



RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE RISCOS, PREVENÇÃO E SEGURANÇA

**MULTIDIMENSÃO
E
TERRITÓRIOS DE RISCO**

**III Congresso Internacional
I Simpósio Ibero-Americano
VIII Encontro Nacional de Riscos**

**Guimarães
2014**

AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE EVENTOS DE CHUVAS EXTREMAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - PB

Francisco de Assis Salviano de Sousa

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande,
fassis@dca.ufcg.edu.br

Valmir Rocha

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande,
valmirrocha2005@yahoo.com.br

Carmem Terezinha Becker

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba,
carmem@aesa.pb.gov.br

RESUMO

Os desastres naturais mais comuns no Brasil são as secas, os deslizamentos, os desabamentos e as inundações. Os três últimos são consequências em parte dos eventos extremos de chuvas. Os deslizamentos quando ocorrem em áreas urbanas no período das chuvas causam danos materiais e mortes. Não por acaso, são consequências também da ineficiência do sistema de drenagem e da remoção indiscriminada da cobertura vegetal. Essas ações combinadas com as chuvas aumentam a saturação de água no solo, reduz sua resistência e provoca sua ruptura. Os desmoronamentos são devidos ao mau uso do solo, má distribuição de renda, falta de moradia digna e má qualidade da educação pública. As inundações são geralmente acumulações de lâminas de água que podem invadir o interior das edificações e causar transtornos para a mobilidade urbana de pedestres e veículos. Esses eventos dependem de medidas estruturais, mas não prescindem da boa educação dos habitantes urbanos e de medidas não estruturais. O objetivo deste trabalho foi utilizar as precipitações máximas diárias entre o período de 1912 a 2013 e metodologia estatística para avaliar os riscos de eventos de chuvas extremas na cidade de João Pessoa - PB. Como resultados se verificaram tendências positivas no número de dias com chuvas e nas magnitudes das precipitações máximas diárias. O ajuste dos eventos extremos de chuvas à função distribuição de probabilidade de Gumbel possibilitou as estimativas dos riscos para uma específica magnitude de chuva.

Palavras-chave: Eventos extremos, precipitação máxima, deslizamentos, desabamentos e inundações

ABSTRACT

The most common natural disasters in Brazil are droughts, landslip, landslide and floods. The last three are partly consequences of extreme rainfall events. When landslides occur in urban areas during the rainy season cause material damage and deaths. Not coincidentally, are also consequences of the inefficiency of the drainage system and of the indiscriminate removal of the vegetation cover. These actions combined with the rainfalls can to increase the water saturation in the soil, reduce their resistance and to cause rupture. Landslides are due to misuse of land, poor income distribution, lack of decent housing and poor quality of public education. Floods are usually accumulations of water slides that can invade the interior of the buildings and cause inconvenience to urban mobility of pedestrians and vehicles. These events depend on structural and non-structural measures but can not dispense the proper education of urban residents. The aim of this study was to use the maximum daily precipitation in the period 1912 - 2013 and statistical methodology to assess the risk of extreme rainfall events in João Pessoa city, Paraíba state, Brazil. The results shows there have been positive trends in the number of days with rainfall and in the magnitudes of the maximum daily precipitation. With adjustment of generalized extreme values of Gumbel was possible risk estimate for a specific magnitude of rainfall.

Key-words: Extreme events of maximum rainfall, landslip, landslides and floods

Introdução

Os fatores desencadeadores de desastres nas áreas urbanas são: impermeabilização do solo e adensamento das edificações. Adicionalmente, a falta de planejamento urbano e de modo geral o mau gerenciamento das bacias hidrográficas vem intensificando esses desastres.

Há dois tipos de medidas preventivas básicas: as estruturais e as não-estruturais. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia complexas e de alto custo. As medidas não-estruturais envolvem modelagem, previsão e ações de planejamento e gerenciamento, como sistemas de alerta e zoneamento ambiental.

A precipitação máxima diária é caracterizada como um evento que apresenta intensidade, duração e distribuição espaço-temporal críticas em dado local. O estudo da frequência de ocorrência de eventos extremos é fundamental para a compreensão de seus efeitos na superfície da bacia hidrográfica rural e/ou urbana. Além disso, os projetos de obras hidráulicas no âmbito da bacia dependem diretamente desse estudo.

