

548 - INFERÊNCIA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NA DRENAGEM URBANA - ESTUDO DE CASO: SETOR PROFISSIONAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Lorena Conceição Paiva de Ataíde ⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental no PPGEC/UFPA.

Lindemberg Lima Fernandes ⁽²⁾

Professor Titular da Universidade Federal do Pará, vinculado a Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (PPGESA).

Geovanna Carolina Santos dos Santos ⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental no PPGEC/UFPA.

Nilton Ricardo Oliveira Silva ⁽⁴⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental no PPGEC/UFPA.

Luana de Moura Paiva ⁽⁵⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, Brasil. CEP: 66075-110. Tel.: (91) 3201-7390 e-mail: lorenaataide07@gmail.com

RESUMO

Os alagamentos são problemas recorrentes que afetam a vida da população urbana. A adoção de técnicas de captação de águas pluviais para reuso em sistemas não potáveis são soluções viáveis que auxiliam na redução do volume de água que é encaminhado para o sistema de drenagem. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar quantitativamente o potencial de aproveitamento de água de chuva da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, especificamente o Campus Profissional e abordar suas implicações no sistema de drenagem local. Assim, a execução do estudo consistiu em etapas de processamento das cotas topográficas da área em software de geoprocessamento (ArcGis) para elaborar o mapa com o perfil do Modelo Digital de Elevação (MDE) e a delimitação das sub-bacias hidrográficas. Além do uso do método Racional, análise do tipo de uso e ocupação de solo e aplicação da metodologia de Ghisi para quantificar o volume de aproveitamento de água de chuva. Foi observado que os meses com maior intensidade de chuva são janeiro, fevereiro e março, apresentado índice de 469,83 mm/mês. Esta alta pluviosidade reflete diretamente no acúmulo de água nas cotas abaixo de 4,0 metros representado no MDE para as sub-bacias B2 e B3, sendo fortemente susceptíveis a alagamentos. Esse problema pode ser atenuado ao realizar a captação e aproveitamento de água da chuva, visto que se instalado o sistema de captação de água de chuva no Setor Profissional, ocorreria uma redução de 59% no volume que segue para a rede de drenagem.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, Drenagem, Escoamento, Alagamentos, Uso racional da água.

INTRODUÇÃO

Precipitações intensas contribuem para a ocorrência de alagamentos, principalmente, quando associados ao processo de urbanização que traz consigo alterações da superfície natural do solo, reduzindo a área de infiltração das águas pluviais e ocasionando um aumento do volume de escoamento superficial. De acordo com Sharma et al. (2023) a urbanização leva à substituição de terrenos permeáveis, caracterizados principalmente por superfícies vegetadas, como terrenos agrícolas e espaços verdes, por áreas impermeáveis, incluindo estradas, telhados e espaços pavimentados, que também abrangem estacionamentos.



Tucci (2012) relata que a impermeabilização do solo, a pavimentação de áreas de infiltração, com a aplicação de materiais como asfalto e concreto, são fatores de desequilíbrio no meio urbanizado, refletindo diretamente no ciclo hidrológico. Nesse panorama, é importante agir para reduzir os riscos associados ao acúmulo de água em vias urbanas, pois estes afetam a mobilidade e infraestrutura e potencializam a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, provocando impactos significativos na qualidade de vida da sociedade.

A adoção de técnicas de captação de água da chuva são soluções viáveis para reduzir o volume de água a ser absorvido pelo sistema de drenagem em áreas urbanas. Essas técnicas fornecem uma fonte de abastecimento de água não potável e, em alguns casos, potável, sendo reconhecida como um recurso valioso para áreas de desenvolvimento urbano, pois diminui o impacto causado pela impermeabilização dos lotes, retendo parte da água no próprio terreno.

A captação e reutilização de águas pluviais são cada vez mais incentivadas por regulamentos e leis, representando uma solução sustentável para melhorar a resiliência do abastecimento de água (LUTHY et al., 2019). No Brasil, a Lei nº 14.026/2020 estabelece a drenagem urbana e o manejo de águas pluviais como um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais do sistema de saneamento.

O sistema de drenagem urbano é um fator de relevância ambiental para o Estado do Pará, pois este é influenciado pelo fenômeno da Zona Convergência Intertropical (ZCIT), um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos, caracterizada por intensa atividade convectiva nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Ademais, a capital do Estado, Belém, está situada às margens da Baía do Guajará e Rio Guamá, na cota abaixo de 4 metros, sendo, portanto, suscetível às enchentes e alagamentos.

Nesse contexto, a universidade é uma instituição pública adequada para pesquisas, pois abrange a multidisciplinaridade contribuindo com alternativas e/ou soluções para os problemas da sociedade. A Universidade Federal do Pará (UFPA) cresceu às margens do Rio Guamá, sendo uma alternativa interessante para análise, pois está inserida no ambiente urbano e sujeita a ocorrência de alagamentos.

