



16, 17 e 18 de setembro de 2014  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP

## **Eventos Hidrológicos Extremos: Região Serrana Fluminense 12/01/2011**

### **Extreme Hydrologic Events: Fluminense Highlands 01/12/2011**

**Magalhães, P.C; Rezende, O.M; Sousa, M.M.; Miguez, M.G.**

<sup>1</sup>AquaFluxus, omrezende@aquafluxus.com.br; <sup>2</sup>AquaFluxus; <sup>3</sup>UFRJ; <sup>4</sup>UFRJ

*Palavras-Chave: Eventos hidrológicos extremos; enxurrada.*

*Key Words: Extreme hydrologic events; rainstorm flurry*

#### **1. INTRODUÇÃO**

Chuvas excepcionais apresentam pouca probabilidade de ocorrência, porém, possuem elevado potencial de destruição, causada por deslizamentos de terra em encostas, enxurradas e inundações generalizadas. O dano desses eventos ganha maior dimensão à medida que as cidades se expandem sobre a bacia e, em muitos casos, ocupa áreas de risco, como encostas e regiões marginais aos rios. A expansão urbana aumenta a vulnerabilidade da sociedade às chuvas, uma vez que expõe um maior número de pessoas aos possíveis impactos desses eventos, assim como o desenvolvimento econômico acaba por potencializar as perdas associadas a um desastre, pelo aumento do valor dos bens expostos (ZONSEIN, 2007). Um mau planejamento das cidades induz ao aumento dessa lógica negativa, expondo cada vez mais pessoas e bens aos impactos de deslizamentos e inundações.

O verão de 2010/2011 apresentou altos índices pluviométricos na serra do Rio de Janeiro. Ocorreram extensos períodos chuvosos, com eventos de 8 a 10 dias de chuvas consecutivas, o que propiciou um elevado grau de encharcamento dos solos da região. No dia 11 de janeiro de 2010, teve início um evento hidrológico que provocaria um dos maiores desastres naturais do país.

O presente trabalho tem por objetivo analisar os dados hidrológicos da região serrana no verão de 2010/2011, com foco para o município de Nova Friburgo, o qual já possuía um Sistema de Alerta instalado e operado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ), buscando compor uma teoria para uma melhor compreensão do episódio e suas prováveis causas.



Encontro Nacional  
de Águas Urbanas

**16, 17 e 18 de setembro de 2014**  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo apresentado nesse artigo utilizou informações hidrológicas disponíveis em diversos locais da região serrana, além de imagens de satélite feitas no dia do evento, disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE).

Foram levantadas informações hidrológicas do Sistema de Alerta de Cheias do INEA-RJ, com estações existentes no Município de Nova Friburgo, e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com estações nos municípios de Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis. As estações utilizadas estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Estações utilizadas para levantamento de informações hidrológicas**

Nome da Estação	Latitude	Longitude	Município	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Município
Pico Caledônia <sup>1</sup>	22°21'33,11"S	42°34'02"W	Friburgo	Sítio Santa Paula <sup>1</sup>	22°16'05,0"S	42°34'21"W	Friburgo
Olaria <sup>1</sup>	22°18'31,83"S	42°32'32"W		Pico do Couto A610 <sup>2</sup>	22°27'54"S	43°17'29"W	Petrópolis
Ypu <sup>1</sup>	22°17'45,09"S	42°31'35"W		Teresópolis A618 <sup>2</sup>	22°26'56,4"S	42°59'13"W	Teresópolis
Nova Friburgo <sup>1</sup>	22°16'46,3"S	42°32'05"W		Nova Friburgo A624 <sup>2</sup>	22°20'4,92"S	42°40'36"W	Friburgo

Estações operadas por: <sup>1</sup>INEA / <sup>2</sup>INMET

A partir das informações hidrológicas levantadas, foram observados os totais diários de chuva, para análise comparativa dos índices de chuva do verão 2010/2011 com o do verão anterior. Também foram analisadas as séries temporais de chuva disponíveis, com alturas de chuva a cada 15 minutos, para o verão 2010/2011, em especial para o evento hidrológico que teve início por volta das 20 horas do dia 11 de janeiro de 2011, o qual culminou com a catástrofe do dia 12 de janeiro.

Foram analisadas, em conjunto com as medições de chuva, as imagens de satélite do CPTEC feitas durante o evento em estudo, as quais permitem observar a nebulosidade e a distribuição de temperaturas da região, em intervalos de 15 minutos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foram analisadas as medições diárias de chuva ao longo do verão de 2009/2010 e de 2010/2011, permitindo observar um maior volume de precipitações ocorridas a partir do mês de dezembro do segundo verão, assim como uma alteração no padrão de distribuição espacial da chuva. A distribuição espacial no primeiro verão apresenta-se mais concentrada no Pico do Caledônia, como esperado, por ser a região mais alta e com alta influência de efeitos orográficos, e, depois, no segundo período, as precipitações ocorrem de forma mais homogênea sobre o território coberto pelas estações.

Separando apenas os meses de janeiro dos dois verões, observa-se um imenso incremento de volume de chuva ocorrido em 2011, considerando, ainda, que os dados levantados no ano de 2011 possuíam medições apenas até o dia 24 de janeiro. Como pode ser observado na Figura 1a, na estação de Ypu, houve um volume de chuva, em janeiro de 2011, 495% maior que em janeiro de 2010. A

análise específica do evento dos dias 11 e 12 de janeiro de 2011 mostra dois eventos distintos, um de menor intensidade entre as 3 e as 12 horas do dia 11 e outro, com grande intensidade, concentrado entre as 21 horas do dia 11 e 6 horas do dia 12.

