

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA MINIMIZAR INUNDAÇÕES URBANAS NA MICRODRENAGEM DO BAIRRO DO REDUTO EM BELÉM-PA

Roberta Luiza de Oliveira Albuquerque (UFPA) E-mail: robbeealbuquerque@gmail.com
Germana Menescal Bittencourt (UFPA) E-mail: menescal@ufpa.br

Resumo: O crescimento desordenado das cidades pode acarretar inundações urbanas, sendo assim, a forma de ocupação e impermeabilização do solo está diretamente ligada a esta problemática. Portanto, o aproveitamento de água da chuva é proposto em áreas já construídas, com finalidade de solucionar ou minimizar esses inconvenientes hidrológicos, que causam prejuízos socioeconômicos e ambientais. O presente estudo propõe o aproveitamento de águas pluviais em um dos principais bairros da cidade de Belém do Pará, o bairro do Reduto, localizado na região portuária da cidade, onde, atualmente, estão instalados diversos tipos de estabelecimentos e serviços. Para isso, foram estudadas as áreas de coberturas permeáveis e impermeáveis, identificadas utilizando o software QGIS e imagens de satélite do Google Earth Pro. Logo após, foram obtidas as variáveis hidrológicas e aplicado o Método Racional para estimar a vazão de escoamento superficial, antes e após o aproveitamento de águas pluviais, sendo possível a utilização do método, devido ao bairro possuir menos de 2 km². Também, foi utilizada a ABNT NBR 15527 de 2007, para cálculo do volume de água da chuva aproveitável. O resultado obtido com o estudo foi satisfatório, chegando a uma redução de quase 20% na vazão total e podendo chegar a até 45%, ao considerar o aproveitamento em todos os telhados do bairro, corroborando a um impacto significativo na água pluvial encaminhadas diretamente a microdrenagem e, conseqüentemente, a redução de eventos de inundações urbanas.

Palavras-chave: Método Racional, QGIS, Escoamento superficial, Amazônia.

RAINWATER USE TO MINIMIZE URBAN FLOODS IN THE MICRODRENING OF THE NEIGHBORHOOD OF REDUTO IN BELÉM-PA

Abstract: The disorderly growth of cities can lead to urban flooding, therefore, the land occupation and impermeabilization is directly linked to this problem. So, the use of rainwater is proposed in already built areas, with the purpose of solving or minimizing the hydrological inconveniences of floods, which causes socioeconomic and environmental damage. The present study proposes the use of rainwater in one of the main districts of the Belem city, state of Pará, the Reduto, located in the port region of the city, where, currently, several types of establishments and services are installed. For that, the permeable and impermeable covered areas were studied and identified by using the QGIS software and the Google Earth Pro satellite images. Then, the hydrological variables were obtained and the Rational Method was applied to estimate the runoff flow, before and after the use of rainwater. It is possible to use the method, because the contributing area has less than 2 km². In addition to that, ABNT NBR 15527 from 2007 was used to calculate the volume of usable rainwater. The result obtained with the study was satisfactory, reaching a reduction of almost 20% in the total flow and it can reach up to 45%, when considering the use of all roofs in the study area, corroborating to a significant impact on rainwater directly sent to microdrainage devices and, consequently, the reduction of urban flood events.

Keywords: Rational Method, QGIS, Runoff, Amazon.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação, ao atingir a superfície da terra, pode escoar superficialmente ou infiltrar no solo, sendo o escoamento superficial influenciado diretamente pela intensidade da chuva e a capacidade de infiltração do solo. Um solo coberto com vegetação é capaz de desempenhar melhor a função de infiltração, diminuindo a quantidade de água que esco superficialmente, podendo diminuir a incidência de enchentes nos períodos mais chuvosos (VON SPERLING, 2014).

Na medida que ocorre a impermeabilização do solo, pelo processo de urbanização, o sistema de drenagem recebe maior quantidade de água ao mesmo tempo, aumentando diretamente a ocorrência e a frequência de inundações. A problemática resultante da combinação de eventos de precipitação intensa e a capacidade de infiltração do solo é a inundação urbana. (TUCCI, 2012).

A maior ocorrência de inundações urbanas, no município de Belém, está associada ao período de maior intensidade pluviométrica na região, nos meses entre dezembro e maio. Os valores médios mensais do município são de 266,78 mm. No entanto, nos meses de fevereiro e março, esses valores são ainda mais elevados (SANTOS, 2012). Em Belém, é importante ressaltar que mesmo os danos, resultantes das inundações urbanas não sendo fatais, como ocorrência de desmoronamentos e escorregamentos, as inundações, ainda sim, proporcionam perdas materiais e imateriais, além de danos à saúde da população (LISBOA, 2013).

