

## **Modelagem e monitoramento do escoamento superficial urbano nas bacias dos córregos Ressaca e Sarandi (Minas Gerais, Brasil)**

## **Urban runoff monitoring and modelling of Ressaca and Sarandi subcatchments (Minas Gerais, Brazil)**

**Talita Silva<sup>1</sup>; Brigitte Vinçon-Leite<sup>2</sup>; Guido Petrucci<sup>2</sup>; Nilo Nascimento<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, talita.silva@ehr.ufmg.br; <sup>2</sup>Université Paris-Est, LEESU

**Palavras-Chave:** SWMM, qualidade do escoamento, algoritmos genéticos

**Key Words:** SWMM, runoff water quality, genetic algorithm.

### **1. INTRODUÇÃO**

Durante muito tempo, a poluição advinda dos esgotos domésticos e industriais mascarou a poluição proveniente do escoamento superficial urbano. Somente a medida em que as técnicas de tratamento dos esgotos foram sendo aprimoradas que percebeu-se a contribuição do escoamento superficial na degradação ambiental dos meios receptores. A poluição presente no escoamento superficial tem como origem (1) a poluição atmosférica que é “lavada” sob a ação das chuvas e (2) a lavagem e erosão das superfícies urbanas cuja massa de poluentes mobilizados depende de três mecanismos principais: a acumulação de poluentes sobre a superfície, a quantidade de poluentes erodida sob o efeito das gotas d’água e do escoamento e, o transporte do poluente até a rede de drenagem (VALIRON e TABUCHI, 1992).

A qualidade das águas escoadas pela superfície de uma bacia hidrográfica urbana varia significativamente de um local para outro, em função da intensidade do evento chuvoso, da quantidade de dias secos que precederam a chuva, das características da rede de drenagem, das características geomorfológicas, do uso do solo e das taxas de impermeabilização na área de drenagem (TSIHRINTZIS e HAMID, 1997). Essa diversidade de fatores intervenientes somada à carência de protocolos padronizados para quantificação da poluição transportada pelo escoamento

superficial dificulta a caracterização da mesma e a comparação entre estudos realizados sobre o assunto. Modelos determinísticos e estocásticos, desenvolvidos desde a década de 70, têm tentado reproduzir e prever a dinâmica de poluentes no escoamento superficial urbano. No entanto, devido à complexidade dos fenômenos envolvidos e à insuficiência de dados, em muitos casos os resultados apresentados por esses modelos são insatisfatórios (GAUME et al., 1998). O objetivo desse trabalho é contribuir para o estudo da qualidade da água do escoamento superficial em bacias urbanas através do monitoramento e modelagem das vazões e da qualidade da água dos córregos Ressaca e Sarandi (Belo Horizonte, Minas Gerais) durante eventos chuvosos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os córregos Ressaca e Sarandi são os dois principais afluentes da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Minas Gerais), tanto em relação à vazão afluente, como em relação à carga de poluentes. O córrego Ressaca e sua área de drenagem está totalmente inserida nesse município, contando com uma superfície de 20,6 km<sup>2</sup>. O córrego Ressaca percorre 8,8 km até sua confluência com o córrego Sarandi cuja nascente encontra-se no município de Contagem. Entre sua nascente e seu deságüe na lagoa da Pampulha, o córrego Sarandi percorre 14 km e drena uma área de 41,1 km<sup>2</sup> (CPRM, 2001). A partir dos anos 70, a ocupação das bacias de drenagem de ambos os córregos intensificou-se, ocorrendo de forma desordenada e em paralelo com a instalação de grandes equipamentos urbanos (vias expressas, distritos industriais, a central de abastecimento CEASA) sem a necessária infra-estrutura de saneamento e de controle de erosão. Isso levou ao assoreamento e à degradação da qualidade da água na Lagoa da Pampulha.

O monitoramento dos córregos Ressaca e Sarandi foi realizado em parceria com a prefeitura municipal de Belo Horizonte (PBH) e se insere no âmbito do projeto Manejo de Águas Pluviais 2 – MAPLU 2 (financiamento FINEP) que reúne 16 universidades brasileiras em uma rede de pesquisa que se propõe a estudar diversos aspectos do ciclo das águas urbanas. A rede de monitoramento é composta por quatro estações fluviométricas automáticas para medição da precipitação e do nível d'água nos córregos. Em outros locais, dentro ou próximos da bacia hidrográfica, operam três estações pluviométricas e uma estação meteorológica. Todos os dados são obtidos a cada 10 minutos e passaram a ser disponibilizados em tempo real pela PBH a partir de outubro de 2011. Para obter as vazões escoadas nos córregos a partir dos dados de nível d'água, mediu-se a velocidade do escoamento em tempo seco com o auxílio do molinete Flow Probe 1.0 (Global Water, EUA) e em tempo chuvoso, utilizou-se flutuadores. Um fator de correção ajustou as velocidades superficiais à velocidade média na seção. A partir das velocidades obtidas, estimou-se o coeficiente de rugosidade dos canais (n) através da equação de Manning, admitindo-se escoamento

em regime permanente uniforme. Para monitorar a qualidade da água do escoamento superficial durante um determinado evento chuvoso, um amostrador automático ISCO 3700 (Teledyne ISCO, EUA) dotado de um sensor de nível d'água (Liquid Level Actuator 16400, Global Water, EUA) e 24 frascos de 1L foi instalado logo após a confluência dos córregos. Os seguintes parâmetros foram analisados nas amostras coletadas: condutividade elétrica, pH, turbidez, P<sub>Total</sub>, NTK, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e sólidos em suspensão. No total, seis eventos chuvosos foram amostrados entre fevereiro e maio de 2013. Campanhas pontuais durante o período seco também foram realizadas e os mesmos parâmetros descritos acima foram analisados.

