



ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS COMPENSATÓRIAS PARA O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO CAMPUS DARCY RIBEIRO DA UNB

Giovana Vilas Bôas Laterza¹; Gabriela Elise Silva Cavalcante²; Davi Martins de Aragão³; Márcio Bittar Bigonha⁴; Sergio Koide⁵ & Ana Paula Brandão Costa⁷

RESUMO - O Plano Piloto de Brasília foi construído dotado de rede de drenagem urbana desde o início. No entanto, os critérios de projeto, problemas de manutenção e as alterações não previstas na forma de ocupação levaram a que o sistema esteja hoje ineficiente, com constantes alagamentos em vários trechos, como mostrado pela CONCREMAT (2009). Neste trabalho visou-se a mitigação de alagamentos dos prédios da Faculdade de Tecnologia da UnB, situados na parte norte do Campus Darcy Ribeiro, na Asa Norte do Plano Piloto. No estudo foram adotadas valas com o objetivo de reter e desviar o escoamento superficial excedente nos grandes eventos e aumentar a infiltração de água no solo principalmente nos eventos ordinários. O projeto proposto pelo Centro de Planejamento Oscar Niemeyer (CEPLAN) da UnB conta com cinco valas de infiltração. Foi feita a simulação do sistema existente junto com as medidas propostas utilizando o programa PCSWMM 2D para análise da efetividade das medidas propostas. A medida proposta provocará uma diminuição da vazão máxima e escoamento total na área a ser protegida, no entanto, como esperado, não houve alteração significativa para as áreas mais a jusante uma vez que a maior parte das águas afluentes são geradas ao longo da bacia a montante.

ABSTRACT - Brasília's Pilot Plan was built with an urban drainage network early on. However, the design criteria, maintenance problems, and unforeseen changes in the form of occupation have led to an inefficient system today, with constant flooding in several sections, as shown by CONCREMAT (2009). This work aimed at mitigating flooding in the buildings of the Faculty of Technology at UnB, located in the northern part of the Darcy Ribeiro Campus, in North Wing, Brasília. In the study, ditches were adopted objecting to retain and divert excess surface runoff in major events and increase soil water infiltration, especially in ordinary events. The project proposed by the Oscar Niemeyer Planning Center (CEPLAN) at UnB has five infiltration trenches. The simulation of the existing system with the proposed measures was performed using the PCSWMM 2D program to analyze the effectiveness of the proposed measures. The proposed measure will cause a decrease in maximum flow and total flow in the area to be protected, however, as expected, there will be no significant change for the areas further downstream since most of the influent waters are generated along the basin at the amount.

Palavras-Chave: Alagamentos, PCSWMM 2D, valas de infiltração, LID.

¹ Afiliação: Graduanda em Engenharia Ambiental/ UnB, givblaterza@gmail.com.

² Afiliação: Graduanda em Engenharia Ambiental/ UnB, gabrielaescavalcante@gmail.com

³ Afiliação: Graduando em Engenharia Civil/ UnB, dvmartins05@gmail.com

⁴ Afiliação: Programa de mestrado do PTARH/UnB, bittarbigonha@gmail.com

⁵ Afiliação: Professor do PTARH/UnB, skoide@unb.br

⁶ Afiliação: Doutoranda do PTARH/UnB, mariaelisa@unb.br

⁷ Afiliação: Graduada em Engenharia Ambiental/ UnB, brandaoc.anapaula@gmail.com



1. Introdução

O crescimento urbano das últimas décadas aliado às mudanças climáticas ocasionam na ocorrência cada vez mais frequente de desastres naturais ligados a chuvas de maiores intensidades. Dessa forma, há uma necessidade de planejar sistemas de manejo de águas pluviais mais resilientes. A Universidade de Brasília (UnB), assim como em outros pontos do Distrito Federal, sofre de forma recorrente com alagamentos (Souza), o que gera transtornos e prejuízos materiais. O presente estudo visou a analisar formas de reduzir o problema nos prédios da Faculdade de Tecnologia da UnB (FT), com base em soluções que evitem o alagamento das edificações em grandes eventos e que promovam uma maior infiltração das águas nos eventos frequentes, de menor intensidade.

