

USO DE PLUVIÔMETRO ARTESANAL COMO INSTRUMENTO APLICADO À MODELAGEM DE CHEIA EM BELÉM-PA

Deborah Souza **Dias**¹, Claudio José Cavalcante **Blanco**², Carlos Eduardo Aguiar de Souza **Costa**³, Roberta Luiza de Oliveira **Albuquerque**¹

(1 – Universidade Federal do Pará, discente da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, deborahsouza10@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4484-6078>, robealbuquerque@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1038-4779>; 2 – Universidade Federal do Pará, docente da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, blanco@ufpa.br, <https://orcid.org/0000-0001-8022-2647>, 3 – Universidade Federal do Pará, discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, cecosta@ufpa.br, <https://orcid.org/0000-0002-7238-6892>.

Resumo - O processo de urbanização vem intensificando-se com as transformações de uso e ocupação do solo, contribuindo para a constante ocorrência de alagamentos, causando prejuízos humanos e econômicos para a sociedade. Assim, o trabalho avaliou o impacto da urbanização nos hidrogramas de cheia e vazão de pico da bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba (Belém-PA), na qual as condições de uso e ocupação do solo mudaram de forma significativa nas décadas de 1990, 2000 e 2010 devido ao aumento da urbanização e áreas impermeáveis. Hietogramas foram confeccionados a partir de dados de chuvas coletados em um pluviômetro artesanal. Os hietogramas deram origem a hidrogramas de cheia simulados através do modelo do *Natural Resources Conservation Service* (NRCS). Os hidrogramas apresentaram vazões de pico que chegaram a 36,57 m³/s, o que se traduz em alagamentos na bacia hidrográfica, pois a bacia sofre com ocupação e urbanização desordenadas e conseqüentemente, com a impermeabilização, que reduz a infiltração do solo, favorecendo as cheias, causando transtornos aos moradores da região.

Palavras-chave: Urbanização, Ocupação Desordenada, Chuvas Intensas, Amazônia.

USE OF ARTISANAL PLUVIOMETER AS AN INSTRUMENT APPLIED TO FLOOD MODELING IN BELÉM-PA

Abstract - The urbanization process has been intensifying with changes in land use and occupation, contributing to the constant occurrence of floods, causing disruption to the population. Thus, the study evaluated the impact of urbanization on the peak flow and flood hydrographs of the Igarapé Tucunduba basin (Belém-PA), in which the conditions of land use and occupation changed significantly in the last decades due to the increase in urbanization and impermeable areas. Hietograms were generated from rainfall data collected in a pluviometer manufactured by UFPA students. The hygrograms originated simulated flood hydrographs using the Natural Resources Conservation Service (NRCS) model. The hydrographs presented peak flows that reached up to 36.57 m³/s, which mean flooding in the hydrographic basin. Because the basin suffers with disordered occupation and urbanization and, consequently, with the waterproofing, that reduces the infiltration of the soil, favoring the floods, causing disturbances to the inhabitants of the region.

Keywords: Urbanization, Disorderly Occupation, Heavy Rainfalls, Amazon.

UTILISATION DE PLUVIOMÈTRE ARTISANAL COMME INSTRUMENT APPLIQUÉ À MODÉLISATION DES INONDATIONS À BELÉM-PA

Résumé - Le processus d'urbanisation s'est intensifié avec les changements d'utilisation et d'occupation des sols, contribuant à des constantes d'inondations, causant des désagréments à la population. Ainsi, l'article a évalué l'impact de l'urbanisation sur les hydrogrammes de crue et de débit de pointe du bassin versant de l'Igarapé Tucunduba (Belém-PA), dans lequel les conditions d'utilisation et d'occupation des sols ont considérablement changé au cours des dernières décennies en raison de l'augmentation de l'urbanisation et zones imperméables. Des hiétogrammes ont été générés à partir des données pluviométriques collectées dans un pluviomètre fabriqué par des étudiants de l'UFPA. Les hiétogrammes ont produit des hydrogrammes de crue simulés à l'aide du modèle du Natural Resources Conservation Service (NRCS). Les hydrogrammes ont montré des débits de pointe atteignant 36,57 m³/s, ce qui se traduit par des inondations dans le bassin versant. Car le bassin souffre d'occupation et d'urbanisation désordonnées et, par conséquent, d'imperméabilisation, qui réduit les infiltrations des sols, favorisant les inondations, causant des désagréments aux habitants de la région.

