

APLICAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE DRENAGEM URBANA SWMM NO CONTROLE DE ALAGAMENTOS EM BARREIRAS-BA

*Michael Pereira da Silva¹ & Luis Henrique Magalhães Costa^{*2} & Marco Aurélio Holanda de Castro³*

Resumo – O município de Barreiras, localizado no oeste do estado da Bahia é um, entre tantos no país, que sofre constantes transtornos devido à má gestão da água pluvial. A solução para esses problemas passa pela realização de estudos que apontem soluções e alternativas que diminuam os impactos provocados pela urbanização. O objetivo deste trabalho foi simular diferentes medidas de controle de cheias por meio do simulador de modelagem hidrológica Storm Water Management Model – SWMM em nível de lotes e de sub-bacias, verificando suas respectivas eficiências, de forma a contribuir com a gestão das águas pluviais dos bairros São Paulo e Vila Regina, considerados dois dos que mais sofrem com alagamentos no município de Barreiras-BA. A área de estudo foi dividida em seis sub-bacias, estas contribuindo para dois pontos que representam o início de alagamento, um em cada bairro. As técnicas compensatórias simuladas foram: Pavimentos Porosos, Microreservatórios, Bacias de Detenção e Trincheiras de Infiltração. Tais técnicas apresentaram uma considerável influência nos hidrogramas de saídas nos dois pontos analisados, sendo que as Trincheira de Infiltração se mostraram como a opção mais indicada a ser implementada. Mesmo assim foram obtidos resultados interessantes para as outras técnicas.

Palavras-Chave – Urbanização, Alagamento, Técnicas Compensatórias.

APPLICATION OF SWMM URBAN DRAINAGE MANAGEMENT MODEL FOR FLOOD CONTROL IN BARREIRAS- BA

Abstract – The municipality of Barreiras, located in Western Bahia, is one among many others in the country which suffers constant disruption due to stormwater mismanagement. The solution to this problem involves studies that point out alternatives to minimize the impacts caused by urbanization. This paper aimed to simulate different flood control measures using the Storm Water Management Model (SWMM) at the plot and subbasin levels, verifying their respective efficacy in contributing to stormwater management in the neighborhoods of São Paulo and Villa Regina, two of the most affected by flooding in Barreiras-BA. The study area was divided into six subbasins, contributing to two points which represent a flooding starting point for each neighborhood. The compensatory techniques simulated herein were: Porous Pavements, Micro Reservoirs, Detention Basins, and Infiltration Trenches. Such techniques had considerable influence on hydrograph outputs at the two points being analyzed, and the Infiltration Trench seemed to be the preferred option to be implemented. Yet, interesting results were found for the other techniques.

Keywords – Urbanization, Flooding, Compensatory Techniques.

¹ Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFBA/UFSC. E-mail: michael_eng@ig.com.br.

² Professor Adjunto da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). E-mail: luishenrique.uva@gmail.com

³ Professor Titular da Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: marco@ufc.br.

INTRODUÇÃO

O município de Barreiras, localizado no oeste do estado da Bahia é um, entre tantos no país, que sofre constantemente transtornos devido à água pluvial. Pode-se citar como os principais fatores que contribuem para estas ocorrências, as condições topográficas locais e a má gestão da água pluvial, constatada pela ineficiência de seus sistemas de drenagem.

A solução para esses problemas passa pela realização de estudos que apontem alternativas que diminuam os impactos provocados pela urbanização e que não apenas considerem as técnicas de drenagem convencionais, como se tem feito no município.

Nesse sentido, os modelos computacionais são ferramentas de extrema importância no auxílio ao planejamento dos sistemas de drenagem, uma vez que, segundo Silva (2007), estes conseguem comportar modelos matemáticos mais elaborados, permitindo se compreender melhor algumas propriedades dos sistemas, prever suas reações a estímulos e estimar suas capacidades de escoamento. Permitem também prever impactos decorrentes de inúmeros cenários hipotéticos, de forma prática, rápida e confiável, o que possibilita fundamentar as decisões de gestão dos sistemas propostos.