A proposta de implantação de valas de infiltração discutida com o CEPLAN foi simulada utilizando o programa PCSWMM 2D e foi analisado o impacto na parte norte do campus da UnB, principalmente nos prédios da FT, imediatamente à jusante da região de intervenção.

2. Metodologia

Área de Estudo

A região onde está localizada a UnB apresenta declividade que está presente em toda a sua extensão, com pontos de maior altitude na via L3 Norte e altitudes gradualmente menores em direção ao Lago Paranoá, formando um caminho claro do escoamento superficial, com início na via e deságue no Centro Olímpico, próximo ao lago. A topografia do local gera grandes impactos no sistema de drenagem na universidade visto que recebe contribuições externas das áreas com cotas maiores com escoamento que flui naturalmente para o local, segundo estudos de Souza (2021) e Damasceno (2021).

A presença de vegetação também é importante pela sua influência na infiltração e redução da velocidade de escoamento. No caso da universidade, apesar de contar com áreas verdes significativas, o índice de vegetação por diferença normalizado, é de forma geral muito baixo, com uma grande área de valores próximos de 0, o que indica que a maior parte da vegetação emite radiações mais próximas aos valores referentes à plantas mortas ou objetos inanimados, enquanto

que valores mais próximos de 1, ou seja indicativos de vegetação saudável, estão concentrados em pontos mais isolados. Esse fato mostra a elevada impermeabilização do solo no local, que gera grande impactos pois reduz a infiltração, aumentando a vazão e o volume do escoamento superficial que provocam os alagamentos na região (Figura 1).

