



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

AMANDA MELO MOREIRA

**VALORAÇÃO DE DANOS DE INUNDAÇÕES EM TRÊS CAPITAIS
DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Belém, PA
2020

AMANDA MELO MOREIRA

**VALORAÇÃO DE DANOS DE INUNDAÇÕES EM TRÊS CAPITAIS
DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia

Linha de pesquisa: Interação Clima, Sociedade e Ambiente

Orientadora: Prof. Dr. Maria Aurora Santos da Mota

Belém, PA
2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M835v Moreira, amanda melo
Valoração de danos de inundações em três capitais da Amazônia
brasileira / Amanda Melo Moreira. — 2020.
72 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Maria Aurora Santos da Mota
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade
Federal do Pará, Belém, 2020.

1. Precipitação. 2. Eventos Extremos. 3. Valoração de Danos.
4. Aglomerados Subnormais. I. Título.

CDD 551.57709811

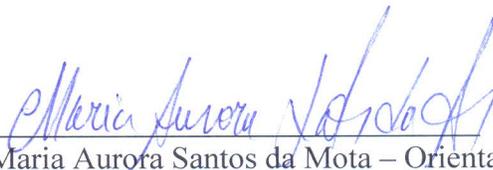
AMANDA MELO MOREIRA

**VALORAÇÃO DE DANOS DE INUNDAÇÕES EM TRÊS CAPITAIS DA
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 17 / 02 / 2020

Banca Examinadora:



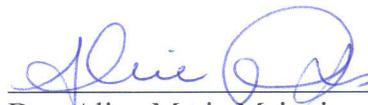
Maria Aurora Santos da Mota – Orientadora
Doutora em Meteorologia
Universidade Federal do Pará – UFPA



Dra. Oriana Trindade de Almeida – Membro Externo
Doutora em Ciências Sócio Ambiental
Universidade Federal do Pará - NAEA



Dr. Everaldo Barreiros de Souza – Membro Interno
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará – UFPA



Dra. Aline Maria Meiguins de Lima – Membro Interno
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará – UFPA

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por me permitir oportunidades incríveis e por me dar muito mais do que eu poderia pedir.

À minha mãe e à minha avó por me ensinarem a importância do estudo, por todo amor, suporte e incentivo, e por serem os pilares da minha vida.

À minha orientadora, Dra. Maria Aurora Santos da Mota, pela dedicação, por me ensinar a importância de amar o que se faz e por todo conhecimento repassado.

Aos professores do PPGCA por todos ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa concedida.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE pelos dados disponibilizados.

Ao Dr. Jefferson Vilhena e ao Gusthavo André Rodrigues da Silva por sua disponibilidade e solicitude.

À Sra. Lúcia Imbiriba, da biblioteca do Instituto de Geociências, por suas orientações para que este trabalho se encontrasse adequado às normas da ABNT.

Ao meu namorado, Diego Mendonça, por ter entrado nessa jornada na mesma época que eu e ser sempre meu crítico, revisor e grande apoiador.

Aos meus colegas de mestrado por terem tornado a experiência mais agradável. Em especial à Juliane Costa, pela paciência e pelos ensinamentos de geoprocessamento.

Às amigas que me acompanham desde a infância, às que me acompanham desde a adolescência e às que o intercâmbio me deu, por ouvirem minhas preocupações. Em especial à Marcella Medeiros, que mesmo distante se faz sempre presente.

“Uma criança, um professor, um livro e uma caneta podem mudar o mundo”

(Malala Yousafzai)

RESUMO

A Amazônia apresenta alto índice pluviométrico, com eventos de precipitação bastante intensos e que podem se mostrar um problema em cidades que não consigam lidar com eles. Entre as três capitais com maior precipitação média anual (Manaus - AM, Macapá - AP e Belém - PA), os Eventos Extremos de Precipitação - EEP são recorrentes e, por vezes, trazem danos à população exposta a inundações, que podem ser de tipos diversos e que afetam sua qualidade de vida. Analisar o prejuízo causado por essa problemática pode auxiliar na tomada de decisões sobre investimentos que trarão melhorias para os habitantes dessas cidades. Para estimar os danos ocorridos nas capitais foi verificada a ocorrência de EEP selecionados a partir da combinação entre os dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e as notícias registradas na mídia local. De posse dos EEP foi estimado um valor para os prejuízos causados por inundações em residências de aglomerados subnormais das cidades analisadas, através do Índice de Pegada da Água - IPA e da Avaliação Monetária Material Meio Ambiente - AMA. No período entre 1999 a 2018 encontrou-se um total de 31 eventos em Manaus, 15 em Macapá e 26 em Belém, que tiveram as ocorrências fortemente influenciadas pelo posicionamento da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT e pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul - ENOS. Para o cálculo do IPA, foi medido, em cada cidade, o acúmulo de água pós-chuva, resultando em um valor de 0,001681, a partir do qual foi possível calcular a AMA para cada local. Desse modo o valor de danos foi estimado em R\$ 19 bilhões para Manaus, 2 bilhões para Macapá e 42 bilhões para Belém. É importante ressaltar que esses valores são referentes somente a 1% das precipitações mais intensas e reflete a realidade de domicílios de aglomerados subnormais, onde na maior parte das residências a renda máxima é de até um (1) salário mínimo. Assim, a valoração de danos através da metodologia do IPA e da AMA mostra-se muito relevante, pois serve como um indicativo do prejuízo ao qual a população é exposta, focando na parcela que possui menor poder aquisitivo e que se encontra em áreas cuja infraestrutura costuma ser deficiente. Desse modo, estudos do tipo são necessários para chamar atenção aos problemas que a sociedade enfrenta ao ser exposta à problemática das inundações.

Palavras-chave: Precipitação. Eventos Extremos. Valoração de Danos. Aglomerados subnormais.

ABSTRACT

The Amazon region presents high levels of precipitation, with intense events that might be a problem in cities that are not able to deal with it. Amongst Amazon's most rainy capitals (Manaus – AM, Macapá – AP and Belém – PA), Extreme Events of Precipitation – EEP are common and cause damage to the population exposed to inundations. The losses might be presented in different types and cause disturbances to society's life quality. To analyze negative impacts caused by this problem might help on the decision-making process about investments that will bring improvements to those cities' inhabitants. The occurrence of EEP was checked by doing a research between National Meteorology Institute – INMET and news registered on the local media, to estimate the losses on the cities. With that data, a value was estimated that represents the damages caused by inundations in houses located on slum areas, using the Water Footprint Index – IPA and the Environmental Average Material Monetary Assessment – AMA methodology. For the period between 1999 and 2018, 31 events were found in Manaus, 15 in Macapá and 26 in Belém, all of them strongly influenced by Intertropical Convergence Zone – ITCZ and by El Niño Southern Oscillation - ENOS. In each city was measured the accumulation of water after rainfall, in order to calculate IPA, which resulted in a value of 0,001681, that was used to calculate AMA for each city. Then, the value of losses was estimated on R\$19 billion for Manaus, R\$ 2 billion for Macapá and R\$42 billion for Belém. It is important to emphasize that those values represent only 1% of the most extreme precipitations and considers only residences located on slum areas, where most of its families have a maximum income of one (1) minimum wage. Therefore, the methodology of IPA and AMA damage assessment is relevant, for it serves as an indicative of the population's losses, focusing on the portion that has lower purchasing power and lives on areas that usually have infrastructure deficiencies. Hence studies alike are needed since they draw attention to the society's problems with inundations.

Keywords: Precipitation. Extreme Events. Damage Assessment. Slum Areas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Precipitação média (mm/dia) sazonal entre 1980 e 2005 – (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA e (d) SON.....	18
Figura 2- Mapa de Localização de Manaus.....	20
Figura 3- Mapa de Localização de Macapá.....	21
Figura 4- Mapa de Localização de Belém.....	22
Figura 5- Precipitação média mensal de Manaus, Macapá e Belém (1981-2010).....	23
Figura 6- Eventos Extremos de Precipitação agrupados segundo sua ocorrência mensal.....	33
Figura 7- Eventos Extremos de Precipitação agrupados segundo sua ocorrência anual.....	34
Figura 8- Mapa de altimetria de Manaus com identificação do ponto de medição.....	49
Figura 9- Mapa de altimetria de Macapá com identificação do ponto de medição.....	50
Figura 10- Mapa de altimetria de Belém com identificação do ponto de medição.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Precipitação média anual nas capitais da Amazônia Brasileira entre 1981 e 2010..	19
Tabela 2- Dados comparativos entre as cidades estudadas.	23
Tabela 3- Eventos Extremos de Precipitação selecionados pela técnica do percentil 99 em Manaus, entre os anos de 1999 e 2018	30
Tabela 4- Eventos Extremos de Precipitação selecionados pela técnica do percentil 99 em Macapá, entre os anos de 1999 e 2018	31
Tabela 5- Eventos Extremos de Precipitação selecionados pela técnica do percentil 99 em Belém, entre os anos de 1999 e 2018	32
Tabela 6- Eventos Extremos de Precipitação com ocorrência próxima na cidade de Manaus	37
Tabela 7- Eventos Extremos de Precipitação com ocorrência próxima na cidade de Macapá	39
Tabela 8- Eventos Extremos de Precipitação com ocorrência próxima na cidade de Belém...	40
Tabela 9- Notícias de Mídia Local em Manaus.....	42
Tabela 10- Notícias de Mídia Local em Macapá.....	45
Tabela 11- Notícias de Mídia Local em Belém.....	46
Tabela 12- Valor de EV	54
Tabela 13- AMA de Manaus	56
Tabela 14- AMA de Macapá	57
Tabela 15- AMA de Belém	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMA	Avaliação Monetária Material Meio Ambiente
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CPTEC	Centro de Previsão de Estudos Climáticos
EEP	Eventos Extremos de Precipitação
EM	El Niño
ENOS	El Niño Oscilação Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPA	Índice de Pegada da Água
LN	La Niña
NMM	Nível Médio do Mar
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da construção Civil
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1 Área de Estudo	17
2.2 Definição de Eventos Extremos de Precipitação	24
2.2.1 Percentil	24
2.2.2 Notícias da mídia local	25
2.3 IPA e AMA	25
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1 EEP	29
3.1.2 Notícias da mídia local	42
3.2 IPA e AMA	49
3.2.1 Índice de Pegada da Água (IPA)	49
3.2.2 Cálculo da Avaliação Monetária Material Meio Ambiente (AMA).....	52
4 CONCLUSÕES	63
5 RECOMENDAÇÕES	66
REFERÊNCIAS	67
ANEXO A – ARTIGO PUBLICADO PELA REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA – RBGF	72

1 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 (CORBELLA; YANNAS, 2009; TUCCI, 2003). Frente a esses fatores podem ocorrer alterações na relação entre o local e o regime de chuvas correspondente (SOUZA; ALVALÁ; NASCIMENTO, 2016).

O clima urbano, por vezes diferencia-se do clima local, por influências advindas do processo de urbanização. O asfaltamento de ruas, por exemplo, modifica o processo de drenagem natural por conta da impermeabilização do solo (TUCCI, 2003), além de modificar o albedo, uma vez que a cor escura do asfalto faz com que o calor absorvido seja superior ao de uma superfície vegetada. A remoção da cobertura vegetal também influencia na umidade do ar. O crescimento vertical, por sua vez, altera a intensidade e direção dos ventos (CORBELLA; YANNAS, 2009). Todos esses fatores são determinantes para o regime de chuva de um local.

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. Estudo semelhante foi desenvolvido em Tóquio, onde foi observado que as precipitações diária, média e máxima eram maiores em áreas mais urbanizadas (SEINO; AOYAGI; TSUGUTI, 2018).

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; 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, à ocupação desordenada do solo, a sistemas de saneamento defasados, ao regime de marés e até mesmo à educação ambiental da população (CAMPOS; MOTA; SANTOS, 2015; CORBELLA; YANNAS, 2009; TUCCI, 2003; ZANELLA; SALES; ABREU, 2009).

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 redução da vulnerabilidade da população (DOLMAN et al., 2018). Tais estudos são importantes, pois colocam um valor nos danos decorrentes de um desastre, com isso alerta-se para a importância de investimentos em medidas que mitiguem ou anulem esses prejuízos, visto que 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. Em determinadas ocasiões a perda não é de fácil mensuração, como por exemplo os danos psicológicos, como problemas de ansiedade, que podem afetar tanto quem é diretamente atingido por desastres naturais em geral, tal como inundações, quanto quem se sensibiliza após receber as notícias pela mídia (BRAGA, et al., 2018; DOLMAN et al., 2018).

Para Dias et al. (2018), por exemplo, a avaliação de riscos de inundações deve contar com: a análise de cenários hipotéticos para diferentes períodos de retorno; a criação de cenários de risco com base no levantamento topográfico; e a estimativa de danos com base nos pontos mais profundos da cidade que, conseqüentemente, encontram-se mais propensos a alagamentos. Os autores desenvolveram equações de danos para calcular o risco de inundações na cidade de Colombo no Sri Lanka e obtiveram como resultado que entre 75% a 85% dos danos seriam referentes a estruturas prediais (afetando paredes e telhados) e a bens materiais que estivessem contidos nelas.

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.

Na Dinamarca, foi desenvolvido o Sistema Dinamarquês de Avaliação Integrada - Danish Integrated Assessment System (DIAS), uma ferramenta que contém informações sobre uso da terra, padrões climáticos futuros, população, herança histórica e cultural, entre outros, e que usa a multidisciplinaridade dos riscos para avaliá-los e auxiliar em tomadas de decisões. Para os autores, quando se trata de bens históricos e culturais, não basta apenas colocar um alto valor de dano, é preciso combinar essa informação com a probabilidade de danos decorrentes de eventos extremos para que sejam tomadas medidas que auxiliem na proteção destes bens (KASPERSEN; HALSNAES, 2017).

Risi et al. (2018) analisaram como o custo de vida útil e o retorno do investimento de medidas de mitigação de inundações em países em desenvolvimento podem ser variáveis importantes para estimar a performance e a viabilidade econômica na tomada de decisões. Segundo eles, devem ser levados em consideração os benefícios a longo prazo e não somente o custo inicial das medidas. Além disso, a alternativa de medida de mitigação que apresentou melhor desempenho apresentava tanto opções convencionais, como coleta de lixo e limpeza de corpos hídricos, quanto a reabilitação do ecossistema, por exemplo, fazendo a reconstituição de mata ciliar.

No entanto, medidas de longo prazo não costumam ser as mais escolhidas no Brasil. Segundo Ribeiro et al. (2014), no que tange desastres naturais, as respostas no país são de curto prazo, fazendo com que os prejuízos de uma inundação apresentem efeitos negativos por tempos mesmo após ocorrido o desastre. Os autores observaram que chuvas ocorridas em 2008 no estado de Santa Catarina afetaram a produção industrial negativamente até o final de 2010.

Além das consequências adversas, que por vezes recorrem sobre a sociedade por um tempo maior do que o de seu acontecimento, é possível que os impactos negativos acarretem danos para áreas maiores do que a de sua ocorrência. Em São Paulo, eventos ocorridos no final de 2008 afetaram a produção industrial da cidade e esse problema transpôs os limites municipais. Dada a importância da cidade para a economia da região e do país, os eventos afetaram negativamente o Produto Interno Bruto (PIB) nacional, a competitividade no mercado nacional e internacional, reduziram o crescimento da cidade, além de afetarem o bem-estar da população (HADDAD; TEIXEIRA, 2015).

Nobre et al. (2011) analisaram a vulnerabilidade de megacidades brasileiras às mudanças climáticas, tomando por base a região metropolitana de São Paulo e obtiveram como resultado que até 2030 deverá ocorrer um aumento no número de áreas de risco e também da vulnerabilidade a enchentes, inundações e deslizamentos para a população, caso não haja mudanças na atual forma de uso e ocupação do solo.

Ainda no estado de São Paulo, na cidade de São Luiz do Paraitinga, Corsi, Azevedo e Gramani (2012) avaliaram as perdas econômicas geradas por eventos ocorridos entre o final de 2009 e início de 2010, onde dos R\$ 103,63 milhões de danos, aproximadamente 35% estavam relacionados a danos em habitações e em patrimônios históricos. Deste modo, a relevância de impactos negativos que eventos extremos de precipitação podem provocar em residências mostra-se notória. Segundo Minervino e Duarte (2016) e de acordo com dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), entre 2010 e 2014 a maior parte (58,7%) dos prejuízos causados por desastres de origem hídrica no Brasil foram relacionados a danos em residências.

Na Amazônia, os impactos relacionados a problemas de origem hídrica têm ficado mais sérios e por isso é importante estudá-los para que sejam desenvolvidas medidas que possam mitigá-los (DOLMAN et al., 2018). A valoração dos danos econômicos causados por inundações pode ajudar o poder público e gestores em geral, na tomada de decisões, medidas mitigadoras e de prevenção que possam garantir mais segurança para a população em futuros eventos (MINERVINO; DUARTE, 2016).

