

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DA PROVISÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS RELACIONADOS A ÁGUAS PLUVIAIS EM ESTRUTURAS URBANAS

Brito, L. K. S.¹ ; Costa, M. E. L.²; Koide, S.³; Roig, H.L.⁴

Palavras-Chave – Drenagem Urbana, Urbanismo, LIDs, SWMM.

RESUMO: Os serviços ecossistêmicos (SE) são uma nova abordagem científica com vista aos entendimentos das mudanças dos ambientes em relação ao bem-estar humano (MEA, 2005), estão diretamente associados à morfologia urbana. Este trabalho teve como objetivo buscar formas de quantificar os impactos da urbanização sobre o meio ambiente, para que se possa implementar medidas em que se busque minimizar os impactos para reestabelecimento da provisão de serviços ecossistêmicos importantes, como recarga de aquíferos e prevenção de alagamentos. Foram utilizadas de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (LIDs- Low Impact Development) em morfologias urbanas do Distrito Federal com a utilização do modelo SWMM – Storm Water Management Modelling.

INTRODUÇÃO

Atingir o bem-estar humano e desenvolvimento ambiental sustentável tem sido foco de muitas agendas de governo no que tange à preservação do capital natural (Wood *et al.*, 2018; Constanza, 2016). É um período crítico para acelerar a velocidade de implementação das agendas de desenvolvimento sustentável, visto o cenário econômico mundial atual e mudanças climáticas cada vez mais irreversíveis (Bunsen *et al.*, 2021; Asadikia *et al.* 2021).

Para atingir o desenvolvimento sustentável é necessário se ter em mãos indicadores que avaliem a integridade dos sistemas que provisionam serviços ecossistêmicos importantes para a sobrevivência humana e dos ecossistemas (Ferraz *et al.*, 2019; Wood *et al.*, 2018; Constanza, 2016).

Os serviços ecossistêmicos (SE) são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, que, em geral, são complexos em estrutura, funções e variáveis em tamanho, dinâmica e tempo (MEA, 2005). O conceito de serviços ecossistêmicos (SE), além de ser uma nova abordagem científica com vista aos entendimentos das mudanças dos ambientes em relação ao bem-estar humano (MEA, 2005), tem se tornado cada vez mais visível nas agendas de governo e conseqüentemente no processo de gestão/tomada de decisão, servindo de ponte entre a ciência e os gestores (governantes) (Ferraz *et al.*, 2019; Dick *et al.*; 2018; Fatichi *et al.*, 2016).

1) Pesquisadora INCT DTI-B do Projeto ODISSEIA-Observatório das dinâmicas socioambientais: Sustentabilidade e adaptação às mudanças climáticas, ambientais e demográficas, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, UnB - Brasília, DF, ICC Ala Central, 70297-400, (61) 99848-8226, sanchesbrito.leticia@gmail.com.

2) Doutoranda do Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, PTARH, Universidade de Brasília, UnB - Brasília, DF, Prédio SG-12, 70297-400, mariaelisaleitecosta@hotmail.com

3) Professor do Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, PTARH, Universidade de Brasília, UnB - Brasília, DF, Prédio SG-12, 70297-400, skoide@unb.br

4) Professor do Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica (PPGGAG), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, UnB - Brasília, DF, ICC Ala Central, 70910-900, roig@unb.br

Os serviços ecossistêmicos estão diretamente associados à morfologia urbana, uma vez que esta descreve a relação entre os vários constituintes do tecido das cidades, desde aspectos visuais a aspectos estruturais. Para avaliação dos serviços é necessário definir os limites e escala da morfologia estudada. (Haase & Rall, 2014).

O mapeamento de áreas urbanas a partir da morfologia, busca analisar a disposição dos elementos que compõem a cidade. Uma das metodologias de mapeamento através da morfologia denominada *Urban Structure Types* - UST pode ser definida como a identificação de áreas fisionomicamente homogêneas, com arranjos característicos entre edificações e espaços abertos, avaliando a densidade, estrutura e material construtivo dos imóveis, quantidade de áreas verdes e grau de impermeabilização do solo (Wickop, 1998). No Distrito Federal é possível notar a pré-disponibilidade do território do DF em ter como unidade de planejamento as diversas morfologias urbanas que compõe o território.