Os dados obtidos a partir do monitoramento descrito acima foram utilizados para calibrar e validar o modelo Storm Water Management Model (SWMM), um modelo determinístico de base física e semi-distribuído, concebido para reproduzir o comportamento de bacias hidrográficas urbanas. SWMM possibilita a simulação hidrológica de eventos chuvosos, assim como simulações contínuas e pode ser usado para simular a qualidade da água do escoamento superficial (ROSSMAN, 2010). Para a calibração do SWMM utilizou-se um procedimento automático, baseado em um algoritmo genético e no critério de Nash-Sutcliffe.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das simulações hidrológicas para as vazões escoadas nas bacias dos córregos Ressaca e Sarandi foram satisfatórios. Na simulação do córrego Ressaca, obtiveram-se os valores de 0,70 e 0,72 para o coeficiente de Nash-Sutcliffe, respectivamente nas fases de calibração e validação. O modelo apresentou desempenho ainda melhor para o córrego Sarandi, o coeficiente de Nash-Sutcliffe assumindo os valores 0,88 (calibração) e 0,78 (validação). Os resultados do modelo para a simulação da qualidade da água do escoamento superficial foram menos satisfatórios. Após três tentativas de calibração, apenas as simulações dos sólidos suspensos e do NH<sub>4</sub> apresentaram um desempenho aceitável. Essa dificuldade em modelar os fluxos de poluentes provenientes da bacia hidrográfica já foi verificada em estudos anteriores e também em outros modelos determinísticos (DOTTO *et al.*, 2011). Provavelmente outros processos também determinantes para a formação das cargas poluidoras no escoamento superficial não são levados em consideração pelos modelos atuais, por exemplo, a resuspensão dos sedimentos nos canais durante um evento chuvoso e o fato de que a influência da chuva na lavagem das superfícies e na remoção dos poluentes ocorre em etapas e não de modo contínuo (LIU *et al.*, 2013).

Apesar dos resultados inexpressivos, o monitoramento e a modelagem hidrológica evidenciaram que: (i) o escoamento superficial é fonte importante de sólidos em suspensão, P<sub>Total</sub> e NO<sub>3</sub> para a lagoa da Pampulha e (ii) as concentrações em amônia são maiores nas vazões do

período seco, provavelmente em razão do despejo de esgoto sem tratamento nos cursos d'água, e durante um evento chuvoso, ocorre o fenômeno de diluição.

## 4. CONCLUSÃO

O estudo aqui apresentado descreveu o monitoramento e a modelagem da qualidade da água nos córregos Ressaca e Sarandi, principais afluentes da Lagoa da Pampulha, durante eventos chuvosos. O monitoramento realizado mostrou que o escoamento superficial contribui consideravelmente no aporte de P<sub>Total</sub>, NO<sub>3</sub> e sólidos em suspensão na lagoa da Pampulha. Os resultados da modelagem da qualidade da água foram pouco satisfatórios, o que pode estar relacionado com limitações próprias do tipo de modelo utilizado. Pretende-se realizar novas coletas no próximo período chuvoso e espera-se que com um maior número de amostras seja possível compreender melhor a dinâmica dos poluentes advindos do escoamento superficial nas bacias dos córregos Ressaca e Sarandi, e propor modificações no modelo utilizado.

## REFERÊNCIAS

- CPRM. Estudo Hidrogeológico da Bacia da Lagoa da Pampulha. CPRM - Serviço geológico do Brasil, Beato, D. A. C. (ed.), Belo Horizonte: CPRM, 2001, 151 p.
- DOTTO, C. B. S.; KLEIDORFER, M.; DELETIC, A.; RAUCH, W.; MCCARTHY, D. T.; FLETCHER, T. D. Performance and sensitivity analysis of stormwater models using Bayesian approach and long-term high resolution data. *Environmental Modelling Software*, v. 26, n. 10, 2011, p. 1225 – 1239.
- GAUME, E.; VILLENEUVE, J. P.; DESBORDES, M. Uncertainty assessment and analysis of the calibrated parameter values of an urban storm water quality model. *Journal of Hydrology*, 210, 1998, p. 38 - 50.
- LIU, A.; EGODAWATTA, P.; GUAN, Y.; GOONETILLEKE, A. Influence of rainfall and catchment characteristics on urban stormwater quality. *Science of the Total Environment*, v. 444, 2013, p. 255 – 263.
- ROSSMAN, L. A. *Storm Water Management Model. User's Manual, version 5.0*. U.S. EPA, Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati (USA), 2010, 295 p.
- TSIHRINTZIS, V. A. e HAMID, R. Modeling and management of urban stormwater runoff quality: a review. *Water resources management*, v. 11, 1997, p. 137 – 164.
- VALIRON, F.; TABUCHI, J. –P. *Maitrise de la pollution urbaine par temps de pluie. Etat de l'art*. Technique & Documentation, Lavoisier, Paris, França: 1992, 564 p.