

## **ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO COM OS NÍVEIS DOS RIOS PARA AVALIAÇÃO DAS ÁREAS MAIS VULNERÁVEIS AO PROCESSO DE INUNDAÇÃO.**

*Rosielle Souza Pegado<sup>1</sup> & Claudio José Calvacante Blanco<sup>2</sup> & Aline Maria Meiguins de Lima<sup>3</sup> & Jackson Roehrig<sup>4</sup> & Diego Maikon Palheta de Sousa<sup>5</sup> & Walenda Silva Tostes<sup>6</sup> & Francis Valter Pêpe França<sup>7</sup> & Pedro Alves Silva<sup>8</sup>*

**RESUMO**– O município de Belém (1.059 km<sup>2</sup>) é o mais populoso no Estado do Pará. Desde sua fundação, em 1616, o município vem sofrendo e também registrando inundações. Pretende-se analisar os aspectos temporal e espacial das inundações no município de Belém. Até hoje, a maior parte das reações aos desastres naturais se concentra na melhoria das previsões meteorológicas e na pós-prestação de ajuda humanitária, as quais salvaram inúmeras vidas. Todavia, os esforços mitigadores de longo prazo são frequentemente ignorados tanto pela sociedade como pelo poder público. O dinheiro investido na mitigação de desastres naturais pode render retorno multiplicado em economia de custos de recuperação (SILVEIRA, 2008). A fim de contribuir na gestão de inundações, o presente trabalho reuniu informações que registraram as inundações neste município no período de 2000 a 2010. Belém está entre 2 e 3 metros acima do nível do mar, ao longo das margens do Rio Guamá. Isso faz com que todos os anos, principalmente uma vez no mínimo, ocorra uma forte cheia, fazendo com que a cidade fique inundada tanto com a intensa precipitação da chuva quanto pelo nível das marés.

**Palavras-Chave** – Inundações urbanas, Município de Belém

## **ANALYSIS OF PRECIPITATION WITH THE LEVELS OF RIVERS FOR ASSESSMENT OF VULNERABLE AREAS THE PROCESS OF FLOODING.**

**Abstract** -The city of Belém (1,059 km<sup>2</sup>) is the most populous in the state of Pará. And since its founding in 1616, it has suffered from floods. This analysis is intended to study temporal and spatial aspects of floods in the city of Belém. So far, most of the reactions to natural disasters are focused on improving weather forecasts and post-delivery of humanitarian aid, which saved countless lives. However, the long-term mitigation efforts are often ignored both by society and by the government. Money invested in natural disaster mitigation can yield returns multiplied in cost savings recovery (Silveira, 2008). In order to contribute to flood management, this study gathered information about floods recorded in this county from 2000 to 2010. Belém is between 2 and 3 meters above sea level, along the banks of the Rio Guamá which floods at least once a year, causing the city to be flooded with both intense rain precipitation and tide level.

**Keywords** - Floods urban, Municipality of Belém.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazonia; e-mail. [rpegado@yahoo.com.br](mailto:rpegado@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade de Ciências Aplicadas, Alemanha

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazonia; e-mail. [blanco@ufpa.br](mailto:blanco@ufpa.br)

<sup>4</sup> Universidade de Ciências Aplicadas Alemanha; e-mail. [jackson.roehrig@fh-koeln.de](mailto:jackson.roehrig@fh-koeln.de)

<sup>5</sup> Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. [ameiguins@ufpa.br](mailto:ameiguins@ufpa.br)

<sup>6</sup> Universidade Federal do Pará, Graduando de engenharia civil; [diegomaikon@gmail.com](mailto:diegomaikon@gmail.com).

