

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Sarah Melo Santana Duarte

Redução do escoamento superficial em uma pequena bacia urbana em função da quantidade de lotes com aproveitamento de água do telhado e da demanda da água para usos não potáveis

Maceió

2023

Sarah Melo Santana Duarte

Redução do escoamento superficial em uma pequena bacia urbana em função da quantidade de lotes com aproveitamento de água do telhado e da demanda da água para usos não potáveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Professor Dr. Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves

Maceió

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

D812r Duarte, Sarah Melo Santana.

Redução do escoamento superficial em uma pequena bacia urbana em função da quantidade de lotes com aproveitamento de água do telhado e da demanda da água para usos não potáveis / Sarah Melo Santana Duarte. – Maceió, 2023.

56 f. : il., graf. e tabs. color.

Orientador: Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves.

Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 52-56.

1. Sistema de Aproveitamento de Águas pluviais. 2. Águas pluviais - Manejo. 3. Simulação contínua. I. Título.


CDU: 628

Folha de Aprovação


AUTORA: SARAH MELO SANTANA DUARTE

Redução do escoamento superficial em uma pequena bacia urbana em função da quantidade de lotes com aproveitamento de água do telhado e da demanda da água para usos não potáveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.


Documento assinado digitalmente
 MARLLUS GUSTAVO FERREIRA PASSOS DA
Data: 28/04/2023 09:34:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves - Universidade Federal de Alagoas (Orientador)


Documento assinado digitalmente
 DAYSY LIRA OLIVEIRA CAVALCANTI
Data: 25/04/2023 10:45:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Dra. Daysy Lira Oliveira Cavalcanti - Universidade Federal de Alagoas (Coorientadora)

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ADEMIR ABDALA PRATA JUNIOR
Data: 25/04/2023 10:24:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. Ademir Abdala Prata Junior - Universidade Federal de Alagoas

Documento assinado digitalmente
 DANIELE FEITOZA SILVA
Data: 25/04/2023 11:50:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniele Feitoza Silva - Universidade Federal de Alagoas

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, ao melhor engenheiro a qual já tive o prazer de ver trabalhar, e a quem tenho a maior sorte do mundo por poder chamar de "painho". Obrigada por todo o suporte, pelo carinho, compreensão, estímulo durante o curso e na vida e por ser o maior modelo de honestidade, vontade de vencer e exemplo de paternidade.

Agradeço a minha mãe, meu irmão, família, amigos, ao Esquemas, ao meu amor e companheiro de listas, Betinho (e a Acerola, que nunca me deixou estudar sozinha).

Agradeço imensamente ao meu querido orientador e tutor, Marllus, por ter ajudado a fazer desse trabalho um caminho leve e pela trajetória no PET Ambiental, a quem também sou muito grata. A Adauto, Lucas, Verena e Marcos, que me ajudaram não só na elaboração deste trabalho, mas na graduação e na vida.

RESUMO

A insustentabilidade do crescimento urbano desordenado reflete na drenagem das cidades, aumentando os índices de impermeabilização do solo e, assim a redução da evapotranspiração, escoamento subterrâneo e redução do tempo de concentração da bacia e aumento do escoamento superficial e vazões máximas. Tais fenômenos provocam cheias, inundações e transtornos socioambientais que podem ser reduzidos a partir de novas perspectivas sobre os sistemas de drenagem. Desta forma, este trabalho buscou analisar as alterações no escoamento superficial na sub-bacia do Riacho Pau D'Arco, localizada em Maceió/AL, em virtude da aplicação de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto como sistema de aproveitamento de água pluvial de telhados – SAAP. Para isso, foram considerados um cenário de referência, proposto por Neto (2022) e mais dois conjuntos de cenários; com aumento da demanda de uso da água estudada pelo autor e com o aumento do número de lotes com SAAP. Os conjuntos de cenários foram simulados de forma contínua no EPA Storm Water Management Model – SWMM e, assim, foram construídos gráficos a fim de analisar o abatimento do volume escoado e da vazão de pico nos cenários propostos, que indicaram que, apesar de haver abatimento na geração de escoamento superficial e vazões de pico, os resultados não seriam suficientes para prevenir alagamentos na bacia, embora possam contribuir para a redução destes eventos a jusante.

Palavras-chave: Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais; Manejo de águas pluviais; Simulação contínua.

ABSTRACT

The unsustainability of disorderly urban growth reflects on the cities drainage, increasing the rates of soil sealing and, thus, the reduction of evapotranspiration, underground runoff and reduction of watershed concentration time. These phenomena cause floods, inundations, and socio-environmental problems that can be reduced through new perspectives on drainage systems. Therefore, this study aimed to analyze the changes in surface runoff in the sub-basin of Riacho Pau D'Arco, located in Maceió/AL, due to the application of low-impact development techniques such as a rainwater harvesting system from rooftops (SAAP). For this purpose, a reference scenario proposed by Neto (2022) and two additional scenario sets were considered: one with an increase in the water use demand studied by the author and the other with an increase in the number of lots with SAAP. The sets of scenarios were continuously simulated using the EPA Storm Water Management Model (SWMM), and graphs were constructed to analyze the reduction in the discharged volume and peak flow in the proposed scenarios. Despite there was a reduction in the generation of surface runoff and peak flows, the results would not be sufficient to prevent flooding in the basin, although they may contribute to reducing these events downstream.

Keywords: Rainwater harvesting system; Handling of stormwater; Continuous Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visão conceitual do escoamento superficial.....	20
Figura 2. Fluxograma geral da metodologia do trabalho	23
Figura 3. Localização da área de estudo.....	25
Figura 4. Localização do lote de referência.....	26
Figura 5. Bacia utilizada no cenário de referência.....	27
Figura 6. Algoritmo para criação da série de demanda do cenário 1	28
Figura 7. Distribuição dos lotes inicialmente considerados por Araújo Neto (2022) .	29
Figura 8. Distribuição dos lotes na bacia de estudo	30
Figura 9. Mapa de uso e ocupação do solo.....	31
Figura 10. Solos da bacia de estudo	33
Figura 11. Esquema de simulação no SWMM para os cenários 1.1 a 1.6	35
Figura 12. Esquema de simulação no SWMM para os cenários 2.1 a 2.5	36
Figura 13. Gráfico de redução do volume escoado para o conjunto de cenários 1 ..	43
Figura 14. Gráfico de redução da vazão de pico o para o conjunto de cenários 1 ...	43
Figura 15. (a) Distribuição de frequência das classes de precipitação total; (b) Distribuição de frequência das classes de intensidade máxima.....	44
Figura 16. (a) Vdescarte/Ventrada em classes de precipitação total ; (b) Vdescarte/Ventrada em classes de intensidade máxima	44
Figura 17. Área dos lotes considerados nos cenários.....	45
Figura 18. Gráfico de redução do volume escoado para o conjunto de cenário 2....	48
Figura 19. Gráfico de redução da vazão de pico o para o conjunto de cenário 2.....	48
Figura 20. Perfil de elevação da bacia de estudo.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Taxa de permeabilidade estipulada	15
Tabela 2. Condicionantes Antrópicas e os efeitos na drenagem urbana de Maceió.	15
Tabela 3. Parâmetros de entrada no modelo	19
Tabela 4. Capacidade de armazenamento em depressões.....	20
Tabela 5. Frequência de uso da água proveniente do SAAP	28
Tabela 6. Tipos de uso e cobertura do solo	31
Tabela 7. Áreas e porcentagens obtidas para o uso e ocupação do solo.....	31
Tabela 8. Coeficientes de rugosidade de Manning e capacidade de armazenamento em depressões.....	32
Tabela 9. Valores de CN.....	34
Tabela 10. Parâmetros adotados para os telhados	34
Tabela 11. Séries de demanda	38
Tabela 12. Demanda para o Cenário 1.6	39
Tabela 13. Valores de referência.....	40
Tabela 14. Volumes escoados na sub-bacia – conjunto de cenários 1	41
Tabela 15. Vazões de pico na sub-bacia – conjunto de cenários 1	41
Tabela 16. Abatimento de EAV – conjunto de cenários 1	41
Tabela 17. Abatimento de Qp – conjunto de cenários 1	42
Tabela 18. Volumes escoados na sub-bacia – Cenário 2.....	46
Tabela 19. Vazões de pico simuladas - Cenário 2.....	46
Tabela 20. Abatimento de EAV – Cenário 2	46
Tabela 21. Abatimento de Qp – Cenário 2.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos Específicos	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1	Manejo de águas pluviais urbanas	13
3.2	Manejo de águas pluviais em Maceió/AL	14
3.3	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e controle da geração do escoamento superficial	17
3.4	Modelagem hidráulica	18
4	MÉTODOS.....	22
4.1	Caracterização da área de estudo	24
4.2	Perfil de consumo de água e dados de precipitação.....	25
4.3	Criação dos cenários e desenvolvimento das séries de consumo	26
4.4	Simulação dos cenários	30
4.5	Consolidação de cenários com efeitos significativos.....	36
5	RESULTADOS	38
5.1	Séries de demanda	38
5.2	Desempenho do SAAP na redução do escoamento do cenário 1	40
6	CONCLUSÕES.....	50
	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Em virtude do grande fenômeno de êxodo rural que ocorreu durante as décadas de 1970 e 1980 no Brasil, houve um processo de urbanização descontrolado no país, na qual, hoje, de acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2015, 84,72% da população brasileira vive em áreas urbanas. Por outro lado, a infraestrutura do sistema de drenagem ou de controle nas fontes geradoras de deflúvios não acompanhou o crescimento de uso e ocupação das bacias hidrográficas do país (RIGHETTO; GOMES; FREITAS, 2017)

O desequilíbrio no crescimento urbano impacta o sistema de drenagem e aumenta a pressão sobre os recursos hídricos (ARAUJO et al., 2021). Isto se dá em virtude das mudanças no uso e ocupação do solo, substituindo regiões antes de vegetação nativa por áreas impermeabilizadas, provocando a redução da capacidade de infiltração, aumento do escoamento superficial, aumento da velocidade de escoamento e, portanto, a diminuição do tempo de concentração da bacia. Tais processos hidrológicos provocam cheias, inundações e transtornos socioambientais.

De acordo com Santos, Vieira e Dutra (2020), deve-se analisar as técnicas a serem aplicadas para controle das águas pluviais, uma vez que os métodos convencionais de drenagem, considerados sistemas higienistas, possuem como objetivo escoar a água o mais rápido possível para fora do perímetro urbano, o que transfere os prejuízos à jusante da bacia, elevando a vazão máxima, frequência e nível de inundações. Desta forma, buscando atenuar tal problemática, surgem as metodologias de modelagem computacional, que procuram avaliar determinadas condições e fornecer subsídios ao planejamento urbano.

A fim de promover uma visão sustentável à drenagem urbana, busca-se a implantação de modelos de gestão de água que possibilitem um desenvolvimento de baixo-impacto. Bezerra et al destacam que a drenagem sustentável tem como objetivo a potencialização da infiltração, provocando o retorno das águas ao solo para abastecimento dos aquíferos, potencializando o volume dos cursos de água e mananciais de abastecimento. De acordo com Rezende e Tecedor (2017), o aproveitamento de água da chuva se destaca como alternativa promissora para a melhora de duas problemáticas para as cidades: a escassez de água e as frequentes inundações nas zonas urbanas. Nesse contexto, o aproveitamento de água da chuva se destaca como proposta a minimizar os efeitos negativos da urbanização

desordenada. Sendo assim, através da criação de cenários e desenvolvimento de séries de consumo em sistemas de aproveitamento de água pluvial de telhados e de modelagem hidráulica é possível avaliar a influência destes sistemas na gestão da drenagem urbana.

A cidade de Maceió/AL teve crescimento populacional de 430% em 35 anos. O desenvolvimento urbano na cidade ocorreu de forma desordenada e com ações de infraestrutura que não promoveram soluções efetivas para o saneamento básico local, uma vez que são observadas inundações, ligações clandestinas nas galerias de águas pluviais da parte baixa da cidade, que, recebem, além de lixo, contribuições de esgoto, que acabam extravasando para as praias em tempos de chuva (PIMENTEL et al., 2014). Diante desse cenário, é urgente a necessidade de estudos e ações que busquem minimizar os impactos negativos da urbanização na drenagem urbana na capital alagoana.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a aplicabilidade de técnicas de aproveitamento de água pluvial de telhados e suas alterações no escoamento superficial numa pequena bacia altamente urbanizada, localizada em Maceió/AL.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o abatimento do volume escoado e da vazão de pico na bacia em função de diferentes demandas de consumo de água de aproveitamento dos telhados;
- Avaliar o desempenho do abatimento do volume escoado e da vazão de pico em função do número de lotes com sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Manejo de águas pluviais urbanas

A Lei Nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, exige que o Plano Nacional de Saneamento Básico abranja o manejo de águas pluviais, a fim de melhorar a salubridade ambiental, além de garantir os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais de forma adequada à saúde pública, meio ambiente e a segurança do patrimônio público e privado.

Pompêo (2000) defende que a drenagem urbana não pode ser observada unicamente sobre o ponto de vista da engenharia, uma vez que a dinâmica social, planejamento urbano e a problemática ambiental deve ser observada. Para o autor, ao se analisar o desafio, deve-se questionar as causas das enchentes e o significado de drenagem e o controle de cheias em áreas urbanas.

Segundo Tucci (2003), as alterações nas áreas urbanas causam fortes alterações no ciclo hidrológico, processo este que gera grandes impactos em países em desenvolvimento. Os padrões de progresso característico desses países, onde as obras de drenagem e urbanização não ocorreram de forma sustentável, formam um processo de impermeabilização desordenada do solo. Com isso, pode-se observar redução da evapotranspiração, escoamento subterrâneo e redução do tempo de concentração da bacia.

Desta forma, segundo o autor, problemas como lavagem de contaminantes presos nas estruturas urbanas, transporte de resíduos sólidos urbanos nas redes de drenagem e resíduos sólidos erodidos em virtude do aumento da vazão, e, portanto, da velocidade do escoamento, acabam impactando a qualidade da água nos corpos hídricos. Os problemas relacionados à drenagem urbana referem-se, além das condições de qualidade da água, ao aumento das cheias, uma vez que, ao analisar dados da Região Metropolitana de Curitiba, Tucci (2007) demonstrou um aumento vazão média de cheia na região urbana do Rio Belém em relação a suas condições rurais.

