

EVENTOS EXTREMOS DIÁRIOS EM FORTALEZA-CE, BRASIL: UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA DE EPISÓDIOS PLUVIOMÉTRICOS INTENSOS

Jander Barbosa Monteiro ¹
Maria Elisa Zanella ²

¹Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará e Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Ceará, Brasil. Email: jander_bm@hotmail.com.

²Professora e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, Brasil. Email: elizavz@terra.com.br.

RESUMO

Nas últimas décadas, os eventos extremos climáticos têm causado constantes impactos em inúmeras cidades brasileiras. Tais eventos podem ocorrer de várias formas no país, como ondas de calor, furacões, enchentes, secas prolongadas, etc. Afinal, não existe uma tendência natural no Brasil para a ocorrência de terremotos, tsunamis e erupções vulcânicas. Avalia-se que no Brasil os desastres naturais mais frequentes são as inundações, os deslizamentos de terra, as estiagens e a erosão. Certamente, as inundações e os deslizamentos, que ocorrem em períodos chuvosos intensos, ganharam destaque na mídia eletrônica e impressa nas últimas décadas, principalmente devido aos impactos socioambientais ocasionados nas grandes áreas urbanas, a citar: elevado número de feridos e desabrigados, mortes, proliferação de doenças, perdas econômicas, impactos no meio ambiente, etc. Apesar de os estudos de impactos das precipitações terem um grande significado nas áreas urbanas brasileiras, há uma grande dificuldade de definir o que seria uma chuva extrema (evento extremo), principalmente devido à dinâmica e estrutura de cada cidade que podem influenciar no maior ou menor impacto ocasionado por um episódio pluviométrico concentrado. O fenômeno da urbanização desordenada presente nas grandes metrópoles brasileiras (caso de Fortaleza-CE) pode contribuir para um incremento nos impactos ocasionados por episódios pluviométricos extremos, os quais atingem, principalmente, populações vulneráveis que geralmente habitam áreas consideradas de risco (encostas íngremes, proximidade ao leito de rios etc.). Nesse sentido, esta pesquisa objetiva definir, através da técnica estatística dos quantis (XAVIER, 2007), valores extremos diários para chuva na cidade de Fortaleza-CE. Para a realização dos cálculos estatísticos, serão utilizados os valores acumulados de chuva diária no período de 1974 até o primeiro semestre de 2012. Como o objetivo principal é identificar os valores extremos diários presentes na cauda superior quantílica, os valores abaixo de 10 mm serão descartados na análise, por se tratarem de chuvas com intensidade baixa (COLLISCHONN et. al., 2008). Na tabulação dos dados, após o descarte dos valores nulos e abaixo de 10 mm, restou um total de 1798 observações. Na análise dos valores diários de chuva serão utilizadas seis classes quantílicas, a saber: a) evento de chuva muito fraco; b) evento de chuva fraco; c) evento de chuva moderado d) evento de chuva forte; e) evento de chuva muito forte; f) evento de chuva extremo. Estas serão representadas através de intervalos estabelecidos pelos seguintes quantis: $Q(0,01)$, $Q(0,05)$, $Q(0,50)$, $Q(0,95)$ e $Q(0,99)$. Os respectivos valores obtidos para cada quantil após a aplicação do cálculo estatístico foram: 10 mm; 10,5 mm; 21,0 mm; 74,2 mm; 116,6 mm. Após a definição das classes e seus respectivos valores, foram analisadas as quantidades de registros nas classes extremas superiores, bem como possíveis impactos socioambientais causados na cidade que foram registrados em órgãos como a Defesa Civil Municipal e nas mídias eletrônicas e impressas (internet e jornais). A necessidade de desenvolver estudos sobre a influência e os impactos associados a eventos pluviométricos concentrados tornam-se fundamentais como indicadores para a gestão pública e adoção de medidas preventivas para socorrer as vítimas atingidas por tais eventos no Brasil.

Palavras-chave: Eventos extremos. Técnica dos quantis. Impactos socioambientais. Medidas mitigatórias.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os eventos extremos climáticos têm causado constantes impactos em inúmeras cidades brasileiras. Estes podem ocorrer na forma de ondas de calor, furacões, longos períodos de estiagem, inundações, deslizamentos, etc.

Certamente, as estiagens, as erosões, as inundações e os deslizamentos são os desastres naturais mais frequentes no país. Estes dois últimos ganharam maior destaque na mídia eletrônica e impressa devido aos impactos socioambientais ocasionados nas grandes áreas urbanas, a citar: elevado número de mortes, feridos e desabrigados; proliferação de doenças; perdas econômicas onerosas; impactos no meio ambiente; dentre outros.

Tais impactos estão fortemente relacionados com a maior exposição da população a riscos diversos, acarretando em uma situação de vulnerabilidade socioambiental cada vez mais recorrente. É bem verdade que o fenômeno da urbanização desordenada presente nas grandes cidades brasileiras contribui ainda mais para um incremento nos impactos ocasionados por episódios pluviométricos extremos, os quais atingem, principalmente, as populações mais vulneráveis, que habitam áreas instáveis do ponto de vista natural, consideradas por muitos estudiosos como áreas de risco (encostas íngremes, margens de rios etc.).

Dependendo de sua extensão espacial e magnitude, alguns destes episódios são enquadrados na categoria de eventos naturais extremos (BRANDÃO, 2001). Embora sejam fenômenos naturais, a atuação do homem pode incrementar tais eventos. Afinal, no meio ambiente urbano tem-se uma forte impermeabilização do solo (dificultando a infiltração da água e potencializando as inundações), habitações mal construídas (mais vulneráveis a impactos provenientes de fenômenos naturais extremos) e populações em condições sociais e financeiras precárias que habitam áreas vulneráveis (dificultando uma resposta positiva frente a um evento extremo).

Ou seja, a vulnerabilidade encontra-se diretamente relacionada com grupos vulneráveis (populações) que, por determinadas contingências, são menos propensas a uma resposta positiva quando da ocorrência de algum evento adverso (DESCHAMPS, 2004).

