Brazilian Journal of Development

XII encontro nacional de águas urbanas
Programação aplicada ao traçado de redes de distribuição de água envolvendo o autocad e o epanet

XII National Meeting of Urban Waters
Programming applied to the tracing of water distribution networks involving autocad and epanet

DOI:10.34117/bjdv5n8-019

Recebimento dos originais: 14/07/2019
Aceitação para publicação: 15/08/2019

José Paulo da Silveira Neto
Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Piauí e Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará
Instituição: Universidade Federal do Ceará
Endereço: Centro de Tecnologia - *Campus* do Pici, Fortaleza – CE, Brasil
E-mail: js_silveirant@hotmail.com

Alessandro de Araújo Bezerra
Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará
Instituição: Universidade Federal do Piauí
Endereço: Centro de Tecnologia, *Campus* Universitário Ministro Petrônio Portela - Ininga, Teresina – PI, Brasil
E-mail: alessandrobezerra@ufpi.edu.br

Renata Shirley de Andrade Araújo
Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará
Instituição: Universidade Federal do Piauí
Endereço: Centro de Tecnologia, *Campus* Universitário Ministro Petrônio Portela - Ininga, Teresina – PI, Brasil
E-mail: renatashirley@ufpi.edu.br

RESUMO

A composição do traçado de redes de distribuição de água para a execução de simulações hidráulicas no Epanet implica em atividades bastantes repetitivas e que demandam muito esforço por parte do projetista. A automação do traçado apresenta-se como uma solução para esse problema. A ferramenta computacional desenvolvida neste trabalho resultou da interação entre os elementos gráficos do AutoCAD e das linguagens de programação AutoLISP e VBA, tendo como objetivo proporcionar rapidez e confiabilidade na elaboração do traçado de redes de distribuição para a execução de simulações hidráulicas. O programa possibilita uma rápida e dinâmica configuração para inserção dos componentes da rede: trechos, nós, reservatórios e "boosters". O cálculo das cotas é realizado a partir de arquivos de curvas de nível. É possível definir categorias de consumo especiais em nós da rede; o cálculo automático dos consumos nos nós devido à vazão distribuída; a edição dos componentes da rede segundo as necessidades do projeto; e por fim, a exportação da rede para o Epanet, onde serão realizadas as simulações

hidráulicas. Todas essas funcionalidades são amparadas por uma interface gráfica clara e informativa que facilita a análise do projeto no AutoCAD.

Palavras-Chave - Redes de distribuição de água. Traçado. Automação.

ABSTRACT

The composition of the layout of water distribution networks for the execution of hydraulic simulations in Epanet implies quite repetitive activities that require a lot of effort on the part of the designer. Layout automation is a solution to this problem**.** The computational tool developed in this work resulted from the interaction between the graphical tools of AutoCAD and the programming languages AutoLISP and VBA aiming to provide speed and reliability in the elaboration of the layout of distribution networks for the execution of hydraulic simulations. The program enables rapid and dynamic configuration for insertion of network components: stretches, nodes, reservoirs and boosters. Quotas are calculated from contour files. It's possible to define special consumption categories in network nodes; the automatic calculation of the consumptions in the nodes due to the distributed flow; editing the network components according to project needs; and finally, the export of the network to Epanet, where the hydraulic simulations will be carried out. All these features are supported by a clear and informative graphical interface that facilitates the analysis of the project in AutoCAD.

Keywords: Water distribution networks. Tracing. Automation.

1 - INTRODUÇÃO

Diante da importância da água à sobrevivência humana, os sistemas de abastecimento desempenham um papel fundamental para a manutenção da sociedade, pois, conforme Tsutiya (2006), eles são responsáveis por garantir água com pressão e qualidade, ou seja, dentro dos padrões de potabilidade, aos habitantes das comunidades beneficiadas.

Dentre os componentes de um sistema de abastecimento de água, a rede de distribuição é o elemento que distribui água potável ao consumidor final e requer um criterioso dimensionamento. Segundo Gomes (1997), é necessário determinar os diâmetros de todos os tubos e acessórios, a vazão que percorre cada trecho, o consumo e os valores de pressões estáticas e dinâmicas ao longo do seu comprimento e também a cota da altura da lâmina d'água do reservatório que abastece a rede.