Inúmeros trabalhos nesta temática têm sido realizados para UFPA, Nascimento et al., (2016) investigaram o potencial de aproveitamento de água de chuva na UFPA, assim como, potencial de economia de água potável quantificando o uso da água de chuva para fins não potáveis (banheiros). Cardoso (2018) estudou a viabilidade econômica ao incorporar um sistema de captação de água da chuva em dois prédios da universidade. Silva e Alves (2020) mesuraram o potencial de água de chuva para o abastecimento humano de benefício secundário nos setores Básico, Profissional, Esportivo e Saúde.

É importante destacar que a captação de água de chuva em instituições de ensino pode ser destinada para lavagem de banheiros, copas, salas, lanchonetes, entre outros (FASOLA et al., 2011) contribuindo para o uso racional da água e podendo ser classificado como uma medida não-estrutural da drenagem urbana. Outrossim, essas ações relacionam-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ODS 6: Água Potável e Saneamento e ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis.

Diante do exposto, este trabalho visa quantificar o volume de aproveitamento de água de chuva da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto (Setor Profissional – Campus II). Além disso, mensurar quanto a possível captação pluviométrica tende a reduzir a vazão de escoamento para o sistema de drenagem local.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi elaborado para o principal polo da Universidade Federal do Pará (UFPA) que está situado em Belém-PA, a Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, especificamente o Setor Profissional (Figura 1). Neste setor estão inseridos os Institutos de Tecnologia (ITEC), Ciências da Educação (ICED), Ciências Sociais Aplicadas (ICSA) e os Núcleos de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) e Meio Ambiente (NUMA), totalizando 45 cursos de graduação e pós-graduação, abrangendo assim, uma gama de discentes, docentes e funcionários que estão sujeitos aos impactos ocasionados pelos alagamentos no local.

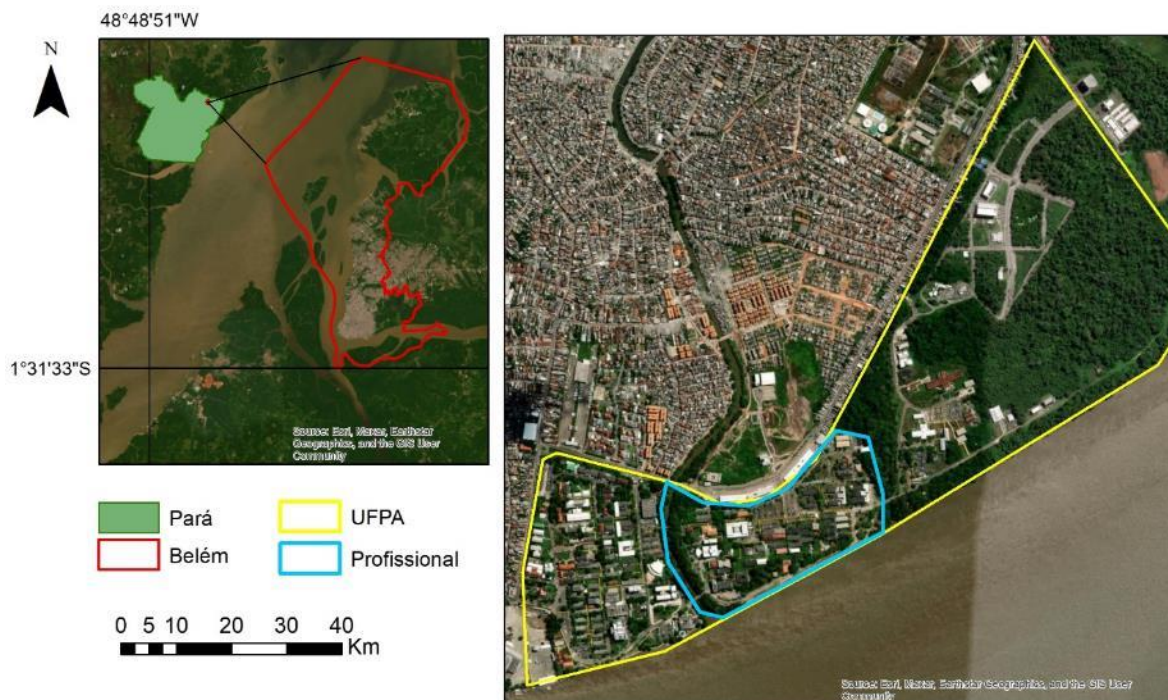


Figura 1: Localização da área de estudo.