As inundações urbanas podem ser consequências de diversos fatores, podendo-se destacar as ocupações em áreas ribeirinhas, várzeas, zonas alagadiças e, até mesmo, obras de drenagem inadequadas (POMPÊO, 2000). Sendo assim, em um cenário para áreas já construídas, podem ser propostas medidas sustentáveis para controle do escoamento superficial, retendo-o na fonte, por exemplo, com o aproveitamento de águas pluviais (TUCCI, 2012).

O aproveitamento da água da chuva é vantajoso, pois se trata de uma das soluções mais simples e baratas disponíveis, em relação à preservação de água potável. Assim, também, o aproveitamento é responsável pela redução do escoamento superficial, minimizando problemas causados por enchentes, tornando-se uma contribuição descentralizada importante de tendência global (ANNECCHINI, 2005).

Portanto, o objetivo do estudo foi determinar a redução do escoamento superficial recebido na microdrenagem de um loteamento urbano, quando utilizado o aproveitamento de águas pluviais, de acordo com a NBR 15.527, a qual fornece os requisitos para o aproveitamento de coberturas em áreas urbanas, para fins não potáveis. Logo, avaliando a possibilidade de solucionar e/ou minimizar as problemáticas relacionadas às inundações urbanas recorrentes na área de estudo.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o bairro do Reduto, localizado no município de Belém, no estado do Pará, totalizando uma área de 81,99 ha, pertencente à região central da cidade, limitado pelos bairros da Campina, Nazaré e Umarizal, sendo um dos doze bairros pertencentes ao Distrito Administrativo de Belém (DABEL). O bairro também é limitado pela Baía do Guajará, onde se localiza a Zona Portuária de Belém, permitindo acesso fluvial à capital do estado. Na Figura 1, apresenta-se o Mapa de Localização do bairro do Reduto, no município de Belém-PA.

