

# **A MAIOR CATÁSTROFE CLIMÁTICA DO BRASIL SOB A VISÃO OPERACIONAL DO CPTEC/INPE**

**Henri Pinheiro<sup>1</sup>, Kelen Andrade<sup>1</sup>, Carlos Moura<sup>1</sup>**

**Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE, São Paulo-SP, Brasil  
– [henri.pinheiro@cptec.inpe.br](mailto:henri.pinheiro@cptec.inpe.br)**

## **RESUMO:**

Em meados de janeiro de 2011 chuvas intensas atingiram cidades da região serrana do estado do Rio de Janeiro, provocando a morte de mais de 900 pessoas em virtude de deslizamentos de terras. Para caracterizar a dimensão do evento foram analisados neste estudo dados pluviométricos, cartas sinóticas e saídas dos modelos numéricos ETA e GFS, utilizados operacionalmente pelo Grupo de Previsão de Tempo do CPTEC. A avaliação qualitativa mostrou que o padrão sinótico associado à presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul foi representado pelos modelos, porém nenhum deles conseguiu estimar a intensidade da precipitação. As avaliações sugerem que a tragédia que atingiu esta região ocorreu devido à combinação de vários fatores, como a intensidade das chuvas, o solo impermeável e a construção de moradias em áreas irregulares.

## **ABSTRACT:**

In mid-January 2011 heavy rain fell in highlands region of Rio de Janeiro state, killing more than 900 people due to landslides. To characterize the proportion of this event it has been analyzed rainfall data, synoptic charts and outputs of the ETA and GFS numerical models, those used operationally at Weather Forecast Group of CPTEC. The qualitative evaluation showed that the synoptic pattern associated with the presence of the South Atlantic Convergence Zone was well represented by the models, but none of them could estimate the precipitation intensity. These evaluations suggest that the tragedy that occurred at this region was due to a combination of several factors such as the rainfall intensity, impermeable soil and housing construction in irregular areas.

## **INTRODUÇÃO**

Entre a noite do dia 11 e a madrugada de 12 de janeiro de 2011 chuvas intensas atingiram a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (RSRJ), provocando enchentes, devido ao transbordando de rios e córregos e causando deslizamentos de terra. A força da enxurrada foi tão grande que também arrastou árvores, pedras e até casas, soterrando centenas de pessoas em poucos minutos. De acordo com a Secretaria Estadual de Saúde e Defesa Civil, foram

contabilizadas 916 mortes, sendo que os municípios mais afetados foram Nova Friburgo (426), Teresópolis (382), Petrópolis (71), Sumidouro (21), São José do Vale do Rio Preto (4) e Bom Jardim (1), além de deixar milhares de famílias desabrigadas. Essa tragédia já é considerada o maior desastre climático da história do país, superando as 463 mortes pelo temporal que atingiu a cidade do litoral paulista de Caraguatatuba em 1967.

As chuvas na RSRJ ocorreram devido ao desenvolvimento de profundas nuvens convectivas em uma atmosfera úmida e muito instável, associada à forte convergência de umidade gerada pelo escoamento na troposfera baixa. O padrão sinótico esteve associado a um evento de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), caracterizado por uma banda de nebulosidade bem organizada que se estende da Amazônia ao Sudeste do Brasil. A ZCAS é um dos mais importantes sistemas meteorológicos na escala intrasazonal sobre a América do Sul (Escobar e Carvalho, 2005), sendo responsáveis muitas vezes por grandes volumes pluviométricos (Nobre, 1988, Figueroa et al, 1990, Sanches, 2002).

As condições associadas à ocorrência de chuvas extremas muitas vezes não são bem representadas por modelos de previsão numérica de tempo, principalmente no que se refere à quantidade da precipitação. Eventos catastróficos como este, que causam grandes impactos econômicos e sociais à sociedade, devem ser estudados a fim de determinar a previsibilidade das ferramentas utilizadas por meteorologistas previsores. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho dos modelos utilizados no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) para o evento catastrófico na RSRJ.

## **DADOS DE METODOLOGIA**

Neste estudo foram utilizados dados observados de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), informações do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e cartas sinóticas elaboradas pelo Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do CPTEC. Além disso, foram feitas algumas simulações da estimativa de precipitação dos modelos regional ETA e global GFS, a fim de avaliar de forma qualitativa o desempenho destes para o evento de chuva extrema na RSRJ.

## **RESULTADOS**

A Tabela 1 mostra o acumulado de chuva em algumas estações da RSRJ, observado entre os dias 12 e 14 de janeiro de 2011. Nota-se que o volume máximo de chuva ocorreu em Nova Friburgo, totalizando 209,6 mm ao longo desse período, sendo 182,8 mm apenas em 24 horas. Neste município ocorreu o maior número de vítimas fatais, porém outras estações também registraram acumulados superiores a 100 mm, com maior contribuição no primeiro dia.