Um dos softwares mais utilizados para simulações de drenagem urbana é o *Storm Water Management Model* – SWMM. Nele é possível se fazer simulações do funcionamento de redes pluviais, modelagem hidrológica, modelagem da qualidade da água escoada, além de ser adaptável a aplicação de técnicas de medidas de controle, como por exemplo, microreservatórios, trincheiras de infiltração e pavimentos porosos. Portanto, o SWMM é uma ferramenta que sempre deve ser considerada como opção na avaliação de soluções em drenagem urbana.

OBJETIVO

Objetiva-se com este trabalho simular diferentes medidas de atenuação de cheias em nível de lotes e de sub-bacias, verificando suas respectivas eficiências, de forma a contribuir com a gestão das águas pluviais dos bairros São Paulo e Vila Regina, considerados dois dos que mais sofrem com alagamentos no município de Barreiras-BA.

MATERIAL E MÉTODOS

A partir do conhecimento do município, foram identificados dois pontos representativos do início das áreas de alagamento para os bairros Vila Regina, denominados Exult1 e São Paulo, denominado Exult2. Estes bairros sofrem com prejuízos em praticamente todo o evento chuvoso (Figura 1).

A partir desses pontos foram calculadas as bacias de contribuição para ambos, o qual resultou na área de estudo (Figura 2). Definida a área de estudo, procedeu-se a obtenção dos parâmetros de entrada e a determinação das séries de precipitações, que se caracterizam como variável de entrada do SWMM.

Na etapa seguinte obteve-se o arruamento e as curvas de nível do município, as quais foram essenciais para o uso de técnicas de geoprocessamento. Tais técnicas foram utilizadas, principalmente, na determinação dos parâmetros do SWMM que, por sua vez, estão diretamente relacionados às características da região (declividade, tipo de solo, comprimento dos talwegues, etc.), tornando-se possível a aplicação do modelo hidrológico em questão.

O modelo hidrológico utilizado neste trabalho é do tipo chuva-vazão. Portanto, a precipitação é a variável de entrada e o hidrograma do escoamento superficial (gerado a partir da precipitação) é a variável de saída. Já os parâmetros do modelo são as informações referentes ao local de estudo

necessárias para se determinar, a partir das precipitações, o hidrograma nos pontos de estudo (Exul1 e Exul2). As características das sub-bacias (e.g. declividades das sub-bacias, porcentagem das áreas impermeáveis, coeficientes de Manning, tipo de solo, número da curva e tempo de secagem do solo), são os principais parâmetros do modelo. A Figura 3 apresenta a interface do SWMM, após o carregamento dos dados.

De posse das variáveis e parâmetros do modelo, foram criados seis diferentes cenários: Condições Naturais, Condições atuais, Microreservatórios, Pavimentos Porosos, Trincheiras de Infiltração e Bacias de Detenção, sendo os quatro últimos, medidas de controle de drenagem urbana.



Figura 1 – (a) e (b) Situação encontrada na Rua Uberada, bairro São Paulo em dias com chuvas - Fonte: mais.uol.com.br.