Os serviços ecossistêmicos urbanos trazem diversos benefícios econômicos (criação de empregos, aumento do valor de mercado de lotes, eficiência energética e alocação de recursos); ambientais (manutenção da qualidade do ar e da água, controle do fenômeno de ilhas de calor, manejo de águas pluviais) e sociais (recreação, qualidade de vida) (Leal Filho *et al.*, 2020), e nota-se que esses benefícios não estão somente aliados aos espaços verdes urbanos, mas também ao funcionamento dos sistemas de infraestrutura (drenagem, pavimentação, saneamento, transporte) que compõe o metabolismo das áreas urbanas (Romero-Duque *et al.*, 2020). Uma vertente recente no que tange à provisão de serviços ecossistêmicos urbanos são as soluções baseadas na natureza (SBN) que são técnicas de manejo de recursos baseadas nas dinâmicas dos ecossistemas que possuem custo-efetividade e resiliência ambiental, um exemplo disto são as chamadas infraestruturas verdes, wetlands e técnicas de manejo de águas pluviais de baixo impacto (Almenar *et al.*, 2021).

Na implantação de novos empreendimentos e expansão de áreas urbanas se deve buscar, dentro da legislação de ordenamento territorial, quais os melhores padrões de ocupação do solo, que, mantendo a ocupação populacional prevista para a área, minimizem os impactos ambientais causados pela urbanização. Assim, aproveitam-se as características do meio, como tipo de solo, declividade, geomorfologia, e identificam-se as práticas mais eficientes de manejo de águas pluviais, com o objetivo de preservar os recursos hídricos superficiais, subterrâneos e a provisão de serviços ecossistêmicos.

Este trabalho teve como objetivo buscar formas de quantificar os impactos da urbanização sobre o meio ambiente, para que se possa implementar medidas em que se busque minimizar os impactos para reestabelecimento da provisão de serviços ecossistêmicos importantes, como recarga de aquíferos e prevenção de alagamentos, com a utilização de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (LIDs- *Low Impact Development*) em morfologias urbanas do Distrito Federal com a utilização do modelo SWMM – *Storm Water Management Modelling*.

METODOLOGIA

O Distrito Federal possui área territorial de 5.780 km², população estimada de quase 3 milhões de habitantes e densidade populacional de 444,6 hab/km² (IBGE, 2017). O clima é caracterizado por uma sazonalidade com dois períodos distintos, seco de maio a setembro com baixas taxas de precipitação, baixa nebulosidade, alta taxa de evaporação e baixas umidades relativas do ar, e o período chuvoso entre outubro e abril, com precipitação média anual de 1.200 a 1.700 mm (Fonseca *et al.*, 2001).

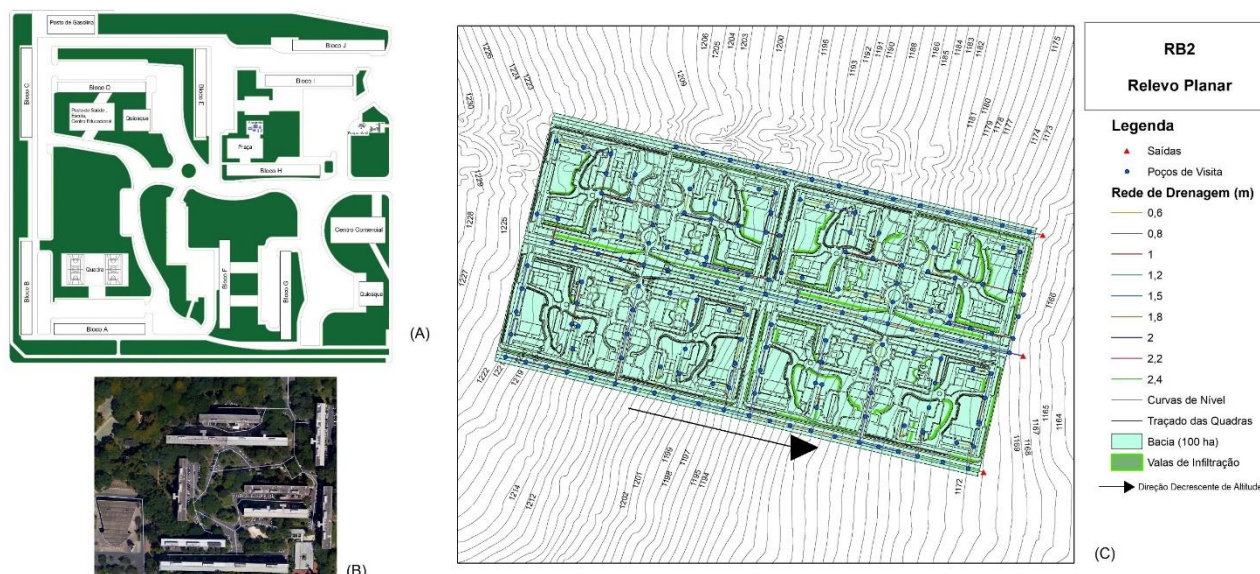
O DF conta com dois tipos predominantes de solos, o Latossolo ocupando 54,5% da área total do território, e o Cambissolo, ocupando 30,98%. O Latossolo possui baixo teor de silte e alto teor de argila (até 85%). Apesar do alto teor de argila, o Latossolo apresenta um comportamento hídrico

