

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/337718193>

AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS COM MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO NO SISTEMA DE DRENAGEM EM UMA ÁREA URBANA

Conference Paper · November 2019

CITATIONS

0

READS

20

7 authors, including:



Camila De Mello Silva

Federal University of Paraíba

4 PUBLICATIONS 7 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Thalita Oliveira

University of São Paulo

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Maria Elisa Leite Costa

University of Brasília

115 PUBLICATIONS 21 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Gustavo Silva

Universidade Federal da Paraíba

14 PUBLICATIONS 84 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Streamflow forecasting using wavelet-ANN hybrid models [View project](#)



DRENAGEM URBANA-ANÁLISE DE PROBLEMAS DE NOVOS LOTEAMENTOS-ESTUDO DE CASO NO SETOR HABITACIONAL VICENTE PIRES [View project](#)

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

AValiação de Cenários com Medidas de Controle do Escoamento no Sistema de Drenagem em uma Área Urbana

Camila de Mello Silva¹; Deborah Lopes Correia Lima²; Thalita Raquel Pereira de Oliveira³; Maria Elisa Leite Costa⁴ & Gustavo Barbosa Lima da Silva⁵

RESUMO - O crescente processo de urbanização, que intensificou a substituição da cobertura natural do solo por superfícies impermeáveis, levou a diversas alterações nos processos hidrológicos. As alternativas tradicionais para mitigar esses impactos acabam intensificando a ocorrência de inundações em áreas urbanas, causando prejuízos de ordem social e econômica. Por esse motivo, medidas de controle mais sustentáveis têm sido difundidas e, dentre elas, as infraestruturas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development-LID*). Entretanto, ainda que muitos estudos já tenham sido desenvolvidos para avaliar o desempenho dessas medidas, a ampla possibilidade de combinações na sua utilização e os múltiplos objetivos a serem atendidos em cenários com aplicação de medidas de controle, tornam mais difícil o processo de tomada de decisão. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo analisar o desempenho de medidas de controle do escoamento em cenários combinando estruturas de infiltração (telhado verde e pavimento permeável) e armazenamento (reservatório), considerando os custos envolvidos para o emprego dessas estratégias, a fim de contribuir com informações para uma melhor gestão das águas pluviais. Os resultados mostraram que embora as LIDs tenham um custo elevado, foi observado benefício significativo na redução do escoamento total, porém, quando utilizadas sem o reservatório de detenção não foi possível controlar as vazões para condições de pré urbanização.

ABSTRACT - The growing process of urbanization, which intensified the substitution of natural soil cover by impermeable surfaces, led to several changes in hydrological processes. Traditional alternatives to mitigate these impacts intensify the occurrence of floods in urban areas, causing social and economic losses. For this reason, more sustainable control measures have been widespread and, and, among them, Low Impact Development (LID) infrastructures. However, although many studies have already been developed to assess the performance of these measures the wide possibility of combinations in their use and the multiple objectives to be met in scenarios with the application of control measures, make the decision-making process more difficult. Thus, this study aimed to analyze the performance of flow control measures in scenarios combining infiltration structures (green roof and permeable pavement) and storage (reservoir), considering the costs involved for the employment of these strategies, in order to contribute information for better management of rainwater. The results have exposed that although the LIDs have a high cost, significant benefit was observed in the reduction of total flow, however, when used without the holding reservoir it was not possible to control the flow rates for pre-urbanization conditions.

Palavras-Chave – Drenagem, LID, SWMM.

1) Afiliação: Pós-Graduanda em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Federal da Paraíba, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil, camilademellosm@gmail.com

2) Afiliação: Graduanda em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Federal da Paraíba, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil, deborahlclima@gmail.com

3) Afiliação: Pós-Graduanda em Engenharia Hidráulica e Saneamento na Escola de Engenharia de São Carlos, 13566-590, São Carlos, São Paulo, Brasil, thalitaoliveira@usp.br

4) Afiliação: Pós-Graduanda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos na Universidade de Brasília, 70910900, Brasília, Distrito Federal, Brasil, leite.costa.me@gmail.com

5) Afiliação: Professor Dr. em Recursos Hídricos Associado na Universidade Federal da Paraíba, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil, gustavob.lima@gmail.com

O aumento de áreas impermeáveis em bacias hidrográficas tem como consequência diversas alterações nos processos hidrológicos naturais, dentre eles o aumento da magnitude do escoamento superficial devido à redução da capacidade de infiltração da água no solo (Shuster *et al.*, 2005). Modificações que quando muito agravadas levam à superação da capacidade de escoamento do sistema de drenagem pluvial, provocando assim o aumento na magnitude e frequência das inundações urbanas, com a ocorrência de prejuízos de ordem social, ambiental e econômica.

