

MODELAGEM DE JARDINS DE CHUVA PARA REDUÇÃO DE EXTREMOS DE CHEIA NO CAMPUS DA PUC DA CIDADE DE CURITIBA - PR

Pedro H. F. Brandão¹ (IC), Marina B. de Macedo (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Enchentes. Drenagem urbana. Infraestrutura verde. Escoamento superficial

Introdução

O campus da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), localizado na cidade de Curitiba, tem sofrido com os eventos de cheia nos últimos anos. O campus, por estar localizado em uma área altamente urbanizada, próxima ao centro da cidade, apresenta um alto índice de impermeabilidade do solo, acarretando baixa infiltração da água pluvial e uma elevada taxa de escoamento superficial nos períodos chuvosos. Esse cenário impulsiona o desenvolvimento de técnicas mais sustentáveis, também conhecidas como *LID control*, visando compensar e complementar o sistema convencional de drenagem urbana do local. A pesquisa tem como objetivo realizar o dimensionamento e a modelagem de jardins de chuva, a fim de avaliar a eficiência dessa infraestrutura na mitigação das enchentes do campus, através do *software* SWMM (*Storm Water Management Model*), o qual é capaz de transformar um evento de chuva em vazão, possibilitando realizar simulações de escoamento na área de estudo de acordo com os parâmetros considerados do local. A escolha pelos jardins de chuvas, ou biorretenções, deve-se ao fato de serem estruturas capazes de serem instaladas em pequenas áreas, ser sustentável e facilmente adaptável para grandes centros urbanos.

Metodologia

A primeira fase da execução do trabalho consistiu em realizar uma revisão bibliográfica que abrange os conceitos de drenagem urbana sustentável e suas técnicas compensatórias, além de promover reuniões com membros da universidade, visando adquirir dados e informações relevantes sobre a área de estudo.

Após essa fase, foi desenvolvida a caracterização física, hidrológica, geológica e topográfica da localidade por meio do *software* de geoprocessamento QGIS, que possibilitou a delimitação das sub-bacias presentes no campus e a criação de mapas permitindo aprofundar no conhecimento da área de estudo. A Figura 1, a seguir, apresenta as principais áreas de alagamento do campus.

Figura 1: Áreas de alagamento PUC-PR



Fonte: Labclima – PUC-PR

Observa-se que, dos 27 hectares da área total do campus, 5,5 hectares enfrentam alagamentos durante os períodos chuvosos, o que corresponde a aproximadamente 20%. Posteriormente, o campus foi subdividido em seis sub-bacias, correspondentes às áreas de contribuição para as regiões prioritárias e secundárias.

Para cada área de contribuição, foi dimensionado um jardim de chuva, visando o controle do escoamento. Após o cálculo das áreas dos jardins de chuva, foram inseridos os mesmos no SWMM. No *software*, utilizou-se para a infiltração o Método Cinemático do SCS – *Soil Conservation Service*, adotando para o *Curve Number* (CN) o valor de 95. A chuva de projeto foi calculada utilizando o método dos blocos alternados, em passo de dois minutos, com duração total de trinta minutos para diferentes tempos de retorno (5, 10, 25 e 50 anos), com base na curva IDF fornecida pela universidade.

A implementação das LID's de biorretenção seguiu parâmetros da literatura e de experiências de outras biorretenções já construídas. Os parâmetros adotados para os jardins de chuva estão apresentados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Parâmetros de entrada no SWMM

Surface	Valor adotado
Berm depth (mm)	400
Vegetative volume fraction	0,1
Surface roughness (n Manning)	0,1
Surface slope (%)	0
Soil	Valor adotado
Thickness (mm)	500
Porosity	0,32
Field capacity	0,1376
Wilting point	0,0384
Conductivity (mm/h)	195,48
Conductivity slope	46,38
Suction head	66,98
Soil	Valor adotado
Thickness (mm)	500
Void ratio	0,4
Seepage rate (mm/h)	5,83
Clogging factor	0