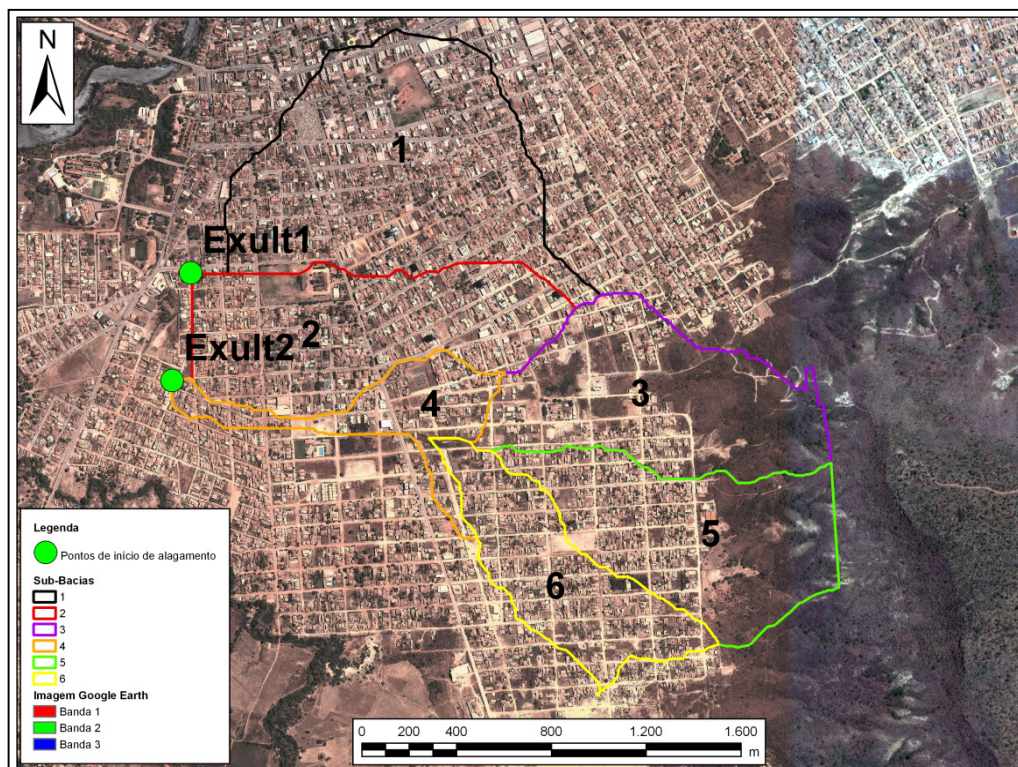


Figura 2 - Sub-bacias com imagem do Google Earth ao fundo.

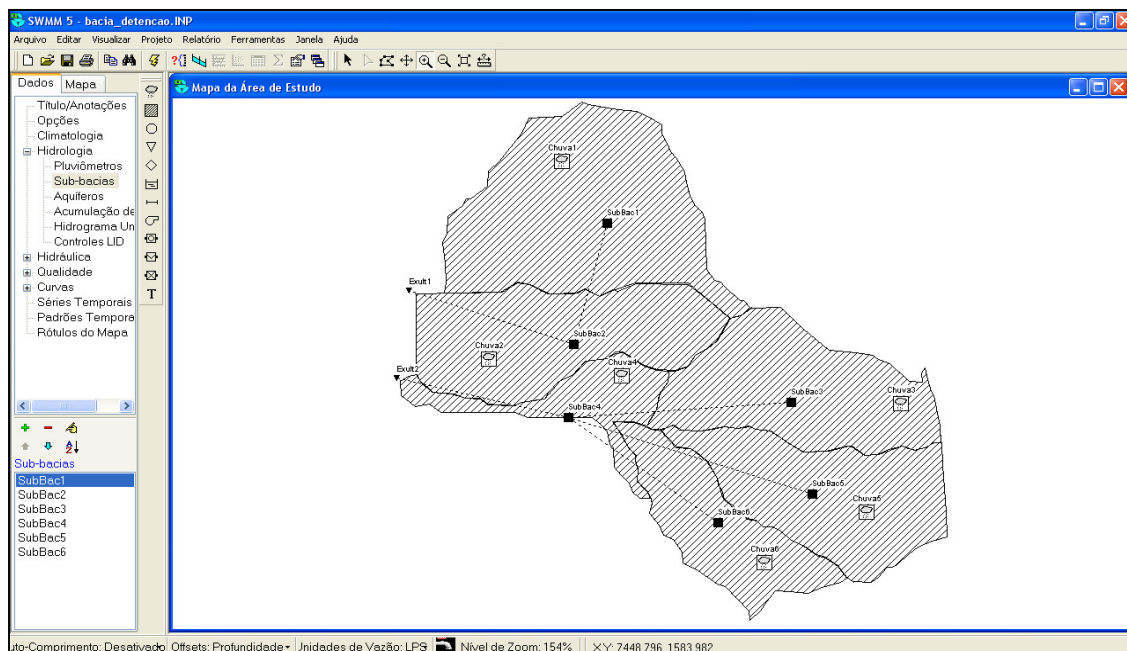


Figura 3 - Interface do modelo após incorporação dos dados no software SWMM.