Rosales-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 às cidades de Carrillo de Guanacaste e de Belém do Pará, sendo que esta última 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). Segundo Li et al. (2019) um estudo em Houston, Texas, mostrou que a área deve passar por períodos de inundação e de seca, que afetarão diretamente a população, por conta da menor quantidade de eventos extremos, que, no entanto, devem ser mais severos, resultantes de mudanças climáticas.

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; SHRESHTA, 2017). Em Belém, Mansur et al. (2017) afirmam que a população mais pobre é a que menos possui capacidade adaptativa em relação ao crescimento do risco de inundações, ocasionado por mudanças climáticas, sendo atualmente o grupo mais afetado pela falta de infraestrutura ideal e de saneamento apropriado.

Por conta da localização geográfica e da disponibilidade hídrica da região, as cidades amazônicas apresentam por natureza alto volume de precipitação, sendo importante que sejam desenvolvidos estudos acerca do comportamento da chuva nas cidades e sobre como a população é afetada por eventos extremos, a fim de que os impactos negativos possam ser minimizados. Segundo Souza, Alvalá e Nascimento (2016), entre 1980 a 2010, a população de Manaus cresceu 500%, sendo o aumento da urbanização da cidade seguido pelo aumento tanto da intensidade quanto da quantidade de precipitação, tendendo a agravar os problemas de alagamento no local. De acordo com Oliveira et al. (2020), a cidade de Belém vivenciou um aumento da precipitação anual, com aumento na frequência de eventos moderados e extremos, possivelmente ligada à urbanização local.

Em função do grande volume de chuvas da região amazônica e da problemática que as inundações representam para a sociedade, especialmente para a parcela que possui piores condições financeiras, questiona-se o valor de prejuízos econômicos ocorridos em residências que são expostas a problemas causados por extremos climáticos de precipitação na Amazônia. Optou-se então por fazer a valoração de danos econômicos causados por Eventos Extremos de Precipitação - EEP nas cidades de Manaus, Macapá e Belém, durante os últimos vinte anos.

Fez-se então um levantamento de eventos extremos de precipitação, no período entre os anos de 1999 e 2018, utilizando as observações feitas nas estações meteorológicas de Manaus, Macapá e Belém, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2019a), e das notícias veiculadas na mídia local, através de pesquisa online. Realizou-se uma análise sobre as possíveis influências para o acontecimento destes eventos. Em seguida fez-se uma estimativa de valoração de danos causados por inundações nas cidades a partir da metodologia proposta por Rosales-Mendonza (2017), onde são analisados os danos ocorridos a bens materiais em domicílios particulares classificados como aglomerados subnormais.

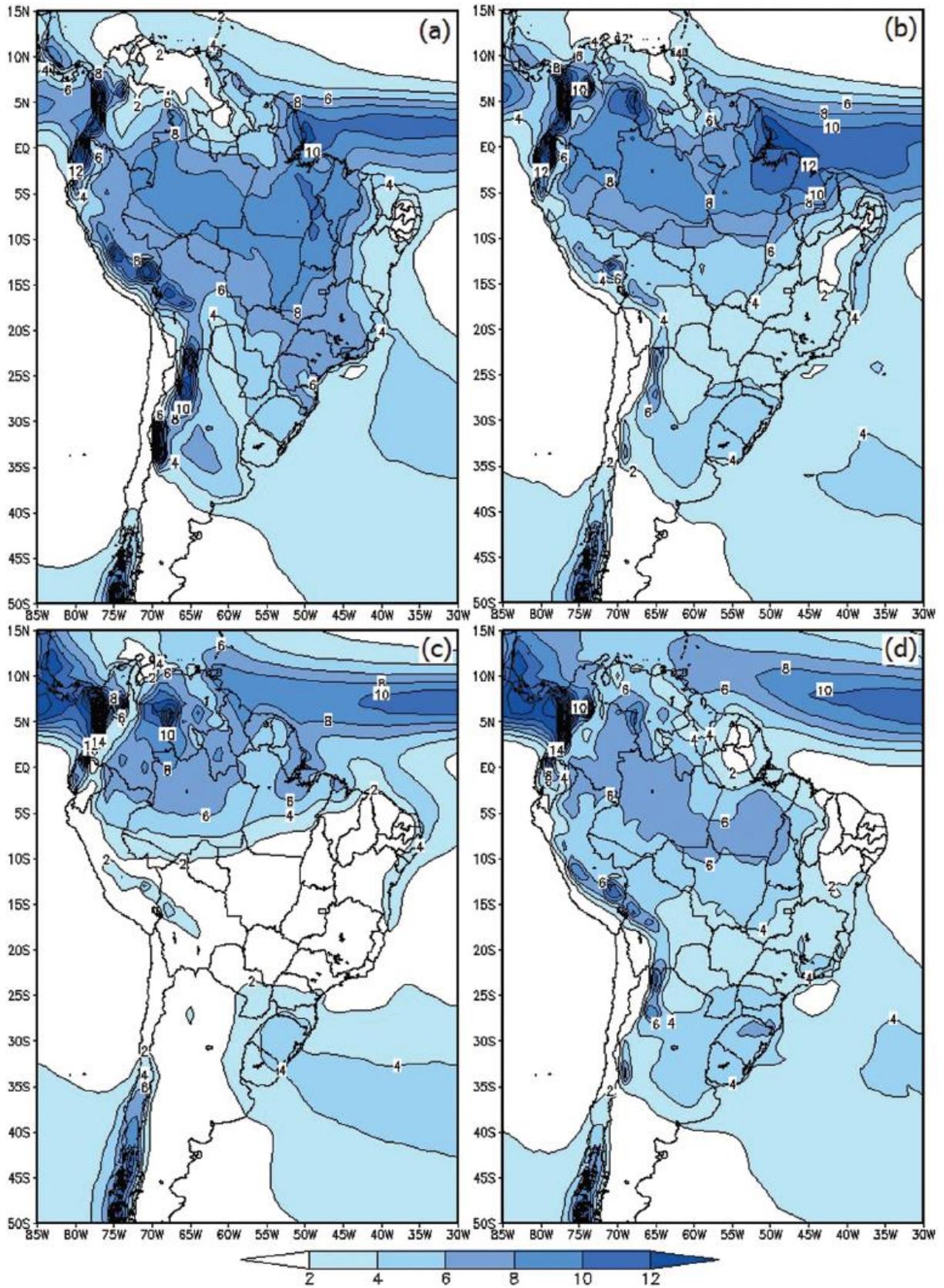
2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho foi distribuída em três etapas: levantamento de referencial bibliográfico; definição dos eventos extremos utilizados na pesquisa com base em dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e de pesquisa de notícias online da mídia local; e aplicação de Índice de Pegada da Água - IPA e Avaliação Monetária Material Meio Ambiente - AMA, para valorar os danos consequentes de inundações.

2.1 Área de Estudo

A Amazônia é uma área com alta precipitação localizada na zona equatorial, recebendo incidência direta de radiação solar, o que resulta em altas temperaturas no local (HOLTON, 2004), além disso, a floresta abriga a maior bacia hídrica do mundo (COSTA; GALARZA; GÓMEZ, 2008), tendo, portanto, condições que propiciam a ocorrência de chuvas. Tudo isso contribui para que a precipitação seja o elemento climático de maior importância para a região (MOLION, 1987). A Amazônia brasileira, localizada na região norte do país, é a região que apresenta maior precipitação acumulada anual no Brasil, onde a sazonalidade é basicamente dividida entre período chuvoso e menos chuvoso, não havendo, geralmente, uma estação seca (Figura 1) (MARENGO; NOBRE, 2009).

Figura 1- Precipitação média (mm/dia) sazonal entre 1980 e 2005 – (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA e (d) SON



Fonte: Rocha et al. (2017).

A variabilidade da precipitação na Amazônia é fortemente influenciada pelas variações de temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico, e pela relação que a bacia possui com a atmosfera. O Oceano Atlântico tem importância para a sazonalidade da precipitação, ou seja, intra-anual, devido ao deslocamento da ZCIT. Por sua vez, o Oceano Pacífico influencia na precipitação interanual, em função do fenômeno El Niño Oscilação Sul - ENOS que pode implicar tanto no aumento quanto na diminuição da precipitação na Amazônia (LIMBERGER; SILVA, 2016).

Em função da ampla área correspondente ao território amazônico, fez-se necessário optar por algumas cidades para desenvolver o estudo. Desse modo, inicialmente foram escolhidas as capitais, posto que elas representam dentro de cada estado as cidades mais populosas (IBGE, 2019b), tendo, portanto, mais habitantes expostos às fortes precipitações e mais passíveis de sofrerem exposição a danos causados por inundações. Dentre as capitais, foram escolhidas as cidades que apresentassem maior índice pluviométrico (Tabela 1), observado através de dados da climatologia das cidades entre 1981 e 2010 (INMET, 2019b).

Tabela 1- Precipitação média anual nas capitais da Amazônia Brasileira entre 1981 e 2010.

Cidade	Precipitação anual (mm)
Belém (PA)	3084
Boa Vista (RR)	1711,6
Cuiabá (MT)	1454,5
Macapá (AP)	2549,7
Manaus (AM)	2301,2
Palmas (TO)	1831,6
Porto Velho (RO)	2255,4*
Rio Branco (AC)	1997,6
São Luís (MA)	2199,9

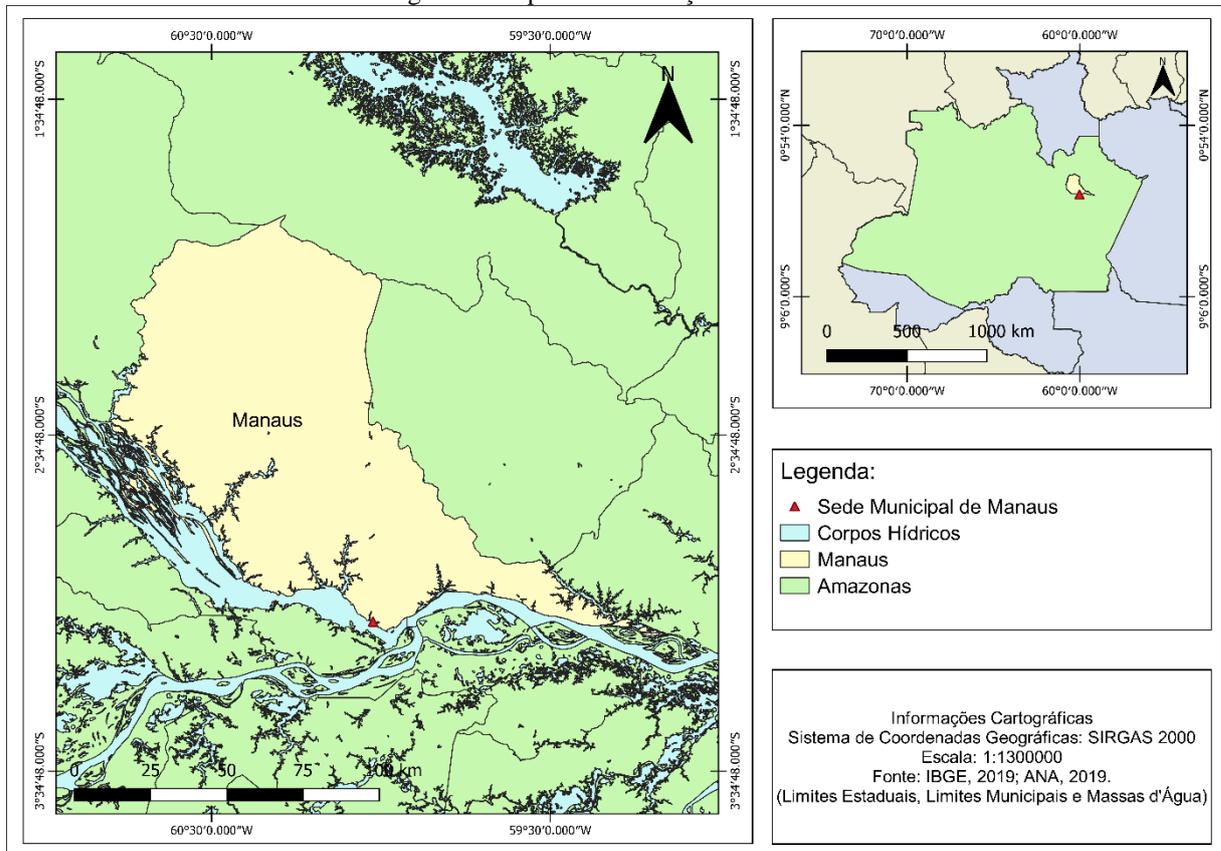
Fonte: Adaptado de (INMET, 2019b).

*Para a cidade de Porto Velho (RO) foi utilizado o valor de precipitação referente a 1961-1990 (RAMOS; dos SANTOS; FORTES, 2009), pois não foi encontrado o valor mais recente nos dados do INMET.

Foram então escolhidas as cidades de Manaus-AM, Macapá-AP e Belém-PA (Figura 2, Figura 3 e Figura 4), por apresentarem os maiores volumes de precipitação média acumulada anual e, em função disso serem mais passíveis de apresentarem problemas relacionados a inundações. A cidade de Manaus (Figura 2), capital do estado do Amazonas, possui altitude

média de 92,9 m em relação ao nível do mar e encontra-se na posição de 03°08'05'' S e 60°01'24'' O (GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS, 2018). Com uma população estimada em 2.145.444 habitantes distribuídos em uma área de 11.401,092 km², onde encontra-se aproximadamente 52% do total de habitantes do estado, é então a cidade mais populosa dentre as capitais amazônicas (IBGE, 2019b). A cidade tem alta disponibilidade hídrica para a formação de chuvas, pois é banhada pelo rio Negro, onde ocorre o encontro com o rio Solimões, dando origem, em território brasileiro, ao Rio Amazonas (LARAQUE; GUYOT; FILIZOLA, 2009).

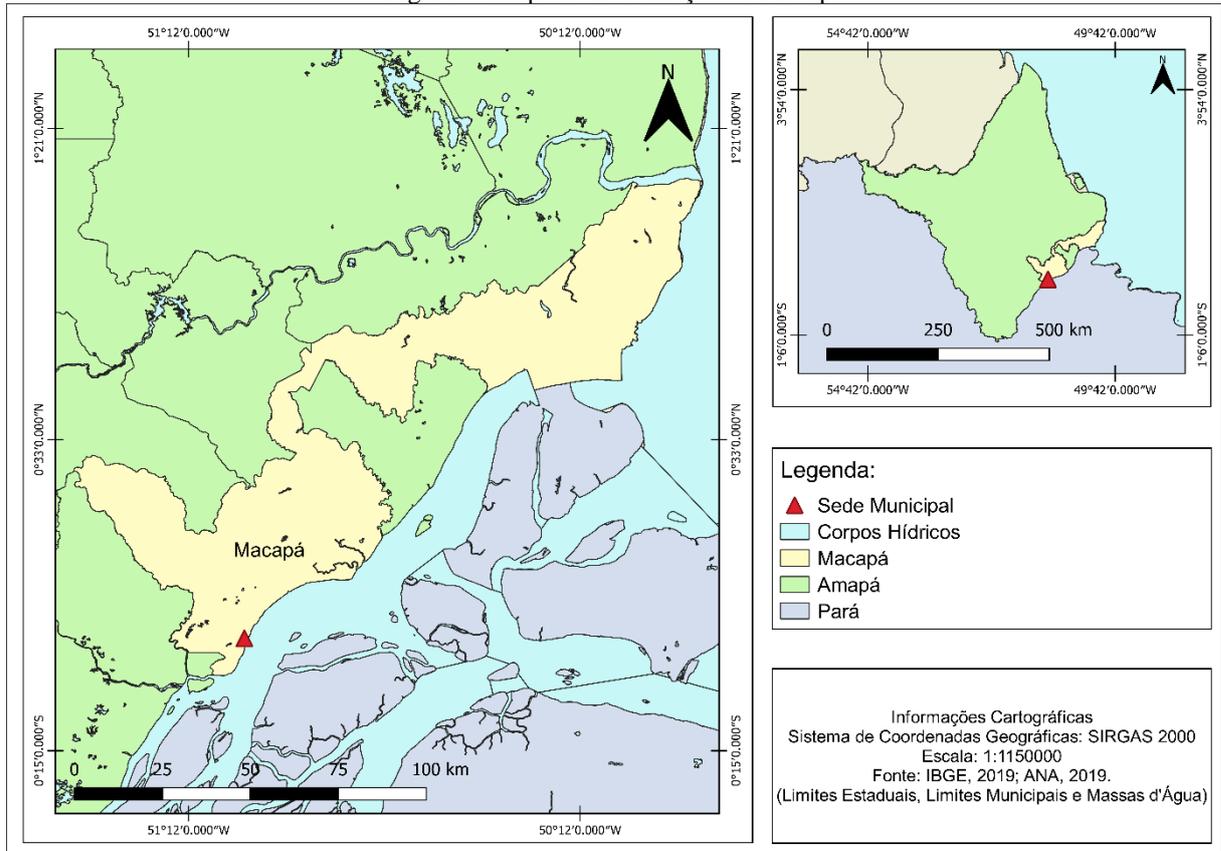
Figura 2- Mapa de Localização de Manaus



Fonte: Autora.