Os métodos tradicionalmente utilizados para resolver os impactos na drenagem, concentrados em transportar rapidamente o excesso de água para longe do ambiente em que foi gerado, não se mostram eficazes a longo prazo e uma abordagem que inclui o uso de soluções voltadas para o controle do escoamento superficial próximo a fonte geradora vem se consolidando. O planejamento da ocupação urbana incorporando esse novo conceito tem sido conhecido mundialmente como Desenvolvimentos de Baixo Impacto (*Low Impact Development - LID*). Este novo pensamento trás, em suas características, a sustentabilidade, visto que possibilita a compatibilização do crescimento urbano com a minimização dos impactos sobre os processos hidrológicos (Wang *et al.*, 2019).

As medidas de controle LID podem ser estruturais ou não estruturais, mediante o incentivo da educação ambiental e da regulamentação do uso do solo. Dentre as medidas estruturais, os dispositivos permitem a infiltração e o armazenamento da água no solo, tais como trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, telhados verdes, células de biorretenção e reservatórios de detenção. Entretanto, essa ampla quantidade de medidas disponíveis e as diversas possibilidades de sua localização em uma área urbana resultam em muitas possibilidades para o controle do escoamento. Assim como a combinação entre efeitos de infiltração e armazenamento interferem de maneira distinta na resposta hidrológica da bacia, reduzindo vazão e volume. Com isso, a simulação hidrológica permite avaliar diferentes cenários de controle, auxiliando os órgãos de planejamento na tomada de decisão, que visa minimizar o risco de inundações com o menor custo possível.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de medidas de controle do escoamento em diferentes cenários combinando estruturas de infiltração e armazenamento, a fim de apontar como o emprego de estruturas combinadas interferem nas vazões máximas, volumes escoados e custos de implantação. Para isso foram realizadas simulações hidrológicas com o modelo SWMM (*Storm Water Management Model*) em uma área urbana na cidade de Brasília/DF utilizando reservatório de detenção, telhado verde e pavimento permeável. Os resultados foram analisados em termos de volume total escoado, vazões máximas e custos totais para os cenários propostos.

ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado em uma área urbana de 8,21 ha localizada na cidade de Brasília, no Distrito Federal e pertence a uma sub-bacia, denominada Bacia do Centro-Olímpico (CO) como mostrado na figura 1a, que tem como ponto final de descarga para o escoamento superficial o Lago Paranoá. Foram identificados diversos uso e cobertura do solo, sendo predominantemente edifícios residenciais e espaços públicos formados por ruas, calçadas e áreas verdes (figura 1b).

A rede de drenagem de águas pluviais considerada para o estudo foi estabelecida a partir de dados fornecidos pela Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), sendo composta por galerias circulares com diâmetros variando entre 400 mm e 800 mm, totalizando 1,09 Km de extensão da rede entre 16 poços de visita.



Figura 1 – Área de Estudo localizada na sub-bacia do Centro Olímpico (CO) na cidade de Brasília/DF.

CENÁRIOS DE CONTROLE

Para este trabalho foram propostos sete cenários de controle do escoamento utilizando reservatório de detenção, telhado verde (TV) e pavimento permeável (PP). Inicialmente, com o intuito de controlar o escoamento para condições da bacia em seu estado natural, foi colocado um reservatório no ponto final de captação da rede de drenagem (cenário 1) para manter a vazão máxima igual a vazão de pré urbanização. Nos três cenários seguintes esse reservatório foi mantido com o mesmo objetivo, no entanto, para verificar os impactos sobre os fluxos superficiais e sobre os custos envolvidos na implantação das medidas de controle, foram definidos os cenários 2.1 que corresponde à substituição dos telhados das edificações por telhados verdes, 2.2 com a substituição das áreas de estacionamento e vias de tráfego por pavimentos permeáveis e 2.3 resultante da combinação dos cenários 1, 2.1 e 2.2.

