

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

MODELAGEM DA DRENAGEM URBANA NO DISTRITO FEDERAL - ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO DO GUARÁ

Gabriela Restucci Paranayba¹; Maria Elisa Leite Costa²;

Ana Carolina Vieira de Paula³ & Sérgio Koide⁴

RESUMO – O reservatório de retenção é um reservatório com descarga pelo fundo e tem como objetivo amortecer o escoamento superficial liberando os volumes afluentes lentamente. O DF possui aproximadamente 20 reservatórios, sendo um deles o do Guará, foco deste trabalho. Neste trabalho foi simulada a geração contínua do escoamento das precipitações ocorridas de 01/01 a 10/04 de 2019, dados obtidos na estação do INMET localizada ao lado área de contribuição. Foi escolhido o método SCS para estimar o volume de escoamento superficial, utilizando o parâmetro CN e o método Hargreaves que calcula a evaporação potencial no PCSWMM. No período estudado, nenhum evento superou TR de 10 anos, porém dois deles apresentaram pontos de extravasamento na rede de drenagem, que podem ser identificados como críticos e podem requerer alterações do sistema, tais como técnicas compensatórias que promovam a retenção e infiltração local. O reservatório de retenção suportou vazões de entrada, amortecendo as de saída em 93%, porém, em um evento a simulação mostrou um possível vertimento, que poderia ser comprovado com a calibração do modelo. Portanto, esses reservatórios são eficientes no abatimento dos picos de vazão das águas pluviais, porém recomenda-se técnicas compensatórias para implantação próximos aos pontos críticos.

ABSTRACT – Detention ponds are reservoirs with discharge from the bottom and they have the objective of reduction of flow rate by releasing the inflow at low rates. The DF has about 20 ponds, one of which is the Guará pond, the focus of this study. In this work continuous runoff was generated using precipitation data collected by the INMET station next to the contribution basin from January 1st through April 10th, 2019. The SCS method was chosen to estimate the volume of surface runoff which uses the CN parameter and the Hargreaves method to calculate potential evaporation, using PC-SWMM. During this study none of the events exceeded a 10 year return period, however two of them presented drainage system overflows which can be identified as critical events and it may require alterations such as compensatory techniques for local detention and infiltration. The detention pond contained the inflows satisfactorily, reducing 93% of the outflow, but in one event the model simulated a possible overflow, which could be proven by calibration. Therefore, detention ponds are effective in reducing flow rate peaks from rainfall runoff, however it is recommended to implement compensatory techniques in critical areas.

Palavras-Chave – SWMM, drenagem urbana, bacia de retenção.

1) Graduanda em Engenharia Ambiental/UnB, gabrielaparanayba@gmail.com;

2) Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, mariaelisa@unb.br 3) Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, anacarolvp93@gmail.com.

4) Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, skoide@unb.br

INTRODUÇÃO

A falta de planejamento durante o crescimento urbano juntamente com o rápido aumento populacional são fatores que ocasionam problemas de drenagem urbana. Ao impermeabilizar solos, que anteriormente eram naturais, o escoamento superficial se altera, o que provoca aumento dos volumes escoados e das vazões máximas (Campana e Bernardes, 2008).

Até a década de 90, boa parte dos sistemas de drenagem urbana no Brasil ainda tinham como principal objetivo retirar o excedente de escoamento superficial o mais rápido possível da bacia e lançá-lo a jusante. Desde então, estuda-se a adoção de modelo compensatório que não permite a propagação desse excedente por meio de técnicas de infiltração ou armazenamento, por exemplo: reservatório de detenção ou retenção, trincheiras de infiltração, e superfícies permeáveis (Silva, 2006).

O reservatório de detenção é um reservatório com descarrega pelo fundo que esvazia o reservatório em tempo pré-determinado e tem como objetivo amortecer o escoamento superficial e liberar os volumes afluentes lentamente. Segundo o PDDU/DF, o tempo de armazenamento nesse tipo de reservatório não deve exceder 24 horas (GDF, 2009b). Os taludes e o fundo podem ser de terreno natural, escavado ou de concreto. Na saída deve existir um extravasor de emergência caso haja vazão maior que a de projeto (Adasa, 2018).