Localizado na desembocadura do rio Amazonas, o município de Macapá (Figura 3), capital do Amapá, faz parte da Amazônia Legal Brasileira, e encontra-se posicionado na região da linha do equador. Macapá conta com uma população estimada em 503.327 habitantes, distribuídos em 6.563,849 km², representando cerca de 60% da população total do estado (IBGE, 2019b).

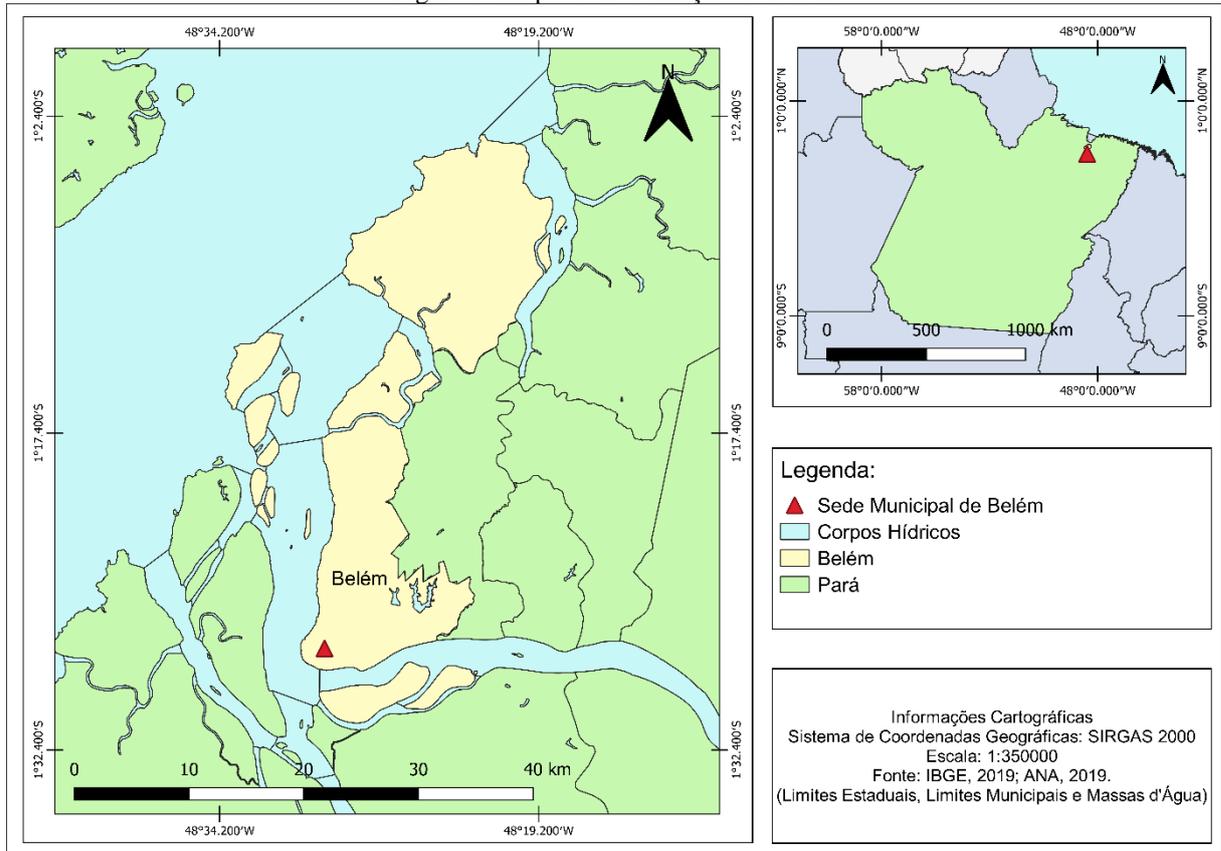
Figura 3- Mapa de Localização de Macapá



Fonte: Autora.

Em Belém-PA (Figura 4), as altas temperaturas e a localização cercada por rios, contribuem para alta pluviosidade local, sendo a capital mais chuvosa dentre as amazônicas (INMET, 2019b). Além disso, segundo dados do IBGE (2019b), dentre as cidades estudadas é a que possui maior densidade demográfica. Assim como Macapá, Belém também se encontra situada na região estuarina do Rio Amazonas, sendo banhada pelo Rio Guamá e pela baía do Guajará, localizada a $01^{\circ}27'20''$ S e $48^{\circ}30'15''$ O, e com altitude média de 12 m (BASTOS et al., 2002).

Figura 4- Mapa de Localização de Belém



Fonte: Autora.

É importante destacar que as cidades analisadas sofrem forte influência dos corpos hídricos que as permeiam e que foram motivo para o estabelecimento delas. Na Amazônia, a ocupação foi marcada inicialmente por populações indígenas que se estabeleciam próximas aos rios, tendo esse padrão permanecido durante a chegada dos portugueses, dada a importância dos corpos hídricos como meio de transporte. No século XIX ocorreram alterações nesse padrão de ocupação, pois com o surgimento de ferrovias, cidades começaram a se formar próximas a estas, fazendo com que a importância dos rios fosse dividida. Na década de 60, o intenso processo de abertura de rodovias alterou ainda mais o padrão de estabelecimento de cidades (TRINDADE JÚNIOR, 2015).

Em função da localização das cidades, elas possuem características climáticas bastante semelhantes, como temperatura, períodos chuvosos e menos chuvosos (Tabela 2), bem como possuem nos meses de março e abril suas maiores médias pluviométricas. As semelhanças são atribuídas ao fato de se localizarem na mesma região e serem fortemente influenciadas pelos mesmos fenômenos, ainda que sejam distantes entre si.

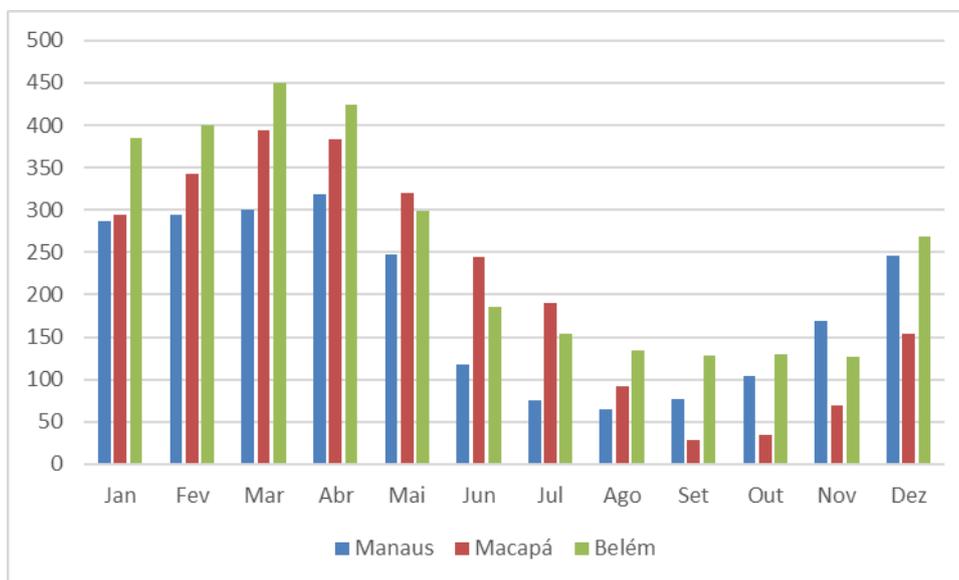
Tabela 2- Dados comparativos entre as cidades estudadas.

	Manaus (AM)	Macapá (AP)	Belém (PA)
Habitantes	2.145.444	503.327	1.492.745
Área (Km ²)	11.401,92	6.563,849	1.059,458
Precipitação anual	2301,2	2549,7	3084
Temperatura média	26,7 °C	26,6 °C	25,9 °C
Período chuvoso	Novembro – Maio	Dezembro – Julho	Dezembro – Maio
Período menos chuvoso	Junho – Outubro	Agosto – Novembro	Junho – Novembro

Fonte: Bastos et al. (2002); IBGE (2019b); Ramos, Santos e Fortes (2009); Tanaka, Satyamurty e Machado (2014); Tavares (2014).

Como é possível notar pela Tabela 2, a sazonalidade entre as três cidades é bastante semelhante, com pequenas diferenças entre os meses pertencentes aos períodos chuvosos e menos chuvosos. Além disso, diferem-se também os meses que possuem precipitação mais intensa em cada uma das cidades (Figura 5).

Figura 5- Precipitação média mensal de Manaus, Macapá e Belém (1981-2010)



Fonte: Adaptado de (INMET, 2019b).

O período chuvoso de Manaus concentra 80% do volume de chuvas anual (TANAKA; SATYAMURTY; MACHADO, 2014), sendo o mês de abril o mais chuvoso na cidade (Figura 5), com precipitação média acima de 300 mm. Em contrapartida tem-se o mês de agosto, onde a média fica abaixo de 70 mm (INMET, 2019b). Em Macapá, o mês de março é o que apresenta

maior precipitação, onde a média é próxima a 300mm, e nota-se o mês de setembro menos chuvoso, com média de 28 mm (INMET, 2019b). Em Belém destacam-se os meses de março e abril, como os mais chuvosos, quando a precipitação média ultrapassa 400 mm (INMET, 2019b), no entanto, ao contrário do observado nas outras cidades, não foi identificado um mês em particular que apresentasse média pluviométrica relevantemente abaixo das demais, tendo a cidade um período menos chuvoso com um considerável volume de chuvas (BASTOS et al., 2002).

2.2 Definição de Eventos Extremos de Precipitação

Para fazer o levantamento dos eventos extremos de precipitação foram utilizados os dados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizado pelo site do INMET. Foi feito o download dos dados de precipitação diária registrados em estações meteorológicas de observação de superfície convencional, entre os anos de 2000 a 2018, das capitais estudadas. Em seguida, definiu-se a partir de qual valor um evento seria caracterizado como extremo e identificou-se se o evento teve relevância comprovada a partir de notícias online da mídia local.

2.2.1 Percentil

Para definir o que seria considerado como evento extremo, utilizou-se 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 (NAVIDI, 2012). Utilizou-se o percentil de 99%, aplicado em planilha eletrônica, ou seja, foram analisados apenas 1% dos eventos ocorridos, que correspondem aos dias com maior valor de precipitação, tal como foi feito por Santos (2014) e Rosales-Mendonza (2017).

Em função das diferenças climáticas entre os locais estudados, cada cidade necessita de uma análise própria de percentil, levando em consideração somente os dados locais. Dessa forma, foram calculados três percentis distintos para cada localidade. Em seguida, foi escolhido um valor padrão que fosse representativo para os municípios analisados, permitindo a análise comparativa entre eles. A partir disso, foram analisadas as ocorrências de eventos próximos, ocorrências mensais e anuais, de modo que foi possível identificar as prováveis influências nos

EEP, de acordo com a época e posicionamento da ZCIT e com dados de ocorrência de El Niño e La Niña, disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e por dados da National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA.

2.2.2 Notícias da mídia local

De posse do percentil, fez-se o levantamento por meio eletrônico de notícias registradas na mídia local para verificar se o evento extremo trouxe danos relevantes às cidades ao ponto de serem feitas notícias reportando o acontecimento (CAMPOS; MOTA; SANTOS, 2015; LIMA; AMORIM, 2015; SANTOS, 2014). 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; YANNAS, 2009).

Para fazer a pesquisa buscou-se termos como chuva, inundações, cheias e alagamentos (LIMA; AMORIM, 2015). Foram pesquisadas notícias que relatassem chuvas no dia anterior ao evento, no dia de ocorrência e no dia seguinte ao EEP, pois como as estações apresentam registro às 1200 UTC, elas representam as características das últimas 24 horas, englobando tanto o dia da medição quanto parte do dia anterior. Além disso, é possível que a mídia registre o evento tanto no dia do acontecimento quanto no dia posterior.

2.3 IPA e AMA

Como já foi citado anteriormente, ainda não há uma metodologia padrão definida para valorar prejuízos de inundações. Alguns autores optam por identificar somente áreas de risco, outros por fazer comparações entre investimentos em prevenção e gastos com danos, outros procuram analisar bens de difícil valoração econômica. Para este trabalho utilizou-se o Índice de Pegada da Água – IPA e a Avaliação Monetária Material Meio Ambiente – AMA desenvolvidos por Mendonza (2017).

Para desenvolver o IPA, Rosales-Mendonza e Mota (2019) levaram em consideração dados de precipitação, entre os anos de 2000 a 2016, e a altura de inundação em duas diferentes cidades, Carrillo de Guanacaste, na Costa Rica, e Belém do Pará, no Brasil. Com base na precipitação, os autores fizeram o cálculo do percentil para identificar eventos extremos e, de

posse das datas identificadas, procuraram matérias locais que comprovassem o acontecimento dos eventos. Os autores consideraram baixa a frequência de eventos extremos e diante disso, optaram por relacionar uma ocorrência de cada cidade analisada.

Para saber a altura da inundação em cada cidade, após ocorrido um evento extremo, Rosales-Mendonza e Mota (2019) mediram a altura que a água deixou marcada na parede de uma habitação. Uma vez obtido o dado sobre o evento escolhido, eles aplicaram uma equação de proporcionalidade de Thales de Mileto, onde é possível visualizar a relação entre a altura que a inundação alcança em um domicílio e o volume de precipitação (equação 1). À essa relação eles deram o nome de Razão da pegada d'água.

$$\text{Razão da pegada d'água (RPA)} = h_x / PRP \quad (1)$$

Onde:

h_x = Altura de acúmulo;

PRP = Precipitação registrada no dia da medição.

Com isso, os autores puderam comprovar através de equações que conforme se aumenta a precipitação acumulada, maior é a altura que a água alcança nas edificações. Além disso, torna-se possível calcular a altura que água alcançou em eventos antigos, mesmo não tendo sido medidos, já que se tem a RPA e a precipitação ocorrida no dia.

Rosales-Mendonza e Mota (2019) relacionaram então a altura que a água havia alcançado nas residências com a altura que a cidade apresentava em relação ao nível médio do mar, resultando na seguinte equação (2):

$$\text{Altura da medição (h)} = \frac{\text{Medição no ponto}}{\text{Localização ponto de medição referida ao NMM}} \quad (2)$$

Para este estudo, é preciso que se conheça a altura em relação ao nível do mar em cada ponto de medição nas capitais estudadas e a altura que a água alcançou por domicílio, sendo que será necessário somente o valor de uma ocorrência para representar cada cidade.

De posse do valor de h , é possível calcular o IPA. Para definir como calcular o índice, os autores testaram quatro diferentes equações e chegaram à conclusão de que a mais apropriada seria a seguinte:

$$I_{pa} = [(h_{MB} + h_{BC}) / (PRP_B + PRP_C)] / N \quad (3)$$

Onde:

h_{MB} = Altura medida em um bairro em Belém;

h_{BC} = Altura medida em um bairro em Carrillo de Guanacaste;

PRP_B = Precipitação em Belém;

PRP_C = Precipitação em Carrillo de Guanacaste;

N = Número de observações

Tendo em vista que para o trabalho de Rosales-Mendonza e Mota (2019) foram utilizados dados de duas cidades, fez-se necessário adaptar a fórmula para abranger o número de cidades que deverão ser analisadas, ficando então da seguinte forma:

$$I_{pa} = \left[\frac{h_{PA} + h_{AP} + h_{AM}}{PRP_{PA} + PRP_{AP} + PRP_{AM}} \right] / N \quad (4)$$

Onde:

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

h_{PA} = Altura medida em Belém-PA; PRP_{PA} = Precipitação em Belém-PA;

h_{AP} = Altura medida em Macapá-AP; PRP_{AP} = Precipitação em Macapá-AP;

$N = 3$

Com o valor do IPA, é possível fazer o cálculo da AMA, que se encontra expressa na equação abaixo (ROSALES-MENDONZA, 2017):

$$AMA = [(NS^Q E^V) I_{pa}] PRP_{mo} \quad (5)$$

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 , Rosales-Mendonza (2017) tomou por base o número de residências identificadas pelo autor como favelas. Em função disso, foram utilizados o número de domicílios particulares localizados em aglomerados subnormais de cada cidade que, segundo o IBGE (2010), englobam áreas como favelas, invasões, palafitas, entre outros, onde os serviços de saneamento básico ou não funcionam como deveriam ou inexistem.