Mots-clés: Urbanisation, occupation désordonnée, fortes pluies, Amazonie.

Introdução

O processo de urbanização de cidades no Brasil vem se intensificando com as transformações de uso e ocupação do solo. O aumento de atividades não planejadas, seja com moradias ou realização de atividades econômicas, tem contribuído para a diminuição da cobertura vegetal e o aumento da impermeabilização do solo (Corrêa *et al.*, 2012).

No processo de escoamento de água proveniente de precipitações intensas, ocorre a interação de fatores como uso e cobertura do solo, declividade e forma da bacia hidrográfica. Alterações nesses fatores podem provocar aumento nas vazões de pico, ao mesmo tempo em que ocorre a redução do tempo de concentração da água da chuva, provocando cada vez mais eventos de cheias (Watrin *et al.*, 2019).

Nesse contexto, Chang *et al.* (2015) avaliaram o impacto da urbanização no escoamento superficial na região da Gleba Palhano (Londrina/PR). Os autores observaram que após a urbanização ocorreu o aumento do volume escoado superficialmente na área estudada, uma vez que este é altamente influenciado pelas condições de uso e ocupação do solo, as quais mudaram de forma drástica em apenas duas décadas. Moraes *et al.* (2016) avaliaram o efeito do uso do solo no comportamento do reservatório de retenção Lago Azul, situado na nascente do córrego da Servidão, área urbana de Rio Claro/SP. Os autores simularam hidrogramas, demonstrando o incremento das vazões e antecipação dos picos de cheia provocados pelo aumento de áreas impermeabilizadas, minimizando o impacto positivo do reservatório. Rodrigues e Blanco (2018) observaram os efeitos da urbanização sobre o aumento da vazão de pico e escoamento superficial da bacia hidrográfica do Igarapé do Urumari (Santarém/PA) através da simulação de hidrogramas de cenários futuros. Os autores concluíram que para um alto nível de urbanização, considerando o que está previsto no Plano Diretor Participativo do município de Santarém, a vazão de pico será quase 7 vezes maior que a vazão de pico de 1960.

Para as simulações dos hidrogramas de cheia e vazões de pico, quando se dispõe apenas de dados de chuva, cujos registros são em maior número e menos difíceis de serem coletados que dados de vazão, o método do SCS – *Soil Conservation Service* (atual NRCS – *Natural Resources Conservation Service*) é bastante usado (Nunes e Fiori, 2008, Cariello *et al.*, 2014, Cunha *et al.*, 2015, Chang *et al.*, 2015, Moraes *et al.*, 2016, Rodrigues e Blanco, 2018, Oliveira *et al.*, 2019).

A cidade de Belém do Pará sofre com constantes mudanças no seu cenário urbano, principalmente com obras de macrodrenagem, que visam justamente mitigar possíveis impactos de eventos extremos. Entre as principais obras está a macrodrenagem da bacia

hidrográfica do igarapé Tucunduba, uma das mais problemáticas da região metropolitana, justamente pela área sofrer com ocupações desordenadas e, por consequência, inundações e alagamentos constantes (Pegado *et al.*, 2014).

Matos *et al.* (2011) realizaram um estudo de análise temporal da expansão urbana nesta mesma bacia no período de 1972 a 2006, concluindo que a área de vegetação nativa diminuiu e a urbanização aumentou no período. Pegado *et al.* (2014) analisaram o risco e a vulnerabilidade a cheias da mesma bacia. Os autores relataram que a cidade de Belém não possui um plano de emergência que evite e/ou diminua os prejuízos causados por cheias, seja na bacia do Tucunduba ou em outra qualquer; e recomendaram a elaboração do plano, apresentando, por exemplo, a identificação dos riscos e vulnerabilidade, níveis de proteção social e implementação de medidas de prevenção. Assim, o objetivo do trabalho é simular hidrogramas de cheia através do método do SCS com dados de chuva coletados em um pluviômetro de fabricação artesanal, para análise de vazão de pico e enchentes na bacia hidrográfica do igarapé Tucunduba em Belém do Pará.

