ANÁLISE COMPARATIVA DE COMPOSIÇÕES DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL EM TECIDO URBANO CONSOLIDADO: O CASO DE GLÓRIA E CATETE – RJ

CARVALHO, Fabiana Ferreira de[1](fabiana.carvalho@fau.ufrj.br); PAIXÃO, Emilly Reis Silva[1] (emillypaixão@poli.ufjr.br); NASCIMENTO, Franciene Silva do[1](franciene.nascimento@fau.ufrj.br); MIGUEZ, Marcelo Gomes[1](marcelomiguez@poli.ufrj.br); SOUZA, Matheus Martins de[1](matheus@poli.ufrj.br); VERÓL, Aline Pires1(alineverol@fau.ufrj.br)

[1]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

Palavras-chave: alagamentos, tecido urbano consolidado, sistemas de drenagem urbana sustentável, SUDS, modelagem hidrodinâmica

Resumo

As cheias urbanas são umas das significativas consequências do processo de urbanização das cidades, sobretudo a exacerbada impermeabilização do solo. Tendo em vista que a urbanização segue com tendência de aumento, o controle das cheias urbanas representa um dos principais desafios a serem enfrentados pelas cidades. Os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS), como complemento aos sistemas de drenagem tradicionais, podem colaborar no rearranjo temporal das águas pluviais e contribuir com a redução de alagamentos. Este artigo investiga o desempenho de três composições projetuais com SUDS numa área de estudo densamente urbanizada, localizada entre os bairros de Glória e Catete, no município do Rio de Janeiro. A inserção das estruturas de SUDS foi realizada nos espaços livres de edificação e seguindo os critérios das condicionantes física-urbanas. Foi feita uma análise comparativa dos efeitos sobre os alagamentos entre a atual situação e as proposições de projeto por meio de modelagem matemática com suporte do *software* MODCEL. Os resultados indicam que as estruturas SUDS impactam positivamente na mitigação das cheias urbanas e que a relação da área de intervenção com a redução dos alagamentos não é diretamente proporcional, pois existem outras variáveis que precisam ser consideradas, como a localização da estrutura SUDS na bacia de contribuição.

1 INTRODUÇÃO

O controle das cheias urbanas é um dos principais desafios presentes na atual realidade das cidades (Miguez *et al.*, 2016). Os alagamentos são provocados, sobretudo, pelo processo de urbanização baseado num modelo de excessiva impermeabilização do solo, alteração e supressão dos corpos hídricos. Tais práticas impactam negativamente o ciclo hidrológico, pois reduzem a infiltração das águas pluviais, removem os locais de acomodação temporária das cheias e intensificam o escoamento superficial (Wong e Brown, 2009; Eckart *et al.*, 2018).

De acordo com a UN-Habitat (2022), a urbanização segue com tendência de aumento e estima-se que 68% da população viverá nas cidades até 2050, um aumento anual de 2,2 bilhões de pessoas. Diversos acordos e políticas públicas em âmbito nacional e internacional têm sido discutidos nas últimas décadas sobre como promover o contínuo desenvolvimento econômico em concomitância com a redução dos impactos ambientais (Carvalho, 2023). Estas ações compreendem a redução das cheias urbanas, assim como dos desastres que as acompanham.

Para produzir cidades mais sustentáveis e resilientes aos eventos de chuva, como preconizam os acordos, um dos caminhos é a inserção de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis (do inglês, *Sustainable Urban Drainage Systems* ou SUDS) como complemento aos sistemas de drenagem tradicionais (Fletcher *et al.*, 2015). Os SUDS são estruturas projetadas para promover a

infiltração e a retenção das águas pluviais o mais próximo possível do local precipitado. São soluções que simulam o caminho natural das águas, buscando restabelecer, tanto quanto possível, os padrões hídricos da pré urbanização (Rezende *et al.*, 2019).

Os SUDS consideram desde intervenções no lote até em grandes terrenos, assim como dentro e fora da cidade. Essas estruturas costumam assumir um caráter multifuncional, que une o manejo de águas pluviais às áreas de lazer, jardins, praças e parques urbanos (CIRIA, 2015; Hoang e Fenner, 2016). Para a inserção de SUDS em projetos urbanos deve-se ter conhecimento das técnicas existentes, suas condicionantes e restrições físicas e urbanas, acompanhado de estudos aprofundados do local (Baptista *et al.*, 2015).