O reservatório de retenção se difere quanto a permanência de água no seu fundo o que contribui para a harmonização paisagística e qualidade da água. Além de retardar e amortecer o escoamento superficial, ela contribui para remoção parcial de poluentes e sedimentos. O tempo de residência deve ser projetado entre 2 e 4 semanas após o evento de chuva. Em ambos os tipos de reservatório é importante adotar estruturas de retenção de lixo e sedimentos (Adasa, 2018).

Estas estruturas tem sido utilizados com frequência no DF para atender a Resolução no 9/2011 da Agência Reguladoras de Águas do DF, que solicita a vazão de saída do reservatório de detenção para lançamento em corpo hídrico tem que atender a vazão máxima específica de 24,4 L/(s.ha). Atualmente, 20 reservatórios são monitorados para Adasa.

Outro instrumento legal do DF é o Termo de Referência na NOVACAP (2012), que estabelece o TR de 10 anos para os sistemas de drenagem, e o uso da modelagem hidráulico-hidrológica para áreas de contribuição maior que 200ha.

A modelagem de bacias hidrográficas permite a integração dos vários tipos de solo em uma bacia urbana que produzem diferentes vazão, tempo de pico e volumes de escoamento. (Souza, 2014). Os modelos hidrológicos-hidráulicos também conhecidos como modelos integrados permitem a simulação de galerias sob pressão e são mais utilizados para grandes sistemas de drenagem. Alguns modelos analisam a qualidade da água e ainda geram linhas de inundação segundo o modelo digital de terreno (Tucci, 1998).

O *Storm Water Management Model* (SWMM) é um modelo de simulação de chuva e escoamento usado para evento único ou contínuo que simula quantidade e qualidade do escoamento principalmente em áreas urbanas. O componente de escoamento deste modelo funciona com um conjunto de áreas de sub-bacias que recebem precipitação que gera carga de poluente e escoamento superficial. Esse escoamento é transportado por um sistema de tubulações, canais, dispositivos de armazenamento ou tratamento, bombas e reguladores. O SWMM calcula a quantidade e qualidade do escoamento gerado dentro de cada sub-bacia (Rossman, 2016).

O modelo utiliza o método de Pulz modificado para a determinação o cálculo da variação do volume d'água dentro do reservatório no tempo e do hidrograma de saída do reservatório de detenção. Para tanto, o método aplica, repetidas vezes, uma equação diferencial que representa o comportamento do volume d'água dentro do reservatório em um determinado intervalo de tempo. O cálculo é feito pela discretização do intervalo de tempo em unidades menores de forma que a variação da vazão entre uma unidade e a subsequente seja pequena o suficiente para ser considerada como uma variação linear. Resolve-se a equação com uma integração numérica de forma que o volume acumulado a cada momento no reservatório seja conhecido (Barros *et al.*, 2015).

Volken (2018) avaliou a rede de drenagem e reservatório de detenção do Guará II para vazões de projeto com até 10 anos de tempo de recorrência e o reservatório de detenção apresentou capacidade de amortecimento dos picos de cheia acima de 94% em todas as análises e atendeu a Resolução nº 9/2011 da Adasa.

Dois outros reservatórios, no DF foram analisados por Campana *et al.* (2007) e apresentaram resultados um pouco mais baixos: a primeira localizada no Parque da Cidade de Brasília ocupa uma área de 16,7 ha e sua área de contribuição 612 há e teve uma redução de 74% das vazões de pico das ondas de cheia. A segunda localizada no final do bairro Asa Norte, com 24 ha de área e 475 ha de área de contribuição, que conseguiu reduzir 62,6%. Isso demonstra boa eficiência hidráulica da estrutura para a região.

O objetivo deste trabalho foi a análise do sistema de drenagem pluvial que contribui para o reservatório de detenção na Região Administrativa do Guará – DF, mediante a utilização do modelo SWMM (por meio da interface PC SWMM) para simulação hidrológica com os dados da precipitação de 01/01/2019 até 10/04/2019.

