Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Valoração Econômica de Danos Causados por Inundações na Cidade de Manaus nos Últimos 20 Anos (1999-2018)

Amanda Melo Moreira¹, Maria Aurora Santos da Mota²

¹Aluna no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP 66075900, Belém, Pará. (91)981357759. amanda.mm17@gmail.com (autor correspondente). ²Dr. em Meteorologia, Professora Titular, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP 66075900, Belém, Pará. aurora_ufpa@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 18/08/2019 e aceito em 01/03/2020

RESUMO

A cidade de Manaus, a mais populosa na Amazônia brasileira, sofre com inundações que afetam a qualidade de vida de sua população. Analisar o prejuízo causado por essa problemática pode auxiliar na tomada de decisões sobre investimentos que trarão melhorias à qualidade de vida de seus habitantes. Neste trabalho foi feita uma estimativa de danos oriundos de Eventos Extremos de Precipitação (EEP) ocorridos em residências da cidade, no período de 1999 a 2018. Os EEP foram selecionados a partir da combinação entre os dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e as notícias registradas na mídia local, resultando em um total de 31 eventos nos últimos 20 anos. Notou-se que a ocorrência dos EEP é influenciada pela posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelo fenômeno La Niña. Para estimar os danos foi utilizada a Avaliação Monetária Material Meio Ambiente (AMA), que depende do cálculo do Índice de Pegada da Água (IPA). Por sua vez, o IPA foi calculado tomando por base a altura que a água alcançou após uma chuva ocorrida na cidade. De posse do valor do índice, fez-se o cálculo dos danos ocorridos nos últimos 20 anos, onde obteve-se como resultado o custo de R\$ 6.905.311.148,00, um preço bastante relevante que indica perdas significativas para a população.

Palavras-chave: Precipitação, Eventos Extremos, Valoração de Danos.

Economic Valuation of Damage Caused by Flooding in the City of Manaus over the last 20 Years (1999-2018)

ABSTRACT

The city of Manaus, the most populous on the Brazilian Amazon, suffers with inundations that affects its inhabitants' life quality. To analyze the negative impacts caused by this issue may help on the decision-making process about investments that will bring improvement to the citizens life quality. This paper shows an estimation of damages caused by Precipitation Extreme Events (EEP) that happened on residences of the city during the period of 1999 until 2018. The EEP were selected by the combination of data provided by the National Meteorology Institute – INMET and the reports registered on the local media, resulting in 31 events found on the last 20 years. It was noticed that the occurrence of EEP is influenced by the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and by the La Niña Phenomenon. In order to estimate the damages, it was used the Environment Material Monetary Assessment (AMA), which depends on the calculation of the Water Footprint Index (IPA). The IPA was calculated with the information of how height the water got from accumulating after a rain event occurred on the city. With the Index's value it was calculated the losses occurred on the past 20 years, resulting in a cost of R\$ 6,905,311,148.00, a relevant price that indicates to significant losses to the population.

Keywords: Precipitation, Extreme Events, Damage Assessment.

Introdução

Cidades grandes costumam passar pelo processo de urbanização, onde a direção e intensidade de ventos são alteradas, devido ao crescimento vertical, e a drenagem é modificada por conta da remoção de cobertura vegetal e do asfaltamento que causa a impermeabilização do solo (Tucci, 2003; Corbella e Yannas, 2009).

Frente a esses fatores podem ocorrer alterações na relação entre o local e o regime de chuvas correspondente (Souza, Alvalá e Nascimento, 2016).

Alguns autores têm estudado a forma como a urbanização afeta a precipitação no meio urbano, a exemplo de Golroudbary et al. (2017), que

compararam Eventos Extremos de Precipitação (EEP) ocorridos em áreas urbanas e áreas rurais, no período de 1961 a 2014, na Holanda. Os autores observaram que a quantidade e a intensidade dos eventos aumentaram com o passar dos anos e que esta tendência foi mais forte em áreas urbanas. Este padrão foi notado em todas as áreas do país, porém, na região mais a oeste, as diferenças de precipitação entre áreas urbanas e rurais são mais discrepantes, coincidindo com a área mais populosa.

Um estudo desenvolvido em Tóquio obteve resultados semelhantes ao de Golroudbary et al. (2017), onde foi observado que as precipitações diárias, média e máxima eram maiores em áreas mais urbanizadas (Seino, Aoyagi e Tsuguti, 2016).

No Brasil, Lima e Rueda (2018) analisaram a precipitação na região metropolitana de São Paulo e perceberam que com a urbanização houve um aumento na frequência de dias com eventos extremos de precipitação, sendo que dentre as estações meteorológicas utilizadas para a pesquisa a que apresentou menores alterações ao longo dos anos foi a que se encontra dentro de um parque, onde é mantida a cobertura vegetal.

Na Amazônia, a precipitação é fortemente influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelo fenômeno La Niña (Limberger e Silva, 2016; Moura et al., 2019). Quando a precipitação ocorre em alta intensidade, e o volume excede os padrões definidos como mais comuns, ocorrem eventos extremos de precipitação. Nesses eventos, a precipitação acentuada pode dificultar o processo de drenagem da cidade ocasionando inundações.

A inundação urbana, também conhecida como alagamento, é caracterizada pelo acúmulo de água pluvial em locais utilizados pela população para moradia, comércio, transporte, entre outros, podendo ser causada por diferentes fatores que impedem que a água chegue rapidamente ao seu destino (Tucci, 2003). Tais fatores podem estar relacionados ao processo de urbanização, a ocupação desordenada do solo, a sistemas de saneamento defasados, ao regime de marés e até mesmo à educação ambiental da população (Tucci, 2003; Corbella e Yannas, 2009; Zanella, Sales e Abreu, 2009; Campos, Mota e Santos, 2014).