São exemplos de técnicas empregadas em projetos de SUDS voltados para o ambiente urbano: jardins de chuva, canteiros pluviais, bacias de retenção, bacias de detenção, pavimentos permeáveis, telhados verdes, biovaletas e trincheiras de infiltração. Um estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2022) reuniu 21 projetos nacionais e internacionais situados em tecidos urbanos densamente ocupados que tiveram os SUDS como partido principal. Foi percebido que, dentre as estruturas citadas, os jardins de chuva e as biovaletas foram as mais utilizadas em projetos situados no Brasil, enquanto no exterior, as mais implementadas foram o telhado verde, o pavimento permeável e o jardim de chuva.

De acordo com Chapa, Pérez e Hack (2020), ainda é pequena a quantidade de pesquisas sobre os efeitos na mitigação de alagamentos a partir da inserção de SUDS em regiões densamente ocupadas. Diante da constatação do prognóstico de crescimento das cidades, aprofundar a investigação sobre o tema torna-se relevante.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo verificar o desempenho, em termos de redução de alagamentos, de três composições projetuais que empregam técnicas de SUDS numa área de estudo densamente urbanizada no município do Rio de Janeiro.

3 METODOLOGIA

De acordo com o processo metodológico realizado, a pesquisa pode ser classificada como simulacional e correlacional (Groat e Wang, 2013), tendo sido dividida em cinco etapas:

I. Caracterização da região de estudo;
II. Mapeamento dos alagamentos e definição do recorte da área de estudo;
III. Elaboração de propostas projetuais com SUDS;
IV. Modelagem matemática hidrodinâmica com simulações da situação atual e das alternativas de projeto;
V. Análise dos resultados.

As principais ferramentas utilizadas foram o *Google Earth*, para a visualização e seleção dos espaços vazios de edificação; o QGIS, para a confecção dos mapas de estudo; e o MODCEL, para a realização da modelagem matemática hidrodinâmica.

4 ESTUDO DE CASO

O recorte de estudo é uma bacia de drenagem com cerca de 100ha, situada na cidade do Rio de Janeiro, compreendendo parte dos bairros Glória e Catete (Figura 1), mais precisamente entre o Morro de Santa Teresa e a Baía de Guanabara. A escolha da área se deu por ser uma região

densamente urbanizada com histórico de alagamentos recorrentes. Ademais, existe uma mobilização da população local, representada pela Associação de Moradores e Amigos da Glória (AMA-Glória), por intervenções na infraestrutura de drenagem, como também, tem sido uma zona de interesse da Fundação Rio-Águas, da Prefeitura do Município do Rio de Janeiro, para promoção de melhorias no sistema de drenagem.

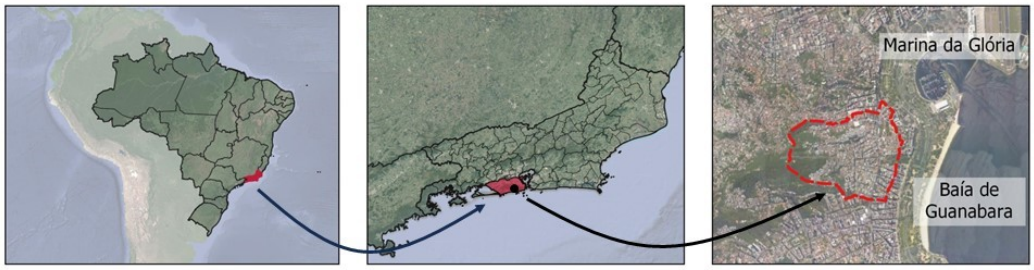


Figura 1. Localização da área de estudo, no município do Rio de Janeiro. Fonte: Carvalho, 2023

A região passou por diversas modificações urbanísticas ao longo dos últimos 300 anos, tendo parte do seu território aterrado, córregos suprimidos, rios canalizados e intensa impermeabilização do solo (Schlee et al., 2007). De acordo com uma reportagem da Revista Municipal de Engenharia de 1941 (Rio de Janeiro, 1941), fase de grandes reestruturações urbanísticas, naquela época já se tentava realizar intervenções para redução dos alagamentos na região. Em relação às cheias e ao Rio Carioca, especialistas da época, como Francisco Bicalho e Paulo de Frontin, entendiam que a solução "do problema, na sua feição integral, só poderá ser obtida coletando-se nas próprias encostas as suas contribuições e levando-as diretamente ao mar em conduto forçado" (Ibid., p.19). Percebe-se que havia a compreensão de que água deveria ser manejada o mais perto possível do ponto onde ela precipitou, porém a partir de canalizações, um dos principais componentes na drenagem urbana cinza. Se, por um lado, a obra de canalização do Rio Carioca iria influenciar positivamente na redução de grandes alagamentos da época, por outro, a urbanização desenvolvida por meio dos aterros e da impermeabilização do solo, com alteração significativa da hidrografia e supressão de espaços livres vegetados para a acomodação das cheias, fez com que os alagamentos na região continuassem existindo.