diferenciado com alta permeabilidade devido a característica de sua estrutura, com características hidráulicas do grupo hidrológico A de solos da USGS. Os Cambissolos apresentam baixa permeabilidade e estão geralmente associados a relevos acidentados ou ondulados. Devido às suas características podem ser enquadrados no grupo hidrológico B de solos da USGS, (Reatto *et al.*, 2004; Carvalho *et al.*, 2012; Lima *et al.*, 2013). Os argissolos ocupam 2,98% do território do DF, e são encontrados principalmente em encostas côncavas com declividades superiores a 8%. Os argissolos possuem texturas variadas com alto teor de argila nas camadas superficiais, caracterizando sua baixa permeabilidade, classificados na USGS como grupo C (Sartori *et al.*, 2005).

A estrutura urbana avaliada neste trabalho foi a RB2, residencial multifamiliar, morfologia típica da região administrativa do Plano Piloto, ocupando aproximadamente 1% do território do Distrito Federal, 14% da Região Administrativa do Plano Piloto, composta por blocos de apartamentos com até 6 pavimentos, circundadas por cinturões de áreas verdes (Castro *et al.*, 2019).

A representação da morfologia dessa quadra está representada na Figura 2. Para avaliação do comportamento dessa morfologia urbana em uma escala ampliada, foi realizado o projeto de um loteamento teórico de 100 hectares com esse traçado urbanístico assentado sobre uma topografia planar. O traçado e dimensionamento da infraestrutura de rede drenagem bem como a alocação das medidas compensatórias foi realizada de maneira a otimizar a captação das águas das áreas impermeáveis do loteamento. O traçado da rede e locação das medidas compensatórias neste loteamento estão dispostas na Figura 2.

Figura 2 – Morfologia Urbana RB2, (A) Traçado da quadra piloto; (B) Imagem Quadra SQS 405, Fonte: Google Earth; (C) Desenho do Loteamento de 100 ha a partir da replicação da quadra piloto, traçado da rede e posição em relação as curvas de nível.

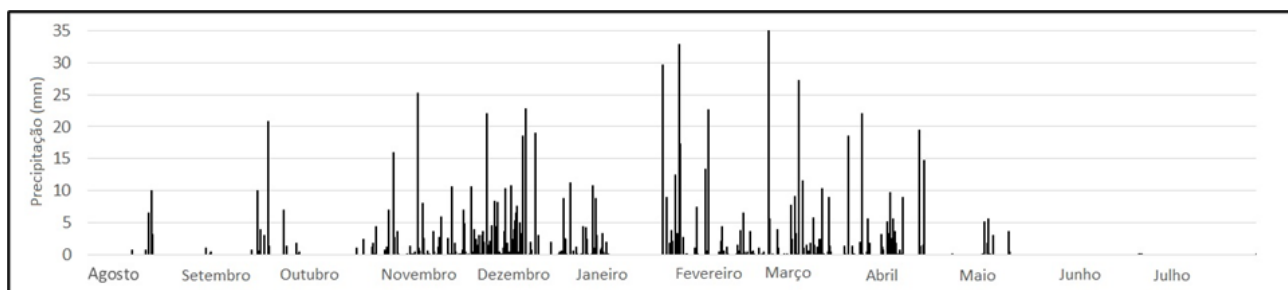


Foi utilizada a modelagem contínua com a representação de um ano hidrológico médio para quantificação dos serviços ecossistêmicos de provisão (potencial de recarga de aquíferos e qualidade da água superficial) e de regulação (escoamento superficial e compactação do solo), nos cenários com e sem a utilização de medidas compensatórias (LIDs). Para avaliação do impacto da compactação do solo levou-se em conta o efeito da urbanização na capacidade de infiltração do solo, tendo como hipótese de que no Latossolo, a movimentação de veículos pesados (e mesmo de veículos leves com uma certa frequência) pode provocar a compactação do solo transformando a estrutura porosa superficial em argila densa e impermeável. Para simular esse processo de compactação, foi considerado que o solo original que tem o comportamento do grupo hidrológico de solos do tipo A sofreu deterioração da sua estrutura diminuindo sua permeabilidade fazendo com que se enquadre

nos grupos B ou C. Avaliou-se também a implantação desta morfologia urbana em topografia planar, e três tipos de solo, latossolos pertencente ao grupo de solos hidrológicos tipo A, cambissolos pertencente ao grupo B e argissolos do grupo C.

