

**Avaliação de pontos de alagamento no Setor Profissional da Cidade Universitária**

**Professor José da Silveira Netto**

**Evaluation of flooding points in the Professional Sector of the University city Professor**

**José da Silveira Netto**

**Evaluación de puntos de inundación en el Sector Profesional de la Ciudad Universitaria**

**Profesor José da Silveira Netto**

Recebido: 09/07/2020 | Revisado: 15/07/2020 | Aceito: 29/07/2020 | Publicado: 09/08/2020

**Anderson Augusto das Mercês Segundo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8026-5022>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: andersonsegundo94@gmail.com

**Gilciane do Vale Paixao**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1439-0914>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: gilciane.gv@gmail.com

**Letícia Cavalcante da Silva Bastos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7144-5152>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: leticiacb09@gmail.com

**Ramon Flexa Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7271-262X>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: ramon.flexa.esa@gmail.com

**Bruna Roberta Pereira Lira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4152-7709>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: bruna.lira@itec.ufpa.br

**Germana Menescal Bittencourt**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4482-4285>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: germana.menescal@gmail.com

**Lindemberg Lima Fernandes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1806-4670>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: [linlimfer@gmail.com](mailto:linlimfer@gmail.com)

## **Resumo**

Estudos sobre poluição hídrica e inundações urbanas são cada vez mais frequentes, já que podem estar relacionados com a expansão e o crescimento populacional urbano das grandes cidades ou com as mudanças climáticas que podem estar proporcionando o aumento do nível do mar e, conseqüentemente, a intensificação do potencial de inundações em áreas de regiões litorâneas, principalmente aquelas que estejam localizadas abaixo do nível do mar. Assim, essas questões precisam cada vez mais serem estudadas para uma gestão sustentável das bacias urbanas. A pesquisa tem como objetivo avaliar pontos de alagamento do Setor Profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto. Para isto, foi inicialmente levantado o Modelo Digital de Terreno-MDT da área de estudo e em seguida foram avaliadas algumas cotas altimétricas que sofrem influência direta das maiores marés de preamar. Os dados de maré foram extraídos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-CPTEC/INPE (2020), na cidade de Belém-PA. Foram então correlacionadas a altura máxima de preamar, a precipitação e as cotas altimétricas, e verificou-se que em algumas áreas do Setor Profissional com cotas altimétricas inferiores ao nível de elevação máxima da maré, independentes de precipitação, ocorrem alagamentos e que estes se intensificam quando coincidem a maré máxima de preamar e a precipitação. Os alagamentos geralmente ocorrem com maior intensidade no primeiro trimestre do ano, que coincide com a maior precipitação e as maiores alturas de maré. Algumas ações devem ser tomadas pela prefeitura do *Campus* de modo a minimizar os impactos desses alagamentos.

**Palavras-chave:** Poluição hídrica; Bacia urbana; Influência da maré.

## **Abstract**

Studies on water pollution and urban floods are increasingly frequent, as they may be related to the expansion and urban population growth of large cities or to climate changes that may be causing the increasing in sea levels and consequently the intensification of the flooding potential in coastal regions, especially those located below sea level. Thus, these issues need to be studied for sustainable management of urban basins. The research aims to evaluate

flooding points of the professional sector of the University City Professor José da Silveira Netto. For this purpose, the Digital Terrain Model-MDT of the study area was initially surveyed and then some altimetric levels that are directly influenced by the highest tides were evaluated. The tidal data were extracted from the Center for Weather Forecast and Climate Studies of the National Institute for Space Research-CPTEC-INPE (2020) in the city of Belém-PA. Then, the maximum height of high tide, precipitation and elevation levels were correlated, and it was found that in some areas of the professional sector with levels below the maximum elevation level regardless of precipitation, flooding occurs and they intensify when the high tide and precipitations coincide. Flooding generally occurs with greater intensity in the first quarter of the year, which coincides with the highest precipitation and the highest tide heights. Some action must be taken by the campus administration in order to minimize the impacts of these floods.