METODOLOGIA

Área de estudo e dados de entrada

A bacia de contribuição da área de estudo possui área de 657 ha, no final existe um reservatório de detenção com 25,5 ha, ambas se localizam dentro da bacia hidrográfica do Lago Paranoá (Figura 1). A rede de drenagem tem 74.331 km, 2.385 poços de visita, 1.218 condutos, menor diâmetro de

0,4 m, maior diâmetro 1,8 m, 64 segmentos de galeria sendo a de menor seção, 2 x 2 m e a de maior, 2,7 x 2,4 m; e declividade média do terreno de 1,04% (Volken, 2018)

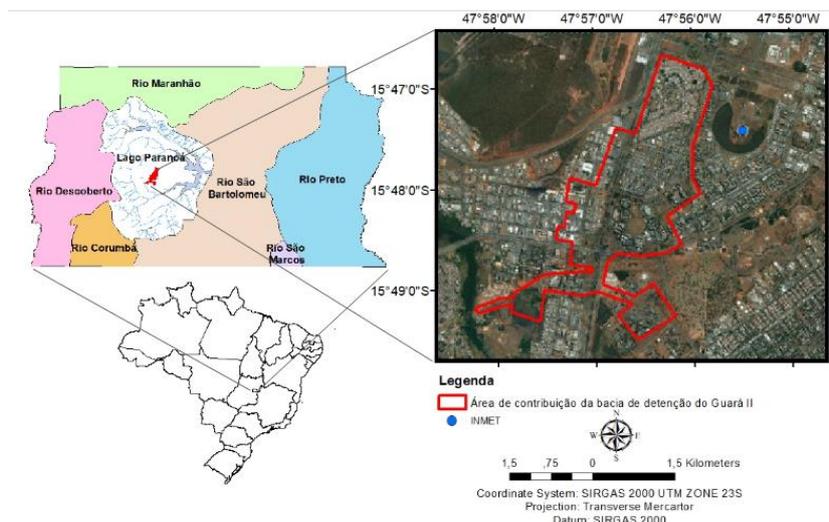


Figura 1 – Localização da área de contribuição do reservatório de detenção do Guará II e da estação do INMET.

O reservatório de detenção teve início de operação em 2007 e anteriormente era uma lagoa de estabilização da CAESB, que foi adaptada para a nova função. Ela comporta um volume de 459.000 m³ de água, a galeria de entrada no reservatório tem uma seção de 2,7 x 2,5 m (Figura 2^a) e a descarga é realizada por um tubo circular de fundo, com 1m de diâmetro, e um vertedor de extravasamento com 20 m de comprimento (ArKIS, 2005).