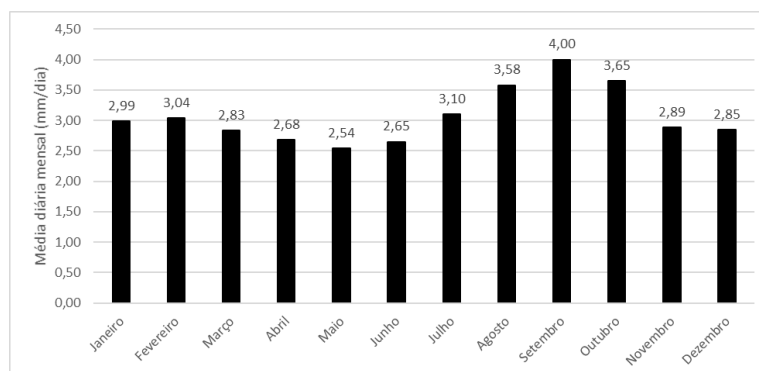
A simulação foi realizada por período contínuo de um ano e as precipitações foram obtidas a partir dos dados do INMET, estação de Brasília, para os quais se calculou os totais anuais (mm), médias mensais (mm) e a média dos totais anuais (mm). A partir desses dados selecionou-se um “ano médio”, que apresentasse os totais mensais próximos das médias mensais e o total anual próximo a média dos totais anuais. Esses dados de chuva pelo período contínuo de um ano foram utilizados com o objetivo de avaliar a prestação de serviços ecossistêmicos. O ano hidrológico de 2005 – 2006 foi o que atendeu os critérios acima estabelecidos, com um total anual de 1457 mm de precipitação. A Figura 3 mostra o gráfico de precipitação de entrada no modelo SWMM, no qual se pode observar o comportamento da estação seca e chuvosa do ano hidrológico considerado.

Figura 3 – Chuva de Projeto para Simulação de Base Contínua.



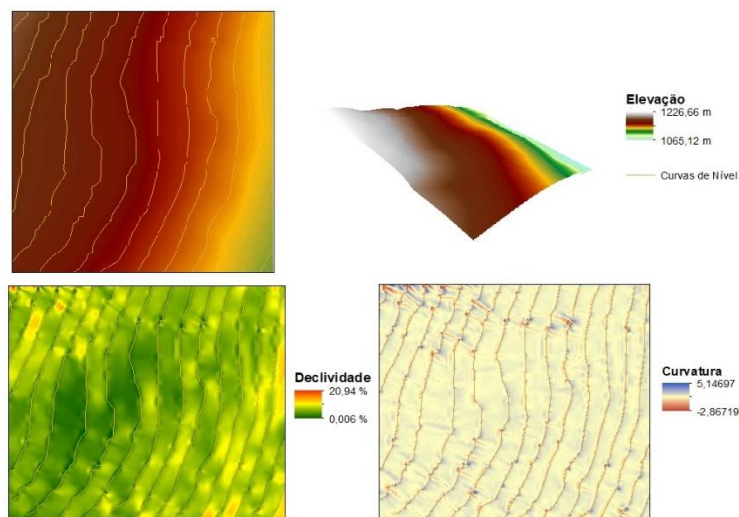
Para a simulação contínua, foram utilizados dados de evapotranspiração com o objetivo de obter o balanço hídrico completo, para avaliação da provisão dos serviços ecossistêmicos. Para esse estudo buscou-se um ano médio de evapotranspiração, a partir de dados medidos do Tanque Classe A (FAL – UnB), entrando assim com os dados de médias mensais. A Figura 4 mostra os valores de entrada no modelo de evapotranspiração. Para conversão dos dados de evaporação do tanque classe A em evapotranspiração real, adotou-se um fator multiplicativo de 0,70.

Figura 4 – Valores de Evapotranspiração Potencial.



A geomorfologia analisada, conforme ilustrado na Figura 5, apresenta declividade média de 3,32%, altitudes variando de 1.110 a 1.250 m e índice de curvatura do plano e do perfil próximas de zero, sendo assim a vertente é caracterizada como planar como encontrada na região administrativa de Vicente Pires, localizada no compartimento geomorfológico do Pediplano de Brasília, Plano Intermediário.