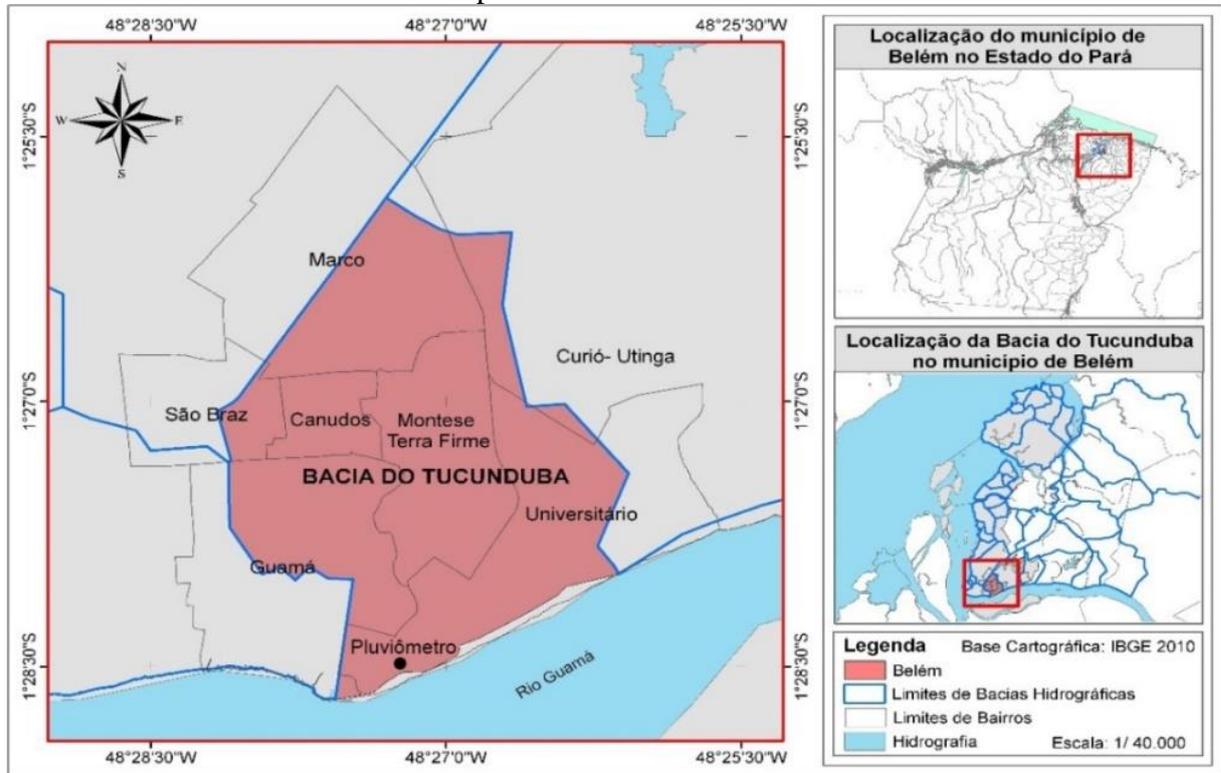
Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do igarapé Tucunduba (Figura 1), situada a sudeste de Belém, no estado do Pará, possuindo área de drenagem de aproximadamente 10,55 km²; e 3.600 m de extensão, com a declividade variando de 0 a 3% (Lisboa *et al.*, 2014). Nessa bacia está localizado o campus universitário do Guamá, que abriga a sede da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Na Figura 2, pode-se observar a ocupação desordenada e o adensamento populacional. Em Belém do Pará, a ocupação desordenada deu-se ao longo das margens de seus igarapés com habitações construídas em forma de palafitas. Já no centro da cidade, a ocupação foi ordenada, respeitando, projetos urbanísticos. Também, na Figura 2, é apresentada a classificação dos tipos de solo da bacia, com solos do Tipo A (35% da área) e D (65% da área), seguindo a classificação de solo do *United States Department of Agriculture* (USDA, 1997). O tipo A são solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. O tipo D contém argilas expansivas e pouco profundas com baixa capacidade de infiltração e alta capacidade de escoamento. Esses tipos de solo coincidem com os solos de várzea da bacia do igarapé Tucunduba, que apresentam drenagem deficitária, além de serem argilosos e úmidos (Santos, 1997).

Figura 1 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do igarapé Tucunduba em Belém do Pará e do pluviômetro instalado na bacia.



Fonte - Adaptado de Torres (2011).