Além disso, a antropização urbana, desmatamento e a substituição da cobertura vegetal natural, causam extravasamento de cursos d'água (POMPEO, 2000). Deste modo, a compreensão de um crescimento sustentável junto a

urbanização se torna um desafio para a gestão das cidades, em especial em países em desenvolvimento (ARAUJO *et al.*, 2021).

3.2 Manejo de águas pluviais em Maceió/AL

Para implementar medidas sustentáveis na cidade é necessário desenvolver o Plano Diretor de Drenagem Urbana (TUCCI, 2003). Para o autor, o plano deve ser baseado em princípios como o não aumento de vazão máxima de jusante de novos empreendimentos, consideração da bacia como um todo no controle e planejamento dos impactos, integração do Plano de Drenagem com o Plano Diretor da cidade e controle dos efluentes de forma integrada aos demais elementos do saneamento, como resíduos sólidos e esgotamento sanitário.

A Lei 11.445/2007 que define o escopo do Saneamento Básico, ao incluir a terminologia “manejo de águas pluviais”, conduziu a mudanças na abordagem higienista antes apresentada para a drenagem urbana, ao introduzir o princípio da adoção da bacia hidrográfica como unidade de referência para as ações de saneamento. Ademais, a mesma lei obriga aos municípios da elaboração dos planos de saneamento básico, além de estabelecerem metas e indicadores de desempenho e mecanismos de aferição de resultados na execução dos serviços prestados.

A Política Estadual de Saneamento Básico de Alagoas, dada pela Lei nº 7.081/2009, disciplina o consórcio público e o convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico. A legislação alagoana não é abrangente quanto às ações referentes ao manejo e drenagem das águas pluviais, entretanto, garante que o estado poderá assumir compromissos para a melhoria da abrangência, qualidade e o desenvolvimento dos serviços de saneamento básico perante os municípios por intermédio da Secretaria de Estado da Infraestrutura – Seinfra.

Em Maceió/AL, a Lei Municipal nº 5.486/2005 institui o Plano Diretor da cidade. No documento, a drenagem é considerada elemento referencial e constituída como uma das prioridades para o saneamento ambiental, e, em seu artigo 72, é definido que:

São diretrizes específicas para a gestão do sistema de drenagem urbana:

I – adequação do sistema de drenagem urbana com a ampliação e recuperação das galerias de águas pluviais existentes;

II – articulação entre órgãos municipais e entidades comunitárias para implementação de um programa de prevenção à obstrução das galerias de águas pluviais, através da educação ambiental;

III – ampliação do conhecimento das condições de drenagem com a identificação e mapeamento das principais áreas de recarga de aquíferos de Maceió.

Além disso, o documento define, em seu artigo 281º a taxa de permeabilidade mínima para terrenos, sendo estas:

Tabela 1. Taxa de permeabilidade estipulada

Área	Taxa de permeabilidade
Terrenos ou lotes com área igual ou inferior a 1.200,00	Isentos de taxa
Imóveis com área superior a 1.200,00 m ²	5%
Imóveis com área superior a 1.800,00 m ²	10%
Imóveis com área superior a 2400,00 m ²	15%

Fonte: Maceió/AL (2018)

O Plano de Saneamento Básico (PSMB) do Município de Maceió/AL (2018), destaca-se como uma ferramenta para alcançar a universalização dos serviços de drenagem urbana, e apresenta as principais condicionantes antrópicas e os seus principais efeitos no funcionamento do sistema de drenagem urbana da cidade, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Condicionantes Antrópicas e os efeitos na drenagem urbana de Maceió

Condicionante antrópica	Consequências
Urbanização acentuada, com alterações do Plano Urbanístico sem considerar os limites da infraestrutura existente	Obsolescência da rede de drenagem em função do aumento da vazão de projeto, gerado pelo aumento da impermeabilização
Incremento da urbanização informal por falta de fiscalização	Aumento das áreas de risco de inundações e deslizamentos
Lançamento de esgotos sanitários sem o devido tratamento na rede de drenagem	Comprometimento da qualidade da água
Compartilhamento de cursos d'água por municípios e estados	Planejamento dissociado com perda de investimentos
Gestão inadequada do sistema de drenagem	Aumento do risco de inundações
Ocupação de áreas em fundo de vale, APPs	Redução da seção de escoamento, inundações, enxurradas e erosão
Localização da área urbanizada em encosta	Erosão e deslizamentos
Desconhecimento do sistema de drenagem existente	Aumento do risco de inundações
Cortes das barreiras e implantação inadequada de sistemas de drenagem	Aumento do risco de problemas de enxurradas, erosão e alagamentos

Condicionante antrópica	Consequências
Terraplanagem de bordas de encostas modificando a topografia e desagregação do solo	Aumento de deslizamentos com ocorrência de chuvas intensas
Aterro de várzeas e áreas de inundação de rios e córregos, construção de muros de contenção, bueiros de estradas mal dimensionados	Redução da calha de escoamento natural dos cursos d'água e potencialização das inundações

Fonte: Maceió/AL (2018)

Ademais, o documento destaca pontos a serem melhorados para uma gestão mais efetiva das águas pluviais, dentre eles, a melhoria de estrutura, equipamentos, recursos humanos e financeiros para a gestão dos serviços, considerando a demanda atual. Além disso, o PSMB evidencia a necessidade de um levantamento técnico das estruturas de drenagem, uma vez que a Prefeitura Municipal não dispõe de cadastro topográfico do sistema. Tal desconhecimento do traçado da rede infere insegurança na elaboração de propostas para benfeitorias para melhoria na cidade. O Plano também realça a necessidade da elaboração de instrumentos normativos que promovam a padronização das obras em relação ao manejo das águas pluviais, como um "Manual de Drenagem Urbana".

O Edital de Concorrência Nº 6/2020 objetivou a contratação de empresa/consórcio no ramo da construção civil para execução de obras do programa de implantação de jardins filtrantes, requalificação ambiental dos riachos Reginaldo, Pau D'Arco, Sapo, Gulandi e Águas Férreas e modernização viária e urbanística do Riacho Salgadinho, incluindo a elaboração dos projetos executivos e a operação e manutenção dos sistemas.

De acordo com o memorial descritivo disposto no Edital, o projeto tem como premissa:

Retirar as fontes pontuais de poluição (esgotos); promover drenagem sustentável das águas pluviais (*wetlands*); mitigar as enchentes; evitar despejo de lixo; reforçar a identidade local; recompor os aspectos morfológicos do rio; recomposição da biota aquática em parte do rio.

Entretanto, é possível observar que as ações propostas não visam a redução do escoamento superficial na região a montante da bacia, mas sim priorizam intervenções nas áreas onde os problemas gerados a montante se manifestam. A melhoria nos índices de permeabilidade da cidade, atuando em conjunto com as atuais proposições da Prefeitura de Maceió poderiam estar dispostas no Plano Diretor da Cidade. No entanto, este documento encontra-se desatualizado, desta forma, é

essencial que os gestores públicos, a sociedade civil e os especialistas em meio ambiente trabalhem em conjunto para garantir um futuro sustentável para a cidade, e seja garantida a obrigatoriedade de maiores áreas de permeabilidade dos solos para novas edificações e técnicas de drenagem sustentáveis no arcabouço legal da cidade.

3.3 Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e controle da geração do escoamento superficial

O abastecimento de água sempre foi uma preocupação da humanidade, dada a sua importância. Segundo Dolabella (2019), há registros de coleta de águas pluviais de civilizações de 3000 a.C., na Grécia, sendo esta uma técnica ainda praticada atualmente. Segundo o guia de informação para captação de água da chuva para uso doméstico da Environment Agency - Agência Governamental do Meio Ambiente do Reino Unido (2010), a captação da água da chuva é a coleta da água diretamente da superfície em que ela cai.

Esta água, que antes seria direcionada ao sistema de drenagem, pode ser coletada e armazenada, sendo utilizada para fins não potáveis em Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais – SAAP, compostos por uma área de captação, calhas e tubos para condução, e um tanque de armazenamento (ARAUJO et al., 2021).

Moura et al. (2018) definem que estes sistemas representam uma das medidas contemporâneas de maior destaque no que se refere à sustentabilidade hídrica em áreas urbanas, por permitirem a redução do consumo de água potável, a minimização de enchentes e alagamentos e surgem como alternativas de abastecimento em meio a um cenário crítico de indisponibilidade hídrica, sendo inclusive reforçadas pela Lei N 14.026/2020.

Entretanto, como apresentado por Zanandrea e Silveira (2019), na tentativa de instituir ferramentas de planejamento, muitas vezes os conceitos de urbanização ainda não priorizam conceitos sustentáveis para uma gestão eficaz das cidades. No entanto, muitas vezes, na tentativa de formalização dessas áreas, mesmo com a instituição de ferramentas de planejamento, os conceitos de urbanização ainda visam à ocupação densificada, não priorizando conceitos sustentáveis para a gestão adequada das cidades. Essa linha de pensamento é ainda muito comum em alguns países, incluindo o Brasil.

Considerando uma maior aproximação da natureza para promoção de melhor gestão de água em cidades, as técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), envolvendo Sistemas para Aproveitamento de Águas Pluviais contribuem para minimização dos fluxos superficiais e gerenciamento do risco de inundações (ARAUJO et al., 2021). Segundo a Environmental Protection Agency, as técnicas LID se constituem numa série de práticas que imitam ou preservam os processos naturais de drenagem para gerir as águas pluviais. Estas águas podem ser aplicadas em atividades que não necessitem de água potável, reduzindo o seu consumo e contribuindo no combate à escassez e controle do escoamento superficial em vias urbanas. (NEVES FILHO, 2019).

Hentges e Tassi (2012) avaliaram a influência a longo prazo do aproveitamento de água de chuva nas vazões propagadas para redes de drenagem pluvial, analisando a utilização de micro reservatórios que armazenam volumes escoados e reduzem as vazões de pico nas redes de drenagem. As autoras verificaram redução dos diâmetros das redes de microdrenagem de 80 para 40cm e destacaram que, além da adoção de menores diâmetros, o sistema é benéfico quando se avalia a velocidade de propagação do escoamento.

3.4 Modelagem hidráulica

Para o manejo das águas pluviais, é necessário desenvolver uma série de ações ordenadas de forma a buscar equilibrar o desenvolvimento com as condições ambientais das cidades (TUCCI, 2002). Sob este contexto, surge a necessidade de aplicação de novas tecnologias para análise da drenagem urbana, sendo a modelagem hidráulica essencial neste processo.

A compreensão sobre os processos hidrológicos é fundamental em estudos ambientais, na gestão dos recursos hídricos e em projetos de obras hidráulicas (MARINHO FILHO et al, 2012). Assim, para Tucci (1997), a aplicação de modelagem matemática pode ser utilizada para quantificação do impacto da urbanização sobre o escoamento em uma bacia.

Segundo Tucci (1998), um modelo hidrológico é uma ferramenta para representar os processos que ocorrem na bacia hidrográfica e prever as consequências das diferentes ocorrências em relação aos valores observados. O EPA Storm Water Management Model – SWMM, da U. S. Environmental Protection Agency

(US EPA) é um software gratuito, particularmente útil em projetos relacionados ao escoamento de águas pluviais, esgotos e outros sistemas de drenagem.

De acordo com Bai et al. (2018), o SWMM modela o sistema de drenagem em quatro módulos: atmosfera, superfície terrestre, águas subterrâneas e transporte. Vários módulos de LID, podem ser criados e, assim avaliar as técnicas sustentáveis aplicadas.

Segundo o Manual do Usuário do SWMM – Versão 5.1 (EPA, 2015), o software observa a evolução da qualidade e quantidade do escoamento e vazão dentro das sub-bacias durante o período de simulação. Nele, é possível simular o comportamento hidrológico e hidráulico, e visualizar os resultados por meio da codificação das áreas de drenagem por cores, mapas de sistemas coletores, gráficos, tabelas de séries temporais, diagramas de perfil e ainda visualizar análises estatísticas sobre o projeto.

Para isso, foi necessário disponibilizar dados de entrada ao modelo, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros de entrada no modelo

Parâmetro	Unidade
Curva Número	-
Coefficiente de rugosidade de Manning para superfícies impermeáveis (η_{imp})	-
Coefficiente de rugosidade de Manning para superfícies permeáveis (η_{perm})	-
Área da bacia	ha
Largura característica (W_c)	M
Declividade	%
Áreas Impermeáveis (AI)	%
Áreas Impermeáveis sem armazenamento em depressões (AS/A)	%
Capacidade de armazenamento em depressões (superfícies impermeáveis) (PA_{imp})	mm
Capacidade de armazenamento em depressões (superfícies permeáveis) (PA_{perm})	mm

Fonte: Adaptado de Neto, 2022.

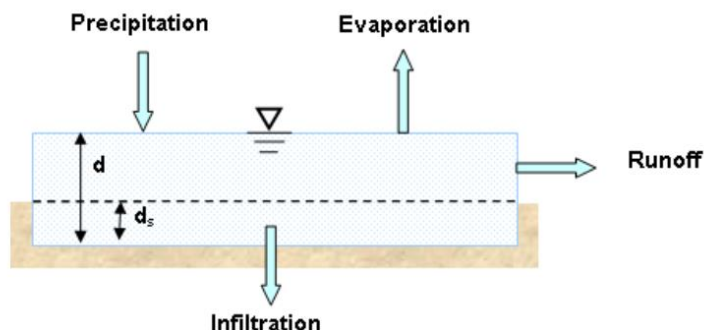
O método SCS, desenvolvido pelo Soil Conservation Service, permite a estimativa do volume de escoamento superficial após uma chuva, sendo bastante utilizado pela possibilidade de obtenção dos dados por meio do sensoriamento remoto

e Sistemas de Informação Geográfica, segundo Soares, Fiori, Silveira e Kaviski (2017). Segundo os autores, para estimar a capacidade de armazenar água do solo, estabelece-se a relação desse parâmetro com o parâmetro adimensional CN, que relaciona o tipo, umidade e uso do solo em valores tabelados.

Para a determinação das vazões escoadas, o SWMM utiliza o coeficiente de rugosidade para superfícies permeáveis e impermeáveis dado por meio do coeficiente de rugosidade de Manning, que indica a resistência do fluido ao escoamento.