Nesse sentido, é possível compreender que o risco atual é “fabricado” e depende cada vez menos das contingências naturais e cada vez mais de intervenções sociais e culturais, que em alguns casos desencadeiam desastres naturais (GIDDENS, 1991).

Diversos autores das geociências, tais como Campos (1999), Lavell (1999) e Cardona (2001) compreendem que a situação de risco é caracterizada pela presença simultânea ou interação de dois componentes: o perigo (ameaça) e a vulnerabilidade (densidade demográfica, infraestrutura, pobreza, uso do solo etc.) do sistema que está prestes a ser impactado.

Vale salientar que o risco é uma palavra que se refere ao futuro, ou seja, não há existência objetiva para ele. Já a ameaça é definida como algo que poderia causar dano e o risco é o resultado da multiplicação da probabilidade pela ameaça (ADAMS, 2009).

Assim, o risco pode ser entendido como a representação de uma ameaça (esperança matemática de ocorrer um desastre X sentimento de insegurança) que afetam os alvos e que constituem indicadores de vulnerabilidade. Em outras palavras, pode-se dizer, então, que há uma alta situação de risco de desastre se um ou mais fenômenos naturais perigosos (um episódio pluviométrico concentrado, por exemplo) ocorrem em situações vulneráveis.

Assim, os estudos dos impactos das precipitações, seja pela ocorrência ou não destas (enchentes e secas), ganharam uma forte repercussão no território brasileiro, pois provocam grande impacto no ambiente, na vida social e econômica do país.

No entanto, apesar de estes estudos relacionados aos impactos provenientes de precipitações concentradas terem um grande significado nas áreas urbanas brasileiras, há uma grande dificuldade em definir o que seria uma chuva extrema (evento extremo), principalmente devido à dinâmica e estrutura de cada cidade que podem influenciar, por exemplo, no maior ou menor impacto ocasionado por um episódio pluviométrico de forte intensidade.

Nesse sentido, este trabalho objetiva definir valores extremos diários para a chuva, utilizando como exemplo a cidade de Fortaleza-CE, através da técnica estatística dos quantis (XAVIER, 2007). Objetiva também, identificar possíveis impactos socioambientais provenientes de eventos pluviométricos extremos, através de consulta a informações qualificadas presentes em órgãos como a Defesa Civil Municipal ou nas mídias eletrônica e impressa (internet e jornais).

A cidade de Fortaleza localiza-se na faixa central da zona litorânea do Estado do Ceará, no setor Norte da Região Nordeste do Brasil, com as seguintes coordenadas geográficas: 3° 45' 47" S e 38° 37' 35" W (figura 1).

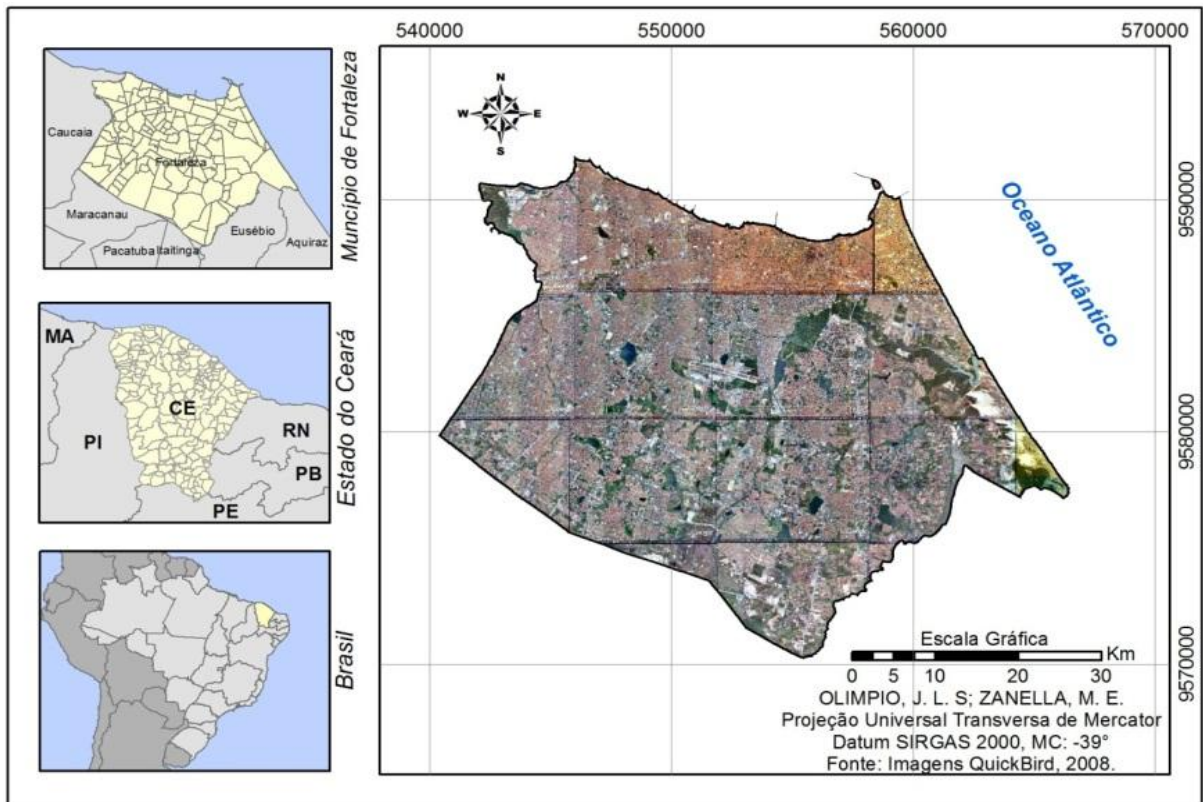


Figura 1 – Mapa de localização do município de Fortaleza-CE

Na cidade de Fortaleza e no próprio Estado em que a mesma encontra-se inserida (Estado do Ceará), vários são os sistemas atmosféricos que atuam no tempo e no clima, sendo o de maior importância a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, responsável pelo estabelecimento da chuva que se concentra geralmente em quatro meses do ano (quadra chuvosa), a citar: fevereiro, março, abril e maio.