<sup>7</sup> Instituto de Desenvolvimento Economico, Social e Ambiental do Pará; [walendaest@hotmail.com](mailto:walendaest@hotmail.com)

<sup>8</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; [francispepe@gmail.com](mailto:francispepe@gmail.com)

<sup>8</sup> SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo; [pedroasilva@sabesp.com.br](mailto:pedroasilva@sabesp.com.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A expansão da cidade de Belém (Estado do Pará) começou na metade do século XVII, fundada num lugar privilegiado já estava fadada a ser uma grande metrópole, devido à situação geográfica no estuário amazônico, que lhe garantia, para o futuro, tornar-se um grande centro urbano (HAGE, 2003). Tal fato concretizou-se, atualmente a Região Metropolitana de Belém (RMB) conta com mais de 2 milhões de pessoas, segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo caracterizada como um ambiente de conturbação urbana (GOUVÊA, 2009), com todos os problemas associados as grandes metrópoles (MUCELIN; BELLINI, 2008), incluindo as questões relativas ao saneamento e ordenamento do território.

Embora seja geralmente um sinônimo de prosperidade, o crescimento e desenvolvimento de áreas urbanas são seguidos por inevitáveis impactos ao meio ambiente no qual se inserem (VILLANUEVA *et al.*, 2011).

A problemática das inundações (CARNEIRO *et al.*, 2010) é, no geral, uma situação considerada mista entre os condicionantes naturais e os antrópicos (HORA; GOMES, 2009). Nas cidades, existe o agravante das questões socioeconômicas (SAMPAIO *et al.*, 2012), que ora podem vir associadas às perdas durante a ocorrência de eventos extremos ou relacionadas ao investimento em obras que não comportam os períodos mais críticos.

Neste trabalho pretende-se analisar os aspectos temporal e espacial das inundações no município de Belém, com enfoque na gestão de inundações. Para o mesmo, foram utilizados dados de precipitação deste município no período de 2000 a 2010.

## 2. METODOLOGIA

Os dados da pesquisa foram obtidos a partir da estação pluviométrica do Instituto de Meteorologia (INMET), coletados em três horários distintos, 0h, 12h e 18h. Estes dados compreendem um período de onze anos, entre 2000 e 2010. Juntamente com essa informação, foi feita a comparação com a variação de nível dos principais cursos d'água que drenam a região central de Belém.

Na primeira parte do trabalho, foi também verificada a quantidade de chuva precipitada e em qual o período esse evento ocorreu com maior intensidade. Na série de dados de precipitação, foram detectados dois períodos mensais nos quais as coletas não se realizaram. Para o preenchimento das falhas foi utilizado o Método de Ponderação Regional (ANA, 2012), um método simplificado normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitações, segundo Bertoni & Tucci (2001), visando à homogeneização do período de informações e à análise estatística das precipitações, para a obtenção de um resultado aproximado para o mesmo período. Após o preenchimento da falha pluviométrica e consistência dos dados, foi construído um gráfico anual com as informações, mostrando a precipitação total do período e o ponto máximo mensal de chuva do ano em questão.

A falta de uma série histórica completa de dados meteorológicos é um problema na região, deste modo é de vital importância realizar a ponderação dos dados anuais de precipitação para auxiliar o preenchimento dessas lacunas entre os anos de 2000 e 2010.

Em paralelo foram analisadas as informações de variação de nível das marés (Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO)/Marinha do Brasil). O resultado foi comparado com os pontos de alagamento identificados junto a Defesa Civil Municipal e Estadual.

O produto final foi representado na forma de um mapa com a distribuição destas áreas por bacia hidrográfica. Para a construção do mapa foi realizado uma interpolação no programa ArcGis versão 10.1, por meio de uma classificação hipsométrica realizada a partir do uso de imagens

SRTM. A mesma base gerou a carta de declividade. A partir da cartografia elaborada foram identificadas as áreas mais vulneráveis a inundação em Belém. Juntamente com a divisão em termos de bacias hidrográficas. Foi classificada a zona de influencia hídrica (várzea) de Belém. E por meio deste, foi possível comparar as áreas consideradas de maior influência com as ocorrências identificadas pela Defesa Civil, e assim propor uma carta final com as zonas de maior vulnerabilidade a inundação no município de Belém.

### 3. RESULTADO

A expansão territorial do município de Belém (1.059,402 km<sup>2</sup>) tem ocorrido sobre uma zona composta por planícies de inundações ou áreas de várzea, destacando a ocupação sob o leito de rios, gerando modificações significativas no sistema fluvial.