Atualmente existem softwares que auxiliam no dimensionamento de redes de distribuição, como o Epanet, que, de acordo com Rossman (2000), é um software o qual permite a realização de simulações hidráulicas em redes de distribuição pressurizadas.

No entanto, apesar das vantagens, a composição do traçado das redes no Epanet é uma etapa que implica em atividades bastante repetitivas e que demandam um grande esforço por parte do projetista, haja vista a quantidade de dados que devem ser fornecidos.

Castro (2004) apresenta então a automação do traçado como uma alternativa para solucionar esse problema, ao permitir maior economia de tempo e esforço e reduzir significativamente o risco de erros no projeto. Tal automatização pode ser obtida através de funcionalidades do AutoCAD.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um pacote computacional para otimizar o processo de simulações hidráulicas de redes de distribuição de água no Epanet, através de uma interface interativa com o AutoCAD que promova rapidez e confiabilidade na entrada de dados e traçado da rede.

2 - METODOLOGIA

Foi realizado, em caráter inicial, o levantamento de informações necessárias à composição do programa: materiais utilizados nas tubulações de redes de distribuição de água (PVC PBA Classes 12, 15 e 20; Ferro Fundido K7 e K9; RPVC; PEAD; PVC DEFoFo e PRFV) e seus respectivos diâmetros comerciais, obtidos em catálogos de produtos; coeficiente de Hazen-Williams, rugosidade absoluta, correspondentes a cada material, além dos coeficientes de variação de vazão de projeto k1 e k2, obtidos em Kuroda e Pádua (2010), Porto (2006) e em catálogos de produtos.

O pacote computacional é constituído por um conjunto de rotinas que foram desenvolvidas através da utilização conjunta dos recursos gráficos do AutoCAD e das linguagens de programação AutoLISP e Visual Basic for Applications (VBA). Essas rotinas podem ser executadas através de ícones de acesso, organizados em uma barra de ferramentas carregada no AutoCAD.

Foi desenvolvida uma rotina para definição das propriedades necessárias à simulação da rede de distribuição no Epanet. As propriedades em questão, em relação às características físicas da rede, foram: material das tubulações, diâmetros nominais, coeficiente de Hazen-Williams, rugosidade absoluta e tipo de rede (projetada ou existente). Em relação aos parâmetros de cálculo do projeto, foram utilizados: população de projeto, coeficientes k1 e k2, zoneamento, consumo per capita por zona e a metodologia adotada para o cálculo da perda de carga. Como complemento da rotina, foram desenvolvidas funções que possibilitam a modificação dessas características, a qualquer tempo, pelo usuário.

A fim de automatizar o cálculo das cotas topográficas dos componentes da rede, desenvolveu-se uma rotina que obtém esses valores através de interpolação ou extrapolação (até uma distância de 100 m) de curvas de nível.

Para a realização do traçado da rede de distribuição de água, foi elaborado um comando que acessa as propriedades de cada trecho (material, diâmetro e tipo de rede), previamente definidas no "Default" do programa. Simultaneamente ao traçado da rede, a função do cálculo de cotas possibilita a obtenção da cota de cada nó. Para cada trecho é criada uma legenda com as informações referentes ao material do tubo, diâmetro e comprimento.

A inserção de reservatórios e "boosters" na rede foi uma atribuição adicionada ao programa através de comandos que possibilitam, além da inclusão desses elementos no projeto, a configuração de suas propriedades. Para os reservatórios, as propriedades em questão são: cota topográfica, altura útil, cota do nível mínimo, distância entre o nível mínimo e a tubulação de entrada, geometria (retangular ou circular) e dimensões (largura e comprimento, para os de forma retangular, e diâmetro, para os circulares).

Para a caracterização dos "boosters", foram utilizados os seguintes parâmetros: curva de bomba, velocidade de rotação, acessórios e quantidade de bombas ativas e inativas. Com o objetivo de calcular as perdas de carga localizadas, desenvolveu-se uma função para quantificar esse valor através da informação da quantidade de acessórios presentes na instalação da bomba. Foram ainda desenvolvidas ferramentas para edição dos componentes da rede (trechos, reservatórios e "boosters") e definição de consumos especiais nos nós.