4.1 Definição da área de estudo

Para definir a bacia de drenagem a ser estudada neste artigo, inicialmente foi desenvolvida uma investigação relacionada à identificação dos locais de alagamentos. Esta etapa foi realizada a partir da seleção e análise de reportagens de jornal e estudo prévio sobre o mapeamento dos bolsões de água fornecidos pela Fundação Rio-Águas (Rio de Janeiro, 2023).

Os pontos previamente identificados foram investigados a fim de compreender como o relevo e a urbanização influenciam essa tendência de cheias. O estudo foi feito a partir da investigação do caminho das águas na planta cadastral da região, observando o relevo local. Foi percebido que os pontos críticos de alagamento estão situados em cotas mais baixas em relação ao entorno (Figura 2). O Ponto 1 está localizado no cruzamento da Rua do Catete com a Rua Silveira Martins e o Ponto 2 na esquina da Rua do Catete com a Rua Pedro Américo.

A partir do entendimento de quais parcelas do território contribuem para os alagamentos, foi então definida a bacia de drenagem a ser estudada, utilizando como limite as curvas de nível e as divisões dos lotes. A Figura 2 apresenta o recorte desta área de estudo com destaque para os pontos de alagamento mencionados.



Figura 2. Definição da área de estudo com os pontos de alagamento 1 e 2. Fonte: Carvalho, 2023.

4.2 Proposta de projeto com emprego de técnicas de SUDS

A área de estudo foi analisada para selecionar espaços livres de edificações (Magnoli, 1982) com vocação para a implementação de SUDS. Considerando estudos de Baptista et al. (2005), Rodrigues et al. (2022) e Carvalho (2023), foram avaliadas as condicionantes físicas e urbanas do local, como: tamanho da área de drenagem, declividade do terreno, proximidade com o lençol freático, permeabilidade do solo, dimensões básicas para cada técnica, locais apropriados, lei de uso e ocupação do solo, identificação da rede de drenagem e cadastro das redes de infraestrutura. Essas condicionantes permitem indicar se haverá algum impeditivo para a escavação da estrutura e se haverá a necessidade de construção de uma laje impermeável no fundo do dispositivo.

O estudo das condicionantes foi realizado por meio de mapas georreferenciados de uso e ocupação do solo, rede de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, hidrografia e percurso da linha de metrô, disponibilizados nos acervos do MPRJ em Mapas (MPRJ, 2023). Foi utilizada também a planta cadastral da rede de drenagem existente fornecida pela Fundação Rio-Águas.

A análise dos espaços livres foi realizada pela observação de mapas na plataforma *Google Earth* e de plantas cadastrais da região. As áreas de interesse foram as praças, os pátios, as calçadas e os estacionamentos abertos ao público. O mapa dessas áreas levantadas foi sobreposto ao das condicionantes, para a verificação das interferências físicas e urbanas e posterior análise das técnicas de SUDS recomendadas para cada situação.

Inicialmente foram selecionadas 12 áreas com vocação para receberem os SUDS. Em seguida, foi realizada uma visita de campo para verificação das informações, observação da ambiência urbana no entorno de cada uma e análise de possíveis interferências na caminhabilidade para as intervenções em calçada. Após a visita, uma área foi desconsiderada, pois possuía uma pavimentação que integra um conjunto de interesse histórico urbano e arquitetônico. Por outro lado, outras seis foram incluídas, totalizando 17 áreas aptas a receberem algum tipo de SUDS.

As informações de todas as áreas selecionadas foram organizadas numa tabela, que contém as principais condicionantes físicas e urbanas, as observações coletadas em campo e as indicações de técnicas de SUDS para cada uma. A Tabela 1 traz uma adaptação da tabela original (Carvalho, 2023), com a apresentação de duas das 17 áreas selecionadas, para ilustrar a sistematização desses dados. A área 1 está situada no cruzamento da Rua do Catete nº 197 com a Rua Correa

Dutra e abriga um estacionamento privado. A área 2 está na Rua do Catete s/n, é constituída pelo pátio de uma saída desativada do metrô da Estação Catete e possui uma das entradas para a Escola Municipal Vital Brasil, localizada no lote ao lado.

Tabela 1. Dados das áreas com vocação para SUDS. Fonte: Adaptado de Carvalho, 2023.