A série de dados históricos revela que no passado ocorreram eventos de chuvas ainda mais extremos nesta região, como em abril de 1978, quando choveu 220 mm em apenas 24 horas em

Teresópolis (Tabela 2). No caso em estudo, o impacto causado pelas chuvas foi muito maior, provavelmente devido a uma combinação de fatores, como o crescimento populacional e a ocupação de moradias em áreas irregulares. Além disso, as chuvas que atingiram a região da Bacia do Atlântico Sudeste nos meses precedentes (Figura 1) elevaram o nível dos rios, justamente no período do ano em que a vazão fluvial é maior (Cardoso et al., 2006). Isso pode ter contribuído para tornar o solo saturado, facilitando através da sua impermeabilidade a avalanche de terras.

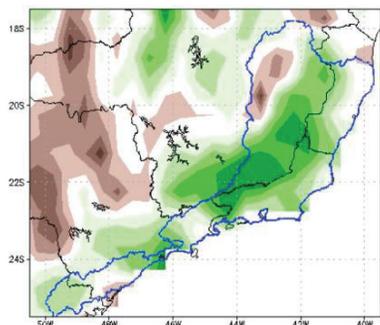


Figura 1: Precipitação acumulada em 24 horas

Estação Meteorológica	Período			Chuva Total (mm)
	12/jan	13/jan	14/jan	
Nova Friburgo (A)	182,8	16,8	10,0	<b>209,6</b>
Teresópolis (C)	124,6	0,8	15,1	<b>140,5</b>
Santa Maria Madalena (C)	80,1	12,3	13,2	<b>105,6</b>
Teresópolis-Parque (C)	83,8	2,4	18,2	<b>104,4</b>
Cordeiro (A)	70,1	5	9,6	<b>84,7</b>

Tabela 1: Precipitação acumulada entre os dias 12/01/2011 e 14/01/2011

Tabela 2: Série histórica do acumulado máximo em 24 horas para estações convencionais e automáticas do INMET. Os dados compreendem diferentes períodos para estações localizadas em municípios da RSRJ.

Estação Meteorológica Convencional (C)/Automática (A)	Período de funcionamento	Chuva Máxima em 24 horas (mm)	
		Janeiro	Período todo
Teresópolis-Centro (C)	1913/2011	140,8 (28/01/1977)	149,2 (16/09/1919)
Teresópolis-Pq Nacional (C)	1943/1980	161,6 (28/01/1961)	220,0 (02/04/1978)
Teresópolis-Pq Nacional (A)	2006/2001	161,2 (22/01/2009)	161,2 (22/01/2009)
Nova Friburgo-Centro (C)	1912/2003	114,0 (25/01/1955)	165,4 (16/12/1966)
Nova Friburgo (A)	2010/2011	182,2 (12/01/2011)	182,2 (12/01/2011)
Cordeiro (C)	1972/2011	157,7 (04/01/2007)	177,9 (15/02/1978)
Santa Maria Madalena (C)	1921/2011	146,8 (26/01/1961)	155,2 (10/12/2002)

Na análise sinótica (Figura 2a) nota-se em superfície a atuação de uma onda frontal sobre o Atlântico, associada a presença da ZCAS no interior do Brasil, modelo se circulação atmosférica observado em diversos trabalhos, como em Quadro (1993). Em 850 hPa (figura 2b) observa-se a convergência dos ventos de noroeste, favorecendo o transporte de calor e umidade da Região Amazônica para o Sudeste do país e intensificando as nuvens convectivas sobre a região atingida. A circulação em altitude (figura 2c) indica a presença da Alta da Bolívia e do Cavado do Nordeste, com o escoamento bastante difluente sobre o Sudeste do Brasil, configuração típica de eventos de ZCAS. Este comportamento auxilia a instabilidade devido a intensificação da convergência de massa nas camadas inferiores.

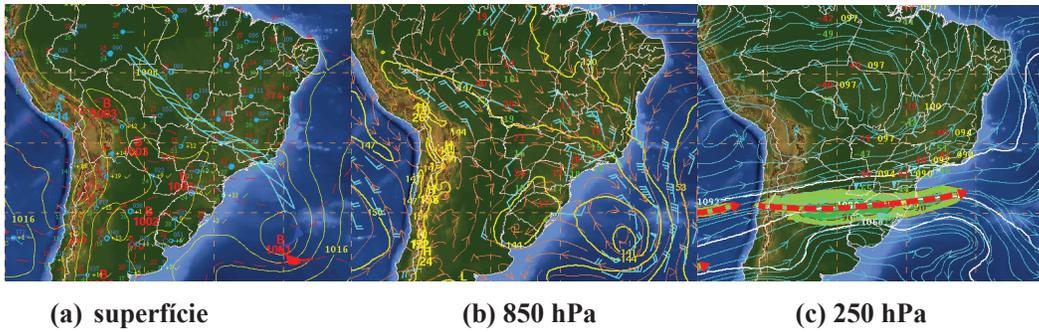


Figura 2: Análise sinótica do dia 12/01/2011 referente às 00Z

A Figura 3 mostra a precipitação simulada pelos modelos regional ETA20 e pelo modelo global americano GFS, correspondentes ao acumulado entre 12Z dos dias 11 e 12 de janeiro de 2011. Nota-se que ambos os modelos representam bem o padrão de larga escala, associado à presença da ZCAS. Porém, em relação ao dado observado nenhuma das simulações consegue capturar a intensidade da precipitação sobre a RSRJ, embora o ETA20 indique um máximo de chuva nesta área. Neste caso, o desempenho do modelo regional pode estar associado ao uso da coordenada ETA, que resulta em uma melhoria na estimativa da precipitação em áreas íngremes (Black, 1994). Por outro lado, a experiência operacional dos autores sugere que em muitos casos o ETA superestima a precipitação, dificultando a tomada de decisão quanto ao envio de um aviso meteorológico. Nas simulações com o GFS os maiores acumulados (acima de 50 mm) ficaram restritos a áreas do interior de MG.

