

## ESTUDO DE ALGUNS EPISÓDIOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES URBANAS NA CIDADE DE BELÉM, PA

João de Athaydes Silva Júnior<sup>1</sup> & Antonio Carlos Lôla da Costa<sup>2</sup> & Juarez Carlos Brito Pezzuti<sup>3</sup> & Aline Maria Meiguins de Lima<sup>4</sup> & Rafael Ferreira da Costa<sup>5</sup> & Hernani José Brazão Rodrigues<sup>6</sup> & Edson Bezerra Pojo<sup>7</sup>

**Resumo:** O modelo de ocupação do território vem adquirindo novas características nas últimas décadas, que entram em conflito com a preservação ambiental, principalmente pelo crescimento desordenado dos núcleos urbano. Um desses efeitos decorrentes desse modelo de crescimento é a ocorrência de alagamentos cada vez mais frequente, como vem ocorrendo na cidade de Belém, foco deste estudo. No período estudado 45,6% da precipitação ocorrida foram menores que 10 mm e para que haja eventos de alagamentos é necessário eventos superiores 10 mm coincidindo com a maré alta, quando o nível da maré está baixo é necessário eventos superiores a 35 mm para que ocorram alagamentos.

**Palavras-chave:** alagamento, precipitação pluvial, nível da maré.

## STUDY OF SOME EPISODES OF PLUVIAL PRECIPITATION AND THE URBAN FLOODING OCCURRENCE IN THE CITY OF BELÉM, PA.

**Abstract:** The model of land use has acquired new features over the past decades, that conflict with environmental preservation, especially the uncontrolled growth of urban centers. One such effect resulting from this growth model is the occurrence of increasingly frequent flooding, as has been happening in the city of Bethlehem, the focus of this study. During the study period 45.6% of the precipitation that occurred was less than 10 mm and that there is flooding events is necessary 10 mm top events coinciding with high tide, when water level is low you need more than 35 mm for events occurring flooding.

**Keywords:** urban flooding, rainfall, tide level.

<sup>1</sup> \* Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Diretoria de Recursos Hídricos, Tv. Lomas Valentinas 2717, Belém, PA. E-mail: [athaydes@ymail.com](mailto:athaydes@ymail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará, IG, Faculdade de Meteorologia, Rua Augusto Corrêa, nº 01, Guamá, Belém, PA. E-mail: [lola@ufpa.br](mailto:lola@ufpa.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônico, Rua Augusto Corrêa, nº 01, Guamá, Belém, PA. E-mail: [juca@ufpa.br](mailto:juca@ufpa.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal do Pará, IG, Faculdade de Meteorologia, Rua Augusto Corrêa, nº 01, Guamá, Belém, PA. E-mail: [alinemeiguins@gmail.com](mailto:alinemeiguins@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas, CEUP, Parauapebas, PA. E-mail: [rfcosta@ymail.com](mailto:rfcosta@ymail.com)

<sup>6</sup> Universidade Federal do Pará, IG, Faculdade de Meteorologia, Rua Augusto Corrêa, nº 01, Guamá, Belém, PA. E-mail: [hernani@ufpa.br](mailto:hernani@ufpa.br)

<sup>7</sup> Secretaria de Estado de Meio Ambiente, DIREH, Tv. Lomas Valentinas, nº 2717, Belém, PA. E-mail: [edson.pojo@sema.pa.gov.br](mailto:edson.pojo@sema.pa.gov.br)

## 1. INTRODUÇÃO

As cidades tropicais, nas últimas décadas, vêm enfrentando um grande crescimento populacional, juntamente com a degradação ambiental, impostos pelos modelos de crescimento desorganizado, incluindo aspectos do clima urbano, como a poluição atmosférica, estresse térmico e inundações, com implicações negativas para a saúde, produtividade, economia e segurança. No entanto, relativamente, pouco se conhece sobre o clima urbano dessas cidades tropicais (Oke *et al.*, 1991).