Na segunda etapa os cenários 2.1, 2.2 e 2.3 foram mantidos, entretanto, retirou-se o reservatório presente no ponto final da rede, a fim de verificar os impactos sobre as vazões máxima geradas pela área de estudo, uma vez que não se mantém mais o controle para a condição de pré urbanização. A configuração de todos os cenários está exibida na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Cenários propostos para o controle do escoamento superficial

Cenário	1	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
Controles	Reservatório	TV + Reservatório	PP + Reservatório	TV + PP + Reservatório	TV	PP	TV + PP

O MODELO STORM WATER MANAGEMENT MODELO - SWMM

A simulação hidrológica realizada neste estudo foi feita através do software PCSWMM (*Personal Computer Storm Water Management Model*) desenvolvido pela CHIWater (*Computational Hydraulics International Water*). O PCSWMM incorpora uma interface mais amigável ao modelo tradicional SWMM (*Storm Water Management Model*) da EPA (*Environmental Protection Agency*) integrado a ferramentas SIG (Sistema de Informações Geográficas).

No modelo, conceitualmente, cada sub-bacia é representada como um reservatório não linear com características homogêneas e geometria retangular, possuindo largura transversal ao escoamento (W) e declividade (S) constantes. O escoamento em cada reservatório não linear é calculado através da combinação entre as equações de Manning e da Continuidade aplicada com as entradas (precipitação) e saídas (infiltração, evaporação e escoamento) do sistema.

DISCRETIZAÇÃO DA ÁREA E PARÂMETROS DO MODELO

Neste estudo foi utilizado o método de discretização proposto por Krebs *et al.* (2014), que define cada superfície presente na área de estudo como uma sub-bacia a ser modelada no SWMM. Isso foi possível a partir da identificação do uso e cobertura do solo com a criação de polígonos no software ArcGis para as diferentes superfícies, sendo posteriormente importados para o PCSWMM.

Este é um método que permite a representação explícita das estruturas LID e mantém uma base física mais forte em relação aos parâmetros do modelo. A utilização desta abordagem resultou em 114 sub-bacias cujas áreas foram medidas manualmente com os polígonos criados no ArcGis. As declividades foram aproximadas com base em curvas de nível de 5 m, com exceção dos telhados para os quais foi adotado 0,5%. O parâmetro W foi calculado pela equação 1, proposta por Krebs *et al.* (2016) utilizando $\alpha = 0,7$. Os parâmetros, adotados de acordo com o manual do SWMM (Rossman, 2016), e a área total de cada tipo de superfície estão mostrados na tabela 2.

$$W = \alpha \sqrt{A} \quad (1)$$

Tabela 2 – Percentuais referentes a cada tipo de uso e cobertura do solo na área de estudo

Uso do solo	Tipo de cobertura	<i>n</i> de Manning	<i>dp</i> (mm)	Área (ha)	Proporção em relação a área total (%)
Telhado	Cerâmica	0,013	1,905	1,45	17,68
Rua	Asfalto	0,011	1,905	1,58	19,19
Calçada	Concreto	0,012	1,905	1,12	13,64
Canteiros/Jardins	Solo exposto	0,012	3,810	0,14	1,75
	Gramma	0,150	3,810	1,63	19,84
	Vegetação densa	0,400	5,080	2,29	27,91

CHUVA DE PROJETO E MÉTODO DE INFILTRAÇÃO

As simulações hidrológicas para os diferentes cenários foram realizadas com a chuva de projeto calculada pela curva Intensidade Duração Frequência (IDF) proposta para o Distrito Federal (equação 2) pelo Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal (2018), com distribuição temporal utilizando o método dos blocos alternados em intervalos de 1 min.

$$i = \frac{1574,7 Tr^{0,207}}{(td + 11)^{0,884}} \quad (2)$$

Em que *i* é a intensidade da chuva em mm/h, *Tr* o tempo de retorno em anos e *td* a duração total da chuva em min. Para este trabalho, adotou-se *Tr* = 10 anos e *td* igual ao tempo de concentração da bacia, calculado em 143 min, resultando em um evento com intensidade de 281,96 mm/h e total precipitado de 70 mm.

As áreas impermeáveis identificadas foram consideradas na modelagem como sendo 100% impermeáveis, enquanto para as áreas permeáveis (canteiros/jardins) foi utilizado o modelo de Horton para infiltração da água no solo. Utilizou-se nesse trabalho a equação que Silva (2006) ajustou para parcelas de solo na região do Distrito Federal.

MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO

Neste estudo, foi empregado um reservatório de detenção como medida de controle do escoamento superficial no ponto final da rede de drenagem para controlar a vazão máxima da área à uma situação de pré urbanização. Para isso, o dimensionamento hidráulico desses dispositivos foi realizado com a aplicação do método de Puls, no próprio PCSWMM. Os reservatórios foram considerados como estruturas de concreto armado com dimensões quadradas e enterrados no solo, possuindo um orifício de descarga de formato circular.