**Keywords:** Water pollution; Urban basin; Influence of the tide.

### **Resumen**

Los estudios sobre la contaminación del agua y las inundaciones urbanas son cada vez más frecuentes, ya que pueden estar relacionados con la expansión y el crecimiento de la población urbana de las grandes ciudades o con los cambios climáticos que pueden estar causando el aumento del nivel del mar y, en consecuencia, la intensificación el potencial de inundaciones en áreas de regiones costeras, especialmente aquellas que están situados abajo del nivel del mar. Por lo tanto, estos problemas deben estudiarse cada vez más para la gestión sostenible de las cuencas urbanas. La investigación tiene como objetivo evaluar los puntos de inundación del sector profesional del profesor de la Ciudad Universitaria José da Silveira Netto. Para este propósito, se examinó inicialmente el Modelo Digital de Terreno-MDT del área de estudio y luego se evaluaron algunos niveles altimétricos que están directamente influenciados por las mareas más altas. Los datos de mareas se retiró del Centro de Pronóstico del Tiempo y Estudios Climáticos del Instituto Nacional de Investigación Espacial-CPTEC / INPE (2020) en la ciudad de Belém-PA. Luego, se correlacionó la altura máxima de la marea alta, la precipitación y las elevaciones, y se descubrió que en algunas áreas del sector profesional con elevaciones abajo del nivel de elevación máximo, independientemente de la precipitación, se producen inundaciones que se intensifican cuando coinciden la marea alta máxima y la precipitación. Las inundaciones generalmente ocurren con mayor intensidad en el primer trimestre del año, que coincide con la precipitación más alta y las alturas de marea

más altas. El Ayuntamiento del Campus debe tomar algunas medidas para minimizar los impactos de estas inundaciones.

**Palabras clave:** Contaminación del agua; Cuenca urbana; Influencia de la marea.

## 1. Introdução

O contínuo crescimento da urbanização, as ocupações espontâneas de áreas alagadas ou alagáveis, sem o devido cuidado, além de proporcionar o aumento na produção e descarte irregular de resíduos sólidos, quando somado a agentes naturais como o elevado índice pluviométrico e alta das marés, com a falta de manutenção das redes são fatores que sobrecarregam os sistemas de drenagem.

Assim, como o uso e ocupação do solo, o tipo de pavimentação, a morfometria da bacia são também fatores importantes para o conhecimento e determinação das inundações, como abordado por (Silva, et al., 2020 e Salomão, et al., 2019). Daí a importância de se estudar, e muitas vezes refazer, adequar e ampliar projetos de drenagem para as novas e antigas áreas de habitação.

Os prejuízos devidos às inundações na drenagem urbana nas cidades brasileiras têm aumentado exponencialmente, reduzindo a qualidade de vida e o valor das propriedades (Tucci, 2003).

A intensidade dos eventos extremos de precipitação tem aumentado ao redor do mundo, preocupando tanto a comunidade científica quanto as autoridades, por causarem intensos danos à sociedade assim como ao ecossistema (Campos et al., 2015). Conforme (Severo et al., 2019), a precipitação está entre as variáveis climáticas de grande relevância, visto que as chuvas em excesso causam inundações e comprometem a infraestrutura das cidades.

A conscientização e integração ambiental do espaço urbano começou a ser sentida a partir dos graves problemas gerados pelo desenvolvimento urbano caótico, em que as obras de infraestrutura voltadas ao saneamento básico somente se realizavam depois de consolidados os graves problemas à saúde pública e à segurança das habitações, patrimônios e vidas humanas (Righetto, 2009).

O principal objetivo da abordagem clássica em drenagem urbana sempre foi escoar a água o mais rápido possível do ponto em que se quer drenar para um deságue seguro. As dificuldades encontradas com esse tipo de metodologia estão relacionadas com a falta de

integração com as sub-bacias adjacentes e/ou problemas a jusante que pudessem surgir ao acelerar o escoamento das águas pluviais.

Nesse contexto, começou a surgir o conceito de manejo de águas pluviais. Pela Lei Federal nº 11.445/2007, entende-se que o manejo das águas pluviais urbanas corresponde ao conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, do transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, do tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas associadas às ações de planejamento e de gestão da ocupação do espaço territorial urbano.

O manejo das águas pluviais urbanas se inicia pelo levantamento e conhecimento do estado atual de uma sub-bacia hidrográfica urbana. Dependendo da magnitude e complexidade da bacia de drenagem e do avanço insatisfatório de regulamentações e fiscalizações, é preciso adequar a infraestrutura de drenagem existente com a introdução de elementos hidráulicos que permitam minimizar os efeitos danosos das enchentes (Righetto, 2009).

Deste modo, têm se tornado mais frequentes os alagamentos nas cidades. Assim como, na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, uma importante Instituição de Ensino Superior na Amazônia situada à margem do rio Guamá na cidade de Belém, capital paraense, que se encontra em uma área suscetível a ocorrências de enchentes e alagamentos. Destaca-se que a expansão da instituição ao longo dos anos tem ocasionado algum impacto ambiental, como redução de áreas verdes, impermeabilização, compactação do solo, redução da infiltração, alagamento e outros (Lira et al., 2019).