Nas últimas décadas, a ocupação do território urbano na região Amazônica adquiriu novas características, que claramente entraram em conflito com a preservação do meio ambiente. A intensificação de atividades garimpeiras, mineradoras, somado as atividades pecuárias, trouxeram para a região norte um rápido processo de crescimento dos principais centros urbanos, cada vez mais numerosos, cujo resultado final foi à rápida degradação ambiental e um rápido crescimento urbano de forma desorganizada (Silva Junior, 2012). Essas mudanças no uso e ocupação do solo nas áreas urbanas com pouco ou nenhum planejamento, têm contribuindo para a ocorrência de inundações nas áreas urbanas, inclusive na cidade de Belém, PA.

Essas mudanças no modelo de ocupação propiciou um intenso processo de crescimento populacional, cujo resultado é a rápida degradação ambiental, principalmente com a ocupação de áreas impróprias para instalação de moradias. Com isso, os centros urbanos sem infraestrutura sofrem cada vez mais com os eventos de alagamentos que no decorrer do tempo, vêm se tornando cada vez mais frequentes devido à impermeabilização da superfície com asfalto e concreto, da falta de estrutura e organização pública, que permitem que áreas sejam ocupadas indevidamente, principalmente, as áreas de risco, sem saneamento e limpeza das vias e da drenagem pública. Grande parte desta problemática ocorre devido a falta de espaço para construir moradias próximas ao centro da cidade e também a baixa consciência de boa parte destes indivíduos.

Conhecer e entender o comportamento da pluviosidade em uma determinada região é de fundamental importância para se tentar prever e se adaptar aos seus efeitos, propiciando as autoridades públicas agir de forma que se evite ou minimize seus efeitos. Na nossa região, o parâmetro climatológico mais importante é a precipitação pluvial e a nebulosidade, pois são eles que vão determinar o clima amazônico (Fisch *et al.*, 1998; Silva Junior e Costa, 2002).

As ocorrências dos eventos de alagamento causam diversos problemas às cidades, que vão da ordem financeira a de saúde pública. Durante estes eventos de alagamentos, a população fica exposta a inúmeras doenças de veiculação hídrica, pelo contato com essa água além de haverem perdas de bens materiais, o que implica em custos econômicos a essa população que é mais atingida.

Este trabalho versa sobre alguns eventos de precipitação ocorridos na cidade de Belém e suas influências nos alagamentos ocorridos na cidade, gerando maior conhecimento sobre o tema para esta localidade, o que pode auxiliar na tomada de decisões pelos agentes públicos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A presente localidade estudada é a cidade de Belém, Pará (Figura 1), que faz divisas ao oeste com a Baía do Guajará, ao sul com o Rio Guamá, ao norte com a Baía de Santo Antônio e a leste com o Município de Ananindeua. Sua população é de 1.393.399 habitantes (IBGE, 2010).

O município possui uma área territorial de 1.065 Km<sup>2</sup> e sua coordenada geográficas é 01°S27' e 048°30'W, uma altitude média de 10 metros acima do nível médio do mar, com um relevo predominantemente plano, com 60 % de sua área acima da cota de 4 metros com relação ao nível do mar (Costa, 1998). O clima em Belém, segundo a classificação de Köppen (1900-1936) é do tipo Am, ou seja, clima tropical chuvoso de monção. A média anual da temperatura do ar é de 26,0 ± 0,4°C, com máximas e mínimas variando de 31,5 ± 0,7 a 22,0 ± 0,3°C, respectivamente, durante o ano (INMET, 1992).

Este trabalho foi desenvolvido com a utilização dos dados de precipitação pluvial de uma estação meteorológica automática situada na região central da cidade, no bairro de São Braz. Foram utilizadas informações geradas por uma estação meteorológica automática instalada na região central da cidade, informações do nível da maré, fornecidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil e observações em campo de alguns eventos de alagamentos.

A complementação das informações referentes as ocorrências dos eventos de alagamentos da área urbana ocorreram com ajuda dos três principais jornais de notícias que circulam na cidade de Belém (O Liberal, Diário do Pará e Amazônia Jornal) e observações de campo dos autores. Dos veículos de comunicação supracitados foram extraídas as informações dos eventos de alagamento, tanto pela ocorrência da maré alta como pela precipitação pluvial. As análises deste trabalho foram feitas relacionando as ocorrências desses eventos de alagamento com a pluviosidade e com o nível da maré, através de um software de planilha eletrônica.