A variável E^V é definida pela somatória do valor médio dos bens móveis e do valor de deterioração do imóvel. Em relação aos bens móveis o autor chegou a um valor médio de R\$ 11.880,00 por residência. Esse número precisou ser atualizado para melhor representar as condições atuais, por isso utilizou-se primeiramente a inflação de 2018 (IBGE, 2019a), e em seguida a de 2019 (IBGE, 2020b), resultando em R\$ 12.856,73. Para definir o valor de deterioração do imóvel, utilizou-se o Sistema Nacional de Custos e Índice da Construção Civil – SINAPI (IBGE, 2019d), no qual foi possível encontrar o preço do m^2 em cada estado, utilizado aqui para representar o preço do m^2 por cidade, sendo posteriormente multiplicado pela área fixada por Rosales-Mendonza (2017), equivalente a $42m^2$.

Como foram analisados diversos eventos extremos ocorridos entre os anos de 2000 e 2018, a AMA deverá ser calculada para cada evento e depois somada em cada cidade. Com isso, será possível comparar os danos econômicos nas diferentes cidades estudadas, identificando as possíveis justificativas para as diferenças de valores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Eventos Extremos de Precipitação podem acarretar impactos negativos à população que é exposta a eles, causando prejuízos diretos e indiretos, de curto e longo prazo. A valoração de danos pode auxiliar na compreensão dos impactos e na melhoria da qualidade de vida da população. Com esse intuito, foram identificados os EEP e, em seguida, fez-se a valoração segundo a metodologia de Rosales-Mendonza (2017).

3.1 EEP

3.1.1 Eventos Extremos de Precipitação selecionados por Percentil

Após aplicada a técnica de percentil 99 para o período estudado, foi identificado um valor de 67,79 mm na cidade de Manaus, 67,868 mm para Macapá e 67,5 mm para Belém. Em função das três cidades terem apresentado valores de percentil próximos, optou-se por adotar o valor de 67 mm como padrão para identificar quais registros seriam considerados EEP nas cidades analisadas. De posse desse valor, foram identificados 75 EEP em Manaus, 73 EEP em Macapá e 72 EEP em Belém (Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5).

Tabela 3- Eventos Extremos de Precipitação selecionados pela técnica do percentil 99 em Manaus, entre os anos de 1999 e 2018

Data	Prec. (mm)	Data	Prec. (mm)	Data	Prec. (mm)
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	12/05/2014	67,2
20/04/2000	154,4	26/04/2008	84,2	10/11/2014	89,6
01/08/2000	79,8	27/12/2008	77,4	15/12/2014	71,7
29/09/2000	97,5	16/11/2009	72	24/03/2015	110,4
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	14/01/2017	67,5
06/04/2002	76,6	15/11/2011	78,6	23/01/2017	99,4
14/10/2002	74,2	07/01/2012	85,2	05/04/2017	142
10/12/2002	90,8	08/04/2012	69,6	24/11/2017	71,7
22/02/2003	138,8	31/10/2012	81,4	01/12/2017	92
02/04/2003	95	11/11/2012	83	26/12/2017	68,2
05/10/2003	69,1	03/01/2013	74,4	24/02/2018	71,3
18/03/2004	116,5	07/03/2013	87,5	04/12/2018	83,7

Fonte: Autora.

Tabela 4- Eventos Extremos de Precipitação selecionados pela técnica do percentil 99 em Macapá, entre os anos de 1999 e 2018

Data	Prec. (mm)	Data	Prec. (mm)	Data	Prec. (mm)
16/01/1999	99,6	04/03/2006	74,3	13/02/2012	129,5
04/02/1999	68,8	26/03/2006	76,4	18/02/2013	83,6
06/02/1999	80	18/11/2006	68,2	05/03/2013	69,8
25/03/1999	80,6	04/03/2007	85,8	23/03/2013	138,4
30/03/1999	105,2	13/03/2007	79,5	10/04/2013	70,6
24/12/1999	87,4	06/04/2007	76,4	02/05/2013	74
18/02/2000	81,9	29/04/2007	120,4	21/02/2014	83
05/03/2000	104,6	12/07/2007	84,4	24/04/2014	134,2
15/04/2000	76,8	16/02/2008	77,8	26/04/2014	73,8
20/07/2000	69,2	09/10/2008	76,1	17/06/2014	91,6
19/02/2001	68,6	09/12/2008	140,2	20/03/2015	111,4
03/03/2002	99,4	20/12/2008	71,6	13/04/2015	83
13/05/2002	77,8	10/01/2009	75	19/04/2015	138,8
28/05/2002	84,4	26/02/2009	108,8	25/02/2016	73,3
23/03/2003	93,6	06/03/2009	70	10/03/2016	85,2
14/12/2003	76,4	24/04/2009	79,2	03/04/2016	69,5
09/02/2004	71,8	26/04/2009	84,5	19/12/2016	84,8
17/02/2004	215,8	16/06/2009	84,1	26/12/2016	91,6
08/02/2005	73,7	10/05/2010	90,6	17/02/2017	88,8
21/02/2005	76,6	26/10/2010	79,6	21/03/2017	87,6
13/03/2005	70,5	15/02/2011	90,4	07/01/2018	69,9
30/12/2005	96,1	30/03/2011	91,5	22/03/2018	70
12/01/2006	95,7	21/06/2011	120,4	24/04/2018	95,8
17/01/2006	171,3	30/10/2011	85,8	03/08/2018	68
06/02/2006	122,7				

Fonte: Autora.

Tabela 5- Eventos Extremos de Precipitação selecionados pela técnica do percentil 99 em Belém, entre os anos de 1999 e 2018

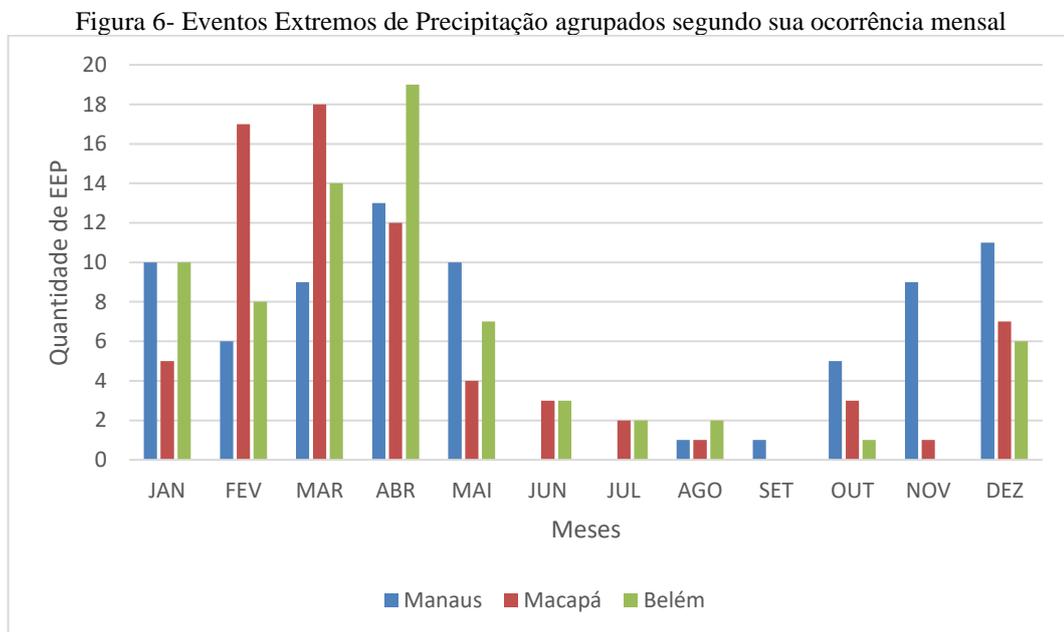
Data	Prec. (mm)	Data	Prec. (mm)	Data	Prec. (mm)
03/03/1999	107,6	28/01/2007	87,4	04/02/2014	67,5
11/05/1999	69,5	22/04/2007	98,2	01/03/2014	86,3
29/12/1999	117,4	02/12/2007	73,7	31/12/2014	74,1
15/04/2000	133,7	03/03/2008	92,1	28/02/2015	72,1
18/04/2000	118,7	01/04/2008	131,4	15/03/2015	68,4
16/12/2000	79,2	14/06/2008	78,4	15/04/2015	81,2
30/03/2001	75,7	20/01/2009	72,2	30/04/2015	78,3
20/04/2001	75,5	16/03/2009	77,6	17/01/2016	69
08/07/2001	67,5	26/04/2009	78,6	24/02/2016	70,2
09/12/2001	69	16/01/2010	76,2	27/05/2016	76,6
16/04/2002	85,9	07/05/2010	101,6	18/06/2016	67
06/04/2003	67,7	07/08/2010	72,4	25/01/2017	94,8
12/01/2004	82,9	22/01/2011	97,8	11/03/2017	85,5
17/01/2004	68,6	19/02/2011	115	25/04/2017	67,8
25/04/2005	200,8	14/04/2011	82,4	12/05/2017	74,9
03/05/2005	74,9	24/04/2011	100,3	04/02/2018	132,3
07/10/2005	74,4	28/04/2011	75,9	08/02/2018	80,2
03/01/2006	72,5	13/05/2011	78	26/02/2018	90,7
02/03/2006	89,2	12/03/2012	81,9	15/03/2018	67,6
19/03/2006	85,3	09/07/2012	75,3	07/04/2018	83,6
30/03/2006	84	13/02/2013	161,2	11/04/2018	75,7
21/04/2006	96,7	03/03/2013	69,4	28/04/2018	78
31/08/2006	67,6	20/03/2013	77,1	08/05/2018	93,7
12/12/2006	84,3	12/01/2014	75,5	05/06/2018	88,6

Fonte: Autora.

Entre as cidades analisadas, a que apresentou maior número de EEP foi Manaus, seguida por Macapá e Belém. No entanto, as três capitais apresentaram quantidades de eventos bastante próximas, principalmente quando levamos em consideração que cada uma apresenta volumes médios de precipitação anual distintos. Manaus com 2.301,2 mm, Macapá com 2.549,7 mm e Belém com 3.084 mm (INMET, 2019b). Tal proximidade pode ser justificada pela ausência de

dados diários de precipitação observada nas informações do INMET, sendo a falha mais significativa entre os dados de Belém.

Quando agrupados segundo sua ocorrência mensal (Figura 6), é possível notar um padrão de sazonalidade da precipitação modulado pela migração latitudinal da 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). Da mesma forma, no período menos chuvoso (verão amazônico) a ZCIT se encontra mais ao norte da linha do equador, chegando até a 14°N, reduzindo as chuvas na região Amazônica (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009).



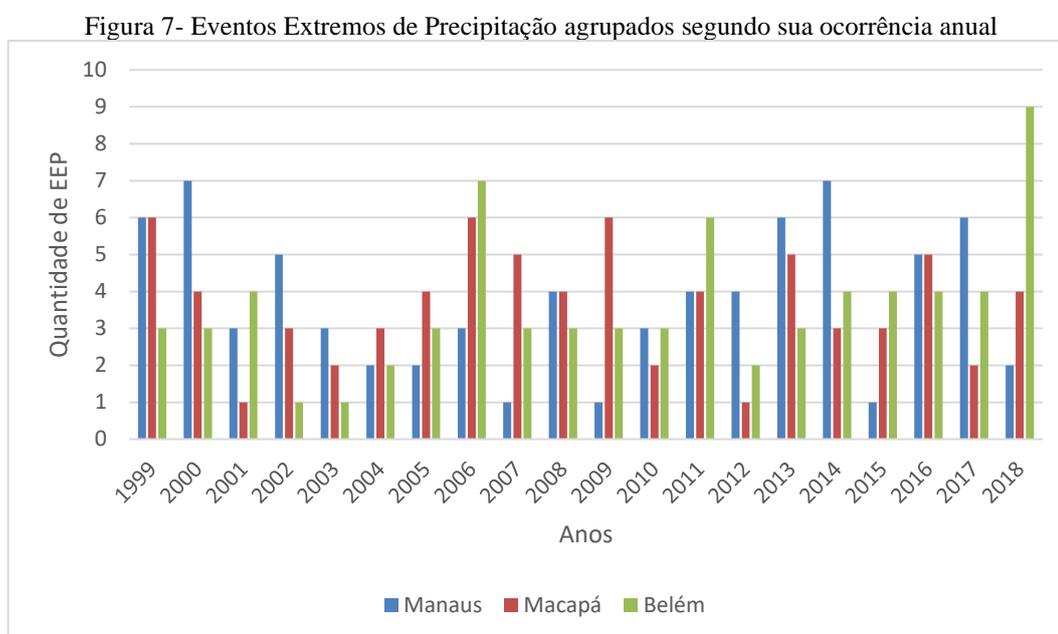
Fonte: Autora.

Os EEP ficaram concentrados durante os respectivos períodos chuvosos de cada cidade: Manaus, que possui período chuvoso entre os meses de novembro e maio (TANAKA; SATYAMURTY; MACHADO, 2014), teve cerca de 90% dos EEP ocorridos neste período; Macapá com 93% dos EEP entre os meses de dezembro e julho (TAVARES, 2014); e Belém teve aproximadamente 89% de seus EEP registrados entre os meses de dezembro e maio (BASTOS et al., 2002). Dentro do período menos chuvoso, apesar de menos frequentes, também houve EEP, com sete eventos em Manaus, cinco em Macapá e oito em Belém.

A importância da ZCIT é observada também na relevância dos meses de março e abril, uma vez que cada cidade apresentou o maior número de EEP em um dos dois meses. Macapá teve 18 eventos em março, e durante o mês de abril Manaus apresentou 13 e Belém 19, sendo

que abril apresentou uma quantidade relevante de EEP em todas três. Entre os meses de março e abril a ZCIT alcança seu deslocamento máximo ao sul da linha do Equador (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009), podendo ter influenciado nas ocorrências mais extremas. O mês de abril é relevante também por conta da influência das Linhas de instabilidade, que apresentam maior frequência entre os meses de abril e agosto (COHEN, 1989).

Quando agrupados de acordo com sua ocorrência por ano (Figura 7), é possível analisar a influência do fenômeno ENOS sob a quantidade de EEP registrados. Tal análise mostra-se importante, pois o fenômeno possui 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; SILVA, 2016; MOURA et al., 2019).



Para definir o que seria considerado um ano com quantidade de EEP dentro da média, é importante considerar que cada cidade teve entre 72 a 75 eventos ao longo de 20 anos, o que representa uma média entre 3,6 a 3,85 eventos por ano. De tal modo que foram considerados como ocorrências comuns de EEP anos que tiveram entre 3 a 4 eventos registrados. Dessa forma, para analisar a influência do ENOS foram levados em consideração os anos de ocorrência do fenômeno e os anos com registros que fujam dessa média.

Houve ocorrências do fenômeno La Niña (LN) nos anos de 1999-2000, 2007-2008, 2010-2011 e 2017-2018, classificada sempre como moderada durante os períodos citados (CPTEC/INPE, 2019). É possível notar a influência do fenômeno, causando o aumento no

número de EEP nas cidades de: Manaus com seis eventos no ano de 1999, sete em 2000 e seis em 2017; Macapá, durante o ano de 1999, com seis EEP e em 2007, com cinco; e Belém durante os anos de 2011 e 2018, onde foram registrados seis e nove eventos, respectivamente. Mesmo sob influência de LN foram observados casos de baixa ocorrência de EEP em determinadas épocas nas cidades de Manaus e Macapá. Durante o ano de 2007 Manaus apresentou apenas um EEP, no mês de dezembro, época na qual o fenômeno já atuava, e dois em 2018, estando um sob influência de LN e o outro observado durante o período chuvoso de Manaus (NOAA, 2019; TANAKA; SATYAMURTY; MACHADO, 2014). Em Macapá, houve apenas dois EEP em 2010 e dois em 2017, sendo que apenas um dos quatro eventos ocorreu em um mês que estava sob influência de LN, tendo os outros três ocorrido no período chuvoso da cidade (NOAA, 2019; TAVARES, 2014).