O arranjo da hidrografia que drena o município de Belém é misto com comportamento dendrítico, radial e localizadamente treliça (HORTON, 1945). A maior parte das áreas de direta influência hídrica (Figura 1) está dominada por sistemas canalizados, o que torna o período mais chuvoso agravante para a população residente nestas áreas. Destaca-se também a coincidência com a região mais impermeabilizada e densamente ocupada do município.

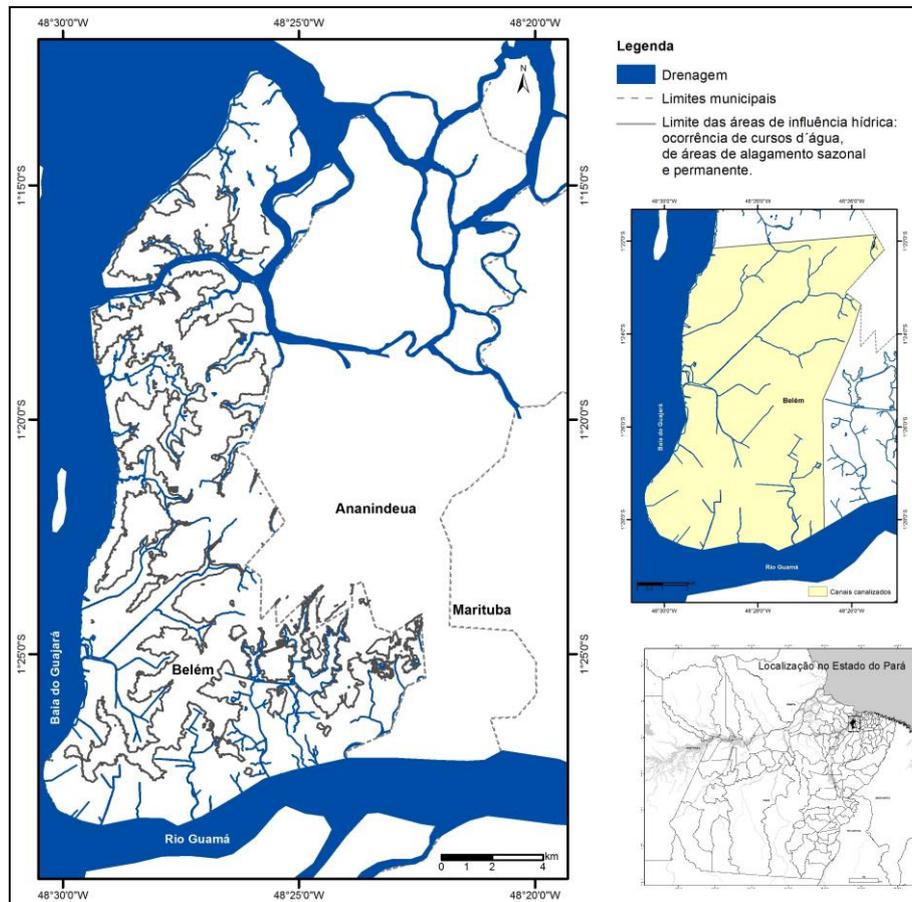


Figura 1 - Distribuição da rede de drenagem no município de Belém.

Disto advém a necessidade da existência de um mapeamento de zonas sujeitas a inundações que possa ser usado como um instrumento de ações para redução de riscos. A maior parte das reações aos desastres se concentra na melhoria das previsões meteorológicas e na pós prestação de ajuda humanitária. Todavia, os esforços mitigadores de longo prazo são frequentemente destinados a um segundo plano; não se entendendo que o recurso investido na mitigação de desastres naturais pode render retorno multiplicado em economia de custos de recuperação (SILVEIRA, 2008).

Segundo Villanueva *et al.* (2011) a gestão das águas pluviais tem um papel fundamental em uma área urbana, pois pode ser utilizada para definir medidas para o controle de cheias, melhoria da qualidade da água, o aproveitamento da água da chuva, a adoção de soluções de baixo custo, ou uma combinação entre elas. Merwade *et al.* (2008) defende que para se realizar a prevenção ou redução de perdas é necessário definir a área de inundação e atuar com medidas de controle para informar aos gestores e ao público em geral da necessidade de controle mais restritos destas.