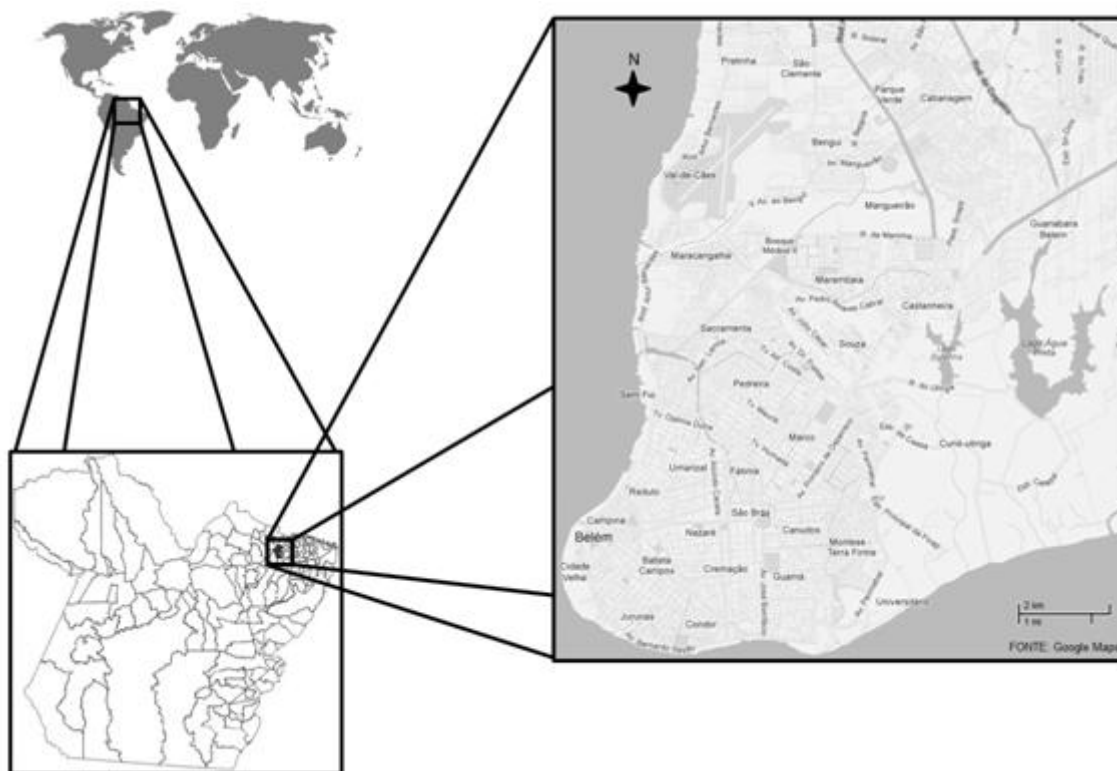


Figura 01. Localização geográfica da cidade de Belém, PA.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 temos ilustrado os valores mensais de precipitação pluvial da normal climatológica, com seus respectivos desvios padrões e os registros do ano de 2010. Foi observado que os valores registrados nos meses estudados, no ano de 2010, foram próximos aos valores da normal climatológica, dentro dos respectivos desvios padrões, ou seja, dentro da normalidade. No início do ano de 2010 o fenômeno El Niño estava em curso, e nesta região, o mesmo ocasiona a inibição da convecção, fazendo com que os volumes pluviométricos sejam menores, conforme visto nos meses de fevereiro e março, que ficaram abaixo da média histórica, mas dentro da normalidade.