Por conta desta problemática, diversos locais têm desenvolvido pesquisas para valorar prejuízos decorrentes de inundações, que podem ser de grande auxílio à prevenção de danos e à melhoria da vulnerabilidade da população (Dolman, et al., 2018), pois somente com o conhecimento dos danos é possível traçar estratégias para contorná-los.

No entanto, não há ainda uma metodologia padrão para a valoração de prejuízos causados por inundações. Alguns autores optam por trabalhar o viés puramente econômico, levando em consideração os valores de mercado dos bens, outros buscam a multidisciplinaridade, já que por vezes o bem perdido pode apresentar para o dono um valor que transpõe o estabelecido, e em determinadas ocasiões a perda não é de fácil mensuração.

Susnik et al. (2014) fizeram o cálculo dos danos causados por inundações em Eindhoven, Holanda, através da comparação entre os gastos atuais que a cidade possuía com os prejuízos por alagamentos, como por exemplo os gastos com doenças transmitidas por meio hídrico, e o investimento em medidas que evitassem os impactos negativos. Uma abordagem diferente foi utilizada em São Paulo onde era levada em consideração apenas a produção industrial da cidade e como a chuva havia afetado este setor (Haddad e Teixeira, 2015).

Mendonza (2017) desenvolveu uma metodologia que toma por base a altimetria da cidade e o volume de precipitação para calcular os danos econômicos ocorridos em residências. A valoração foi aplicada à cidade de Belém, que assim como Manaus, apresenta elevado volume de precipitação, e foi observado que em apenas um dia de evento extremo os danos estimados foram no valor de US\$ 122.132.391,00 para a cidade.

Tais estudos são cada vez mais importantes e necessários, visto que as mudanças climáticas tendem a agravar bastante os prejuízos decorrentes de inundações (Nobre et al., 2011). Além disso, outro fator agravante é o efeito na população de menor poder aquisitivo que tende a sofrer mais quando exposta a inundações, por ter poucos recursos financeiros para se recuperar após os danos ocorridos (Nur e Shreshta, 2017).

Por conta da localização geográfica e da disponibilidade hídrica da região, a cidade de Manaus apresenta por natureza alto volume de precipitação, sendo importante que sejam desenvolvidos estudos acerca do comportamento da chuva na cidade e sobre como a população é afetada por eventos extremos, a fim de que os impactos negativos sejam minimizados. Entre 1980 a 2010, a população da cidade cresceu 500%, sendo o aumento da urbanização da cidade seguido pelo aumento tanto da intensidade quanto da quantidade de precipitação (Souza, Alvalá e Nascimento, 2016), tendendo a agravar os problemas de alagamento no local.

Neste trabalho foi feito um levantamento de eventos extremos de precipitação, no período entre os anos de 1999 e 2018, utilizando as

observações feitas na estação meteorológica de Manaus, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2019), e das notícias veiculadas na mídia local. Realizou-se uma breve análise sobre as possíveis influências para o acontecimento destes eventos. Em seguida fez-se uma estimativa de valoração de danos causados por inundações na cidade de Manaus a partir da metodologia proposta por Mendonza (2017), onde são analisados os danos ocorridos a bens materiais em domicílios considerados aglomerados subnormais.

Material e métodos

Área de Estudo - A cidade de Manaus (Figura 1), capital do estado do Amazonas, localizada a 03°08'05" S e 60°01'24" O, com altitude de 92,9 m em relação ao nível do mar

(Governo do Estado do Amazonas, 2018), é caracterizada como uma área urbanizada com 11.401,092 km² que possui uma população estimada em 2.145.444 habitantes, o que representa, aproximadamente 52% da população total do estado, sendo a mais populosa dentre as capitais amazônicas (IBGE, 2010a). O município apresenta precipitação média anual de 2307,4 mm e temperatura média de 26,7 °C (Ramos, dos Santos e Fortes, 2009). A cidade é banhada pelo rio Negro e próximo a ela ocorre o encontro com o rio Solimões, dando origem, em território brasileiro, ao Rio Amazonas (Laraque, Guyot e Filizola, 2009), tendo, portanto alta disponibilidade hídrica.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Dados - Os dados de precipitação da cidade de Manaus (AM) são provenientes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizado pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, referentes ao acumulado em 24h, com observação às 1200 UTC. O período para análise foi referente aos últimos 20 anos, de 1999 a 2018, cujo as notícias de jornais

estão disponíveis em meio eletrônico, permitindo a verificação sobre como a população foi afetada pelo evento de precipitação.

Evento Extremo de Precipitação (EEP) - Para definição de evento extremo, foi utilizada a análise dos Percentis, que consiste primeiramente em uma organização de todos os dados em ordem crescente. Em seguida, os dados são divididos em 100 partes iguais, os chamados percentis, e por fim é feito um

cálculo para isolar o percentil que se deseja. A seguir é apresentada a fórmula do cálculo do percentil (Martins e Donaire, 1979):

$$Pi = lpi + \frac{\left(\frac{in}{100} - \sum f\right) \cdot h}{FPi}$$

Onde:

lpi = Limite da classe Pi , onde $i = 1, 2, 3, \dots, 99$;

n = Tamanho da amostra;

$\sum f$ = Soma das frequências anteriores à classe Pi ;

h = Amplitude da classe;

FPi = frequência da classe Pi .

Neste trabalho, utilizou-se o percentil de 99%, aplicado em planilha eletrônica, ou seja, foram analisados apenas 1% dos eventos ocorridos, tal como foi feito por Santos (2014) e Mendonza (2017), que correspondem aos dias com maior valor de precipitação.

Após aplicar o percentil, analisou-se brevemente a relação sobre as possíveis influências para a ocorrência dos EEP, levando-se em consideração os padrões climatológicos dos últimos 30 anos. Em seguida, foi necessário fazer o levantamento de matérias de jornais para verificar se o evento extremo trouxe danos relevantes à cidade ao ponto de serem feitas notícias reportando o acontecimento (Santos, 2014; Campos, Mota e Santos, 2015; Lima e Amorim, 2015). Esta etapa é de extrema importância, já que a área onde está localizada a estação meteorológica não necessariamente representa as condições climáticas do resto da cidade, visto que o crescimento vertical, o asfaltamento, a poluição, dentre outros fatores, alteram o microclima (Corbella e Yannas, 2009).