O Epanet possui uma funcionalidade que permite a importação de redes de distribuição a partir de arquivos de texto no formato ".inp". A partir disso, foi desenvolvida uma rotina que identifica todos os componentes da rede (nós, trechos, reservatórios, "boosters") e suas propriedades e converte essas informações em dados de um arquivo de texto no formato já mencionado.

A rotina foi programada para calcular o consumo em cada nó. O método adotado consiste na divisão da vazão de projeto, por zona de demanda, pelo comprimento total dos trechos referentes àquela zona. O valor encontrado é denominado vazão distribuída. O consumo em cada nó é então definido como o somatório das metades dos produtos do comprimento de cada trecho que tem aquele nó como extremidade, pelo valor da vazão distribuída.

Os reservatórios são diferenciados entre de nível fixo e de nível variável (conforme nomenclatura do Epanet). Se apenas uma tubulação estiver conectada ao reservatório, ele será classificado como de nível fixo e sua carga hidráulica será identificada. A carga hidráulica corresponde à soma da cota topográfica com o fuste do reservatório, e é o parâmetro básico para a simulação deste tipo de reservatório.

Brazilian Journal of Development

Se, no entanto, duas ou mais tubulações se encontrarem no reservatório, o mesmo será identificado como reservatório de nível variável, pois admite-se que há entrada e saída de água. Para esse tipo de reservatório, os dados exportados são sua cota, nível inicial, nível mínimo, nível máximo e diâmetro. Para reservatórios de forma retangular, é promovido o cálculo de um diâmetro equivalente, uma vez que o Epanet utiliza essa valor para o cálculo da área do reservatório.

3 - RESULTADOS

O pacote computacional "UFPI-CT1" é uma ferramenta que auxilia a execução de simulações hidráulicas com o uso do software Epanet, uma vez que promove praticidade na realização do traçado de redes de distribuição de água e minimiza a ocorrência de erros grosseiros cometidos por parte dos projetistas. O programa é constituído por um conjunto de funções, com aplicação voltada para o AutoCAD, e cujo acesso é através de uma palheta de ícones, apresentada na figura 1.

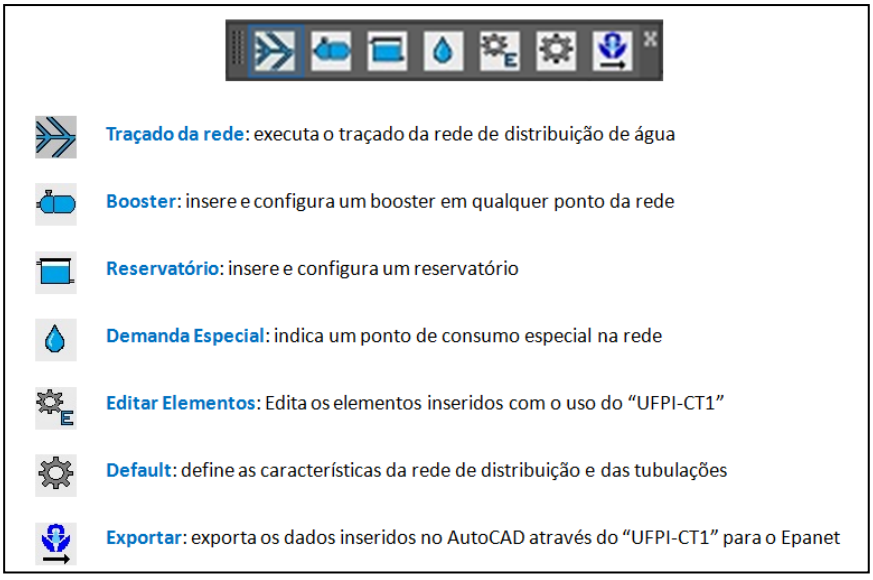


Figura 1 - Palheta com ícones de acesso

O "Default" é uma rotina que permite a configuração das propriedades físicas das tubulações, das opções gráficas do projeto da rede e dos parâmetros de cálculo para as simulações hidráulicas. A rotina é constituída por uma caixa de diálogo, possuindo uma interface de simples interpretação através da qual é possível dar sequência à seleção das características, como mostra a figura 2.