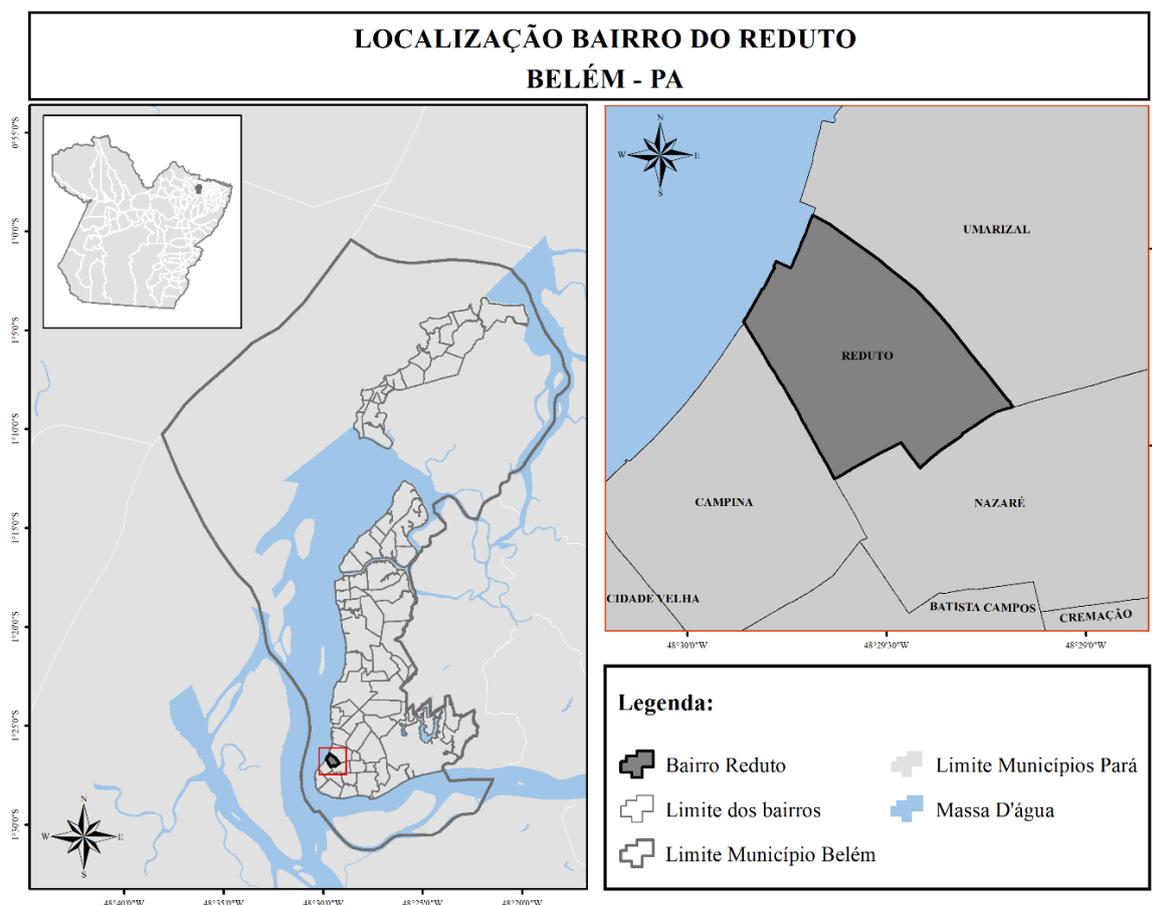


Figura 1 – Mapa de Localização.

3. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS

A população do bairro do Reduto, no período de coleta de informações censitárias do ano de 2010, era de aproximadamente 6.373 habitantes (IBGE, 2010). A renda per capita do bairro no ano de coleta, em 2010, estava entre R\$ 2.504,78 e R\$ 4.342,04, enquanto a de todo município de Belém era de R\$ 853,82 (ATLAS BRASIL, 2013). O bairro é caracterizado por ampla infraestrutura de serviços, como: saúde, transporte, comércio, educação e lazer. Localiza-se a importante avenida Visconde de Souza Franco, além do setor imobiliário ser um dos mais valorizados de Belém, contando com empreendimentos de alto e médio padrão, expandindo o bairro verticalmente (GUSMÃO; SOARES, 2018).

4. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

O Índice de Calor no bairro é de 29,3 °C, possivelmente por se tratar da região central da cidade, onde é observada maior quantidade de edifícios, implicando na redução da troca de massas de ar na região, o que, teoricamente, propiciaria a formação de microclimas mais desconfortáveis termicamente (SILVA JUNIOR et al., 2013).

O bairro do reduto está situado entre as Bacias Hidrográficas do Una e do Reduto (RODRIGUES et al., 2016). No período de 1977 a 2013, o Índice de Cobertura Vegetal reduziu de 31% para 6,55%, na área total da Bacia Hidrográfica de Armas-Reduto, a qual abrange 5 bairros de Belém, incluindo o bairro do reduto (DIAS et al., 2017).

Em relação ao saneamento, o bairro apresentava, no ano de coleta, indicadores favoráveis, sendo 99,87% da população em domicílio que possuía água encanada, 98,39% possuía banheiro e 100% contava com coleta de lixo (ATLAS BRASIL, 2013).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Coeficiente de escoamento superficial

O conhecimento e quantificação das áreas permeáveis e impermeáveis, na área de estudo, é importante para a determinação do coeficiente de escoamento superficial médio, assim como, para a determinação do volume de chuva a ser captado pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais (BEZERRA et al., 2010).

No presente estudo, utilizou-se o software QGIS e as imagens de satélite do Google Earth Pro para identificar e quantificar as áreas mais adequadas para o aproveitamento de água da chuva. A partir da delimitação da área de cobertura vegetal e da área dos telhados, foi feita a análise e identificação das coberturas mais apropriadas para o aproveitamento, sendo assim, foram escolhidas grandes áreas de telhados. Ao subtrair todas essas áreas (cobertura vegetal, telhados e áreas de telhados onde haverá o aproveitamento de água de chuvas) da área total do bairro se obteve a área de vias/estacionamentos.

Com a quantificação dessas áreas, foi possível determinar o coeficiente de escoamento superficial. Os valores do Coeficiente de Escoamento Superficial (C) foram adotados de acordo com a Tabela 1, levando em consideração os diferentes usos e cobertura do solo.

Tabela 1 – Coeficientes de escoamento superficial em função dos tipos de uso e cobertura do solo

Usos e Coberturas	C Adotado
Telhados	0,85
Vias e Estacionamentos	0,95
Áreas verdes	0,20

Fonte: Adaptado de Chow (1964)

De acordo com a Tabela 1, foi possível adotar o C específico para as regiões identificadas na Figura 2, e se utilizou a Equação 1 para determinar o Coeficiente de Escoamento Superficial Médio (C_m) do bairro.