Fonte: Autor

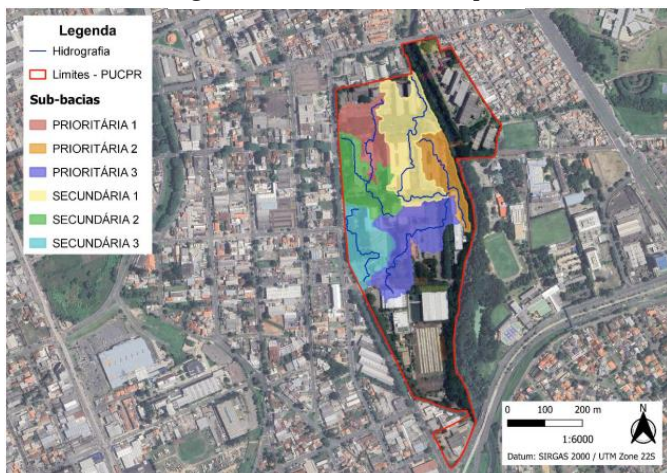
Por fim, com todas as informações disponíveis, foram considerados dois cenários para a modelagem hidrológica no SWMM: o cenário atual da área de estudo, que não considera a implantação das infraestruturas verdes, e um segundo cenário que inclui a construção dos jardins de chuva, a fim de avaliar a eficiência na redução dos extremos de cheia no campus.

Resultados e discussão

O atual capítulo apresenta os resultados das simulações no software SWMM, no que tange à construção dos cenários, a validação e modelagem hidrológica.

A Figura 2 apresenta a divisão do campus em seis principais sub-bacias.

Figura 2: Sub-bacias do campus



Fonte: Autor

A partir da delimitação das sub-bacias, foram obtidos os parâmetros físicos de cada sub-bacia utilizando a ferramenta “calculadora de campo”, disponível na tabela de atributos do QGIS.

Tabela 2: Valores adotados para cada sub-bacia

Parâmetros	Valores adotados					
	Priori 1	Priori 2	Priori 3	Secund 1	Secund 2	Secund 3
Área da sub-bacia (ha)	1,7	1,53	2,93	3,45	2,06	1,92
Width (m)	77,1	59,13	100,99	104,69	82,26	100,33
Slope (%)	0,007	0,003	0,0004	0,004	0,004	0,001
Imperv. (%)	66	70	79	64	61	71
N-imperv (%)	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
N-perv (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Dstore-Imperv (pol)	0,036	0,054	0,146	0,047	0,047	0,093
Dstore-Perv (pol)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zero Imperv (%)	25	25	25	25	25	25

Fonte: Autor

O dimensionamento das biorretenções foi realizado visando o controle da quantidade de escoamento, através do método SCS-CN e da curva IDF para uma precipitação $P(24h, 10 \text{ anos}) = 53,79\text{mm}$. As áreas de cada biorretenção estão apresentadas na Tabela 3 a seguir.

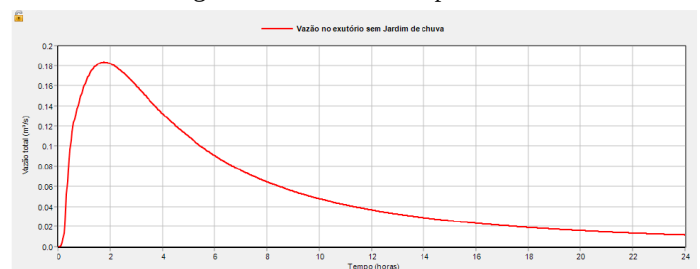
Tabela 3: Área de cada jardim de chuva

Sub-bacia	Área do jardim de chuva (m ²)
Priori 1	156,35
Priori 2	141,34
Priori 3	269,76
Secund 1	318,06
Secund 2	189,56
Secund 3	177,44

Fonte: Autor

O primeiro cenário de estudo considerado corresponde a uma chuva com TR de 10 anos nas condições atuais do campus, sem a construção dos jardins de chuva, com o objetivo de mostrar o escoamento superficial gerado atualmente. A Figura 3 apresenta o hidrograma para o cenário 1.

Figura 3: Escoamento superficial

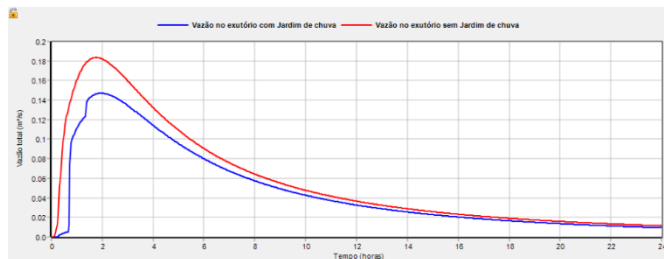


Fonte: Autor

A partir da análise do gráfico, nota-se que a vazão de pico ocorre próximo ao tempo 2 horas, no valor de aproximadamente 0,18 m³/s.

No segundo cenário, foram incluídos os dispositivos de biorretenção nas sub-bacias. A Figura 4 apresenta o hidrograma correspondente a esse cenário. A curva vermelha representa o escoamento no cenário 1, sem as biorretenções, enquanto a curva azul representa o escoamento superficial com a implementação das biorretenções.