De posse dos eventos extremos escolhidos, foi calculado o Índice de Pegada d'água – IPA e a estimativa de danos econômicos através da Avaliação Monetária Material Meio Ambiente – AMA (Mendonza, 2017).

O IPA é calculado a partir da informação da altura alcançada pela chuva, medida em um ponto qualquer na cidade, verificando a relação dessa altura com o nível médio do mar para que não se deixe de levar em consideração a influência da

altimetria no acúmulo de água. Essa relação é calculada a partir da seguinte equação:

$$\text{Altura da medição (h)} = \frac{\text{Medição no ponto}}{\text{Localização ponto de medição referida ao NMM}}$$

De posse do valor de h , é possível calcular o Índice de Pegada da Água – IPA através da equação seguinte adaptada de Mendonza (2017):

$$I_{pa} = \left[\frac{h_{AM}}{PRP_{AM}} \right]$$

Onde:

h_{AM} = Altura medida em Manaus-AM;

PRP_{AM} = Precipitação em Manaus-AM;

Com o valor do IPA, é possível fazer o cálculo da Avaliação Monetária Material Meio Ambiente - AMA, que se encontra expressa na equação abaixo (Mendonza, 2017):

$$AMA = [(NS^Q E^V) I_{pa}] PRP_{mo}$$

Onde:

N = Condição Natural = 1;

S^Q = Condição Social = quantidade de domicílios vulneráveis;

E^V = Condição econômica = Valor do bem material vulnerável;

I_{pa} = Índice de Pegada da Água;

PRP_{mo} = Precipitação no dia do estudo.

Para definir a variável S^Q , foi utilizado o número de domicílios em condição de aglomerados subnormais na cidade de Manaus, que segundo o IBGE (2010b) englobam áreas como favelas, invasões, palafitas e outros, e que por conta de seu padrão de instalação costumam ser mais suscetíveis aos danos.

A variável E^V , foi definida por Mendonza (2017) levando em consideração os bens móveis e a deterioração do imóvel, fazendo uma somatória entre os dois e usando o valor em dólar. Tais valores foram atualizados para melhor representar as condições atuais e do local analisado. Para

definir a deterioração do imóvel, o autor fixou um valor de 42m² como área por domicílio, chegando a um valor de E^V representado por U\$14.848 por domicílio. No presente trabalho, a moeda utilizada foi o real, já que é a moeda do local de estudo.

Como foram analisados diversos eventos extremos ocorridos entre os anos de 1999 a 2018, a AMA foi calculada para cada evento e ao final os valores foram somados a fim de se obter um valor total para os danos ocorridos na cidade durante o período analisado.

Resultados e discussão

Manaus possui dois períodos distintos de precipitação: período chuvoso, que ocorre entre os meses de novembro a maio, onde se concentra 80% do volume de chuvas anual; e menos chuvoso, entre os meses de junho e outubro (Tanaka, Satyamurty e Machado, 2014). Esse

comportamento é notado na Figura 2, que apresenta a precipitação média mensal dos últimos 30 anos (1989 a 2018). O padrão é modulado pela migração latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que nos meses de dezembro a maio (verão austral) está posicionada mais ao sul da linha do equador, alcançando em torno de 2°S, e em anos chuvosos até 5° S de latitude, o que provoca intensas chuvas na região (período chuvoso). No período menos chuvoso (inverno austral) a ZCIT se encontra mais ao norte da linha do equador chegando até a 14° N, reduzindo as chuvas na região Amazônica. Também pode ser notado que o mês de abril é o mais chuvoso, coincidindo com a época que a ZCIT alcança seu limite de deslocamento no sentido sul (março a abril), e o mês de agosto o de menor volume de precipitação, quando a ZCIT alcança seu limite no sentido norte (agosto a setembro) (Melo, Cavalcanti e Souza, 2009).

Figura 2. Precipitação média mensal dos últimos 30 anos (1989 - 2018).

Seleção de Eventos Extremos de Precipitação por Percentil - Após aplicada a técnica de percentil 99 foi identificado um valor de 67,79 mm para o período estudado, que indica que

eventos acima disso seriam extremos de precipitação. Com isso, foram selecionados 74 eventos listados na Tabela 1.

Tabela 1: Eventos extremos de precipitação ocorridos entre os anos de 2000 a 2018.

Data	Vol prec*	Data	Vol prec*	Data	Vol prec*
24/01/1999	67,8	21/03/2004	82,8	21/04/2013	117,4

27/04/1999	133,2	30/03/2005	71,2	22/04/2013	140
14/05/1999	87,2	08/05/2005	69	01/10/2013	114
22/05/1999	89,6	27/02/2006	69,8	20/11/2013	93,1
31/05/1999	81,8	09/05/2006	77,2	08/03/2014	137
14/11/1999	70	15/12/2006	97,4	01/05/2014	73,7
13/01/2000	83	29/12/2007	76,1	05/05/2014	89,2
05/02/2000	107,6	10/01/2008	74,4	10/05/2014	68,5
15/04/2000	90,2	15/03/2008	78,4	10/11/2014	89,6
20/04/2000	154,4	26/04/2008	84,2	15/12/2014	71,7
01/08/2000	79,8	27/12/2008	77,4	24/03/2015	110,4
29/09/2000	97,5	16/11/2009	72	10/05/2015	68,5
15/11/2000	74,2	10/02/2010	124,8	11/04/2016	72,8
31/01/2001	68,9	27/03/2010	78	07/10/2016	70,5
27/02/2001	96,9	21/12/2010	132,5	21/11/2016	117,8
24/05/2001	68,2	26/03/2011	71,2	21/12/2016	96,2
08/01/2002	67,8	27/04/2011	96	28/12/2016	116,6
10/01/2002	79,6	30/04/2011	116,2	23/01/2017	99,4
06/04/2002	76,6	15/11/2011	78,6	05/04/2017	142
14/10/2002	74,2	07/01/2012	85,2	24/11/2017	71,7
10/12/2002	90,8	08/04/2012	69,6	01/12/2017	92
22/02/2003	138,8	31/10/2012	81,4	26/12/2017	68,2
02/04/2003	95	11/11/2012	83	24/02/2018	71,3
05/10/2003	69,1	03/01/2013	74,4	04/12/2018	83,7
18/03/2004	116,5	07/03/2013	87,5		

