

# DOIS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NA REGIÃO DA SERRA DO MAR

*Serafim Barbosa Sousa Junior*<sup>1</sup>  
*Prakki Satyamurty*<sup>2</sup>

1- CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Av. dos Astronautas nº 1758; São José dos Campos - SP. Telefone 0\*\*12 3945 6669 e-mail: serafimb@cptec.inpe.br<sup>1</sup>

2- CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Av. dos Astronautas nº 1758; São José dos Campos - SP. LBA/INPA, Manaus e-mail: saty@cptec.inpe.br<sup>2</sup>

**RESUMO:** Dois eventos extremos de chuva forte na região da Serra do Mar litoral do estado de São Paulo são analisados. O primeiro ocorreu em março de 1967 em Caraguatatuba (A) e outro em fevereiro de 1994 na cidade de Cubatão (B). A quantidade de chuva em ambos eventos excedeu 240 mm em 24 horas. Durante os episódios toda a região leste do estado de São Paulo registrou chuvas, porém chuvas fortes acima de 100 mm foram localizadas sobre as cidades mencionadas. Caso A ocorreu numa situação de ZCAS e o Caso B estava associado com uma frente fria. Verificou-se a presença de um cavado de onda curta em 500 hPa no caso A. No caso B observou-se convergência acentuada sobre a Serra do Mar. Conclui-se que chuvas fortes acima de 240 mm em 24 horas na região do Serra do Mar não apresentam indicadores definidos e únicos na escala sinótica.

**ABSTRACT:** Two extreme rain events in the “Serra do Mar” region and the adjoining coastal areas of the state of São Paulo are analyzed. The first one occurred in March of 1967 in Caraguatatuba (A) and the second in February of 1994 in Cubatão (B). The amount of rain in both events exceeded 240 mm in 24 hours. Rains were associates with a situation of SACZ in Case A and with a cold front in Case B. The presence of a short wave trough in 500 hPa in Case A and strong convergence in Case B are found. Strong rains exceeding 240 mm in 24 hours in the Serra do Mar region do not present unique synoptic scale indicators.

**Palavras-Chave:** Chuva intensa, Serra do Mar e padrões de circulação.

## INTRODUÇÃO

Teixeira e Satyamurty (2007) estudaram as condições atmosféricas associadas a chuvas fortes na escala regional no Sul do Brasil. Eles mostraram padrões sinóticos associados com chuvas fortes para cada estação do ano. O estudo indicou que o transporte de umidade pelo jato de baixos níveis e sua convergência em 24 horas precedentes contribui para chuvas fortes. Também encontraram a presença de um cavado na média troposfera no norte de Argentina. Serafim et al. (2006, 2007) analisaram os campos de circulação regional associados com os casos de chuvas fortes em Caraguatatuba e em Cubatão na região da Serra do Mar.

Estudos de casos de chuvas fortes regionais ou localizados são importantes para que possamos identificar as situações em que ocorrem e para entender a física associada. Um aspecto importante é que volumes de chuva maiores que a média climatológica em fevereiro ou março apresentam potencial para deflagrar desastres como enchentes, inundações e deslizamento de terra, uma vez que durante a estação chuvosa de dezembro-janeiro-fevereiro, o solo satura-se (Satyamurty et al., 2006).

O entendimento da sinótica de tais eventos pode ajudar a melhorar a previsão de chuvas fortes. Propõe-se estudar as diferenças e semelhanças na circulação regional entre os dois casos de chuvas fortes mais desastrosos que ocorreram nos últimos 40 anos: Caso de Caraguatatuba (A) e Caso de Cubatão (B). As semelhanças podem indicar os fatores mais importantes para as chuvas fortes e as diferenças indicam a diversidade de situações que podem produzir chuvas fortes.

## METODOLOGIA E DADOS

Foram analisados os campos atmosféricos mais comuns sobre a região Sul Americana para um dia antes e no dia de acontecimento de chuva forte. Os campos atmosféricos em ambos os casos foram comparados a fim de se obter visualmente as diferenças e semelhanças. Analisou-se a pressão em superfície ( $p_s$ ), o geopotencial em 500 hPa ( $\Phi_{500}$ ), os ventos em 850 (V850) e 200 hPa (V200). Para obtenção dos campos utilizou-se a reanálise do NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996).