O estudo dos desastres naturais causados por eventos extremos de precipitação é um tema bastante atual no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento. Diferentes eventos extremos de precipitação foram explicados com base em 90, 95 e percentis 99 (Sen Roy & Balling, 2004 e Wan Zin et al., 2010). Khan et al. (2007) investigaram a variabilidade temporal das precipitações extremas diárias na América do Sul e encontraram fortes inclinações na linha de tendências de longo prazo.

A variação das chuvas extremas na Índia têm sido estudadas por muitos pesquisadores (Rajeevan et al., 2008, Ghosh et al., 2011 e Patra et al., 2012). Recentemente, Jena et al. (2014) concluíram que as recentes e crescentes incidências de inundações na bacia do rio Mahanadi, leste da Índia se deve ao aumento de chuvas extremas no curso médio do rio. Por sua vez, Ahammed et al. (2014) realizaram um estudo das chuvas máximas diárias de Dhaka, capital de Bangladesh, no período de 1953 a 2009. Com base na função de distribuição Gumbel estimaram períodos de retorno de eventos extremos de chuva e descobriram que a precipitação máxima diária e anual igual ou superior a 425 mm tem um período de retorno de 100 anos.

O objetivo deste trabalho foi ajustar os dados de precipitação máxima diária e anual, no período de 1912 a 2013, à função distribuição do Valor Extremo Generalizado acumulado (GEV) para avaliar os riscos de eventos de chuvas extremas na cidade de João Pessoa - PB.

Material e Métodos

Área de estudo

A cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, está localizada na região Nordeste do Brasil, na porção mais oriental das Américas, com longitude de 34° 53' W, latitude de 7° 07' S e altitude de 37 m. A área urbana é predominantemente plana. O clima é tropical úmido (tipo *Am* na classificação climática de Köppen-Geiger), com alta umidade do ar e temperatura do ar média anual de 26 °C. As chuvas ocorrem no período de março a agosto. Fora desse período o clima é de muito sol.

O processo de expansão de João Pessoa, similar ao de outras cidades brasileiras, ocorre desordenadamente. As ocupações em espaços impróprios (fundos de vales e encostas) à construção de moradia aceleram a degradação ambiental e aumenta o grau de vulnerabilidade aos riscos ambientais como deslizamentos e inundações que estão diretamente associados à eventos de chuvas extremas.

Em 2007 a Fundação de Ação Comunitária (FAC), órgão ligado ao Governo do Estado da Paraíba, totalizou no município de João Pessoa 108 favelas com 24.363 domicílios. A Figura 1 - destaque em marrom - exibe as aglomerações subnormais (favelas expostas a riscos) do município de João Pessoa.

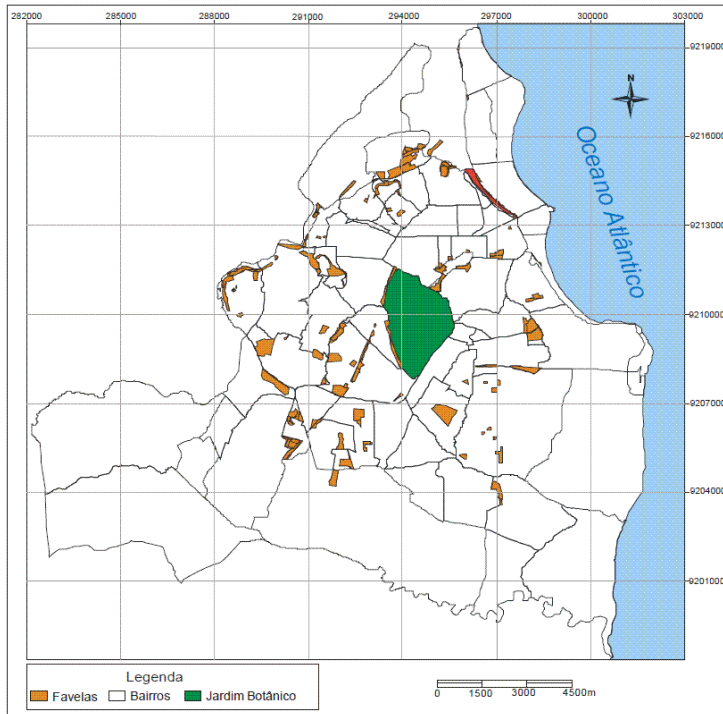


Figura 1 - Município de João Pessoa - PB. Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento - SEPLAN. (áreas de riscos=marrom)

