eta.

2006-2007

total = 2 :

- Araki, R. 2007: Vulnerabilidade associada a precipitação e fatores antropogênicos no município do Guarujá – período de 1965 a 2004. Dissertação de Mestrado. UNICAMP. Campinas, agosto de 2007.
- Bastos, P. R. 2007: Inclusão da perturbação de momentum no esquema de parametrização de cumulus Kain-Fritsch e impactos sobre um caso de chuva convectiva. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, agosto 2007.

Resumo de Orientações

	Graduação	Pós-graduação		TOTAL		
	Iniciação	mestrado		doutorado		
	Científica/monografia					
		Concluído	Em	Concluído	Em	
			andamento		andamento	
No. de	9	15	5	3	6	38
alunos						

6.1 Projeto Nacional

As despesas descritas abaixo se referem ao último ano de 2008-2009.

6.1.1- Material Permanente

Foram adquiridos neste último ano:

- 2 Microcomputadores com monitor de 19", com boa capacidade em disco para geração de resultados de modelos numéricos.

- 1 Microcomputador com menor capacidade de disco interno para recepção dos dados por telefonia celular das estações meteorológicas e hidrológicas. Neste microcomputador foi instalado o aplicativo para monitorar o funcionamento da estação automática

- 1 Servidor contendo 24 núcleos de processamento e 2,5TB em disco SAS para acesso rápido e armazenamento dos dados de previsão numérica em alta resolução, com switchbox para controle do servidor. O custo deste servidor foi de R\$57.087,96.

- Microcomputador portátil para uso em visitas a campo e reuniões científicas fora da sede.

O valor total foi de R\$72.080,80.

6.1.2- Material de consumo.

Os materiais de consumo foram adquiridos para adequar às necessidades da instalação das estações automáticas. Os sítios eram distintos entre si. Freqüentemente, houve necessidade de estender cabos, inserir conectores, comprar material localmente para adequar a instalação ao sítio escolhido. Portanto, cada estação precisou de tratamento específico para instalação. As fotos dos locais mostram como cada sítio requer uma instalação específica.

Foi adquirido um transdutor de nível para ser na estação hidrológica de Maresias. Estes equipamento foi adquirido para adequar as condições do rio.

Foram adquiridos controladores de carga. Devido à alta nebulosidade nos locais em que foram instaladas as estações, freqüentemente a carga da bateria baixava demais, passando a reportar dados errôneos e danificando a bateria. Estes controladores foram adquiridos para proteger as baterias.

Os materiais de consumo totalizaram R\$4.232,00.

6.1.3- Serviços de Terceiros

Infelizmente não foi autorizada a compra do compilador Fortran. Houve um erro na elaboração do projeto e a compra compilador foi previsto em recursos nacionais, entretanto o compilador adequado ao modelo numérico utilizado neste projeto era o PGF90 que é adquirido somente pelo site internet do desenvolvedor através de cartão de crédito internacional. Foram adquiridas

- 1 licença do pacote Office Home Student para 3 usuários para instalação em microcomputadores de uso do projeto.

- 4 licenças do pacote Office Professional . Estas 4 licenças eram as versões completas do pacote e incluem o aplicativo ACCESS para banco de dados do IPT. Destas licenças, 2 foram para o IPT, 1 para a Geociências da Unicamp e 1 para o INPE.

- 1 licença do aplicativo Coreldraw X4 win. Este aplicativo é muito utilizado na preparação das figuras dos artigos científicos.

O valor total foi de R\$ 6.753,00.

6.1.4- Serviços de transporte

Estas despesas foram todas utilizadas nas atividades de levantamento de campo, instalação das estações meteorológicas e hidrológicas.

A despesa totalizou R\$1.104,87

6.1.25- Diárias e Manutenção

As diárias foram utilizadas para os levantamentos geotécnicos da região, instalação das PCDs e medidas no rio para obtenção de curva-chave e comparação das medidas. Estas despesas se referem às atividades descritas na Seção 3.3 (*Outras atividades*).

Os recursos de diárias totalizaram R\$12.231,00.

6.2 Benefícios Complementares de 2008-2009

Estes recursos foram utilizados para participação de:

- 1. Dra. Chou Sin Chan e Dra Claudine Dereczynksi no European Geosciences Union General Assembly Vienna, Austria, April, 2009.
- 2. Dra Alessandra Corsi e Agostinho Ogura no 12º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Porto de Galinhas, 23-27 nov. 2008.

Em todas as participações foram apresentados trabalhos desenvolvidos no escopo do projeto. Foram despesas em passagens aéreas, diárias para os pesquisadores e inscrições que totalizaram R\$14.060,04. Os artigos apresentados estão citados na lista de publicações.