A fase quente do ENOS, El Niño (EN), atuou nos anos de 2002-2003, 2006-2007, 2009-2010 e 2015-2016, classificado como moderado nas três primeiras ocorrências e forte na última (CPTEC/INPE, 2019). Desse modo, foram observados poucos eventos nas cidades de: Manaus com apenas um EEP em 2009 e em 2015, ambos durante o período chuvoso da cidade (TANAKA; SATYAMURTY; MACHADO, 2014); Macapá com dois EEP em 2003 e em 2010, sendo que três dos quatro ocorreram dentro do período chuvoso e os ocorridos em 2010 aconteceram em meses que não estavam sob influência de EN (NOAA, 2019; TAVARES, 2014); e Belém com apenas um evento nos anos de 2002 e 2003 registrados em meses que não se encontravam sob influência do fenômeno e que fazem parte do período chuvoso (BASTOS et al., 2002; NOAA, 2019). Contrariando a pouca chuva que se espera sob influência de EN, observa-se um alto número de EEP em Manaus nos anos de 2002 e 2016, em Macapá nos anos de 2006, 2007, 2009 e 2016, e em Belém em 2006. Tais acontecimentos geralmente ocorriam dentro do período chuvoso da cidade e/ou em meses que não estavam sob influência do EN. Em Manaus, quatro dos cinco eventos de 2002 ocorreram em meses do período chuvoso, sendo que três aconteceram em meses nos quais o EN ainda não atuava, e apenas um dos cinco de 2016 ocorreu sob influência de EN, observado no período chuvoso (NOAA, 2019; TANAKA; SATYAMURTY; MACHADO, 2014). Em Macapá, dentre os eventos de 2006, apenas um aconteceu em um mês sob influência de EN, enquanto os de 2007 e 2009 aconteceram todos fora do período de influência de EN e dentro do período chuvoso, e entre os EEP de 2016, dois ocorreram em meses de influência de LN e os outros três que ocorreram sob influência de EN estavam dentro do período chuvoso da cidade (NOAA, 2019; TAVARES, 2014). Em Belém, seis entre os sete acontecimentos de 2006 foram registrados no período chuvoso, sendo que a

maior parte ocorreu em meses que não estavam sob influência de EN (BASTOS et al., 2002; NOAA, 2019)

Quando comparados os eventos ocorridos por ano nas três capitais não indicam um padrão claro de ocorrência de EEP por influência de La Niña e El Niño. No entanto, salienta-se que foram analisados somente os eventos extremos de precipitação, logo, é possível que a influência não tenha sido vista claramente por se tratar de uma parcela pequena (1%) dos eventos totais, visto que diversos autores destacam a significância do ENOS para a chuva na região (LIMBERGER; SILVA, 2016).

Ressalta-se que os eventos extremos podem ser influenciados por outros fatores, permitindo que ocorra um número significativo de EEP em anos de El Niño, ou um número baixo em anos de La Niña. O próprio posicionamento da ZCIT tem grande influência sob os EEP, pois por vezes a ocorrência deles concentrava-se durante o período chuvoso de cada cidade. Existem ainda outros mecanismos que não foram abordados neste trabalho e que podem ter influenciado nos eventos extremos de precipitação ao longo do período estudado, como, por exemplo, linhas de instabilidade e ilhas de calor (COHEN, 1989; FARIAS et al., 2017; SOUZA; ALVALÁ; NASCIMENTO, 2016).

Outro fator importante a ser observado é a ocorrência dos eventos segundo sua proximidade, visto que em cidades que sofrem com alagamentos, chuvas com volume significativo e com alta frequência, podem dificultar o processo de escoamento da água acumulada, influenciando em possíveis danos para a população, uma vez que a chuva forte de um dia pode dificultar o escoamento necessário para os próximos dias. Além disso, fatores como a urbanização e a alteração da drenagem natural tendem a impactar negativamente a dispersão da água (TUCCI, 2003). Logo, foram destacados casos de eventos extremos próximos, definidos como aqueles que apresentaram ocorrência de no máximo 5 dias entre eles. Tal medida foi estabelecida para verificar a significância que eventos extremos ocorridos em uma mesma semana poderiam representar quando comparados ao acumulado do mês de ocorrência e à média mensal de cada local. A primeira cidade analisada foi Manaus, cujos casos de EEP próximos encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6- Eventos Extremos de Precipitação com ocorrência próxima na cidade de Manaus

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
15/04/2000	90,2	20/04/2000	154,4
08/01/2002	67,8	10/01/2002	79,6
18/03/2004	116,5	21/03/2004	82,8
27/04/2011	96	30/04/2011	116,2
21/04/2013	117,4	22/04/2013	140
01/05/2014	73,7	05/05/2014	89,2
10/05/2014	68,5	12/05/2014	67,2

Fonte: Autora.

O primeiro caso ocorreu no ano de 2000 com eventos registrados nos dias 15 e 20 do mês de abril (Tabela 6). Entre esses dois eventos a chuva não cessou, chovendo ainda 54,4 mm no dia 16 e chuva fraca (1,8 a 17 mm) nos 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 319 mm (Figura 5). 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 em Manaus (INMET, 2019b) em função do deslocamento máximo da ZCIT (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009).

No ano de 2002 ocorreram eventos próximos, entre os dias 08 (67,8 mm) e 10 (79,6 mm) de janeiro. No entanto, no dia 09 não houve chuva, segundo o registro de precipitação do BDMEP (INMET, 2019a), o que possibilita que a cidade tenha se recuperado. Além disso, o volume de chuvas representou aproximadamente 50% da média climatológica do mês de janeiro na cidade (Figura 5), e 38,7% do total acumulado do mês nesse ano (equivalente a 380,8 mm), ou seja, menos significativo quando comparado ao primeiro caso.

Durante o mês de março de 2004 notaram-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 no dia 19 (11,2 mm) e não ocorrência de chuva no dia 20. Conseqüentemente, 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 70% da média mensal, correspondente a 300 mm (Figura 5). 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 72% 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 (NOAA, 2019), 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 durante o mês de abril. Em apenas dois dias a precipitação acumulada registrou 257,4 mm, ou seja, aproximadamente 80% do esperado para o mês, segundo a média dos últimos 30 anos (Figura 5) e 61,2% do volume de precipitação registrado no mês (420,6 mm).

Em 2014, no mês de maio, ocorreram quatro eventos próximos: no dia primeiro, com precipitação de 73,7 mm; no dia 05 com 89,2 mm; no dia 10 com 68,5 mm; e no dia 12 com 67,2 mm. Nos dias entre os quatro eventos houve apenas três dias de chuva fraca (8,9 mm, 4,4 mm e 13,7 mm), não havendo precipitação no restante dos dias. Em função da ocorrência dos quatro EEP e das chuvas fracas entre eles, em um período de doze dias, o acumulado foi de 325,6 mm, superando a média do mês, equivalente a 246,9 mm (Figura 5), e representando quase 80% do volume total registrado em maio de 2014 (411,3 mm).

Todos os casos analisados aconteceram durante o primeiro semestre do ano, mais precisamente no período chuvoso de Manaus (TANAKA; SATYAMURTY; MACHADO, 2014), tendo um ocorrido no mês de março e metade deles ocorrido no mês de abril, que, como exposto anteriormente, é a época que a ZCIT alcança seu deslocamento máximo no sentido sul (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009), ressaltando a influência de sua posição na incidência de eventos extremos. Ademais, 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).

Comparada à Manaus, Macapá apresentou uma quantidade menor de casos, com cinco ocorrências próximas (Tabela 7).

Tabela 7- Eventos Extremos de Precipitação com ocorrência próxima na cidade de Macapá

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
04/02/1999	68,8	06/02/1999	80
25/03/1999	80,6	30/03/1999	105,2
12/01/2006	95,7	17/01/2006	171,3
24/04/2009	79,2	26/04/2009	84,5
13/04/2015	83	19/04/2015	138,8

Fonte: Autora.

O primeiro caso analisado na cidade de Macapá ocorreu em fevereiro de 1999, nos dias 04 e 06, que apresentaram 68,8 mm e 80 mm, respectivamente. Entre os dois EEP não houve precipitação registrada, o que indica que apesar da ocorrência de eventos significativos tão próximos, é possível que a cidade tenha conseguido se recuperar durante as 24h em que não houve chuva. Somando os dois eventos obtém-se o equivalente a 148,8 mm, o que representa aproximadamente 43% da média climatológica (343,3 mm), encontrada na Figura 5, e 35% do total acumulado durante o mês de fevereiro de 1999 (424,5 mm). O ano de 1999 esteve sob influência de La Niña (CPTEC/INPE, 2019), o que pode ter influenciado também nas ocorrências durante o mês de março, nos dias 25 (80,6 mm) e no dia 30 (105,2 mm). Desta vez foi registrada precipitação fraca durante todos os dias entre os EEP (32,5 mm, 9,6 mm, 13,4 mm e 24 mm), resultando em um total de 265,3 mm acumulados. Levando em consideração que o mês de março tem uma média de 394,2 mm de precipitação na cidade de Macapá, nota-se que em menos de uma semana choveu aproximadamente 67% da média do mês (Figura 5) e quase 55% do total acumulado em março de 1999 (484,7 mm).

Outra ocorrência próxima foi observada nos dias 12, com 95,7 mm, e 17, com 171,3 mm, de janeiro de 2006. Entre estes dias, houve registro de chuva fraca no dia 13 (1,6 mm) e no dia 15 (6,7 mm). Ao todo, durante os seis dias analisados choveu um total de 275,3 mm, representando cerca de 93% da média do mês para Macapá, que equivale a 294,7 mm (Figura 5) e aproximadamente 65% do total acumulado no mês em questão (424,8 mm).

Em 2009, durante o mês de abril, foram encontrados dois EEP com apenas um dia de diferença entre eles, ocorridos nos dias 24 (79,2 mm) e 26 (84,5 mm). No dia 25 foi registrado um volume de 10,2 mm de precipitação. Desse modo, em apenas três dias houve um acumulado de 173,9 mm, equivalente a 45% da média do mês de abril, de 384 mm (Figura 5) e representando cerca de 48% do total acumulado no mês, que foi de 363,7 mm.

O último caso ocorreu no ano de 2015, também no mês de abril, nos dias 13 (83 mm) e 19 (138,8 mm). Entre eles a chuva não cessou, resultando em um acumulado de 331,5 mm em uma semana. Apesar de 2015 ter sido ano de influência de El Niño, o acumulado do mês de abril em Macapá ficou acima da normal climatológica (Figura 5), com volume de 584,5 mm, de modo que o caso analisado representou quase 57% do acumulado no mês, e 86% da média climatológica, equivalente a 384 mm.

Os cinco casos analisados ocorreram durante os primeiros meses do ano que fazem parte do período chuvoso da cidade de Macapá (TAVARES, 2014), sendo que dois deles ocorreram em épocas de influência do fenômeno La Niña e um sob influência de El Niño (CPTEC/INPE, 2019; NOAA, 2019). Três dos cinco casos foram registrados nos meses de março e abril, novamente destacando a influência do deslocamento máximo da ZCIT durante essa época (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009).

Na cidade de Belém também foram destacados 5 casos de ocorrências próximas, apresentados na Tabela 8.

Tabela 8- Eventos Extremos de Precipitação com ocorrência próxima na cidade de Belém

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
15/04/2000	133,7	18/04/2000	118,7
12/01/2004	82,9	17/01/2004	68,6
24/04/2011	100,3	28/04/2011	75,9
04/02/2018	132,3	08/02/2018	80,2
07/04/2018	83,6	11/04/2018	75,7

Fonte: Autor.

O primeiro aconteceu nos dias 15 e 18 do mês de abril de 2000, com precipitações de 133,7 mm e 118,7 mm, respectivamente. Durante os dias 16 e 17 a chuva continuou, porém de forma mais branda, tendo sido registrado 5,7 mm no primeiro dia e 6,6 mm no segundo. Durante estes quatro dias houve então um acumulado de 264,7 mm, o que representa aproximadamente 52% do total registrado no mês (507,7 mm) e 62% da média do mês de abril (424,3 mm), encontrada na Figura 5. Como citado anteriormente, no ano de 2000 houve atuação de La Niña influenciando na precipitação local (CPTEC/INPE, 2019; NOAA, 2019).

O próximo caso ocorreu em janeiro de 2004, nos dias 12, com 82,9 mm de chuva, e 17, com 68,6 mm. Durante os quatro dias entre os eventos, houve um sem precipitação, dois nos

quais a chuva foi fraca (dia 13 com 2,6 mm e dia 16 com 1,4 mm) e um no qual a chuva foi mais significativa (dia 14 com 29,6 mm). Ao todo, houve um acumulado de 185,1 mm registrados em menos de uma semana, o que representa quase 50% do acumulado no mês de janeiro de 2004, correspondente a 373,8 mm e cerca de 50% da média climatológica de janeiro, que equivale a 384,5 mm (Figura 5).

O terceiro caso aconteceu em abril do ano de 2011 com registro de 100,3 mm no dia 24 e de 75,9 mm no dia 28. Entretanto, não houve chuva significativa nos dias que se passaram entre os eventos, apenas um registro de 0,6 mm no dia 27. Desse modo, nesse período houve um acumulado de 176,8 mm, resultando em cerca de 41% da média mensal, equivalente a 424,3 mm (Figura 5) e 30% do acumulado no mês em questão (579,4 mm), não sendo tão significativo quando comparado a outros eventos próximos. Destaca-se que durante o ano de 2011 houve influência de La Niña (CPTEC/INPE, 2019; NOAA, 2019).

Também houve ocorrência de La Niña em 2018 (CPTEC/INPE, 2019; NOAA, 2019), onde ocorreram os últimos casos. O primeiro caso ocorreu no mês de fevereiro, nos dias 04 (132,3 mm) e 08 (80,2 mm). Notou-se que nos dias entre os dois eventos houve precipitação com valores relevantes de 26,8 mm (dia 05), 38,1 mm (dia 06) e 21,2 mm (dia 07), com um acumulado de 298,6 mm para o período, o que representa cerca de 75% da média de fevereiro, que é de 399,5 mm (Figura 5), e quase 45% do total acumulado naquele mês (671,6 mm). O outro caso de 2018 foi registrado, novamente, no mês de abril, onde houve precipitação de 83,6 mm no dia 07 e de 75,7 mm no dia 11. Entre os dois eventos houve apenas precipitação fraca com registro de 1,2 mm no dia 08 e 0,3 mm no dia 09, tendo o dia 10 ficado sem chuva. De tal forma que durante os cinco dias o acumulado foi de 160,8 mm, representando quase 40% do total daquele mês (406,3 mm) e 38% da média de abril, equivalente a 424,3 mm (Figura 5).

Todos os casos da cidade de Belém ocorreram dentro de seu período chuvoso (BASTOS et al., 2002), tendo três dos cinco casos ocorrido no mês de abril, e quatro casos em anos sob influência do fenômeno La Niña. Destaca-se que apesar de Belém ser a cidade com maior acumulado anual dentre as três capitais (RAMOS; SANTOS; FORTES, 2009), Manaus foi quem apresentou maior número de eventos próximos (seis casos), o que pode ter sido influenciado pelas falhas nos dados do INMET, assim como no número total de EEP encontrados durante o período de análise.

Ao todo, as três cidades apresentaram 17 casos de EEP próximos, tendo todos ocorrido dentro de seus respectivos períodos chuvosos, indicando a importância que o posicionamento da ZCIT possui sobre as chuvas da região. Além disso, 10 dos 17 casos ocorreram entre os

meses de março e abril, quando a ZCIT alcança seu deslocamento máximo ao sul da linha do Equador (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009). Em relação ao fenômeno ENOS, oito dos casos destacados ocorreram em épocas de influência de La Niña, confirmando a grande influência que o fenômeno tem sob o aumento das chuvas na região amazônica.

3.1.2 Notícias da mídia local

Entre os 75 eventos identificados como EEP pela técnica de percentil em Manaus, encontrou-se notícias relatando ocorrência de chuva em 31 deles (Tabela 9). As notícias pertencem aos jornais “A Crítica”, “Jornal do Commercio”, “Em Tempo” e aos portais de notícias G1 e D24AM. Em Macapá foram encontradas apenas 15 notícias, dentre os 73 eventos identificados EEP, disponíveis nos jornais “Diário do Amapá”, “Jornal do Dia” e no portal de notícias G1 (Tabela 10). Em Belém, para os 71 eventos, encontrou-se 26 notícias (Tabela 11), nos jornais “O Liberal”, “Diário Online”, “Jornal Hoje”, no site “Terra” e nos portais de notícias R7 e G1.

Tabela 9- Notícias de Mídia Local em Manaus

(continua)

Data	Precipitação (mm)	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 voos 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

(continuação)

Data	Precipitação (mm)	Mídia	Notícia
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
11/04/2016	72,8	G1	Forte chuva causa desabamentos e deixa ruas de Manaus alagadas

(conclusão)

Data	Precipitação (mm)	Mídia	Notícia
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
14/01/2017	67,5	G1	Moradores fazem limpeza e avaliam prejuízos após temporal em Manaus
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?
01/12/2017	92	A Crítica	Especialistas explicam por que o fenômeno afeta tanto o trânsito de Manaus
26/12/2017	68,2	A Crítica	Chuva em Manaus causa alagamentos e desabamentos de árvores na cidade
24/02/2018	71,3	Em Tempo	População precisa exercer a paciência para se locomover em Manaus neste fim de ano
04/12/2018	83,7	Em Tempo	Dois graves acidentes são registrados em menos de 24h em Manaus
			Chuva forte deixa pontos de alagamento em Manaus

Fonte: Autora.