A ZCIT atua de modo mais expressivo a partir de meados do verão e atinge sua posição mais meridional no outono. Seu deslocamento está relacionado aos padrões de Temperatura da Superfície do Mar - TSM sobre o Oceano Atlântico Tropical. Quando as temperaturas se elevam no Atlântico Sul, a ZCIT se desloca para porções mais meridionais e se posiciona nas áreas onde as águas encontram-se mais aquecidas (FERREIRA et.al., 2005).

De acordo com Zanella (2006), outros sistemas também podem ser importantes na ocorrência de chuvas para a cidade de Fortaleza. São eles: os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), responsáveis por chuvas na pré-estação chuvosa, se estendendo até março; as linhas de instabilidade, que geram chuvas principalmente em fevereiro e março; os Complexos Convectivos de Mesoescala, que atuam no período chuvoso, ocorrendo de forma isolada e em alguns casos, ocasionando chuvas extremas; e o sistema de brisas que ocasionam chuvas na área costeira.

Assim, os maiores totais pluviométricos de Fortaleza ocorrem no primeiro semestre do ano, quando também podem ser registrados, em alguns casos, chuvas diárias concentradas que ocasionam alagamentos, inundações e muitos impactos à população da cidade.

Para a análise destes episódios diários de chuva concentrados, foram realizados cálculos estatísticos, utilizando os valores acumulados de chuva diária no período de 1974 até o primeiro semestre do ano de 2012. Como o objetivo principal é identificar os valores extremos diários de chuvas presentes na cauda superior quantílica, os valores abaixo de 10 mm serão desconsiderados na análise, por se tratarem de chuvas com intensidade baixa (COLLISCHONN et. al., 2008).

Na tabulação dos dados, após o descarte dos valores nulos e abaixo de 10 mm, restou um total de 1798 observações (dias com precipitação a partir de 10 mm). No intuito de analisar os valores diários de chuva através da técnica estatística dos quantis, seis classes quantílicas foram definidas, a saber: a) evento de chuva muito fraco; b) evento de chuva fraco; c) evento de chuva moderado d) evento de chuva forte; e) evento de chuva muito forte; f) evento de chuva extremo. Estas foram representadas através de intervalos estabelecidos entre os seguintes quantis: $Q(0,01)$, $Q(0,05)$, $Q(0,50)$, $Q(0,95)$, $Q(0,99)$.

Após a definição das classes e seus respectivos valores, foram analisadas as quantidades de registros nas classes extremas superiores, bem como possíveis impactos socioambientais causados na cidade que foram registrados em órgãos como a Defesa Civil Municipal, bem como nas mídias eletrônica e impressa (internet e jornais).

O desenvolvimento de estudos sobre a influência e os impactos associados a eventos extremos, bem como a utilização de metodologias e técnicas estatísticas que permitam um tratamento mais coerente e confiável destes eventos, tornam-se fundamentais, de forma que esses estudos sirvam como subsídios para a gestão pública no tocante à tomada de decisões que possibilitem a realização de medidas preventivas para mitigar os impactos provenientes de episódios pluviométricos concentrados.

Dessa forma, este artigo poderá contribuir para subsidiar outros trabalhos técnicos, auxiliando na organização/estruturação do espaço urbano, oferecendo elementos teóricos e técnicos para que os agentes envolvidos no trabalho de mitigação de impactos oriundos de eventos extremos de chuvas possam atuar de maneira mais eficaz no meio ambiente urbano.

METODOLOGIA

Para a contemplação dos objetivos propostos neste trabalho, fez-se necessária a utilização de alguns materiais e técnicas que serão detalhados a seguir, tais como: revisão bibliográfica de alguns

conceitos (desastre natural, risco, ameaça e vulnerabilidade), a utilização de informações qualificadas presentes na Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, na Coordenadoria de Defesa Civil do Estado do Ceará e em Jornais impressos de circulação local (Jornais *O Povo* e *Diário do Nordeste*).

Além destas informações, será utilizada a técnica estatística dos quantis para analisar o acumulado de chuva diária, no intuito de definir valores extremos diários de chuva para a cidade de Fortaleza.

No intuito de compreender a noção de quantil, admita-se que a chuva em um determinado local, acumulada em certo intervalo do ano (mês, bimestre, trimestre, quadrimestre, semestre, ou até mesmo o ano inteiro etc.), com respeito a anos consecutivos, possa ser representada em termos por uma variável aleatória contínua X .

Dizer que a chuva é uma variável aleatória significa que o valor da sua altura acumulada (em milímetros) não poderá ser previsto com uma exatidão determinística, mas na verdade ela vai ser de natureza probabilística. Ou seja, a altura da chuva ficará compreendida entre dois limites arbitrariamente escolhidos.

“Quantis (“quantiles”, “fractiles”) são medidas de separação para distribuições de probabilidade ou para suas amostras. [...] Até o quantil de ordem 5% estão compreendidos “valores extremos inferiores”, ao passo que a partir do quantil de ordem 95% encontram-se “valores extremos superiores” Decerto são admitidos outros níveis para definir eventos extremos. Menos exigentes, como 15% e 85%. Ou mais exigentes, como 1% e 99%, etc., ou seja, no sentido de caracterizar eventos ainda mais raros”. (XAVIER, 2007, p.3).

Para o presente trabalho, os quantis serão utilizados da seguinte forma: para estabelecer os valores extremos diários da cauda superior quantílica, será utilizada a ordem quantílica $p= 0,99$ e o seu respectivo quantil $Q(0,99)$, representando uma classe extremamente chuvosa, enquanto que na cauda inferior quantílica o quantil utilizado será o $Q(0,01)$. A utilização de quantis extremos e exigentes como estes são necessários quando se utiliza séries históricas extensas. Afinal, serão utilizados dados diários dos Postos Pluviométricos FUNCEME e PICI, no período de 1974-2012 para o município de Fortaleza.