6.3 Reserva Técnica

6.3.1- Do Pesquisador

Os recursos da reserva técnica foram dedicadas às despesas para organização de série de seminários da equipe do projeto e diárias de pesquisador visitante Prof Fedor Mesinger, que é muito ativo em aprimoramento do Modelo de previsão de tempo utilizado.

Tipo de despesa	Valor R\$
Material de Consumo para instalação das estações meteorológicas e	2.322,00
hidrológicas (baterias, mangueiras, cabos extensores, cantoneiras,	
cadeados, controlador de carga, etc)	
Diárias de duas semanas para o Prof Mesinger, as passagens foram	
pagas por outro projeto.	
Diárias para participação em seminários	13.095,00
Transporte para participação em seminários	
Total:	18.858,70

6.3.2- Departamental

Os recursos da reserva técnica departamental foram utilizadas para:

Tipo de despesa	Valor R\$
Material Permanente: Unidade de armazenamento 20TB em discos	42.283,45
SATA	
Serviço de Terceiros (Manutenção de microcomputadores (novas	1004,01
baterias e anti-virus Norton)	
Total:	43.287,46

6.3 Outras verbas

Estas verbas foram destinadas aos serviços de obras civis para a construção das bases para as torres das estações hidrológicas, bem como a base para fixação dos estais, abertura de valas para passagem de sensores. Neste ano a instalação dos sensores de nível foi dificultada pelas características dos rios onde foram instalados. São rios que contém muitas pedras e a vazão pode ser bastante intensa em alguns momentos. A instalação da hidrológica no Parque de Itutinga-Pilões em Cubatão foi dificultada pela mudança da diretoria do parque que modificou o local inicialmente acordado para instalação o que acarretou em despesa extra nos serviços inicialmente contratados.

Estes serviços totalizaram R\$8.105,00.

Os principais objetivos do projeto foram considerados atingidos.

As condições atmosféricas de grande escala de eventos extremos de precipitação na região da Serra do Mar foram identificadas a partir de diferentes técnicas. A caracterização padrões atmosféricos associados a deslizamentos na região permite que os previsores possam reconhecer imediatamente estes padrões nas previsões diárias. Mostrou-se que os principais eventos de deslizamentos associados a eventos de Zona de Convergência do Atlântico Sul. Este padrão de grande escala interage com a circulação local realçando a intensidade do movimento ascendente e aporte de umidade.

A previsão de alta resolução resultante de configurações testadas no modelo atmosférico possui um grau de previsibilidade ainda limitado. Os modelos indicam as chuvas, mas suas quantidades ainda possuem grandes erros. A previsão por conjunto implementada durante este projeto adiciona a informação da probabilidade da previsão. Esta informação é de grande importância em situações de riscos para apoiar as tomadas de decisão. As simulações do modelo numérico mostraram ser capazes de representar a circulação da brisa da região. Ajustes dos processos físicos do modelo apresentaram melhorias sensíveis a previsão dos eventos.

A modelagem hidrológica sofreu limitação da disponibilidade séries históricas de chuva e vazão para as bacias das região. A topografia acidentada da região não permitiu o uso do modelo hidrológico inicialmente proposto e passou-se a utilizar alternativamente o DHSVM. Caracterizações de solo e vegetação para algumas das bacias monitoradas foram realizadas e introduzidas no modelo. As medições nos rios estão sendo disponibilizadas, infelizmente mais na parte final do projeto.

Técnicas de detecção de sistemas de tempestades severas foram desenvolvidas a partir de produtos de satélite e radar meteorológicos. Os produtos gerados por estas técnicas estão agregadas em uma ferramenta baseado em sistema georreferenciado, o SOS-Serra do Mar, que permite monitorar e produzir previsões para algumas horas adiante as características e o estágio de desenvolvimento das tempestades convectivas.

Uma contribuição importante do projeto foi a instalação de estações meteorológicas e hidrológicas para monitorar as condições ambientais da região. Estes dados permitirão a construção séries históricas e conhecimento do carácter das chuvas. A rede que predominava na região consistia de pluviômetros em que os totais de chuva eram registrados somente uma vez por dia. A capacidade de transmissão por satélite e por telefonia celular permite o melhor monitoramento das chuvas. A inserção destas medidas em modelos numéricos ainda ficou em estudo preliminar, mas nota-se pelos resultados a indicação de melhoria da previsão.

O aplicativo desenvolvido durante o projeto, o SISMADEN, permite a análise de riscos a partir da ingestão de observações de chuva, previsão de chuvas e combinação com índices de risco a deslizamento, particular de cada região. Um estudo de caso utilizando o aplicativo mostrou este ser eficiente na indicação de estados diferentes estados de alerta conforme as informações das estações automáticas instaladas pelo projeto. O sistema está automatizado acessando as

informações de satélite, radar, hidroestimador, previsões de chuvas e observações de chuva e produzindo as análise. O aplicativo pode ser adaptado para diferentes tipos de riscos, por exemplo, inundação, incêndio, etc., é foi desenvolvido para uso como código público.