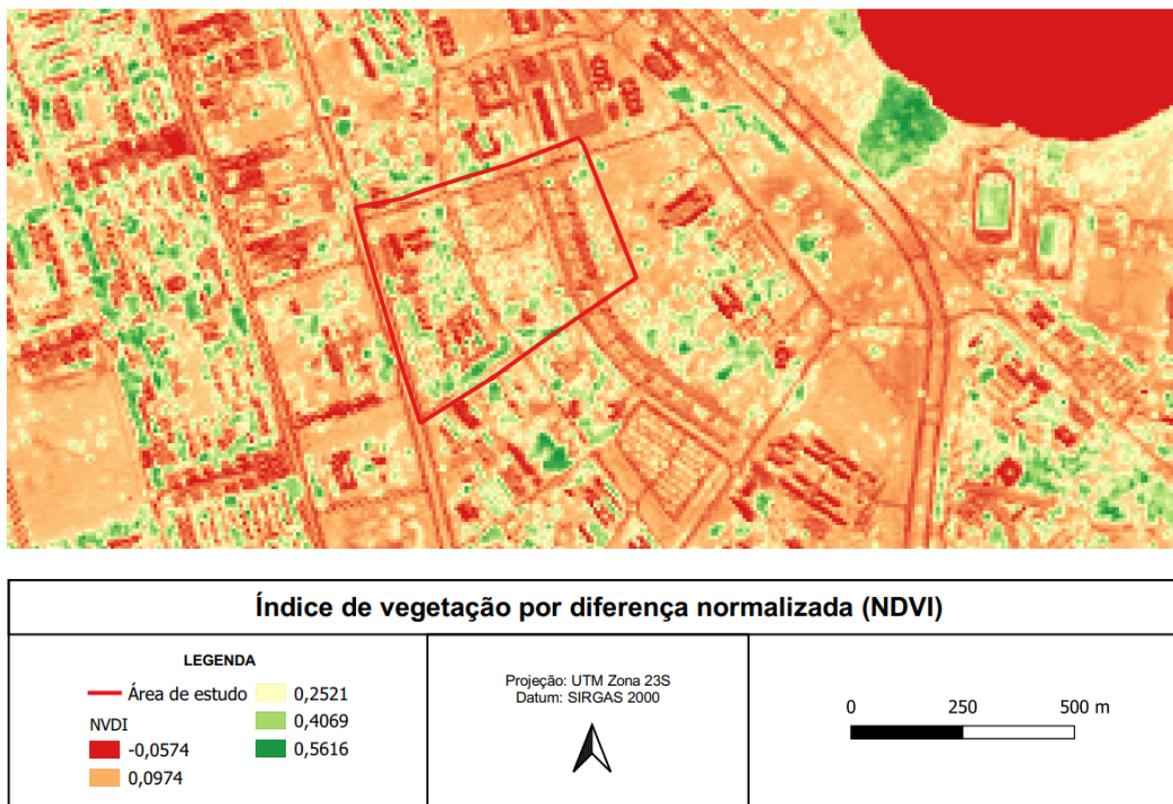


Figura 1 - Índice de vegetação por diferença normalizada da UnB, com área de estudo destacada em vermelho

O estudo em questão foi realizado no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, mais precisamente em frente ao prédio ULEG da Faculdade de Tecnologia. A região é composta por parte gramada, áreas construídas com edifícios e pavimentada para estacionamento, além de possuir uma área de aproximadamente 0,2299 quilômetros quadrados, a qual foi dividida em 93 subbacias, conforme Figura 2 a seguir.



Figura 2 - Divisão das subbacias na área de estudo, situada no Campus Darcy Ribeiro, Asa norte - UnB

Simulação da aplicação das LIDS

Foram estudados dois cenários, sendo o “cenário base” o atual, sem a implementação de medidas compensatórias, e o “cenário valas” correspondente à implementação de um conjunto de 5 valas de infiltração em áreas verdes da região, além do escoamento que segue para as sub bacias S2_1, S3 e S4 conforme a Figura 4:



Figura 4 - Cenário valas, com as 5 valas de infiltração alocadas em frente ao ULEG, Faculdade de Tecnologia - UnB



No cenário valas, o intuito é redirecionar o fluxo da água, além de reter parte da mesma e facilitar sua infiltração, promovendo assim uma redução no volume e na vazão de escoamento superficial, remediando a chance de alagamentos. Dessa forma, foi dimensionada pelo Centro de Planejamento Oscar Niemeyer - CEPLAN, a partir do proposto pelo Manual de Drenagem da Adasa, de 2018. Assim, adotou-se uma vala de infiltração, a qual foi subdividida em 5 valas correspondentes ao comprimento total.

As valas têm larguras de 3 metros, profundidade inicial de 0,5 metros e inclinação de 1%. Dessa forma, foram modelados ambos os cenários através do programa PCSWMM 2D, em que foram analisados os escoamentos nos dois cenários por meio de hidrogramas. Além disso, vale ressaltar que ambos os cenários foram simulados para chuvas com 2, 5 e 10 anos de tempos de retorno, para que fosse possível a análise de eventos comuns e eventos de chuva mais extremos, sendo 2 anos as chuvas com menor intensidade e mais recorrentes e com 10 anos as chuvas mais críticas e menos frequentes. Por fim, é importante ressaltar que, para representar o escoamento gerado à montante da área de estudo, fez-se a distribuição da chuva em 10 nós da malha 2D dos cenários a partir do modelo calibrado por Costa (2013).

3. Resultados

Foram feitas simulações de chuvas de projeto com diferentes tempos de retorno (TR), que refletem na segurança do sistema, e os resultados foram obtidos para determinadas sub-bacias, escolhidas visando a análise do efeito no escoamento após a sua passagem nas valas de infiltração, que pode ser analisado nas áreas a jusante das medidas de controle estudadas. Os resultados das vazões máximas de cada sub-bacia são representados na Tabela 1 abaixo para os dois cenários em questão e o volume total escoado na Tabela 2:

Tabela 1 – Valores da vazão de pico das sub-bacias próximas à intervenção proposta no cenário de base e no cenário com valas nas simulações com TRs = 2, 5, e 10 anos.