No PCSWMM as estruturadas LID podem ser representadas contendo todas as suas camadas (reservatório de rochas, material granular, substrato, etc) ou se pode suprimir camadas que não sejam desejadas. Em cada estrutura é realizado o balanço hídrico, no qual a infiltração é calculada pelo método de *Green-Ampt*. Os parâmetros para o telhado verde e o pavimento permeável foram adotados de acordo com a literatura (Chui *et al.*, 2016; Rossman, 2016; Baek *et al.*, 2015) e estão exibidos na tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros adotados para as camadas de telhado verde e pavimento permeável

Telhado verde			Pavimento permeável		
Camada	Parâmetro	Valor adotado	Camada	Parâmetro	Valor adotado
Camada superficial	Altura da berma (mm)	3,0	Camada superficial	Altura da berma (mm)	0,0
	Fração da cobertura vegetal (m ³ /m ³)	0,1		Rugosidade de Manning	0,014
	Rugosidade de Manning	0,1		Declividade (%)	1,0
Camada de solo	Declividade (%)	1,0	Camada de Pavimento	Declividade (%)	1,0
	Espessura (mm)	150		Espessura (mm)	100
	Porosidade	0,5		Fração de vazio (m ³ /m ³)	0,15
	Capacidade de campo (m ³ /m ³)	0,3		Permeabilidade (mm/h)	400
	Ponto de murcha (m ³ /m ³)	0,1		Fator de colmatação	0,0
	Condutividade (mm/h)	600		Camada de armazenamento	Espessura (mm/h)
Sucção capilar (mm/h)	75	Fração de vazio (m ³ /m ³)	0,5		
Material do dreno	Espessura (mm/h)	50	Taxa de infiltração do solo (mm/h)	50	
	Rugosidade de Manning	0,1	Fator de colmatação	0,0	

LEVANTAMENTO DE CUSTOS

A análise de custos para o reservatório foi feita com base na metodologia de cálculo proposta por Baptista e Paz (2018). A partir do dimensionamento estrutural realizado para cada reservatório, foi levantada a base dos preços dos materiais de cada composição, bem como o custo por hora dos trabalhadores, que foram obtidos através do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, 2019), os salários dos funcionários foram atualizados de acordo com o Sindicato da Construção Civil do Distrito Federal (SINDUSCON/DF, 2019) e por questões de

simplificação, a composição de preço da retroescavadeira foi considerada com base no portal oficial da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA/CE; CEARÁ, 2017).

O levantamento de custos, considerando os materiais e a mão de obra dos serviços envolvidos para a implementação das estruturas de controle LID, tomou por base os preços fornecidos pelo SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), para o mês de setembro de 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho se propôs a avaliar cenários de controle do escoamento para uma área urbana através da relação custo efetividade e para isso, primeiramente, foram simulados os cenários de pré ($Q_{P, PRÉ}$) e pós ($Q_{P, PÓS}$) urbanização a fim de identificar as vazões máximas. A partir dos resultados obtidos, identificou-se $Q_{P, PRÉ} = 0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{P, PÓS} = 3,02 \text{ m}^3/\text{s}$. Os quatro cenários cujos hidrogramas resultantes estão exibidos na figura 2 foram definidos para controlar o escoamento de forma que a vazão máxima de saída seja sempre igual a de pré urbanização.

No cenário 1 foi colocado apenas um reservatório no ponto final de captação da rede de drenagem. Neste caso, uma vez que o dispositivo tem a finalidade de controlar todo o escoamento gerado pela área de estudo, foi a condição em que o reservatório obteve maiores dimensões (865 m^2 de área), o que implicou diretamente em um alto custo (R\$1.767.055,72).

Posteriormente, três cenários utilizando dois dispositivos de controle LID foram combinados ao reservatório no ponto final da captação, a fim de observar as implicações sobre o escoamento, as dimensões do reservatório e os custos envolvidos. Na condição em que todos os telhados das edificações foram substituídos por telhado verde (cenário 2.1), a área do reservatório foi reduzida para 500 m^2 , mantendo o controle da vazão de saída para a de pré urbanização, assim como ocorreu uma redução nos custos de 43,3%. Entretanto, devido a capacidade de reduzir volume dos dispositivos LID, a altura da lâmina total do escoamento q (volume escoado/área de estudo) diminuiu de 40.5 mm para 30 mm, uma redução em torno de 25%. Embora a área do reservatório tenha sido menor e consequentemente o valor empregado também o foi (R\$1.002.003,05), os custos para implantação de telhados verdes também são relativamente altos (R\$20,05), totalizando para este cenário o valor de R\$2.647.932,45, maior que o empregado ao utilizar apenas o reservatório como estrutura de controle.