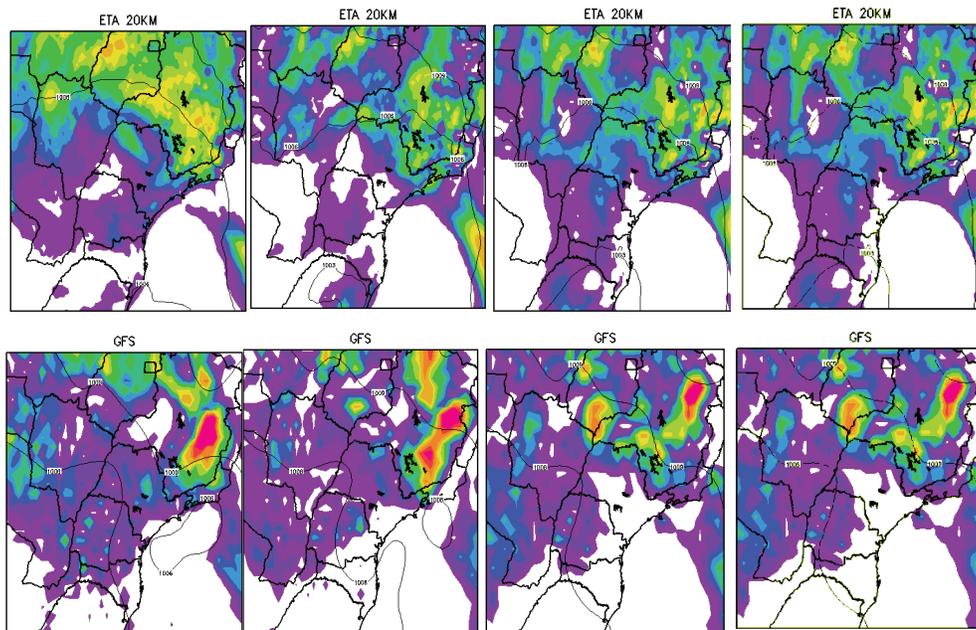


Figura 3: Precipitação simulada pelos modelos ETA20 e GFS para as previsões de 24h, 48h, 72h e 96h. A precipitação corresponde ao acumulado de entre 12Z do dia 11/01 e 12Z do dia 12/01/2011.

## CONCLUSÃO

Apesar dos avanços nos estudos sobre modelagem numérica, o presente trabalho mostra claramente a dificuldade enfrentada pelos meteorologistas previsores diante de situações extremas do tempo, principalmente no que se refere ao envio de alertas meteorológicos. Os modelos de previsão numérica representaram bem o padrão de precipitação associado à ZCAS, porém com limitações em indicar as áreas com maior potencial para a ocorrência de chuvas intensas. Os máximos de precipitação sobre a RSRJ foram representados com maior destreza pelo modelo ETA, embora ambos tenham subestimado a intensidade da precipitação.

O evento extremo que atingiu a RSRJ pode ser considerado como elemento integrante da variabilidade climática, que por sua vez pode ser afetado pela ação antropogênica. Embora existam incertezas nas projeções futuras, o aumento da frequência de eventos (climáticos) extremos, como o ocorrido na RSRJ, representaria uma necessidade maior em prever com mais confiabilidade condições favoráveis a ocorrência de eventos extremos de chuva, permitindo alertar com mais eficiência os órgãos responsáveis por ações preventivas à população. Neste contexto, o CPTEC tem como missão a melhoria na qualidade dos modelos numéricos de previsão de tempo, contribuindo desta forma para uma melhor adaptação aos riscos causados por eventos extremos naturais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Black, T. L., 1994: The new NMC Mesoscale Eta Model: Description and Forecast examples. *Weather and Forecasting*, **9**, 265-278.
- Cardoso, C.A.; Dias, H.C.T.; Martins, S.V. e Soares, C.P.B., 2006.: Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.249-256.
- Escobar, G. C. J. ; Carvalho da Costa, I.,2005: Situações meteorológicas associadas a episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). In: *IX Congresso Argentino de Meteorología, 2005, Buenos Aires*. IX Congresso Argentino de Meteorología.
- Figuroa, S.N.; Nobre, C., 1990: Precipitation distribution over central and western tropical South America. *Climanálise*, 5(6):36-45.
- Quadro, M. F. L., 1993: Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994. 123 p. (INPE-6341-TDI/593). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.26.14.10>>
- Sanches, M. B.,2002: Análise Sinótica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) Utilizando-se a Técnica de Composição. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.