Equação 1:

$$C_m = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + \dots + C_n.A_n}{A_1 + A_2 + A_n}$$

Sendo, C₁, C₂, ..., C_n: coeficientes de escoamento superficial para as áreas e A₁, A₂, ..., A_n: áreas respectivas a cada coeficiente de escoamento superficial.

5.2. Tempo de retorno

O Tempo de Retorno (TR) adotado para sistemas urbanos de microdrenagem pode variar entre 2 a 10 anos, de acordo com as características da área (SUDERHSA, 2002). Portanto, foi adotado o TR de 5 anos.

5.3. Tempo de concentração

Pode-se dizer que o tempo de concentração (TC) de uma bacia hidrográfica é o tempo em que uma gota de água percorre do ponto mais alto da bacia até o exutório. Podendo ser calculado através da equação de Kirpich, que leva em consideração a diferença de cota do ponto mais distante da bacia ao exutório e o comprimento da bacia. O bairro do reduto está inserido na Bacia do Reduto e Sub-Bacia do Una, as quais, estimam-se TC de 16,4986 e 13,1342 minutos, respectivamente (RODRIGUES et al., 2016). Sendo assim, para o bairro do Reduto, adotou-se TC igual a 15 minutos.

5.4. Intensidade de precipitação

A intensidade de precipitação (i) foi calculada pela Equação de chuvas de Belém (SOUZA et al., 2012), para estimar os índices pluviométricos da região.

Equação de chuvas de Belém:

$$i = \frac{960,5846 \cdot TR^{0,0954}}{(TC + 9,7993)^{0,7245}}$$

Sendo, i o índice pluviométrico, em mm/h; TR o tempo de retorno, em anos e TC o tempo de concentração, em minutos.

5.5. Método racional

Para o cálculo da vazão de escoamento superficial (Q), foi utilizado o Método Racional, indicado para determinar a vazão máxima de projetos de condutos pluviais, em pequenas áreas (TUCCI, 2000).

Método Racional:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Onde, Q é a vazão, em m³/s; C é o coeficiente de escoamento superficial; I é a intensidade de chuva, em mm/h; A é a área de contribuição, em km² e 0,278 é um fator de correção de unidades.

5.6. Volume de água da chuva aproveitável

No portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA), foram obtidas as séries históricas da estação pluviométrica de código nº 148001, localizada no bairro da Campina, em Belém-PA, com coordenadas geográficas correspondentes a latitude -1.45 e longitude -48.5, operada pela EMBRAPA/IPAGRO. A estação teve seu primeiro registro pluviométrico em 1961, no entanto, a série histórica apresenta alguns saltos temporais e somente 31 anos de dados foram registrados pela estação, o que continua sendo um período aceitável para validação de dados. Sendo assim, a partir do tratamento destes dados, foi possível elaborar um gráfico com a precipitação média mensal (P) da região de estudo.

A determinação do volume mensal de água de chuva aproveitável foi estimada de acordo com a ABNT NBR 15527 de 2007, a qual propõe a equação:

$$V = P \cdot A \cdot C / 1000$$

Em que, V é o volume mensal de água de chuva aproveitável, em m³; P é a precipitação média mensal da região de estudo, em mm; A é a área de contribuição, em m²; C é o coeficiente de escoamento superficial da área de contribuição e 1000 é um fator de correção de unidades.

5.7. Redução do escoamento superficial após aproveitamento de água da chuva

Foi possível estimar a redução do escoamento superficial, utilizando o volume mensal de água de chuva aproveitável, onde foi calculando o percentual do volume equivalente a parcela de água retida nos telhados, em relação ao volume total de chuva. E, também, através da utilização

do Método Racional, que calcula a vazão de água que deixa de escoar para a microdrenagem, utilizando as variáveis hidrológicas dos telhados, onde ocorrerá o aproveitamento de água da chuva e possibilitando a comparação do resultado com a vazão de escoamento superficial total do bairro.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Cobertura do solo e estimativa do Coeficiente de Escoamento Superficial (C) do bairro do Reduto

A Figura 2 apresenta a área total dos telhados, indicando os telhados mais apropriados para o aproveitamento de água da chuva e a área de cobertura vegetal, dentro do limite do bairro.