Segundo o Manual do Usuário do SWMM, as sub-bacias possuem áreas permeáveis e impermeáveis, nas quais o escoamento podem se infiltrar ou serem direcionados para outras áreas. As superfícies de subcaptação são tratadas como reservatórios no SWMM, na qual o escoamento superficial só ocorre quando a profundidade da água (d) excede o armazenamento máximo da depressão (d_s), como exemplificado na Figura 1.

Figura 1. Visão conceitual do escoamento superficial



Fonte: Manual do usuário SWMM 5.1, 2015

Assim, o modelo utiliza as informações supracitadas para estimativa das vazões de escoamento superficial, desta forma, para caracterização dos parâmetros de Capacidade de armazenamento em depressões em superfícies impermeáveis e permeáveis P_{imp} e P_{perm} , respectivamente, que são estimadas segundo o recomendado pelo Manual do Usuário do SWMM 5.1 como segue na Tabela 4.

Tabela 4. Capacidade de armazenamento em depressões

Superfícies impermeáveis	0,05 - 0,10"
Gramados	0,10 - 0,20"
Pasto	0,20"

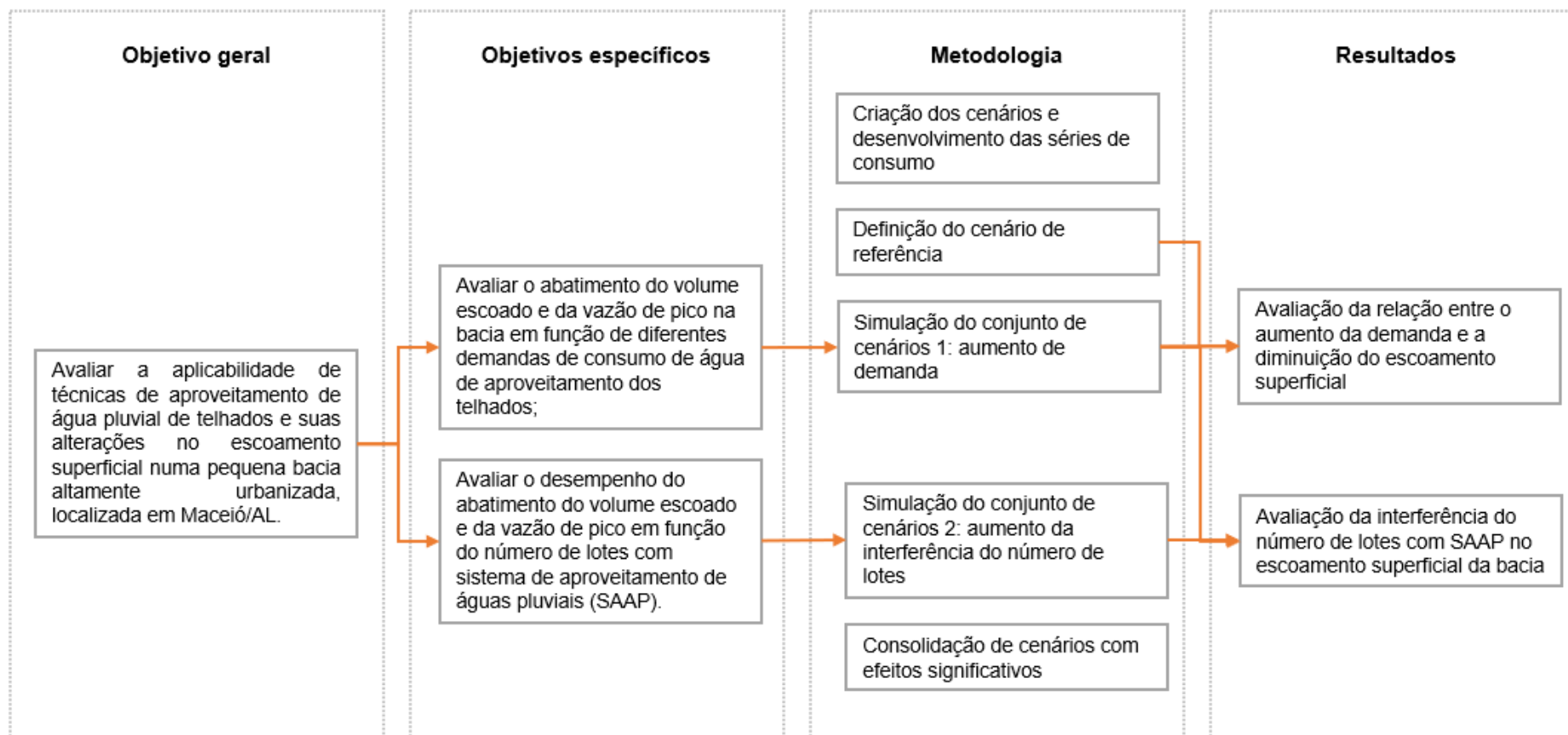
Lixo Florestal	0,30"
----------------	-------

Fonte: Manual do usuário SWMM 5.1, 2015

4 MÉTODOS

A estrutura geral para realização do trabalho está ilustrada na Figura 2, apresentada a seguir.

Figura 2. Fluxograma geral da metodologia do trabalho



Fonte: Autora, 2022.

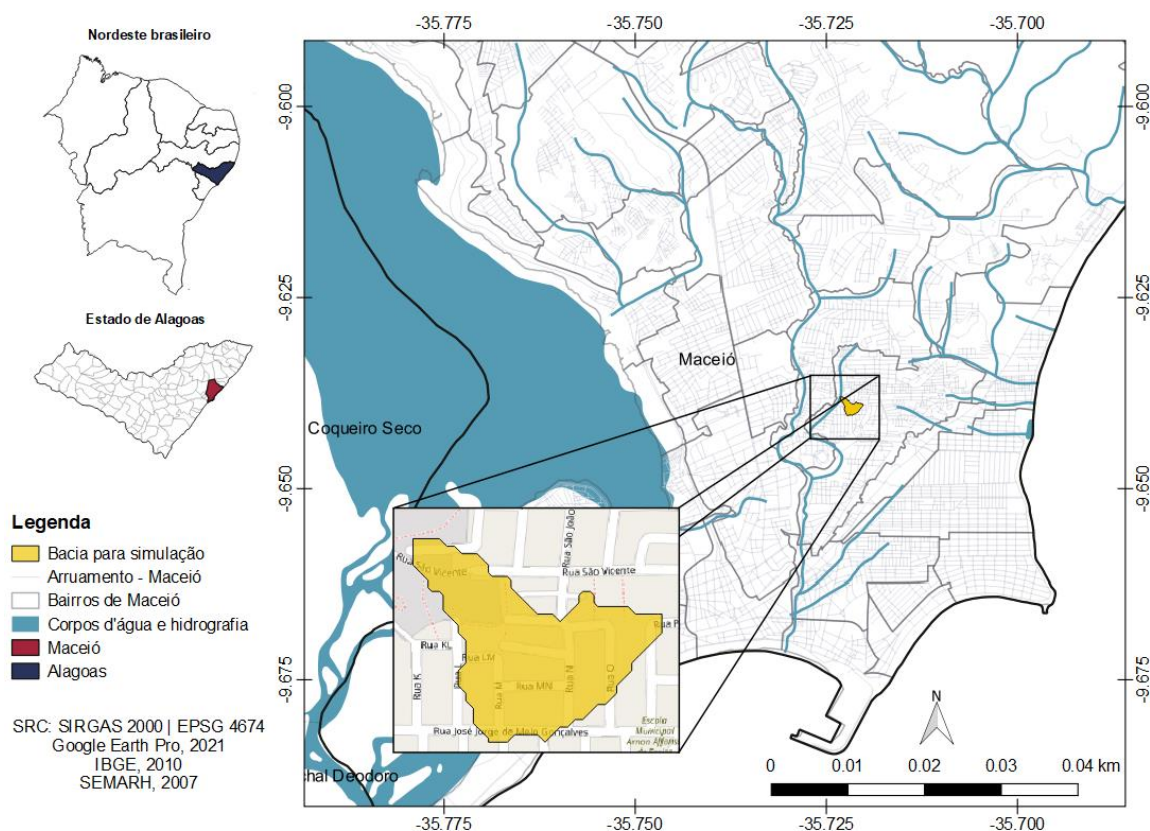
4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se no município de Maceió/AL, no Conjunto José da Silva Peixoto, do bairro Jacintinho. A sub-bacia de estudo está inserida na sub-bacia do riacho Pau D'Arco, pertencente à bacia hidrográfica do rio Reginaldo.

De acordo com o Memorial Descritivo do Edital de Concorrência Nº 6/2020, referente ao Programa de Implantação de Jardins Filtrantes; Requalificação Ambiental dos Riachos: Salgadinho, Reginaldo, Pau D'arco, Sapo, Gulandi e Águas Férreas; Modernização Com Ampliação de Capacidade da Ee – Emissário Submarino; Modernização Viária e Urbanística do Riacho Salgadinho e Modernização Urbanística das Margens do Riacho Águas Férreas e da Praia da Avenida, a sub-bacia do Riacho Pau d'Arco está localizada na bacia do Riacho Reginaldo, e possui aproximadamente 3,8 km de extensão, percorrendo os bairros do Feitosa e Jacintinho, totalizando uma área de 2,74 km². A bacia é composta de 70% de sua área por regiões residenciais com aproximadamente 11,4% de sua área com vias, sendo estas 3,8% asfaltadas e 7,6% em paralelepípedo.

A sub-bacia de estudo foi delimitada por Neto (2022), com uso do software livre QGIS e sua integração com o plugin GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*), também de código aberto. Segundo o autor, a bacia foi escolhida em virtude da proximidade do lote padrão, que corresponde à sua própria residência, e cujas características de consumo de água foram utilizadas como base para a construção da série de demanda no cenário de referência. Os lotes da bacia escolhida possuem as características semelhantes ao lote de referência adotado pelo autor.

Figura 3. Localização da área de estudo



4.2 Perfil de consumo de água e dados de precipitação

Neste trabalho, foi considerada a série de precipitações desenvolvida por Santos (2021), que utilizou dados discretizados em intervalos de tempo de 1 minuto, numa série de 7 anos, entre 2014 e 2020. Os dados são provenientes de um pluviômetro de báscula do tipo TB6 da marca Hydrological Services Pty Ltd, com basculada de 0,2 mm, com datalogger, isto é, um registrador automático das informações ao longo do tempo, no bairro vizinho do Feitosa.

Para o perfil de consumo, foram considerados inicialmente os dados obtidos por Neto (2022), no lote referencial citado anteriormente, localizado nas imediações da sub-bacia de estudo. O autor coletou as leituras do hidrômetro do imóvel durante o mês de fevereiro de 2022, registrando também os diferentes usos para os quais a água consumida estava sendo utilizada. Desta forma, considerou-se que as demais residências da sub-bacia tinham o mesmo padrão de consumo do lote de referência,

com a qual o autor pôde classificar os usos que poderiam ser substituídos pela água de reaproveitamento dos telhados com aplicação de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais – SAAP, de com um consumo de 0,01108 L/s entre as 09h00min e 09h15min da manhã.

Figura 4. Localização do lote de referência



Fonte: Autora, 2022.

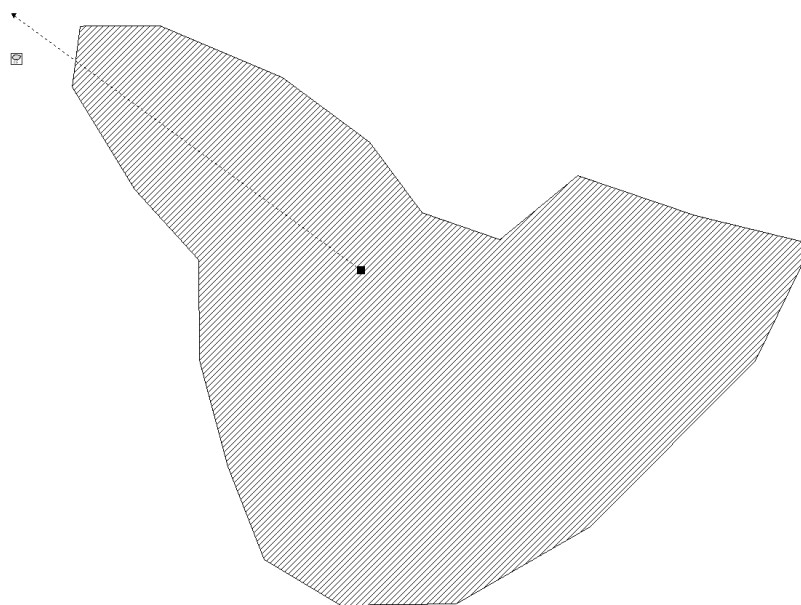
Neto (2022) usou a mesma definição do SAAP usada por Santos (2021) em suas simulações, sendo composto por uma parcela de telhado, calha, reservatório principal com volume fixado em 200 litros, extravasor, reservatório de descarte para os primeiros milímetros de chuva e torneira para utilização da água de aproveitamento.

4.3 Criação dos cenários e desenvolvimento das séries de consumo

Para este estudo, foram considerados um cenário de referência e mais dois conjuntos de cenários. O Cenário de referência não possui intervenções e foi

desenvolvido por Neto (2022). Neste cenário, toda a precipitação da bacia, que possui 4,43 hectares, é escoada para o seu exutório. Ademais, a modelagem hidráulica base foi desenvolvida pelo autor, e aproveitada aqui, sendo possível acrescentar os dois conjuntos de cenários a seguir: conjunto 1 com cenários de aumento da demanda e conjunto 2 com cenários com o aumento do número de lotes com SAAP.

Figura 5. Bacia utilizada no cenário de referência



Fonte: Autora, 2023.

No conjunto 1, cada cenário criado foi descrito com a nomenclatura seguinte: Cen1.1, Cen1.2, e assim por diante, sendo criados vários cenários em função das mudanças nas séries de demandas. De posse do perfil de consumo caracterizado por Neto (2022), foi possível considerar um aumento no consumo da água de aproveitamento da água pluvial coletada nos telhados por um fator multiplicativo de 10%, 20%, 30%, 40% e 50% na demanda de consumo de 0,01108 L/s caracterizada pelo autor, a fim de verificar o quanto este aumento contribui para a atenuação dos volumes escoados e a vazão de pico da sub-bacia.