Tabela 10- Notícias de Mídia Local em Macapá

Data	Precipitação (mm)	Mídia	Notícia
30/03/2011	91,5	Jornal do Dia	Chuva forte causa alagamentos na cidade
13/02/2012	129,5	Jornal do Dia	Fortes chuvas revelam a falta de estrutura na capital amapaense
21/02/2014	83	G1	Chuva forte deixa moradores da Zona Sul de Macapá 'ilhados'
17/06/2014	91,6	G1	Internauta registra crianças tomando banho em avenida alagada
20/03/2015	111,4	Diário do Amapá	Chuva provoca alagamentos em Macapá e Santana
13/04/2015	83	G1	Chuva provoca novo alagamento em feira popular no Centro de Macapá
19/04/2015	138,8	G1	Chuvas inundam banheiros ao lado da Fortaleza de São José de Macapá
10/03/2016	85,2	Diário do Amapá	Chuva e maré alta provocam alagamentos em MACAPÁ
19/12/2016	84,8	Diário do Amapá	Chuva que cai nesta segunda em Macapá, já ultrapassa o esperado para o mês inteiro
26/12/2016	91,6	G1	Em rua alagada por chuvas, alunos equilibram-se em muros para ir a aula
17/02/2017	88,8	G1	Macapá registra alagamentos e queda de nove árvores durante forte chuva
21/03/2017	87,6	Diário do Amapá	Chuva forte deixa Macapá na semiescuridão até por volta das 8h
07/01/2018	69,9	Diário do Amapá	TV Diário – Chuvas deixam ruas alagadas em Macapá
24/04/2018	95,8	G1	Chuvas provocam alagamentos em pelo menos 13 pontos em Macapá, diz Defesa Civil
03/08/2018	68	G1	Torre cai ao receber raio e deixa sem energia bairro na Zona Norte de Macapá

Fonte: Autora.

Tabela 11- Notícias de Mídia Local em Belém

(continua)

Data	Precipitação (mm)	Mídia	Notícia
25/04/2005	200,8	O Liberal	Chuva alaga cidade e traz muitos problemas
02/12/2007	73,7	O Liberal	Canais transbordam e trânsito fica lento
22/01/2011	97,8	R7	Forte temporal deixa ruas alagadas em Belém (PA)
14/04/2011	82,4	G1	Chuva causa alagamentos em ruas de Belém
28/04/2011	75,9	Diário Online	Chuva provoca congestionamentos em toda Belém
09/07/2012	75,3	G1	Forte chuva causa alagamentos em ruas e derruba árvore em Belém
13/02/2013	161,2	O Liberal	Chuva desta quarta-feira causou prejuízos a moradores de Belém
20/03/2013	77,1	R7	Chuva provoca alagamento em diversos bairros de Belém
12/01/2014	75,5	G1	Belém amanhece com alagamentos no dia do aniversário da cidade
04/02/2014	67,5	O Liberal	Belém amanhece coberta por neblina após forte chuva da última segunda-feira
01/03/2014	86,3	O Liberal	Chuva da tarde alagou várias ruas em Belém
31/12/2014	74,1	G1	Chuva forte deixa bairros sem energia elétrica em Belém
28/02/2015	72,1	G1	Chuva provoca alagamentos e congestionamentos em Belém
15/04/2015	81,2	Jornal Hoje	Chuva deixa ruas e casas alagadas em Belém
17/01/2016	69	G1	População enfrenta pontos de alagamento devido à chuva em Belém

(conclusão)

Data	Precipitação (mm)	Mídia	Notícia
27/05/2016	76,6	G1	Chuva causa alagamentos e deixa alguns bairros sem energia, em Belém
25/01/2017	94,8	O Liberal	Moradores de Belém sofrem com alagamentos nas ruas após 17 horas de chuvas
12/05/2017	74,9	G1	Árvore cai durante forte chuva nesta quinta-feira, em Belém
04/02/2018	132,3	G1	Em Belém, chuva provoca pontos de alagamento e túnel do entroncamento fica interditado
08/02/2018	80,2	G1	Tarde de chuva deixa trânsito lento e vias alagadas na Grande Belém
26/02/2018	90,7	Diário Online	Belém no fundo: chuvas desta manhã ajudam fevereiro a bater recorde
15/03/2018	67,6	O Liberal	Vias ficam alagadas com chuva desta quinta-feira em Belém
07/04/2018	83,6	G1	Árvores caem na avenida Fernando Guilhon durante chuvas fortes, em Belém
11/04/2018	75,7	Terra	Belém acumula mais de 100 milímetros de chuva em 24h
08/05/2018	93,7	O Liberal	Vídeos mostram situação de alagamentos em avenidas de Belém após forte chuva
05/06/2018	88,6	G1	Forte chuva causa alagamentos e complica o trânsito em Belém

Fonte: Autor.

Nota-se que dentre os eventos próximos anteriormente analisados, a cidade de Manaus teve um de seus casos confirmados (21 e 22 de abril de 2013), assim como Macapá (13 e 19 de abril de 2015), enquanto Belém teve dois, durante os meses de fevereiro e abril do ano de 2018, que esteve sob influência de La Niña. O fato de que em todas as cidades tenha sido possível encontrar manchetes relatando prejuízos durante os EEP com ocorrência próxima ratifica a premissa de que tais ocorrências podem causar problemas em cidades que passaram pelo

processo de urbanização, por serem empecilho para que o sistema de drenagem escoe o acúmulo de água rapidamente.

Segundo o jornal “Em Tempo”, os alagamentos dos dias 21 e 22 de abril de 2013 em Manaus, causaram perdas de bens materiais, incluindo muros e paredes que desabaram e residências que tiveram suas estruturas abaladas, tornando necessário que alguns moradores abandonassem o local. As notícias mostram que as cidades sofrem prejuízos variados por conta das inundações, abrangendo danos à patrimônio público, problemas de tráfego, e prejuízos materiais em geral, especialmente, os relacionados a habitações, que diversos autores apontam como sendo o tipo de dano onde os prejuízos são maiores, de modo que torna-se evidente os transtornos aos quais a população é exposta (CORSI; AZEVEDO; GRAMANI, 2012; DIAS et al., 2018; MINERVINO; DUARTE, 2016).

Para as três cidades foi observado durante a pesquisa que por vezes foram encontradas notícias na mídia local relatando impactos negativos causados por precipitações em dias que não haviam sido classificados como EEP, pois o valor registrado na estação meteorológica do INMET não era relevante. Este tipo de acontecimento está de acordo com o exposto por Corbella e Yannas (2009) que explicam que a urbanização acarreta microclimas no meio urbano, que podem resultar na ocorrência de um evento extremo que atinge uma parte da cidade sem necessariamente afetá-la como um todo.

Além disso, percebeu-se que quanto mais antigo o evento, mais difícil foi encontrar notícias na mídia online, especialmente durante a primeira década do período estudado e que esse problema foi comum às três cidades. Tal fator não significa que os eventos não ocorreram ou que não foram registrados, mas que provavelmente a internet não era a fonte mais utilizada para os registros durante essa época, sendo mais utilizada a mídia impressa. Outra possibilidade é que tenha ocorrido aumento de impactos em função da expansão das cidades e ocupações de solo desordenadas (LIMA; AMORIM, 2015). Para os fins deste trabalho, eventos sem registro de notícias em meio eletrônico não foram contabilizados, uma vez que não há como comprovar seus danos para as cidades analisadas.

Os Eventos Extremos de Precipitação podem ocasionar impactos negativos de diversas ordens para a sociedade, afetando-a econômica e socialmente. De bens materiais à saúde física e mental, os prejuízos são diversos e de difícil mensuração. Os investimentos em medidas que contenham os danos ou que ao menos os mitiguem fazem-se importantes para a diminuição de perdas materiais e na disseminação de doenças. No entanto, é preciso conhecer os danos a fim de comprovar a necessidade de detê-los. A valoração econômica funciona então como uma

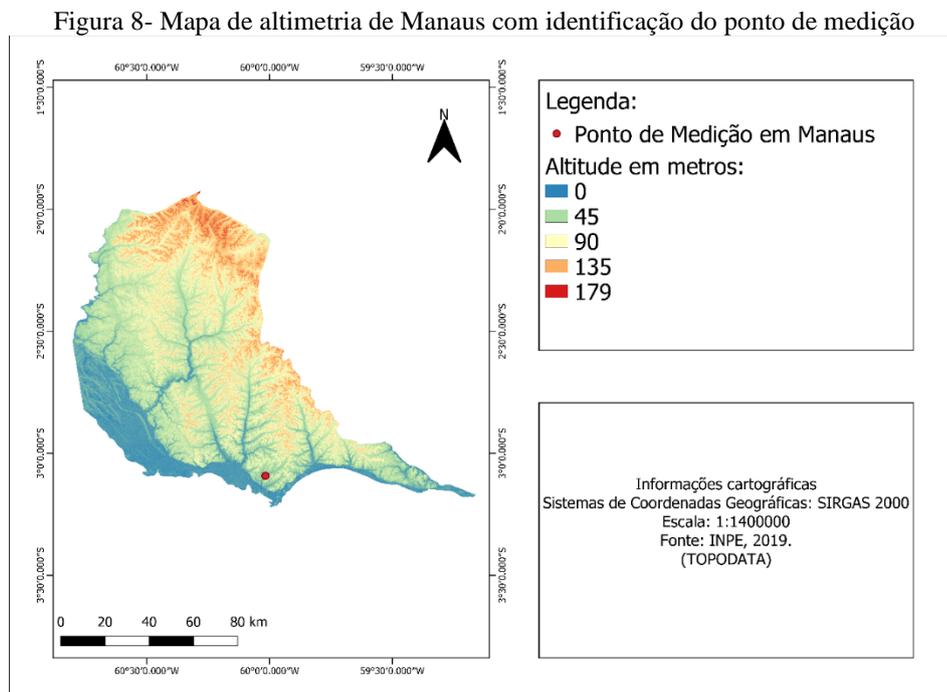
alternativa para que o poder público e a sociedade entendam a dimensão do problema e possam traçar estratégias para lidar com ele (MINERVINO; DUARTE, 2016).

3.2 IPA e AMA

3.2.1 Índice de Pegada da Água (IPA)

Para fazer o cálculo do IPA foi medida em cada cidade a altura que o acúmulo de água alcançou após a ocorrência de chuva. Em seguida, esse valor foi dividido pela altura do local de medição em relação ao nível médio do mar (NMM), a fim de possibilitar a comparação entre as três capitais, uma vez que a altimetria do local onde elas foram observadas, influencia no volume acumulado.

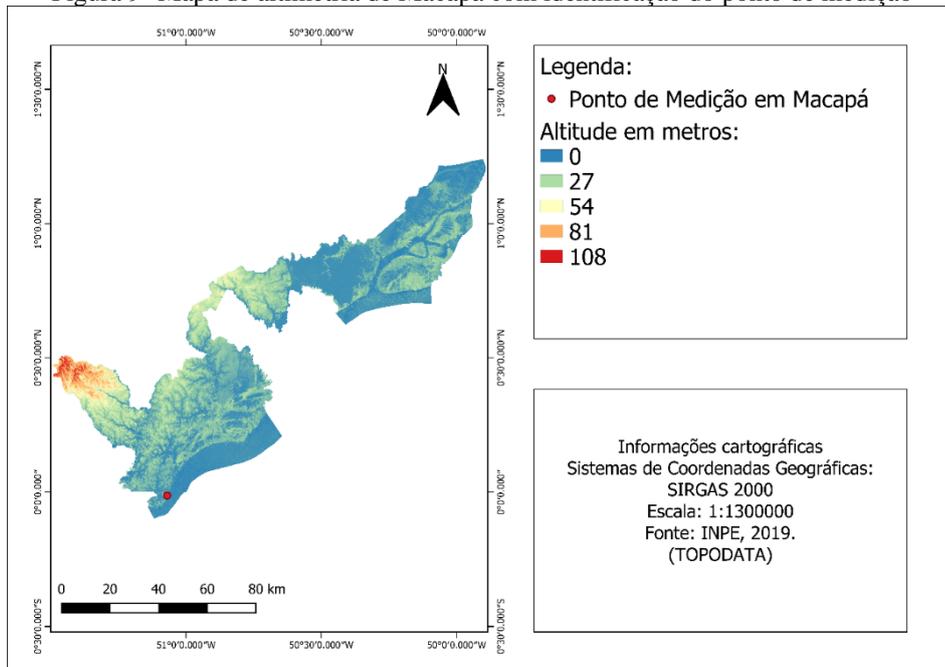
A primeira cidade analisada foi Manaus, no dia 10 de maio de 2019, em que foi encontrada uma altura de 1,4 cm, medida na área da estação meteorológica da Universidade do Estado do Amazonas, onde a altitude do local é de 31 m (Figura 8). Com isso, os dados foram aplicados à equação da altura da medição (1) e encontrou-se o valor de 0,00451 mm. No dia em questão, a precipitação registrada na estação automática do INMET (2019a) na cidade foi de 7,6 mm.



Fonte: Autora.

Em 17 de agosto de 2019, no centro de Macapá, a altura encontrada foi de 6 cm, em uma área com altitude de 10m em relação ao NMM (Figura 9). Aplicando-se na equação de altura da medição encontrou-se um valor de 0,06 mm. A precipitação do dia alcançou 9 mm, segundo registro do INMET (2019a).

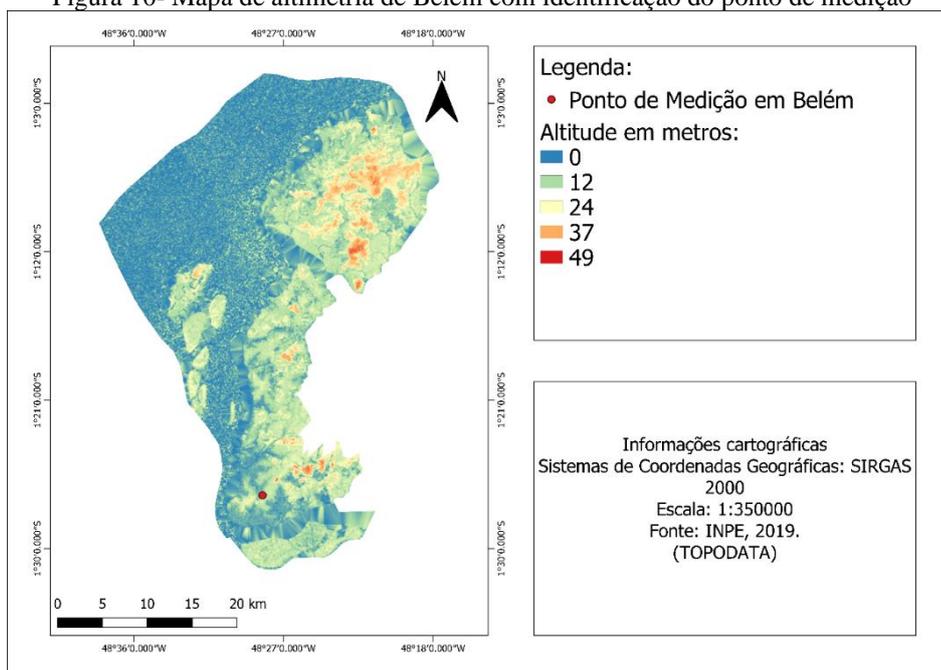
Figura 9- Mapa de altimetria de Macapá com identificação do ponto de medição



Fonte: Autora.

Em Belém, no dia 15 de dezembro de 2019, verificou-se a medida de 10,5 cm no bairro de Fátima, onde a altitude é de 10 m (Figura 10). Uma vez aplicados os dados na equação da altura de medição, obteve-se o valor de 0,105 mm para a cidade. Segundo o INMET (2019a), no dia referido, a precipitação foi de 17 mm.

Figura 10- Mapa de altimetria de Belém com identificação do ponto de medição



Fonte: Autora.

As alturas de medição foram bastante distintas entre si, o que pode ser explicado pelos diversos fatores que diferem entre as cidades e que podem influenciar no acumulado pós-chuva, como, por exemplo, o sistema de drenagem local e a influência das cotas dos rios que recebem a água pluvial.

Os valores foram convertidos para a mesma unidade, levando em consideração que foi feita apenas uma observação por local, a partir do que se calculou o índice para cada cidade individualmente. Obtiveram-se então os valores de IPA de 0,000594 para Manaus, 0,006667 para Macapá e 0,006176 para Belém.

$$I_{pa} = \frac{\left[\frac{Hm}{Prec} \right]}{1}$$

Observa-se que os valores de Macapá e de Belém são bastante próximos, uma vez que as altitudes onde foram medidos os acúmulos de água são a mesma nas duas cidades. Em contrapartida, o índice em Manaus foi aproximadamente dez vezes inferior aos demais, posto que a altitude no ponto de medição de Manaus é três vezes superior à das outras cidades.