Cálculo e Obtenção de Parâmetros e Variáveis de Entrada do Modelo

Os itens que se seguem apresentam os elementos necessários à simulação do modelo (SWMM).

Séries de Precipitações

As precipitações foram calculadas pelo Método dos Blocos Alternados.

Porcentagem das áreas impermeáveis

Estes valores foram calculados a partir de medições feitas em imagem de satélite.

Coefficientes de Manning

Os coeficientes de Manning (n) utilizados nas sub-bacias foram adotados com base em Rossman (2005), em que apresenta valor de 0,013 para superfícies de concreto normal (o que também pode ser adotado para asfaltos) e 0,15 para superfícies gramadas ou de pouca vegetação. Esses coeficientes são para a vazão superficial, tanto para áreas impermeáveis, como para áreas permeáveis. Eles são utilizados na estimativa do escoamento superficial pelo SWMM.

Intervalos de tempo de simulação do modelo

Foi definido o intervalo de duas horas como o tempo total de simulação do modelo. A discretização dos resultados foi definida como sendo de um minuto, ou seja, os resultados foram apresentados a cada minuto. Esta opção foi selecionada por possibilitar um bom detalhamento do hidrograma de saída para os pontos Exult1 e Exult2, pois permite se saber como é o comportamento da vazão escoada nesses pontos a cada minuto.

Equação de infiltração

Foi utilizado o método da Curva-Número (CN) SWMM para a determinação da infiltração no sistema. Este método tem como variáveis de entrada o número correspondente ao tipo de solo,

segundo valores tabelados e o tempo de secagem do solo, adotado como 4 dias (segundo características empíricas da região).

Simulação do modelo do cenário atual e natural das Sub-bacias em estudo

Nesta etapa realizou-se a simulação das situações atual e natural (antes da intervenção antrópica) das Sub-bacias em estudo, com o objetivo de se avaliar os hidrogramas de saída de ambas as situações, a partir da precipitação predeterminada.

O cenário atual foi simulado com as condições estabelecidas e calculadas conforme os parâmetros e variável obtidos e o cenário natural foi considerado como cada Sub-bacia tendo 20% de área impermeabilizada, conforme sugerido por Asce (1969) *apud* Costa *et al.* (2007) para a estimativa do coeficiente C no método racional.

Dessa forma, foi possível se ter uma ideia dos impactos da urbanização nos hidrogramas, bem como comparar os resultados dos métodos de controle e o cenário atual, de modo que permitiu-se avaliar a eficiência de cada técnica compensatória em drenagem urbana.

Métodos de controle de enchentes

Neste trabalho foi proposta a avaliação por meio de simulações dos métodos de controle da drenagem urbana ou medidas compensatórias mais utilizadas. O objetivo foi fazer dimensionamentos a nível de volume e/ou vazão de saída, sem se preocupar com detalhamentos construtivos, mas considerando as metodologias que são comumente utilizadas no meio técnico.

Microreservatórios nos lotes

Foi feito o dimensionamento de microreservatórios conforme o método proposto pela Prefeitura de São Paulo, através da Lei 13.276 de 4 de janeiro de 2002. Essa lei obriga a construção de microreservatório para lotes edificáveis ou não que tenham área impermeabilizada acima de 500 m². O método foi aplicado devido ao fato de se caracterizar como um já regulamentado.

Pavimentos Porosos e Aumento da área permeável

Foi feito um dimensionamento tanto para se saber qual a lâmina de água é possível infiltrar, quanto um aumento na área permeável da bacia devido à porosidade do pavimento (como exemplo o uso de bloquetes).

A estimativa da lâmina de água passível de infiltração foi feita com base na metodologia apresentada por Costa *et al.* (2007). Esse método considera a capacidade de infiltração do pavimento poroso para o solo.

Com relação ao aumento da área permeável, foi realizado o seguinte procedimento: Os valores das áreas dos pavimentos foram multiplicados pelo valor de sua porosidade, adotada como sendo 30%. Este procedimento permitiu obter o valor “permeável” da área onde os pavimentos porosos seriam implementados.