Em seguida, foi considerada uma alteração no consumo dos lotes, adicionando-se outros usos. Para tanto, foi considerado que os lotes utilizam a água do SAAP para lavagem de áreas de serviço, calçadas e carros, além da rega de plantas,

pressupondo que todos os lotes possuem carros, nos intervalos descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Frequência de uso da água proveniente do SAAP

Atividade	Horário	Frequência	Vazão (L/s)
Rega de plantas	08h00 – 08h10	Diária	-0,17
Lavagem de calçada	09h00 – 09h15	Diária	-0,01108
Lavagem da área de serviço	09h15 – 09h30	Diária	-0,01108
Lavagem de carros	10h00 – 10h30	Semanal	-0,057

Fonte: Autora, 2022.

Sendo assim, para a lavagem das calçadas e área de serviço, foi adotada a vazão prevista por Neto (2022), enquanto foi considerado um gasto de 100 litros por lavagem de carros. Para a rega de plantas, foi considerado o uso de mangueiras, assim, adotou-se a vazão de 0,17L/s, indicada por Alves *et al* (2019) para este tipo de ferramenta. Desta forma, conforme Figura 6, foi desenvolvido um algoritmo em Python, para discretizar os dados em minutos, uma vez que a sua execução manual seria contraprodutiva. Desta forma, o algoritmo retornou uma tabela em csv para o consumo dos anos de 2014 a 2020, a partir das vazões estabelecidas

Figura 6. Algoritmo para criação da série de demanda do cenário 1

```

import pandas as pd

#criação dos intervalos de tempo (0) e valores de demanda
primeiro = pd.DataFrame({"Data": pd.date_range(start='07:59', end='07:59', freq='T'), "Demanda": 0})
plantas = pd.DataFrame({S
    "Data": pd.date_range(start='08:00', end='08:10', freq='T'),
    "Demanda": -0.0102
})
segundo = pd.DataFrame({"Data": pd.date_range(start='08:11', end='08:15', freq='T'), "Demanda": 0})
terceiro = pd.DataFrame({"Data": pd.date_range(start='08:55', end='08:59', freq='T'), "Demanda": 0})

calçada = pd.DataFrame({
    "Data": pd.date_range(start='09:00', end='09:15', freq='T'), S
    "Demanda": -0.01108
})

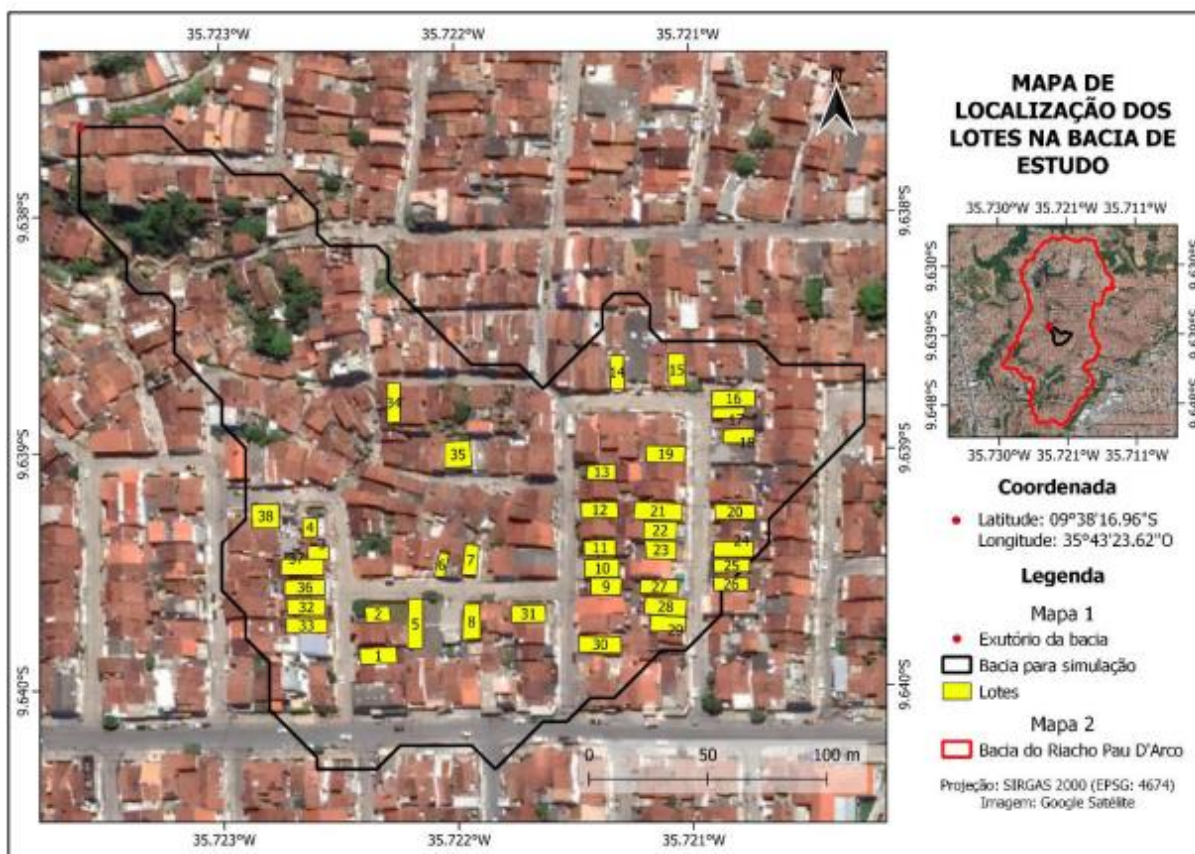
```

Fonte: Autora, 2023.

No conjunto 2 de cenários, utilizou-se a série de demanda do cenário de intervenção de Neto (2022), aumentando-se em 20%, 40%, 60%, 80% e 100% o número de lotes com SAAP inicialmente considerados pelo autor, de 38 lotes. Da mesma forma que no conjunto 1, cada cenário criado no conjunto 2 foi descrito com a

nomenclatura seguinte: Cen2.1, Cen2.2, e assim por diante, também sendo criados vários cenários em função das mudanças no número de lotes com SAAP.

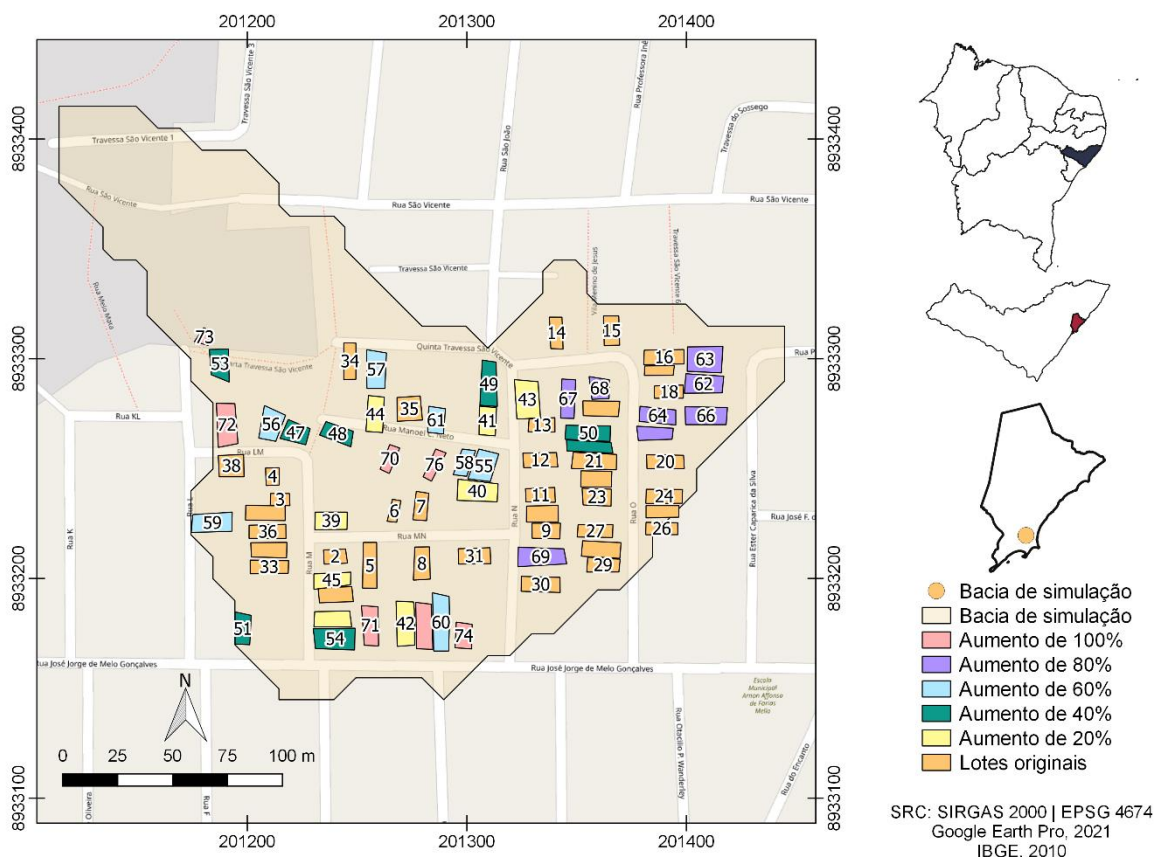
Figura 7. Distribuição dos lotes inicialmente considerados por Araújo Neto (2022)



Fonte: Araújo Neto, 2022.

Os lotes foram escolhidos de acordo com suas dimensões, e similaridades com os lotes de referência, sendo suas áreas individuais inseridas como dados para a simulação. Na Figura 8, é possível analisar os lotes inicialmente selecionados por Araújo Neto (2022) e os lotes adicionados, considerando as porcentagens supracitadas. Observa-se que os lotes foram distribuídos espacialmente de forma a abranger a bacia nas adjacências dos lotes originalmente alocados.

Figura 8. Distribuição dos lotes na bacia de estudo



Fonte: Autora, 2023.

4.4 Simulação dos cenários

Os conjuntos de cenários foram simulados de forma contínua. O Modelo de Gerenciamento de Águas Pluviais da EPA (SWMM) simula componentes de escoamento em sub-bacias, incluindo neste trabalho os dispositivos de armazenamento.

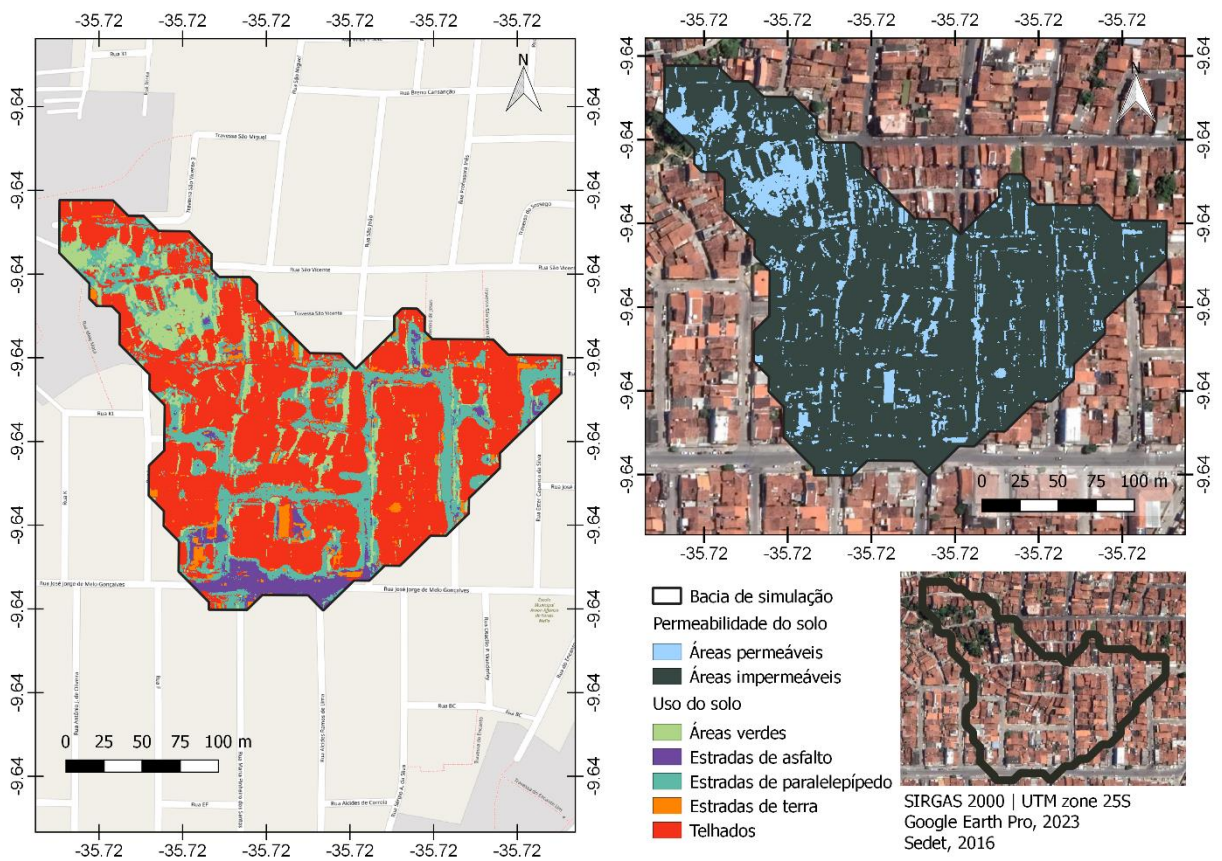
A classificação do uso e ocupação do solo foi feita por Neto (2022), mediante a manipulação de imagens de satélite referentes ao ano de 2016, disponibilizadas pela Secretaria de Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente – SEDET. A classificação foi realizada a partir do plugin de código aberto Dzetsaka do QGIS, de acordo com as tipologias dispostas na Tabela 6, adaptada de Barros (2015). Ademais, a partir dos resultados obtido, foi gerado a mapa a seguir (Figura 9), além da determinação das áreas relativas as classes de ocupação do solo do local de estudo.