Figura 4: Escoamento superficial – cenário 2



Fonte: Autor

No cenário de intervenção com as LID's, nota-se que os valores de escoamento superficial reduziram, ou seja, houve o amortecimento do escoamento pelas biorretenções. O pico do hidrograma reduziu de 0,18 m³/s para 0,15 m³/s, o que representa uma atenuação de aproximadamente 16,7% do escoamento superficial, mostrando que, as implementações dos jardins de chuva são eficazes na defasagem entre a vazão que está escoando com o volume que chega no exutório. Esse tempo de defasagem é criado devido ao acúmulo e armazenamento da água pluvial na biorretenção, gerando a redução dos extremos de cheia na região de estudo.

Além disso, foi realizada a simulação para outros tempos de retorno (5, 10, 25 e 50 anos), possibilitando a análise da vazão de pico e do volume amortecido pelas biorretenções considerando cada TR. A Figura 5 mostra os resultados.

Figura 5: Cálculo das eficiências de acordo com o TR

	VAZÃO DE PICO (m³/s)		VOLUME (m³)		EFICIÊNCIA DE AMORTECIMENTO PICO (%)	EFICIÊNCIA DE AMORTECIMENTO VOLUME (%)
	SEM JARDIM	COM JARDIM	SEM JARDIM	COM JARDIM		
TR = 5 ANOS	0,14	0,11	4153,2	3272,4	21,4%	21,2%
TR = 10 ANOS	0,18	0,15	5012,4	4122,0	16,7%	17,8%
TR = 25 ANOS	0,26	0,22	6399,6	5491,2	15,4%	14,2%
TR = 50 ANOS	0,33	0,29	7653,6	6742,8	12,1%	11,9%

Fonte: Autor

De posse da Figura acima, entende-se que, conforme considera-se uma chuva com tempo de retorno maior, a eficiência no amortecimento da vazão de pico e do volume armazenado tende a diminuir. Pode-se dizer que a maior eficiência no amortecimento de vazão e volume se dá para um TR de 5 anos.

Conclusões

As simulações no modelo hidrológico de transformação de chuva-vazão propostas neste estudo para o campus da PUC-PR foram realizadas considerando dois cenários: 1) o cenário atual e 2) o cenário com a inclusão de infraestrutura verde, visando avaliar a eficiência dos jardins de chuva na mitigação das cheias no campus. O software SWMM, na versão 5.2, foi escolhido para a modelagem hidrológica, utilizando-se dados fornecidos pela universidade, além do hietograma da chuva de projeto elaborado pelo método dos blocos alternados, com base na curva de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para a cidade de Curitiba-PR.

Os resultados das simulações evidenciaram que o uso de infraestruturas verdes, como os jardins de chuva, é capaz de mitigar as vazões de pico no campus da PUC-PR em 16,7%, com a implementação de seis biorretenções na área de estudo. A aplicação das LID's demonstra que é possível implementar medidas estruturais de drenagem urbana sustentável em áreas pequenas e altamente urbanizadas, contribuindo para a redução dos impactos dos eventos de cheia.

O presente estudo alcançou seu objetivo de analisar a eficiência na mitigação dos eventos de cheia por meio da implementação de infraestruturas de drenagem urbana sustentável no campus da PUC-PR., contudo, é necessário um estudo adicional para avaliar a viabilidade de ampliar as áreas permeáveis do campus, considerando que a região apresenta elevado nível de impermeabilização, o que resulta em um escoamento superficial significativo.

A pesquisa realizada contribuiu para o desenvolvimento acadêmico e profissional de todos os envolvidos, promovendo a difusão do conhecimento e destacando a relevância do tema nas vidas das pessoas, especialmente daquelas afetadas pelos eventos de alagamento urbano.

Agradecimentos

Agradeço à orientadora Marina Batalini de Macedo pelas orientações, ao Carlos Vinícius Bibiano, parceiro de pesquisa, a Universidade Federal de Itajubá e ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

Referências

BRITO, F. *et al.* **A urbanização recente no Brasil e as aglomerações metropolitanas.** 2012. Arquivo disponível pelo Núcleo Regional de Educação de Cascavel – PR.

DOURADO, L. S.; SILVA, M. A.; MENDES, S. R. S. **Jardim de chuva como técnica compensatória: Um estudo no município de Goiânia.** Pontifícia Universidade Católica de Goiás (curso de Engenharia Civil), 2020.

TOMINAGA, E. N. S. **Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, 2013. 137 p.

TUCCI, C. E. M. *et al.* **Drenagem Urbana.** Carlos E. M. Tucci, Rubem La Laina Porto, Mário T. de Barros (organizadores). Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.