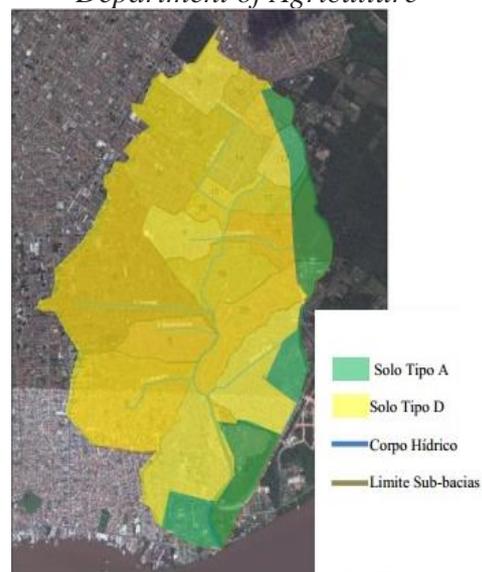
Figura 2 – Ocupação desordenada, adensamento urbano e tipos de solo da bacia hidrográfica do igarapé Tucunduba.

(a) Ocupação desordenada e adensamento populacional



Fonte - Google Earth (2019)

(b) Classificação dos solos, conforme o *United States Department of Agriculture*



Fonte - Cacula Filho *et al.* (2007).

Coleta de dados e instrumentos de pesquisa

A coleta dos dados ocorreu no período de novembro de 2017 a abril de 2018, totalizando 6 meses de coleta, para isso foi instalado um pluviômetro fabricado com materiais de fácil obtenção (Figura 3).

Figura 3 - Pluviômetro artesanal e local de instalação dentro do campus da UFPA.



Fonte – Autor (2018)

Os materiais usados na fabricação do pluviômetro foram: garrafa PET de 2 L; tubo PVC de 10 cm de diâmetro e altura de 20 cm; redução tubular de 15 para 10 cm; registro tipo esfera, cola plástica; e abraçadeiras de nylon. A fabricação é simples e consiste em uma montagem, colando-se a redução ao tubo e esse à garrafa PET. É feita uma rosca no registro de esfera, que coincida com a rosca do gargalo da garrafa PET para que os dois sejam acoplados. As abraçadeiras servem para fixar o pluviômetro à haste de madeira de 3 m, sendo 1 m enterrado para dar sustentação ao conjunto, que deve ser instalado em um local livre de interferências como, por exemplo, prédios e árvores.

Pinheiro *et al.* (2009) compararam leituras obtidas em dois pluviômetros fabricados com Pet e pluviômetro automático modelo Campbell, os resultados indicaram que, em geral,

os valores obtidos com os pluviômetros de Pet são similares aos obtidos com o pluviômetro padrão, contudo nos eventos de chuva superiores a 10 mm a diferença entre os valores aumenta. As coletas ocorreram em intervalos de tempo de 5, 10 e 15 minutos durante alguns eventos de chuva do período de nov/17 a abr/18. Na Figura 1 é mostrada a localização do pluviômetro. Conforme os intervalos de tempo mencionados, o volume precipitado era vazado em uma proveta graduada em mL (mililitros). Tal volume foi convertido em altura de lâmina de água precipitada, sendo essa altura dado de entrada do método do SCS (NRCS, 2009).

Modelo para simulação do hidrograma de cheia

O modelo para simulação do hidrograma de cheia do *Natural Resource Conservation Service* (NRCS, 2009) é caracterizado pelas Equações 1 e 2, nas quais o escoamento (R) pode ser calculado a partir da precipitação (P) e da retenção potencial máxima (S) com unidades em mm (milímetros).

$$R = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S} \quad \text{se } P > 0,2S \quad (1)$$

$$R = 0 \quad \text{se } P \leq 0,2S \quad (2)$$

A retenção potencial máxima (S), também denominada índice de armazenamento, é uma medida da resposta hidrológica potencial da bacia. Apesar de ser relacionada com as características do solo e de sua cobertura, S não é uma propriedade física identificável, ou seja, é constante apenas para uma precipitação particular (Hawkins *et al.*, 2002). Esta variável, então, é obtida com base na Curva Número (CN) (Equação 3).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