Condicionante físico-urbana	**Identificação da área**	
	1	2
Distância para as fundações do entorno (m)	2	9
Proximidade do lençol	Verificar com Rio-Águas	Verificar com Rio-Águas
Proximidade de leito rochoso	Não	Não
Permeabilidade do solo	Verificar com Rio-Águas	Verificar com Rio-Águas
Declividade	Plano	Plano
Área disponível (m²)	2000	170
Largura (m)	44	10
Comprimento (m)	77	21
Área de contribuição	P (< 4ha)	P (< 4ha)
Infraestrutura existente	Metrô, rede esgotamento sanitário e abastecimento de água	Metrô
Natureza do uso do solo	Residencial	Residencial
Natureza do uso do solo	Estacionamento privado	Pátio do metrô
SUDS possíveis	PP imp; JC imp; BD imp	PP imp
SUDS escolhidas	BD imp; PP imp; JC imp	JC imp
Motivo	Manutenção do uso de estacionamento	Promoção de áreas verdes urbanas

Legenda: BD imp - Bacia de detenção com fundo impermeável; PP imp - Pavimento permeável com fundo impermeável; JC imp - Jardim de chuva com fundo impermeável

A partir da consolidação da Tabela 1, foram propostos projetos urbanos conceituais com foco nos SUDS. A seguir, serão apresentadas três propostas que, posteriormente, foram verificadas quanto ao seu desempenho por meio de modelagem matemática. Na primeira proposta, chamada de Alternativa 1 (Alt. 1), as áreas selecionadas receberam sete jardins de chuva, uma trincheira de infiltração, duas bacias de detenção e quatro áreas de pavimento permeável que, em conjunto, somam 11.714,28m², com um volume disponível para armazenamento de 3.018,29 m³ (Figura 3). A saber, os volumes disponíveis para armazenamento foram estimados de acordo com os vazios do solo resultantes das camadas que compõem as estruturas de SUDS. Foram considerados os seguintes percentuais: 30% para o jardim de chuva, a trincheira e o pavimento permeável; e 100% para a bacia de detenção e a biovaleta (Baptista et al, 2015; Pellegrino e Moura, 2017; Okumura, 2022).

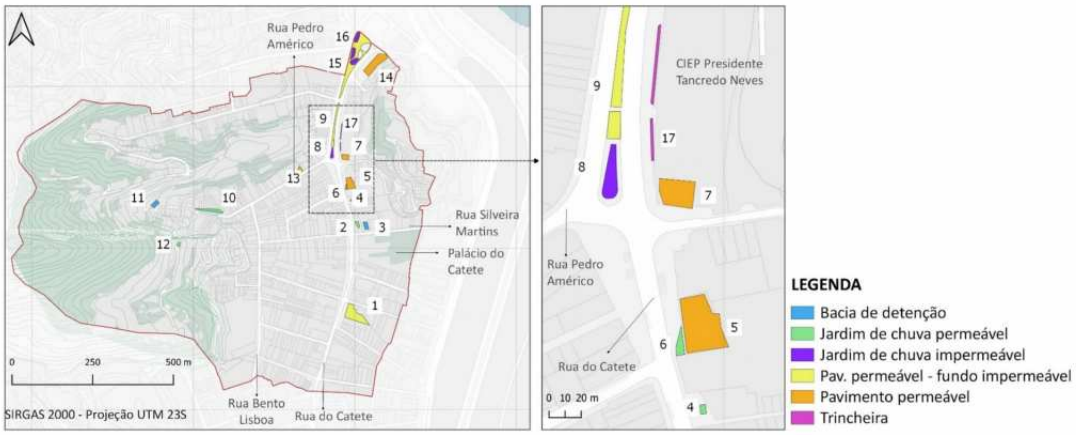


Figura 3. Proposta de intervenção – Alternativa 1 (Alt. 1) com aproximação no cruzamento da Rua do Catete com Rua Pedro Américo. Fonte: Adaptado de Carvalho, 2023.

A fim de investigar qual seria o resultado de uma intervenção mais ampliada no território, foi elaborada uma segunda proposta, a Alternativa 2 (Alt. 2). Nesta, houve a inserção de pavimento permeável nas calçadas que possuíam vocação para tal, que foram as que não estavam localizadas em declives e as que não pertenciam ao conjunto de interesse de patrimônio histórico (Figura 4). Essa alternativa é composta pelas intervenções propostas na Alternativa 1, com adição de mais 28.936,9m² de pavimento permeável, totalizando 40.651,18m² de intervenção, com um volume disponível para armazenamento de 7.011,59 m³.