Para fins desta pesquisa, a área de estudo foi considerada uma bacia hidrográfica, ou seja, uma área definida topograficamente drenada por um curso d'água ou sistemas conectados de curso d'água (afluentes) de modo que toda vazão de escoamento seja drenada para uma única saída, neste caso, o Rio Guamá. Diante disso, faz-se necessário mensurar as seguintes variáveis:

Precipitação (P)

Os dados de precipitação mensais foram obtidos através da estação pluviométrica n° 82191 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada na latitude -1,43 e longitude -48,43, no centro de Belém. O período analisado foi de 1970 a 2016, perfazendo 46 anos de série histórica.

Cotas

As cotas altimétricas foram obtidas a partir de levantamento de campo realizado por Sousa (2017), obtendo variação do nível do solo de 3 a 5,80 metros em relação nível do mar. Através do mapa topográfico foi delimitado as sub-bacias e elaborado o Modelo Digital de Elevação (MDE).

Declividade média (S)

É obtida através do cálculo entre a variação entre a cota máxima e a cotas mínima, conforme Equação 1.

$$S = \frac{cota_{máx} - cota_{min}}{L} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

L: distância entre as cotas (m).

Coefficiente de Escoamento (C)

Utilizando como base a planta arquitetônica da UFPB foi possível delimitar as áreas do telhado com uso do software AutoCAD, afim de quantificar o volume de água da chuva passível de aproveitamento. Além disso, foi realizada análise *in loco* para verificar os diferentes tipos de uso de solo e determinar o coeficiente de escoamento superficial (C). Diante da variabilidade de superfície, é necessário calcular o coeficiente de escoamento médio (Cm) para cada sub-bacia, mediante Equação 2.

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$: coeficientes de escoamento superficial para as áreas;

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$: áreas de coeficientes $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$, respectivamente.

O C foi ponderado utilizando como base o manual da ASCE (1969), atribuindo valores à cada tipo de superfície da área de estudo (Tabela 1).

Tabela 1: Coeficiente de Escoamento para cada tipo de superfície.

Tipo de Superfície	ASCE (1965) Valores de C	UFPA C Adotado
Prédios	0,75 – 0,95	0,85
Passarelas	0,75 – 0,95	0,90
Vias e Estacionamento	0,70 - 0,95	0,95
Áreas Verdes	0,10 – 0,15	0,15

Tempo de Concentração (t_c)

O tempo de concentração (Equação 3), definido como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção em estudo ou, em outras palavras, tempo em que a água leva para chegar dos limites da bacia à saída da mesma (VILLELA; MATTOS, 1975).

$$t_c = 21,88 \frac{A^{0,41}}{S^{0,17}} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

t_c : tempo de concentração (min);

A : Área de drenagem da bacia (km^2);

S : declividade média da bacia (m/m).

Outra variável necessária é o tempo de retorno (T_r), que representa o período médio (em anos) em que o evento demora a ser igualado ou superado, podendo ser 2, 5 ou 10 anos para projetos de micro drenagem.

Intensidade de chuva (I)

De posse dos valores de tempo de retorno e tempo de concentração, determina-se a intensidade de chuva para cada sub-bacia, com base na Equação 4.

$$I = 2300 \frac{T_r^{0,20}}{(t_c + 20)^{0,91}} \quad \text{Equação (4)}$$

Em que:

I : Intensidade da chuva (mm/h);

T_r : tempo de retorno (anos);

t_c : tempo de concentração (minutos).

Vazão de Escoamento (Q)

Para o cálculo da vazão de escoamento foi utilizado o método do Racional (Equação 5) que faz as seguintes considerações: Intensidade constante, precipitação uniforme e efetiva, assim, todas as perdas estão associadas ao coeficiente de escoamento.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \quad \text{Equação (5)}$$

Em que:

Q : vazão de escoamento (m^3/s);

C : coeficiente de escoamento superficial, varia de 0 a 1;

A : área de contribuição (Km^2);

I : intensidade da chuva (mm/h);

3,6 é um fator de conversão de unidades.

Volume de água captável (V)

A determinação do volume de água de chuva que pode ser captado considerando a área de telhado dos prédios do Setor Profissional foi calculado utilizando a metodologia aplicada por Ghisi e Ferreira (2007), Lima et al. (2011) e Nascimento et al. (2016) conforme Equação 6.

$$V = \frac{P \cdot A \cdot C}{1000} \quad \text{Equação (6)}$$

Em que:

V : volume de chuva que poderia ser captado ($m^3/mês$);

P : precipitação mensal ($mm/mês$);

A : área total de captação (m^2);

C : coeficiente de Runoff (adimensional);

1000: fator de conversão da precipitação de mm para m.