Considerando que as chuvas interagem diretamente com a infra estrutura urbana, as inundações ocorrem, em muitos casos, como resultado de problemas associados as obras implementadas e canalizações inadequadas em bacias hidrográficas.

A Figura 2 identifica os anos de maior frequência de precipitação pluviométrica no período de 2000 a 2010, no município de Belém.

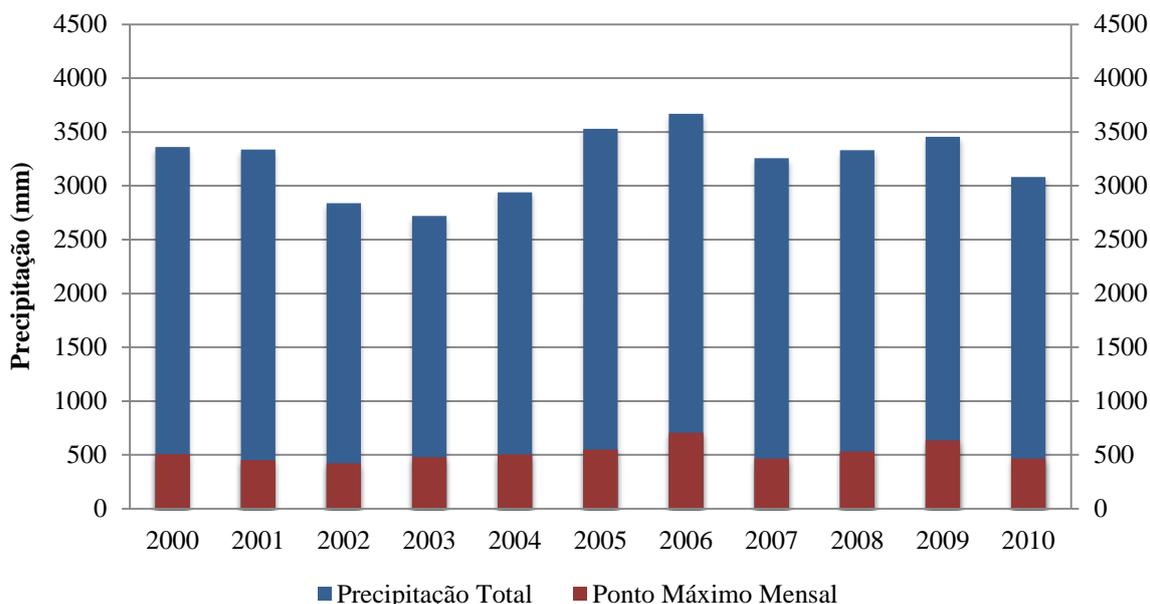


Figura 2 - Distribuição da precipitação pluviométrica, segundo a base de dados disponibilizada pelo INMET (2011).

Entre os anos estudados, a média de precipitação anual na região de Belém é de 3.228 mm. O ano com o maior índice pluviométrico foi o de 2006 com 3.668 mm (Tabela 1). Os anos que mais choveram foram: 2000, 2001, 2005, 2006 e 2009; que coincidem com anos de ocorrência de inundações na região de Belém.

Tabela 1 - Os anos com os maiores índices pluviométricos.

Ano Média	Precipitação Total (mm)
2000	3.360

2001	3.336
2005	3.529
2006	3.668
2009	3.455

A Figura 3 ilustra a distribuição dos pontos de alagamento por bacia hidrográfica, segundo as informações coletadas junto a Defesa Civil. Analisando-se em conjunto com a Figura 1 observa-se que corresponde a zona canalizada e na sua maioria urbanizada; o que limita as possibilidades de aplicação de medidas de prevenção e controle de cheias.