Vale salientar que a maioria das informações utilizadas foram retiradas do Posto Pluviométrico FUNCEME (de 1974 a 2007) e o restante dos valores diários registrados foram retirados do Posto PICI (de 2008 a 2012), pois o Posto FUNCEME só apresentava informações até o ano de 2007. Estes postos da cidade de Fortaleza são, de certa forma, localizados próximos um ao outro. Ou seja, apresentam valores aproximados quanto ao acumulado de chuva. Em estudo recente, Monteiro

(2011) comprovou tal semelhança através de uma análise estatística de correlação, comprovando que os valores acumulados de chuva nos dois postos são muito próximos, apresentando um elevado coeficiente de correlação de aproximadamente 93,5% (figura 2).

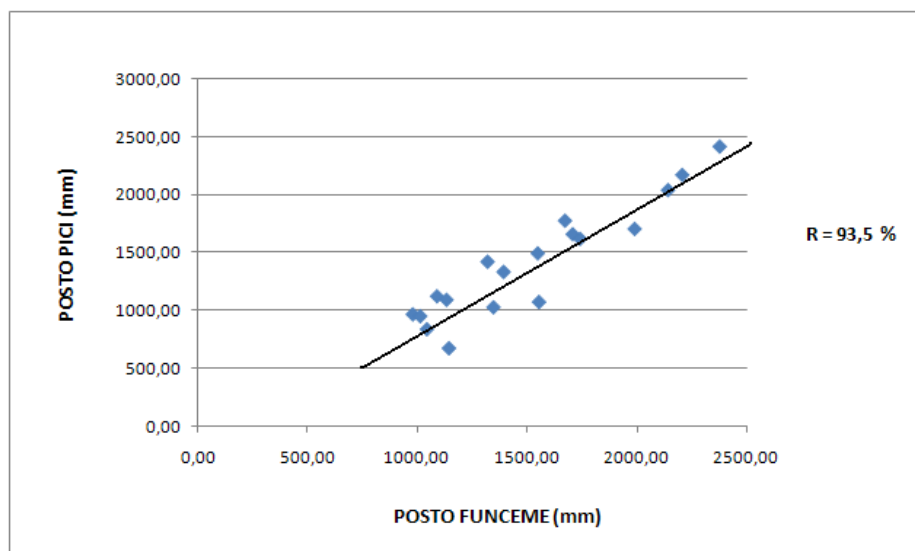


FIGURA 2 – Gráfico de Dispersão entre posto pluviométrico FUNCEME e PICI. Fonte: MONTEIRO, 2011

O objetivo principal com a aplicação desta técnica estatística é identificar os valores extremos diários de chuva que estão localizados na cauda superior quantílica (eventos que geralmente ocasionam fortes inundações), bem como analisar possíveis danos ocasionados na cidade por estes eventos. Além disso, faz-se necessário descartar da análise os eventos de chuva que apresentaram valores diários acumulados abaixo de 10 mm, por se tratarem de chuvas com intensidade baixa (COLLISCHONN et. al., 2008).

Afinal, um evento extremo localizado na cauda inferior quantílica, não pode ser caracterizado como *evento de chuva muito fraco* se, na verdade, não houve ocorrência de chuva (registros nulos). Até porque os registros nulos são demasiadamente elevados em uma cidade como Fortaleza, que apresenta chuvas concentradas em um determinado período do ano, principalmente nos meses de fevereiro, março, abril e maio. Caso fossem considerados os valores abaixo de 10 mm, isso poderia dificultar a interpretação de alguns eventos extremos de acordo com as classes quantílicas que foram definidas na análise estatística.

Eliminando os valores de chuva abaixo de 10 mm, tem-se um tratamento estatístico das informações qualificadas mais coerente, visto que as chuvas só podem ser consideradas intensas em áreas urbanas a partir de 30 mm/h e críticas quando ultrapassam 50 mm/h (CONTI, 2011), causando

verdadeiros traumas ambientais, uma vez que a capacidade dos canais do sistema hidrográfico é insuficiente para conduzir as águas, causando transbordamentos em áreas densamente ocupadas.

Na análise dos valores diários de chuva foram utilizadas seis classes quantílicas, a saber: a) evento de chuva muito fraco; b) evento de chuva fraco; c) evento de chuva moderado d) evento de chuva forte; e) evento de chuva muito forte; f) evento de chuva extremo. Estas serão representadas por intervalos entre os seguintes quantis: Q(0,01), Q(0,05), Q(0,50), Q(0,95), Q(0,99).

Após a definição das classes quantílicas e seus respectivos quantis, os dados foram tabulados (totalizando 1798 observações) e ordenados de forma crescente (do menor valor diário de chuva acumulado para o maior valor de chuva diário acumulado, cada um possuindo um número de ordem que varia de 1 a 1798). Em seguida, para a obtenção dos quantis Q(0,01), Q(0,05), Q(0,50), Q(0,95), Q(0,99), foi aplicada a seguinte fórmula: $Q(P) = y_i + \left\{ \frac{[P - P_i]}{[P_{i+1} - P_i]} \right\} * [y_{i+1} - y_i]$.¹