Para a análise e quantificação da chuva forte para o Caso A, em março de 1967 em Caraguatatuba, foram utilizados dados diários de precipitação (mm) para o mês de março de 1967 de oito estações hidrometeorológicas do SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado de São Paulo), a dizer, Caraguatatuba, São Sebastião, Ilha Bela, Santos, São Paulo, Campos do Jordão, Presidente Prudente e Eldorado. Já para o Caso B utilizou os dados diários de precipitação para o mês de fevereiro de 1994 de quatro estações, a saber: Cubatão, Santos, São José dos Campos e Presidente Prudente. Os dados são utilizadas a fim de verificar o comportamento do regime pluviométrico no litoral Paulista, no Vale do Paraíba e no extremo oeste paulista.

## EVENTOS DE CHUVAS FORTES

As distribuições diárias das chuvas para março de 1967 (Figura 01), mostram que as chuvas fortes foram episódicas no Caso A. Em especial, Caraguatatuba registrou chuva intensa de 244 mm no dia 17 de março de 1967, que provocou um grande deslizamento de terra, responsável pela morte de aproximadamente 400 pessoas. As chuvas foram razoavelmente contínuas entre os dias 16 a 19 de março em todo o litoral, configurando um possível evento de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). CRUZ (1974) associou as chuvas fortes à passagem de frente, pois nesta época a ZCAS não era conhecida. Os gráficos mostram claramente que o mês de março em estudo foi muito chuvoso em praticamente todas as cidades, especialmente no litoral do estado.

As distribuições diárias das chuvas para o Caso B em fevereiro de 1994 (Figura 02), mostram que chuvas fortes ocorreram na região de Cubatão e Santos, que registraram mais de 250 mm em 06 de fevereiro de 1994, a qual provocou um grande deslizamento de terra, responsável por perdas materiais e humanas. As chuvas neste caso estavam associadas com uma passagem de frente pelo litoral da região.

Pode se notar duas semelhanças entre os dois casos extremos de chuva na região da Serra do Mar. A primeira é que os dois casos registraram chuvas acima de 240 mm em 24 horas nos dias de catástrofe e a segunda é que os dois casos aconteceram no final do verão, i. é, no final da estação chuvosa. A grande diferença entre os dois casos é que o primeiro aconteceu durante a atuação de uma ZCAS e o segundo aconteceu durante a passagem de uma frente fria.

## CAMPOS ATMOSFÉRICOS

A Figura 03 apresenta os campos de  $p_s$  para os dois casos, isto é, 17 e 18 de março de 1967 e 5 e 6 de fevereiro de 1994 as 18:00Z. Compare painel A com C e B com D. Os padrões deste campo nos dois casos são muito diferentes. O centro de alta pressão extratropical está no Atlântico no caso de Caraguatatuba e sobre a Argentina no caso de Cubatão. A evolução de um cavado sobre o litoral da Região Sudeste no caso de Cubatão indica a passagem de uma frente fria. O centro de baixa pressão associado a frente está no Atlântico a leste de 35°W. No caso de Caraguatatuba não mostra cavado sobre a região, e nem ciclone extratropical no Atlântico.

Os campos de geopotencial em 500 hPa para os mesmos dias e horário da Figura 3 são mostrados na Figura 4. Neste campo também as diferenças entre os dois casos são grandes. No Caso de Caraguatatuba observa-se o desenvolvimento de uma onda curta sobre Paraná e sul de São Paulo superposta sobre uma onda sinótica. No caso de Cubatão observa-se apenas uma onda da escala sinótica associada ao sistema frontal mencionada. Assim, podemos, mais uma vez, afirmar que o caso de Caraguatatuba não esteve associado a uma passagem de frente fria sobre a região.

As evoluções dos ventos em 850 hPa entre os dias 17 e 18 de março de 1967 e entre 05 e 06 de fevereiro de 1994 são apresentadas na Figura 5. Observa-se um jato de baixos níveis que estende-se do sul da Amazônia até o Uruguai (Figura 5B) no Caso A. Todavia, no dia 18 pode-se ver uma confluência de ventos de leste vindo do Atlântico sobre o leste de São Paulo. No caso de Cubatão observamos um campo de ventos típico da situação frontal entre um centro de alta pressão extratropical na Argentina e o centro de alta pressão subtropical no Atlântico.