*Volume de precipitação (mm)

Nota-se que, durante o período estudado, ocorreram alguns casos de EEP muito próximos, com diferença menor ou igual a 5 dias. Estas ocorrências são preocupantes, pois dificultam com que as áreas alagadas se recuperem mais rapidamente. Além disso, fatores como a urbanização e a alteração da drenagem natural tendem a atrapalhar o processo (Tucci, 2003). Foram observados seis casos de eventos próximos, sendo que todos aconteceram durante o primeiro semestre do ano, mais precisamente no período chuvoso (Tanaka, Satyamurty e Machado, 2014).

O primeiro caso observado foi no ano de 2000 com eventos ocorridos nos dias 15 (90,2 mm) e 20 (154,4 mm) do mês de abril, como pode ser verificado na Tabela 1. É importante ressaltar que entre esses dois eventos a chuva não cessou, chovendo ainda 54,4 mm no dia 16 e chuva fraca (1,8 a 17 mm) entre os dias 17 e 19, de tal forma que em menos de uma semana a precipitação acumulada foi equivalente a 317,8 mm, representando quase 60% do total acumulado no mês, que foi de 535,4 mm, e ficando muito próxima à média climatológica de abril, equivalente a Souza, L. S. B.; Moura, M. S. B.; Sedyama, G.C.; Silva, T.G. F.

330,34 mm (Figura 2). O ano de 2000 esteve sob a influência do fenômeno La Niña (CPTEC/INPE, 2019), o que favoreceu a intensificação dos eventos para o mês de abril, o qual já é o mês mais chuvoso da média climatológica devido ao posicionamento da ZCIT (Melo, Cavalcanti e Souza, 2009).

No ano de 2002 também se observam eventos próximos, entre os dias 08 (67,8 mm) e 10 (79,6 mm) de janeiro. No entanto, no dia 09 não houve registro de precipitação pelo INMET, o que possibilita que a cidade tenha se recuperado. Além disso, o volume de chuvas representou 38,7% do total do mês (380,8 mm), que comparado aos outros casos, é de menor relevância. Neste ano houve ocorrência de El Niño, porém o mês em questão não esteve sob influência de ENOS (NOAA, 2019).

Durante o mês de março do ano de 2004 observa-se dois eventos com três dias de diferença entre eles, os EEP do dia 18 (116,5 mm) e do dia 21 (82,8 mm). Entre estes eventos foi registrada chuva fraca (11,2 mm). Consequentemente, no período de quatro dias choveu o equivalente a 210,5 mm, representando quase 50% do volume de

chuvas registrado no mês (424,2 mm) e cerca de 67% da média mensal (Figura 2). Porcentagem semelhante foi alcançada pelos eventos ocorridos no mês de abril do ano de 2011, nos dias 27 (96 mm) e 30 (116,2 mm). Nos dias entre os eventos extremos houve registro de chuva fraca (0,4 e 18 mm), indicando que neste período a precipitação não cessou, alcançando um acumulado de 230,6 mm, 44,7% do total de chuvas registradas em abril de 2011 (515,9 mm) e quase 70% da média climatológica do mês (330,34 mm). Assim como no ano de 2000, o primeiro semestre de 2011 esteve sob influência de La Niña, ajudando a intensificar as chuvas que já ocorrem normalmente durante o mês de abril.

No ano de 2013 houve eventos consecutivos, nos dias 21 (117,4 mm) e 22 (140 mm), registrados também no mês de abril. Em apenas dois dias a precipitação acumulada registrou 257,4 mm, ou seja, aproximadamente 78% do esperado para o mês, segundo a média dos últimos 30 anos (Figura 2) e 61,2% do volume de precipitação registrado no mês (420,6 mm). No ano seguinte, no mês de maio ocorreram três eventos próximos: no dia primeiro, com precipitação de 73,7 mm; no dia 05 com 89,2 mm; e no dia 10 com 68,5 mm. Entre o primeiro e o segundo evento

houve chuva fraca (8,9 e 4,4 mm), e entre o segundo e o terceiro evento houve apenas um dia de chuva fraca (13,7 mm) e três dias sem chuva. Devido à ocorrência destes EEP e às chuvas fracas entre eles, em um período de dez dias, o acumulado foi de 258,4 mm, superando a média do mês, equivalente a 240,23 mm (Figura 2), e representando quase 63% do volume total registrado em maio de 2014 (411,3 mm).

É possível observar que entre os seis casos registrados, três aconteceram no mês de abril e um aconteceu no mês de março, que, como exposto anteriormente, é a época que a ZCIT alcança seu deslocamento máximo no sentido sul (Melo, Cavalcanti e Souza, 2009), ressaltando a influência de sua posição na incidência de eventos extremos. Observa-se também que dois registros ocorreram em períodos sob influência de La Niña, confirmando a importância do fenômeno para a intensificação das chuvas na região (CPTEC/INPE, 2019; NOAA, 2019).

Com relação aos acontecimentos por mês, é possível notar pela Figura 3 que o mês de abril, ao longo do período analisado, foi o que exibiu maior quantidade de eventos, com um total de 13 EEP. Em contrapartida, nos meses de junho e julho não foi encontrado nenhum evento.

Figura 1. Ocorrência de eventos extremos de precipitação por mês, entre os anos de 2000 a 2018.