Brazilian Journal of Development

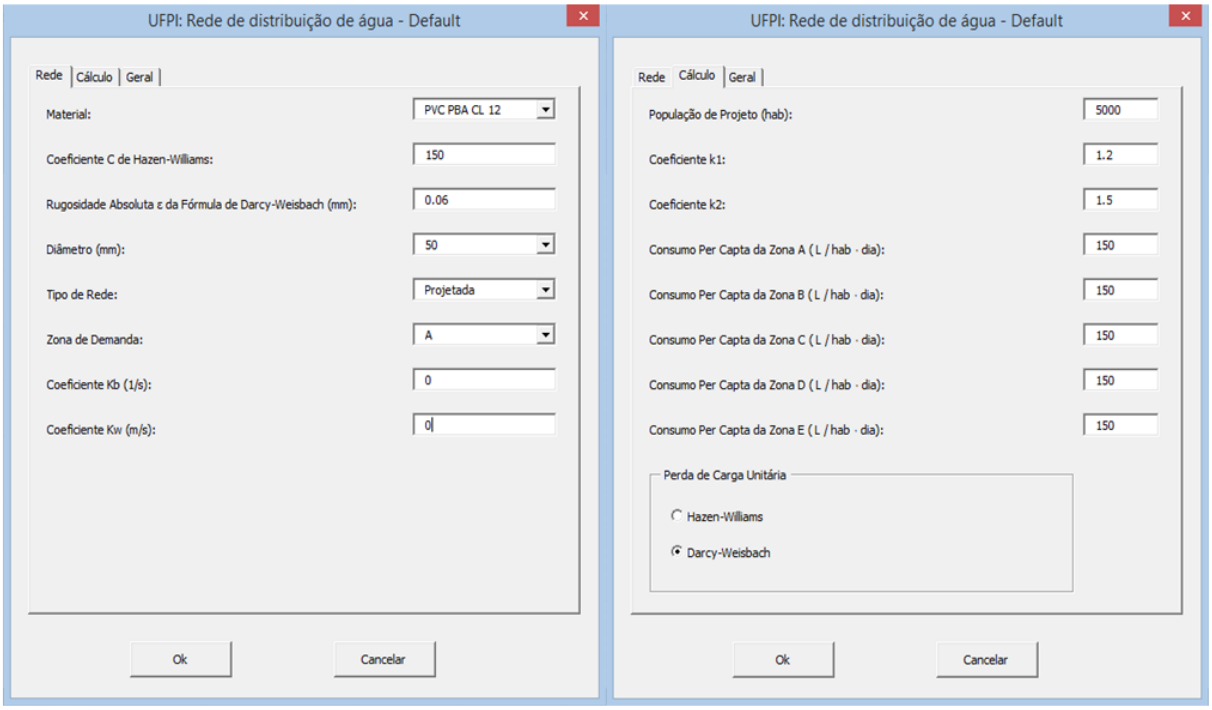


Figura 2 - Caixa de diálogo da função "Default"

A rotina "Traçado da rede" executa o traçado de forma idêntica à função "line" do AutoCAD, com todas as suas possibilidades de desenho. Simultaneamente ao desenho dos trechos, são inseridas legendas correspondentes, definidos os nós que os delimitam e calculadas suas respectivas cotas topográficas. A figura 3 apresenta um exemplo de aplicação da rotina.

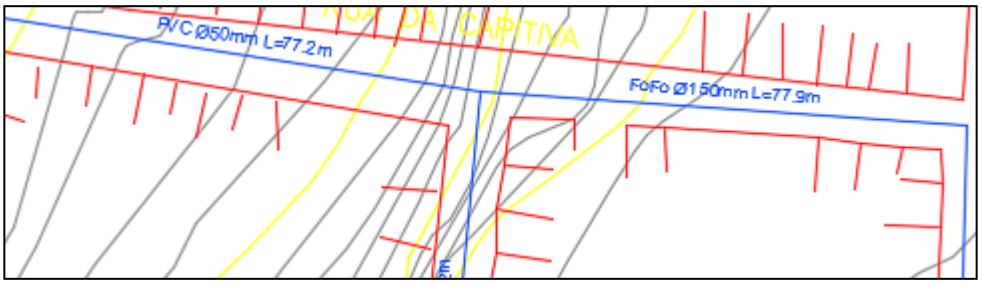


Figura 3 - Exemplo de Aplicação da Função "Traçado da Rede"