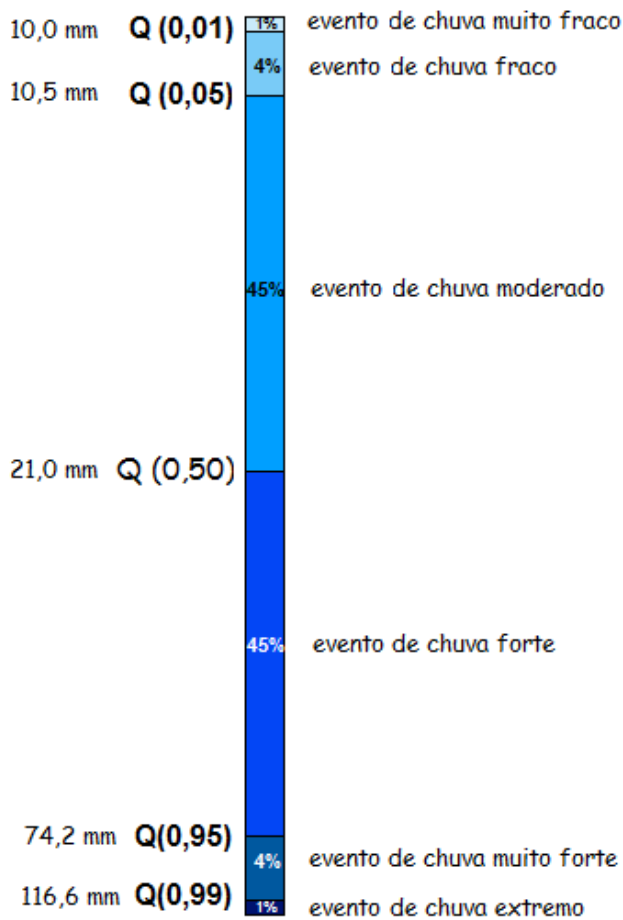
Após a obtenção dos quantis, foram destacados os valores de chuva diária acumulada que ficaram classificados na classe superior quantílica (evento de chuva extremo). Em seguida, foi identificado o dia, mês e ano em que ocorreram tais eventos, no intuito de verificar possíveis impactos socioambientais na cidade de Fortaleza que foram registrados em jornais de circulação local ou em órgãos como a Defesa Civil.

Para facilitar a análise dos eventos extremos diários de chuva na cauda superior quantílica, foram confeccionadas uma régua quantílica e uma tabela com a data de ocorrência do evento extremo de chuva, bem como o total acumulado diário (em mm), no intuito de facilitar a identificação de registros dos danos socioambientais causados, vítimas fatais e número de atingidos por inundações e deslizamentos (se houver).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados diários de chuva da cidade Fortaleza ordenados (do menor valor para o maior valor) em uma tabela e a posterior aplicação da técnica estatística dos quantis, foram definidos os valores para os quantis Q(0,01), Q(0,05), Q(0,50), Q(0,95) e Q(0,99), os quais foram organizados em uma régua quantílica (figura 3) para facilitar a visualização e entendimento da técnica dos quantis. Os respectivos valores obtidos após a aplicação da fórmula foram: 10 mm; 10,5 mm; 21,0 mm; 74,2 mm; 116,6 mm.

¹ $Q(P)$ = Quantil (Ex: Q(0,05) é o quantil que corresponde à ordem quantílica $P = 0,05$); i = número de ordem para cada valor (ordenar de forma crescente); y = valor correspondente a cada número de ordem i (no caso, seria o total pluviométrico em mm); P_i = Ordem quantílica ($P_i = i/(N+1)$); e N = Número de elementos da série.



Onde,

Muito Fraco	=	$X_i \leq Q(0,01)$	→	$X_i \leq 10,0$ mm
Fraco	=	$Q(0,01) < X_i \leq Q(0,05)$	→	$10,0$ mm < $X_i \leq 10,5$ mm
Moderado	=	$Q(0,05) < X_i \leq Q(0,50)$	→	$10,5$ mm < $X_i \leq 21,0$ mm
Forte	=	$Q(0,50) < X_i \leq Q(0,95)$	→	$21,0$ mm < $X_i \leq 74,2$ mm
Muito Forte	=	$Q(0,95) < X_i < Q(0,99)$	→	$74,2$ mm < $X_i < 116,6$ mm
Evento Extremo	=	$X_i \geq Q(0,99)$	→	$X_i \geq 116,6$ mm

FIGURA 3 – Régua quantílica com a definição das classes utilizadas para os valores acumulados diários de chuva

A régua quantílica acima permite uma melhor visualização de como os valores acumulados de chuva (diário) ficaram agrupados em classes distintas utilizadas na pesquisa. É notável que as classes extremas representam apenas 1% das observações, o que permite um tratamento estatístico coerente, visto que são eventos de rara ocorrência. Ou seja, de 1798 dias com chuva acima de 10 mm, em 1% destes foram verificados valores iguais ou acima de 116,6 mm.

Nas classes adjacentes às extremas, pode-se verificar um maior número de observações, com quantis não tão exigentes, com 4% de observações situadas nestas classes (caso das classes de chuva fraca e muito forte). Nas classes que margeiam o quantil $Q(0,50)$, já são utilizados intervalos maiores, onde, em cada um delas, situam-se 45% das observações (caso das classes de chuva moderada e chuva forte).

É bem verdade que os eventos de chuva situados na classe “evento de chuva muito forte” (com precipitações diárias maiores que 74,2 mm e menores que 116,6 mm) poderiam facilmente causar transtornos à cidade de Fortaleza. Porém, cabe aqui destacar que os quantis utilizados neste trabalho são muito exigentes. Afinal, o destaque deve ser dado a eventos de raríssima ocorrência que podem ser devidamente classificados como eventos extremos do ponto de vista estatístico. Assim, o destaque maior será dado aos eventos situados na cauda superior quantílica, onde se encontram registrados os maiores acumulados (em mm) de chuvas diárias ocorridas na cidade de Fortaleza.

A partir deste enfoque e observando os registros iguais ou acima de 116,6 mm, foram identificadas 17 observações. Em seguida, estes dados de chuvas diárias foram ordenados de forma crescente (tabela 1), no intuito de localizar sua data de ocorrência, bem como facilitar o encontro de informações qualificadas (disponíveis em jornais de circulação local ou na mídia eletrônica) referentes a impactos e transtornos ocasionados nas cidades, os bairros mais atingidos, vítimas fatais etc.