Sendo assim, o mês de abril possui a maior média climatológica (Figura 2), o maior número de eventos extremos de precipitação e o maior número de ocorrências de EEP próximos. Ressaltando-se novamente a importância da passagem da ZCIT pela cidade de Manaus nessa época.

A ocorrência dos EEP para o período estudado faz jus ao comportamento climático dos últimos 30 anos, entre 1989 a 2018, onde observa-se que 67 entre os 74 eventos selecionados, cerca de 90%, ocorreram entre os meses de novembro a maio, ou seja, no período chuvoso (Tanaka, Satyamurty e Machado, 2014). Os meses menos

chuvosos (junho, julho, agosto, setembro e outubro) são os que apresentam poucos ou mesmo nenhum número de EEP. No entanto, apesar de serem menos comuns, houve EEP registrados fora do período chuvoso. Acontecimentos do tipo já foram analisados na região, como o estudo de Farias et al. (2017), mostrando que existem outras influências além da ZCIT.

Quando analisados por ano, os EEP são influenciados por outros fatores. Na Figura 4 apresenta-se a quantidade de eventos ocorridos em cada ano ao longo do período estudado.

Nota-se que os anos de 1999 e 2000 apresentaram elevado número de eventos extremos de precipitação (EEP), sendo o segundo ano o que apresentou maior quantidade de eventos, com um total de sete ocorrências. Este acontecimento pode estar relacionado ao fenômeno La Niña, que

ocorreu neste período (1999-2000) e que foi classificado como sendo moderado. Já entre os anos de 2002 a 2003 houve ocorrência de El Niño, classificado também como moderado. Entre 2006 a 2007 também houve influência de El Niño moderado, sendo seguido por La Niña moderada entre 2007 a 2008, com o ano de 2007 de transição entre as fases, apresentando apenas um EEP. Entre os anos de 2009 (com apenas um EEP) a 2010 houve novamente El Niño moderado, seguido por La Niña moderada, com resfriamento da temperatura do oceano pacífico desde o segundo semestre do ano de 2010 até o primeiro semestre de 2011. Entre os anos de 2015 e 2016 ocorreu El Niño classificado como forte e entre 2017 e 2018 ocorreu La Niña moderada (CPTEC/INPE, 2019; NOAA, 2019).

Figura 2. Ocorrência de eventos extremos de precipitação por ano, entre os anos de 2000 a 2018.

O fenômeno El Niño Oscilação-Sul (ENOS) tem grande influência sobre a Amazônia, tanto na fase fria (La Niña) quanto na fase quente (El Niño), causando, respectivamente, aumentos e diminuições no volume de precipitação (Limberger e Silva, 2016; Moura et al., 2019). No entanto, os eventos extremos podem ser influenciados por outros fatores, permitindo que ocorra um número significativo de EEP em anos de El Niño, como aconteceu em 2002. No ano em questão quatro dos cinco EEP observados ocorreram no período chuvoso, sendo influenciados pela ZCIT.

Existem ainda outros mecanismos que não foram abordados neste trabalho e que podem ter influenciado nas ocorrências de eventos extremos de precipitação ao longo do período estudado, como, por exemplo, linhas de instabilidade e ilhas

de calor (Souza, Alvalá e Nascimento, 2016; Farias et al., 2017).

Notícia da Mídia Local - Após ter isolado os eventos extremos registrados na estação

meteorológica do INMET, foi feita a análise de notícias de jornais para verificar a influência desses eventos para a cidade e população. As notícias analisadas na mídia local foram as ocorridas no dia anterior, dia do evento e dia seguinte ao EPP registrado. Optou-se por essa análise, pelo fato de que o registro às 1200 UTC, representa a chuva das últimas 24 horas, portanto, tem informação tanto do dia da leitura quanto no dia anterior a leitura. Além disso, a mídia costuma registrar o problema no dia de ocorrência ou no dia posterior ao EEP.

Foram levados em consideração termos como chuva, inundações, cheias, alagamentos e outros semelhantes para fazer a pesquisa (Lima e Amorim, 2015).

Entre os 74 eventos, identificados como EEP pela técnica de percentil, foram observadas notícias relatando ocorrência de chuva em 31 deles, que podem ser visualizados na Tabela 2. As notícias foram encontradas no Jornal do Commercio, A Crítica, Em Tempo e nos portais de notícias G1 e D24AM.

Tabela 2: Notícias da mídia local

Data	Precipitação	Mídia	Notícia
27/04/1999	133,2	Jornal do Commercio	Obras da Constantino Nery resistem ao temporal
18/03/2004	116,5	Jornal do Commercio	Chuvas alagaram zona sul da cidade e destelharam ribeirinhos
10/02/2010	124,8	O Globo	Chuva causa desmoronamentos em três regiões de Manaus
21/12/2010	132,5	D24AM	Empresas apontam chuva como causa para vôos atrasados, Infraero nega
26/03/2011	71,2	D24AM	Chuva transborda bueiros e causa engarrafamento na Torquato Tapajós
27/04/2011	96	D24AM	Defesa Civil registrou 98 ocorrências após chuva desta quarta-feira
15/11/2011	78,6	D24AM	Chuva na madrugada causa estragos no Campos Sales, em Manaus
08/04/2012	69,6	D24AM	Chuva abre cratera e acentua deslizamento na zona leste de Manaus
11/11/2012	83	D24AM	Volume de chuvas atinge 154,8 milímetros em apenas uma semana em Manaus
07/03/2013	87,5	D24AM	Manaus já registrou metade da chuva esperada para março
21/04/2013	117,4	Em Tempo	Chuva castiga Manaus e causa alagação em vários pontos
22/04/2013	140	Em Tempo	Chuva causa destruição em alguns bairros de Manaus
01/10/2013	114	D24AM	Danos causados por chuva interrompem aulas e deixam bairros sem energia
20/11/2013	93,1	Em Tempo	Bairros da Zona Leste foram os mais afetados pelas chuvas de ontem