A função "Reservatório" promove a inserção e a configuração de reservatórios no projeto, como mostra a figura 4. Através de uma caixa de diálogo é possível selecionar as propriedades do reservatório: fuste, altura útil, distância entre o nível mínimo e a tubulação de entrada, geometria e dimensões do reservatório. Além disso, a rotina realiza a identificação automática do elemento e o cálculo de sua cota.

Brazilian Journal of Development

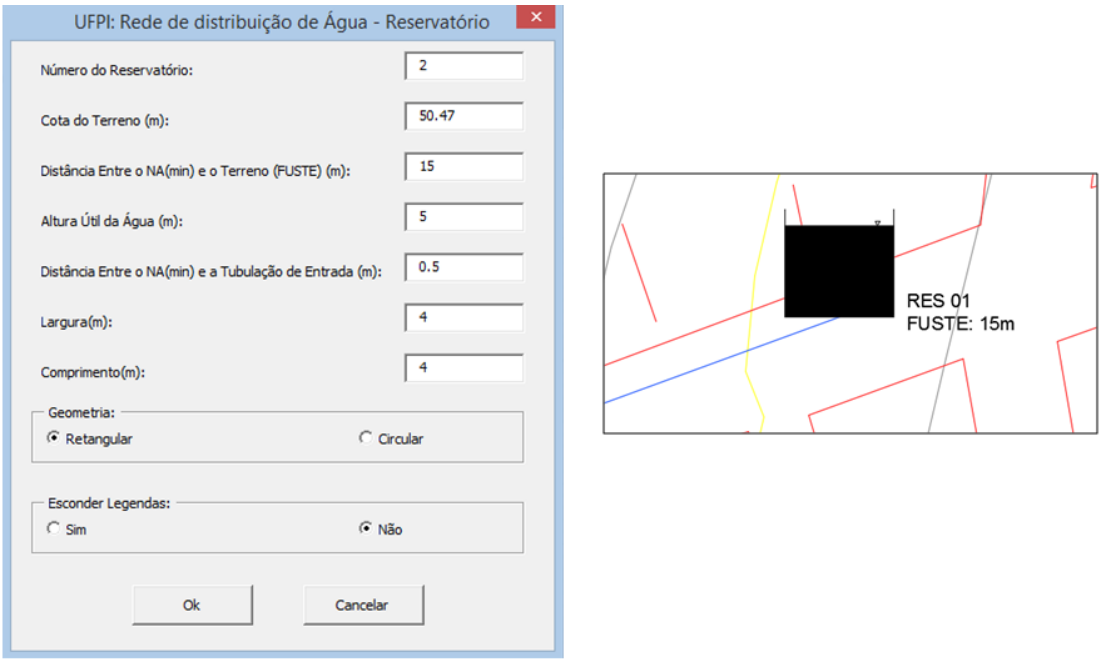


Figura 4 - Exemplo de Aplicação da Função "Reservatório"

De forma semelhante, a função "Booster" possibilita a inserção de um "booster" em um ponto de um trecho da rede, configurado por meio de informações previamente definidas pelo projetista, conforme figura 5. É possível indicar a curva da bomba, a partir da entrada de valores de pares ordenados; a velocidade de rotação da bomba; a quantidade de bombas ativas e inativas presentes na instalação; e ainda a determinação dos coeficientes relacionados à perda de carga localizada dos acessórios. Assim como a função "Reservatório", esta promove a identificação automática dos elementos e o cálculo de suas cotas.