RESULTADOS

A Figura 2 exibe a sazonalidade da precipitação. Os meses com maior intensidade de chuva são janeiro, fevereiro e março, apresentado índice de 469,83 mm/mês. É neste período que aumentam as ocorrências de alagamentos e enchentes, podendo levar à proliferação de várias doenças como a dengue, leptospirose, viroses e micoses.

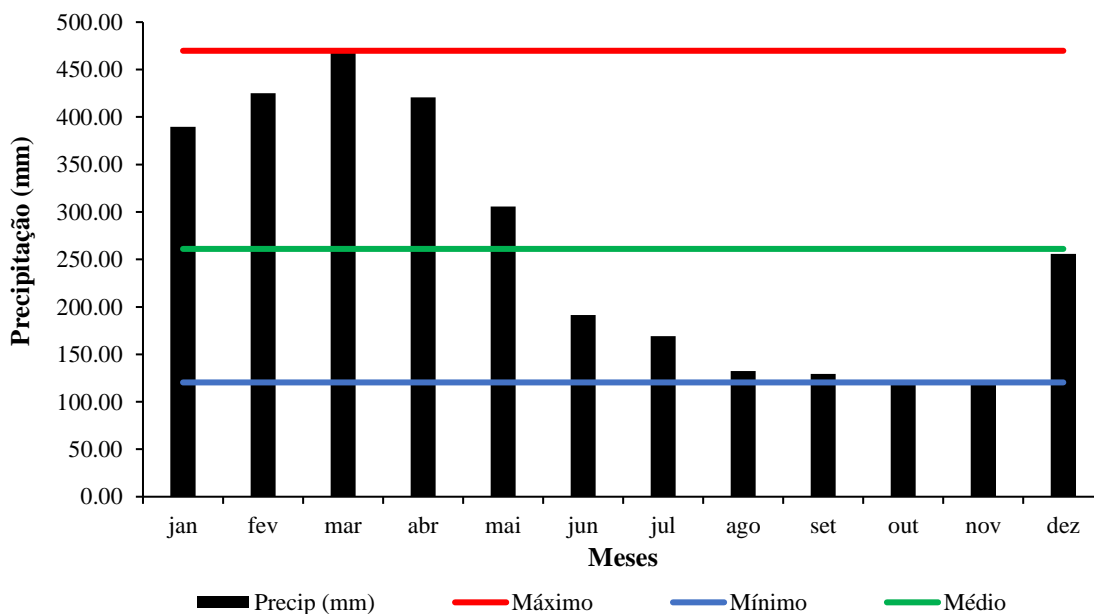


Figura 2: Média mensal da precipitação no período de 1970 à 2016.

A alta pluviosidade observada nos primeiros meses do ano é influenciada, principalmente, pela ZCIT, um cinturão de nuvens que, por advecção, leva calor e umidade do oceano atlântico para o continente. Resultados semelhantes foram verificados por Ribeiro et al. (2023), segundo os autores, as atividades convectivas mais intensas na região norte se concentraram entre os meses de março e maio, com o máximo deslocamento da ZCIT sobre o norte da América do Sul, como consequência da intensificação dos alísios de nordeste.

Analisando a Figura 2, observa-se que o trimestre mais chuvoso (jan, fev, mar) consiste no verão austral, caracterizado por altas temperaturas e aumento da evapotranspiração, principalmente na região norte, por apresentar clima quente e úmido. No entanto, os moradores locais, associam essa alta convecção com o inverno, chamando este período de “Inverno Amazônico”, nomenclatura errônea altamente disseminada pela mídia. Já o mês de julho, que possui precipitação abaixo da média (169 mm), cientificamente reconhecido como um mês de inverno, para os nortistas é verão, devido à alta incidência de radiação solar decorrente de baixa nebulosidade.

Os meses com menor precipitação foram setembro, outubro e novembro, trimestre marcado pelo equinócio de primavera, estação de transição entre o inverno e o verão, com chuva mínima de 120mm/mês. Ao analisarem a climatologia da região Amazônica, Fisch, Marengo e Nobre (1998) identificaram que o período de seca (sem grande atividade convectiva) ocorre entre os meses de maio e setembro e os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime mais chuvoso e o menos chuvoso.

Considerando a sazonalidade interanual, são 6 meses mais chuvosos (dez a maio) e 6 meses menos chuvosos (jun à nov). Essa configuração se dá não só por influência da ZCIT, mas também de outros fenômenos meteorológicos, como a Frente Fria (FF), um importante mecanismo causador de chuvas nas latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro; A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), uma banda de nebulosidade e chuvas que se estende do sul e leste da Amazônia até a região Sudeste do Brasil, observada predominantemente no verão; E as Linhas de Instabilidade (LIs) que se desenvolvem nas costas norte e nordeste do Brasil e se propagam para o continente sul-americano, gerando elevados acumulados de precipitação.