O CN varia de 0 a 100 correspondendo a $S = \infty$ e $S = 0$, respectivamente. Segundo NRCS (2009) os valores de CN mudam em função do uso, cobertura e classificação hidrológica do solo. As características do solo na área de estudo foram analisadas anteriormente. O valor adimensional do CN geral deve ser definido por meio de tabelas, contudo em situações onde existe variação do uso e cobertura do solo, como neste estudo, o estabelecimento do valor de CN deve ser ponderado (Targa, 2011) (Equação 4).

$$CN = \frac{\sum(CNe(Ae))}{At} \quad (4)$$

Em que CNe é o valor do número da curva de cada classe de uso e cobertura do solo da bacia; Ae é área de cada classe de uso e cobertura do solo da bacia em km²; At é Área total da bacia em km². A tabela original do método do NRCS é ampla e apresenta uma grande quantidade de combinações. No estudo de Soares *et al.* (2017), esta quantidade de possibilidades foi restrita, propondo uma tabela simplificada (Tabela 1), a qual foi utilizada para o cálculo do CN.

Tabela 1 - Curva Número (CN) do NRCS.

Uso do solo	Grupo hidrológico do solo			
	A	B	C	D
Agricultura	62	71	78	81
Corpos d'água	100	100	100	100
Pastagem	25	59	75	83
Florestas naturais e/ou silvicultura	36	60	70	76
Áreas urbanas	77	85	90	92

Fonte: Soares *et al.* (2017)

Para se determinar o hidrograma de cheia, foram determinados o tempo de pico (Equação 5) e a vazão de pico (Equação 6) de cada evento de chuva, os quais são usados no modelo do NRCS para a determinação das ordenadas do hidrograma para cada intervalo de tempo considerado nas medidas de precipitação.

$$t_p = 0,5t_r + 0,6t_c \quad (5)$$

$$q_p = \frac{2,08AQ}{t_p} \quad (6)$$

Em que t_r é a duração (h) do evento de chuva, t_c representa o tempo de concentração (h), dado por Kirpich (Equação 7), e A é área de drenagem da bacia. O valor q_p (Equação 6) é calculado para um volume de escoamento (Q) provocado por uma altura de precipitação igual a 1 cm.

$$t_c = 57 \left(\frac{L^{0,77}}{D^{0,385}} \right) \quad (7)$$

Em que L é o comprimento (km); D é o declive do talvegue (m/km); e t_c é o tempo de concentração (min).

Resultados e discussão

Assim, considerando as características do Igarapé Tucunduba, o qual possui um comprimento de 3,6 km e uma diferença de cota de 3 m entre cabeceira e foz, o tempo de concentração encontrado foi de 100,12 minutos (Equação 7). O valor final de CN foi obtido a partir da multiplicação da porcentagem de área para cada tipo de utilização do solo por seu respectivo valor de CN (atribuído pelo grupo do solo para bacias urbanas, proposto pelo NRCS) e por fim a somatória destes valores, ou seja, a média ponderada. Assim, o valor de CN determinado foi igual a 86,74 (Equação 4) e o valor da retenção potencial máxima (S) foi igual a 38,83 (Equação 3).