Levantamentos geomorfológicos foram realizados. Os levantamentos geotécnicos propostos inicialmente pelo projeto foram prejudicados pelo total corte nos recursos do projeto destinado a esta atividade.

Espera-se dar continuidade ao projeto, utilizando mais as medições das estações instaladas pelo projeto. As informações geradas dão apoio a outros projetos em andamento na região. É importante a manutenção dos equipamentos instalados para garantir uma vida longa e qualidade nas medições.

Este projeto pretendeu desenvolver um protótipo de sistema utilizando as modernas técnicas para aumentar a qualidade da previsão de eventos de chuvas intensas que deflagram deslizamentos. Vários produtos operacionais foram desenvolvidos. Uma próxima etapa importante seria o uso operacional das ferramentas aqui desenvolvidas.

ANEXO I





IV WORKSHOP PROJETO SERRA DO MAR

Passa Quatro, Hotel Recanto das Hortênsias, 05/08/2009 a 07/08/2009

05/08- QUARTA-FEIRA

8:30				
	Abertura.			
	Chou Sin Chan, INPE			
Caracter	ísticas observacionais associadas a eventos extremos na Serra do Mar			
8:40-9:00	Chuvas intensas na região da Serra do Mar verão 2008-2009 Nuri Calbete, INPE			
9:00-9:15	Eventos extremos de precipitação na região da Serra do Mar: Aspectos observados e numéricos Mateus Teixeira, Prakki Satvamurty, INPE			
9:15-9:30	Análise de compostos dos eventos de chuva intensa no sudeste do Brasil Kellen Carla Lima, Prakki Satyamurty , INPE			
9:30-9:45	Reavaliação Espacio-Temporal dos Eventos Extremos de Precipitação no Litoral Paulista e Entorno com o uso de técnicas Empíricas e Estatísticas João Paulo Macieira Barbosa, Lucí Hidalgo, UNICAMP			
9:45-10:00	Comparação entre Eventos de ZCAS: Casos de chuvas intensas x Casos pouco chuvosos Jessica G Mota, Claudine Dereczynski, UFRJ			
10:00- 10:15	Estudo das trocas de energia em eventos de precipitação extrema Adma Raia, Iracema Cavalcanti INPE/PUC-MG			
10:15- 10:45	Coffee-break			
Modelagem	Modelagem atmosférica em alta resolução de eventos extremos na Serra do Mar 1			
10:45-11:05	O ciclo diurno e a circulação local na região da Serra do Mar simulados pelo modelo regional Eta Iracema Cavalcanti, INPE			
11:05-11:20	Testes de sensibilidade no esquema de convecção cumulus KF para um caso de temporal na capital paulista Caroline Mourão, Chou Sin Chan, INPE			
11:20- 11:40	Ajuste do esquema Kain-Fritsch e partição da precipitação implícita e explicita do Modelo Eta Jorge Gomes, Chou Sin Chan, INPE			
11:40 -12:00	Previsão por ensemble. Perturbações na condição inicial e na física do Modelo Eta Josiane Bustamante, Chou Sin Chan INPE			
12:00 –12:20	Avaliação das previsões do Modelo Eta-5km para a Serra do Mar J. R. Rozante, INPE			
12:20-14:00	Almoço			
Modelagem a	atmosférica em alta resolução de eventos extremos na Serra do Mar 2			
14:00-14:20	Comparação entre Previsões do Modelo Eta e Observações na Região da Serra do Mar <i>Marcos Pristo, Claudine Dereczynski, UFRJ</i>			
14:20-14:40	Avaliação da nova versão de previsão de tempo Eta15kmL50 André Lyra, Chou Sin Chan, Jorge Gomes, Josiane Bustamante, Fedor Mesinger, INPE, NCEP			
14:40 -15:00	Representation of mountain effects: Increasing resolution should help, provided that <i>Fedor Mesinger, ESSIC/NCEP</i>			

MODELAGEM HIDROLÓGICA			
15:00-15:20	Modelagem hidrometerológica da Bacia do Rio Bocaina		
	Nadiane Kruk, Iria Vendrame, ITA		
15:20 –15:50	Coffee-break		
15:50-16:10	Simulação de respostas hidrológicas de uma microbacia na região da Serra do Mar		
	em São Paulo		
	Iria Vendrame , Walter M. Mendes Filho, ITA		
16:10-16:30	Estimativa do potencial de erosão, na bacia do Rio Claro, utilizando a EUPS e as		
	características fisiográficas da bacia.		
	Mateus Andrade, Íria Vendrame , ITA		
16:30- 16:45	José Teixeira, UNICAMP		