Nome das sub-bacias	Vazão máxima de escoamento superficial					
	TR 2 anos		TR 5 anos		TR 10 anos	
	Base (m³/s)	Valas (m³/s)	Base (m³/s)	Valas (m³/s)	Base (m³/s)	Valas (m³/s)
S2_1	0,1877	0,1683	0,2403	0,2158	0,2889	0,2598

S3	0,5578	0,4749	0,707	0,6034	0,8435	0,7216
S4	0,132	0,132	0,1724	0,1724	0,2099	0,2099

Tabela 2 – Valores do escoamento superficial total das sub-bacias próximas à intervenção proposta no cenário de base e o cenário com valas nas simulações com TRs = 2, 5, e 10 anos.

Nome das sub-bacias	Escoamento superficial total					
	TR 2 anos		TR 5 anos		TR 10 anos	
	Base (m ³)	Valas (m ³)	Base (m ³)	Valas (m ³)	Base (m ³)	Valas (m ³)
S2_1	298,4	291,1	385,1	375	471,2	459,8
S3	875	859,1	1117	1098	1359	1336
S4	186,1	186,1	242,1	242,1	298,4	298,4

As reduções do pico de vazões podem ser observadas comparativamente para cada sub-bacia nos seguintes gráficos:

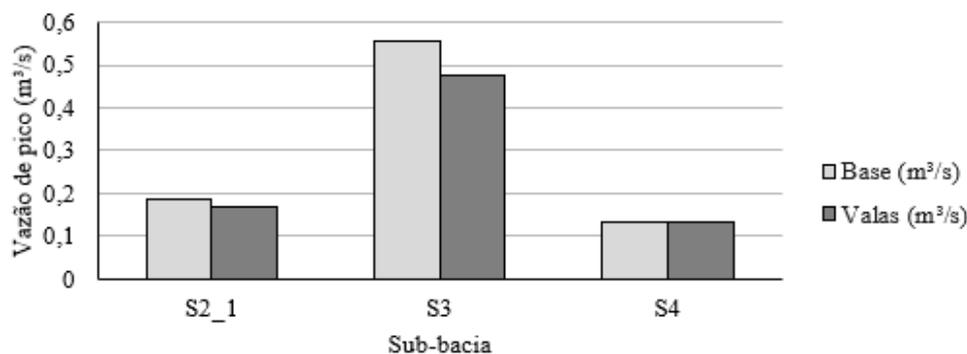


Figura 5 - gráfico da vazão de pico para cenário base e cenário valas para TR de 2 anos

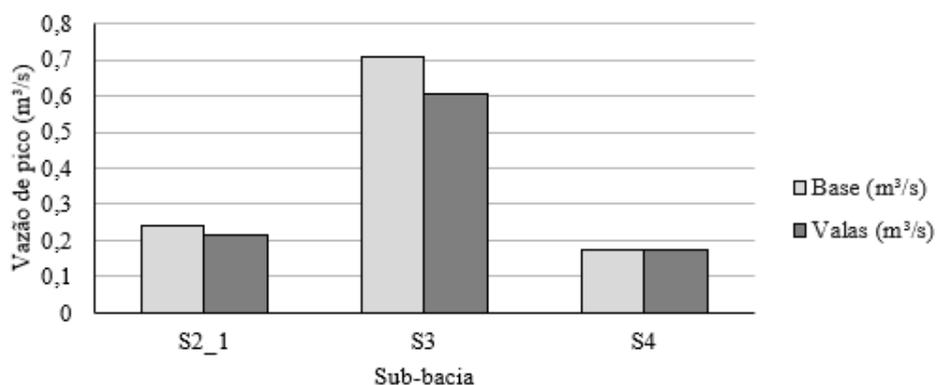


Figura 6 - gráfico da vazão de pico para cenário base e cenário valas para TR de 5 anos