Os dados de precipitação máxima diária e anual da cidade de João Pessoa (Estação Meteorológica, código: 3940225) utilizados neste estudo foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Por motivo de falhas nos dados observados os períodos utilizados neste estudo foram: 1913 a 1970, com falhas entre 1932 e 1936) e 1994 a 2013. Foram considerados apenas os valores de precipitação máxima superiores a 30 mm/dia.

Função distribuição de probabilidade de Gumbel

Segundo Carvalho et al. (2013) a função distribuição do Valor Extremo Generalizado acumulado (GEV) é dada por:

$$F(x) = \exp \left\{ - \left(1 + \xi \cdot \frac{x - \mu}{\sigma} \right)^{-1/\xi} \right\} \quad (1)$$

para $1 + \xi (x - \mu) / \sigma > 0$, em que ξ , μ e σ são os parâmetros de forma, localização e escala, respectivamente. A Eq. (1) é denominada distribuição de Gumbel quando $\xi \rightarrow 0$; a função

distribuição do GEV pode ser expressa pela a Eq. (2). A probabilidade de excedência e o período de retorno da precipitação máxima diária e anual podem ser estimadas usando as Eqs. (3) e (4), respectivamente.

$$F(x) = \exp \left[-\exp \left\{ -\left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right\} \right] \quad (2)$$

$$P(x) = 1 - F(x) \quad (3)$$

$$T_r = \frac{1}{P(x)} \quad (4)$$

Em que X é a precipitação máxima diária e anual; μ e σ é a média e o desvio-padrão da precipitação máxima diária e anual, respectivamente; F(x) é a distribuição acumulada de probabilidade; P(x) é a distribuição de probabilidade e T_r o período de retorno.

Risco

O risco (R) de um evento ser igualado ou superado pelo menos uma vez em N anos é:

$$R = 1 - [1 - P(x)]^N \quad (5)$$

Em que P(x) é probabilidade de excedência. Estimando-se a média e desvio-padrão amostrais dos valores da precipitação máxima diária e anual e utilizando a Eq(2) pode-se estimar o período de retorno (T_r) desses eventos extremos de precipitação por:

$$T_r = \left[1 - \exp \left[-\exp \left\{ -\left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right\} \right] \right]^{-1} \quad (6)$$

Resultados e Discussão

Com base nos dados de precipitação máxima diária e anual da cidade de João Pessoa (Estação Meteorológica, código: 3940225) para os períodos de 1913 a 1970 e 1994 a 2013, um total de 73 anos, foram selecionados 391 valores de chuvas máximas superiores a 30 mm/dia. O valor médio de eventos máximos foi 5,36/ano. A tendência da série temporal do número de dias com chuva foi positiva, mas, por falhas nas observações, foi feita apenas no período de 1913 a 1970. De acordo com climatologia pluvial da cidade nos períodos de 1913 a 1970 e 1994 a 2013, o período mais chuvoso inicia em março e finda em julho. São nesses meses, principalmente, nos meses de pico de chuvas (abril, maio e junho) que se observaram chuvas máximas superiores a 30 mm/dia. As chuvas máximas entre 30 e 90 mm/dia apresentam as maiores frequências.

A Figura 2 exibe a probabilidade (%) dos riscos de eventos máximos de chuvas para os próximos cinco anos, de 2014 à 2018, para a cidade de João Pessoa - PB. Nessa Figura nota-se que o risco de chuva máxima acima de 150 mm/dia é de 25% em 2014, mas eleva-se para 77% em 2018. À medida que o tempo passa o risco aumenta.

