

OTIMIZAÇÃO MULTI OBJETIVA PARA LOCALIZAÇÃO ÓTIMA DE SENSORES DE QUALIDADE EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Sandra Maria Cardoso¹, Daniel Bezerra Barros², Eva Caroline M. Oliveira³, Bruno Melo Brentan⁴, Edevar Luvizotto Junior⁵ e Lubienska Cristina Lucas Jaquiê Ribeiro⁶

^{1,2,3,6} Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, Brasil.

⁴ CRAN, Université de Lorraine, Vandoeuvre-les-Nancy, França.

⁵ Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

E-mail: sandra.mcardoso18@gmail.com, danielbezerrab@gmail.com, evacarolline.mo@gmail.com,

bruncivil08@gmail.com, edevar@fec.unicamp.br, lubi@ft.unicamp.br

Introdução

As redes de distribuição de água são consideradas vulneráveis por possuírem grande extensão e numerosos pontos de fácil acesso, possibilitando uma contaminação da rede por causa acidental ou intencional, sendo esse cenário uma preocupação de saúde pública (Eliades et al., 2014; Ohar et al., 2015). Logo, estudos relacionados à otimização do monitoramento por localização ótima de sensores vêm crescendo de forma substancial (Ostfeld et al., 2008; Rathi and Gupta, 2014; Olikier et al, 2016), já que esses dispositivos facilitam e proporcionam um monitoramento mais efetivo da rede de distribuição de água, a partir da coleta de dados dos parâmetros de qualidade da água os quais serão alterados em caso de contaminação (Hart e Murray, 2010; Seth et al, 2016; Palleti et al., 2016).

A localização ótima de sensores na rede de distribuição de água visa minimizar o custo e maximizar o nível de proteção oferecido, já que é inviável economicamente o monitoramento de todos os nós da rede. Para tanto, existem métodos de otimização computacionais que trabalham em conjunto com software de controle de qualidade de água e de simulação hidráulica, que possibilitam o cálculo de um projeto de redes de sensores (Hart e Murray, 2010). O método multiobjetivo de otimização é muito empregado a esse tipo de estudo, uma vez que o mesmo considera os diversos problemas de otimização envolvidos e gera soluções não dominadas, sendo os problemas conflitantes ou não entre si, além de calcular um projeto de redes de sensores que respeite aos pré-requisitos necessários e que seja adequado à rede de distribuição de água, em estudo (Wu e Walski, 2008; Huang et al, 2008; Eliades et al, 2015; Ohar et al., 2015).

Objetivo

Logo, o objetivo dessa pesquisa foi à determinação ótima da alocação de sensores de qualidade de água (pH, cloro, condutividade, oxigênio dissolvido) à rede de distribuição, com aplicação do método multiobjetivo de otimização buscando a rápida detecção de ocorrências de contaminação, acidental ou intencional, em rede de distribuição de água.

Materiais e métodos

Para esse fim, aplicou-se a abordagem multiobjetivo com o algoritmo genético NSGA-II de (DEB et al., 2002) que otimizou três objetivos fundamentais para esse estudo, sendo: minimizar o tempo de espera de detecção, minimizar o número de sensores e maximização da probabilidade de detecção.

A ferramenta Matlab em conjunto com o software de qualidade hidráulica e de água EPANET e sua extensão EPANET-MSX (*Epanet Multi Species Extension*), auxiliaram na aplicação da abordagem multiobjetivo e possibilitaram a identificação de variadas soluções para a ótima localização de sensores pertencente a frente de Pareto, não dominadas.

Estudo de caso

A *The Battle of the Water Sensor Networks* (BWSN) (Ostfeld et al., 2008), avaliou 15 abordagens diferentes de otimização multiobjetiva para localização ótima de sensores para rede de distribuição de água, servindo de referência para diferentes pesquisas relacionadas ao tema. Logo, para esse estudo será utilizada a Rede 1 (Figura 1) fornecida na BWSN, rede fictícia composta por 129 nós, uma captação, dois reservatórios, 168 tubos, dois sistemas de bombeamento e oito válvulas.

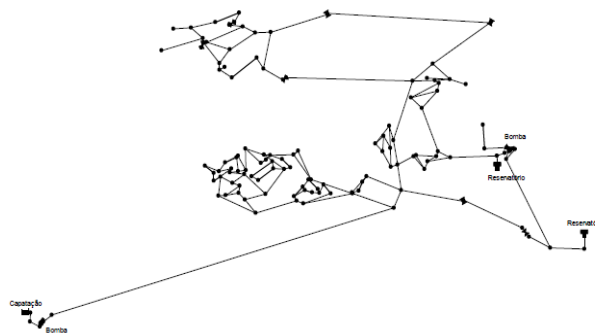


Figura 1.- Distribuição espacial da Rede 1 no EPANET.

Conclusão

As soluções da localização ótima de sensores pertencentes à frente de Pareto, não dominada, foram alcançadas a partir da abordagem multiobjetivo testada, algoritmo genético NSGA-II, e se mostraram promissoras além proporcionar um ganho referente ao tempo computacional que se mostrou menor em relação a outras abordagens da literatura.

Referências

- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T., (2002). *A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II*. IEEE Trans. Evol. Comput. 6, 182–197.
- Eliades, D.G., Stavrou, D., Vrachimis, S.G., Panayiotou, C.G., Polycarpou, M.M., (2015). *Contamination event detection using multi-level thresholds*. Procedia Eng. 119,1429 e 1438.
- Hart, W.E., Murray, R., (2010). *Review of sensor placement strategies for contamination warning systems in drinking water distribution systems*. J. Water Resour. Plan. Manag. 136, 611–619.
- Huang, J., McBean, E., James, W., (2006). *Multi-objective Optimization for Monitoring Sensor Placement in Water Distribution Systems*, in: *Water Distribution Systems Analysis Symposium*. American Society of Civil Engineers, pp. 1–14.
- Olikier, N., Ohar, Z., Ostfeld, A., (2016). *Spatial event classification using simulated water quality data*. J. Environ. Model. Softw. 77, 71 e 80.

Ohar, Z., Lahav, O., and Ostfeld, A. (2015). *Optimal sensor placement for detecting organophosphate intrusions into water distribution systems*. Water research, 73, 193-203.

Ostfeld, A., Uber, J.G., Salomons, E., Berry, J.W., Hart, W.E., Phillips, C.A., Watson, J.-P., Dorini, G., Jonkergouw, P., Kapelan, Z., di Pierro, F., Khu, S.-T., Savic, D., Eliades, D., Polycarpou, M., Ghimire, S.R., Barkdoll, B.D., Gueli, R., Huang, J.J., McBean, E.A., (2008). *The Battle of the Water Sensor Networks (BWSN): A Design Challenge for Engineers and Algorithms*. J. Water Resour. Plan. Manag. 134, 556–568.

Palleti, V. R. et al, (2016). *Sensor network design for contaminant detection and identification in water distribution networks*. Computers & Chemical Engineering, v. 87, 2016.

Rath, S. & Gupta, R., (2014) *Sensor placement methods for contamination detection in water distribution networks: a review*. Proc. Eng. 89, 181–188.

Seth, A. et al., (2016) *Testing Contamination Source Identification Methods for Water Distribution Networks*. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 142, n. 4.

Wu, Z.Y., Walski, T., (2006). *Multi-Objective Optimization of Sensor Placement in Water Distribution Systems*, in: *Water Distribution Systems Analysis Symposium*. American Society of Civil Engineers, pp. 1–11.