Trincheiras de Infiltração

O dimensionamento das trincheiras de infiltração foi realizado pelo método das chuvas, apresentado por Riguetto (2009). Em resumo, este método testa precipitações para um dado período

de retorno a fim de se selecionar o evento mais crítico, onde se teria a maior duração da chuva para altura específica máxima, e dimensionar a trincheira para suportar este evento.

Bacias de Detenção

Analisando a área de estudo, partiu-se do pressuposto de que seriam implantadas duas bacias de detenção, uma no exultório da Sub-bacia 1, que beneficiaria a Sub-bacia 2 e consequentemente o Ponto de Alagamento 1 (Exult 1) e a outra no início da Sub-bacia 4, que reteria a vazão vinda das outras três bacias, beneficiaria a própria Sub-bacia 4 e consequentemente o Ponto de Alagamento 2 (Exult 2).

O dimensionamento foi realizado segundo o método apresentado por Franco (2004). Esse método se baseia no princípio de que, tendo em vista a diminuição da intensidade conforme se desenvolve a precipitação, haverá uma chuva cuja combinação de intensidade e duração leve ao maior volume de detenção, fixando-se o tempo de retorno e a vazão efluente da bacia.

Simulação dos cenários

Nesta etapa realizaram-se as simulações do modelo no SWMM após a inserção de todos os dados obtidos anteriormente. Os cenários simulados foram: Cenário das Condições Atuais, Cenário das Condições Naturais, Cenário de implantação de Microreservatórios, Cenário de Implantação de Pavimentos Permeáveis, Cenário de Implantação de Trincheiras de Infiltração e o Cenário de Implantação de Bacias de Detenção.

Foram geradas tabelas com os resultados, bem como os hidrogramas de cheias de cada cenário (atual e após a aplicação de técnicas compensatórias de drenagem urbana). De posse dos hidrogramas de cada cenário, realizou-se uma análise das medidas de controle apresentadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 4 e 5 apresentam os hidrogramas de saída de todos os métodos dimensionados, comparados com o Cenário Atual, simulados no SWMM.

Os Microreservatórios apresentaram uma boa redução da vazão de pico (1/2 para o Exult 2), mostrando que a aplicação dos mesmos realmente exerce uma influência considerável nas sub-bacias. Estes reservatórios seriam de 3 m³, sendo comercializados em polietileno e com preços razoáveis.

Os Pavimentos Porosos apresentaram a menor eficiência entre todas as técnicas, no entanto, para o ponto Exult2 a aplicação desse método poderia reduzir em até 1/3 a vazão de pico, mostrando que esta técnica é válida e passível de ser aplicada quando combinada a outro método de controle de enchentes.

As Bacias de Detenção apresentaram a melhor eficiência. Para o ponto Exult1 houve um abatimento de mais de 40% da vazão de pico. Com relação ao ponto Exult2, o hidrograma de saída obteve níveis ainda mais eficientes, ultrapassando 60%. No entanto, as bacias se apresentaram com dimensões elevadas e, apesar de numa análise inicial indicar que haveria espaço para implantá-las, seria necessário fazer a desapropriação dessas áreas, bem como fazer um investimento razoável nas obras de construção das mesmas.

Uma outra desvantagem para a aplicação desse método é que deveriam ser implementadas ou modificadas as redes de microdrenagem para que estas conduzissem a água pluvial para estas bacias de detenção, o que tornaria o sistema mais oneroso. Assim, este método só teria um grande potencial para ser implementado caso não houvesse outra técnica com eficiência satisfatória.