Brazilian Journal of Development

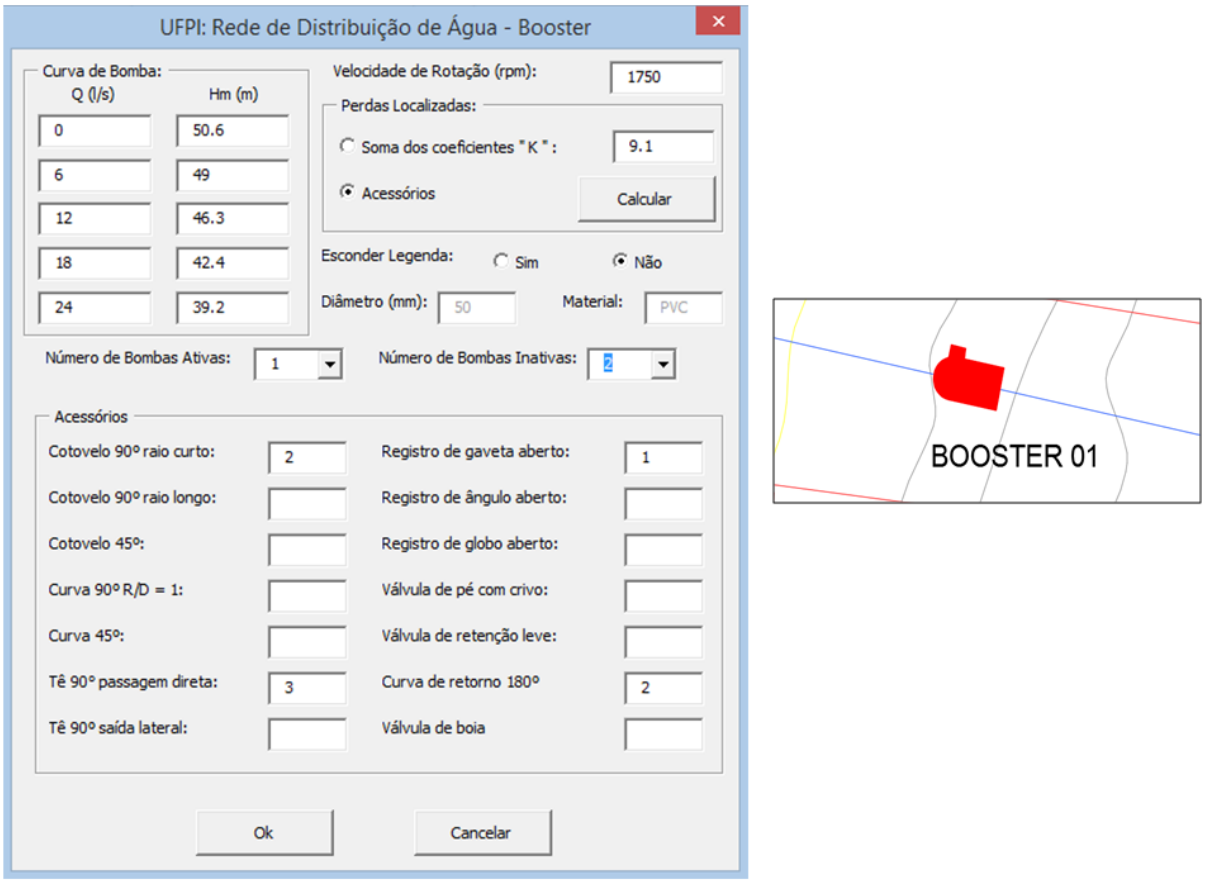


Figura 5 - Exemplo de Aplicação da Função "Booster"

Para a definição de consumos especiais na rede, a rotina "Demanda Especial" possibilita a determinação do nó que apresenta essa característica e o valor do consumo, representado no desenho através de uma seta.

Foram desenvolvidas ferramentas que permitem a edição dos componentes da rede (trechos, reservatórios e "boosters"). Cada um desses componentes possui uma ferramenta de edição própria, porém todas elas são executadas através de uma única função de chamada.

A função "Edit" reconhece a natureza do elemento que foi selecionado, executando-se de forma diferenciada para cada tipo de componente, a fim de atender às suas necessidades específicas. A edição ocorre a partir de caixas de diálogo que possibilitam a visualização das propriedades do elemento selecionado e sua alteração.

A exportação da rede de distribuição de água desenhada e configurada no AutoCAD para o Epanet é realizada através da função "Exportar", cuja aplicação é apresentada na figura 6.