08/03/2014	137	G1	Mais de 10h de chuva causam 2 mortes e alagamentos em Manaus
10/05/2014	68,5	Em Tempo	Ponte desaba durante a chuva e deixam moradores do Augusto Montenegro isolados
10/11/2014	89,6	Em Tempo	Chuva antecipa entrada no Enem e causa desabamento em Manaus
15/12/2014	71,7	Em Tempo	Chuva alaga ruas e casas em Manaus, causando prejuízos a famílias
24/03/2015	110,4	Em Tempo	Igarapé transborda e inunda oito casas na Zona Norte de Manaus
10/05/2015	68,5	Em Tempo	Defesa Civil registra oito ocorrências durante a chuva em Manaus
11/04/2016	72,8	G1	Forte chuva causa desabamentos e deixa ruas de Manaus alagadas
21/11/2016	117,8	Em Tempo	Forte chuva causa alagamentos e deixa trânsito lento em Manaus
21/12/2016	96,2	Em Tempo	Danos causados por temporal são avaliados em Manaus
28/12/2016	116,6	Em Tempo	Ponte rachada na avenida das Torres deixa motoristas apreensivos
23/01/2017	99,4	Em Tempo	Muros de escolas e UBS desabam neste domingo
05/04/2017	142	A Crítica	'A água estava passando da cintura', diz militar que resgatou vítimas em carro ilhado
24/11/2017	71,7	Em Tempo	Motorista não sabe dirigir na chuva? Especialistas explicam por que o fenômeno afeta tanto o trânsito de Manaus
01/12/2017	92	A Crítica	Chuva em Manaus causa alagamentos e desabamentos de árvores na cidade
26/12/2017	68,2	A Crítica	População precisa exercer a paciência para se locomover em Manaus neste fim de ano
24/02/2018	71,3	Em Tempo	Dois graves acidentes são registrados em menos de 24h em Manaus
04/12/2018	83,7	Em Tempo	Chuva forte deixa pontos de alagamento em Manaus

Percebeu-se que quanto mais antigo o evento, mais difícil foi encontrar notícias na mídia online, o que não significa que os eventos não ocorreram ou que não foram registrados. No entanto, para os fins deste trabalho, eventos sem registro em meio eletrônico não foram contabilizados.

Souza, L. S. B.; Moura, M. S. B.; Sediya, G.C.; Silva, T.G. F.

Durante a pesquisa, foi observado que por vezes foram encontradas em jornais notícias de impactos negativos causados por precipitações, cujo valor registrado na estação meteorológica do INMET não era relevante. Tal fenômeno está de acordo com o exposto por Corbella e Yannas

(2009) que explicam que a urbanização acarreta microclimas no meio urbano, que podem resultar em um evento extremo que ocorre em uma parte da cidade sem necessariamente afetá-la como um todo.

Cálculo do Índice de Pegada da Água (IPA) - Para fazer o cálculo do IPA, foi utilizado a altura de 1,4 cm, medida após a chuva do dia 10 de maio de 2019, na área da estação meteorológica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), onde a altitude é de 31m em relação ao nível médio do mar. Ao se aplicar essas informações na equação da altura da medição, encontrou-se o valor 0,0004516 cm. Utilizou-se esse valor na equação do IPA levando em consideração que no dia

analisado, de acordo com a estação convencional do INMET, a precipitação acumulada correspondeu a 8,4mm. Aplicando essas informações à fórmula do IPA, após ter sido feita conversão para que todas ficassem na mesma unidade, obteve-se o índice de 0,0005376, que possibilita o cálculo da altura da água a cada milímetro precipitado tomando por base o nível médio do mar, ou seja, a altura aumenta conforme a precipitação aumenta. Na Figura 5 são apresentadas as alturas que teriam sido alcançadas no ponto de medição analisado, com base no IPA calculado, para cada evento extremo estudado neste trabalho.

Figura 3. Altura de medição da água calculada a partir do IPA.

Sendo assim, para o dia 05 de abril de 2017, por exemplo, onde o volume de precipitação acumulada correspondeu a 142 mm (o maior dentro da série analisada), foi calculada a altura que água teria alcançado no local de medição e que seria de 23,6 cm.

Ressalta-se que o IPA é calculado considerando a altimetria e a precipitação local, logo, não analisa outros fatores que podem influenciar no acúmulo de água em uma cidade, como o funcionamento da rede de drenagem, o regime de marés ou a educação ambiental da população (Tucci, 2003; Corbella e Yannas, 2009; Zanella, Sales e Abreu, 2009; Campos, Mota e Santos, 2014). Dessa forma, o IPA funciona para estimar a altura da água em uma situação na qual não haveria outras intervenções.

Cálculo da Avaliação Monetária Material Meio Ambiente - Para a variável S^Q , foi utilizado o dado do Censo Demográfico de 2010 do IBGE (2010b), segundo o qual existem 72.762 domicílios em

aglomerados subnormais na cidade de Manaus. É provável que esse número tenha se alterado se comparado ao momento atual, porém são os dados mais recentes disponíveis.

Em relação aos bens materiais móveis, foi levada em consideração a inflação do ano de 2018 (IBGE, 2019a) para atualizar os dados de Mendonza (2017), de tal modo que o novo valor de

bens materiais móveis passou a ser R\$ 12.325,50. Para fazer a atualização do valor de deterioração do imóvel foi utilizado o dado do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (IBGE, 2019b), onde o valor do metro quadrado no estado do Amazonas em maio de 2019 corresponde a R\$1.100,53. Calculando esse valor para uma residência média de 42 m² (Mendonza, 2017) tem-se como resultado R\$ 46.222,26. Sendo assim, a variável E^V apresenta o valor de R\$ 58.547,76 (Tabela 3).

Tabela 3: Valor de E^V . Fonte: Autores.