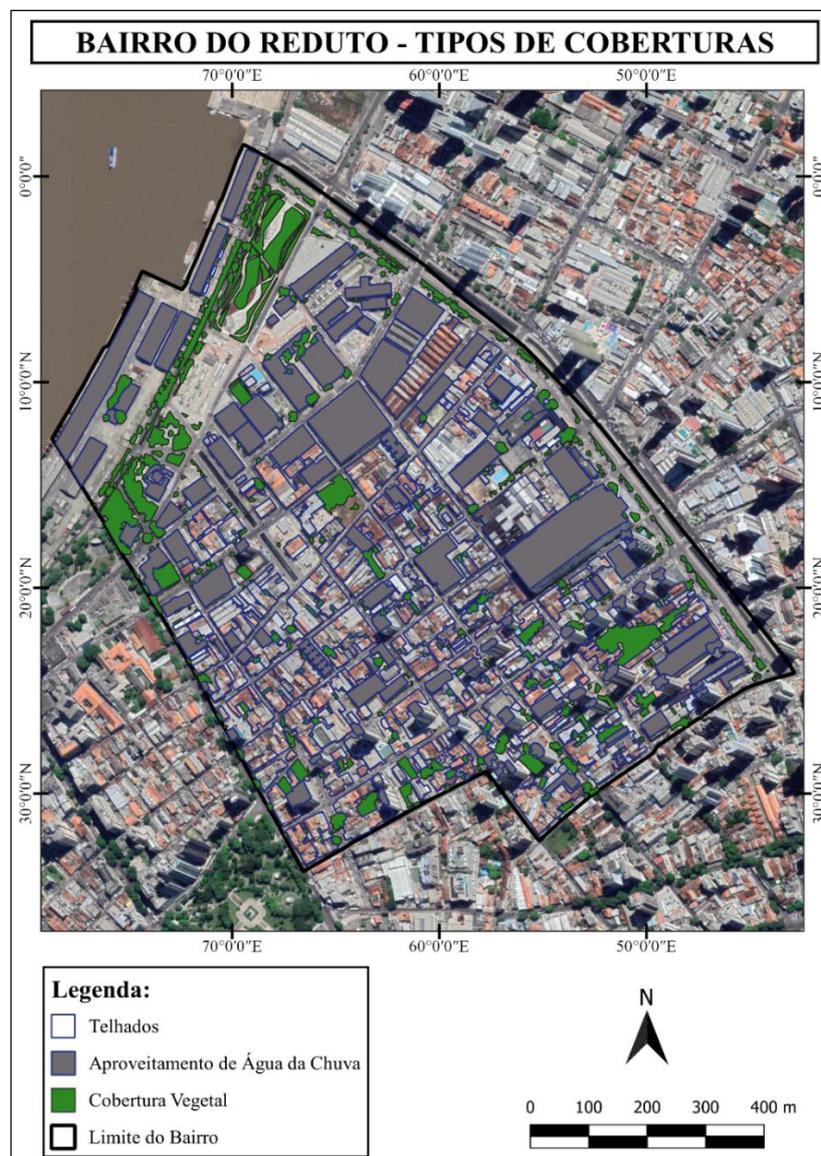


Figura 2 – Tipos de Coberturas no bairro do reduto.

A partir dos valores de área das coberturas do bairro, obtidas conforme exposto na metodologia, foi elaborada a Tabela 2. A seguinte tabela apresenta a área total do bairro, a área dos telhados com aproveitamento de água da chuva e sem aproveitamento de água da chuva, a área de

vias/estacionamentos e da área de cobertura vegetal, assim como, seus respectivos Coeficientes de Escoamento Superficial, adotados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 2 – Coeficiente de Escoamento Superficial Médio (Cm) do bairro do Reduto

	Bairro	Telhados com aproveitamento de água da chuva	Telhados sem aproveitamento de água da chuva	Vias/ Estacionamentos	Cobertura Vegetal
Área (m ²)	819.901	152.336,10	214.641,88	373.536,52	79.386,5
C	0,83	0,85	0,85	0,95	0,2

Fonte: Autoras (2020)

Adotou-se o C para cada tipo de superfície, e o Cm para o bairro foi obtido utilizando o cálculo de média ponderada, encontrando o valor de 0,83 para o bairro do Reduto.

O alto valor de C para o bairro representa que praticamente toda a água precipitada é escoada superficialmente, ou seja, apenas uma parcela mínima infiltra no solo. Logo, isto se deve ao fato do bairro possuir edificações muito densas e poucas áreas de vegetação, contribuindo para o extravasamento do sistema de drenagem e ocasionando as inundações urbanas.