No cenário seguinte (2.2), todas as áreas com cobertura de asfalto foram substituídas por pavimento permeável, essa é uma possibilidade viável devido ao uso dessas áreas corresponder a estacionamento e vias de tráfego lento. Para este caso, as dimensões do reservatório, e consequentemente seus custos, foram os mesmos do cenário anterior. Isso ocorreu, provavelmente, devido a combinação entre a taxa de aplicação das LIDs e a configuração das camadas de substrato,

resultarem em volumes de entrada no reservatório muito próximos. Entretanto o valor do metro quadrado do pavimento permeável foi um pouco menor que o do telhado verde (R\$19,76).

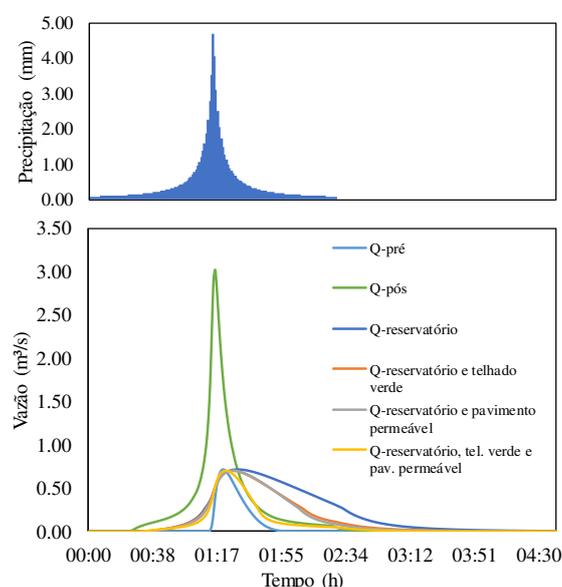


Figura 2 – Hidrogramas correspondentes aos cenários 1, 2.1, 2.2 e 2.3

O cenário 2.3 foi realizado combinando as três medidas de controle. Neste, a utilização de duas estruturas LID reduziu o total escoado em 55,6% ($q = 17,98$ mm). Apesar dessa implicação resultar em um reservatório com 160 m² e custo de R\$312.880,48, a aplicação do telhado verde e do pavimento permeável em 36,87% da área de estudo levou a um custo total de R\$3.581.284,59, um aumento de mais de 50% do que foi obtido para o primeiro cenário. Em todos os cenários, fixou-se que a altura dos reservatórios não deveria passar de 2 m. No cenário com apenas um reservatório a altura foi de 1,98 m e nos cenários seguintes foram iguais a 1,95 m.

Posteriormente, foi analisado o comportamento dos hidrogramas dos cenários 3.1, 3.2 e 3.3 (figura 3), que correspondem as mesmas configurações dos cenários 2.1, 2.2 e 2.3, sem a utilização do reservatório de detenção para verificar o aumento nas vazões máximas. No cenário 3.1 em que o metro quadrado do telhado verde foi R\$20,05 o custo total foi de R\$1.654.929,40, menor que o valor para o cenário 1, que possui apenas um reservatório (R\$1.767.055,72). Entretanto, aumentou a vazão de 0,71m³/s para 2,16m³/s. O mesmo comportamento ocorreu para o cenário 3.2, com o controle utilizando apenas pavimento permeável, em que custo total foi de R\$1.622.474,71. Para este caso, a utilização do pavimento permeável obteve desempenho praticamente igual no controle da lâmina da vazão máxima 2,09 m³/s. Isso mostra que ambas as LIDs atuaram na drenagem urbana para esta área de estudo de maneira muito similar. Por fim, o cenário 3.3 teve um custo total de R\$3.268.404,11,

uma diminuição de 8,7% em relação ao cenário 2.3 com o reservatório, e a vazão 1,23 m³/s, 73,5% maior que a vazão de pré urbanização.