O objetivo deste trabalho foi fazer uma avaliação de pontos de alagamento do Setor Profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, correlacionando as cotas altimétricas, a tábua das marés e a precipitação.

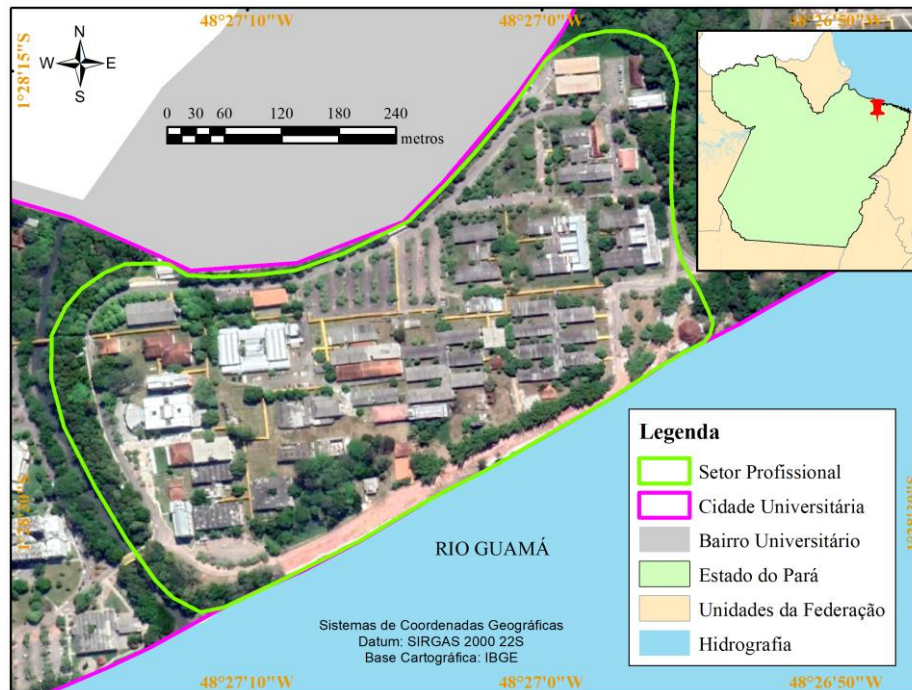
## **2. Metodologia**

### **2.1 Área de estudo**

A área de estudo está localizada na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, a qual fica localizada no município de Belém-PA. A Cidade Universitária divide-se em quatro setores: Setor Básico, Profissional, Saúde e Esportivo. O foco da presente pesquisa foi desenvolvido no Setor Profissional, pelo fato de ficar à margem do rio Guamá, e ser cortado pelos igarapés do Tucuntuba e Sapucajuba, além de sofrer ação direta do fenômeno das

marés. O rio Guamá é um dos principais rios do Estado do Pará, banhando a capital Belém, Figura 1.

**Figura 1:** Localização do Setor Profissional na Cidade Universitária.



Fonte: Autores, (2020).

Para concretizar seu objetivo, esta pesquisa foi iniciada com um levantamento bibliográfico acerca da área de estudo, seus principais pontos de alagamento e as possíveis causas desses alagamentos.

Foram então levantadas as cotas altimétricas do Modelo Digital de Terreno-MDT do Setor Profissional da Cidade Universitária, junto com os dados fornecidos pela Prefeitura do Campus, para que pudesse ser feita a verificação *in loco* dessas cotas altimétricas, de modo que se pudesse avaliar o sistema de drenagem e identificar os pontos de alagamento com registros fotográficos.

Foram utilizados também dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de chuva mensais e diárias de Belém, referente ao período de 1989 a 2018, e os dados das tábuas de marés do porto de Belém disponíveis no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE).

Com as informações da tábua de marés e de precipitação, levando em consideração a sazonalidade, foi feita a correlação entre os pontos de alagamento identificados, fenômenos