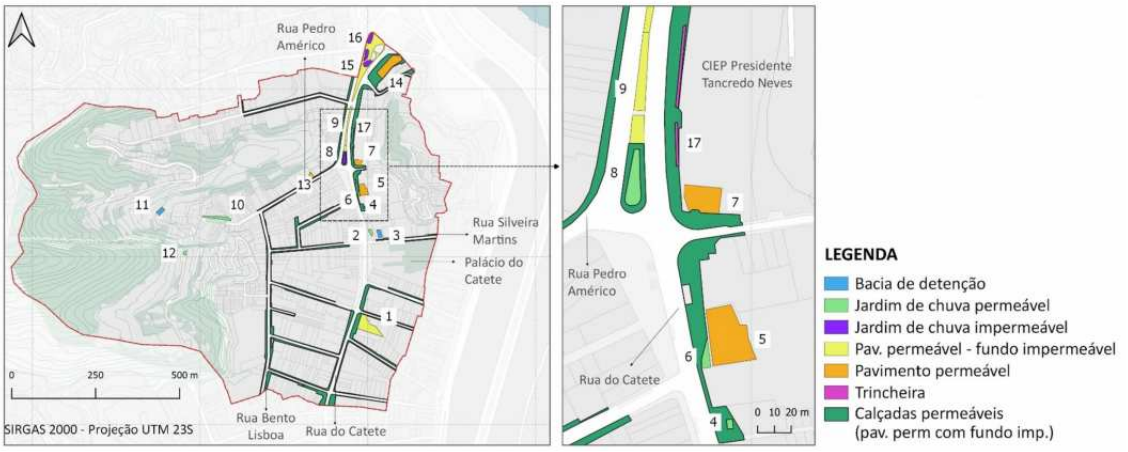


Figura 4. Proposta de intervenção – Alternativa 2 (Alt. 2) com aproximação na esquina da Rua do Catete com Rua Pedro Américo. Fonte: Carvalho, 2023.

No intuito de prover mais espaços com estruturas de SUDS na bacia de estudo, foi elaborada a Alternativa 3 (Alt. 3), na qual foi proposta a substituição de algumas vagas de carro lindeiras às calçadas por jardins de chuva (Figura 5). Ao todo foram inseridas mais 76 estruturas que ocupam uma área de 2.152,21m². A alternativa 3 (Alt. 3), portanto, é composta pela Alt. 2, com a adição dos jardins de chuva, somando uma área de 42.803,39m² de intervenção, com um volume disponível para armazenamento de 7.980,08 m³.

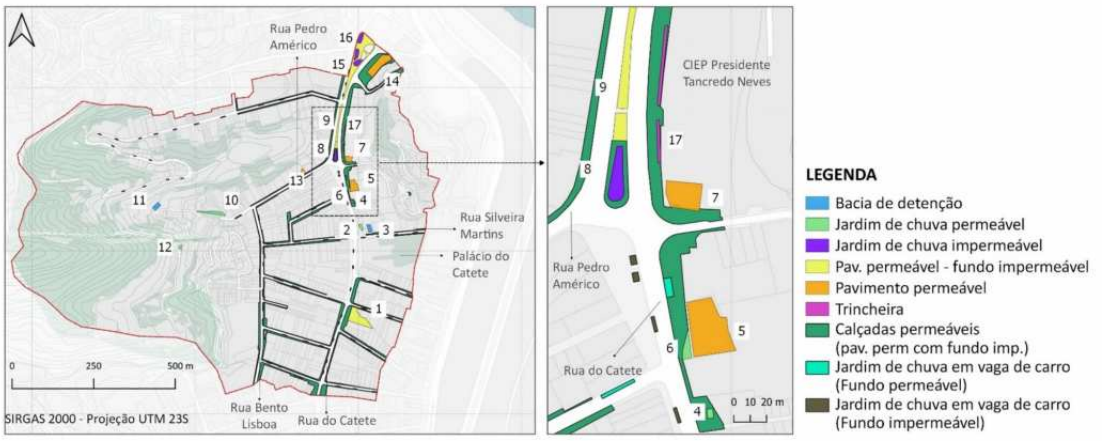


Figura 5. Proposta de intervenção – Alternativa 3 (Alt. 3) com aproximação na esquina da Rua do Catete com Rua Pedro Américo. Fonte: Carvalho, 2023.

4.3 Modelagem matemática hidrodinâmica - MODCEL

Como etapa final, foi desenvolvido um modelo matemático para a área de estudo, de modo a verificar o comportamento dos alagamentos na bacia antes e após a implementação das alternativas de projeto. Foi utilizado o modelo matemático hidrodinâmico MODCEL (Miguez et al., 2017).