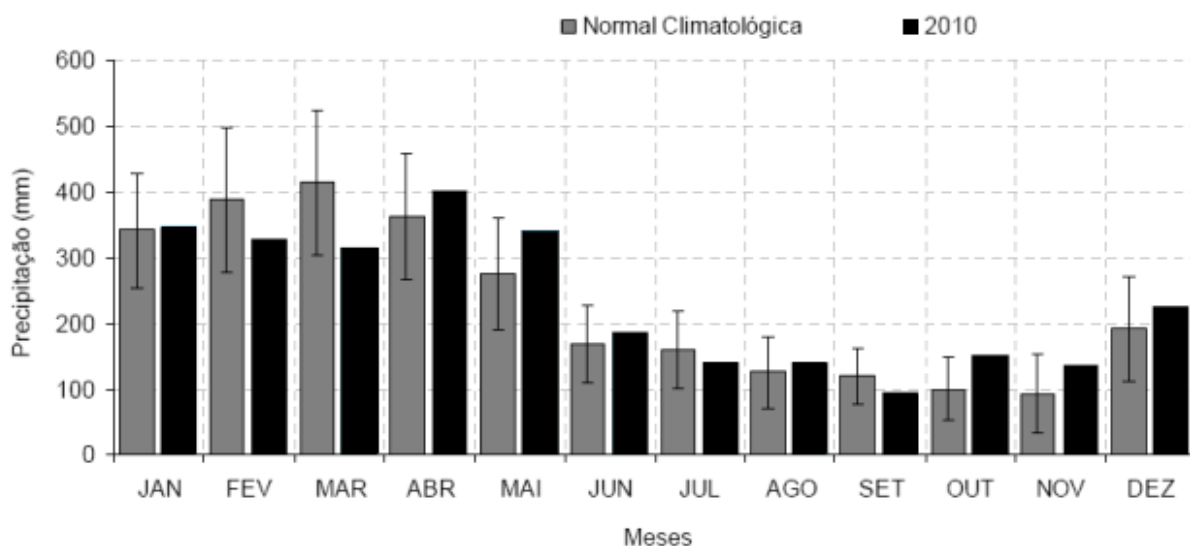


Figura 2. Valores mensais de precipitação pluvial da normal climatológica, com seus respectivos desvios padrões e os registros do ano de 2010.

Na Figura 3 temos ilustrado a distribuição de frequência de ocorrências de eventos de precipitação por classes. Observou-se que a 45,6% dos eventos de precipitação que ocorrem na cidade de Belém tem um volume menor que 10 mm/dia e 36,3% dos eventos estão entre 10 a 20 mm/dia.

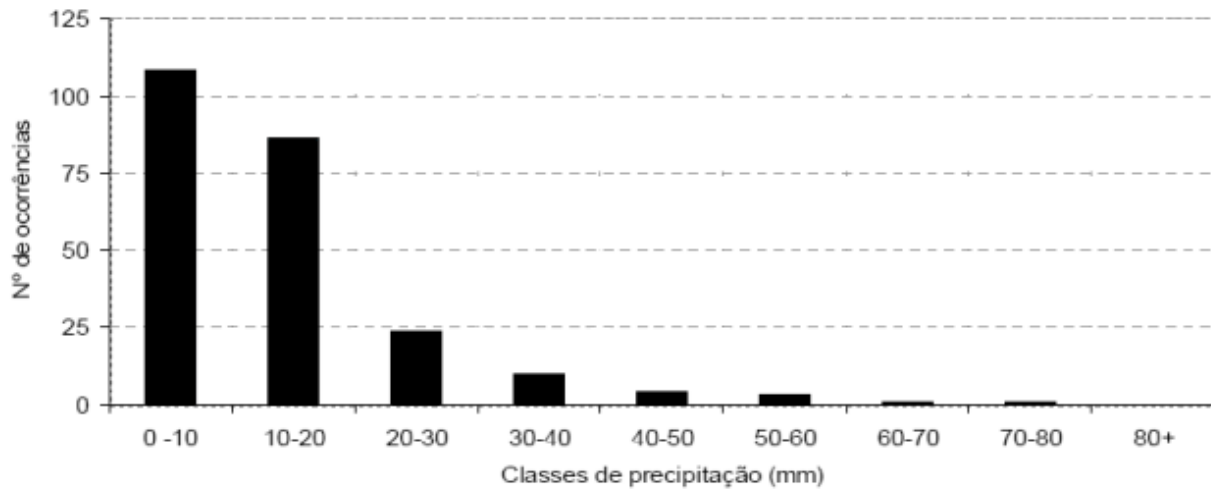


Figura 3. Distribuição de frequência da ocorrência de eventos de precipitação no ano de 2010.