Brazilian Journal of Development

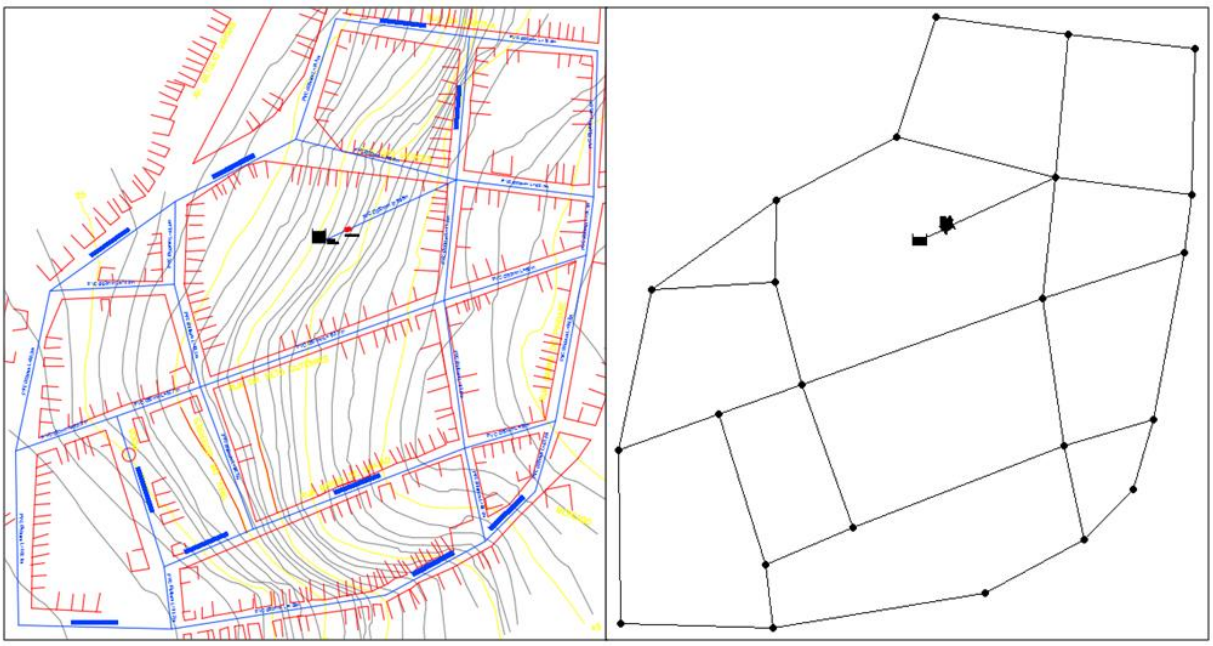


Figura 6 - Traçado de uma rede de distribuição fictícia realizado com o "UFPI-CT1" (à esquerda) e exportado para o Epanet (à direita)

A rotina tem a capacidade de reconhecer se um nó ou reservatório foi movido da posição na qual ele foi inicialmente inserido, e realizar um novo cálculo para obtenção da cota topográfica desse elemento, se confirmada a movimentação.

Os reservatórios são classificados automaticamente entre reservatórios de nível fixo e de nível variável. Para a exportação do "booster", o trecho no qual o elemento foi inserido é dividido no ponto de inserção e o "booster" é introduzido entre os dois trechos resultantes. O coeficiente de perda de carga localizada correspondente aos acessórios presentes na instalação da bomba é associado ao trecho antecessor.

No Epanet, são desenhadas as quantidades de bombas ativas e inativas que foram definidas no momento da configuração do "booster", e para cada bomba, conforme mostra a figura 7, é inserida uma válvula do tipo borboleta, a fim de controlar sua abertura e fechamento. Finalizada a conversão da rede de distribuição, o programa Epanet é automaticamente aberto, com o arquivo da rede já pronto para a realização da simulação hidráulica.