Os pontos mais vulneráveis estão entre as cotas topográficas que variam de 2 e 3 metros acima do nível do mar, ao longo das margens do Rio Guamá; corroborando com isso tem-se o alto nível da maré, que muitas vezes ultrapassa a cota do terreno. De acordo com os dados da Marinha, no dia 28 de março de 2009 as 00:26 h o nível da maré, foi registrado pelo mareógrafo de 3.5 m (sob a lua nova) e ainda no mês de março o INMET registrou a maior média para precipitação de 700 mm por mês (Figura 4).

Analisando-se também estes dois últimos períodos mais chuvosos observa-se a grande ocorrência de picos, em momentos de maior vulnerabilidade (a noite), quando as condições que favorecem o alerta são mais difíceis de serem trabalhadas.

O emprego de “boas práticas” associadas a uma drenagem urbana sustentável (KOBAYAMA; HANSEN, 2002), que no caso da região destacada, seria uma forma de preventiva de atuar; destacando-se aquelas que favorecem o aumento do escoamento superficial, minimizando a utilização de superfícies impermeáveis na urbanização, substituindo-as por superfícies permeáveis sempre que possível.

Porém, o mais urgente é atuar com políticas de ordenamento territorial, de modo que ações de revitalização dos cursos d’água canalizados possam ser executadas e estes consigam exercer sua função drenante e compensatória durante as marés mais elevadas.