Bens Móveis	Bem imóvel	Valor do bem vulnerável (E^V)
-------------	------------	-----------------------------------

R\$ 12.325,50	R\$ 46.222,26	R\$ 58.547,76
---------------	---------------	---------------

De posse dessas informações e do valor do IPA, foi calculada a Avaliação Monetária Material Meio-Ambiente (AMA). Para cada dia de evento extremo encontrado na combinação entre dados do INMET e notícias da mídia local foi calculado um valor de prejuízo, os quais foram somados para que fosse obtido um valor total para o período estudado. Assim, na Tabela 4 encontram-se os valores de AMA para cada evento e o valor para o período.

Tabela 4: Valores de AMA para EEP selecionados após pesquisa na mídia local. Fonte: Autores.

Data	Prec	AMA	Data	Prec	AMA
27/04/1999	133,2	305055174,9	10/11/2014	89,6	205202279,8
18/03/2004	116,5	266808767,9	15/12/2014	71,7	164207627,9
10/02/2010	124,8	285817461,2	24/03/2015	110,4	252838523,4
21/12/2010	132,5	303452032,1	10/05/2015	68,5	156878975,1
26/03/2011	71,2	163062525,9	11/04/2016	72,8	166726852,4
27/04/2011	96	219859585,5	21/11/2016	117,8	269786033,1
15/11/2011	78,6	180010035,7	21/12/2016	96,2	220317626,3
08/04/2012	69,6	159398199,5	28/12/2016	116,6	267037788,3
11/11/2012	83	190086933,3	23/01/2017	99,4	227646279,2
07/03/2013	87,5	200392851,4	05/04/2017	142	325208970,3
21/04/2013	117,4	268869951,5	24/11/2017	71,7	164207627,9
22/04/2013	140	320628562,2	01/12/2017	92	210698769,5
01/10/2013	114	261083257,8	26/12/2017	68,2	156191913,9
20/11/2013	93,1	213217993,9	24/02/2018	71,3	163291546,3
08/03/2014	137	313757950,2	04/12/2018	83,7	191690076,1
10/05/2014	68,5	156878975,1	Total		6950311148

Nota-se então que para o período de 1999 a 2018 as inundações na cidade de Manaus trouxeram danos em torno de R\$ 6.905.311.148,00 para a população, ou seja, aproximadamente sete bilhões de reais em danos durante os últimos 20 anos. Este valor é uma estimativa, visto que cada casa possui bens diversos com valores distintos, porém é um valor bastante elevado que chama atenção para os potenciais danos que a população de Manaus sofre.

Ressalta-se que esse valor é referente somente aos danos ocorridos em residências localizadas em aglomerados subnormais, ou seja, não é contabilizado o dano no restante da cidade. É possível e provável que outras residências, que não entraram na contabilização, também sejam afetadas, tal como observado por Santos (2014) na cidade de Belém, onde foi notado que as inundações não se restringem somente a bairros onde reside a população mais carente.

Além disso, não necessariamente a população de menor poder aquisitivo e, portanto, mais vulnerável (Nur e Shreshta, 2017), reside na área contabilizada. De tal modo que, se fossem contabilizados os danos por cada domicílio da cidade, contabilizando cada bem móvel e a área precisa de cada imóvel, o valor estimado seria provavelmente superior.

Conclusões

Por conta de sua posição geográfica, a cidade de Manaus possui elevado índice pluviométrico. Tal fator somado à urbanização da cidade faz com que estudos acerca da precipitação local sejam bastante relevantes para a qualidade de vida da população.

Para o período analisado, Manaus apresentou eventos extremos de precipitação bastante significativos e que são notavelmente influenciados pelo posicionamento da Zona de

Convergência Intertropical e pelo fenômeno La Niña. Observa-se que os eventos selecionados pela técnica do percentil nem sempre foram encontrados em notícias da mídia local, bem como por vezes eram encontradas notícias cujo volume registrado pelo INMET não era significativo. Isto indica a diferença de microclima entre a localização da estação meteorológica e as demais áreas da cidade.

Entretanto, no período estudado, não foi verificada uma relação direta entre a urbanização e os eventos extremos de precipitação, o que não implica na inexistência da relação, apenas indica que para os últimos 20 anos não houve tendência clara. Ressalta-se que os EEP afetam a população diretamente, podendo ocasionar inundações no meio urbano, em função da alteração da drenagem natural. Dessa forma, locais onde há grande precipitação e que são mais urbanizados, seriam mais suscetíveis a sofrerem impactos negativos causados por EEP.

A informação do Índice de Pegada da Água possibilita ter uma noção do acúmulo em eventos nos quais não houve medição, porém, como o IPA não contabiliza outros fatores que possam influenciar na altura de medição, é possível que em uma situação real a altura de medição fosse diferente. O IPA também é importante para o cálculo dos danos causados por inundações através da Avaliação Monetária Material Meio-Ambiente (AMA). Para um período de 20 anos, as perdas estimadas em quase sete bilhões de reais são de extrema relevância e podem chamar atenção aos investimentos que poderiam ser feitos para que estes prejuízos fossem evitados.

Mesmo não sendo um valor absolutamente preciso, o cálculo da AMA mostra uma estimativa acerca dos danos que a população sofre por conta de fatores que estão fora de seu controle. Talvez uma pesquisa mais profunda entre cada domicílio afetado e os prejuízos ocorridos ajudasse o cálculo a ser mais acurado, no entanto, o fato de ser um valor estimado, não significa que não seja relevante, já que apresenta fatores importantes a serem levados em consideração e chama atenção aos altos valores de prejuízo. A avaliação é, portanto, bastante pertinente e poderia ser explorada em outras localidades do Brasil que sofram com a mesma problemática.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem também ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados disponibilizados e ao Gusthavo André Rodrigues da Silva por sua solicitude.