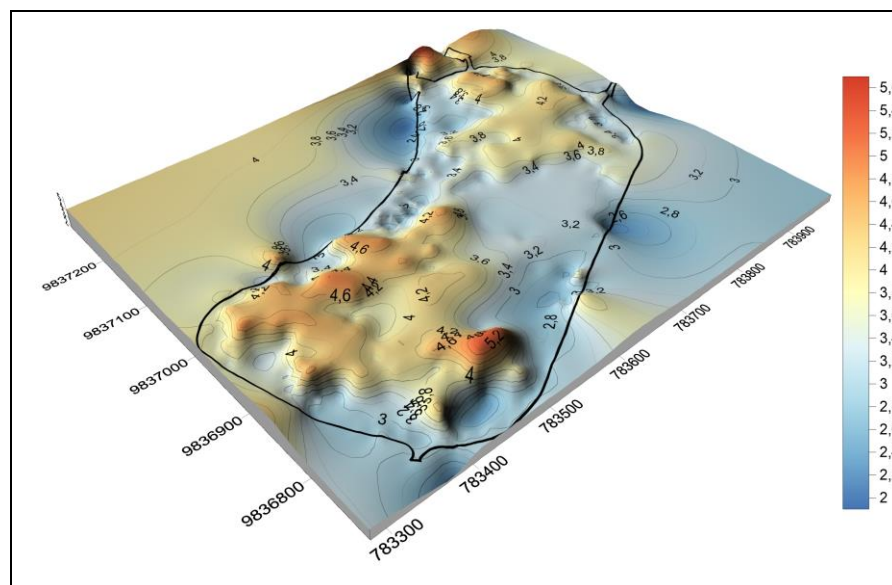


das marés e a precipitação, destacando as cotas abaixo de 3.5m que são potenciais pontos de alagamento.

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta um perfil 3D destacando os pontos com menor cota no Setor Profissional da Cidade Universitária, passíveis de alagamentos mesmo sem a ocorrência de precipitação, por estarem em cotas inferiores às maiores marés anuais.

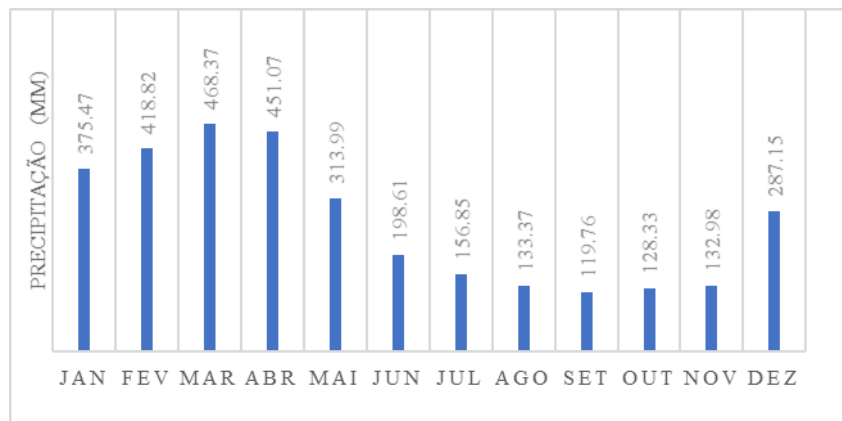
**Figura 2:** MDT do terreno a partir da estação total.



Fonte: Adaptado de Torres (2018).

Em relação a precipitação na cidade de Belém existem dois períodos bem definidos quanto à pluviometria, uma estação chuvosa e outra menos chuvosa. Como pode ser observado na Figura 3, destaca-se o mês de março como o que tem os maiores índices pluviométricos.

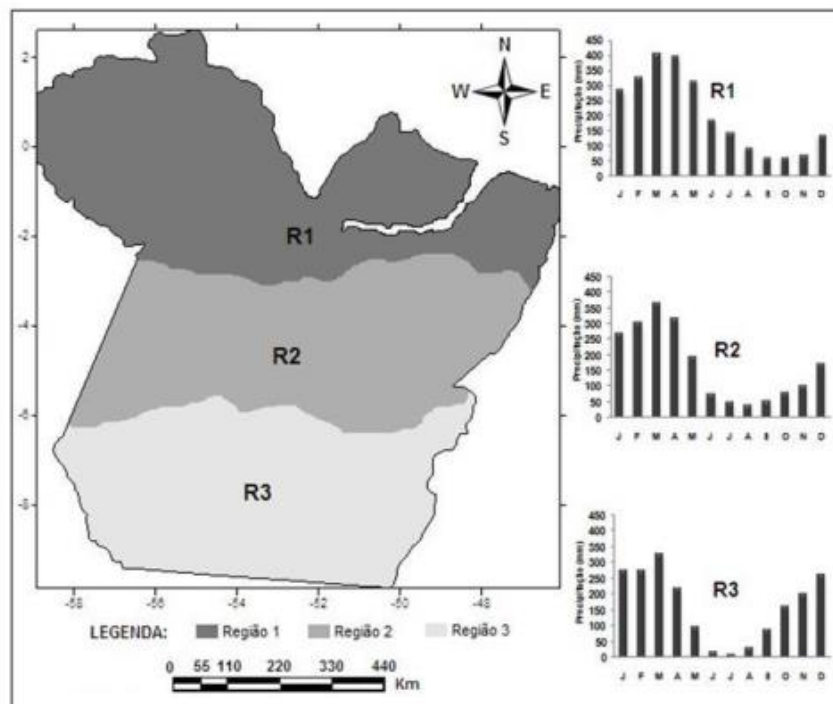
**Figura 3:** Comportamento da precipitação na cidade de Belém período (1989-2018).