6.2 Variáveis Hidrológicas

Elaborou-se a Tabela 3 com os valores das variáveis hidrológicas da região de estudo, facilitando a análise dos dados apresentados anteriormente.

Tabela 3 – Variáveis Hidrológicas

Área do Bairro (Km ²)	C	TR (anos)	TC (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)
0,819901	0,83	5	15	109,38	20,76

Fonte: Autoras (2020)

A partir da Equação de Chuvas de Belém, foi estimada a intensidade de precipitação (i) em 109,38 mm/h. Sendo assim, a partir do conhecimento das variáveis hidrológicas e se utilizando o Método Racional, foi calculada a vazão de escoamento superficial (Q), antes do aproveitamento de água da chuva, obtendo-se o valor de 20,76 m³/s.

6.3 Séries históricas de precipitação

Partindo das séries históricas extraídas do HidroWeb, com aproximadamente 31 anos de observação, elaborou-se o gráfico apresentado na Figura 3, com médias mensais de precipitação na estação de estudo, localizada nas proximidades do bairro do Reduto.

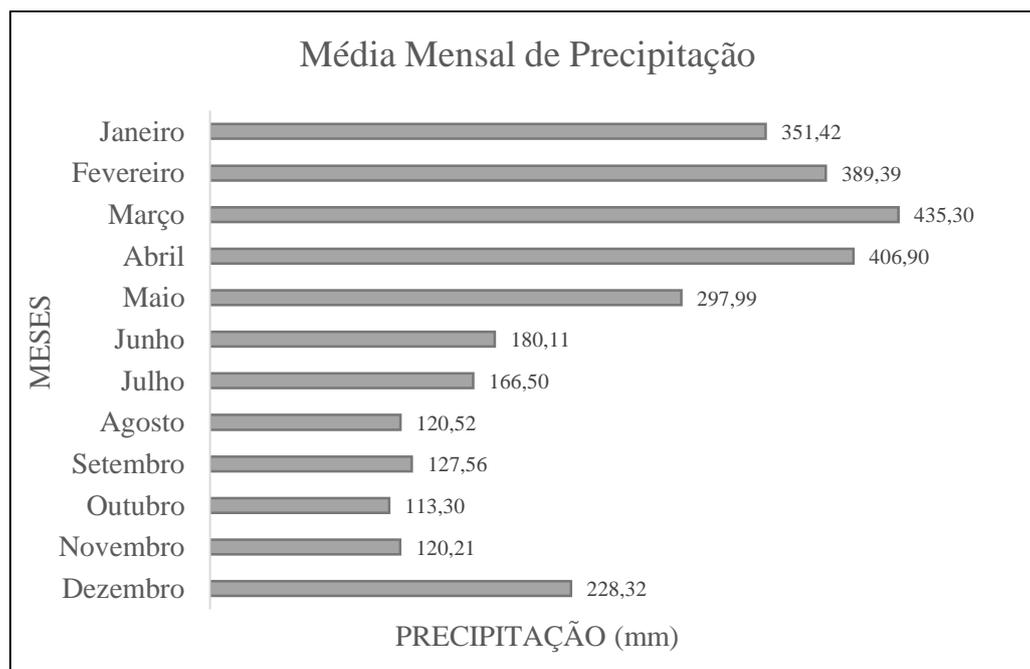


Figura 3 – Gráfico Média Mensal de Precipitação

Com o auxílio do gráfico, o mês de março foi facilmente identificado como o mês de maiores médias pluviométricas, chegando a 435,30 mm e mínima no mês de outubro, com apenas 113,30 mm. Além disso, também foi possível obter o valor médio mensal de chuva precipitada correspondente a 244,79 mm.

6.4 Volume mensal de água da chuva aproveitável

Na Tabela 4, apresentam-se os valores de precipitação média mensal da região de estudo (P), área de contribuição (Área), coeficiente de escoamento superficial da área de contribuição (C), volume mensal de água da chuva aproveitável (V) e a porcentagem de volume captável (% V). Aplicando-se a NBR15527 de 2007, foram escolhidas grandes áreas de telhados para determinar o potencial do aproveitamento da água de chuva no bairro estudado. Esse potencial poderia ser bem maior se fossem consideradas todas as superfícies impermeáveis, no entanto, dificilmente esse cenário poderia ser alcançado.