Além disso, tanto Belém quanto Macapá apresentaram valores próximos nas equações de razão da pegada, com aproximadamente 6,67 em Macapá e 6,17 em Belém. Em

contrapartida, Manaus apresentou uma razão de 1,84. Ou seja, um mesmo volume de chuva nas três cidades causaria acúmulos semelhantes em Belém e Macapá, porém menores em Manaus, o que pode novamente ser explicado pela altimetria das cidades, pois o fato de Manaus estar mais elevada auxilia no escoamento da água para zonas mais baixas e dificulta o acúmulo. Assim como a altitude no ponto de medição em Manaus é três vezes superior à altitude no ponto de medição das outras cidades, a razão da pegada em Manaus é aproximadamente um terço da encontrada nas outras duas capitais.

Os dados obtidos foram utilizados também para calcular um IPA único que permitisse a comparação entre as três cidades. Logo, foram aplicados à equação (2) de Rosales-Mendonza e Mota (2019), onde foi possível calcular o índice para Manaus, Macapá e Belém.

$$I_{pa} = \frac{\left[\frac{0,00451 + 0,06 + 0,105}{7,6 + 9 + 17} \right]}{3}$$

Aplicando essas informações à fórmula do IPA, após ter sido feita conversão para que todas ficassem na mesma unidade, obteve-se o índice de 0,001681, que indica, levando em consideração as três cidades, a proporção sobre como o acúmulo de água varia em relação à precipitação intensa.

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 (CAMPOS; MOTA; SANTOS, 2015; CORBELLA; YANNAS, 2009; TUCCI, 2003; ZANELLA, SALES; ABREU, 2009). Dessa forma, o IPA funciona para estimar a altura da água em uma situação na qual não haveria outras intervenções.

3.2.2 Cálculo da Avaliação Monetária Material Meio Ambiente (AMA)

Para o cálculo da AMA é necessário primeiramente identificar os valores de cada uma das variáveis. Assim, para a variável S^Q , utilizou-se os dados do Censo Demográfico do IBGE (2010), segundo o qual existem 72.762 domicílios em aglomerados subnormais na cidade de Manaus, 13.801 em Macapá e 193.557 em Belém.

Com base nos dados do Sistema do IBGE de Recuperação Automática - SIDRA (IBGE, 2019c) foi possível identificar quantos domicílios localizados nos aglomerados subnormais das

idades analisadas possuíam renda de até um salário mínimo. Observou-se que em todas as cidades a maior parte dos domicílios se encaixava nessa categoria, sendo 82% para Manaus, 87% para Macapá e 78% para Belém. De modo que quase toda a população residente nos domicílios estudados deve apresentar dificuldade financeira de recuperação, após exposta aos danos causados por inundações, tal como exposto por Nur e Shreshta (2017), ao analisarem países em desenvolvimento. No entanto, destaca-se que não necessariamente toda a população residente em aglomerados subnormais passa pela problemática das inundações, visto que outros fatores podem influenciar, como a proximidade à canais, a altitude da área, a limpeza do sistema de drenagem, o acúmulo de resíduos sólidos próximos e até mesmo a altura na qual a casa é construída, pois, como observado por Mansur et al. (2017) é possível que o próprio residente coloque o domicílio a uma altura superior ao nível da rua, tendo em vista a altura máxima que chuvas passadas alcançaram, evitando assim o alagamento em sua casa.

Segundo dados do IBGE (2019b), a cidade de Belém é a que apresenta maior densidade demográfica, com 1315,26 hab/km², seguida por Manaus com 158,06 hab/km² e Macapá com 62,14 hab/km². É possível então notar uma relação entre a densidade demográfica e o número de aglomerados subnormais entre as cidades analisadas. De modo que, assim como o número de domicílios em aglomerados subnormais em Belém é bastante superior ao das outras cidades, também é a densidade, sendo o contrário observado em Macapá.

De acordo com o estudo de Mansur et al. (2017), o crescimento da população urbana na cidade de Belém, instigou a criação de áreas com concentrações de edifícios e de áreas com alta densidade demográfica de aglomerados subnormais. Assim, faz sentido que cidades menos densas, tenham menores quantidades de domicílios localizados em aglomerados subnormais, tal como Manaus e Macapá quando comparadas à Belém, principalmente se o crescimento da cidade não for acompanhado de planejamento apropriado.

Em relação aos bens materiais móveis, foi levada em consideração as inflações dos anos de 2018 e de 2019 (IBGE, 2019a; IBGE, 2020b) para atualizar os dados de Rosales-Mendonza (2017), de tal modo que o novo valor de bens materiais móveis passou a ser R\$ 12.856,73. 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, 2019d), onde o valor do metro quadrado no estado do Amazonas em dezembro de 2019 corresponde a R\$ 1.145,08, no Amapá R\$ 1.132,01 e no Pará R\$ 1.155,05. Os resultados da variável E^V para cada cidade estudada encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12- Valor de EV

	Bens Móveis	Bem imóvel	Valor do bem vulnerável (E^V)
Manaus	R\$ 12.856,73	R\$ 48.093,36	R\$ 60.950,09
Macapá	R\$ 12.856,73	R\$ 47.544,42	R\$ 60.401,15
Belém	R\$ 12.856,73	R\$ 48.512,10	R\$ 61.368,83

Fonte: Autora.

Destaca-se que os valores de metro quadrado disponibilizados pelo SINAPI (IBGE, 2019d) são representativos dos estados onde as cidades estudadas se localizam, logo, é possível que o valor nas cidades propriamente ditas seja diferente, podendo interferir no valor final de bens materiais. Além disso, cada residência afetada possui uma área própria, com bens diferentes em tipo, quantidade e valores, de modo que o valor apresentado, adaptado do estudo de Rosales-Mendonza (2017), é uma estimativa para permitir o cálculo de danos.

De posse dessas informações e do valor do IPA, foi calculada a AMA por capital estudada (Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15). Para cada dia de evento extremo encontrado na combinação entre dados do INMET (2019a) 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, aplicando na fórmula, tem-se que:

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

Onde:

N = Condição Natural = 1;

S^Q = Condição Social = 72.762 para Manaus, 13.801 para Macapá e 193.557 para Belém;

E^V = Condição econômica = R\$ 60.950,09 para Manaus, R\$ 60.401,15 para Macapá e R\$ 61.368,83 para Belém;

I_{pa} = 0,001681;

PRP_{mo} = Precipitação no dia encontrado pela técnica do percentil associada à pesquisa em notícias da mídia local.

Para possibilitar a comparação entre as cidades, utilizou-se somente os eventos encontrados a partir de 2011, visto que não foram encontradas referências sobre eventos anteriores a este período nas notícias da cidade de Macapá.

Tabela 13- AMA de Manaus

Data	Precipitação (mm)	AMA (R\$)
26/03/2011	71,2	R\$ 530794832,6
27/04/2011	96	R\$ 715678426
15/11/2011	78,6	R\$ 585961711,3
08/04/2012	69,6	R\$ 518866858,8
11/11/2012	83	R\$ 618763639,1
07/03/2013	87,5	R\$ 652311065,4
21/04/2013	117,4	R\$ 875215075,1
22/04/2013	140	R\$ 1043697705
01/10/2013	114	R\$ 849868130,9
20/11/2013	93,1	R\$ 694058973,5
08/03/2014	137	R\$ 1021332754
10/05/2014	68,5	R\$ 510666376,9
10/11/2014	89,6	R\$ 667966530,9
15/12/2014	71,7	R\$ 534522324,4
24/03/2015	110,4	R\$ 823030189,9
10/05/2015	68,5	R\$ 510666376,9
11/04/2016	72,8	R\$ 542722806,4
21/11/2016	117,8	R\$ 878197068,6
21/12/2016	96,2	R\$ 717169422,7
28/12/2016	116,6	R\$ 869251088,2
23/01/2017	99,4	R\$ 741025370,2
05/04/2017	142	R\$ 1058607672
24/11/2017	71,7	R\$ 534522324,4
01/12/2017	92	R\$ 685858491,6
26/12/2017	68,2	R\$ 508429881,8
24/02/2018	71,3	R\$ 531540331
04/12/2018	83,7	R\$ 623982127,7
	Total	~19 bilhões

Fonte: Autora.

Tabela 14- AMA de Macapá

Data	Precipitação (mm)	AMA (R\$)
30/03/2011	91,5	R\$ 128216692,9
13/02/2012	129,5	R\$ 181465155,5
21/02/2014	83	R\$ 116305852,5
17/06/2014	91,6	R\$ 128356820,4
20/03/2015	111,4	R\$ 156102072
13/04/2015	83	R\$ 116305852,5
19/04/2015	138,8	R\$ 194497016,1
10/03/2016	85,2	R\$ 119388658,3
19/12/2016	84,8	R\$ 118828148,1
26/12/2016	91,6	R\$ 128356820,4
17/02/2017	88,8	R\$ 124433249,5
21/03/2017	87,6	R\$ 122751719,1
07/01/2018	69,9	R\$ 97949145,69
24/04/2018	95,8	R\$ 134242176,8
03/08/2018	68	R\$ 95286722,56
	Total	~ 2 bilhões

Fonte: Autora.

Tabela 15- AMA de Belém

Data	Precipitação (mm)	AMA (R\$)
22/01/2011	97,8	R\$ 1952824855
14/04/2011	82,4	R\$ 1645324827
28/04/2011	75,9	R\$ 1515535854
09/07/2012	75,3	R\$ 1503555333
13/02/2013	161,2	R\$ 3218766530
20/03/2013	77,1	R\$ 1539496895
12/01/2014	75,5	R\$ 1507548840
04/02/2014	67,5	R\$ 1347808565
01/03/2014	86,3	R\$ 1723198210
31/12/2014	74,1	R\$ 1479594292
28/02/2015	72,1	R\$ 1439659223
15/04/2015	81,2	R\$ 1621363785
17/01/2016	69	R\$ 1377759867
27/05/2016	76,6	R\$ 1529513128
18/06/2016	67	R\$ 1337824798
25/01/2017	94,8	R\$ 1892922252
12/05/2017	74,9	R\$ 1495568319
04/02/2018	132,3	R\$ 2641704788
08/02/2018	80,2	R\$ 1601396251
26/02/2018	90,7	R\$ 1811055361
15/03/2018	67,6	R\$ 1349805319
07/04/2018	83,6	R\$ 1669285868
11/04/2018	75,7	R\$ 1511542347
08/05/2018	93,7	RS 1870957964
05/06/2018	88,6	RS 1769123539
	Total	~ 42 bilhões

Fonte: Autora.

Logo, para o período de 2011 a 2018, estimasse que as inundações trouxeram danos na casa de bilhões de reais, sendo que a cidade de Belém apresentou o maior prejuízo em comparação às outras, por ter o maior número de domicílios em aglomerados subnormais, o

maior valor de condição social (somatória de bens móveis e imóveis) e um elevado número de EEP observados entre técnica de percentil e notícias de mídia local. Oposto a isso tem-se a cidade de Macapá com o menor valor de danos, por possuir o menor número de domicílios em aglomerados subnormais, o menor valor de condição social e a menor quantidade de EEP. Manaus, por outro lado, apesar de apresentar a maior quantidade de EEP entre as três analisadas, apresentou aproximadamente metade dos danos encontrados em Belém para o mesmo período, pois apresenta uma quantidade bastante inferior de aglomerados subnormais, quando comparada à capital paraense.

Nos resultados de Rosales-Mendonza (2017), que aplicou o IPA comparando Belém e Carrillo de Guanacaste, observa-se que um evento de 94,6 mm causou um dano de cerca de 122 mil dólares, ou aproximadamente 500 mil reais, na cidade de Belém. Enquanto no comparativo entre as três capitais brasileiras um evento próximo ao observado por Rosales-Mendonza (2017) foi o ocorrido em 25/01/2017 com 94,8 mm, onde os danos seriam em torno de 1 milhão e 800 mil reais. Essa diferença foi observada apesar do IPA encontrado pelo autor ser maior em relação ao encontrado neste trabalho. Tal discrepância pode ser explicada pelas alterações em duas variáveis da fórmula da AMA: o novo valor da variável “bem vulnerável”, que foi atualizado de acordo com a inflação, conseqüentemente, ficando superior ao observado em 2017; e pela diferença na variável “condição social”, onde o autor não trabalhou com o número total de aglomerados subnormais no município, mas com um número que representava aproximadamente 10% do total, no qual não foram contabilizados todos os bairros da cidade.

Quando comparado ao estudo de Minervino e Duarte (2016), que encontraram um valor de 331,4 bilhões de reais em danos materiais causados por desastres hidrológicos para o Brasil entre 2010 a 2014, observa-se que os valores encontrados para as cidades mesmo sendo altos não aparentam estar tão longe da realidade, uma vez que o período analisado é maior. Além disso, os dados dos autores eram alimentados pela defesa civil ou por um responsável local, o que pode indicar possíveis subestimações nas informações, posto que Mansur et al. (2017) divulgaram a dificuldade que a população de Belém relata ter em ser atendida pela defesa civil, podendo este ser um problema comum a outros locais.

Em relação ao estudo de Dolman et al. (2018), que estimou que durante somente o ano de 2015 os danos causados por inundações em Rio Branco, no Acre, se encontrariam entre US\$ 60 – US\$ 200 milhões, os custos de prejuízos encontrados neste trabalho, apesar de elevados, aparentam estar conforme o esperado.

No trabalho de Corsi, Azevedo e Gramani (2012), foi encontrado durante um período de apenas dois meses, danos de R\$ 35 milhões, referentes a perdas residenciais e de patrimônio tombado, no município de São Luiz do Paraitinga, onde segundo dados do IBGE (2019b) a população é estimada em 10.687 habitantes. Dentre as populações analisadas neste trabalho, a que mais se aproxima é a da cidade de Macapá, com 13.801 habitantes em domicílios localizados em aglomerados subnormais, sendo, portanto, aproximadamente 30% maior do que a de São Luiz do Paraitinga. Em uma análise rápida levando em consideração apenas os valores encontrados, observa-se que para populações próximas, os 35 milhões de reais em perdas durante 2 meses se assemelham aos 2 bilhões de reais durante oito anos para uma população 30% maior. Logo, apesar dos valores encontrados serem altos, quando comparados a outros trabalhos do tipo, eles se mostram bastante críveis.

Todavia, destaca-se que os valores encontrados são estimativas, posto que cada casa possui bens diversos com valores distintos, porém dada a relevância dos valores chama-se atenção para os potenciais danos que as populações de Manaus, Macapá e Belém sofrem. O alto custo deve ser levado em consideração, visto que as medidas para evitar os impactos negativos causados por inundações são, de modo geral, responsabilidade do poder público, como por exemplo, garantir que a população tenha acesso a saneamento básico, o que inclui uma rede drenagem que cumpra seu papel de forma eficiente.

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 de menor poder aquisitivo.

No entanto, essa população necessita de destaque, em função da dificuldade econômica de se recuperar dos impactos negativos causados por inundações, tendo também maior dificuldade de se adaptar às possíveis pioras nos eventos extremos de precipitação em função de mudanças climáticas (MANSUR et al., 2017; NUR; SHRESHTA, 2017). Destaca-se, porém, que não necessariamente a população de menor poder aquisitivo se restringe a residir na área contabilizada. De tal modo que, se fossem contabilizados os danos por cada domicílio das cidades, contabilizando cada bem móvel e a área precisa de cada imóvel, o valor estimado seria provavelmente superior.

Observa-se que nas três cidades há um crescimento do número de habitantes entre o censo de 2010 do e a população estimada para 2019 (IBGE, 2019b), o que pode influenciar no volume de precipitação, tal como observado por Souza, Alvalá e Nascimento (2016), onde foi visto uma relação entre o crescimento da cidade de Manaus e o aumento das chuvas e por Golroudbary et al. (2017) que apontaram uma relação entre a elevação da densidade demográfica e o aumento de precipitação ao longo dos anos na Holanda. Além disso, o crescimento do número de habitantes, e, conseqüentemente, da densidade demográfica, está relacionado com aumento no número de aglomerados subnormais (MANSUR et al., 2017). Logo, é importante que alguns fatores sejam repensados para as cidades, como uso e ocupação do solo e a eficiência das redes de drenagem, visto que é provável que com o passar do tempo a população desses locais cresça ainda mais e o problema se agrave.

O padrão de estabelecimento das cidades amazônicas destacado por Trindade Júnior (2015) deveria ser fator chave para que as populações soubessem lidar com inundações tendo o mínimo de prejuízos possíveis, uma vez que elas se estabeleceram em torno dos rios. No entanto, a sociedade ainda encontra dificuldades para lidar com a influência que os corpos hídricos possuem sob a precipitação local, como observado dentre as cidades de Manaus, Macapá e Belém, o que faz com que a qualidade de vida da população seja afetada.