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quando se analisa o comportamento pluviométrico no Estado do Pará verifica-se que o mês de março continua sendo um dos que mais há precipitação na região como um todo, conforme descrito no trabalho de Menezes et al., (2015). A Figura 4 traz o comportamento da precipitação no estado do Pará, por região pluviométrica, ao longo do ano.

**Figura 4:** Comportamento da precipitação no estado do Pará.



Fonte: Menezes et al., (2015).

O mês de março de 2020 trouxe uma sequência de dias com registros de maré alta e, conseqüentemente, muitos pontos de alagamento foram constatados na Cidade Universitária



Professor José da Silveira Netto. Houve, inclusive, suspensão de aulas pela impossibilidade de acesso de uma parte da comunidade acadêmica ao *campus*.

A Figura 5 apresenta um ponto de alagamento no setor profissional da Cidade Universitária no horário de 14h17min do dia 11 de março de 2020, sendo que as 12h41min, do mesmo dia teve-se uma preamar de 3.60m de altura, segundo CPTEC/INPE-2020, medido nas tábuas das marés do Porto de Belém-PA. Verifica-se que esse alagamento também tem influência direta com o fenômeno de marés, já que não está havendo precipitação intensa neste momento, sendo registrado uma precipitação de 7mm (INMET, 2020) para este dia.

**Figura 5:** Ponto de alagamento no Setor Profissional da Cidade Universitária.



Fonte: Os autores (2020).

Esta mesma área foi registrada no dia 22 de maio de 2020 no horário de 10h05min (Figura 6), onde verificou-se que não havia nenhuma interferência da maré a 1h21min aproximadamente da elevação máxima de preamar para esta data, de acordo com a tábua de maré do porto de Belém as 11h26min, a preamar atingiu a altura de 3.30m (CPTEC/INPE, 2020).

**Figura 6:** Ponto de alagamento no Setor Profissional da Cidade Universitária, sem influência de maré.



Fonte: Os Autores (2020).

Quando a precipitação ocorre e coincide com as maiores elevações do nível da água na tábua das marés, a área de alagamento pode aumentar consideravelmente, pois vários fatores podem interferir para que haja o aumento do volume de água que escorre superficialmente, como o tipo de cobertura do solo, interferências antrópicas e estruturais na drenagem da área, entre outras. Esse tipo de situação pode ser verificado na mesma área anterior, no dia 11 de março de 2020 as 14h33min (Figura 7), momento em que a precipitação intensa teve relação direta com a preamar de 3.60m, de acordo com a tábua de maré do porto de Belém, onde a abrangência da área de alagamento foi maior.

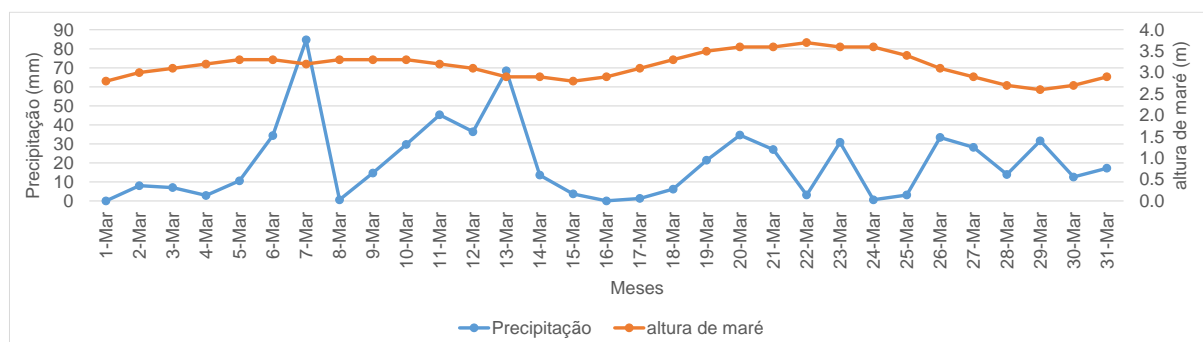
**Figura 7:** Pontos de alagamento no Setor Profissional com a chuva coincidindo com a preamar.