A calibração do modelo foi realizada por meio da observação de registro fotográfico da chuva dos dias 07 e 08 de fevereiro de 2023, que indicava uma lâmina d'água de aproximadamente 0,40m na Rua do Catete, em frente ao Palácio do Catete. Foram utilizados os dados disponibilizados pelo Sistema Alerta Rio correspondentes às alturas pluviométricas registradas a cada 15 min no Posto de Laranjeiras e de Santa Teresa no período de 15h30min até as 00h30min.

Com o modelo calibrado, foi inserida a chuva de projeto de tempo de recorrência de 10 anos (TR 10), segundo recomendação da Fundação Rio-Águas para projetos de microdrenagem (Rio de Janeiro, 2019). Para esta etapa, foi utilizado o Posto Pluviométrico do Jardim Botânico, por ser o mais próximo da área de estudo a conter as informações necessárias para a elaboração dos cálculos da equação IDF (intensidade-duração-frequência) (Equação 1).

$$i = \frac{1239 \, x \, TR^{0,15}}{(t + 20)^{0,74}} \quad \textbf{(1)}$$

Onde:

- i: intensidade de chuva (mm/h)
- TR: tempo de recorrência (ano)
- t: duração total da chuva (min)

A distribuição temporal da chuva nestes intervalos seguiu o Método dos Blocos Alternados, totalizando 22 blocos de seis minutos. A altura total de precipitação foi de 68,4mm, a intensidade média foi de 6,8 mm/h e a máxima foi de 15,7mm/h.

5 RESULTADOS

Foram modelados a situação atual local e as três alternativas de projeto propostas. Com os resultados da modelagem realizada pelo MODCEL, foram produzidas manchas de alagamento, apresentadas na Figura 6, que permitiram observar e comparar os resultados obtidos. A

comparação com a situação atual do local de estudo revela que as intervenções SUDS contribuíram com a redução dos alagamentos locais. Na Figura 6 também é possível observar as alturas finais das lâminas d'água nos dois pontos principais de análise e os seus respectivos percentuais de redução em relação à situação atual. A Alt. 1 apresentou uma redução de 43% no Ponto 1 e 30,5% no Ponto 2; a Alt. 2 quase dobrou a redução no Ponto 1, indicando 82,5% de melhora e 41,5% no Ponto 2; já a Alt. 3 obteve resultados muito parecidos com a situação anterior, reduzindo aproximadamente 1,5% para os dois pontos em relação à Alt. 2. Cabe destacar que as alternativas 2 e 3 conseguiram reduzir a lâmina d'água no Ponto 1 para 11cm e 10cm, respectivamente, indicando que o alagamento ficará contido somente no leito carroçável e não atingirá o nível da calçada, o que não irá prejudicar o deslocamento do pedestre.

Foi observado que, após as intervenções, a maioria das áreas alagáveis da bacia obteve alagamento com lâmina d'água inferior a 30cm, indicando que, embora a água excedente possa chegar nas calçadas, ela não entrará nas edificações.

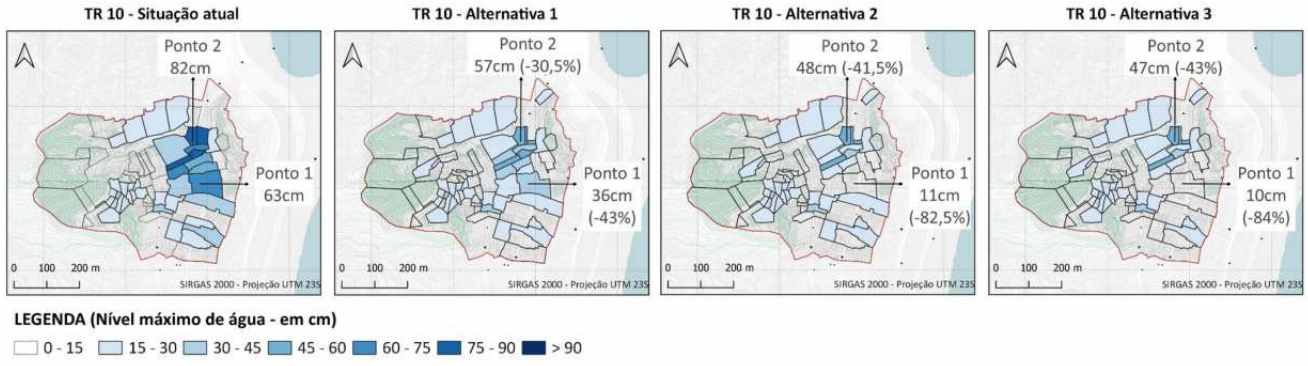


Figura 6. Mapas de alagamentos para a situação atual e Alternativas 1, 2 e 3. Fonte: Adaptado de Carvalho, 2023.