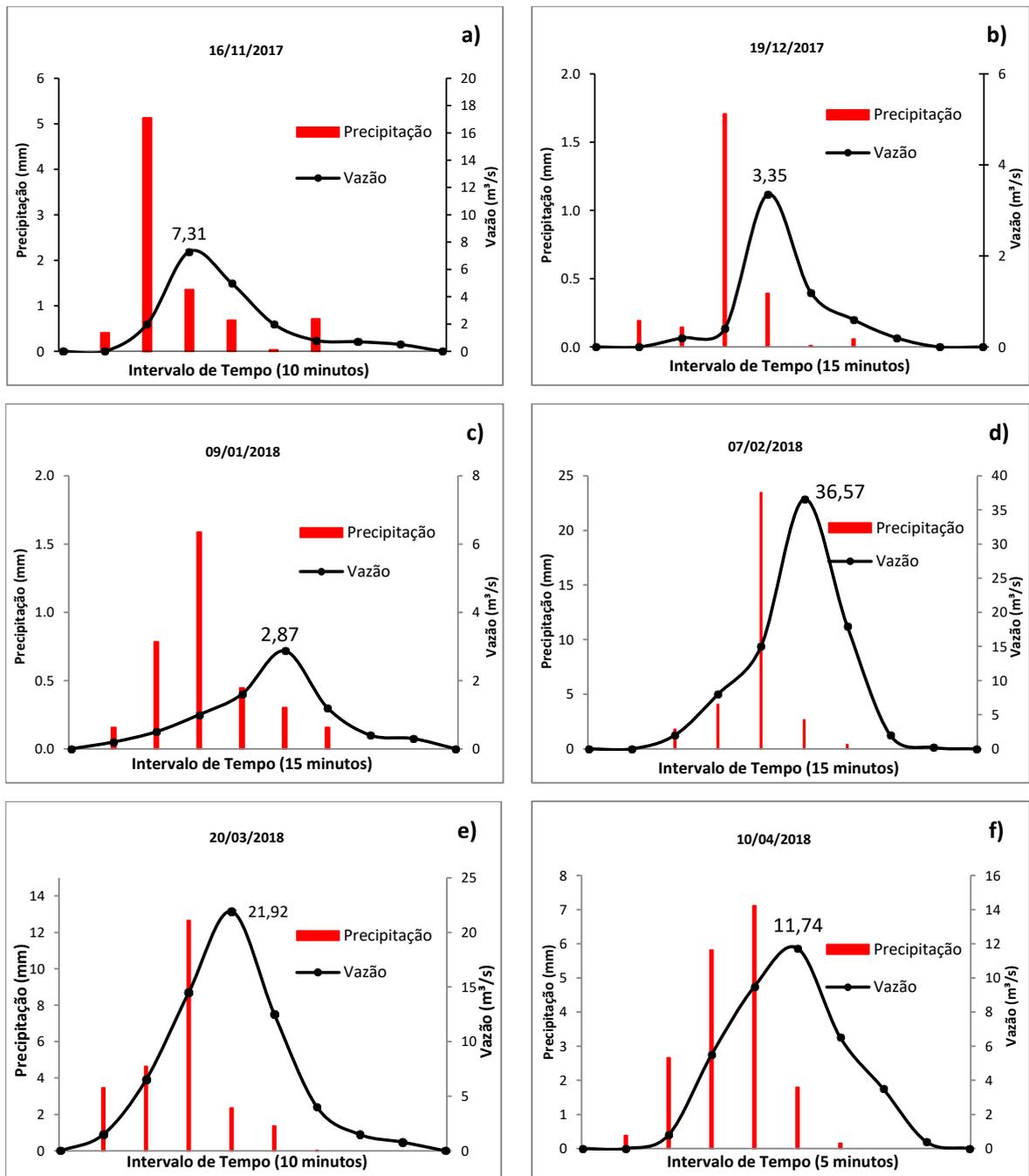
Na Figura 4 apresenta-se os hietogramas para os dias de maior relevância nos 2 meses de 2017 e nos 4 meses de 2018 plotados com auxílio dos dados de precipitação; e os hidrogramas de cheia simulados, segundo o modelo do *Natural Resource Conservation Service*.

O tempo e o valor da vazão de pico foram adquiridos através da análise dos gráficos. A impermeabilização da bacia hidrográfica do igarapé do Tucunduba (Figura 2-a) é uma explicação plausível para as altas vazões de pico, variando de 2,87 m³/s e chegando a 36,57 m³/s (Figura 4). Oliveira e de Lima (2018) determinaram vazões de pico para mesma bacia, as quais variaram entre 10,1 m³/s e 20,08 m³/s. Essas vazões traduzem-se em alagamentos constantes, ocorrendo, principalmente, no primeiro semestre, que é a época das maiores chuvas e cheias da região (Cardoso *et al.*, 2020).

O tempo e o valor da vazão de pico foram adquiridos através da análise dos gráficos. A impermeabilização da bacia hidrográfica do igarapé do Tucunduba (Figura 2-a) é uma explicação plausível para as altas vazões de pico, variando de 2,87 m³/s e chegando a 36,57 m³/s (Figura 4). Oliveira e de Lima (2018) determinaram vazões de pico para mesma bacia, as quais variaram entre 10,1 m³/s e 20,08 m³/s. Essas vazões traduzem-se em alagamentos

constantes, ocorrendo, principalmente, no primeiro semestre, que é a época das maiores chuvas e cheias da região (Cardoso *et al.*, 2020).