Figura 6 mostra o escoamento de altos níveis para os dois casos. No caso de Caraguatatuba (painéis A e B) observamos a circulação da alta de Bolívia típica durante uma situação de atividade convectiva do verão, porém o centro da alta pressão esteve alongado para leste e o VCAN esteve afastado do litoral do Nordeste. O corrente jato subtropical se situa sobre a Região Sudeste, condição propícia para instabilidade sobre a região. No caso de Cubatão o centro da circulação ciclônica está sobre Paraná e São Paulo. O VCAN estava sobre o sul da Bahia que deve contribuir para a atividade convectiva forte na sua periferia no litoral norte do São Paulo.

## CONCLUSÕES

O estudo dos dois casos mais desastrosos dos últimos 40 anos no litoral de São Paulo e vizinhanças mostra que chuvas fortes podem acontecer em condições sinóticas distintas. O evento de Caraguatatuba esteve associado a formação de um cavado de mesoescala na média troposfera na região de ZCAS e o de Cubatão esteve associado a uma frente fria em deslocamento para norte. A onda curta em 500 hPa associada do Caso A desenvolveu-se rapidamente e intensificou a atividade convectiva na região sudeste do Brasil, principalmente em parte do litoral norte do estado de São Paulo, deflagrando chuva intensa de 244 mm em 24 horas, especialmente na cidade de Caraguatatuba e adjacentes. Já no caso B as chuvas estiveram associadas a convergência acentuada próximas à superfície, e forte fluxo de umidade vindo do Oceano Atlântico gerando chuva de 250 mm em 24 horas, em Cubatão e Santos. O estudo conclui que as chuvas fortes acima de 240 mm em 24 horas na região do Serra do não apresentam indicadores da escala sinótica definidos e únicos. Os meteorologistas devem estar atentos para ambas as situações: (1) ZCAS e formação de onda curta e (2) passagem de frente fria no litoral Sudeste durante uma situação de VCAN sobre Bahia. Devemos lembrar que, eventos de tal natureza, poderiam ser monitorados e previstos através da utilização de radares meteorológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, O. A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba – contribuição a geomorfologia tropical litorânea. São Paulo: Série Teses e Monografias n. 11, 181p, 1974.
- KALNAY, E. et al.: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 773, p. 437 – 472, Mar. 1996.
- SATYAMURTY, P. ; SOUSA JÚNIOR, Serafim Barbosa de ; TEIXEIRA, M. S. ; SILVA, L. E. M. G. . Uma Anatomia de Chuvas Intensas durante o mês de Março de 2006 no Leste de São Paulo. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianopolis-SC..
- SOUSA JÚNIOR, S.; SATYAMURTY, P.; NUNES, L. H. Chuva Intensa no setor Sul do Sudeste Brasileiro: O caso de Caraguatatuba em março de 1967. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracajú-SE.
- TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in Southern Brazil. Monthly Weather Review, 2007.

Anexo

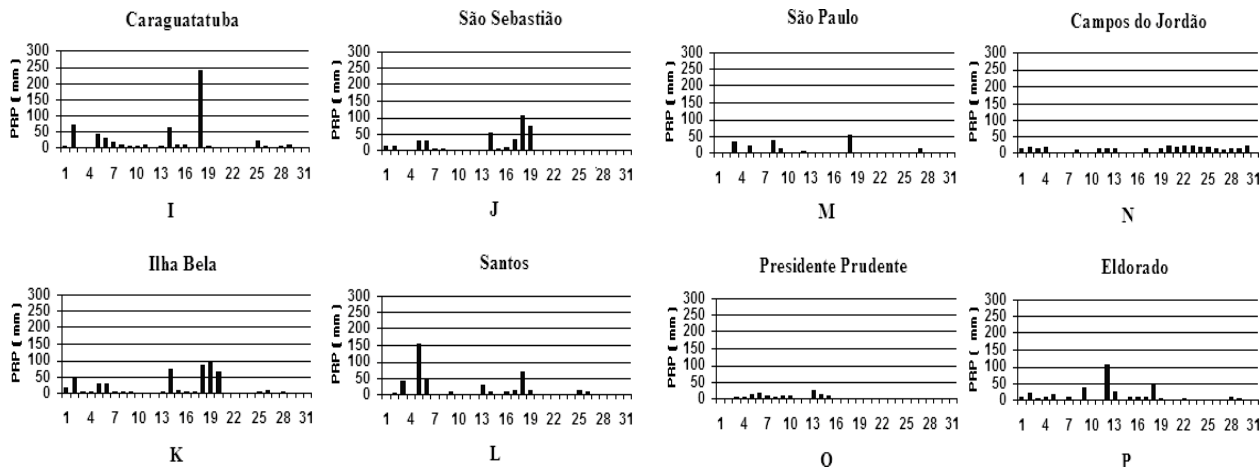


Figura 01. (I), (J), (K), (L), (M), (N), (O) e (P) representam a distribuição diária de precipitação em (mm) para o mês de março de 1967.