Nas Figuras 4, 5 e 6 temos ilustrado a variabilidade diária da precipitação pluvial e do nível da maré para a cidade de Belém, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2010, respectivamente.

No mês de janeiro de 2010 foi registrado eventos de alagamento nos dias 15, 20, 25 e 26 (Figura 4). O evento ocorrido no dia 15/01 foi de 42,4 mm de precipitação, o que foi suficiente para provocar pontos de alagamento na cidade, mesmo com a maré baixa (0,7 m). No dia 20/01 o total precipitado no dia foi de 58,7 mm, sendo que 40,9 mm ocorreram durante o evento da maré alta (2,9 m) o que também provocou alagamentos na cidade. No dia 25/01 o evento de 41,9 mm precipitado, durante a maré alta (2,6 m), também provocou pontos de alagamento da cidade. No dia 26/01, houve dois eventos de precipitação sendo um com 47,7 mm e o outro evento com 39,6 mm. No primeiro evento, mesmo com a maré baixa (0,9 m), o que provocou alguns pontos de alagamento na cidade, e o segundo evento, juntamente, com a maré alta (3,1 m) causou grandes transtornos tanto ao trânsito como a população com os alagamentos pela cidade. O somatório dos totais precipitados nesses eventos foi de 230,3mm, o que corresponde a 66,2% do total precipitado neste mês, que foi 347,7mm, indicando uma distribuição desuniforme da pluviosidade durante o mês.

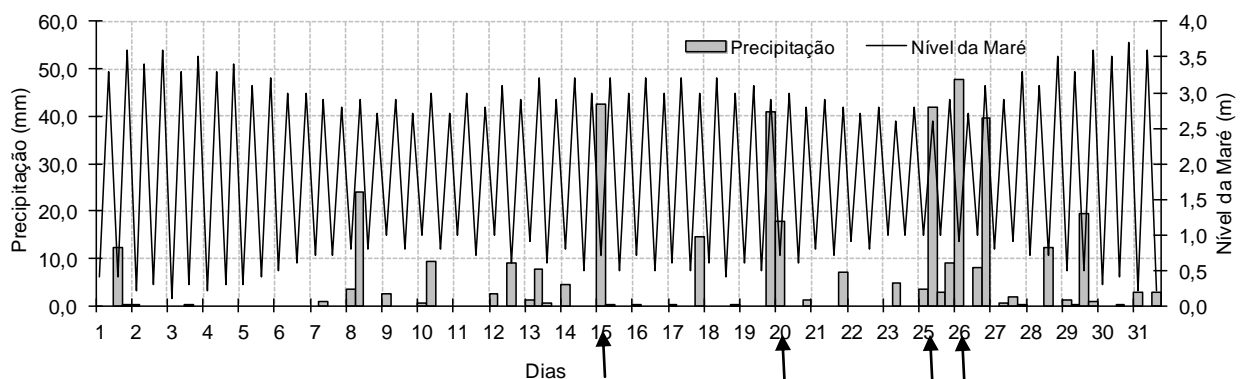


Figura 5. Variabilidade diária da precipitação pluvial e do nível da maré, na cidade de Belém para o mês de janeiro de 2010.

No mês de fevereiro de 2010 foram registrados eventos de alagamento nos dias 09, 13 e 28 (Figura 5). No dia 09/02, precipitou 34,0 mm e ocorreram pontos de alagamentos na cidade, mesmo com o nível da maré não estando muito alto (1,3 m). No dia 13/02, precipitou 67,3 mm, o que corresponde a 20,4% do total pluviométrico mensal, ocasionando vários pontos de alagamentos na cidade, mesmo com o nível da maré estando baixo (0,7 m). No dia 28/02, a precipitação foi de 11,7 mm e ocorreram alguns pontos de alagamento nas áreas mais baixas da cidade, provavelmente, devido a problemas de drenagem, já que o nível da maré estava baixo (0,3 m). O somatório dos totais precipitados nesses eventos foi de 113 mm, o que corresponde a 34,3% do total precipitado neste mês que foi 329,4mm.