Tabela 4 – Volume mensal de chuva aproveitável

P (mm)	Área (m ²)	C	V (m ³)	% V
244,79	152.336,1	0,85	31.696,8	18,97

Fonte: Autoras (2020)

6.5 Redução da Vazão de escoamento superficial

A redução da vazão de escoamento superficial (% Q), após o reaproveitamento da água da chuva, pode ser visualizada na Tabela 5, assim como os valores referentes a área de contribuição (Área), coeficiente de escoamento superficial (C), tempo de retorno (TR), tempo de concentração (TC), intensidade pluviométrica (i) e a vazão de escoamento superficial (Q). É

importante ressaltar que foram consideradas somente as áreas de telhados que representam grandes contribuições na área de estudo.

Tabela 5 – Variáveis Hidrológicas considerando reaproveitamento de água da chuva e redução da vazão de escoamento superficial

Área (Km ²)	C	TR (anos)	TC (min)	i (mm/l)	Q (m ³ /s)	% Q
0,1523361	0,85	5	15	109,38	3,94	18,97

Fonte: Autoras (2020)

O percentual de aproveitamento de água de chuva, com o uso somente de grandes áreas de telhados presentes no bairro, ficou em torno de 19%, o que representa o dobro da contribuição da infiltração na redução do escoamento superficial, devido às áreas verdes.

O potencial total de aproveitamento de águas de chuva no bairro, ao se considerar todos os telhados, ficou em torno de 45%, o que representa uma redução considerável no escoamento superficial do bairro, impactando diretamente na drenagem urbana e nos problemas relacionados a ela.

No entanto, o método de aproveitamento de águas pluviais, em residências, pressupõe manutenção permanente pelo próprio morador, o que exige comprometimento por parte da população. Assim como, o sistema de drenagem deverá possuir capacidade de atuar independente, em situações emergenciais, considerando problemas eventuais quanto ao aproveitamento de água da chuva (POMPÊO, 2000).

Para que seja possível a eficiência do sistema de aproveitamento de água da chuva, de modo a reduzir inundações e alagamentos no loteamento urbano, é necessário aliar as técnicas expostas no presente estudo com instrumentos de gestão, planejamento, fiscalização, regulação, comunicação social e educação ambiental, dentre outros métodos diretos e indiretos.

A partir desse estudo, poderão ser elaborados estudos complementares, levando em consideração os tipos de reservatórios e armazenamentos das águas pluviais. Assim como, será possível aplicá-lo nos demais bairros do município de Belém, ou em outras regiões, levando em consideração a variação climática e eventos pluviométricos.

7. CONCLUSÃO

O escoamento superficial é caracterizado como a parcela de água da chuva que não infiltrou no solo, ou seja, parcela de água excedente. De acordo com o uso e cobertura do solo, foi possível determinar o coeficiente de escoamento superficial. Quando a quantidade de escoamento superficial excede a capacidade da microdrenagem de receber e armazenar a água precipitada, pode ocasionar em inundações urbanas, trazendo prejuízos materiais e imateriais para a população local.

A fim de solucionar os problemas relacionados à drenagem urbana, na região estudada, o presente estudo apresentou como método de intervenção o aproveitamento de água da chuva. Estudaram-se as variáveis hidrológicas, assim como as séries históricas pluviométricas, para viabilizar a utilização do método, obtendo-se o valor da vazão de escoamento superficial aproveitável em torno de 4 m³/s, o que representa uma redução de cerca de 19% da vazão total, logo, estaria deixando de encaminhar para a microdrenagem uma parcela de água considerável, possibilitando minimizar as problemáticas relacionadas às inundações urbanas no bairro. Se fossem considerados todos os telhados presentes na área de estudo, essa redução seria bem

maior, diminuindo em cerca de 45% da vazão escoada e um volume de 76.357,66 m³ de potencial de aproveitamento de água. No entanto, visto que a manutenção e operação dessa quantidade de reservatórios pode se tornar difícil, foram determinadas apenas as grandes áreas de telhados identificadas no bairro.

Apesar do resultado encontrado ser satisfatório, é necessário que o aproveitamento de água da chuva esteja aliado com a gestão, planejamento e educação ambiental, juntamente às práticas sustentáveis, regulamentação e fiscalização por parte de Órgãos Governamentais competentes. Assim como, é interessante a realização de estudos posteriores a utilização do aproveitamento de água da chuva, para minimizar os impactos negativos na microdrenagem, a fim de comparação dos resultados esperados com os reais, corroborando, então, para a otimização do método.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.* Rio de Janeiro, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). *HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas.* Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 30 junho 2020.