Tabela 6. Tipos de uso e cobertura do solo

Classe de impermeabilidade	
Área permeável total	Áreas verdes
	Estradas de terra
	Pastagens
	Terrenos Baldios
Área impermeável total	Estacionamentos
	Estradas de paralelepípedo
	Estradas de asfalto
	Telhados
Outros	Nuvens
	Água

Fonte: Adaptado de Araújo Neto (2022) e Barros (2015)

Figura 9. Mapa de uso e ocupação do solo



Fonte: Autora, 2023

Tabela 7. Áreas e porcentagens obtidas para o uso e ocupação do solo

Classes	Área (m ²)	(%)
Telhados	26506	60%
Estradas de paralelepípedo	9334	21%

Áreas verdes	4898	11%
Estradas de asfalto	2184	5%
Estradas de terra	1401	3%

Fonte: Adaptado de Araújo Neto (2022)

Deste modo, a partir do mapa desenvolvido, foi possível calcular as classes de solo presentes na bacia de estudo, dispostas na Tabela 7. Observa-se que as áreas impermeáveis são compostas por telhados, estradas de paralelepípedo e asfalto, representando 86% da sua área total, enquanto as áreas permeáveis são compostas por áreas verdes e estradas de terra, representando apenas 14% da bacia.

O coeficiente de rugosidade de Manning, que indica a resistência do fluido ao escoamento, além da capacidade de armazenamento em depressões, foram determinadas por Araújo Neto (2022) seguindo a tabela dada por Lima (2011), disposta a seguir.

Tabela 8. Coeficientes de rugosidade de Manning e capacidade de armazenamento em depressões

Parâmetro	Valor	Unidade
Coeficiente de rugosidade de Manning (superfícies impermeáveis) (η_{imp})	0,053	-
Coeficiente de rugosidade de Manning (superfícies permeáveis) (η_{perm})	0,355	-
Capacidade de armazenamento em depressões (superfícies impermeáveis) (P_{aimp})	1,9	mm
Capacidade de armazenamento em depressões (superfícies permeáveis) (P_{Aperm})	6,64	mm

Fonte: Adaptado de Lima (2011) e Neto (2022)

Para as áreas impermeáveis sem armazenamento em depressões, foi considerado por Araújo Neto (2022) o sugerido pelo Manual do Usuário do SWMM de 25%, considerando que não há informações suficiente para sua determinação exata. O valor médio de CN para o local de estudo foi determinado a partir dos dados do mapeamento pedológico realizada pela EMBRAPA, no ano de 2013, onde foi realizada uma média ponderada a partir das porcentagens de área de cada classe de solo da sub-bacia e seu valor de CN, a partir da expressão a seguir. As condições de umidade foram consideradas como AMC II, solo próximo à capacidade de campo, sendo está uma umidade média. Desta forma, os valores adotados podem ser iguais

aos tabelados, sendo adotados conforme a tabela a seguir (USDA, 1986). Ademais, foi obtido um coeficiente médio para a área de estudo igual a 90.

$$CN_{Total} = \sum_{i=1}^n \frac{CN_i \times A_i}{A_i}$$

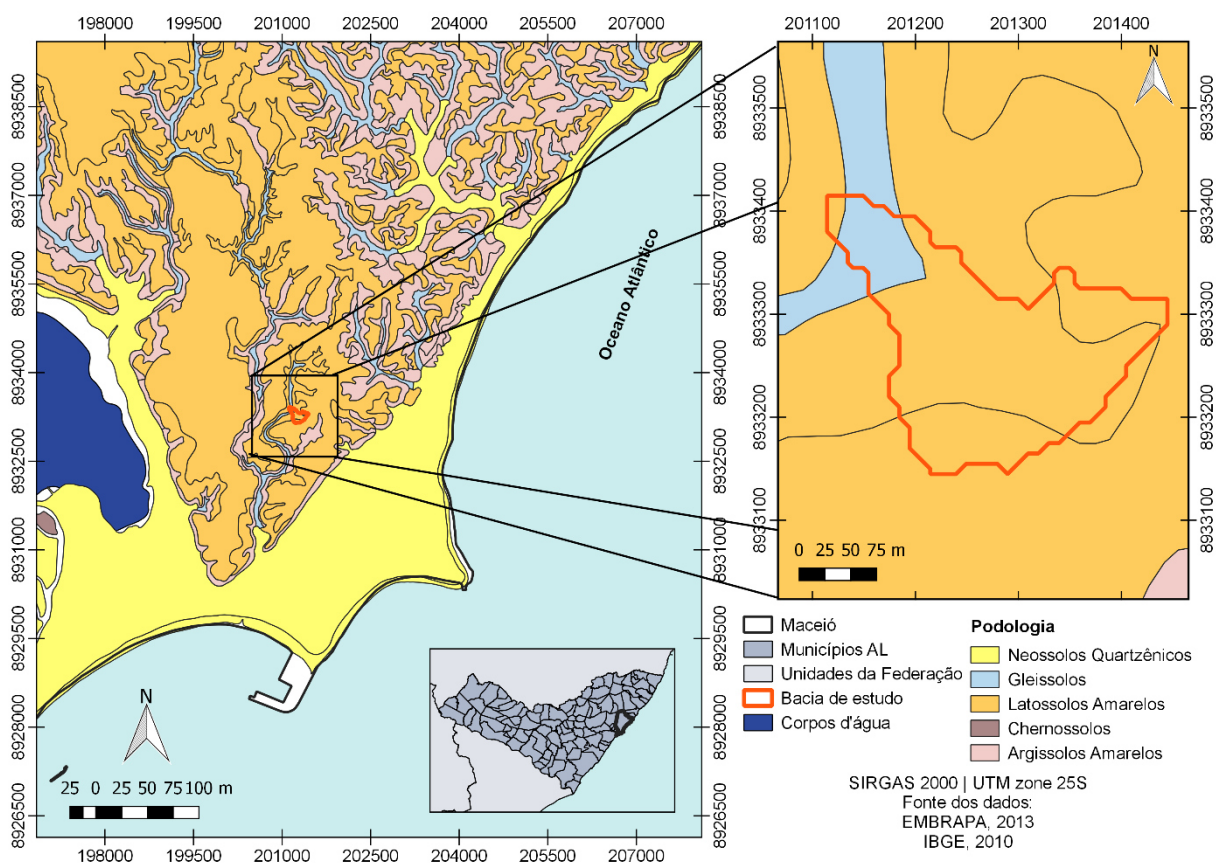
Em que:

CN_{TOTAL} : valor da curva-número para a sub-bacia

CN_i : valor da curva-número para cada tipo de solo

A_i : área de cada classe

Figura 10. Solos da bacia de estudo



Fonte: Autora, 2022.

Tabela 9. Valores de CN

Uso e cobertura do solo	Grupo hidrológico	
	C	D
Estradas de terra	87	89
Estradas de asfalto	98	98
Áreas verdes	86	89
Estradas de paralelepípedo	89	91
Telhados	90	92

Fonte: Adaptado de USDA, 1986.

A declividade e área da sub-bacia foram estimadas por Araújo Neto (2022) utilizando o QGIS e sua integração com o *plugin* GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*), obtendo os valores de 44.323m² e 8,06% para os parâmetros. Assim, por meio da razão entre a sua área e o comprimento máximo de escoamento da bacia, o autor determinou a Largura característica (W_c) de 100,19m.

Além disso, para a simulação dos telhados contendo os SAAPs, Neto considerou, inicialmente, 38 lotes com características construtivas semelhantes ao lote de referência, seguindo a metodologia de Santos (2021). Assim, a Tabela 10 demonstra os valores para os parâmetros de entrada do modelo:

Tabela 10. Parâmetros adotados para os telhados

Parâmetro	Valor	Unidade
Largura característica (W_c)	3	m
Declividade	0,197	%
Coefficiente de rugosidade de Manning (superfícies impermeáveis) (η_{imp})	0,015	-
Coefficiente de rugosidade de Manning (superfícies permeáveis) (η_{perm})	0,1	-
Capacidade de armazenamento em depressões (superfícies impermeáveis) (P_{aimp})	1	mm
Capacidade de armazenamento em depressões (superfícies permeáveis) (P_{Aperm})	2,54	mm
Áreas Impermeáveis (AI)	90	%
Áreas Impermeáveis sem armazenamento em depressões (AS/A)	0	%

Fonte: Adaptado de Neto, 2022.

Para os parâmetros dos reservatórios de descarte, Neto (2022) adotou o proposto por Santos (2021), com dados de calibração de julho a outubro de 2018 e

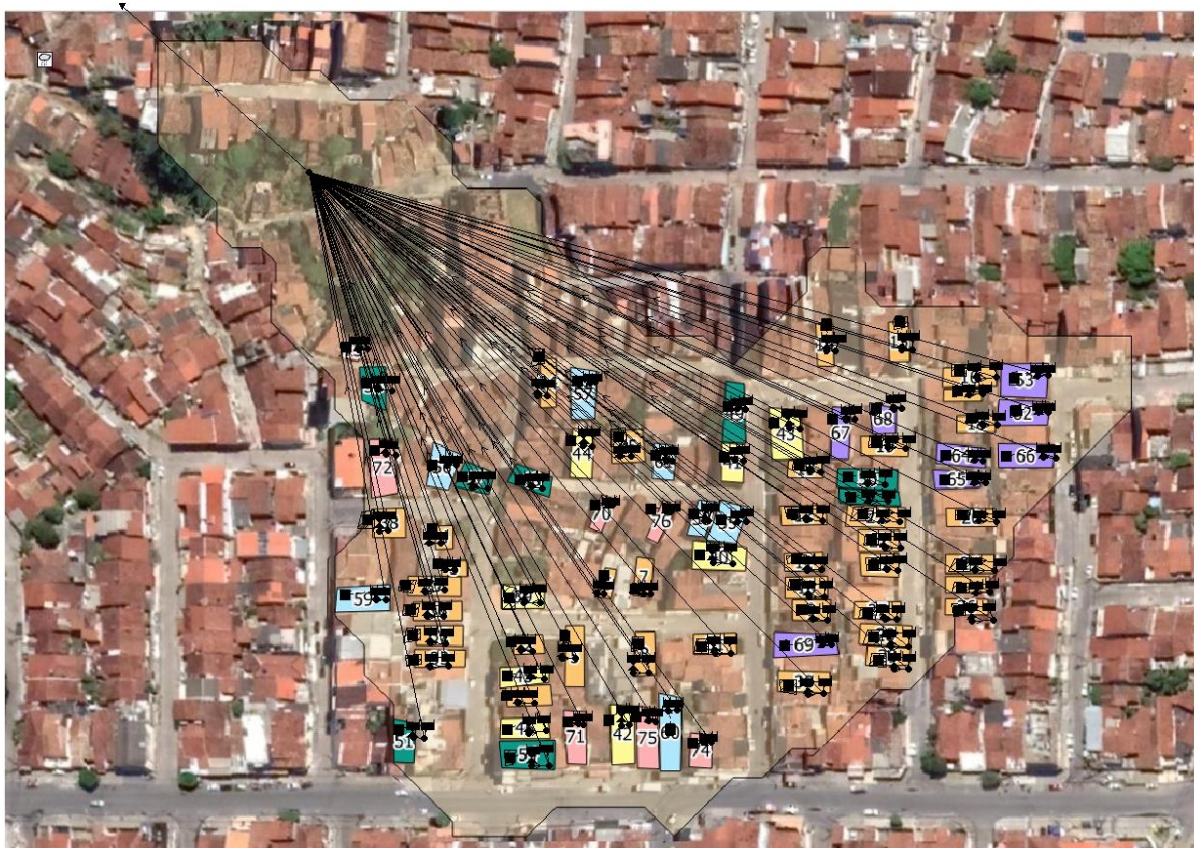
validados de novembro de 2018 a março de 2019. Assumiu-se uma simplificação na bacia, nas quais os hidrogramas vindos dos telhados, e excedentes do reservatório principal do SAAP, foram transportados para o seu exutório por condutos fictícios, aqui denominados “Conduto fictício 1” que se encontram num ponto em comum, conforme a Figura 11.

Figura 11. Esquema de simulação no SWMM para os cenários 1.1 a 1.6



Fonte: Autora, 2023.

Figura 12. Esquema de simulação no SWMM para os cenários 2.1 a 2.5



Fonte: Autora, 2023.

4.5 Consolidação de cenários com efeitos significativos

Para os cenários aqui adotados, a fim de avaliar a diferença em relação ao cenário sem intervenção, foi necessário um balanço após a cada simulação contínua, conforme Equação 1 (NETO e NEVES, 2022).

Equação 1. Balanço dos hidrogramas

$$Q_{cint} = Q_{sint} - Q_t + Q_s$$

na qual Q_{cint} e Q_{sint} representam os hidrogramas escoados nos cenários com e sem intervenção, respectivamente, Q_t e Q_s representam os hidrogramas escoados nos telhados e nas saídas dos SAAP, respectivamente.

Para a análise dos resultados, foram verificadas a eficiência de abatimento da vazão de pico ($EA_{Q_{pmáx}}$) e do volume escoado (EA_v) para cada cenário, através porcentagens calculadas pelas equações Equação 2 e Equação 3.

Equação 2. Eficiência no abatimento do volume

$$EA_{Q_{p\text{máx}}} = \frac{Q_{p_0} - Q_{p_{SAAP}}}{Q_{p_0}} \cdot 100 \text{ (Equação 1)}$$

Equação 3. Eficiência no abatimento da vazão de pico

$$EA_V = \frac{V_0 - V_{SAAP}}{V_0} \cdot 100 \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

Q_{p_0} : Vazão de pico para o cenário de referência;

$Q_{p_{SAAP}}$: Vazão de pico para o cenário em análise;

V_0 : Volumes escoados para o cenário de referência;

V_{SAAP} : Volumes escoados para o cenário em análise.

Além disso, foram elaborados gráficos que relacionam o abatimento do volume escoado e da vazão de pico com o aumento da demanda e do número de lotes com SAAP, com as quais foi possível analisar quais cenários ou combinações de cenários possuíam melhor controle das águas pluviais. As ordenadas dos gráficos são dadas pelos indicadores, enquanto as abscissas são dadas pela evolução dos cenários em relação ao aumento da demanda da água pluvial e/ou aumento do número de lotes, conforme será mostrado no item de resultados

5 RESULTADOS

Com a modelagem desenvolvida, foi possível avaliar a influência do aumento da demanda estudada por Neto (2022) na diminuição do escoamento superficial da sub-bacia estudada. Além disso, avaliou-se a proporção do número de lotes com sistema de aproveitamento de águas pluviais que possui interferência no escoamento superficial da bacia. Assim, de posse de tais resultados e suas comparações, os efeitos do SAAP na urbanização e drenagem foram avaliados.