Ainda, de acordo com os dados da modelagem, na Alt. 2, das 32 células representativas das calçadas permeáveis, somente 4 foram preenchidas por água, indicando que a maior parte não contribuiu com a redução da lâmina d'água. No entanto, os pavimentos que foram preenchidos contribuíram significativamente, em especial, no Ponto 1 em que a lâmina final ficou abaixo dos 15cm (altura padrão do meio-fio). Em relação à Alt. 3, o *software* revelou que dos 74 jardins de chuva, somente 7 foram preenchidos, inferindo-se que estes foram os responsáveis pela contribuição desta alternativa. Portanto, a maioria dos pavimentos permeáveis propostos para as calçadas e grande parte dos jardins de chuva nas vagas de carro não influenciaram para a redução dos alagamentos.

Os resultados indicam que, embora a Alt. 3 tenha obtido um melhor resultado absoluto, considerando a relação custo x benefício de uma intervenção urbana, a Alt. 1, somada aos 4 trechos de calçada que foram preenchidos da Alt. 2 e aos 7 jardins de chuva da Alt. 3, apresenta-se como a melhor combinação para as intervenções de SUDS nos espaços livres selecionados. A Figura 7 apresenta um mapa da área de estudo, nomeado de Alternativa 4, com este novo arranjo.

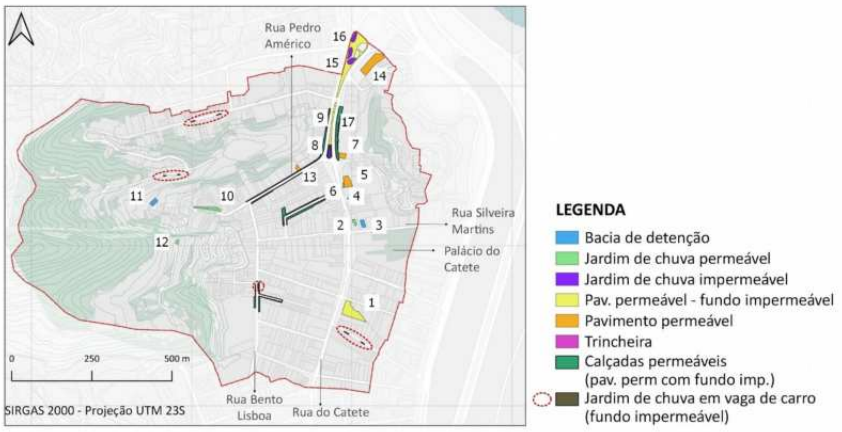


Figura 7. Proposta de intervenção – Alternativa 4. Fonte: Adaptado de Carvalho, 2023.

Os resultados obtidos apontam que a localização da estrutura de SUDS no tecido urbano é um fator relevante pois determinará se a estrutura será, de fato, funcional. Além disso, de acordo com os dados obtidos com a modelagem matemática, foi percebido que, em alguns trechos, logo a jusante do dispositivo inserido, houve uma melhora no escoamento dentro das galerias subterrâneas, o que indica que uma estrutura bem alocada pode gerar uma reação positiva em cadeia, refletindo numa melhora global da drenagem na bacia. Com isso, é possível inferir que uma estrutura com pouca capacidade de armazenamento posicionada num local estratégico pode oferecer respostas mais relevantes do que outra com maior capacidade, mas localizada num trecho que não impacta o funcionamento global da rede. Esses resultados corroboram com Hoang e Fenner (2016) e Eckart et al. (2018) que recomendam a instalação de dispositivos de SUDS em localizações estratégicas da bacia hidrográfica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado que é possível inserir técnicas de SUDS em tecidos urbanos densamente consolidados, com resultados positivos sobre o controle de inundações. A decisão sobre a localização dos dispositivos se mostrou de grande relevância para intensificar os resultados positivos.

Este artigo apresentou um estudo a nível preliminar. Caso alguma das alternativas propostas seja alvo de interesse para a efetiva realização, é necessário que haja um aprofundamento projetual sobre as soluções, de preferência, por uma equipe interdisciplinar.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baptista, M.; Nascimento, N.; Barraud, S. (2015). Técnicas compensatórias em drenagem urbana. 318p. 2. ed. Porto Alegre: ABRH.