Figura 5 – Geomorfologia Planar.



Para avaliar o efeito da compactação do solo na perda de infiltração nas áreas urbanas devido ao processo de instalação de edificações, foram elaborados três cenários, utilizando como cenário base de comparação o solo tipo A, do grupo hidrológico de solos da USGS, em condições naturais, e os tipos B e C, para simular a perda da capacidade de infiltração do solo devido a compactação. Outro efeito também avaliado foi o custo da rede drenagem para as diferentes condições de solos. Ressalta-se a hipótese de que quanto menos permeável for o solo, mais robusto será o sistema de drenagem para atender às condições de projeto estabelecidas pelos termos de referência (Adasa, 2018; NovaCap, 2019). A cotação dos custos foi realizada pelas tabelas orçamentárias SICRO (Sistema de custos referenciais de obras), SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil) e TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamento).

Para equacionamento da recarga efetiva, levou-se em conta os três componentes do balanço hídrico, a infiltração, escoamento e evapotranspiração. A água que efetivamente atinge o nível freático, é resultado da parcela de infiltração menos a parcela evapotranspirada e interceptada pela vegetação, desta forma:

$$R_{ef} = I_{nf} - E_{vapo} \quad (1)$$

Onde:

Ref: Recarga de aquífero efetiva (mm/ano)

Inf: Parcela Infiltrada (mm/ano)

Evapo: Parcela Evapotranspirada (mm/ano)

A medição do serviço de qualidade da água superficial seguiu a hipótese de que a qualidade das águas de jusante é preservada se ocorre a retenção das águas de *first flush* pelas medidas compensatórias e, conseqüentemente, retenção de poluentes carregados (Concremat, 2008; Costa *et*

al., 2018; Yazaki *et al.*, 2012, Brito, 2020). Dessa forma a melhoria na qualidade da água foi obtida através da lâmina de escoamento gerada no cenário de redes convencionais e no cenário de LIDs, na simulação contínua comparando o percentual de redução de escoamento gerado.

$$Q_a = 1 - \left(\frac{R_{rede} - R_{LID}}{R_{rede}} \right) \quad (2)$$

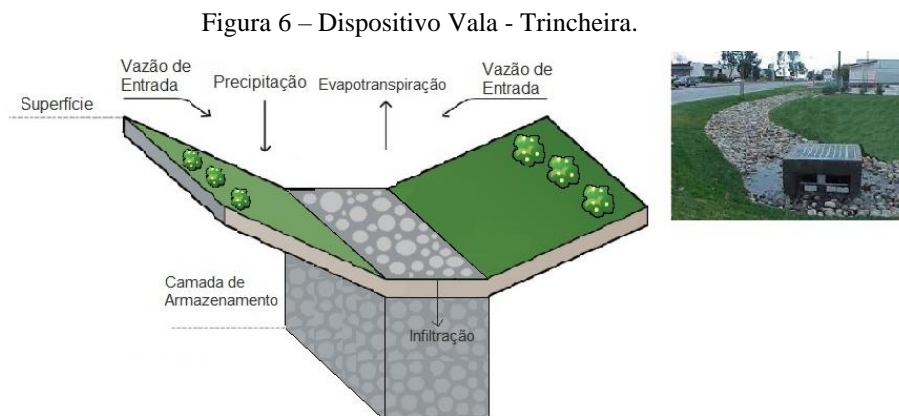
Onde:

Q_a : Qualidade da Água Melhorada (%)

R_{rede}: Lâmina de Escoamento superficial gerado no cenário de redes convencionais (mm)

R_{LID}: Lâmina de Escoamento superficial gerado no cenário de LIDs (mm)

A medida compensatória utilizada nas simulações foi a vala de infiltração associada a trincheira, conforme Figura 6. Os parâmetros construtivos dessa medida estão apresentados na Tabela 1. A trincheira associada a vala é um dispositivo em que se aumenta a capacidade de armazenamento devido a presença de camada granular e infiltração devido as bordas vegetadas, utilizando áreas menores. Esse dispositivo foi proposto em reuniões de projeto junto a NOVACAP na discussão sobre instalação de técnicas compensatórias junto a vias de Brasília, com o objetivo de reduzir alagamentos.



Os parâmetros de dimensionamento das técnicas compensatórias foram definidos conforme a faixa de valores estabelecidas por Rossman e Huber (2016), as trincheiras de recarga conforme ADASA (2018) e parâmetros de infiltração e porosidade de Latossolos e Cambissolos apresentados por Carvalho *et al.* (2012), Lima *et al.* (2013).