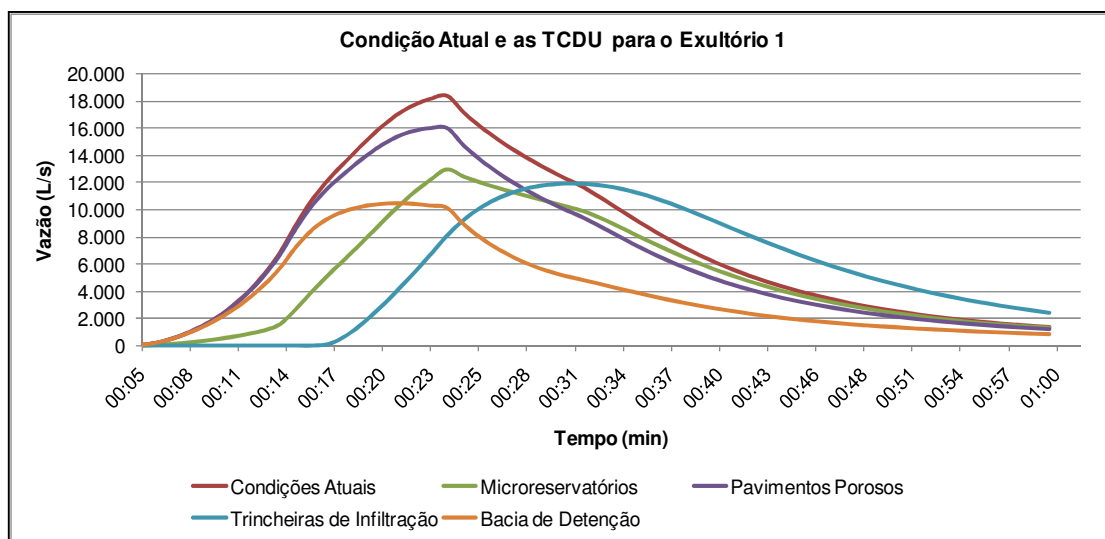


Figura 4 - Comparação da entre a Condição Atual e as Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana para o Exultório1.

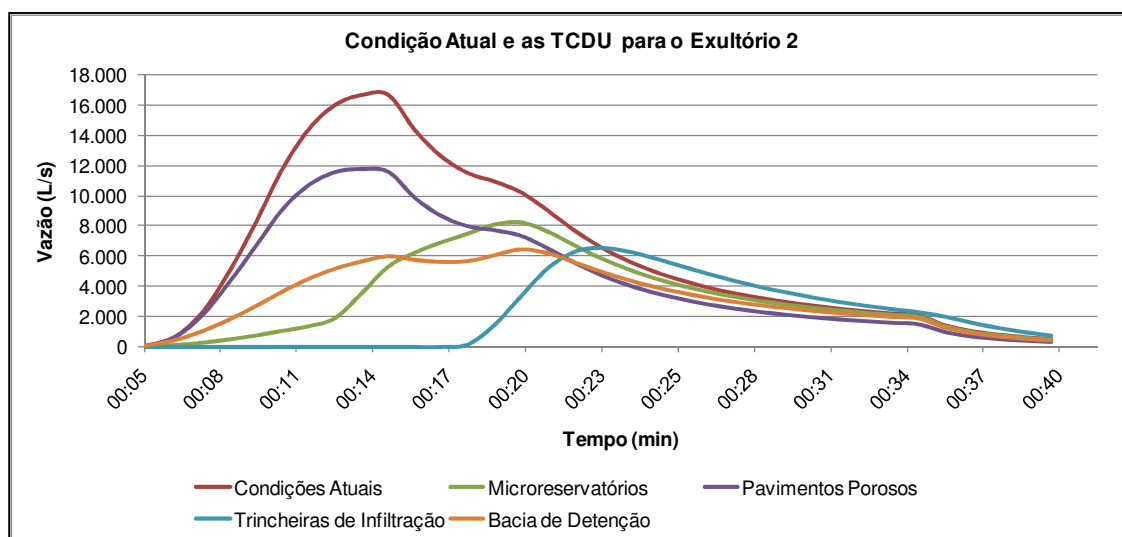


Figura 5 - Comparação da entre a Condição Atual e as Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana para o Exultório2.