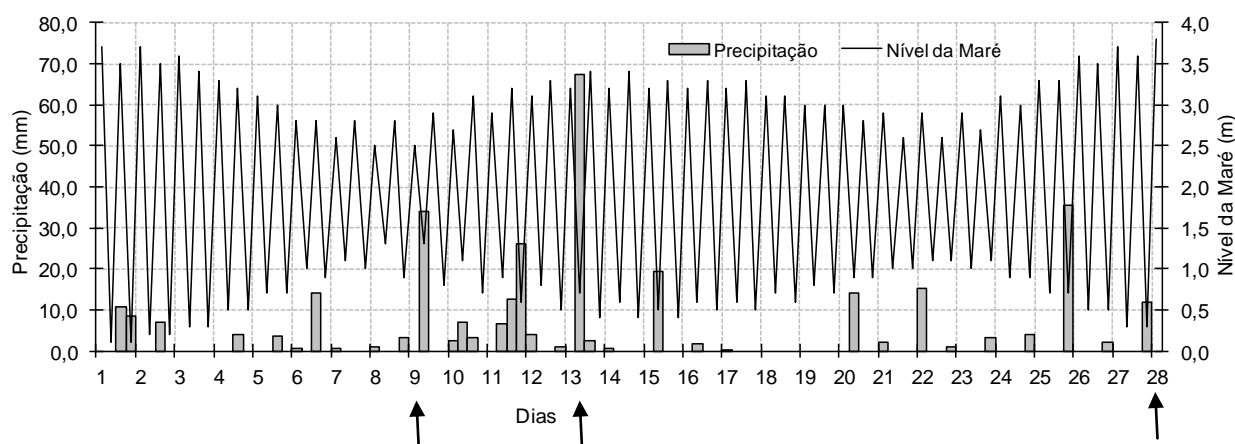


Figura 6. Variabilidade diária da precipitação pluvial e do nível da maré, na cidade de Belém para o mês de fevereiro de 2010.

No mês de março de 2010 foram registrados eventos de alagamento nos dias 01, 02, 24, 27, 29, 30 e 31 (Figura 6). No mês de março ocorre o evento astronômico chamado de equinócio, quando o sol em sua órbita aparente cruza o plano do equador celeste. Neste mês, os somatórios dos efeitos gravitacionais do equinócio e das luas cheia e nova contribuem com os eventos de alagamentos nas áreas com as cotas mais baixas da cidade, pois fazem que o nível da maré seja mais elevado do que o normal, conforme ocorreu no dia 01/03, que não houve precipitação e o alagamento se deu devido ao nível da maré estar alto (3,9 m), atingindo principalmente as áreas mais baixas da cidade, enquanto que no dia 02/03 choveu apenas 4,8 mm, mas devido ao nível da maré estar elevado também existiram pontos de alagamentos. No dia 24/03 houve alguns pontos de alagamentos pela cidade, sendo que a precipitação foi de 17,8 mm e o nível da maré foi de 2,7m. No dia 27/03, a precipitação foi de 35,8 mm, havendo alagamentos mesmo com o nível da maré baixo (0,6 m). Nos dias 29/03 e 30/03 a principal causa do alagamento foi o nível da maré que estava alto, 3,7 m e 3,8 m, respectivamente, sendo que a precipitação ocorrida foi baixa. No dia 31/03, com apenas 10,9 mm de chuva e o nível da maré estando alto (3,7 m) foi suficiente para ocorrer alagamentos na cidade. O somatório dos totais precipitados nesses eventos foi de 69,6 mm, o que corresponde a 22,1% do total precipitado neste mês que foi 314,7 mm.