Tabela 1 – Parâmetros de Projeto Vala – Trincheira.

Trincheira de Infiltração Associada com Vala (Vala-Trincheira)	
Altura da Berma (mm)	1000
Volume de Vegetação (Fração)	0
Rugosidade de Manning	0,15 (Gramado e Brita)
Declividade (m/m)	0
Profundidade (mm)	2500
Volume de Vazios (Fração)	0,60
Taxa de Infiltração (mm/h)	24,5 (Latossolo); 2,45 (Cambissolo)

Para cálculo do custo da rede de drenagem foram considerados diâmetros da rede dimensionados para o período de retorno de 10 anos conforme Termo de Referência da Novacap (2019). As composições orçamentárias de redes de drenagem incluem no geral o preço de instalação, preparação da superfície do terreno para assentamento da tubulação e mão de obra, medidos por metro de rede instalada. Outros custos adicionais levados em conta foram a escavação, reaterro de vala e escoramento de vala por pontaletes ou escoramento descontínuo, sendo os serviços de movimentação de terra medidos em metros cúbicos, e o escoramento de vala em metros quadrados. O custo da instalação de bocas de lobo e condutos de ligação, foram considerados como uma fração do custo total da rede, adicionando-se 2% ao final do cálculo, conforme base em orçamentos cedidos pela NOVACAP e pesquisas de orçamentos de obras públicas. Ao final foi calculado o custo de implantação da rede de drenagem por metro executado em função do cenário avaliado, para averiguar qual possui o maior custo de instalação da rede de drenagem.

RESULTADOS

A quantificação da recarga efetiva de aquíferos foi estimada por meio de simulações de tempo contínuo pelo cálculo do balanço hídrico e logo após aplicando os valores obtidos na Equação 1, com os resultados apresentados na Tabela 2. Percebe-se que a evapotranspiração varia muito entre as UST, porém a infiltração e conseqüentemente a recarga efetiva são maiores devido a presença das LIDs, que promovem o direcionamento das águas do escoamento superficial para o solo.

Tabela 2 – Balanço Hídrico – Cálculo da Recarga Efetiva.

UST	Evapotranspiração (mm)	Infiltração (mm)	Recarga Efetiva (mm)
RB2 A	202,681	829,322	626,641
RB2 A LIDs	212,281	1100,326	888,045
RB2 B	249,588	538,459	288,871
RB2 B LIDs	267,742	1038,351	770,609

Os resultados são apresentados na Tabela 3, com a melhoria da qualidade da água em porcentagem, em função do cenário avaliado. O solo A apresenta um desempenho 11% superior ao solo B devido a sua capacidade de infiltração ser maior, por conseqüência assimilando uma maior quantidade de poluentes em detrimento ao solo B.

Tabela 3 – Melhoria na qualidade da água em função da implantação de Medidas Compensatórias.

Cenário	Melhoria na Qualidade da Água
RB2 A LIDs	34,67%
RB2 B LIDs	23,01%

Constata-se que a mudança de solo afeta significativamente a geração de escoamento superficial e infiltração neste padrão, como pode ser observado na Tabela 4 e 5, podendo-se verificar que conforme é reduzida a capacidade de infiltração do solo, maior é o escoamento gerado. Esses resultados mostram que LIDs com função de infiltração não são tão eficientes para os solos do tipo B e C, sendo recomendadas medidas com função de retenção, como reservatórios.

Tabela 4 – Lâminas de Escoamento Superficial para os Solos A, B e C.

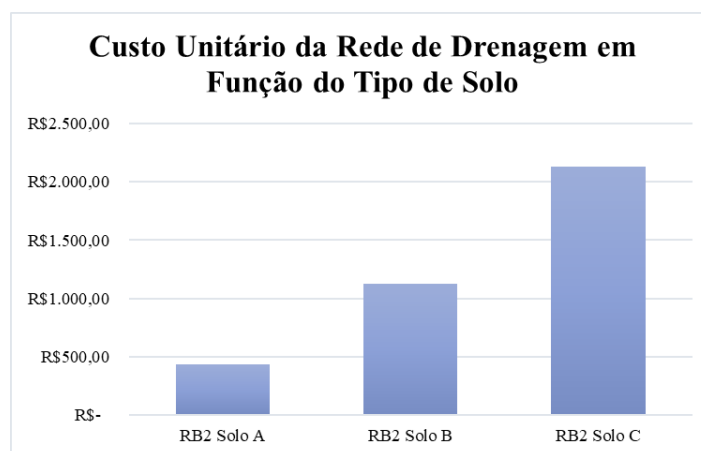
Cenário	Escoamento Superficial (mm)	Comparação
RB2 Solo A	427,08	Cenário Base
RB2 Solo B	672,70	↑ 58%
RB2 Solo C	743,22	↑ 74%

Tabela 5 – Lâminas de Infiltração para os Solos A, B e C.