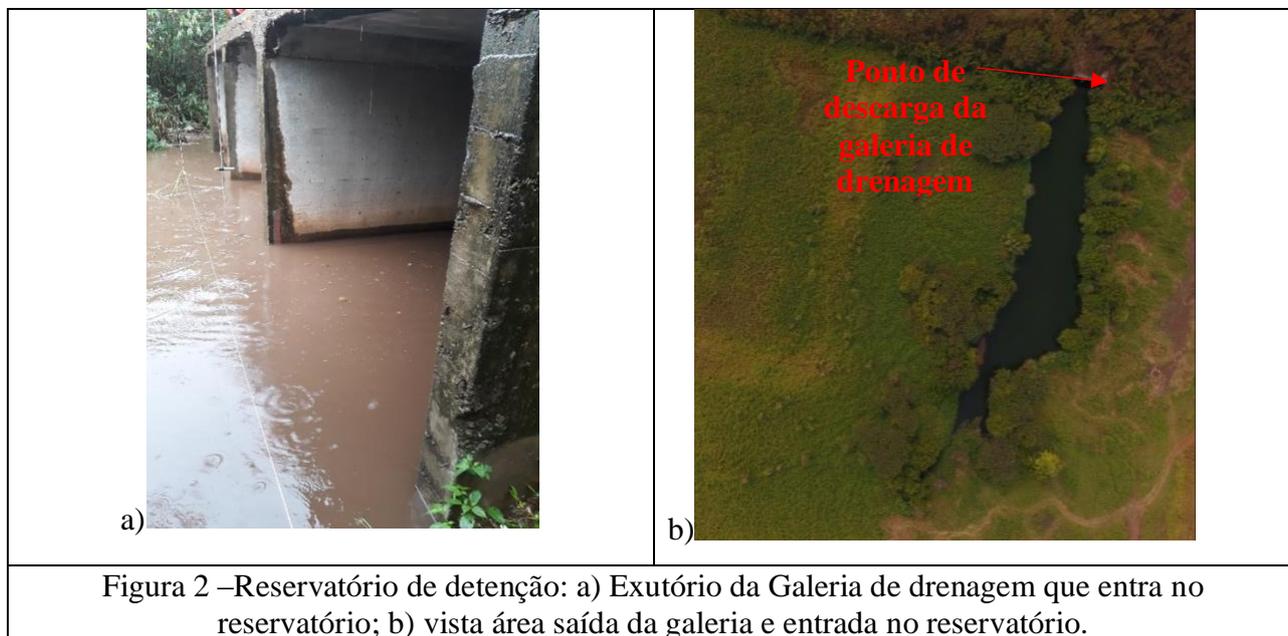


Figura 2 –Reservatório de detenção: a) Exutório da Galeria de drenagem que entra no reservatório; b) vista área saída da galeria e entrada no reservatório.

Segundo os dados fornecidos pela Embrapa, Latossolo Vermelho Escuro está presente em toda área da rede de contribuição da bacia. Ele pode ser classificado como Grupo A na classificação de Grupo Hidrológico da USGS. O uso e ocupação do solo, Tabela 1, da bacia foi analisado por Volken (2018) que foi combinado com o tipo de solo para obter o parâmetro de Curva Número (CN), Tabela 2, o qual foi utilizado na modelagem do programa PC SWMM. A somadas porcentagens das áreas

de vias, lotes residenciais, áreas industriais, comércio e calçadas (Tabela 1) chega a 62,4% o que implica no alto grau de urbanização na região.

Tabela 1 – Porcentagem dos diferentes tipos de uso e ocupação de solo encontrados na área de contribuição da rede de drenagem (Volken, 2018).

Uso do solo	% de ocupação da área total
Campos	35,8%
Vias	33,2%
Lotes Residenciais	12,1%
Área Industrial	7,9%
Área Comercial	4,7%
Calçada	4,6%
Solo Exposto	2,3%

Tabela 2 – Porcentagem dos valores de CN para a área da rede de drenagem (Volken, 2018)

CN	% de área na bacia
>80	36,3%
70-80	18,2%
60-70	13,8%
50-60	18,2%
40-50	11,1%
40<	2,4%

Os dados horários de precipitação e temperaturas máximas e mínimas de 01 de janeiro a 10 de abril de 2019 foram obtidos na estação do INMET localizada ao lado área de contribuição, figura 1. Foi escolhido o método SCS para a estimativa do volume de escoamento superficial, utilizando o parâmetro CN (tabela 2). Os dados de temperatura foram convertidos em diários para utilizar-se o método Hargreaves que calcula a evaporação potencial no PC SWMM, no qual é um parâmetro importante a ser considerado quando a chuva é contínua e num longo período de tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os resultados da simulação do escoamento superficial na rede de drenagem que descarrega as águas no reservatório de retenção no período de janeiro a início de abril de 2019. Inicialmente, fez-se uma análise da precipitação nesse período, tendo em vista que em 2019 Brasília tem se apresentado com uma precipitação bastante variável no período de de janeiro a março. Nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, as normais mensais de chuva são 247mm, 218mm, 181mm e 124mm, respectivamente, conforme pode ser visto na Figura 3, juntamente com os valores registrados para 2019 no mesmo período, 43,6mm, 175,2mm, 241,4mm e 31,8mm (até o dia 10/04). Percebe-se, então um comportamento diferente no mês de janeiro, quando, em 2019, choveu apenas

20% da média; já em fevereiro atingiu 80% enquanto que em março superou a média em 33%. Essa comparação pode ser observada na Figura 3 abaixo.