Figura 4 - Hietogramas e hidrogramas para: a) intervalo de 10 min – 16/11/2017; b) intervalo de 15 min – 19/12/2017; c) intervalo de 15 min – 09/01/2018; d) intervalo de 15 min – 07/02/2018; e) intervalo de 10 min – 20/03/2018; e f) intervalo de 5 min - 10/04/2018 com destaque para as vazões de pico simuladas.



Fonte – Autor (2020)

Figura 5 - Transbordamento do canal na Avenida Cipriano Santos no bairro de Canudos (um dos trechos do igarapé Tucunduba) em dia de chuva forte.



Fonte – DOL (2019).

Conclusão

- Através do pluviômetro artesanal foi possível coletar dados de chuva para modelagem hidrológica de cheias em bacia hidrográfica da periferia de Belém do Pará. Os hidrogramas de cheia simulados demonstraram vazões de pico, que chegam a 36,57 m³/s, o que se traduz em alagamentos na bacia hidrográfica do igarapé Tucunduba, causando transtornos aos seus moradores. A população dessa bacia sofre com esses alagamentos devido à ocupação desordenada, que se deu ao longo das margens de seus igarapés com habitações construídas em forma de palafitas. Observa-se que o pico de vazão e o aumento do volume escoado estão relacionados diretamente ao uso e ocupação do solo, que além da redução da infiltração, causam alterações das características das superfícies e favorecem o aumento da velocidade do escoamento. As conclusões apresentadas servem de incentivo para estudos ambientais, visando colaborar não apenas com o meio socioambiental, mas também com a gestão pública, produzindo dados importantes aos tomadores de decisões para que o planejamento de obras estruturantes seja eficiente para se evitar alagamentos de áreas urbanizadas.

Agradecimentos

A primeira autora agradece ao CNPq uma bolsa PIBIC, o segundo autor também agradece ao CNPq uma bolsa de produtividade em pesquisa (Processo n. 303542/2018-7), o terceiro autor agradece à CAPES uma bolsa de doutorado. Os autores agradecem ao técnico “Jesus” do laboratório de usinagem da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFPA pela fabricação da rosca no registro de esfera.

Referências

- Cacela Filho, F. C. O., Silva, A. P. S., Barp, A. R. B. B., & Luiz Eduardo do Canto Costa, L. E. do C. (2007, abril). Modelagem da bacia hidrográfica urbana utilizando o Watershed Modeling System (WMS). Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, SC, Brasil, XIII.
- Cardoso, R. N. C., Blanco, C. J. C., & Duarte, J. M. (2020) Technical and Financial Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Public Buildings in Amazon, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121054. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1776301>.
- Cariello, B. L., Blanco, C. J. C., Gomide, I. S., Barbosa, A. J. S., & Santos, D. B. O. (2014) Analysis of the Modified Universal Soil Loss Equation to estimate the sediment yield in a small Amazon catchment. *Sylwan*, 158(6), 347-359.
- Chang, M. M., Pinheiro, H. D., & Lopes, D. D. (2015) Simulação do escoamento superficial de uma área pré e pós urbanização. *Ciência e Natura*, 37(3), 198-209. doi: <http://dx.doi.org/105902/2179460X17276>.
- Corrêa, P. B., Corrêa, J. A. J., & Andrade, S. C. de P. (2021) Análise da temperatura de superfície da área urbana de Santarém através de imagens termais do Landsat 5. *Revista Geonorte*, 2(4), 714-722. <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2126/2006>.
- Cunha, S. F., Silva, F. E. O., Mota, T.U., & Pinheiro, M. C. (2015) Avaliação da acurácia dos métodos do SCS para cálculo da precipitação efetiva e hidrogramas de cheia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 10(4), 837-848. https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/156/3b19fed36cf52712e217179a3483b424_fdc662cf56145d1962c8b009e5280268.pdf.
- De Oliveira, M. H. D., & De Lima, M. V. (2018) Propagação de ondas de cheias em canais sob influência de maré. 2018. Projeto de Fim de Curso, Instituto Militar de Engenharia,

Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível:

<https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/7828>.

DOL. Diário On-Line. MORADORES PROTESTAM EM ALAGAMENTO NO TUCUNDUBA. Disponível em: <<https://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-484659-moradores-protestam-em-alagamento-no-tucunduba>>. Acesso em março de 2019.

GOOGLE EARTH-MAPAS. <HTTP://mapas.google.com>. Consulta realizada em 09/09/2019.