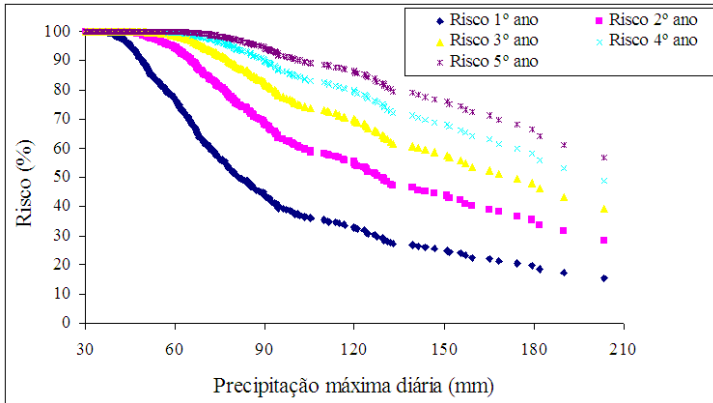


Figura 2 - Probabilidade (%) dos riscos de chuvas máximas diárias para a cidade de João Pessoa - PB.

De acordo com os resultados obtidos as chuvas máximas iguais ou inferiores a 36 mm/dia ocorrem com 100 % de probabilidade em qualquer um dos cinco anos, nos meses de pico de chuvas (abril, maio e junho). O risco de uma chuva máxima de 88,0 mm/dia ocorrer varia de 45,3% no primeiro ano a 95,1% no quinto ano. Já a chuva máxima de 70,3 mm/dia tem risco associado de 61,4% no primeiro ano a 99,1% no quinto ano. Esses fatos explica, em parte, as agruras da população carente que ocupa as áreas de médio e alto riscos de inundação e de deslizamento de terra.

Conclusão

A probabilidade do risco de chuvas extremas, na cidade de João Pessoa - PB, iguais ou inferiores a 36 mm/dia é de 100 % em qualquer um dos cinco anos, nos meses de pico de chuvas (abril, maio e junho).

Os maiores problemas de riscos ambientais na cidade resulta da ocupação das várzeas pela população carente. Neste caso, as ações e inações antrópicas são responsáveis diretas pelas conseqüências dos desastres naturais.

A ocorrência de chuvas com magnitudes entre 70,3 e 88 mm/dia, causa sérios transtornos à população da cidade de João Pessoa, principalmente à população excluída dos serviços básicos de infraestrutura.

Bibliografias

- Ahamed, F, Hewa, G. A., Argue, J. R., 2014. Variability of annual daily maximum rainfall of Dhaka, Bangladesh. Atmospheric Research. 137, 176 - 182.
- Carvalho, J.R.P., Assad, E.D., Evangelista, S.R.M., Pinto, H.D.S. 2013. Estimations of dry spells in three Brazilian regions – Analysis of extremes. Atmospheric Research. 132 - 133, 12 - 21.

- Ghosh, S., Das, D., Kao, S. C., Ganguly, A. R. 2011. Lack of uniform trends but increasing spatial variability in observed Indian rainfall extremes. *Nature Climate Change*, 02, 86 - 91.
- Jena, P. P., Chatterjee, C., Pradhan, G., Mishra, A. 2014. Are recent frequent high floods in Mahanadi basin in eastern India due to increase in extreme rainfalls? *Journal of Hydrology*. 517, 847-862.
- Khan, S., Kuhn, G., Ganguly, A.R., Erickson III, D. J., Ostrouchov, G. 2007. Spatio-temporal variability of daily and weekly precipitation extremes in South America. *Water Resources Research*. 43, p.W11424.
- Patra, J. P., Mishra, A., Singh, R., Raghuwanshi, N. S. 2012. Detecting rainfall trends in twentieth century (1871-2006) over Orissa State, India. *Climatic Change*, 111, 801 -817.
- Rajeevan, M., Bhate, J., Jaswal, A. K. 2008. Analysis of variability and trends of extreme rainfall events over India using 104 years of gridded daily rainfall data. *Geophysical Research Letters*. 35, p. L18707.
- Sen Roy, S., Balling, R.C. 2004. Trends in extreme daily precipitation indices in India. *International Journal of Climatology*. 24, 457-466.
- Wan Zin, W. Z., Jamaludin, S., Deni, S.M., Jemain, A. A. 2010. Recent changes in extreme rainfall events in Peninsular Malaysia: 1971-2005. *Theoretical and Applied Climatology*. 99, 303-314.