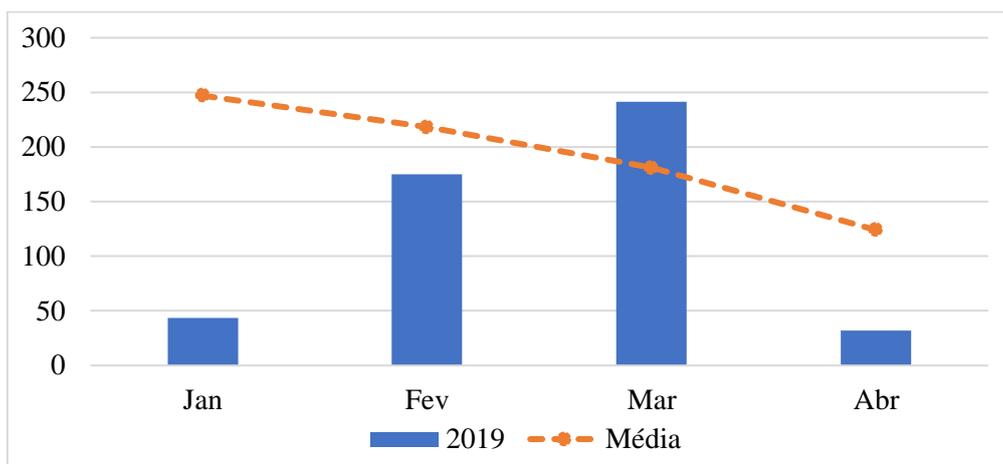


Figura 3 – Hietograma das chuvas registrados no pluviômetro do Inmet.

Os dados de precipitação e de temperatura de 2019 foram organizados e inseridos no modelo PCSWMM, juntamente com as características da bacia de contribuição. Assim, foi possível gerar o hietograma desse período na Figura 4, juntamente com o hidrograma. Percebe-se que no mês de janeiro, devido à baixa pluviometria, somente um evento se destaca, o do dia 07/01/19, com intensidade registrada de 9,4mm/h e tempo de retorno de 0,001 ano. No mês de fevereiro houve vários eventos entre o dia 05 e 11, sendo o maior deles registrado no dia 11/02/19 com intensidade de 19,2mm/h e TR de 0,05. Em março houve registro de dois eventos semelhantes: no dia 05/03/19, com intensidade de 23,2mm/h (TR= 0,11) e no dia 27/03/19, com lâmina precipitada de 49,8mm e TR de 2,25 anos. Esses eventos e os demais ocorridos nesse período geraram as maiores vazões registradas no período.

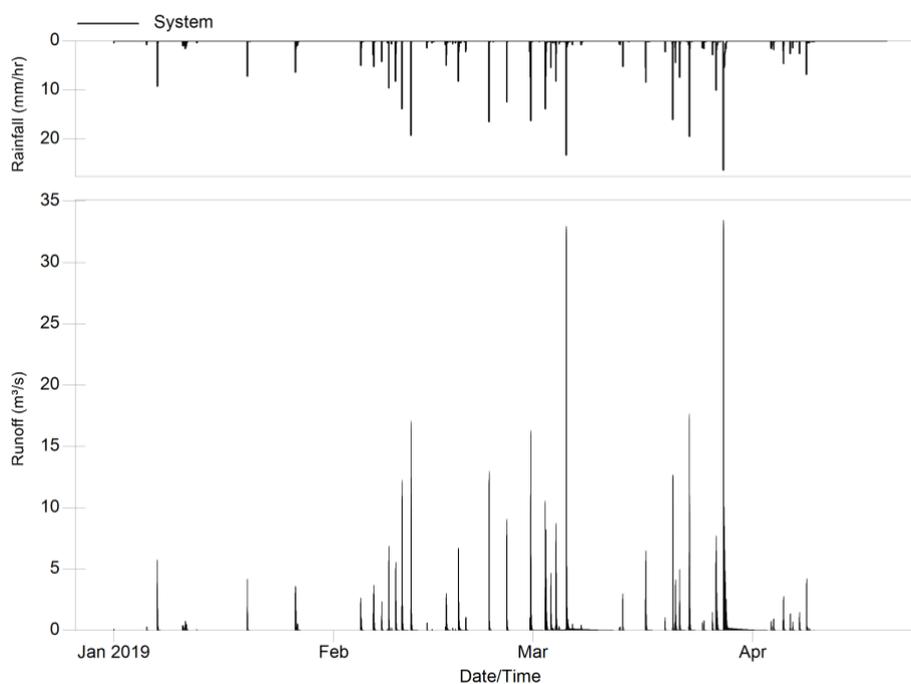
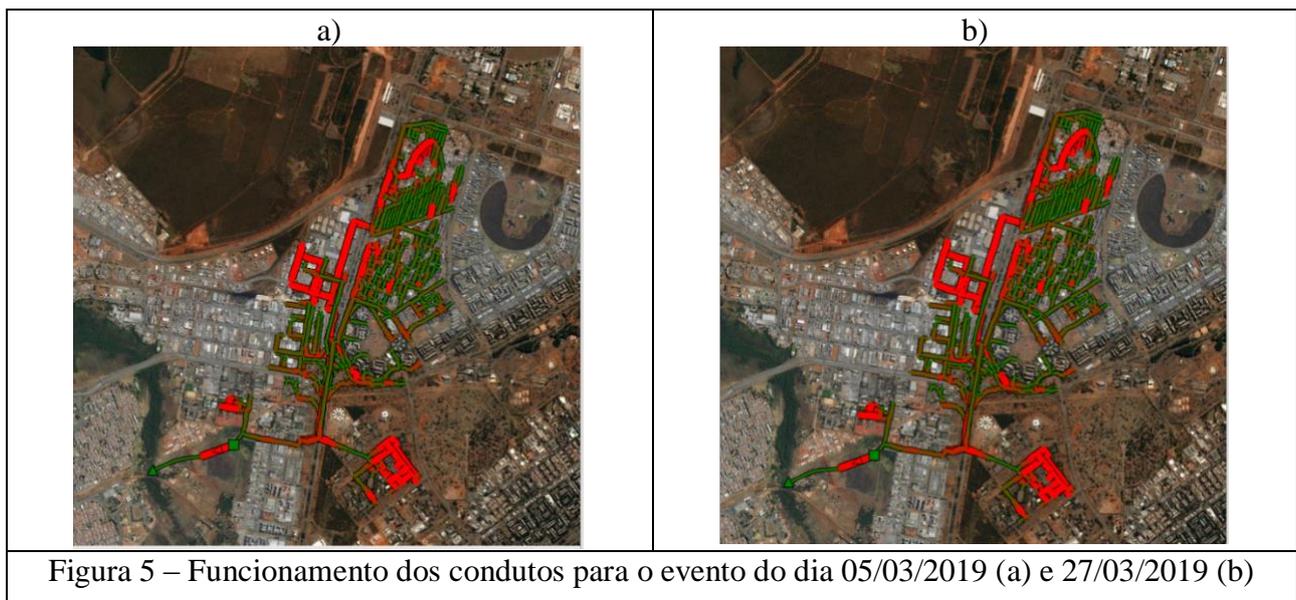