5.1 Séries de demanda

Com base na série de demanda descrita por Neto (2022), foi construída uma tabela considerando um aumento de 10, 20, 30, 40 e 50% na demanda do uso da água do SAAP, para o primeiro cenário, com as quais foram feitas simulações para os anos de 2014 a 2020, a fim de analisar o abatimento da vazão de pico e volumes escoados na sub-bacia. A demanda é inserida no SAAP, dentro do modelo, como vazão negativa aplicada nos reservatórios, desta forma, os valores são inseridos com sinal negativo.

Tabela 11. Séries de demanda

DATA	HORA	REFERÊNCIA	AUMENTO DE DEMANDA				
			Cen1.1 (10%)	Cen1.2 (20%)	Cen1.3 (30%)	Cen1.4 (40%)	Cen1.5 (50%)
01/01/2014	08:55:00	0	0	0	0	0	0
	08:56:00	0	0	0	0	0	0
	08:57:00	0	0	0	0	0	0
	08:58:00	0	0	0	0	0	0
	08:59:00	0	0	0	0	0	0
	09:00:00	-0,01108	-0,0122	-0,0133	-0,0144	-0,0155	-0,0166
	09:01:00	-0,01108	-0,0122	-0,0133	-0,0144	-0,0155	-0,0166
	09:02:00	-0,01108	-0,0122	-0,0133	-0,0144	-0,0155	-0,0166

	09:14:00	-0,01108	-0,0122	-0,0133	-0,0144	-0,0155	-0,0166
	09:15:00	-0,01108	-0,0122	-0,0133	-0,0144	-0,0155	-0,0166
	09:16:00	0	0	0	0	0	0
	09:20:00	0	0	0	0	0	0
01/02/2014	08:55:00	0	0	0	0	0	0
	08:56:00	0	0	0	0	0	0
	08:57:00	0	0	0	0	0	0

DATA	HORA	REFERÊNCIA	AUMENTO DE DEMANDA				
			Cen1.1 (10%)	Cen1.2 (20%)	Cen1.3 (30%)	Cen1.4 (40%)	Cen1.5 (50%)
	08:58:00	0	0	0	0	0	0
	08:59:00	0	0	0	0	0	0
	09:00:00	-0,01108	-0,0122	-0,0133	-0,0144	-0,0155	-0,0166
	09:01:00	-0,01108	-0,0122	-0,0133	-0,0144	-0,0155	-0,0166
	09:02:00	-0,01108	-0,0122	-0,0133	-0,0144	-0,0155	-0,0166

Fonte: Autora, 2023.

Para o cenário de alteração do consumo nos lotes, a partir da aplicação do algoritmo desenvolvido em Python, foi possível obter documentos de textos com a demanda estipulada pela Tabela 5 para os anos de 2014 a 2020, com os quais foi possível obter tabelas em Excel, conforme demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12. Demanda para o Cenário 1.6

date	Hora	Cenário 1.6
01-01-2016	07:55:00	0

	08:00:00	-0,17

	08:10:00	-0,17
	08:11:00	0

	08:59:00	0
	09:00:00	-0,01108
	09:29:00	-0,01108
	09:30:00	-0,01108
	09:31:00	0

	09:59:00	0
	10:00:00	-0,057

	10:30:00	-0,057
	10:31:00	0

	10:35:00	0
01-02-2016	07:55:00	0

	07:59:00	0
	08:00:00	-0,17

Fonte: Autora, 2023.

5.2 Desempenho do SAAP na redução do escoamento do cenário 1

Para obtenção dos volumes escoados na bacia, o fluxo total na bacia foi simulado no SWMM, considerando as demandas dos Cenários 1.1 a 1.6, bem como a série de precipitação desenvolvida por Santos (2021) para os anos de 2014 a 2020, sendo as simulações feitas a cada ano. Tomando os valores de referência fornecidos por Araújo Neto para o escoamento total e vazão de pico anual sem SAAP, conforme Tabela 13, bem como as vazões geradas e propagadas até o exutório da sub-bacia, ou seja, a série de vazões geradas na simulação, com intervalo de tempo de 1 minuto, somaram-se seus valores, multiplicando o resultado pelo intervalo de tempo, obtendo o volume escoado para o exutório de toda a série. Com os valores de volume e vazão para cada parcela de telhados somados, aplicou-se a Equação 1:

Tabela 13. Valores de referência

Anos	Escoamento total sem SAAP (10³ m³)	Vazão de pico sem SAAP (L/s)
2014	45,27	686
2015	45,59	916,4
2016	23,45	428,9
2017	64,19	426,5
2018	43,31	477,9
2019	44,6	736,8
2020	61,28	612,9

Fonte: Autora, 2023.

Os valores estão expostos nas Tabela 14 e Tabela 15 para cada ano da série. A partir da aplicação da Equação 1, foi possível avaliar a sua redução devido a inserção do SAAP, em relação ao cenário de referência, conforme Tabela 16 e Tabela 17.

Tabela 14. Volumes escoados na sub-bacia – conjunto de cenários 1

Anos	Escoamento total sem SAAP (10³ m³)	Cen 1.1 10% (10³ m³)	Cen 1.2 20% (10³ m³)	Cen 1.3 30% (10³ m³)	Cen 1.4 40% (10³ m³)	Cen 1.5 50% (10³ m³)	Cen 1.6 (10³ m³)
2014	45,27	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	44,9
2015	45,59	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,2
2016	23,45	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,1
2017	64,19	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	63,7
2018	43,31	43,2	43,2	43,2	43,1	43,1	42,9
2019	44,6	44,5	44,5	44,5	44,5	44,4	44,2
2020	61,28	61,2	61,1	61,1	61,1	61,1	60,9

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 15. Vazões de pico na sub-bacia – conjunto de cenários 1

Anos	Vazão de pico sem SAAP (10³ L/s)	Cen 1.1 10% (10³ L/s)	Cen 1.2 20% (10³ L/s)	Cen 1.3 30% (10³ L/s)	Cen 1.4 40% (10³ L/s)	Cen 1.5 50% (10³ L/s)	Cen 1.6 (10³ L/s)
2014	686	684,5	684,5	684,5	684,5	684,5	667,9
2015	916,4	910,7	910,7	910,7	910,7	910,7	890,5
2016	428,85	423,3	423,3	423,3	423,3	423,3	413,4
2017	426,52	415,2	415,2	415,2	415,2	415,2	403,0
2018	477,87	472,3	472,1	471,9	471,7	471,4	460,7
2019	736,78	724,7	724,7	724,7	724,7	724,7	718,2
2020	612,86	607,3	607,3	607,3	607,3	607,3	596,8

Tabela 16. Abatimento de EA_v – conjunto de cenários 1

Anos	Cen 1.1 10% (10³ m³)	Cen 1.2 20% (10³ m³)	Cen 1.3 30% (10³ m³)	Cen 1.4 40% (10³ m³)	Cen 1.5 50% (10³ m³)	Cen 1.6 (10³ m³)
2014	0,31%	0,33%	0,34%	0,36%	0,37%	0,85%
2015	0,34%	0,35%	0,36%	0,37%	0,38%	0,88%
2016	0,61%	0,64%	0,67%	0,70%	0,73%	1,41%
2017	0,32%	0,33%	0,34%	0,35%	0,36%	0,75%
2018	0,34%	0,35%	0,37%	0,38%	0,39%	0,97%
2019	0,28%	0,30%	0,31%	0,33%	0,34%	0,87%
2020	0,21%	0,22%	0,23%	0,24%	0,25%	0,69%
MÉDIA	0,34%	0,36%	0,38%	0,39%	0,40%	0,92%

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 17. Abatimento de Qp – conjunto de cenários 1

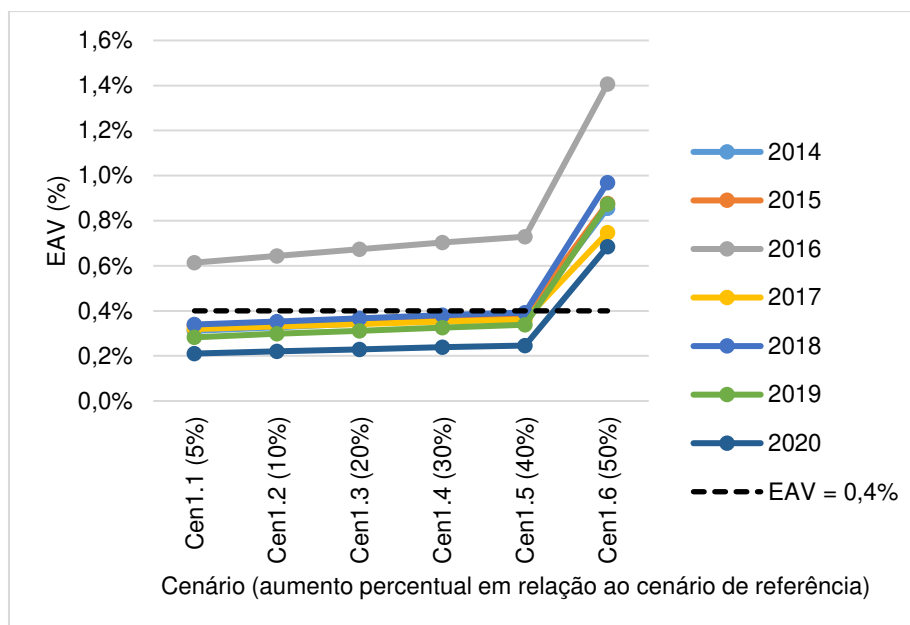
Anos	Cen 1.1 10% (L/s)	Cen 1.2 20% (L/s)	Cen 1.3 30% (L/s)	Cen 1.4 40% (L/s)	Cen 1.5 50% (L/s)	Cen 1.6 (L/s)
2014	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	2,64%
2015	0,62%	0,62%	0,62%	0,62%	0,62%	2,83%
2016	1,29%	1,29%	1,29%	1,29%	1,29%	5,95%
2017	2,65%	2,65%	2,65%	2,65%	2,65%	5,52%
2018	1,17%	1,20%	1,25%	1,30%	1,36%	3,59%
2019	1,63%	1,63%	1,63%	1,63%	1,63%	2,52%
2020	0,91%	0,91%	0,91%	0,91%	0,91%	2,63%
MÉDIA	1,21%	1,22%	1,22%	1,23%	1,24%	3,67%

Fonte: Autora, 2023.

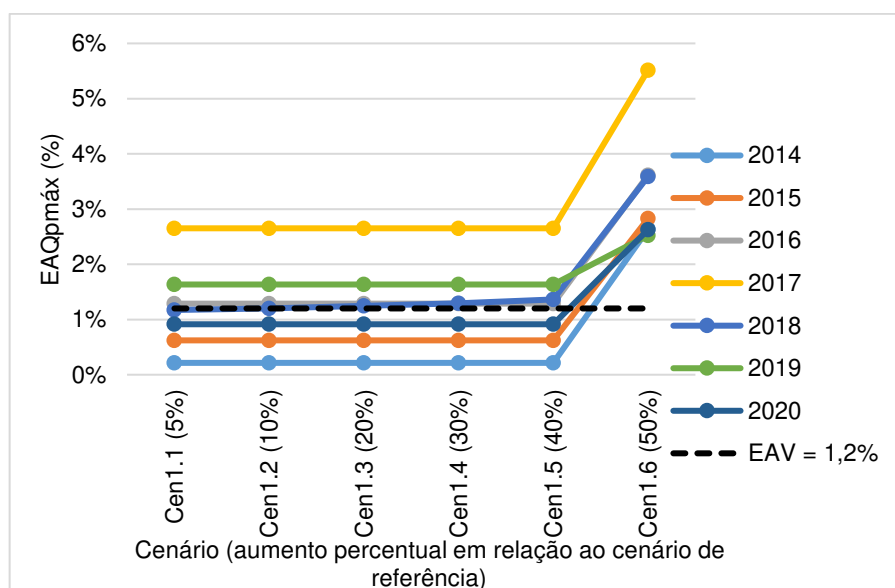
De posse dos valores de abatimento dos volumes e das vazões de pico, foram desenvolvidos gráficos, com as quais foi possível analisar o controle das águas pluviais em função dos cenários aplicados.

Conforme Figura 13 e Figura 14, observa-se que as reduções para o escoamento superficial foram mais significativas no cenário 1.6, onde foi considerado aumento da demanda de água para usos diversificados, tendo nas demais simulações uma média de 0,4% nas reduções. É possível perceber que, em geral, os valores para as simulações com aumento de demanda (Cen 1.1 a Cen 1.6) se mantêm próximos ao valor de referência sem SAAP, com exceção do ano de 2016, no qual o valor simulado com Cen 1.1 a Cen 1.6 é significativamente menor. Isso pode ser explicado pelas condições climáticas e pluviométricas específicas desse ano, que podem ter afetado a quantidade de água escoada.

Já em relação à vazão de pico, é possível notar que o aumento na demanda de água do SAAP tem um efeito mais evidente, com as simulações apresentando valores menores que o de referência sem SAAP em todos os anos analisados. Além disso, quanto maior o aumento na demanda, maior a redução na vazão de pico, na qual o cenário 1.6 foi o de maior redução, chegando a obter 5,95% nas reduções para o ano de 2017.

Figura 13. Gráfico de redução do volume escoado para o conjunto de cenários 1

Fonte: Autora, 2023.