Confrontando esses dados com as imagens de satélite do CPTEC, foi observada a formação de elevada concentração de massas de ar úmido com baixa temperatura ( $-80^{\circ}\text{C}$ ), indicando existência de nuvens verticais, com cerca de 13 km de altura, ou seja, havia formação de *cumulus nimbus*. O ápice do evento é observado às 3 horas do dia 12 de janeiro, quando a mancha de nuvens mais altas se concentra entre os municípios de Nova Friburgo e Teresópolis, os mais atingidos pela tragédia. Essa situação pode ser vista na Figura 1b, que mostra a imagem de satélite e a leitura de temperaturas nesse momento.

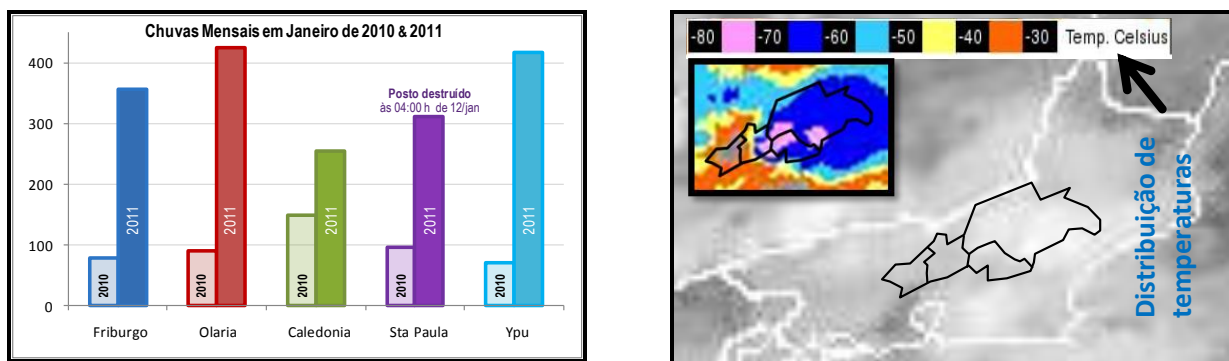


Figura 1 – (a) Alturas totais de chuva (mm) em janeiro de 2010 e 2011 (INEA); (b) Imagem de satélite do RJ com destaque da Região Serrana e leitura de temperatura às 3h do dia 12/01/11 (CPTEC).

Uma hora depois, às 4 horas do dia 12/01/2011, a estação Sítio Santa Paula interrompeu sua operação, indicando que houve a destruição do equipamento pela cheia do córrego d'Antas, onde estava localizada. O vale deste córrego foi o mais atingido pela catástrofe, com uma extensa área de destruição ao longo da margem do curso d'água, além dos deslizamentos de encostas.

#### 4. CONCLUSÃO

O monitoramento hidrológico constitui uma importante ferramenta para a gestão do risco de desastres naturais relacionados com chuvas intensas, além de possibilitar estudos posteriores a eventos hidrológicos extremos, os quais permitirão uma melhor compreensão desses fenômenos, como o presente caso apresentado neste artigo. A medição das chuvas foi de extrema importância para o entendimento da distribuição espacial do temporal sobre a serra fluminense, concluindo-se que a região mais atingida foi a fronteira entre os municípios de Nova Friburgo e Teresópolis, exatamente onde se encontra uma linha de cumeada que divide a bacia do córrego d'Antas e bacias que drenam em direção à Teresópolis e São José do Vale do Rio Preto, regiões severamente atingidas na tragédia.

A análise dos dados indica que houve uma conjunção entre três importantes eventos hidrológicos: uma chuva de frente com grande duração; uma chuva de verão com curta duração e alta intensidade e; uma alimentação de umidade proporcionada pela formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul

(ZCAS) (CARVALHO, 2004). Uma combinação de eventos nesta configuração apresenta-se como algo extraordinário e seu potencial de destruição pôde ser visto na ocorrência desta tragédia, quando o número de mortos e desaparecidos superou o milhar e as perdas e danos foram estimados em mais de R\$ 4 bilhões (BANCO MUNDIAL, 2012). Não existem soluções na engenharia para o controle de inundações decorrentes de eventos dessa magnitude, o que não significa que não há medidas a serem tomadas. Uma melhor gestão do território, com o zoneamento de áreas de risco e padrões de ocupação com baixo impacto são prioridade para a construção de cidades mais resilientes e para a redução dos danos causados pelos desastres naturais, como pode ser observado na Figura 2, onde é apresentado o antes e depois da tragédia em um vale de Teresópolis. Caso houvesse o zoneamento de áreas de risco, impedindo a ocupação das margens do rio, danos seriam evitados, conforme Relatório de Inspeção do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2011).



Figura 2 – Imagens de Teresópolis antes e depois das chuvas do dia 12/01/2011. (MMA, 2011)

## REFERÊNCIAS

BANCO MUNDIAL, *Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - Janeiro de 2012*. Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, 2012.

CARVALHO V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. *The South Atlantic Convergence Zone: Persistence, Form, Extreme Precipitation and Relationships with Intraseasonal Activity and Extreme Rainfall*. Journal of Climate, 2004.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. *Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra?* Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011.

ZONENSEIN, J. *Índice de Risco de Cheia como Ferramenta de Gestão de Enchentes*. Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Engenharia Civil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.