Figura 4 – Hidrograma e hietograma no PC SWMM

Os picos têm pequena defasagem com as chuvas de maior intensidade pois se propagam rapidamente para os condutos da rede de drenagem, devido a alta impermeabilização e atingem o reservatório de detenção a jusante. O tempo de concentração até o reservatório é em torno de 40 minutos. Ao longo da bacia existem algumas valas de infiltração nos canteiros de algumas avenidas que podem auxiliar a retenção da precipitação excedente, porém o uso das mesmas poderia ser maximizado com a sua utilização ao longo de outras ruas principais a fim de que houvesse retardamento dos picos e menores vazões chegassem à rede.

Nesse período, observa-se que os eventos citados acima apresentaram tempos de retorno menores que 3 anos e, no entanto, para estes dias é as simulações mostram que a rede opera sob pressão em diversos pontos, conforme observado na Figura 5 abaixo. Os nós e condutos em vermelho, indicam que o sistema está afogado, contrariando as disposições de projeto que recomendam que somente 82% do conduto deveria estar preenchido, evitando que o mesmo funcione em sistema de condutos forçados, devendo sempre haver escoamento livre entre eles.



Na rede, em geral, o sistema suporta as chuvas ocorridas no período estudado neste trabalho, porém, conforme Tabela 3 e Figura 6, alguns locais apresentam o estrangulamento, sendo o número de PVs com problemas de alagamento correspondente a 6%. Nesses locais o problema pode ser atenuado com a utilização de técnicas compensatórias de drenagem urbana, ou seja, dispositivos que promovam a infiltração da água da chuva na sua fonte de geração a fim de que menos escoamento superficial seja gerado. Há diversos espaços para tal na região.

Tabela 3 – Dados da simulação da rede.