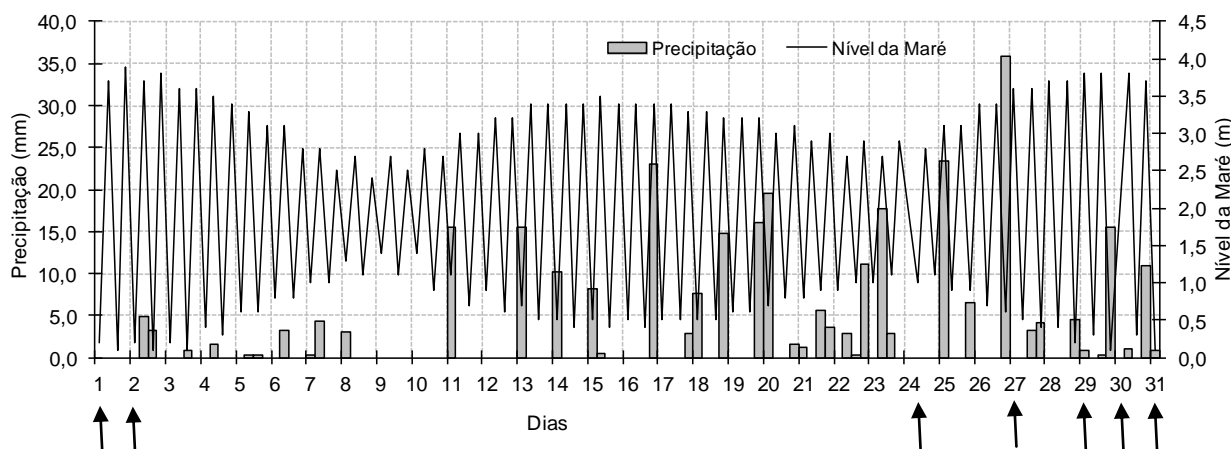


Figura 6. Variabilidade diária da precipitação pluvial e do nível da maré, na cidade de Belém para o mês de março de 2010.

#### 4. CONCLUSÕES

Após as análises dos dados levantados neste trabalho, pode-se concluir que o nível da maré exerce uma grande influência nos eventos de alagamento da cidade quando alto, principalmente, quando associado a eventos de precipitação maiores que 10 mm. Sem que haja influência do nível da maré alta, os eventos de chuva do tipo convectiva com valores acima de 35 mm, em intervalos curtos de tempo, já são suficientes para gerar transtornos à cidade com alagamentos, o que mostra claramente que o sistema de drenagem pluvial na cidade de Belém é insuficiente para receber as precipitações predominantes na cidade, assim como a capacidade de infiltração de água no solo está comprometida.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento desta pesquisa, a DHN – Diretoria de hidrografia e Navegação, Marinha do Brasil pelos dados do nível da maré e ao Projeto Monitoramento do clima urbano em cidades de diferentes tamanhos na Região Amazônica Brasileira – CLIMURB/CNPQ pela cessão dos dados pluviométricos.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, A. C. L. (1998). Estudo de Variações Termo-Higrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização. O caso de Belém - PA. 232f. Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental, EESC-USP. São Carlos, SP.

FISCH, G. F.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. (1998). Uma revisão geral do clima da Amazônia. Acta Amazônica, v. 28, n. 2, p.101-126.

IBGE. (2010). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INMET (1992). Instituto Nacional de Meteorologia, Normais Climatológicas 1961 a 1990. Brasília, DF.

MONTEIRO, C. A. F., MENDONÇA, F. (2001). Clima Urbano. Editora Contexto, São Paulo, SP, 192 p.

OKE, T. R. et. al. Simulation of nocturnal surface urban heat islands under ideal conditions: Part 2. Diagnosis of causation. Boundary-Layer Meteorology, v. 56, p.339-358, 1991.

SILVA JUNIOR, J. A. (2012). Avaliação de parâmetros micrometeorológicos, do conforto e da percepção térmica na área urbana da cidade de Belém – PA. 157f. Tese de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

SILVA JUNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L. (2002) Variações termo higrométricas proporcionadas por diferentes tipos de uso de solo urbano na região equatorial. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, Foz de Iguaçu-PR, Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu, [s.n], p.2425-2428.