A aplicação de Trincheiras de Infiltração apresentou-se como o método mais adequado segundo as simulações realizadas. Seus resultados apresentaram uma redução da vazão de pico no ponto Exult1 de pouco mais de 1/3 da mesma. Já para o ponto Exult2 obteve valores semelhantes aos das Bacias de Detenção, pouco mais de 60% da vazão de pico. Vale destacar também que esta técnica compensatória foi a que apresentou maior capacidade de retardamento da vazão de pico, conforme pode ser verificado nas figuras acima. Esse conjunto de benefícios (redução e retardamento) proporciona uma melhor distribuição da vazão no tempo e um maior amortecimento da ondas de cheias, condições desejáveis para a recepção do escoamento gerado pelos corpos d'água. Outro fator importante é que as Trincheiras de Infiltração auxiliam no tratamento da água pluvial (a partir da filtração), possibilitando seu retorno para o ciclo hidrológico com melhor qualidade, contribuindo para evitar a degradação dos cursos d'água.

Vale destacar que a sua ação ocorrer no decorrer das sub-bacias, ou seja, a trincheira contribui não somente para amenizar os problemas nos pontos de exultório analisados, mas também por toda

a área em que estão implantadas. Assim, além agir a favor do ciclo hidrológico, promovendo a infiltração da água pluvial, contribui de forma significativa no controle do excesso de escoamento superficial ao longo das sub-bacias, reduzindo ainda mais as chances de transtornos por parte da população devido as chuvas.

CONCLUSÕES

A metodologia aplicada neste trabalho para a obtenção dos parâmetros e variável de entrada do SWMM para as sub-bacias em questão se mostrou algo simplificado, sendo passível de ser aplicada em outros bairros do município ou qualquer outra área de interesse, desde que se disponha dos dados e/ou parâmetros de entrada necessários.

As técnicas de geoprocessamento se apresentaram como uma ferramenta bastante útil para se estimar as características físicas das sub-bacias, pela possibilidade de realização dos cálculos de forma rápida, prática e principalmente confiável, uma vez que estas são baseadas em métodos mais elaborados e assim evitam que sejam estimados tais parâmetros a partir da intuição ou de métodos pouco precisos. Dessa maneira, os resultados obtidos a partir do geoprocessamento contribuiu para se obter resultados mais concisos e fidedignos.

As técnicas compensatórias e drenagem urbana aplicadas apresentaram uma considerável influência nos hidrogramas de saída dos dois pontos analisados. Partindo da questão de viabilidade de implantação e abatimento do hidrograma pode-se classificar essas técnicas por ordem da menos para a mais indicada da seguinte maneira: Pavimentos Porosos, Microreservatórios, Bacias de Detenção e Trincheiras de Infiltração.

Apesar de individualmente a Trincheira de Infiltração ser a técnica mais indicada, e devido os bons resultados encontrados pelos os outros métodos, recomenda-se também a aplicação dos Pavimentos Porosos e Microreservatórios (de 3.000 litros cada).

Espera-se que com a implantação dessas técnicas sejam minimizados os efeitos dos alagamentos nas áreas estudadas, amenizando os transtornos enfrentados pela população e os prejuízos ao meio ambiente a partir da melhor gestão da água pluvial.

REFERÊNCIAS

a) Livro

RIGHETTO, Antônio Marozzi (Org.). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

b) Dissertações

FRANCO, E. L. Dimensionamento de bacias de retenção das águas pluviais com base no método racional. Dissertação de Mestrado, UFP, Curitiba, 2004.

SILVA, Karla Alcione da, Análise da eficiência de métodos de controle de enchentes na atenuação de picos de cheias utilizando o modelo computacional SWMM – Storm Water Management Model. 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2007.

d) Apostila técnica

COSTA, A. R.; SIQUEIRA, E. Q., MENEZES FILHO, FREDERICO C. M. Curso Básico de Hidrologia Urbana: guia do profissional em treinamento. Nível 3. Brasília: ReCESA 2007. 130 p.

RIBEIRO, C. A. A. S., Tópicos avançados em sistemas de informações geográficas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 22p.

e) Lei

São Paulo (Estado). Lei no 13.276 de 4 de janeiro de 2002 Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m² (quinhentos metros quadrados). Diário Oficial do Estado de São Paulo. 5 jan 2002.