06/08 – QUINTA-FEIRA

	Estações Meteorológicas e Hidrológicas automáticas
8:30-8:50	Status das estações agrometeorológicas do Projeto Chou Sin Chan, INPE
8:50-9:10	Status das estações hidrológicas do Projeto Javier Tomasella, INPE
9:10-9:30	Impacto das assimilação dos dados de superfície da Serra do Mar Nivaldo Ferreira, UENF
9:30-9:45	Comparações entre os valores medidos de profundidades próximo à captação do baixo Rio Claro, e os registrados pela PCD hidrológica Vendrame, I . F.; Mendes Filho, W. M.;Andrade, M.A.R
9:45 – 10:00	Caso de chuva intensa durante o inverno Marcelo Seluchi, INPE
	Produtos em apoio ao Sistema de Informações Georreferenciadas
10:00-10:15	Depósitos Gravitacionais, Fluviais e Marinhos e a Gênese da Planície Sedimentar de Caraguatatuba Estéfano Seneme Gobbi, Chico Ladeira, UNICAMP
10:15- 10:30	Caroline Perdomo, Chico Ladeira, UNICAMP
10:30-10:45	Coffee-break
10:45 –11:00	Zoneamento Ambiental do Municipio de Santos-SP Pedro Bacci, Regina Oliveira, UNICAMP
11:00-11:15	Caracterização Geomorfologica do Municipio de Santos-SP Rene Lepiani Dias, Regina Oliveira, UNICAMP
11:15 -11:30	Mapeamento do uso da terra no Estado de São Paulo Rita Marcia Vieira, Regina Alvalá, INPE
11:30 -11:45	Incertezas na espacialização de dados de chuva Andréa, Luci Hidalgo, UNICAMP
11:45 -12:00	Análise do Banco de Ocorrências a partir de técnicas de mineração de dados com o software aplicativo WEKA DIEGO CHAGAS, INPE, ALESSANDRA CORSI, IPT
12:00-12:15	Percepção climática nas áreas de risco do município do Guarujá, SP Érika Ferreira Moura, Lucí Hidalgo, UNICAMP
12:15 -12:30	Banco de dados de eventos deflagrados por situações atmosféricas na Serra do Mar paulista
	Lucí, Nuri, Jéssica, Alessandra, Claudine, Eduardo Macedo
12:30 – 14:00	Almoço

14:00-14:15	Uso de Previsões por ensemble Josiane Bustamante, INPE		
Detecç	ão remota dos sistemas convectivos e estimativas de precipitação		
14:15 -14:30	Aplicações dos Sistemas de Observações de Tempo Severo (SOS) Luiz Augusto Machado, Carlos Frederico Angelis INPE		
14:30 -14:50	Técnicas de Previsão a Curtíssimo Prazo utilizando dados de satélite e Radar Alan Calheiros, Luiz Augusto Machado, INPE		
Desenv Hidrometeorc	Desenvolvimento de um Sistema Semi-Automático de Previsões e Informações Hidrometeorológicas em Apoio ao Gerenciamento de Riscos de Deslizamentos na Serra do Mar		
14:50-15:20	Cenários Geológicos-Geotecnicos para a região da Serra do Mar Agostinho Ogura, IPT		
15:20- 15:50	Coffee-break		
15:50 – 16:20	SISMADEN – Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais Eymar Lopes, INPE, Alessandra Corsi, Agostinho Ogura, IPT		
16:20 – 16:50	Estudo de caso: Aplicação para um evento de chuva intensa Alessandra Corsi, IPT, Eymar Lopes, INPE,		
16:50-18:30	Discussão: projetos futuros, continuidade da pesquisa		
	(Viviane Algarve – Mudanças climáticas na Mata Atlantica Paulista)		



07/08 – SEXTA-FEIRA

Relatório dos lideres de grupo		
	(resumo das atividades, publicações, formação de alunos)	
8:30 – 9:00	Características de grande escala associadas a eventos extremos na região da Serra do	
	Mar – resumo dos resultados, levantamento do subprojeto	
	Prakki Satyamurty , INPE	
9:00 - 9:30	Iracema Cavalcanti	
9:30 – 10:00	Luiz Augusto Machado	
10:00 - 10:30	Coffee-break	
10:30 - 11:00	Íria Vendrame	
11:00 – 11:30	Javier Tomasella	
11:30 – 12:00	Eymar Lopes / A. Ogura	
12:00 - 12:30	Chou Sin Chan	
	Almoço	