Tabela 1 – Eventos extremos de chuva para a cidade de Fortaleza-CE

Data de ocorrência do evento extremo	Total acumulado de chuva (ordenado)
16/03/1991	116,6 mm
03/03/1979	117,7 mm
12/02/1978	122,2 mm
11/04/2001	124,2 mm
10/01/2011	128,8 mm
07/03/2004	135,2 mm
19/03/2003	138,0 mm
01/03/1986	140,4 mm
31/03/1986	142,8 mm
03/04/1985	145,5 mm
01/05/1974	147,0 mm
21/03/1981	161,6 mm
24/04/1997	162,0 mm
02/06/1977	168,0 mm

27/03/2012	197,5 mm
23/06/2012	197,6 mm
29/01/2004	250,0 mm

Fonte: FUNCEME

Certamente, tais eventos de chuva mencionados na tabela acima ocasionaram algum tipo de transtorno na cidade de Fortaleza. Alguns ganharam maior destaque, como por exemplo, o evento extremo ocorrido no dia 24 de abril de 1997, com 162,0 mm de chuva. Alguns registros na mídia eletrônica e impressa ultrapassam tal valor. Porém, tal fato pode ser explicado através da forma como são realizadas as medições na FUNCEME. Na verdade, os valores de acumulados de chuva diária nos Postos da FUNCEME foram registrados de 7h da manhã do dia 24 de abril de 1997 até às 7h da manhã do dia seguinte. Se fosse considerado o acumulado de chuva registrado ainda na madrugada do dia 24 de abril, totalizaria cerca de 270 mm de chuva acumulados, segundo informações do jornal de circulação local *Diário do Nordeste* (Edição de 25 de abril de 1997).

Assim, tal evento extremo foi destaque de capa no referido jornal (figura 4), apresentando alguns registros da Defesa Civil, que identificavam cerca de 2830 casas alagadas, 308 casas destruídas, 403 famílias desabrigadas, dois desaparecidos e uma vítima fatal.



FIGURA 4 – Capa da edição de 25 de abril de 1997 do Jornal Diário do Nordeste. Fonte: Acervo do Diário do Nordeste

Outros eventos extremos também ganharam destaque nas décadas seguintes. No ano de 2003, o evento ocorrido no dia 19 de março, com 138,0 mm de chuva, animou muitos agricultores cearenses. Tais agricultores possuem uma crença de que se chove no dia 19 de março (Dia de São José), a boa safra estará garantida, pois é um indício de que o ano será muito chuvoso. Além desta crença, existem outras inúmeras que permeiam a imaginação do homem do sertão. Alguns se dizem profetas da chuva², e se reúnem anualmente no mês de janeiro para indicar prognósticos para a chuva nos meses seguintes.

As observações dos profetas para prever a chuva são inúmeras. Vão desde precipitações em determinados períodos do ano, como por exemplo: se chover de 7 para 8 de dezembro é sinal de muita chuva no ano seguinte. Ou, até mesmo observações no comportamento de alguns seres da natureza, como por exemplo, as tanajuras (formigas de asa), que se aparecem no período chuvoso determinam a suspensão de chuvas por alguns dias (MONTENEGRO, 2008).

Apesar de sua importância cultural, não cabe aqui analisar a validade de tais profecias, pois isto iria gerar um imenso debate com diferentes visões e este não é objetivo do trabalho aqui proposto. Tais informações apenas ilustram uma observação de viés cultural coincidindo com a ocorrência de um evento extremo que ocasionou impactos socioambientais em algumas cidades. Afinal, neste dia, foram verificadas cerca de setenta ocorrências pela Defesa Civil Municipal, com algumas famílias desabrigadas e que tiveram de ser alojadas em abrigos improvisados por integrantes da Defesa Civil.

A maioria destas famílias residiam em áreas localizadas às margens do rio Maranguapinho, que localiza-se a sudoeste da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, drenando parte dos municípios de Maranguape, Maracanaú, Caucaia e Fortaleza. Nestes dois últimos, observam-se algumas áreas de difícil acesso, com comunidades de baixo poder aquisitivo, bastante vulneráveis do ponto de vista socioambiental e que, na sua maioria, adquiriram os terrenos instáveis das margens do rio através de invasão.

Em períodos de registros desses tipos de eventos, apesar de a Defesa Civil disponibilizar abrigos provisórios, muitas famílias localizadas em áreas de risco às margens do rio Maranguapinho, temem a saída de suas casas, alegando que outras famílias podem invadir seu terreno. Tal atitude acaba potencializando ainda mais a vulnerabilidade destas famílias que ficam mais expostas a um risco iminente, por ocasião da ocorrência de um evento extremo.

Atualmente, as famílias que residem às margens do rio Maranguapinho estão sendo removidas e redirecionadas para conjuntos habitacionais desenvolvidos pela Prefeitura Municipal de Fortaleza. Tal remoção faz parte de um projeto de revitalização desta área considerada de risco.

² Sertanejo que prevê o tempo futuro e cuja profécia pode anunciar o “inverno” (quadra chuvosa).

No ano seguinte (2004), dois eventos extremos foram registrados nos dias 29 de janeiro e 07 de março, respectivamente. O primeiro superou todos os outros eventos extremos diários verificados na cidade de Fortaleza, caracterizando-se, até o presente momento, como o dia mais chuvoso na cidade, de acordo com a série histórica utilizada (1974 a 2012).

Em 24h, foram verificados surpreendentes 250 mm de chuva que afetaram inúmeras comunidades, principalmente aquelas localizadas às margens dos rios Cocó e Maranguapinho. Várias ocorrências foram registradas pela Defesa Civil, o trânsito ficou caótico em diversos pontos da cidade e até parte do calçadão da Av. Beira-Mar (ponto de elevado potencial turístico da cidade) foi destruído. Tal evento também foi destaque de capa do Jornal Diário do Nordeste, na edição de 30 de janeiro de 2004 (figura 5).



FIFURA 5 – Capa da edição de 30 de janeiro de 2004 do Jornal Diário do Nordeste. Fonte: Acervo do Diário do Nordeste

Cerca de 72 mil pessoas foram atingidas em todo o Estado do Ceará pelas chuvas verificadas apenas no mês de janeiro de 2004, quando ainda são consideradas chuvas de pré-estação. 32 Municípios ficaram em situação de emergência e 2 em Estado de Calamidade Pública, necessitando de ajuda do Governo Federal para recuperar áreas afetadas pelas inundações. Tais informações foram divulgadas em coletiva com o Governador do Ceará na época: Lúcio Alcântara, e disponibilizadas em matéria no Jornal Diário do Nordeste, no dia posterior ao evento extremo.