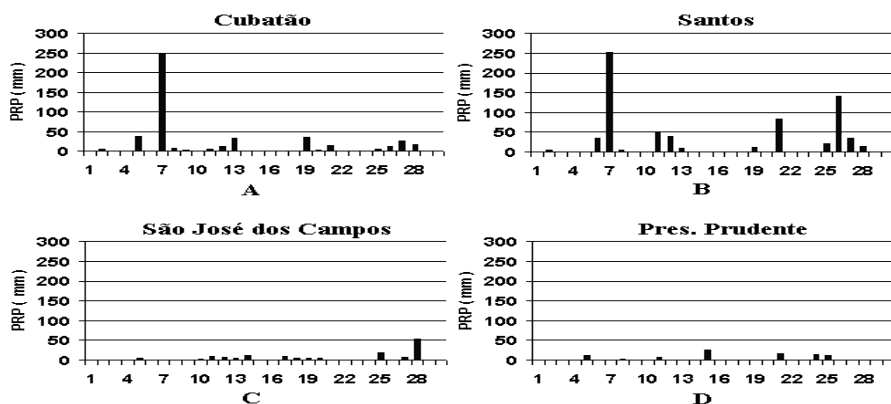


Figura 02. (A), (B), (C) e (D) Distribuição diária de precipitação em (mm) para o mês de fevereiro de 1994.

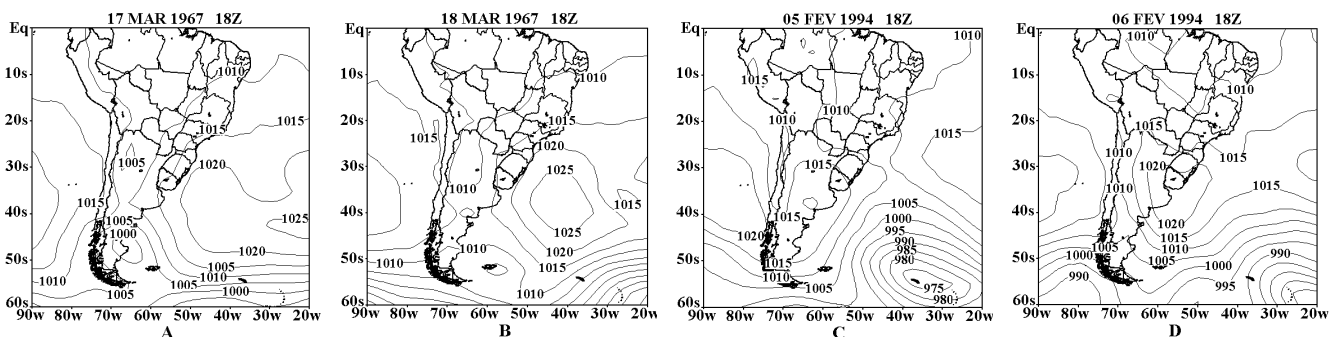


Figura 03. (A) e (B) PNMM para os dias 17 e 18 de março de 1967 as 18Z em Caraguatatuba e (C) e (D) para os dias 05 e 06 de fevereiro de 1994 as 18Z em Cubatão.