Cenário	Infiltração (mm)	Comparação
RB2 Solo A	829,32	Cenário Base
RB2 Solo B	538,76	↓ 35,04%
RB2 Solo C	466,34	↓ 43,77%

Observou-se que o custo unitário da rede com a mudança de tipo de solo aumenta em mais de 1,5 vezes (Figura 8). Como esperado, a execução da rede de drenagem em solos menos permeáveis é mais onerosa em comparação aos mais permeáveis. A compactação dos solos em áreas urbanas, decorrentes das obras e circulação de veículos antes da urbanização das áreas verdes pode tornar o sistema subdimensionado após sua implantação, podendo ser necessária a previsão dessa redução de capacidade de infiltração na fase de projeto.

Figura 8 – Gráfico Custo unitário da rede em relação ao cenário avaliado.



CONCLUSÕES

Apesar de se tratar de uma simulação não calibrada, foi possível observar que a simulação hidrológica - hidráulica de padrões de ocupação urbana com o modelo SWMM se mostra uma ferramenta de grande potencial para a avaliação provisória de serviços ecossistêmicos.

Observou-se que a implantação de valas-trincheira aumentou a provisão do serviço ecossistêmico de recarga de aquíferos em 46% em média em comparação ao cenário sem sua utilização. O mesmo pode ser dito quanto ao serviço de melhoria na qualidade da água, em que as valas contribuíram para melhoria em mais 20% no índice de qualidade da água associado à geração de escoamento superficial, contribuindo significativamente com a redução dos poluentes do fenômeno *first flush*.

Quanto à compactação dos solos em áreas urbanas, observou-se que a mudança do grupo hidrológico contribuiu significativamente para aumento em mais de 50% em lâmina de escoamento

superficial gerado e mais de 30% de redução de infiltração, afetando diretamente os sistemas de drenagem dimensionados para a condição inicial de solo do tipo A. Na dimensão de custos é possível observar que o custo da execução da rede em nos tipos de solo B e C dobram e triplicam em comparação ao solo A, pois demandam diâmetros maiores devido a maiores vazões de escoamento geradas. A utilização de medidas compensatórias pode contribuir para amenização desse cenário.

Perspectivas de futuros trabalhos na avaliação da provisão de serviços ecossistêmicos em soluções baseadas na natureza em drenagem urbana e avaliação de pagamentos por serviços ecossistêmicos urbanos vêm sendo desenvolvidos e mostram um grande potencial para a viabilização da implementação de medidas compensatórias quase sempre analisada apenas pelos aspectos econômicos e critérios de projeto hidráulico.

REFERÊNCIAS

- ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (2018). *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal*. In: Yazaki, L. F. O.; Montenegro, M. H. F.; Costa, J. da. (eds.). UNESCO, Distrito Federal, 333 p.
- ALMENAR, J. B., ELLIOT, T., RUGANI, B., PHILIPPE, B., GUTIERREZ, T. N., SONNEMANN, G., & GENELETTI, D. (2021). *Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges*. *Land Use Policy*, 100, 104898.
- ASADIKIA, A., RAJABIFARD, A., & KALANTARI, M. (2021). *Systematic prioritisation of SDGs: Machine learning approach*. *World Development*, 140, 105269.
- BRITO, L. K. S. (2020). *Avaliação do Impacto das Características Geomorfológicas e Padrões de Uso e Ocupação do Solo Urbano no Distrito Federal no Manejo de Águas Pluviais*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 200p.
- BRITO, L. K. S., LEITE COSTA, M. E., & KOIDE, S. (2020). *Assessment of the Impact of Residential Urban Patterns of Different Hillslopes on Urban Drainage Systems and Ecosystem Services in the Federal District, Brazil*. *Sustainability*, 12(14), 5859.
- BUNSEN, J., BERGER, M., & FINKBEINER, M. (2021). *Planetary boundaries for water—A review*. *Ecological Indicators*, 121, 107022.
- CARVALHO, J. C. DE; JUNIOR G. DE F. N. G.; & CARVALHO, E. T. L. (2012). *Tópicos Sobre Infiltração: Teoria e Prática Aplicadas a Solos Tropicais*. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 672 p.
- CASTRO, K. B., ROIG, H. L., NEUMANN, M. R. B., ROSSI, M. S., SERAPHIM, A. P. A. C. C., JÚNIOR, W. J. R., ... & HOEFER, R. (2019). *New perspectives in land use mapping based on urban morphology: A case study of the federal district, Brazil*. *Land Use Policy*, 87, 104032.
- CASTRO, K. B. DE (2017). *Segurança Hídrica Urbana: Morfologia Urbana e Indicadores de Serviços Ecossistêmicos, Estudo de Caso do Distrito Federal, Brasil*. Tese de Doutorado em Geociências Aplicadas, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 207 p.
- COSTA, M. E. L.; SOUZA, F. P.; ROQUE, D. F. D.; KOIDE, S. (2018). *Analysis of Urban Stormwater Runoff Quality and First Flush Pheomenon*. In: *14th International Conference on Urban Drainage*, Prague, Chzec Republic.
- COSTANZA, R., DALY, L., FIORAMONTI, L., GIOVANNINI, E., KUBISZEWSKI, I., MORTENSEN, L. F., ... & WILKINSON, R. (2016). *Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals*. *Ecological Economics*, 130, 350-355.