Parâmetros	Valores
Volume Exutório(m ³)	1.234.596.000
Volume Total inundado(m ³)	21.884
PVs sobrecarregados	141
%PVs sobrecarregados	5,9%
PVs inundados	17
% PVs inundados	0,7%
Tempo máximo de inundação(horas)	66,9

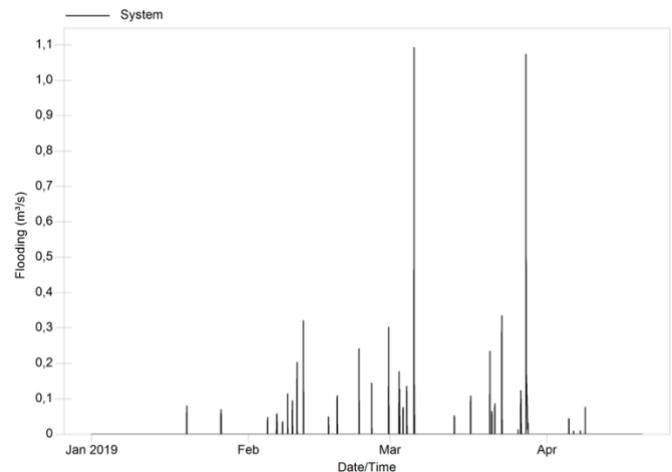


Figura 6 – Resultado do alagamento gerado na bacia hidrográfica estudada.

Como essa bacia urbana gera grandes vazões, foi instalado um reservatório de detenção ao final dela. O reservatório, como analisado por Silva (2017) e Fileni (2017), não contribui na diminuição do alagamento a região devido ao seu posicionamento, no exutório, porém a mesma tem uma grande eficiência quanto ao abatimento na vazão de saída, conforme Figura 7. A vazão de saída máxima registrada no reservatório corresponde a somente 7% da vazão de entrada no reservatório, ficando dentro da vazão de lançamento imposta pela legislação local, que corresponde a 24,4L/s/ha, apesar de que essas simulações não foram verificadas experimentalmente pois o modelo não está calibrado. Porém, o reservatório se mostra uma excelente alternativa para preservar os corpos hídricos a jusante de lançamento de águas pluviais, por proporcionar a descarga de vazões com valores mais baixos.

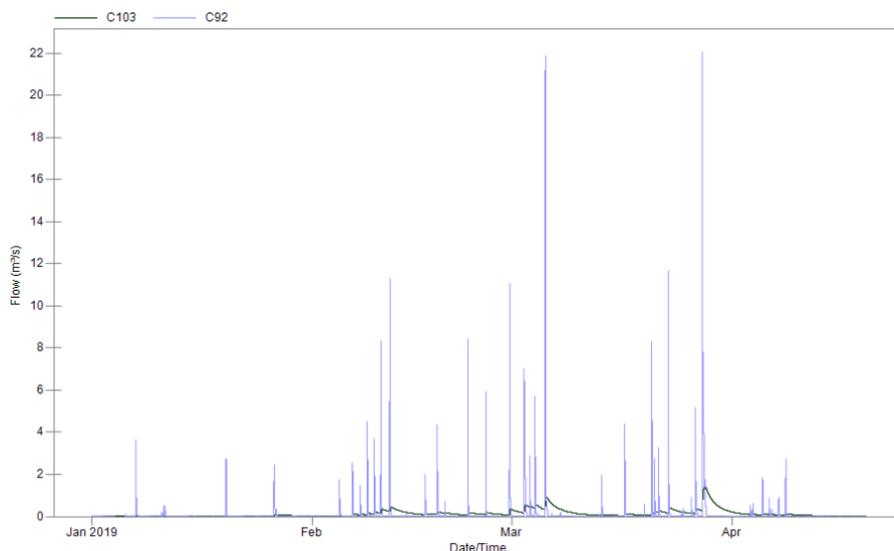


Figura 7 – Hidrograma de entrada e de saída no reservatório de detenção.

Analisando o reservatório de detenção (Figura 8), percebe-se que em um momento da simulação o reservatório atinge o volume total, o que em teoria leva a um vertimento. No entanto, vertimento não foi observado no período.