A alta pluviosidade reflete diretamente no acúmulo de água nas cotas abaixo de 4,0 metros representado no MDE (Figura 3), acentuado ainda pela impermeabilização do solo, reduzindo à área de infiltração. Tucci (1997) explica que os principais impactos da urbanização no ciclo da água são o aumento do escoamento e a antecipação dos picos de vazão, a redução da evapotranspiração e da oferta em quantidade de água subterrânea e a deterioração da qualidade das águas superficiais.

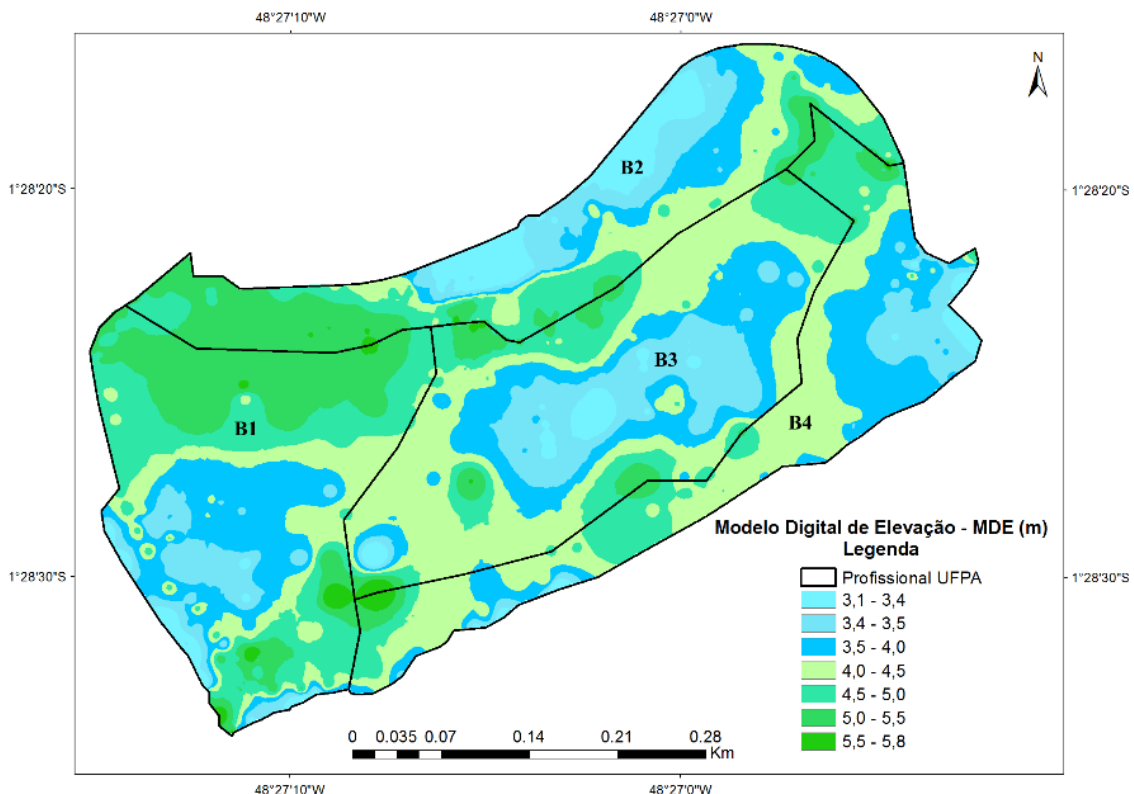


Figura 3: Modelo Digital de Elevação e Sub-bacias do Setor Profissional.



A sub-bacia B1 está localizada próximo ao igarapé Tucunduba, para onde ocorre seu escoamento e drenagem, verificado nas cotas baixas (3,1 – 3,5) do lado oeste. Segundo Chaves et al. (2021) a declividade é um dos fatores de influência mais importantes no estudo da inundação em uma bacia, pois tem efeito direto no escoamento superficial e infiltração, além de ter um papel decisivo na erosão do solo. Nesta sub-bacia encontram-se áreas verdes (Bosque Benito Calzavara) com inúmeras árvores frondosas que realizam a interceptação de parte da água precipitada, além disso, há presença de solo arenoso, facilitando a infiltração, no entanto, devido à intensa precipitação na região amazônica, o solo rapidamente fica saturado gerando pontos de alagamento (Figura 4).



Figura 4: Pontos de acúmulo de água na Sub-bacia B1.