Referências

- Campos, T. L. O. B.; Mota, M. A. S.; Quadros Dos Santos, S. R., 2015. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. *Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 10. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1433>. Acesso: 20 jun. 2019.
- Corbella, O.; Yannas, S., 2009. O meio ambiente urbano. In: Corbella, O.; Yannas, S. (Org.), *Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos - Conforto Ambiental*. Editora Revan, Rio de Janeiro, pp. 54-57.
- CPTEC/INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019. El Niño e La Niña. Disponível: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso: 10 fev. 2019.
- Dolman, D. I. et al., 2018. Re-thinking socio-economic impact assessments of disasters: The 2015 flood in Rio Branco, Brazilian Amazon. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 31. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.04.024>. Acesso: 25 mai. 2019.
- Farias, C. de S. et al., 2017. Análise do Evento Extremo Chuvoso de 30 de Setembro de 2013 Ocorrido na Cidade de Manaus. *Ciência e Natura* 39. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x22693>. Acesso: 22 jul. 2019.
- Golroudbary, V. R. et al., 2017. Detecting the effect of urban land use on extreme precipitation in the Netherlands. *Weather And Climate Extremes* 17. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2017.07.003>. Acesso: 20 mai. 2019.
- Governo do Estado do Amazonas, 2018. Anuário Estatístico do Amazonas: 2016. Manaus. 533 p.
- Haddad, E. A.; Teixeira, E., 2015 Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. *Habitat International* 45. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.023>. Acesso: 19 mai. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010a. Brasil em Síntese. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama>. Acesso: 20 jan. 2019.
- _____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010b. Censo Demográfico, 2010. Rio de Janeiro.
- _____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019a. Com menor dezembro do Plano Real, inflação fecha o ano em 3,75% e

- cumprir meta. Disponível: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/23561-com-menor-dezembro-do-plano-real-inflacao-fecha-o-ano-em-3-75-e-cumprir-meta>. Acesso: 12 jul. 2019.
- _____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019b. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=destaques>. Acesso: 18 jun. 2019.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2019. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso: 07 maio 2019.
- Laraque, A.; Guyot, J. L.; Filizola, N.. 2009. Mixing processes in the Amazon River at the confluences of the Negro and Solimões Rivers, encontro das águas, Manaus, Brazil. Hydrological Processes 23. Disponível: <https://doi.org/10.1002/hyp.7388>. Acesso: 08 mai. 2019.
- Lima, A. P.; Amorim, M. C. de C. T., 2015. Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na cidade de São Carlos a partir de notícias de jornal. Revista Brasileira de Climatologia 15, p.182-204.
- Lima, G. N. de; Rueda, V. O. M., 2018. The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impact on the climate. Weather And Climate Extremes 21. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.05.002>. Acesso 09 mai. 2019.
- Limberger, L.; Silva, M. E. S., 2016. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. GEOUSP: Espaço e Tempo [online] 20. Disponível: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892>. Acesso: 10 mai. 2019.
- Martins, G. de A.; Donaire, D., 1979. Princípios de Estatística: 900 exercícios resolvidos e propostos. 4 ed. Atlas S.A., São Paulo.
- Melo, A. B. C. de; Cavalcanti, I. F. de A.; Souza, P. P., 2009. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico, in: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque et al (Org.). Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos, São Paulo, pp. 25-41.
- Mendonza, R. R., 2017. Avaliação Monetária dos Prejuízos Causados por Chuvas Intensas nas Cidades de Belém do Pará, Brasil e Carrillo de Guanacaste, Costa Rica. Dissertação (Mestrado). Belém, UFPA.
- Moura, M. M. et al., 2019. Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. Science of The Total Environment 651. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.242>. Acesso: 19 jul. 2019.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019. Climate Prediction Center - ONI. Disponível: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 11 jun. 2019.
- Nobre, C. A. et al., 2011. Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. In: Motta, R. S., et al. (eds.), Mudanças do Clima no Brasil: Aspectos econômicos, sociais e regulatórios. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, pp. 233-260.
- Nur, I.; Shrestha, K. K., 2017. An Integrative Perspective on Community Vulnerability to Flooding in Cities of Developing Countries. Procedia Engineering 198. Disponível: <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.141>. Acesso: 08 mai. 2018.
- Ramos, A. M.; Dos Santos, L. A. R.; Fortes, L. T. G. (Ed.), 2009. Normais climatológicas do Brasil, 1961-1990. Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, Brasília.
- Santos, J. S. dos., 2014. Frequência de Precipitação e Impactos Decorrentes Associa/dos à chuva na cidade de Belém - PA. Dissertação (Mestrado). Belém, UFPA.
- Seino, N.; Aoyagi, T.; Tsuguti, H., 2016. Numerical simulation of urban impact on precipitation in Tokyo: How does urban temperature rise affect precipitation?. Urban Climate 23. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2016.11.007>. Acesso: 05 mar. 2019.
- Souza, D. O. de; Alvalá, R. C. dos S.; Nascimento, M. G. do., 2016. Urbanization effects on the microclimate of Manaus: A modeling study. Atmospheric Research 167. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.08.016>. Acesso: 21 jul. 2019.
- Susnik, J. et al., 2014. Assessment of the Effectiveness of a Risk-reduction Measure on

- Pluvial Flooding and Economic Loss in Eindhoven, the Netherlands. *Procedia Engineering* 70. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.179>. Acesso: 08 mai. 2018.
- Tanaka, L. M. D. S.; Satyamurty, P.; Machado, L. A. T., 2014. Diurnal variation of precipitation in central Amazon Basin. *International Journal Of Climatology* 34. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.3929>. Acesso: 25 jul. 2019.
- Tucci, C. E. M., 2003. Inundações e Drenagem Urbana: Inundações Urbanas. In: Tucci, Carlos E. M.; Bertoni, Juan Carlos (Org.). *Inundações Urbanas na América do Sul*. ABRH, Porto Alegre, pp. 45-46.
- Zanella, M., Sales, M., & Abreu, N., 2009. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza, CE. *GEOUSP: Espaço e Tempo*, 25. Disponível: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2009.74112>. Acesso: 05 mar. 2019.