Fonte: Os Autores (2020).

Quando se avalia o comportamento da preamar em locais como o Setor Profissional da Cidade Universitária, que tem cotas altimétricas inferiores ao nível de elevação desta, independente da precipitação certamente irá ocorrer alagamento, o que pode trazer algum tipo de dificuldades para o público universitário no seu deslocamento em alguns pontos do setor. Fazendo-se a relação ao mês de março como sendo um dos mais chuvosos do ano, verifica-se que podem ocorrer alagamentos com abrangência de maiores áreas como foi verificado. A Figura 8 apresenta o comportamento da relação entre a precipitação e maiores elevações diárias para o mês de março.

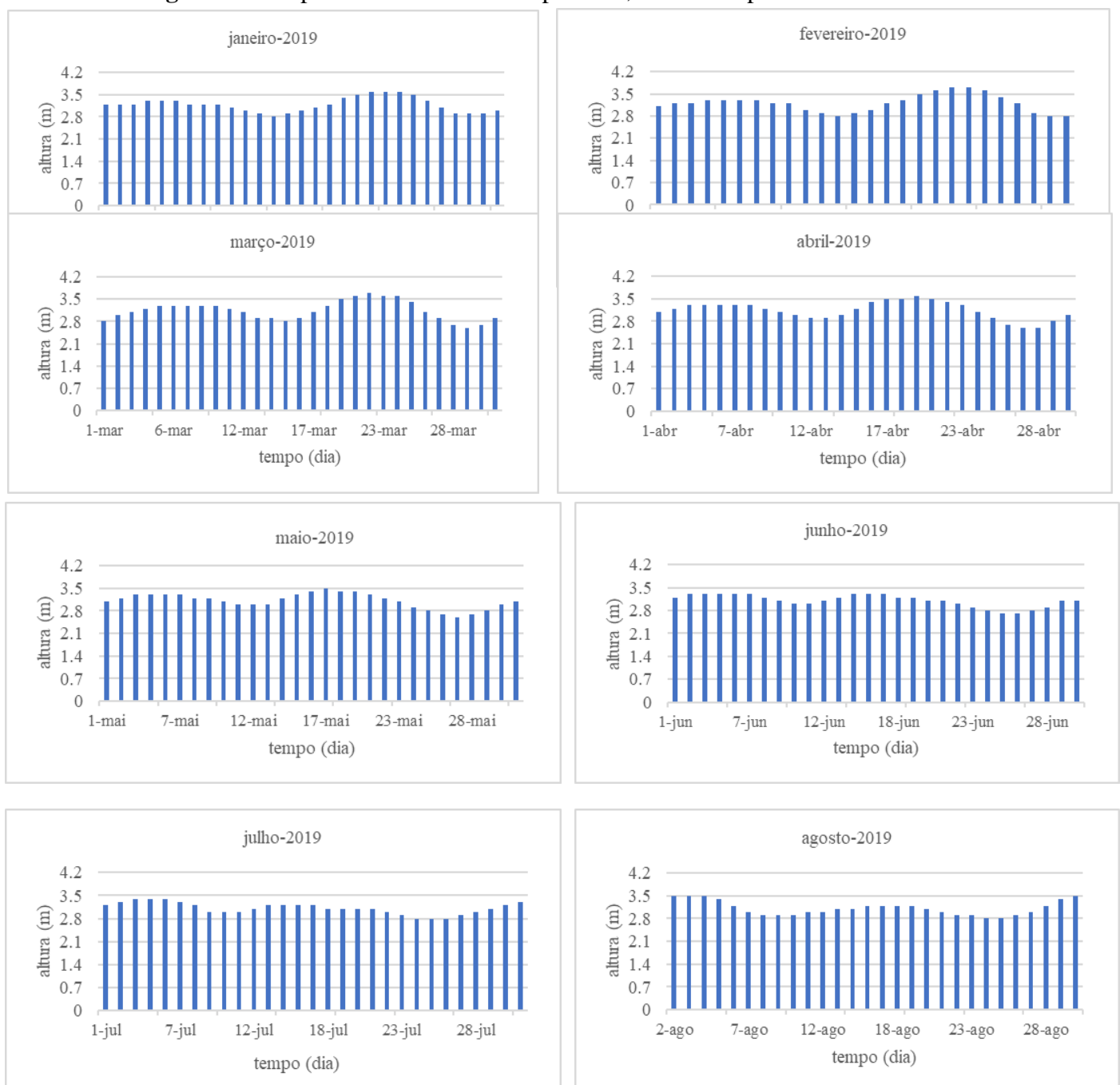
**Figura 8:** Comportamento da precipitação e de maré, março 2019.