A sub-bacia B2 apresenta sua cota mais baixa na parte superior, onde está localizado o 3º portão da UFPA. Neste ponto, os alagamentos são recorrentes no período de maior precipitação (fevereiro - maio), além disso o nível da água se eleva devido à influência da flutuação das marés dos rios e igarapés que ficam em torno da universidade. Esta situação sobrecarrega o sistema de drenagem local e impacta diretamente no trânsito de veículos e pedestres (Figura 5).



Figura 5: Vias alagadas na Sub-bacia B2.

A Sub-bacia B3 apresenta grande declive (cotas variando de 4,0 à 3,1) no centro da mesma, fazendo com que a água fique acumulada e não tenha para onde escoar. Neste local estão situados os pavilhões onde ocorrem as aulas, logo, inúmeras pessoas enfrentam dificuldades de tráfego durante o período chuvoso, estando sujeitas a acidentes (escorregamento/queda).

Enquanto que a B4 tem sua drenagem direcionada para o Igarapé Sapucajuba, à leste, que tem seu deságue no Rio Guamá. Estudos relatam que o Igarapé apresenta intensa interferência antrópica, sendo local de despejos de efluentes domésticos e águas pluviais providas de parte das galerias da Avenida Perimetral (PENNER et al., 2021; SILVA et al., 2019), fazendo aumentar o nível do rio e causando o transbordamento para margem. Com base nas informações obtidas através do MDE e da análise *in loco*, foi calculado as variáveis hidrológicas para cada sub-bacia, considerando as condições existentes (sem aproveitamento de água de chuva), estes valores estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis hidrológicas para o Setor Profissional.

Bacia	Área (m ²)	Tempo de Retorno (anos)	Declividade Média (m/m)	Tempo de Concentração (min)	Intensidade de Chuva (mm)	Coefficiente de Escoamento	Vazão (m ³ /s)
B1	57.088	5	0,03	12,27	134,44	0,62	1,32
B2	44.525	5	0,02	11,82	136,16	0,70	1,16
B3	63.704	5	0,006	16,81	119,27	0,38	0,79
B4	40.140	5	0,003	15,70	122,64	0,59	0,80

As sub-bacias B1 e B2 possuem maior intensidade e os menores tempos de concentração, fazendo com que as áreas atinjam a vazão de pico que escoar pela rede de drenagem mais rápido que as demais, este fato ocorre devido ao alto valor de C de ambas bacias, o qual reflete às grandes áreas de pavimentação e estacionamento presentes nesses locais.

Pode-se perceber que a sub-bacia B3 apresenta maior declividade (0,006 m/m) e menor coeficiente de escoamento (0,38). Isto acarreta em uma zona de alagamento com baixo escoamento, o que se confirma no valor da vazão de 0,79 m³/s, o menor dentre as quatro, e no tempo de concentração, o maior obtido, cerca de 17 minutos, indicando que o tempo em que a água demora para percorrer toda extensão é mais lento que as demais.

A B4 é a sub-bacia que possui menor área, no entanto, a vazão de escoamento é maior que de B3, devido ao coeficiente de Runnof refletindo o grande comprimento de via impermeabilizada. De acordo com Teston et al. (2018) com o contínuo processo de urbanização, são necessários sistemas de drenagem maiores, o que interfere cada vez mais no ciclo natural da água.

Admitindo que haverá captação de água de chuva por meio dos telhados, a Tabela 3 exhibe os valores de volume captável para cada sub-bacia, utilizando a precipitação média anual do período analisado de 261,10 mm e o valor de C para os telhados de 0,85. Para Silva et al. (2022) os sistemas de captação de água da chuva em edifícios é uma alternativa satisfatória mesmo face aos cenários de alterações climáticas e pode contribuir para a sustentabilidade, não só no abastecimento de água, mas também na drenagem urbana.

Tabela 3: Volume Anual de chuva passível para captação e aproveitamento.

Bacia	Área (m ²)	Volume Total de Chuva (m ³)	Área dos Telhados (m ²)	Volume de Chuva Captável (m ³)	% de Volume Captável
B1	57.088	14.905,68	14.733,80	3.269,95	21,94
B2	44.525	11.625,48	3.282,68	728,54	6,27
B3	63.704	16.633,11	17.749,51	3.939,24	23,68
B4	40.140	10.480,55	788,03	9692,52	7,52

O volume para B1 é o segundo maior em quantidade, se captado, cerca de 22% de água deixaria de compor o Igarapé Tucunduba. Observa-se que o volume captável para B2 seria pequeno, pois esta área constitui-se de poucos edifícios, sendo abrangida por vias e estacionamentos. Em analogia, para B4, 7% deixaria de desaguar no Igarapé Sapucajuba, diminuindo os alagamentos no local.