Assim, é importante que seja considerada a influência que os corpos hídricos têm sobre as cidades estudadas, pois menosprezar tal fator pode ser prejudicial para a população, contribuindo para a ocorrência de inundações. A influência das marés tem contribuição direta sobre como a cidade vai responder à chuva e deveria ser levada em conta tanto no que tange o planejamento urbano local, quanto na resposta que os indivíduos terão uma vez que sofressem inundações em suas habitações. Quanto a isso, Mansur et al. (2017) destacam que a resposta do poder público e a dos habitantes são importantes para o impacto que uma enchente poderá ou não causar. No entanto, a metodologia de Rosales-Mendonza (2017) opta por não considerar este fator em seu cálculo de danos, de modo que se além de dias com alto volume de precipitação, fossem contabilizados também dias em que a precipitação não fosse tão significativa, porém a maré fosse alta, os valores de prejuízo seriam, provavelmente maiores.

Todos os fatores que influenciam no cálculo de danos causados por inundações tornam difícil que haja uma metodologia padrão que seja precisa em termos de valores e que possa englobar todas as variáveis, posto que muitas são complexas e de difícil estipulação. Todavia, isso não deve ser empecilho para que diferentes metodologias sejam aplicadas a fim de se estimar os danos, visto que através desses valores, é possível dar destaque ao problema.

Portanto, comprova-se aqui que os Eventos Extremos de Precipitação podem acarretar danos de alto valor econômico para locais que não estejam devidamente preparados para lidar com eles, o que inclui entender suas principais causas. Além disso, valorar os impactos negativos através do IPA e da AMA auxilia a vislumbrar a dimensão que o problema tem. Com isso, talvez fique mais explícita a necessidade de se tomarem medidas que contornem o problema de inundações nas capitais estudadas, auxiliando no processo de tomada de decisão e melhorando a qualidade de vida da população, sobretudo entre os que moram em locais com infraestrutura precária, como aglomerados subnormais, e que possuem poucas condições financeiras para se recuperar dos impactos.

4 CONCLUSÕES

As inundações podem causar impactos negativos à população, acarretando danos econômicos significativos, por isso valorar esses danos pode auxiliar a entender a dimensão do problema e identificar formas de evitá-lo. Em razão de sua posição geográfica, as cidades de Manaus, Macapá e Belém possuem elevados índices pluviométricos, que somados à urbanização fazem com que estudos acerca da precipitação local e dos possíveis danos que ela provoque sejam bastante relevantes para a qualidade de vida da população.

Para o período analisado, Manaus apresentou um total de 75 EEP, Macapá 73 e Belém 72, identificados por possuírem valores acima de 67 mm. As análises iniciais permitiram identificar a grande relevância que a Zona de Convergência Intertropical e o fenômeno ENOS possuem sobre a precipitação da região. Destaca-se, porém, que existem outros sistemas que também influenciam, como linhas de instabilidade e ilhas de calor, que não foram aqui considerados.

Após a análise das informações da mídia local o número de EEP trabalhados diminuiu, passando a ser 31 para Manaus, 15 para Macapá e 26 para Belém. 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 em dias 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. Outra possibilidade é que por mais que o evento não tenha sido expressivo em si, ele possa ter ocorrido entre eventos mais intensos, por isso a importância de se estudar EEP com ocorrências próximas.

No período estudado, não foi identificada uma relação direta entre a urbanização e a ocorrência de 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, como foi observado pelas notícias da mídia local, 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.

De posse das informações sobre EEP, o cálculo do Índice de Pegada da Água permitiu ter noção da variação do acúmulo em função da precipitação. Quando desenvolvido para cada local, a influência da altimetria de Manaus ficou clara, visto que em função de estar localizada à uma altitude superior em relação às demais cidades estudadas, apresentou uma razão de pegada da água menor e um IPA menor. Em relação ao IPA unificado, representando um índice

entre as três cidades, o valor possibilitou a comparação de danos entre elas, através do cálculo da Avaliação Monetária Material Meio Ambiente – AMA.

Para o período analisado, Belém se mostrou a capital com maiores prejuízos, estimados em 42 bilhões de reais, seguida por Manaus com 19 bilhões de reais e Macapá com 2 bilhões de reais. As perdas são de extrema relevância, pois além de representarem valores altíssimos, foram estimadas apenas entre a população residente em aglomerados subnormais, onde foi observado que a grande maioria das residências possuía renda máxima de até um salário mínimo, e que teriam, conseqüentemente, maior dificuldade financeira em se recuperar dos danos.

É importante ressaltar que nesse estudo são levados em consideração apenas os dias em que a precipitação foi bastante elevada, representado por apenas 1% dos casos, logo, é possível que em dias de precipitação mais branda também ocorram danos em locais mais facilmente inundáveis.

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 por vezes 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 também sofram com esta problemática.

Em regiões como a Amazônica, o processo de urbanização por vezes ignora a importância dos corpos hídricos, que foram fatores determinantes para o estabelecimento inicial das cidades estudadas, fazendo com que a população seja exposta aos problemas de inundações. Além disso, a urbanização afeta também o microclima das cidades, alterando variáveis como temperatura, ventos e precipitação. Quando levados em consideração fatores como mudanças climáticas e crescimento populacional, observa-se que há uma tendência a agravar a atual situação, acarretando problemas para toda a população, porém afetando especialmente a parcela com menor capacidade financeira de recuperação. Por consequência, faz-se relevante que estudos do tipo sejam desenvolvidos em locais onde o volume de precipitação é alto e a ocorrência de inundações seja frequente, pois a valoração econômica de prejuízos causados por inundações pode auxiliar na definição clara do problema, no processo de tomada de decisões

com relação às medidas que podem ser adotadas para melhorar a qualidade de vida da sociedade através da diminuição de sua vulnerabilidade.

5 RECOMENDAÇÕES

Tão importante quanto a valoração econômica dos danos causados por inundações é a avaliação de danos aos indivíduos afetados segundo o viés psicológico, pois segundo Dolman et al. (2018) observaram, as inundações em Rio Branco trouxeram problemas de ansiedade para a população, em função, por exemplo, das memórias traumáticas. No Brasil, ainda não existem muitos trabalhos acerca do tema e a maior parte dos existentes se concentra nas regiões sul e sudeste do país (BRAGA et al., 2018). Sendo assim, recomenda-se estudos que combinem a valoração econômica com a avaliação de danos psicológicos, visto que seriam de extrema relevância em áreas onde a precipitação é tão intensa e importante, tal como é a região amazônica.

Outra recomendação é relativa à aplicação da metodologia de valoração de danos proposta por Rosales-Mendonza (2017) em outras cidades que sofram com prejuízos causados por inundações, permitindo maiores informações, comparações e identificação de medidas mitigadoras que possam ser aplicadas ou adaptadas a diferentes localidades.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **GeoNetwork**: o portal para informações e dados espaciais. 2019. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em: 13 dez. 2019.
- BASTOS, T. X.; PACHECO, N. P.; NECHET, D.; SÁ, T. D. de A. Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos. **Série Documentos**, Embrapa Amazônia Oriental, v. 128, p. 31, 2002.
- BRAGA, Ana Paula de Araujo *et al.* Produção científica sobre psicologia dos desastres: Uma revisão da literatura nacional. **Estudos de Psicologia**, [S.l.], v. 23, n. 2, p.179-188, jun. 2018. Tikinet Edicao Ltda. - EPP. <http://dx.doi.org/10.22491/1678-4669.20180018>.
- CAMPOS, T. L. O. B.; MOTA, M. A. S.; SANTOS, S. R. Q. dos. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. **Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied**, v. 10, n. 1, p. 182-194, 2015.
- COHEN, Julia Clarinda Paiva. **Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia**. 1989. 153 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos. 1989.
- CORBELLA, O.; YANNAS, S. O meio ambiente urbano. *In*: CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**: conforto ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009. Cap. 2. p. 54-57.
- CORSI, A. C.; AZEVEDO, P. B. M. de; GRAMANI, Marcelo Fischer. Valoração de danos decorrente da inundação em São Luiz do Paraitinga. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 1, n. 2, p.124-142, dez. 2012. Semestral.
- COSTA, K.; GALARZA, E.; GÓMEZ, R. A Amazônia: território, sociedade e economia. *In*: GEO Amazônia: perspectivas do meio ambiente na Amazônia. [Brasília,DF]: Pnuma; Otca; Centro de Pesquisa da Universidad Del Pacífico; Fábrica de Ideas, 2008. Cap. 1. p. 30-63.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CPTEC/INPE. **El Niño e La Niña**. Disponível: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso: 10 fev. 2019.
- DIAS, P. *et al.* Development of damage functions for flood risk assessment in the city of Colombo (Sri Lanka). **Procedia Engineering**, [S.l.], Elsevier BV, v. 212, p.332-339, 2018.
- DOLMAN, D. I. *et al.* Re-thinking socio-economic impact assessments of disasters: the 2015 flood in Rio Branco, Brazilian Amazon. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [S.l.], Elsevier BV, v. 31, p.212-219, out. 2018.
- FARIAS, C. de S. *et al.* Análise do evento extremo chuvoso de 30 de Setembro de 2013 ocorrido na cidade de Manaus. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, p.436-450, 2017. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x22693>. Acesso: 22 jul. 2019.

GOLROUBARY, V. R. *et al.* Detecting the effect of urban land use on extreme precipitation in the Netherlands. **Weather And Climate Extremes** 17. 2017. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2017.07.003>. Acesso: 20 mai. 2019.

GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS. **Anuário estatístico do Amazonas**: 2016. Manaus, 2018. 533 p.

HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. Economic impacts of natural disasters in megacities: the case of floods in São Paulo, Brazil. **Habitat International**, [S.l.], Elsevier BV, v. 45, p.106-113, jan. 2015.

HOLTON, J. R. Tropical dynamics. **An introduction to dynamic meteorology**. 4. ed. Elsevier, 2004. Cap. 11. p. 370-406.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Bases cartográficas**. 2020a. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>. Acesso em: 13 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2010**: aglomerados subnormais - primeiros resultados. Rio de Janeiro, 2010. 259 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Com menor dezembro do plano real, inflação fecha o ano em 3,75% e cumpre meta**. 2019a. 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-cumprimento>. Acesso: 12 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades Brasil panorama**. 2019b. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso: 20 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Inflação**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: 15 jan. 2020b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**, 2019c. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/universo-aglomerados-subnormais>. Acesso em: 11 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI**. 2019d. 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.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA -INMET. **BDMEP - banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. 2019a. Disponível: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso: 07 maio 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais climatológicas do Brasil:** 1981 - 2010. 2019b. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 20 set. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS.- INPE. **TOPODATA:** banco de dados geomorfométricos do Brasil. 2019. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 21 dez. 2019.

KASPERSEN, P. S.; HALSNAES, K. Integrated climate change risk assessment: A practical application for urban flooding during extreme precipitation. **Climate Services**, [S.l.], Elsevier BV, v. 6, p.55-64, abr. 2017.

LARAQUE, A.; GUYOT, J. L.; FILIZOLA, N. Mixing processes in the Amazon river at the confluences of the Negro and Solimões Rivers, Encontro das Águas, Manaus, Brazil. **Hydrological Processes**, v. 23, n. 22, p.3131-3140, 2009.

LI, Z. *et al.* Impact of climate change on precipitation patterns in Houston, Texas, USA. **Anthropocene**, [S.l.], Elsevier BV, v. 25, p.1-14, mar. 2019.

LIMA, A. P.; AMORIM, M. C. de C. T. Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na cidade de São Carlos a partir de notícias de jornal. **Revista Brasileira de Climatologia**, Universidade Federal do Paraná, v. 15, p.182-204, 15 abr. 2015.

LIMA, G. N. de; RUEDA, V. O. M. The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impact on the climate. **Weather And Climate Extremes**, [s.l.], v. 21, p.17-26, set. 2018. Elsevier BV.

LIMBERGER, Leila; SILVA, Maria Elisa Siqueira. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016. ISSN 2179-0892. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/issue/view/6465>. Acesso em: 21 ago. 2019.

MANSUR, A. V. *et al.* Adapting to urban challenges in the Amazon: flood risk and infrastructure deficiencies in Belém, Brazil. **Regional Environmental Change**, [S.l.], v. 18, n. 5, p.1411-1426, 26 dez. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-017-1269-3>.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da região Amazônica. *In*: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque *et al.* (org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 13, p. 197-212.

MELO, A. B. C. de; CAVALCANTI, I. F. de A.; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. *In*: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque *et al.* (org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 2, p. 25-41.

MINERVINO, A. C.; DUARTE, E. C.. Danos materiais causados à saúde pública e à sociedade decorrentes de inundações e enxurradas no Brasil, 2010-2014: dados originados dos sistemas de informação global e nacional. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.l.], v. 21, n. 3, p.685-694, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015213.19922015>.

MOLION, L. C. B. Climatologia dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 2, p. 107 – 117, 1987.

MOURA, M. M. *et al.* Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. **Science of The Total Environment**, v. 651, p.1639-1651, 2019.

NAVIDI, William. Medidas sobre dados univariados. *In*: NAVIDI, William. **Probabilidade e estatística para ciências exatas**. New York: Amgh Editora Ltda., 2012. Cap. 1, p. 16-17.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA. **Climate prediction center - ONI**. 2019. Disponível:
https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 11 jun. 2019.

NOBRE, C. A. *et al.* Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo. *In*: INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA- IPEA. **Mudanças do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília,DF: IPEA, 2011. Cap. 13, p. 233-260.

NUR, I.; SHRESTHA, K. K. An integrative perspective on community vulnerability to flooding in cities of developing countries. **Procedia Engineering**, [S.l.], Elsevier BV, v. 198, p.958-967, 2017.

OLIVEIRA, Juarez Ventura de *et al.* Urban climate and environmental perception about climate change in Belém, Pará, Brazil. **Urban Climate**, [S.l.], Elsevier BV, v. 31, p.100579-100595, mar. 2020.. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100579>.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R. dos; FORTES, L. T. G. (ed.). **Normais climatológicas do Brasil, 1961-1990**. [S.l.]: Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, 2009.

RIBEIRO, F. G. *et al.* O impacto econômico dos desastres naturais: o caso das chuvas de 2008 em SC. **Planejamento e Políticas Públicas**, [S.l.], v. 43, n. 1, p.301-322, dez. 2014. Semestral.

RISI, R. de *et al.* Life cycle cost and return on investment as complementary decision variables for urban flood risk management in developing countries. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [S.I.], v. 28, p.88-106, out. 2018. Elsevier BV.

ROCHA, Vinícius Machado *et al.* Reciclagem de precipitação na bacia Amazônica: o papel do transporte de umidade e da evapotranspiração da superfície. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.l.], v. 32, n. 3, p.387-398, set. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863230006>.

ROSALES-MENDONZA, R. R. **Avaliação monetária dos prejuízos causados por chuvas intensas nas cidades de Belém do Pará, Brasil e Carrillo de Guanacaste, Costa Rica**. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

ROSALES-MENDONZA, Ronaldo; MOTA, Maria Aurora Santos de. Índice do impacto da pegada d'água (Ipa). **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [S.l.], v. 8, n. 3, p.418-434, 1 set. 2019. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*. <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i3.p418-434>.

SANTOS, J. S. dos. **Frequência de precipitação e impactos decorrentes associados à chuva na cidade de Belém - PA**. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

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**, v. 167, p.237-248. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.08.016>. Acesso: 21 jul. 2019.

SUSNIK, J. *et al.* Assessment of the effectiveness of a risk-reduction measure on pluvial flooding and economic loss in Eindhoven, the Netherlands. **Procedia Engineering**, [S.l.], Elsevier BV, v. 70, p.1619-1628, 2014.

TANAKA, L. M. D. S.; SATYAMURTY, P.; MACHADO, L. A. T., 2014. Diurnal variation of precipitation in central Amazon Basin. **International Journal Of Climatology**, v. 34, p. 3574-3584. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.3929>. Acesso: 25 jul. 2019.

TAVARES, João Paulo Nartin. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 50, p.138-151, jun. 2014.

TRINDADE JÚNIOR, Saint-Clair Cordeiro da. Cidades e centralidades na Amazônia: dos diferentes ordenamentos territoriais ao processo de urbanização difusa. **Revista Cidades**, v. 12, n. 21, p. 305-334, 2015.

TUCCI, C. E. M.. Inundações e drenagem urbana: inundações urbanas. *In*: TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Abrh, 2003. Cap. 3, p. 45-46.

ZANELLA, M.; SALES, M.; ABREU, N. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza, CE. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, n.25, p. 53-68, 2009.

ANEXO A – ARTIGO PUBLICADO PELA REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA – RBGF

Revista Brasileira de Geografia Física v.13, n.02 (2020) 855-869.



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

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



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