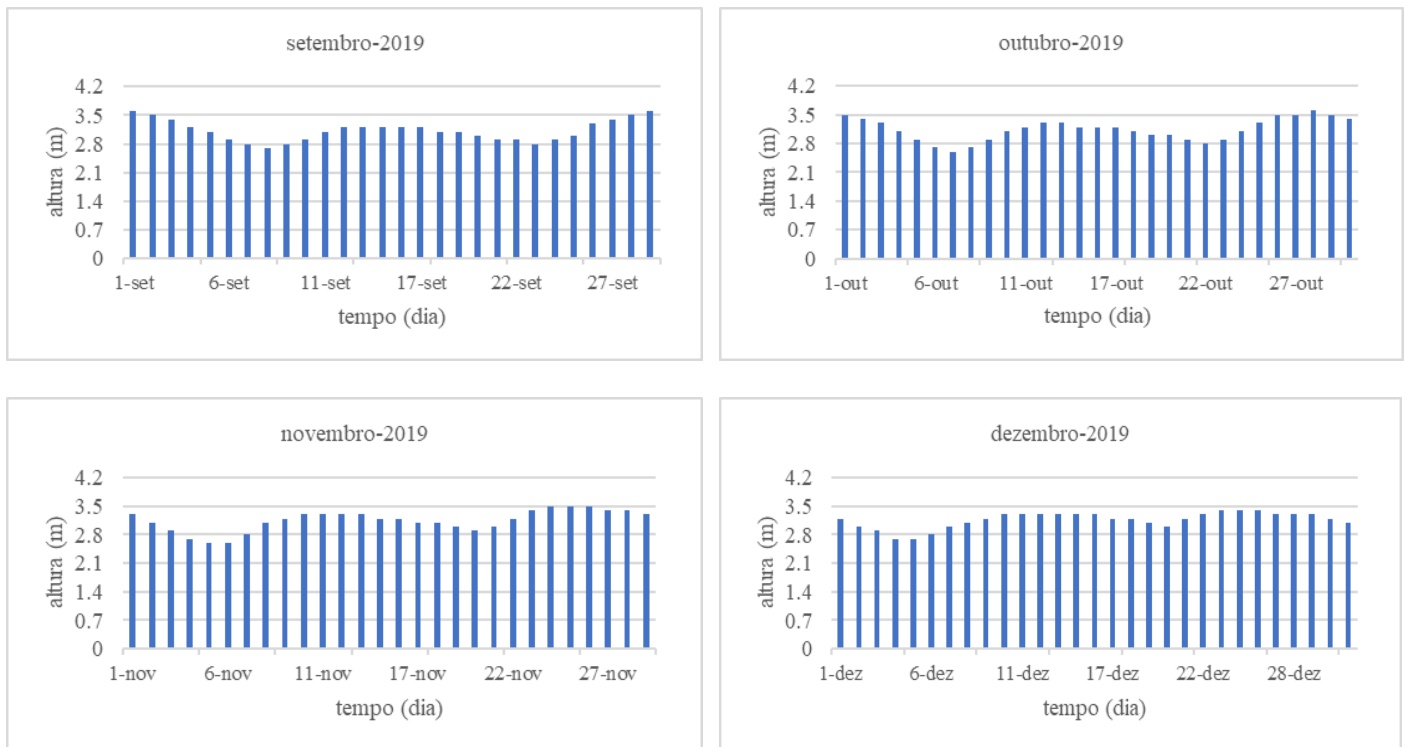
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A Figura 9 apresenta o comportamento da maré máxima de preamar no ano de 2019, segundo levantamento do (CPTEC/INPE-2020), verifica-se que ao longo do ano de 2019, os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, setembro e outubro foram os que apresentaram alturas maiores que 3.5m, com maior incidência no primeiro trimestre que coincide com o elevado índice pluviométrico na cidade de Belém. A cota 3.5m foi escolhida como parâmetro por estar presente em diversos pontos do setor profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, explicando assim, alguns dos pontos de alagamento encontrados, que independem do período de chuvas intensas.

**Figura 9:** Comportamento da maré de preamar, referência porto de Belém - 2019.







Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

#### 4. Considerações Finais

A pesquisa foi desenvolvida com objetivo de avaliar alguns pontos de alagamento no Setor Profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, verificou-se que as marés de preamar tem relação direta com os pontos de alagamento principalmente no primeiro trimestre do ano, com altura de elevação maiores que 3.5m, visto que ultrapassa algumas cotas altimétricas na área de estudo. Observou-se também que quando combina a precipitação com a altura máxima de maré, se intensificam os pontos de alagamento, que também podem ter relação com o uso e ocupação do solo e o sistema de drenagem da área de estudo.