Em contrapartida, o volume para captação da B3 é o maior encontrado, caso houvesse aproveitamento de chuva nesta zona, as ocorrências de alagamento poderiam ser minimizadas e a água captada teria um uso racional adequado. Segundo Ghisi e Ferreira (2007) a possibilidade de aproveitar água da chuva para complementar o abastecimento de água nas edificações depende diretamente do volume de precipitação local. Além disso, devido à dinâmica de utilização a que estes edifícios estão sujeitos, a procura de água está maioritariamente associada a consumos não potáveis (TESTON et al., 2018).

Conclui-se que, se instalado um sistema de captação de água de chuva, o Setor Profissional teria potencial de captar até 59% da quantidade de água que precipita. Este percentual representa uma redução de 85% no volume de água que deixaria de compor a vazão de escoamento encaminhada para o sistema de drenagem (Figura 6).

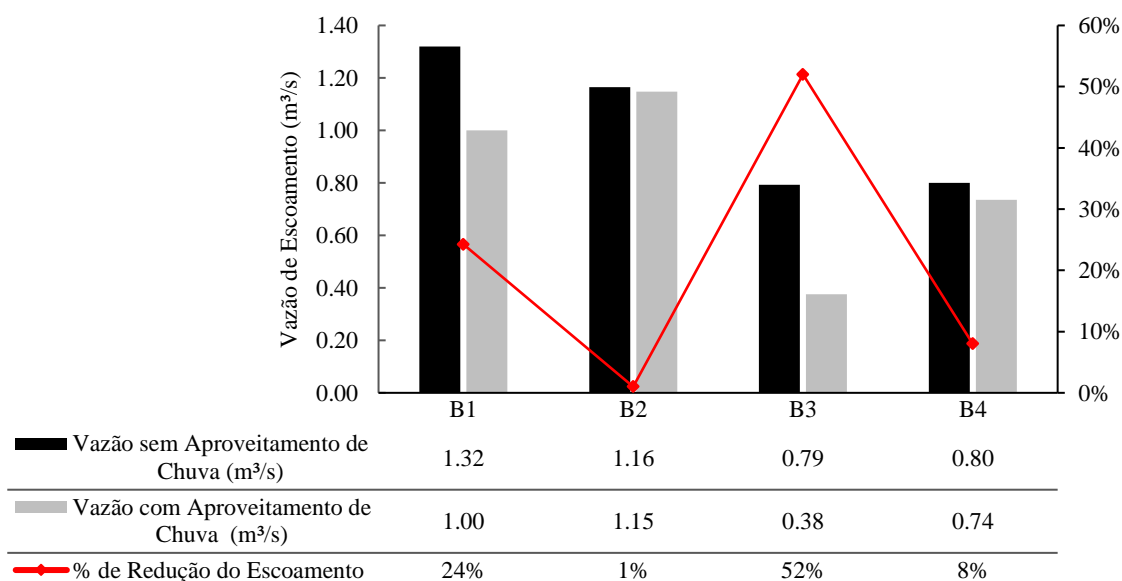


Figura 6: Vazão de Escoamento sem e com aproveitamento de água da chuva.

Sobre isso, Hagemann (2009) cita que fator que contribui são as áreas de captação geralmente grandes, que proporcionam um maior volume de água potencialmente coletável. Ressalta-se que este volume tende variar ao longo do ano em decorrência da sazonalidade da precipitação.

CONCLUSÕES

O Modelo Digital de Elevação é uma variável importante quando se analisa alagamentos pois permite identificar espacialmente os pontos com maior acumulo de água, podendo assim, planejar e executar medidas mitigadoras. Ao avaliar o MDE, foi perceptível que as sub-bacias dois e três tem as menores cotas, o que contribui, para que em dias de precipitação intensa, ocorram alagamentos.

Esse problema pode ser atenuado ao realizar a captação e aproveitamento de água da chuva, uma vez que a sub-bacia três é a que detêm o maior potencial, com maiores áreas de telhado, podendo fazer um uso sustentável deste recurso natural diretamente da fonte, o que é de suma importância para Universidade. Fato este, foi identificado no Setor Profissional, supondo realizar a coleta pluvial em todos os prédios haveria uma redução de mais de 80% no volume drenado, sendo uma importante medida de drenagem não-estrutural e sustentável.



Visto isso, é observado que com medidas simples é possível resolver, em partes, as ocorrências de alagamentos, pois o sistema de captação de água da chuva promove a redução na vazão de escoamento e favorece o uso racional da água para fins não-potáveis. Além disso, impede a deterioração das tubulações devido ao excesso de resíduos transportado pela água e evita os processos erosivos do solo.