Hawkins, R. H., Jiang, R., Woodward, D. E., Hjelmfelt, A. T., & Van Mullem, J.A. (2002). Runoff Curve Number Method: Examination of the Initial Abstraction Ratio. *Proceedings of the Second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference*, Las Vegas, Nevada, EUA. 42 (3): 629–643. [doi:10.1111/j.1752-1688.2006.tb04481.x](https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2006.tb04481.x)

Lisboa, E. G., Figueiredo, M. M. P., Barp, A. R. B., & Duarte, A. A. A. M. (2014) Aplicação de Inferência Estatística como Suporte ao Planejamento Financeiro de Bacias a Partir da Cobrança de uma Taxa de Drenagem. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(3), 179-190. https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/168/ad2a1f5877bc6014cf812aaa71ec3b90_9c62ccb34168a989cc46e46ac350948f.pdf.

Matos, F. C., Targa, M. S., Batista, G. T., & Dias, N. W. (2011) Análise temporal da expansão urbana no entorno do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Revista Biociências*, 17(1), 7-16. <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/1233>.

Moraes, I. C., Da Conceição, F. T., Lupinacci, C. M., & Moruzzi, R. B. (2016) Efeito do uso da terra no amortecimento de cheias em reservatórios de retenção: estudo de caso do lago azul, cidade de rio claro (SP-Brasil). *Geociências*, 35(2), 288-301. <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9026>.

NRCS - Natural Resource Conservation Service. (2009) National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, Version (1956, 1964, 1971, 1985, 1993, 2004, 2009). National Engineering Handbook. Engineering Division, US Department of Agriculture, Washington, DC, EUA.

NUNES, F., & FIORI, A. (2008) Análise da impermeabilização dos solos e aumento dos picos de vazão de cheias em bacias hidrográficas urbanas. *Boletim Paranaense de Geociências*, 62-63, 47-60, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v62i0.7704>.

- Oliveira, J. F., Nunes, E. D., & Mendes, T. A. (2019) Uma análise da aplicação do modelo HEC-HMS na determinação das vazões geradas pelo rompimento de barramentos: o caso do barramento do lago Lúzio de Freitas, córrego Goiabeiras, Inhumas, Goiás. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 8(1), 793-813. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019793-813>.
- Pegado, R. S., Blanco, C. J. C., Roehrig, J.; Caroca, C., & COSTA, F. S. (2014) Risco de Cheia e Vulnerabilidade: Uma abordagem às Inundações Urbanas de Belém/Pará/Brasil. *Territorium (Coimbra)*, 21, 71-76. https://doi.org/10.14195/1647-7723_21_6.
- Pinheiro, L. C., Dereczynski, C. P., & Da Hora, A. F. (2009, novembro) Utilização do pluviômetro PET como sistema de alerta de chuvas intensas. Anais do Seminário Internacional de Defesa Civil – Defencil, São Paulo, SP, Brasil, V.
- Rodrigues, L. R., & Blanco, C. J. C. (2018) Vazão de pico em uma bacia hidrográfica com diferentes níveis de urbanização em Santarém/PA. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 9(7), 62-75. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0007>.
- Santos, M. T. P. (1997) *Avaliação ambiental da matéria orgânica degradada nos canais de drenagem da região metropolitana de Belém (PA)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.
- Soares, M. R. G. J., Fiori, C. O., Silveira, C. T., & Kaviski, E. (2017) Eficiência do método curve number de retenção de águas pluviais. *Mercator, Fortaleza*, 16, e16001. <https://doi.org/10.4215/rm2017.e16001>.
- Targa, M. S. (2011) *Vazão de projeto em bacias hidrográficas rurais com áreas em declive*. Taubaté: Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté - UNITAU, Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, *Coleção Recursos Hídricos*, p. 1-20.
- USDA - United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service (NRCS) (1997). Estimation of direct runoff from storm rainfall. In: National engineering handbook hydrology chapters (Cap. 10, 79p). Washington, DC, EUA.
- Watrin, V. DA R., Blanco, C. J. C., & Gonçalves, E. D. (2019) Thermal and hydrological performance of extensive green roofs in Amazon climate, Brazil. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Engineering Sustainability*, 173(3), 125–134. <https://doi.org/10.1680/jensu.18.00060>.