Algumas ações devem ser tomadas pela prefeitura do *campus* para minimizar os impactos causados pelos alagamentos presentes no Setor Profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, já que foi constatado que no presente ano houve até suspensão de aula devido à impossibilidade de acesso ao *campus*. A elevação de alguns pontos onde a cota altimétrica está muito baixa e a implantação de passarelas com cotas mais elevadas são exemplos de ações que podem vir a mitigar alguns dos efeitos indesejados dos alagamentos.

Algumas bocas de lobo encontram-se assoreadas e obstruídas por detritos, o que dificulta o escoamento da água pluvial. No entanto, foi constatado que, para os casos onde há interferência das marés nos pontos de alagamento, a simples manutenção da rede de drenagem não surtirá efeito na minimização dos transtornos.

Portanto, avaliar pontos de alagamento ou inundações em regiões litorâneas com cotas altimétricas inferiores às alturas de marés máximas e a sua relação com as precipitações intensas são de fundamental importância para a gestão sustentável de espaços urbanos. Com essas informações, é possível traçar cenários e alternativas de soluções para os problemas encontrados.

### **Agradecimentos**

Agradecimento especial ao Programa de Educação Tutorial - Secretaria de Educação Superior MEC, PET Engenharia Sanitária e Ambiental, pelo apoio financeiro (Bolsas).

### **Referências**

Campos, T. L. O. B., Mota, M. A. S., & Santos, S. R. Q. (2015). Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. *Revista Ambiente e Água*, 10, 182-194.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE). (2020). Tábua das Marés. Recuperado de <http://ondas.cptec.inpe.br/~rondas/mares/index.php?cod=10520&mes=03&ano=20>.

Esteves, R. L. (2003). Estratégias Metodológicas da Bacia Escola para o Gerenciamento Ambiental da Drenagem Urbana, Relatório Final, PIBIC, Escola de Engenharia de São Carlos, EES-USP, São Carlos.

Governo do Estado do Pará (2004). Macro drenagem da Bacia do Una. Belém, PA: Governo do Estado do Pará e Leme Engenharia.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapa político do Brasil. Recuperado de <https://mapas.ibge.gov.br/>.

Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET). Previsão Meteorológica. Recuperado de <http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/convencionais.php>.

Linsley, R. K., Franzini, J. B. (1978). Engenharia de Recursos Hídricos, tradução e adaptação. Luiz Américo Pastorino, São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, Editora da Universidade de São Paulo.

Lira, B. R. P., Fernandes, L. L., & Bittencourt, G. M. (2019). Estimativa da vazão máxima dos setores da cidade Universitária Professor José Da Silveira Netto. Revista GeoAmazônia, 07(13), 107–121.

Menezes, F. P., Fernandes, L. L., & Rocha, E. J. P. (2015). O uso da Estatística para Regionalização da Precipitação no Estado do Pará, Brasil. Revista Brasileira de Climatologia. Ano11.16, 64-71.

Righetto, A. M. (coordenador). (2009). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Rio de Janeiro: ABES.

Salomão, P. E. A., Oliveira, L. L. S., Rhis, A. R., & Coelho, S. S. F. (2019). Analysis and study of materials for perutable floor water advantage when compared with conventional pavement. Research, Society and Development, 8(4), 3584912.

Severo, D. L., Santos S. H., & Tachini, M. (2019). Flutuações climáticas da precipitação no Vale do Itajaí (SC). Revista de Estudos Ambientais, 20(2), 37-48.

Silva, J. J. R., Assis Oliveira, G., Vieira, E. M., & Freitas, A. C. V. (2020). Influence of urban expansion allocated to morphometric characteristics in flood occurrences: case study in João Monlevade-MG. Research, Society and Development, 9(2), 136922101.

Torres, E. E. S. A. (2018). Análise da Variabilidade de Modelos Digitais de Terreno (MDT) obtidos por diferentes métodos e suas implicações nos projetos de engenharia. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pará.

Tucci, C. E. M. (2003). Drenagem urbana. Ciência e cultura, 55(4), 36-37.



**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Anderson Augusto das Mercês Segundo – 14%

Gilciane do Vale Paixao – 14%

Letícia Cavalcante da Silva Bastos – 14%

Ramon Flexa Santos – 14%

Bruna Roberta Pereira Lira – 14%

Germana Menescal Bittencourt – 15%

Lindemberg Lima Fernandes – 15%