Enfatiza-se que essas medidas devem ser implantadas seguindo estudos prévios de viabilidade ambiental, social e econômica, a fim de garantir recursos para gerações atuais e futuras. Nesse âmbito, entende-se que este estudo pode auxiliar e servir como viés para os tomadores de decisões dentro e fora da Universidade, para uma melhor gestão dos recursos hídricos na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa em Água, Energia e Sustentabilidade da Amazônia (GAES/UFPA) pelo auxílio no desenvolvimento do estudo, à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela concessão de bolsa a autora e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (PROPESP/UFPA) pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASCE. Design and Construction of sanitary and storm sewers. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37), 1969.
2. CARDOSO, R. N. C. Viabilidade econômica de sistemas de captação de água da chuva para fins não potáveis em dois prédios da Universidade Federal do Pará. Dissertação (Mestrado), Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2018.
3. CHAVES, H. L. O.; COSTA, M. E. L.; KOIDE, S.; ALMEIDA, T. DE; CICERELLI, R. E. Mapeamento se Suscetibilidade a Inundação Utilizando o Método da Razão de Frequência Aplicado a Bacia do Riacho Fundo - Distrito Federal. *Gesta*, v. 9, n. 1, p. 148 - 166, 2021.
4. FASOLA, G. B; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K.; BORINELL, J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, v. 11, n. 4, p. 65–78, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400006>
5. FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 28, n. 2, p. 101–101, jun. 1998. <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>
6. GHISI, E.; FERREIRA, D. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*, v. 42, n. 4, p. 1654–1666, 2007.
7. HAGEMANN, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso Dissertação. Santa Maria: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFSM, 2009.
8. LIMA, J. A. et al. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011.
9. LUTHY, R.G.; SHARVELLE, S.; DILLON, P. Urban Stormwater to Enhance water Supply. *Environ. Sci. Technol.* v. 53, p. 5534 – 5542, 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05913>
10. NASCIMENTO, T. V. DO, FERNANDES, L. L., & YOSHINO, G. Potencial de aproveitamento de água de chuva na Universidade Federal do Pará - Belém/PA. *Revista Monografias Ambientais*, v. 15, n. 1, p. 105 - 116, 2016. <https://doi.org/10.5902/2236130819394>
11. PENNER, G. C.; MATOS, T. R. de; ALMEIDA, H. da S. .; GONÇALVES, J. C. de S. I. .; GONÇALVES, M. M. . Experimental determination of the time of concentration, Sapucajuba creek small watershed study. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 6, p. e35210612757, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i6.12757
12. RIBEIRO, R. M. R.; VITORINO, M. I.; MOURA, M. do N. Variabilidade Sazonal da Zona de Convergência Intertropical e Sua Influência Sobre o Norte da América do Sul. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 5, p. 2798–2810, 2023. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2798-2810>



13. SHARMA, A. K.; SANCIOLO, P.; BEHROOZI, A.; NAVARATNA, D.; MUTHUKUMARAN, S. Stormwater Harvesting Potential for Local Reuse in an Urban Growth Area: A Case Study of Melton Growth Area in the West of Melbourne. *Water*, v. 15, 2023. <https://doi.org/10.3390/w15112093>
14. SILVA, M. B. M. DA; BRANDÃO, I. A. DE P.; RIBEIRO, M. M. R. Viabilidade, sazonalidade e confiabilidade de captação de água pluvial em prédios de uma universidade de Campina Grande, Paraíba. *RBRH*, v. 27:e17, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.272220210127>
15. SILVA, B. S. F.; ALVES, C. N. Estudo de caso: O potencial de captação de água pluvial em edificações da Universidade Federal do Pará, Brasil. *Revista Acta Ambiental Catarinense*, v. 16, n. 1/2, 2020. <https://doi.org/10.24021/raac.v16i1/2.4882>
16. SILVA, R. C. B.; FERREIRA, C. C.; SANTOS, J. S. dos; JESUS, D. M. de; JUNIOR, R. P. M.; SILVA, A. I. M. da; BORGES, H. R.; FERNANDES, L. L. Determinação da velocidade de infiltração e do nível do lençol freático da bacia hidrográfica do Igarapé Sapucajuba localizada em Belém/PA. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 12, p. 32374–32395, 2019.
17. SOUSA, L. P. A. de. METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental. Instituto de Tecnologia. Universidade Federal do Pará. Belém, 2017.
18. TESTON, A.; GERALDI, M. S.; COLASIO, B. M.; GHISI, E. Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review. *Water*, v. 10, 2018. <https://doi.org/10.3390/w10040471>
19. TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª ed. Porto Alegre: ed. ABRH e Editora da UFRGS, 2012.
20. TUCCI, C. E. M. Plano diretor de transição urbana: Princípios e concepção. *Revista Brasileira dos Recursos Hídricos*, v. 2, p. 5–12. 1997
21. VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. Editora Mc Graw Hill, São Paulo, 1975, 245p.