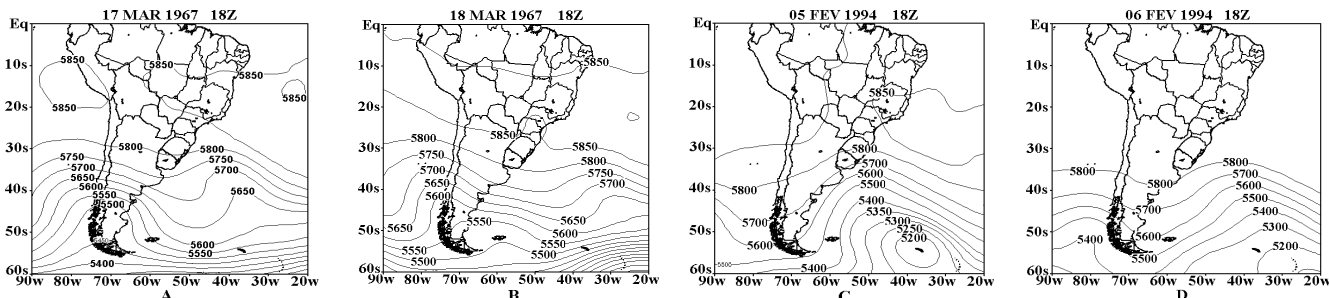


Figura 04. (A) e (B) Geopotencial para os dias 17 e 18 de março de 1967 as 18Z em Caraguatatuba e (C) e (D) para os dias 05 e 06 de fevereiro de 1994 as 18Z em Cubatão.

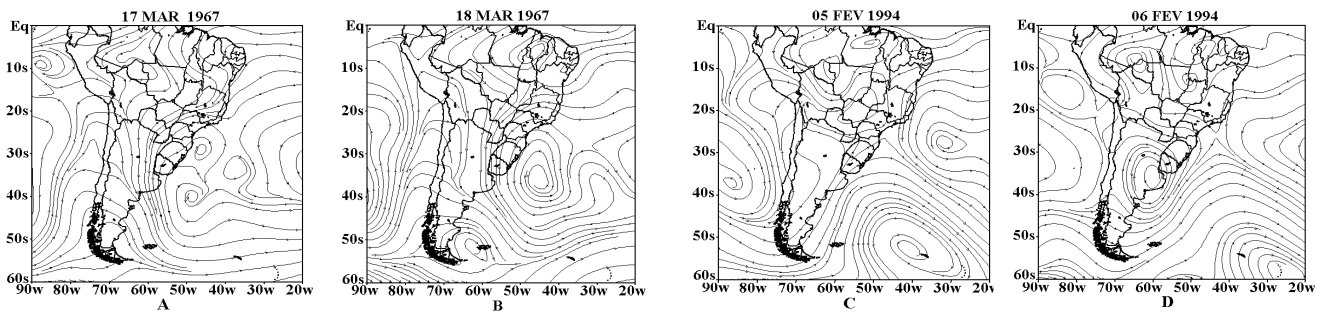


Figura 05. (A) e (B) Escoamento em 850 hPa para os dias 17 e 18 de março de 1967 em Caraguatatuba e (C) e (D) para os dias 05 e 06 de fevereiro de 1994 em Cubatão

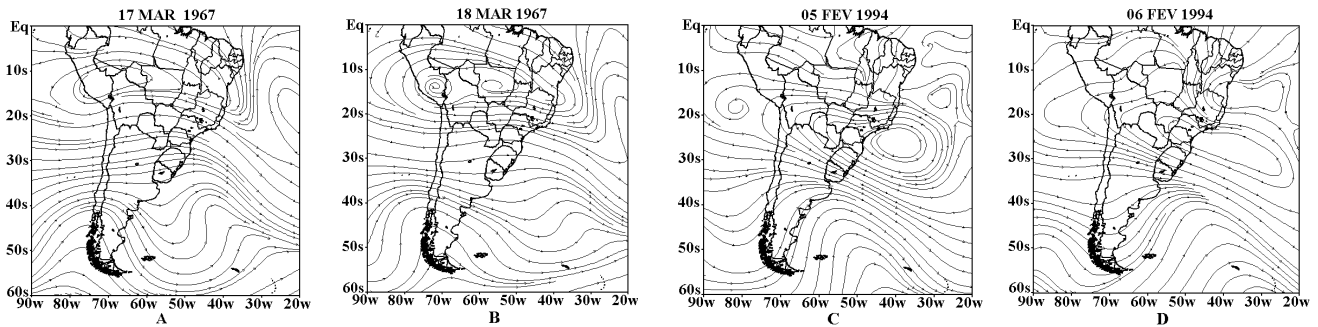


Figura 06. (A) e (B) Escoamento em 200 hPa para os dias 17 e 18 de março de 1967 em Caraguatatuba e (C) e (D) para os dias 05 e 06 de fevereiro de 1994 em Cubatão.