ANNECCHINI, K. P. V. *Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES).* 2005. 150p. *Dissertação (Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Do Espírito Santo.* Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6582_VERS%C3O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN.pdf> Acesso em: 16 novembro 2019.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL (ATLAS BRASIL). *Consulta.* Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>>. Acesso em: 04 julho 2020.

BEZERRA, S. M. da C; CHRISTAN, P; TEIXEIRA, C. A; FARAHBAKHS, K. *Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR.* *Ambient. constr. (Online), Porto Alegre*, v. 10, n. 4, p. 219-231, Dec. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212010000400015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 agosto 2020.

CHOW, V.T. *Handbook of Applied Hydrology.* McGraw-Hill Book Company, New York, 1964, 572p.

DIAS, R. P; RODRIGUES, M. S; SILVA J. F. *Análise da Dinâmica da Perda de Cobertura Vegetal e do Avanço das Áreas Verticalizadas com o Crescimento da Urbanização na Bacia Hidrográfica Urbana De Armas-reduto, Belém-Pa.* In: *Congresso Brasileiro de Cartografia, 27 e Expositiva, 26., 2017, Rio de Janeiro, Anais, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Rio de Janeiro, Nov/2017 p. 248-253.* Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/3/fullpaper/CT03-34_1505187992.pdf>. Acesso em: 05 julho 2020.

GUSMÃO, L. H. A; SOARES, D. A. S. *Produção desigual do espaço: o processo de verticalização em Belém (PA).* *Revista Contribuciones a las ciencias sociales, Málaga, V. 39, Jan/Mar, p. 1-17, 2018.* Disponível em: <<https://www.eumed.net/rev/cccs/2018/01/producao-desigual-espaco.html>>. Acesso em: 03 julho 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Sinopse por setores.* Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em: 03 julho 2020.

LISBOA, T. F. P. *Vulnerabilidade e capacidade de resposta à ameaça de inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Paracuri, Belém-Pa.* *Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2013.* Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/8224/1/Dissertacao_VulnerabilidadeCapacidadeResposta.pdf>. Acesso em: 30 junho 2020.

POMPÊO, C. A. *Drenagem Urbana Sustentável.* *Revista Brasileira de Recursos Hídricos.* Vol. 5. N.1, Jan/Mar, p. 15-23, 2000. Disponível em: <http://www.reasul.org.br/files/Drenagem_Urbana_Sustent%C3%A1vel_.pdf>. Acesso em: 30 junho 2020.

RODRIGUES, R. S. S.; BITTENCOURT, G. M.; FERNANDES, L. L.; MENDONÇA, N. M.; TEIXEIRA, L. C. G. M. *Eficiência da macrodrenagem de bacias urbanizadas na Amazônia - o caso do bairro do Reduto em*

Belém do Pará. *Revista Engenharia e Tecnologia*, v. 8 (3), p. 131-153, 2016. Disponível em: <<https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/11403>>. Acesso em: 05 julho 2020.

SANTOS, O. C. O. As Chuvas, Alagamentos e Enchentes, no Período Chuvoso em Belém, Estado do Pará. *Revista GEONORTE*, V. 2, N. 5, p. 173-183, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2488>>. Acesso em: 30 junho 2020.

SILVA JUNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém, PA. *Rev. bras. meteorol.*, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 419-428, Dez. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862013000400008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 julho 2020.

SOUZA, R. O. R. de M.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M. do; PEREIRA NETO, J. A.; PANTOJA, Alexandre V.; SADECK, L. W. R. Equações de chuvas intensas para o estado do Pará. *Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande*, v.16, n.9, p. 999-1005, Set. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000900011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 setembro 2020.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. *Manual de Drenagem Urbana. Região Metropolitana de Curitiba, PR.* 2002. v.06. 150p. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_versao01.pdf>. Acesso em: 01 agosto 2020.

TUCCI, C. E. M. *Gestão da drenagem urbana: Carlos E. M. Tucci.* Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. v.48. 50p. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). Disponível em: <<https://www.cepal.org/>>. Acesso em: 16 novembro 2019.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. Porto Alegre, RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, 2000. v.5, n.1, p. 61-68. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/46/d59e1c5f69cd898ab9e9bce27bb6292d_70ec6dca6cec6b4e9e67dc36f9d48fcc.pdf>. Acesso em: 03 agosto 2020.

VON SPERLING, MARCOS. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.* 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. V. 1. 472 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).