Os danos registrados na cidade foram inúmeros. Cerca de 133 ocorrências foram registradas pela Defesa Civil Municipal. O acesso ao Aeroporto Internacional Pinto Martins foi praticamente impedido devido à interdição de vias que interligam diversos pontos da capital ao aeroporto. Um adolescente de 15 anos foi vítima de afogamento devido ao alagamento na Avenida Rui Barbosa, no bairro Aerolândia. Todas as 92 áreas de risco na cidade, mapeadas até então pela Defesa Civil, ficaram alagadas. Mais de 1700 casas foram danificadas e 2577 famílias foram afetadas somente neste dia, totalizando mais de 19000 famílias atingidas em todo o mês de janeiro, segundo dados da Defesa Civil Municipal.

O evento ocorrido no dia 07 de março de 2004, associado à Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, também provocou sérios prejuízos à cidade de Fortaleza, principalmente para muitas famílias que habitam áreas de risco localizadas às margens do rio Maranguapinho. Segundo informações disponibilizadas na edição do dia seguinte (08 de março) do Jornal Diário do Nordeste, o bairro mais atingido foi o São Miguel, com inúmeras casas alagadas.

Ainda segundo informações disponibilizadas na mesma edição, os locais mais atingidos na cidade pelo evento extremo de 135,2 mm do dia 07 de março, foram as 43 áreas de riscos localizadas nos bairros das Secretarias Executivas Regionais (SERs) V e VI, com impressionantes registros de 11,2 mil famílias atingidas pelas inundações.

Além das ocorrências registradas nas áreas de risco das SERs V e VI, foram verificadas ocorrências em outros pontos da capital, a citar: uma criança tragada por um bueiro no bairro Canidezinho, entre as ruas Padre Renato e Padre Rino; ruas extremamente alagadas no bairro Dias Macêdo (em alguns pontos do bairro o alagamento ocorreu devido ao transbordamento da água do rio Cocó); engarrafamentos e interdições na BR-116 e em diversas avenidas da capital, entre elas as avenidas Engenheiro Santana Júnior, Washington Soares, Pontes Vieira, Raul Barbosa, Murilo Borges, Barão de Studart etc.

Durante o dia, agentes de trânsito estiveram nos pontos de alagamento das vias, desviando o tráfego e orientando motoristas. Além destas ocorrências, três dos seis açudes que abastecem Fortaleza e sua Região Metropolitana (Gavião, Pacoti e Riachão) sagraram neste dia após as chuvas acumuladas que já ocorriam também em dias anteriores.

Mais recentemente, no ano de 2012, ocorreram dois eventos extremos de chuva que ficaram situados no limite superior da cauda quantílica, possuindo acumulados de chuvas diários inferior apenas ao evento extremo que ocorreu no dia 29 de janeiro de 2004. Apesar de ser considerado como um ano relativamente seco por muitos estudiosos, o ano de 2012 surpreendeu a muitos com dois eventos atípicos: um no dia 27 de março de 2012, totalizando 197,5 mm e outro no dia 23 de junho de 2012 com um acumulado diário de 197,6 mm.

Segundo informações obtidas na edição do dia 28 de março de 2012 no Jornal de circulação local *O Povo*, o evento extremo do dia 27 de março foi bem particular, de raríssima ocorrência. Segundo o serviço de meteorologia da FUNCEME, o evento ocorreu devido á atuação conjunta da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT e de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis - VCAN. Isso provocou um acumulado de chuva surpreendente, principalmente se observado o intervalo de 2h40min e 15 horas da tarde, quando 268,5³ mm de chuva caíram sobre a cidade de Fortaleza.

A Defesa Civil Municipal registrou mais de 180 ocorrências, 85 pontos de alagamento na cidade, inundações e 13 desabamentos. Houve também quedas de quatro árvores e problemas em 16 semáforos na cidade, segundo informações obtidas no Jornal *O Povo* do dia seguinte.

Na mesma edição também foram verificadas outras cinco matérias que mencionavam problemas diversos em decorrência do evento extremo de chuva. Em uma delas, estudantes, professores e pesquisadores lamentaram os prejuízos ocasionados às pesquisas em um Campus Universitário da Universidade Federal do Ceará (Campus do PICI). Neste Campus, um açude transbordou, provocando o alagamento de uma Estação de Piscicultura e do Centro de Biotecnologia.

Nas principais vias da capital, motoristas tiveram de enfrentar alagamentos e congestionamentos e, mais uma vez, o sistema de drenagem urbana da cidade não conseguiu suportar o forte volume de chuva acumulado em período tão curto. Como resultado, a população da cidade ficou novamente ilhada em diversos pontos da cidade (Figura 6).



FIGURA 6 – Alguns pontos de alagamento na cidade de Fortaleza no dia 27 de março de 2012. Fonte: Acervo *O Povo*

³ O acumulado diário do dia 27 de março de 2012 registram somente 197,5 mm, pois as medições dos postos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME só levam em consideração o acumulado de chuva entre 7h da manhã de um determinado dia até 7h da manhã do dia seguinte.

Finalmente, o último evento extremo de chuva registrado em Fortaleza até a presente data foi o evento que ocorreu entre os dias 22 e 23 de junho de 2012, com um total acumulado de 197,6 mm. Neste evento foram registrados, além das inundações, 287 ocorrências, 84 pontos de alagamento na cidade (Figura 7) e 13 desabamentos, segundo boletim da Defesa Civil Municipal.



Alguns pontos de alagamento na cidade no dia 22 de junho de 2012. Fonte: Acervo O Povo

De acordo com informações disponibilizadas na edição do dia 23 de junho de 2012 do *Jornal O Povo*, o serviço de meteorologia da FUNCEME destaca que as chuvas ocorreram devido ao sistema atmosférico conhecido como Ondas de Leste, característico da pós-estação chuvosa, entre os meses de junho e julho, no Ceará.

Ainda segundo informações disponibilizadas na mesma edição, o Aeroporto Internacional Pinto Martins também ficou fechado temporariamente para pousos na tarde do dia 22 de junho. Outros casos curiosos também ocorreram na cidade como o alagamento de uma Escola Municipal que deixou 40 crianças ilhadas no bairro Barra do Ceará, necessitando de assistência da Defesa Civil Municipal.