Brazilian Journal of Development

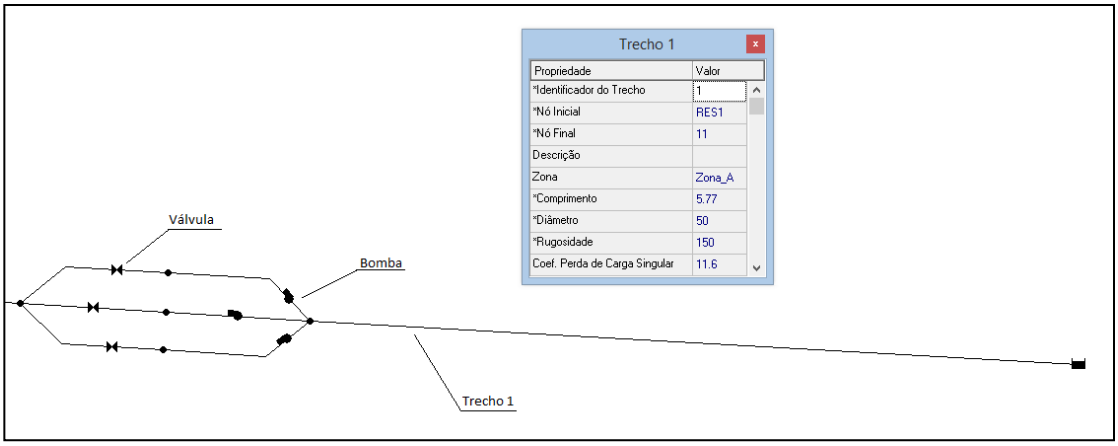


Figura 7 - Detalhe do "booster" no Epanet

A aplicação do programa "UFPI-CT1" em uma rede fictícia, para a qual foram obedecidos os critérios de dimensionamento estabelecidos pela NBR 12218 (ABNT, 2017), demonstrou grande praticidade e economia de tempo das atividades envolvidas, em contrapartida da utilização restrita das ferramentas do Epanet.

4 - CONCLUSÕES

A ferramenta computacional desenvolvida e apresentada neste trabalho possui uma interface simples, de fácil interpretação, que facilita a interação entre os softwares AutoCAD e Epanet, oferecendo maior praticidade quanto à elaboração do traçado de redes de distribuição de água.

Os elementos gráficos da rede de distribuição, trechos, reservatórios e "boosters", são inseridos e configurados de forma rápida e dinâmica, promovendo a padronização do projeto. Ao realizar o cálculo automatizado das cotas dos componentes da rede e dos consumos nos nós, o programa elimina a entrada manual desses dados em cada ponto da rede, dispensando assim a etapa de cálculo do consumo para o dimensionamento. Isso economiza tempo e torna o desenvolvimento do projeto mais eficiente, quando comparada à execução dessas atividades de forma manual.

A exportação da rede do AutoCAD para o Epanet, que figura como um dos objetivos dessa pesquisa, promove um significativo ganho produtivo no processo de simulação e dimensionamento hidráulico. Como uma ferramenta tecnológica, o programa foi elaborado de forma a tornar possíveis atualizações futuras e novas implementações, demonstrando um grande potencial de desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, junto ao Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental, pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2017). *NBR 12218: projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.* Rio de Janeiro - RJ.

CASTRO, M. A. H. (2004). *"Uso conjunto do autocad e do epanet para projeto, simulação e dimensionamento de redes de abastecimento de água"* in Anais Eletrônicos do IV Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, João Pessoa, Nov. 2004. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/4serea/artigos/uso_conjunto_do_autocad_co.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2017.

GOMES, H. P. (1997). *"Dimensionamento de sistemas de abastecimento urbano de água a partir de técnicas de otimização econômica"* in Anais Eletrônicos do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, pp. 1037-1048. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/otimizacion.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2017.

KURODA, E. K.; PÁDUA, V. L. de. (2010). "*Tubulações e acessórios*", *in Abastecimento de água para consumo humano*. Org. por Heller, L. e Pádua, V. L., 2. ed. UFMG, Belo Horizonte - MG, pp. 693-750.

PORTO, R. M. (2006). *Hidráulica Básica*. 4. ed. rev. EESC-USP São Carlos - SP, 540 p.

ROSSMAN, L. A. (2000). *Epanet 2: Users Manual*. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati - OH. Disponível em: <http://www.innovyze.com/products/epanet/download/P1007WWU.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2017.

TSUTIYA, M. T. (2006). *Abastecimento de água*. 3. ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo- SP, 643 p.