Carvalho, F. (2023). SUDS-UP: Protótipo de uma ferramenta de suporte à concepção de projetos de drenagem urbana sustentável em tecidos consolidados. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, FAU/UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

Chapa, F.; Pérez, M.; Hack, J. (2020). Experimenting Transition to Sustainable Urban Drainage Systems—Identifying Constraints and Unintended Processes in a Tropical Highly Urbanized Watershed. *Water*, *12*(12), 3554.

CIRIA. (2015). The SUDS Manual. By Woods-Ballard, B.; Kellagher, R.; Martin, P.; Bray, R; Shaffer, P. CIRIA C697. London.

Eckart, K.; Mcphee, Z.; Bolisetti, T. (2018). Multiobjective optimization of low impact development stormwater controls. Journal of Hydrology v. 562, p. 564–576. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.04.068

Fletcher, T.; Shuster, W.; Hunt, W.F.; Rashley, R.; Butler, D.; Arthur, S.; Trowsdale, S.; Barraud, S.; Semadeni- Davies, A.; Bertrand-Krajewski, J.; Mikkelsen, P.S.; Rivard, G.; Uhl, M.; Dagenais, D.; Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal, v. 12, n. 7, p. 525-542.

Groat, L.; Wang, D. (2013). Architectural Research Methods. 2. ed. New Jersey: Wiley.

Hoang, L.; Fenner, R.A. (2016). System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure. Urban Water Journal, v. 13, n. 7, p. 739-758. http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2015.1036083

MAGNOLI, Miranda M. E. M. Espaços livres e urbanização: uma introdução a aspectos da paisagem metropolitana. Tese de Livre-Docência, São Paulo: FAUUSP, 1982.

Miguez, M.G., Veról, A.P., Rezende, O.M. (2016). Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade. Elsevier, Rio de Janeiro.

Miguez, M.; Battemarco, B.; De Sousa, M.; Rezende, O.; Veról, A.; Gusmaroli, G.. (2017). Urban flood simulation using MODCEL-an alternative quasi-2D conceptual model. Water (Switzerland), [S. l.], v. 9, n. 6.

MPRJ. Ministério Público do Rio de Janeiro. MPRJ em Mapas. Disponível em: http://apps.mprj.mp.br/sistema/rjinloco/ acessado em 11 de janeiro de 2023.

Pellegrino, P.; Moura, N. Estratégias para uma infraestrutura verde. Barueri, SP: Manole, 2017.

Rezende, O.; Franco, A.; Oliveira, A; Jacob, A.; Miguez, M. (2019). A framework to introduce urban flood resilience into the design of flood control alternatives. Journal of Hydrology, [S. l.], v. 576, n. June, p. 478–493.

Rio de Janeiro. (1941). Revista Municipal de Engenharia, n. 4 v. VIII. Disponível em http://memoria.bn.br/docreader/DocReader.aspx?bib=142832&Pesq=%22Revista%20Municipal%20de%20Engenharia%22&pagfis=3710 acessado em 02 de agosto de 2021.

Rio de Janeiro. (2019). Subsecretaria de gestão de bacias hidrográficas - Rio-Águas. Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana. 2ª. Versão - Julho 2019. RIO-ÁGUAS, Secretaria Municipal de Obras, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Rio de Janeiro. (2023). Subsecretaria de gestão de bacias hidrográficas - Rio-Águas. Bolsões Mapeados pelo COR. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Rodrigues, S.; Jardim, L.; Carvalho, F.; Fraga, J.; Souza, M.; Veról, A. (2022). Levantamento e Análise de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável em Projetos de Arquitetura e Urbanismo. ENTAC 2022. In: Anais do Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 19., 2022, Canela. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 73-88.

Schlee, M.B.; Cavalcanti, N.O.; Tamminga, K. (2007). As Transformações da Paisagem na Bacia do Rio Carioca. Paisagem Ambiente: ensaios, n. 24, Sao Paulo, p. 267 – 284.

UN-HABITAT. (2022). World Cities Report 2022 –Envisaging the Future of Cities. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

Wong, T.H.F.; Brown, R.R. (2009) The water sensitive city: principles for practice. Water Science And Technology, v. 60, n. 3, p. 673-682. https://doi.org/10.2166/wst.2009.436

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ [código E-26/201.404/2021] e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil - CAPES [Código de Financiamento 001]. Os autores agradecem, ainda, a Cátedra UNESCO “Drenagem Urbana em Regiões Costeiras”, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, à qual esta pesquisa está vinculada.