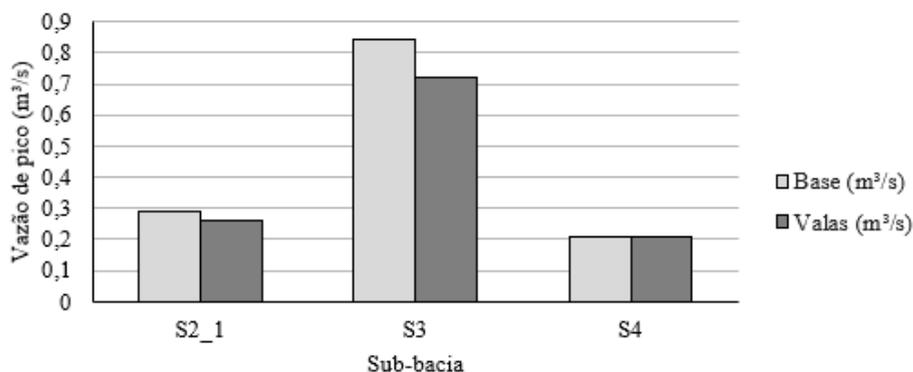


Figura 7 - gráfico da vazão de pico para cenário base e cenário valas para TR de 10 anos

A partir dos dados apresentados pode-se avaliar os resultados para cada tempo de retorno utilizado. Para um tempo de retorno de 2 anos o valor encontrado de redução do pico de vazões é de 10,34% para S2_1, 14,86% para S3 e 0% para S4, que são resultados consideráveis para amenizar o efeito de chuvas mais recorrentes na área de estudo, porém a sub-bacia S4 não teve efeitos na redução nem da vazão nem do volume escoado devido a construção das valas.

Para o tempo de retorno de 5 anos, os resultados foram semelhantes ao de 2 anos, porém houve uma redução do pico de vazões de forma menos eficiente que para esse tempo de recorrência, de 10,20% para S2_1, 14,65% para S3 e 0% para S4.

Por fim, para um tempo de retorno de 10 anos, que é o valor utilizado para dimensionamento de grande parte das estruturas de microdrenagem, as reduções no escoamento e no volume escoado seguiram a mesma dinâmica que para os demais tempos de retorno, porém com reduções ainda menores no escoamento, o que mostra uma maior dificuldade de controle de escoamentos de eventos chuvosos considerados mais intensos (Vasconcelos, 2022). A redução da vazão de escoamento foi de 10,07% para S2_1, 14,45% para S3 e 0% para S4.

Deve-se observar que a sub-bacia S4 não apresentou alterações para nenhuma chuva de projeto, quando se compara os valores do cenário base e o cenário com valas. Uma possível explicação para tais observações trata-se das valas que contribuem para a redução do escoamento dessas sub-bacias possuem dimensões muito inferiores às demais, especialmente a vala 1 e 2, que não produzem efeitos significativos de armazenamento e infiltração no sistema.

Já com relação a sub-bacia S3, as reduções da vazão máxima escoada foram satisfatórias, sendo a maior redução para o tempo de retorno de 2 anos de 14,86% e a menor para 10 anos, de 14,14%. Com relação ao volume de água escoado, ocorreu uma redução máxima de 1,82% e



mínima de 1,69%, mostrando que as valas foram pouco eficientes em reter parte do volume responsável pelo alagamento na universidade, porém com boas melhorias relativas à vazão.

A sub-bacia S2_1 também possui resultados interessantes para a mitigação do problema causado pelas elevadas vazões no campus, com redução de até 10,34% de seu valor, para um tempo de 2 anos. Os resultados de redução de volume escoado mostram que a configuração adotada favoreceu uma maior redução para essa sub-bacia, que obteve uma diminuição de 2,62% do volume para um tempo de retorno de 5 anos, e se manteve próximo aos 2% nas demais chuvas de projeto.