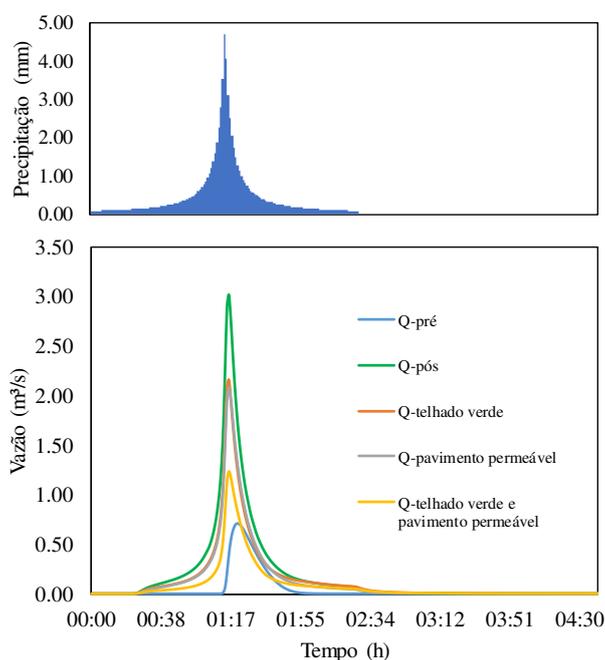


Figura 3 – Hidrogramas correspondentes aos cenários 3.1, 3.2 e 3.3

CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu avaliar a efetividade de estruturas de controle do escoamento através de cenários propostos para uma área urbana, considerando a minimização de vazões máximas e volumes totais escoados e a quantificação dos custos envolvidos na implantação de tais medidas. Essa relação permitiu identificar que embora o alto custo da aplicação das LIDs em relação ao cenário com apenas um reservatório, a sua utilização implica em uma redução bastante considerável do escoamento. Além disso, estas foram estruturas empregadas de forma distribuída na área de estudo, podendo atuar na redução de problemas pontuais de inundação. Tais medidas combinadas podem permitir a retomada de processos hidrológicos importantes, modificados pela alta impermeabilização do solo.

Também é importante destacar a atuação das LIDs na melhora da qualidade do escoamento superficial, colaborando para evitar possíveis impactos na degradação de corpos hídricos, gerados pela alta carga de poluentes presentes nas superfícies urbanas. Questões importantes a serem consideradas na tomada de decisão pelos órgãos responsáveis pelo manejo de águas pluviais.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (PTARH) pelo fornecimento de dados para a realização deste trabalho.

Ao apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal*. Brasília, DF, 2018.
- BAPTISTA, V. S. G.; PAZ, A. R. DA. (2018). *Cost-efficiency analysis of a runoff detention reservoir with integrated hydraulic and structural dimensioning*. Rbrh, pp. 1–13.
- BAEK, S. *et al.* (2015). *Optimizing Low Impact Development (LID) for Stormwater Runoff Treatment in Urban Area, Korea - Experimental and Modeling Approach*. Water Research, pp. 122-131.
- CHUI, T. F. M. *et al.* (2016). *Assessing cost-effectiveness of specific LID practice designs in response to large storm events*. Journal of Hydrology, p. 353–364.
- GEOPORTAL. Infraestrutura de dados espaciais IDE/DF. Disponível em: <<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- KREBS, G. *et al.* (2014). *Spatial resolution considerations for urban hydrological modelling*. Journal of Hydrology, pp. 482–497.
- KREBS, G. *et al.* (2016). *Simulation of green roof test bed runoff*. Hydrological Processes, pp.250–262.
- ROSSMAN, L. A.; HUBER, C. W. (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual, Volume I - Hydrology (Revised)*. Cincinnati - OH, USA: United States Environment Protection Agency – EPA.
- SEINFRA/CE. *Tabela de custos*. Secretaria da Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos>> Acesso em: 2 mai. 2016.
- SHUSTER, W. D. *et al.* (2005). *Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review*. Urban Water Journal, pp. 263–275.
- SILVA, G. B. L. (2006). *Avaliação Experimental Sobre a Eficiência de Superfícies Permeáveis com Vistas ao Controle do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas*. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. TD-01/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 180p.
- SINDUSCON/DF. *Tabela de Salários*. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.sinduscondf.org.br/portal/userfiles/file/CEG_0324_2017_DPRT_CCT%202017%202019_ok.pdf> Acesso em: 28 de mar. 2019.
- WANG, J. *et al.* (2019). *Analyzing the Impact of Impervious Area Disconnection on Urban Runoff Control Using an Analytical Probabilistic Model*. Water Resources Management, pp. 1-16.