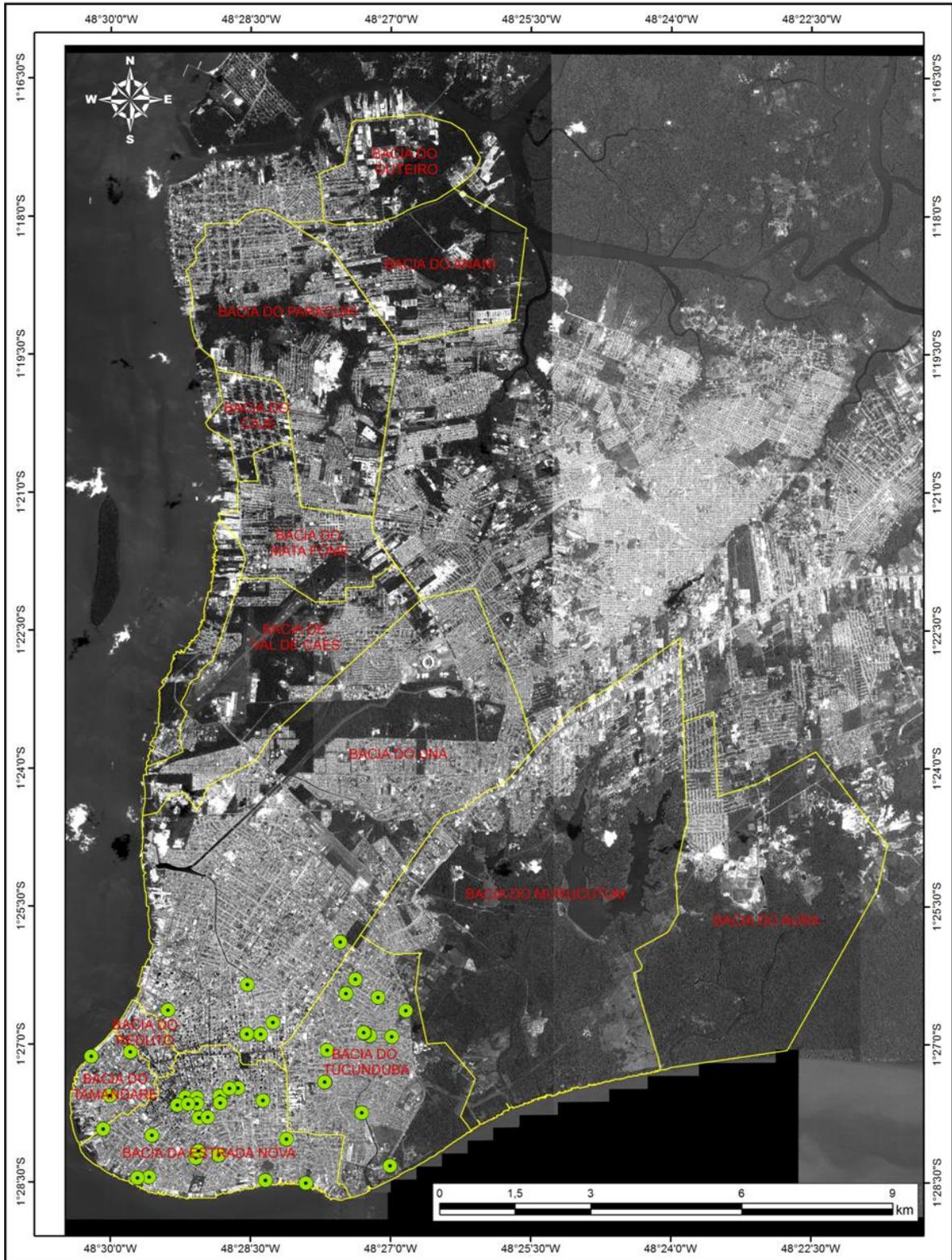


Figura 3 - Pontos de alagamentos da cidade de Belém.