Vale salientar, através da observação dos eventos acima, que a análise quantitativa e qualitativa dos eventos extremos que ocorreram nas últimas décadas na cidade de Fortaleza, indica que as observações dos mesmos podem influenciar diretamente na organização do espaço urbano. Afinal, o conhecimento da dinâmica climática e sua gênese tornam-se fundamentais no intuito de minimizar os impactos provenientes de eventos de chuvas extremas em ambientes urbanos.

CONCLUSÕES

De acordo com as observações realizadas neste trabalho, fica evidente que a cidade de Fortaleza não está estruturada para enfrentar uma forte inundação. A cidade de Fortaleza foi crescendo

com um planejamento urbano deficiente, fato também verificado na maioria das grandes cidades brasileiras. Conseqüentemente, o crescimento urbano desordenado de Fortaleza trouxe consigo inúmeros problemas que potencializaram a vulnerabilidade de muitas famílias que residem na cidade de Fortaleza.

Não se tratam apenas de problemas na infraestrutura urbana. Afinal, a vulnerabilidade é, antes de tudo, um problema social. Muitos indivíduos que residem na cidade, não estão preparados para dar uma resposta positiva frente a um evento extremo de chuva. Afinal, por mais que sejam pequenas atitudes, estas respostas podem minimizar os impactos de uma forte chuva.

É bem verdade que não se deve negar a importância do papel do poder público, figura essencial na tomada de medidas mitigatórias. Nesse sentido, existem forças que devem atuar conjuntamente com um único propósito: minimizar os impactos de uma chuva extrema. Nesse conjunto de forças estão o indivíduo, a família, a comunidade e o próprio poder público.

Porém, este cenário ideal não costuma ocorrer nas grandes metrópoles brasileiras. Mesmo com o risco iminente, as comunidades e o poder público não costumam tomar medidas mitigatórias, acarretando em investimentos maiores para recuperar o local atingido, além de passar por uma situação dramática que gera inúmeros transtornos para a população das grandes cidades.

Muitos cidadãos preferem culpar o poder público. Outros preferem acreditar na força da natureza ou em um castigo divino. É como se o risco fugisse do controle do ser humano, conduzindo muitos habitantes ao conformismo.

Diversos estudiosos já mencionaram que o homem pode “fabricar” a própria situação de risco, através de intervenções sociais e culturais que potencializam o desencadeamento de desastres naturais. Em ambientes urbanos como a cidade de Fortaleza, tal falta é bastante recorrente, dificultando o gerenciamento de desastres naturais.

Certamente, evitar a ocorrência dos eventos extremos de chuva é humanamente impossível. No entanto, é possível minimizar os efeitos ocasionados pelos mesmos. Cidades densamente urbanizadas como Fortaleza, devem estar em constante estado de alerta para a ocorrência de tais eventos. Afinal, não se pode prever os mesmos com exatidão determinística. No mínimo, tais eventos seriam de natureza probabilística.

Além do mais, são eventos que não costumam ocorrer somente entre os meses de fevereiro e maio, associados à Zona de Convergência Intertropical-ZCIT. Ficou claro neste trabalho que precipitações concentradas também ocorrem em períodos de pré-estação, como os eventos extremos verificados no mês de janeiro, e pós-estação, como os eventos registrados no mês de junho, e que os mesmos podem estar associados a outros sistemas atmosféricos, como as Ondas de Leste, os Vórtices Ciclônicos e os Complexos Convectivos de Mesoescala.

O risco nunca vai deixar de existir nas grandes cidades. No entanto, a sociedade precisa identificar as melhores formas de conviver com a situação de risco. As cidades precisam crescer pautadas em um planejamento urbano eficiente e que possa suportar fenômenos naturais de elevada magnitude. Os ambientes instáveis da cidade (caso de margens de rios e lagoas, encostas íngremes etc.) não podem ser ocupados por construções, nem ter sua dinâmica natural totalmente alterada. Ajustamentos podem ser construídos frente a uma situação de risco, ou até mesmo no intuito de minimizar possíveis danos ocasionados por um desastre natural. Assim, a sociedade, de forma geral, precisa conhecer a gênese e o desencadeamento dos fenômenos naturais, contribuindo na percepção da situação de risco e minimizando os impactos provenientes de desastres naturais.

REFERÊNCIAS

ADAMS, John. **Risco**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2009. 288 p.

BRANDÃO, A. M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 47-1-2, 2001.

CAMPOS, Armando. **Educación y prevención de desastres**. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres em América Latina, 1999. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/libros/index.html>> Acesso em: 15 mar. 2008.

CARDONA, Omar Darío. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. In: International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice. **Annals...** Wageningen (Holanda): Wageningen University and Research Centre, 2001. 18 p. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html>> Acesso em: 08 jan. 2009.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. 6ªed. Porto Alegre: IPH UFRGS, 2008.

CONTI, José Bueno. **Clima e meio ambiente**. 7ª ed. São Paulo: Atual Editora, 2011. 96 p.

DESCHAMPS, Marley Vanice. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba**. 2004. 192 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v.1, n°.1, 2005, p. 15-28.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 1991.

LAVELL, Allan. **Gestión de riesgos ambientales urbanos**. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres em América Latina, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. 1999. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html>> Acesso em: 20 dez. 2009

MONTEIRO, J. B. **Chover, mas chover de mansinho**: desastres naturais e chuvas extremas no Estado do Ceará. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará. 2011.

MONTENEGRO, Abelardo F. **Ceará e o Profeta de Chuva**. Fortaleza: Edições UFC, 2008. 356p.

XAVIER, Teresinha de M. B. S; XAVIER, A. F. S; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos**: aplicações em ciências da terra e ambientais. Fortaleza: RDS, 2007. 278 p.

ZANELLA, M. E.. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. In: SILVA, José Borzachiello da; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; ZANELLA, Maria Elisa; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade (Org.). **Litoral e Sertão**: natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expresso Gráfica, 2006. p 195-207.