4. Conclusões

A proposta da configuração de LIDs apresentada busca a mitigação dos problemas de aumento de escoamento causado pela crescente impermeabilização da bacia hidrográfica, avaliando a efetividade dos resultados para diferentes eventos chuvosos. Assim, os resultados das simulações permitiram avaliar comparativamente o volume e a vazão escoadas para o cenário atual da ala norte da universidade e para um cenário com a implementação de medidas compensatórias.

Para a sub-bacia S4, é possível concluir que os resultados encontrados não são significativos, uma vez que as medidas são de pequeno porte considerando as áreas de contribuição. As valas destinadas a captar o escoamento dessa sub-bacia foram configuradas procurando respeitar fatores intervenientes presentes na área em frente ao prédio do ULEG, como a presença de árvores, ciclovias e passagens de carro e de pedestre, o que limitou suas dimensões e, assim, também seu efeito. Dessa forma, seria mais apropriada a readequação de parte dessas benfeitorias para possibilitar a construção de valas com maior capacidade de armazenamento visto que podem possuir a importante função de reduzir o acúmulo de água no estacionamento do prédio, causado pelo caminho preferencial da água na superfície pavimentada aliada a um favorecimento da tendência de escoamento para a área devido a topografia local, por meio da retenção de uma maior parcela do escoamento ou ao menos um redirecionamento melhor do excesso de escoamento para o poço de visita que se encontra na parte frontal do estacionamento.

As sub-bacias S3 e S2_1 tiveram resultados pouco significativos, mas que auxiliam no incremento da infiltração e, portanto, podem ser interessantes para uma aplicação aliada a outras medidas de controle que possibilitem uma maior eficiência no controle do escoamento na região. As



valas a serem instaladas a montante do prédio do ULEG são muito relevantes para melhora nas condições de acúmulo de água na frente do estabelecimento, mas que não terão efeitos significativos para a amenização do alagamento do Instituto Central de Ciências (ICC), visto que a redução do escoamento gerada é pequena frente aos volumes gerados e escoados superficialmente pela bacia de contribuição.

Outro fator que deve ser destacado é a contribuição de quadras a anteriores ao campus que estão em cotas superiores e, quando não são captadas pelo sistema de drenagem local, acabam gerando sobrecarga sobre o sistema a jusante, que precisa ser capaz de receber essa contribuição adicional de escoamento. Uma outra alternativa, por conseguinte, seria aprimorar o sistema de drenagem dessas áreas contribuintes para diminuir o impacto do escoamento a jusante, na área estudada, podendo-se optar por alternativas de baixo impacto para esse fim.

Portanto, soluções individuais como as apresentadas produzem melhorias locais, e assim, deve-se pensar em alternativas que envolvam múltiplas barreiras, para que em conjunto seja possível um manejo de águas pluviais satisfatório para todas as demais localidades. Ademais, também observou-se que soluções de baixo impacto são muito benéficas para o sistema de drenagem, podendo atender diferentes realidades e prestar diferentes serviços ecossistêmicos.

REFERÊNCIAS

- Souza, A.P.B.C. (2020). Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 89p
- Costa, M. E. L. (2013). Monitoramento e modelagem das águas da drenagem urbana na bacia do lago Paranoá. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF, 179p
- Rossman, L. A.(2015). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. Cincinnati (EUA): USEPA (United States Environment Protection Agency), 2015.



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. Brasília: ADASA.

VASCONCELOS, Jose et al. (2022). Assessment of and Solutions to the Stormwater Management System of Auburn University Campus in Auburn, Alabama. Journal of Water Management Modeling. Alabama, 12p.

GDF – Governo do Distrito Federal, Secretaria de Estado de Obras. (2009). Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal. Concremat Engenharia, Brasília, DF.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CEPLAN pela disponibilização do projeto e dimensionamento das valas utilizadas para a análise do projeto; ao CNPQ e FAPDF pelas bolsas concedidas; à CHI-WATER pela licença do PC-SWMM; à Maria Elisa Leite Costa pelo apoio e orientação e ao Felipe Damasceno pelos dados de simulação.