Figura 14. Gráfico de redução da vazão de pico para o conjunto de cenários 1

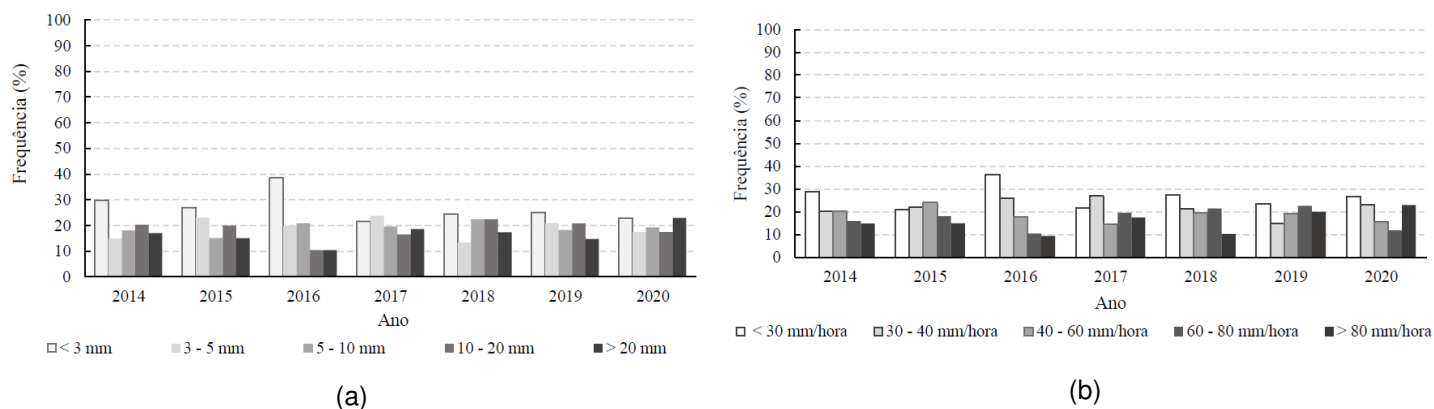
Fonte: Autora, 2023.

Na Figura 15a (SANTOS, 2021), pode-se ver que eventos com precipitação total menor que 3 mm foram mais frequentes nos anos de 2014, 2015 e 2016. Nestes eventos, o reservatório de descarte das primeiras águas capta mais de 90% do volume total, conforme Figura 16a, ou seja, praticamente todo o escoamento não entra no

reservatório principal, sendo controlado pelo reservatório de descarte das primeiras águas.

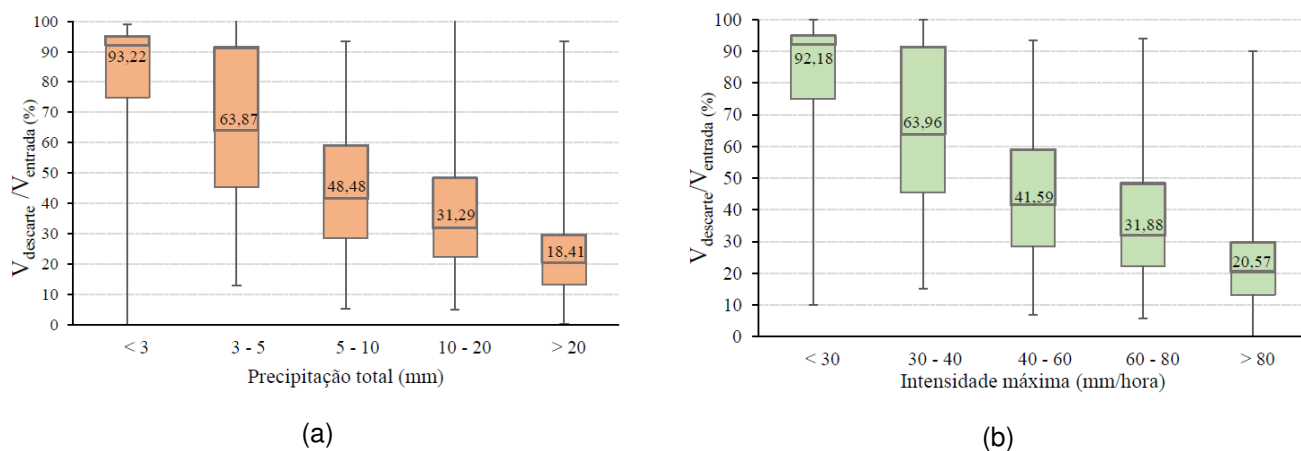
Na Figura 15b (SANTOS, 2021), pode-se ver que eventos com intensidade máxima menor que 30 mm/h foram mais frequentes no ano de 2016. A Figura 16b mostra a mesma influência do reservatório de descarte das primeiras águas.

Figura 15. (a) Distribuição de frequência das classes de precipitação total; (b) Distribuição de frequência das classes de intensidade máxima



Fonte: Santos (2021)

Figura 16. (a) $V_{\text{descarte}}/V_{\text{entrada}}$ em classes de precipitação total ; (b) $V_{\text{descarte}}/V_{\text{entrada}}$ em classes de intensidade máxima



Fonte: Santos (2021)

O conjunto de cenários 2, por sua vez, foi simulado a partir do aumento do número de lotes. Para tanto, foi considerado um aumento de cerca de 20% para o número de lotes em cada cenário desenvolvido. Para a simulação destes cenários, foi utilizada a série de demanda desenvolvida por Neto (2022), considerando a área de cada lote na inserção dos parâmetros das áreas dos lotes.

Figura 17. Área dos lotes considerados nos cenários

Lote	Área (m ²)	Cenário	Lote	Área (m ²)	Cenário
0	84	Referência	38	117	2.1
1	104		39	165	
2	67		40	99	
3	48		41	165	
4	46		42	187	
5	131		43	122	
6	42		44	108	
7	76		45	118	
8	106		46	98	2.2
9	89		47	99	
10	11		48	147	
11	85		49	139	
12	102		50	99	
13	73		51	102	
14	70		52	112	
15	80		53	176	
16	126		54	135	2.3
17	58		55	128	
18	73		56	147	
19	112		57	75	
20	104		58	155	
21	144		59	191	
22	101		60	88	
23	98		61	144	
24	109		62	186	2.4
25	78		63	115	
26	90		64	93	
27	9		65	152	
28	124		66	111	
29	92		67	81	
30	121		68	171	
31	100		69	58	
32	11	70	127		

Lote	Área (m ²)	Cenário	Lote	Área (m ²)	Cenário
33	104		71	169	
34	94		72	39	
35	12		73	86	
36	104		74	152	
37	101		75	67	

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 18. Volumes escoados na sub-bacia – Cenário 2

Anos	Escoamento total sem SAAP (10 ³ m ³)	Cen 2.1	Cen 2.2	Cen 2.3	Cen 2.4	Cen 2.5
		20% (10 ³ m ³)	40% (10 ³ m ³)	60% (10 ³ m ³)	80% (10 ³ m ³)	100% (10 ³ m ³)
2014	45,27	45,0	45,0	44,9	44,8	44,7
2015	45,59	45,3	45,2	45,2	45,1	45,0
2016	23,45	23,2	23,1	23,1	23,0	23,0
2017	64,19	63,8	63,8	63,7	63,7	63,6
2018	43,31	43,0	43,0	43,0	42,9	42,9
2019	44,6	44,2	44,2	44,1	44,0	44,0
2020	61,28	60,9	60,8	60,8	60,7	60,7

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 19. Vazões de pico simuladas - Cenário 2

Anos	Vazão de pico sem SAAP (10 ³ L/s)	Cen 2.1	Cen 2.2	Cen 2.3	Cen 2.4	Cen 2.5
		2014 (10 ³ L/s)	2015 (10 ³ L/s)	2016 (10 ³ L/s)	2017 (10 ³ L/s)	2018 (10 ³ L/s)
2014	686	675,3	676,0	670,4	667,5	665,4
2015	916,4	894,8	891,6	888,6	884,9	882,0
2016	428,85	408,1	405,0	402,3	397,8	396,7
2017	426,52	402,6	398,5	394,8	390,5	386,8
2018	477,87	457,1	454,1	451,3	446,8	445,7
2019	736,78	703,1	698,9	693,9	687,7	683,1
2020	612,86	594,8	591,0	587,5	583,4	580,5

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 20. Abatimento de EAV – Cenário 2

Anos	Cen 2.1	Cen 2.2	Cen 2.3	Cen 2.4	Cen 2.5
	20% (10 ³ m ³)	40% (10 ³ m ³)	60% (10 ³ m ³)	80% (10 ³ m ³)	100% (10 ³ m ³)
2014	0,70%	0,71%	0,89%	1,05%	1,16%

Anos	Cen 2.1 20% (10 ³ m ³)	Cen 2.2 40% (10 ³ m ³)	Cen 2.3 60% (10 ³ m ³)	Cen 2.4 80% (10 ³ m ³)	Cen 2.5 100% (10 ³ m ³)
2015	0,74%	0,85%	0,95%	1,11%	1,22%
2016	1,13%	1,34%	1,47%	1,71%	1,85%
2017	0,57%	0,68%	0,72%	0,81%	0,90%
2018	0,61%	0,73%	0,79%	0,93%	1,00%
2019	0,81%	0,95%	1,07%	1,24%	1,36%
2020	0,63%	0,72%	0,78%	0,90%	0,99%
MÉDIA	0,74%	0,83%	0,95%	1,11%	1,21%

Fonte: Autora, 2023.

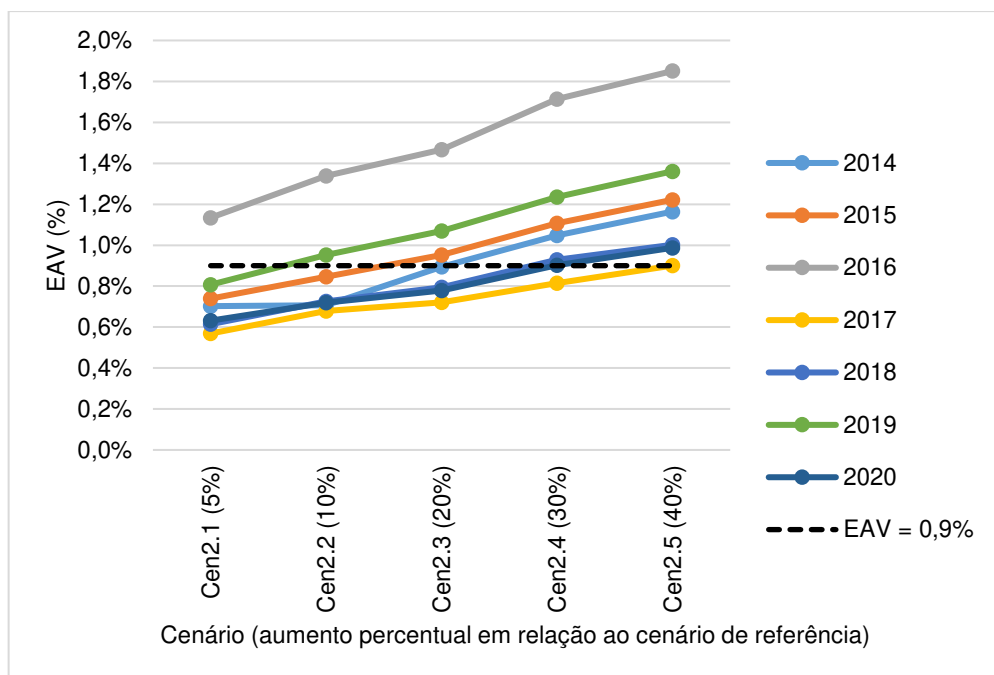
Tabela 21. Abatimento de Qp – Cenário 2

Anos	Cen 2.1 2014 (L/s)	Cen 2.2 2015 (L/s)	Cen 2.3 2016 (L/s)	Cen 2.4 2017 (L/s)	Cen 2.5 2018 (L/s)
2014	1,55%	1,46%	2,27%	2,69%	3,01%
2015	2,36%	2,71%	3,04%	3,44%	3,75%
2016	4,85%	5,55%	6,19%	7,24%	7,50%
2017	5,60%	6,57%	7,44%	8,44%	9,32%
2018	4,35%	4,98%	5,56%	6,50%	6,73%
2019	4,57%	5,14%	5,82%	6,66%	7,28%
2020	2,95%	3,57%	4,14%	4,80%	5,29%
MÉDIA	3,75%	4,28%	4,92%	5,68%	6,12%

Fonte: Autora, 2023.

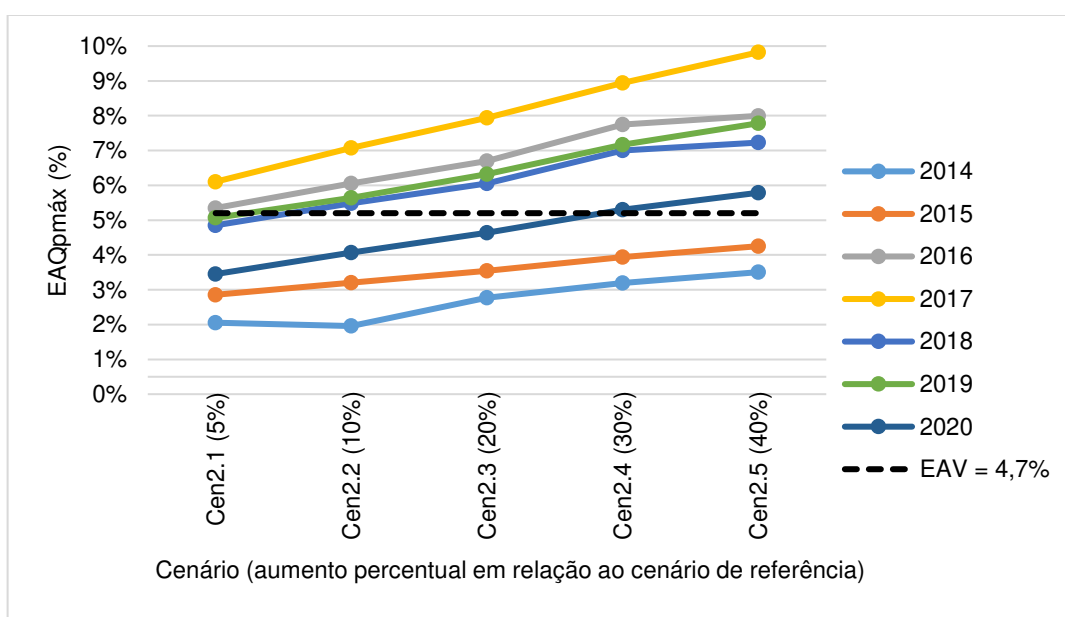
Para o cenário 2, é possível perceber que em todos eles o escoamento total é menor do que no cenário de referência (sem implementação de práticas de conservação de solo e água). O melhor cenário ocorreu com o aumento de 100% do número de lotes na bacia, onde pôde-se reduzir em média 1,21% das vazões escoadas e 6,12% da vazão de pico, para o cenário 2.5, com 76 lotes, porém, tais reduções são irrisórias para o controle de cheias.