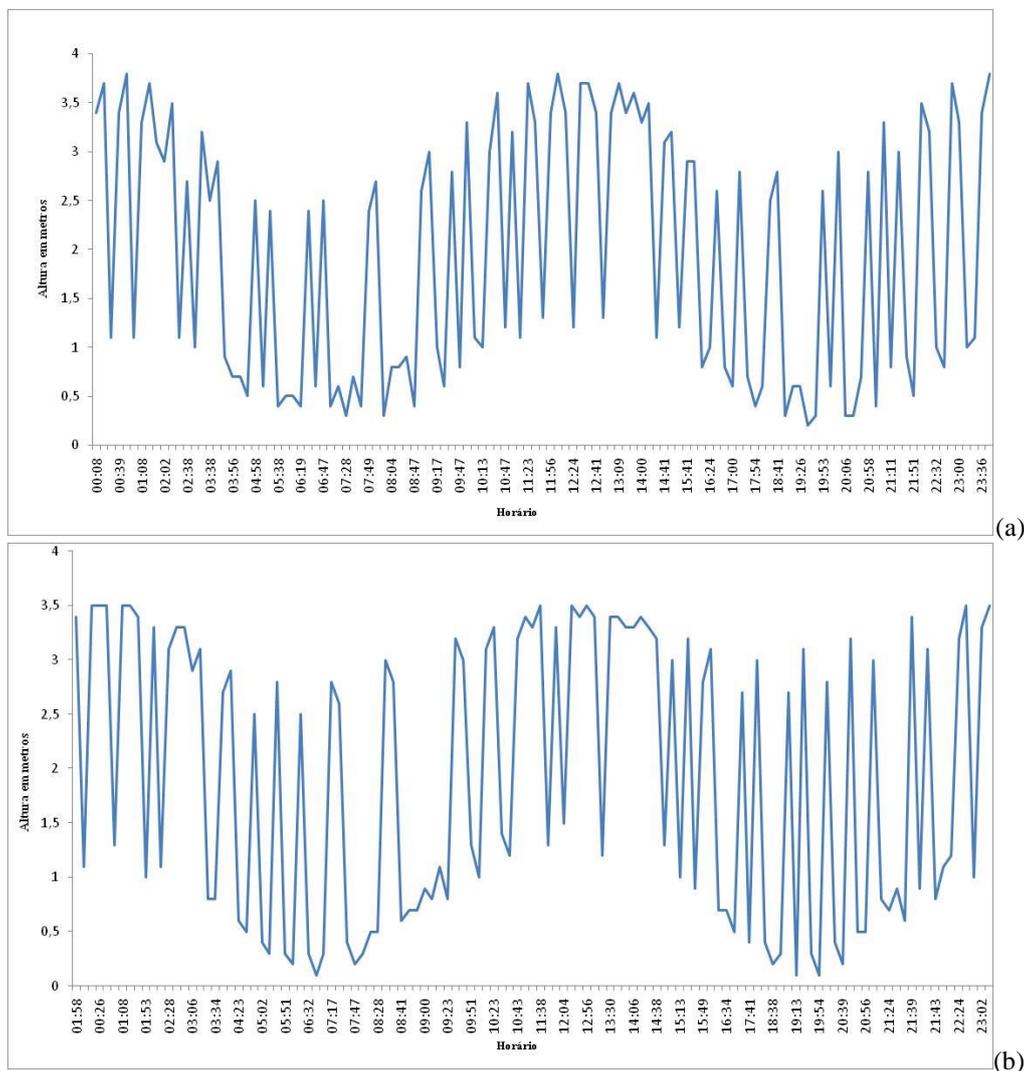


Figura 4 - Variação das marés durante os meses de: (a) março de 2006 e (b) março de 2009; segundo os dados fornecidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO)/Marinha do Brasil.

#### 4. CONCLUSÃO

A impermeabilização do solo decorrente da ocupação urbana facilita que o escoamento feito por condutos e canais seja a única forma de dissipação do excedente hídrico. Porém, esta lógica é susceptível aos problemas socioeconômicos associados aos aglomerados urbanos, destacando-se a ocupação de áreas vulneráveis as cheias naturais e a gestão inadequada de canais, conduzindo-os ao gradativo assoreamento. Logo, favorecendo a maior frequência de inundações.

Os resultados obtidos ilustram a gravidade do processo na região central do município de Belém, onde a urbanização concorre com a dinâmica hídrica; e áreas alagadas foram aterradas para facilitar a ampla ocupação do espaço.

Políticas preventivas e ações de gestão é a única forma de atuar junto a este sistema já instalado; e um dos componentes básicos é o monitoramento meteorológico e a implantação de sistemas de alerta que conjuguem as flutuações de nível de maré e as previsões de ocorrência de eventos extremos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Orientações para consistência de dados pluviométricos. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília, 2012.

BERTONI, J. C. & TUCCI, C. E. M. Precipitação. In.: Hidrologia: ciência e aplicação. 2ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; ZAMPRONIO, G. B.; MARTINGIL, M. C. A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos Rios Iguaçú/Sarapuí, na Baixada Fluminense. *Ambiente & Sociedade*, v. XIII, n. 1, jan./jun., 2010, p. 29-49.

GOUVÊA, R. G. Diretrizes para a gestão metropolitana no Brasil. *Revista Eure*, v. XXXV, n. 104, abril, 2009, p. 47-76.

HAGE, D. J. Estudos Paraenses e Amazônicos. Belém: DistribeL, 2003, 164p.

HORA, S. B.; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. *Sociedade & Natureza*, 21 (2): 57-75, ago., 2009.

HORTON, R. E. Erosional developments of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of Geological Society of America*, v.56, 1945, p. 275-370.

KOBIYAMA, M.; HANSEN, S. Vantagens da utilização do sistema de coleta da água da chuva sob o ponto de vista dos aspectos hidrológicos e econômicos: Estudo de caso em Florianópolis/SC. In: KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; AFONSO, M. Aproveitamento da água da chuva. Curitiba/PR, 2002, p. 169-181.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 20 (1): 111-124, jun., 2008.

MERWADE, V.; OLIVERA, F.; ARABI, M.; EDLEMAN, S. Uncertainty in flood inundation mapping: current issues and future directions. *Journal of Hydrologic Engineering*, july, 2008, p. 608-620.

SAMPAIO, S. F.; DELLA JUSTINA, E. E.; BEZERRA, S. F.; ARAÚJO, M. S. Características socioeconômicas dos moradores de área de risco da bacia do igarapé Grande- Porto Velho (RO). *Revista Geonorte*, v.1, n.4, 2012, p. 501-514.

SILVEIRA, W. N. Análise histórica de inundação no município de Joinville/SC, com enfoque na bacia do rio Cubatão do Norte. 2008, 165f. Dissertação de Mestrado. Florianópolis.

VILLANUEVA, A. O. N.; TASSI, R.; ALLASIA D. G.; BEMFICA, D.; TUCCI, C. M. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. REGA- Revista de Gestão de Água da América Latina, *Revista de Gestión del Agua de America Latina*. vol.8, n.1, jan./jun., 2011, p. 5-18.