DICK, J., TURKELBOOM, F., WOODS, H., INIESTA-ARANDIA, I., PRIMMER, E., SAARELA, S. R., ... & ZULIAN, G. (2018). *Stakeholders' perspectives on the operationalisation of the ecosystem service concept: Results from 27 case studies*. *Ecosystem services*, 29, 552-565.

FATICHI, S., VIVONI, E. R., OGDEN, F. L., IVANOV, V. Y., MIRUS, B., GOCHIS, D., ... & TARBOTON, D. (2016). *An overview of current applications, challenges, and future trends in distributed process-based models in hydrology*. *Journal of Hydrology*, 537, 45-60.

FERRAZ, R. P. D., PRADO, R. B., PARRON, L. M., & CAMPANHA, M. M. (2019). *Marco Referencial em Serviços Ecológicos*. Brasília, DF: Embrapa.

LEAL FILHO, W., BARBIR, J., SIMA, M., KALBUS, A., NAGY, G. J., PALETTA, A., ... & BONOLI, A. (2020). *Reviewing the role of ecosystems services in the sustainability of the urban environment: A multi-country analysis*. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121338.

FONSECA, F. O. (2001). *Olhares sobre o lago Paranoá*. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Brasília – DF.

HAASE, D.; RALL, E. L. (2014). *Creative intervention in a dynamic city: A sustainability assessment of an interim use strategy for brownfields in Leipzig, Germany*. In: *Landscape and Urban Planning*, 100(3), 189-201

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; STRAUCH, M. & LORZ, C. (2013). *Desenvolvimento de base de dados de solos para a aplicação do modelo SWAT em bacia do Bioma Cerrado*. In: *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves – RS, 8 p.

NOVACAP– Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (2019). *Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal*. NOVACAP, GDF, 25 p.

REATTO, A.; MARTINS, E. DE S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V. DA & CARVALHO JR., O. A. DE (2004). *Mapa Pedológico Digital – SIG Atualizado do Distrito Federal, Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo*. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Planaltina – DF, 29 p.

ROMERO-DUQUE, L. P., TRILLERAS, J. M., CASTELLARINI, F., & QUIJAS, S. (2020). *“Ecosystem services in urban ecological infrastructure of Latin America and the Caribbean: How do they contribute to urban planning?”*. *Science of The Total Environment*, 138780.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. (2005). *“Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação de Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação”*. In: *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 10 (4), 05-18.

WICKOP, E. (1998). *Environmental Quality Targets for Urban Structural Units in Leipzig with a View to Sustainable Urban Development*. In: J. Breuste, H. Feldmann, & O. Uhlmann (Eds.). *Urban Ecology* (Chap. 01, pp. 49-55). New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

YAZAKI, L. F. O. L., MORIHAMA, A. C. D., AMARO, C., TOMINAGA, E. N. S., PEREIRA, M. C. S., PORTO, M. F. A., ... & LUCCI, R. M. (2012). *“Integrated solutions for urban runoff pollution control in Brazilian metropolitan regions”*. In: *Water Science and Technology*, 66(4), 704-711.

AGRADECIMENTOS: ao Projeto INCT ODISSEIA pelo apoio financeiro e bolsa de pesquisa; ao Instituto de Geociências da UnB pelos dados de Classificação das Estruturas Urbanas do Distrito Federal; Ao CNPq e FAPDF pelo auxílio financeiro ao projeto; e à CHI Water pela concessão da licença do programa PCSWMM.