Figura 18. Gráfico de redução do volume escoado para o conjunto de cenário 2



Fonte: Autora, 2023.

Figura 19. Gráfico de redução da vazão de pico o para o conjunto de cenário 2

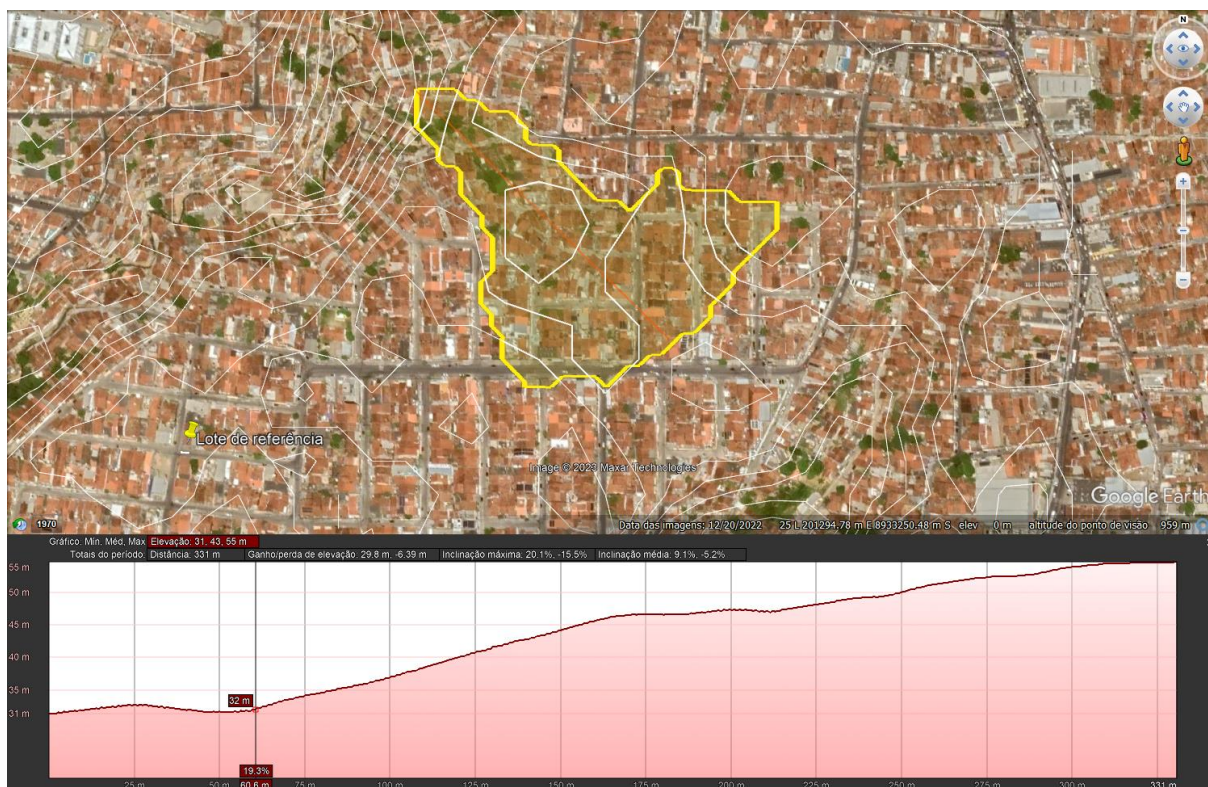


Fonte: Autora, 2023.

Entretanto, é importante ressaltar que os resultados apresentados são para a sub-bacia do riacho Pau D'Arco. A pequena sub-bacia em si não possui problemas de alagamentos, sendo mais uma vertente geradora de escoamento superficial. Isto ocorre por causa do seu perfil topográfico, como pode ser observado na Figura 20. Ainda assim, o uso somente de técnicas tradicionais como implementação de galerias

pode somente transferir os problemas para jusante, contribuindo para aumento do escoamento no rio Pau D'Arco.

Figura 20. Perfil de elevação da bacia de estudo



Fonte: Autora, 2023.

6 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo avaliar a aplicabilidade das técnicas de aproveitamento de água pluvial de telhados e suas alterações no escoamento superficial em uma pequena bacia altamente urbanizada em Maceió/AL. Para atingir este objetivo, foi avaliado o abatimento do volume escoado e da vazão de pico na bacia em função de diferentes demandas de consumo de água de aproveitamento dos telhados, bem como em função do número de lotes com sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP).

Embora o SAAP tenha apresentado algumas reduções no escoamento superficial e na vazão de pico, os resultados obtidos indicam que ele provavelmente não seria suficiente para controlar a geração de escoamento de tal forma a prevenir problemas de alagamentos a jusante.

Ainda assim, os resultados obtidos neste estudo fornecem informações importantes para o desenvolvimento de estratégias voltadas à promoção do uso sustentável da água em áreas urbanas, contribuindo para o planejamento e implementação de políticas públicas que possam atuar de forma mais eficaz na gestão das águas urbanas.

É importante ressaltar que os usos considerados não levam em conta maiores demandas, como a utilização em vasos sanitários, por necessitarem de uma infraestrutura maior, o que acarretaria custos significativos para a sua aplicação. Entretanto, a implementação do SAAP pode contribuir para a conscientização da população em relação ao uso consciente da água, o que é fundamental para a gestão sustentável dos recursos hídricos, além de reduzir os custos na conta de água associados aos consumos estabelecidos, conforme vários estudos atestam. Nesse contexto, a implementação do SAAP pode ser uma alternativa sustentável e economicamente viável.

Quanto à simulação contínua em um computador pessoal, neste estudo, foi necessário simular os seis cenários de demanda de água do SAAP e a série de precipitação para sete anos consecutivos, o que exigiu bastante processamento. Além disso, quando foram combinados os cenários 1.6 e 2.5, o computador utilizado para o processamento dos dados não foi capaz de suportar a demanda computacional e as simulações falharam. Portanto, é essencial que os pesquisadores avaliem

cuidadosamente suas necessidades de processamento de dados e planejem adequadamente a sua pesquisa para evitar limitações e imprevistos.

É necessário levar em consideração que as condições hidrológicas de outras áreas urbanas podem apresentar características diferentes, o que pode impactar significativamente os resultados. Residências com mais espaços físicos podem comportar reservatórios maiores, atendendo a demandas não vistas aqui. Portanto, é recomendado que futuros estudos avaliem a aplicabilidade das técnicas de aproveitamento de água pluvial em outras áreas urbanas, levando em conta suas particularidades e características específicas.

Além disso, é importante destacar que estudos subsequentes devem ser direcionados para bacias endorreicas, com maior ocorrência de enchentes na região, para avaliar a aplicabilidade das técnicas de aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas que apresentam condições hidrológicas mais desafiadoras. Isso permitiria uma avaliação mais abrangente da eficácia dessas técnicas em diferentes contextos urbanos.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS. **Lei nº 7.081**, de 30 de julho de 2009. Institui a Política Estadual de Saneamento Básico, disciplina o consórcio público e o convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico, e dá outras providências. Maceió, AL, 31 de julho de 2009.

ALVES, Joice dos Santos; SILVA, Luana Patrícia; ARAÚJO, Guilherme Nunes; BARBOZA, Stephanie Ingrid Souza. ÁGUA SUJA TAMBÉM LAVA: uma análise do desperdício de água sob a perspectiva de marketing social. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 58, 9 set. 2019. Associação Pro-Ensino Superior em Novo Hamburgo. <http://dx.doi.org/10.25112/rgd.v16i3.1747>.

ARAÚJO NETO, Adauto Antônio de. **Efeito do aproveitamento de água da chuva na redução de escoamento superficial em uma sub-bacia do Riacho Pau D'Arco**. 2022. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

ARAUJO, Monique Cerqueira; LEÃO, Adriano Souza; JESUS, Thiago Barbosa de; COHIM, Eduardo. The role of rainwater harvesting in urban stormwater runoff in the semiarid region of Brazil. **Urban Water Journal**, [S.L.], v. 18, n. 4, p. 248-256, 17 fev. 2021. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/1573062x.2021.1877743>.

BARROS, A. M. de. **Estudo de medidas descentralizadas para o controle do escoamento urbano: aplicação à bacia hidrográfica do Riacho do Sapo - Maceió/AL**. 2015. 136 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

BAI, Yiran; ZHAO, Na; ZHANG, Ruoyu; ZENG, Xiaofan. Storm Water Management of Low Impact Development in Urban Areas Based on SWMM. **Water**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 33, 24 dez. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w11010033>.

BEZERRA, Maria do Carmo de Lima; ÓLIVEIRA, Aline da Nóbrega; COSTA, Maria Elisa Leite; KOIDE, Sergio. Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial. **Revista Tecnologia e**

Sociedade, [S.L.], v. 16, n. 40, p. 1, 1 abr. 2020. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v16n40.9430>.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Brasília, DF, 5 de janeiro de 2007.

DOLABELLA, Gabriel Barros. **Análise da Influência do aproveitamento de águas pluviais numa rede pública de abastecimento de água. O caso do Lago Norte, Brasília-DF Brasil**. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade do Minho, Brasília, 2019. Cap. 2.

FILHO, Gilberto Milhomem Marinho *et al.* MODELOS HIDROLÓGICOS: CONCEITOS E APLICABILIDADES. **Modelos Hidrológicos: Conceitos e Aplicabilidades**, Canoas, v. 2, n. 6, p. 35-47, jan. 2012.

Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide. **Environment Agency**, Bristol, Inglaterra, v. 1, n. 1, p. 1-20, out. 10.

HENTGES, Sara Ceron; TASSI, Rutinéia. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA EM LONGO PRAZO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NAS VAZÕES PROPAGADAS PARA REDES DE DRENAGEM PLUVIAL: RESULTADOS PRELIMINARES. **IX Encontro Nacional de Águas Urbanas**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-2, ago. 2012.

J., Soares Marcia R. G.; OKA, Fiori Chisato; DA, Silveira Claudinei Taborda; ELOY, Kaviski. EFFICIENCY OF THE CURVE NUMBER METHOD OF RAINWATER RETENTION. **Mercator**, [S.L.], v. 16, n. 01, p. 1-16, 13 jan. 2017. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2017.e16001>.

MACEIÓ. **Lei nº 5.486**, de 30 de dezembro de 2005. Institui o Plano Diretor do Município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providências. Maceió/AL, 13 de junho de 2005.

MACEIÓ. **Lei nº 6.755**, de 24 de maio de 2018. Estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico do município de Maceió e outras providências. Maceió, AL, 24 maio 2018.

MACEIÓ. **Lei nº 5486**, de 30 de dezembro de 2005. Institui o Plano Diretor do município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providências. Maceió, AL, 13 de junho de 2005.

MACEIÓ. **Plano de Saneamento Básico do Município de Maceió**. Maceió, AL, junho de 2016.

MACEIÓ, Secretaria Municipal de Infraestrutura; Banco de Desenvolvimento da América Latina. PROGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE JARDINS FILTRANTES; REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL DOS RIACHOS: SALGADINHO, REGINALDO, PAU D'ARCO, SAPO, GULANDI E ÁGUAS FÉRREAS; MODERNIZAÇÃO COM AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DA EE – EMISSÁRIO SUBMARINO; MODERNIZAÇÃO VIÁRIA E URBANÍSTICA DO RIACHO SALGADINHO E MODERNIZAÇÃO URBANÍSTICA DAS MARGENS DO RIACHO ÁGUAS FÉRREAS E DA PRAIA DA AVENIDA. **Memorial Descritivo**. Maceió,AL, 2019.

MOURA, Micaella Raíssa Falcão de *et al.* ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE RECIFE-PE. **Tecno-Logia**: Revista do dpto. de Química e Física do dpto. de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias e do Mestrado em Tecnologia Ambiental, Recife, v. 1, n. 22, p. 66-72, dez. 2017.

NETO, Adauto Antônio de Araújo; NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das. Efeito do aproveitamento de água da chuva de telhado na redução de escoamento superficial em uma pequena bacia urbana. **XIV Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos**, Brasília, v. 1, n. 1, 2022.

NEVES FILHO, Antonio Otto *et al.* POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM ÁREAS URBANAS NA BACIA DO RIO VERDE. **Semioses**, Três Corações, v. 13, n. 2, p. 28-42, jun. 2019

Pimentel, I. M. C., Callado, N. H., & Pedrosa, V. A. A drenagem urbana e a balneabilidade das praias de Maceió/AL. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, 6(1), 57-63, 2014.

POMPÊO, Cesar Augusto. DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Santa Catarina, v. 5, n. 1, p. 15-23, jan. 2000.

POPULAÇÃO RURAL E URBANA. **IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2015. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 06 de novembro de 2022.

REZENDE, Jozrael Henriques; TECEDOR, Natália. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na nbr 15527. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 1040, 23 nov. 2017. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1940>.

RIGHETTO, Antonio Marozzi; GOMES, Kaline Muriel; FREITAS, Francisco Rafael Sousa. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 1109-1120, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017162357>.

ROSSMAN, L. A. **Storm Water Management Model, version 5.0: User's manual**. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2010.

SANTOS, V. C. **Avaliação de Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais de Telhado via Simulação Contínua com Dados Subdiários**. 2021. 114f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

SANTOS, Luan Bezerra; VIEIRA, Camila Leal; DUTRA, Maria Clara Santos. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMA DE DRENAGEM CONVENCIONAL E A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL VERTICAL. **XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1-10, out. 2020.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. GESTÃO DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL: DESAFIOS PARA A SUSTENTABILIDADE. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**: GESTA, Maceió, v. 1, n. 1, p. 57-72, abr. 2013.

TUCCI, Carlos E. M. Drenagem urbana. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, Dec. 2003. Available from <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020&lng=en&nrm=iso>. access on 10 Nov. 2022.

TUCCI, Carlos E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2007, 393p.

TUCCI, Carlos E. M.. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA: PRINCÍPIOS E CONCEPÇÃO. **Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p. 5-12, dez. 1997.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan. 2002.

TUCCI, Carlos E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. da Universidade UFRGS, 1998, 669p.

USDA - United States Department of Agriculture. **Urban hydrology for small watersheds**. Technical Release, n.55. Washington D. C, 1986.

ZANANDREA, Franciele; SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Uso de técnicas de low impact development no controle de impactos hidrológicos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 1195-1208, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019188729>.