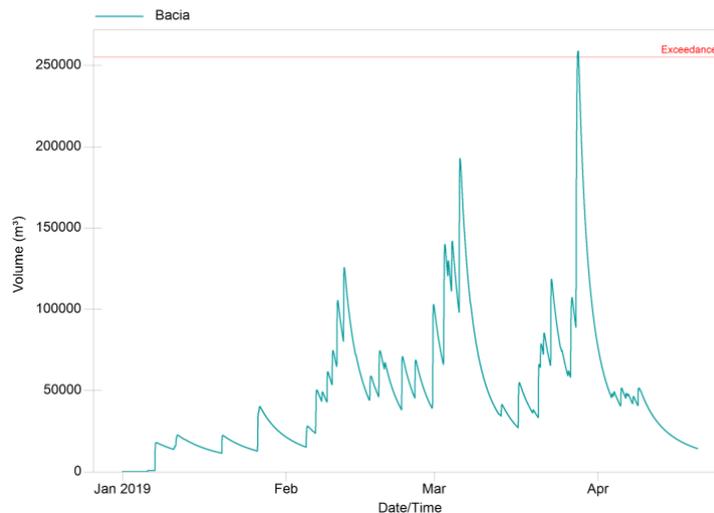


Figura 8 – Volume utilizado pelo reservatório de detenção durante o período estudado na simulação.

CONCLUSÕES

O modelo PCSWMM foi utilizado para avaliar o funcionamento contínuo de um sistema de drenagem com reservatório de detenção, em uma bacia urbana com área de contribuição de 657ha no Distrito Federal, para a chuva ocorrida no período entre janeiro e abril de 2019.

Apesar de não ter sido registrado nenhum evento com tempo de retorno muito grande, sendo o maior registro foi de TR de 2,25 anos, a rede apresentou problemas de extravasamento e sobrecarga em pontos da rede, em locais em que deve ser avaliado a possibilidade de uso de técnicas compensatórias que promovam a infiltração e detenção de modo a mitigar os alagamentos.

O reservatório de detenção mostrou-se uma estrutura bastante eficiente para atender a legislação local quanto ao lançamento das águas pluviais nos cursos de água, visto que apresentou um abatimento de 93% na vazão de saída, evitando impactos ao corpo hídrico receptor.

Recomenda-se a calibração do modelo para realizar análises mais acuradas quanto a pontos da rede e a proposição de medidas compensatórias de modo a reduzir ou eliminar os pontos críticos da rede.

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. Brasília: ADASA.
- ArKIS Infraestrutura Urbana Ltda (2005). Projeto de avaliação ambiental e estudo de dissipação dos pontos de lançamentos da galeria do Cruzeiro – Guará – Distrito Federal. Brasília, DF, 56p.

- Barros, M.G.V.; Dall’Agnol, G.; Junior, G.P.S. (2015). *Bacia de retenção como medida mitigadora para redução do escoamento pluvial*. Trabalho de conclusão de curso, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO 73 p.
- CAMPANA, N.A.; Bernardes, R. S.; SILVA Jr. “*Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial urbano com bacias de retenção*”. *Ambi-Agua*, Taubaté, v.2, n.3, p 98-111, 2007.
- CAMPANA, N.A.; BERNARDES, R. S. “*Qualidade de escoamento na rede de drenagem pluvial urbana: situação de Brasília-DF*”. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v.7, n.2, p 53-65, 2010.
- FILENI, F. *Modelagem quantitativa da drenagem urbana e proposições de drenagem sustentável para a região de Ceilândia-DF*. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017
- GDF – Governo do Distrito Federal. (2009b). *Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal. Secretaria de Estado de Obras*. Volume 5. Brasília.
- TUCCI, C. E. M. (1995). *Drenagem urbana*. Porto Alegre: Editora da editora UFRGS, ABRH. Porto Alegre, 669p.
- ROSSMAN, L.A. (2016). *Storm Water Model Reference Manual. Volume I – Hydrology (Revised)*. Office of Research and Development Water Supply and Water Resources Division. New York. US EPA. 233 p.
- SILVA, T. J. B. DA. *Avaliação da rede de drenagem urbana do Setor Habitacional Taquari – DF*. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.
- SILVA, G. B. L. *Avaliação Experimental da Eficiência de Superfícies Permeáveis com Vistas ao Controle do Escoamento Superficial*, 199f, Tese de Doutorado, FT-PTARH, Universidade de Brasília, Brasília/DF, Brasil, 2006.
- Volken, N.J. (2018). *Avaliação hidráulica e hidrológica de bacias de retenção – Estudo de caso da bacia de retenção do Guará II – DF*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 70 p.