

## USO CONJUNTO DO AUTOCAD E DO EPANET PARA PROJETO, SIMULAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Marco Aurélio Holanda de Castro<sup>1</sup>

**Resumo** - Este trabalho apresenta um pacote computacional que cria uma forma automatizada de exportar arquivos do AutoCAD para o Epanet, utilizando-se da programação AutoLISP. O pacote possui aplicação dentro da engenharia em planejamento e operação de redes de abastecimento de água. Desta forma, é possível minimizar os esforços gastos na fase de pré-processamento da simulação computacional de uma rede hidráulica, uma das etapas que requer a maior parte do tempo gasto na realização dos estudos.

**Abstract** - The hydraulic simulation is one of the most powerful ways to perform analysis within pressurized pipe networks. However, it is quite common that the planner spends great part of the time study in the preprocessing phase. A package of programs developed in the AutoCAD's workspace provides a dynamic and automatic solution for this problem. Customized operation tools created in AutoLISP code allow the users to model the network pipes and elements, using AutoCAD's advantages and graphic resources, and export a file containing all the hydraulic and geometric data. This file could be opened in Epanet, and is just ready to run.

**Palavras-chave:** EPANET, AUTOCAD, Hidráulica.

### INTRODUÇÃO

A utilização de ferramentas computacionais nas diversas áreas de engenharia vem se tornando cada vez mais freqüente e necessária. A economia de tempo obtida com a automatização de tarefas rotineiras possibilita realizar análises mais detalhadas do problema e, conseqüentemente, encontrar soluções ótimas ou mais apropriadas ao estudo.

O sucesso dos programas computacionais foi seguido de um grande aumento da quantidade de softwares que hoje se encontram disponíveis no mercado. Entretanto, muito além de se limitar somente às possibilidades oferecidas por esses softwares, o bom profissional deve procurar, à medida que possível, desenvolver seus próprios programas para aplicações específicas.

Dentro dessa visão, desenvolveu-se um pacote computacional que cria uma forma dinâmica de exportar arquivos do AutoCAD para o Epanet, utilizando-se da programação AutoLISP. O pacote possui aplicação dentro da engenharia em planejamento e operação de redes de abastecimento de água.

Desta forma, é possível minimizar os esforços gastos na fase de pré-processamento da simulação computacional de uma rede hidráulica, uma das etapas que requer a maior parte do tempo gasto na realização dos estudos.

A grande vantagem do desenvolvimento desta ferramenta é possibilitar ao usuário utilizar a interface gráfica do AutoCAD, um dos programas mais conhecidos e difundidos no meio da engenharia, e os recursos matemáticos do Epanet, simulador do comportamento hidráulico e da qualidade da água em redes pressurizadas.

O pacote computacional consta de dois módulos: o primeiro é responsável pela interação com o usuário para captura dos elementos gráficos e dos dados básicos dos constituintes da rede de abastecimento de água; e no segundo é onde se procede na especificação dos métodos a serem

---

<sup>1</sup>Departamento de Enga. Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal da Ceará, Centro de Tecnologia, Campus do Pici, Bloco 713, CEP 60450. Fone: 0xx85-2889623 Fax: 0xx85-2889627 e-mail: marco@ufc.br

empregados na simulação matemática, como o cálculo das perdas de carga e das demandas, e onde se define em que condições o traçado da rede será exportado.

## MÓDULOS UFC2 E UFC3

É cada vez mais comum a apresentação de projetos de engenharia utilizando sistemas CAD. Entretanto, não é comum a manutenção de um padrão específico para representação do traçado e dos elementos hidráulicos nos projetos, muitas vezes até dentro de uma mesma empresa ou instituição. O módulo UFC2 facilita o processo de entrada gráfica de dados, e, além disso, estabelece um padrão a ser adotado, facilitando assim análises integradas ou a consolidação de diferentes projetos.

Ao ser executado, o módulo UFC2 carrega uma palheta com os ícones disponíveis para desenho dos elementos da rede a ser modelada, quais sejam: tubulação da rede, reservatórios (tipos circular e retangular), booster, poço profundo, estação de bombeamento, manancial, registro, válvula controladora de pressão, conexões, demanda especial, aspersor e adutora. Na palheta é possível acessar ainda outras opções como: estaqueamento automático de adutoras, edição de elementos já inseridos e definição das características “default” dos constituintes da rede. Uma aplicação do módulo UFC2 é ilustrada na Fig. 1.

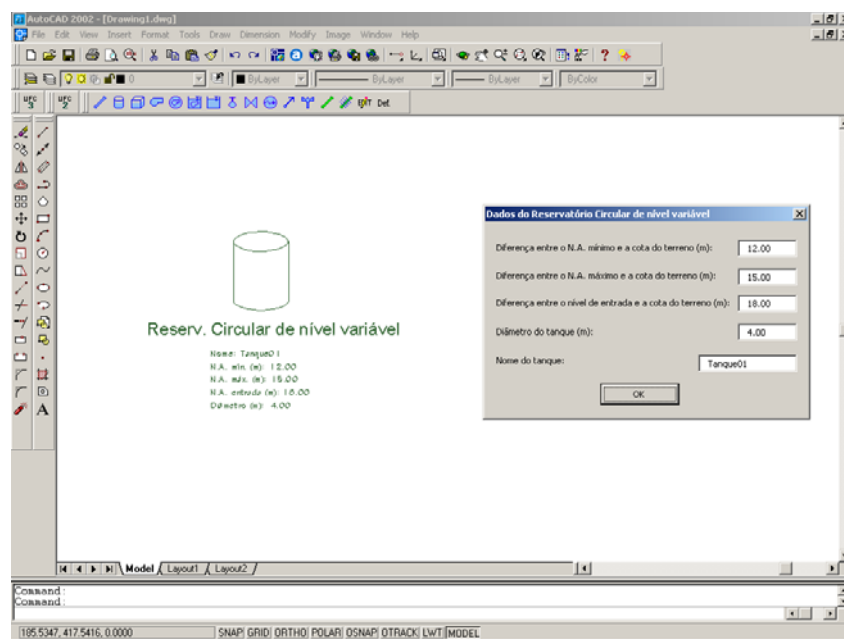


Figura 1 - Inserção gráfica e entrada de dados de um dos elementos da rede de abastecimento d'água

## MODELAGEM DE REDES E CAPTAÇÃO DOS ELEMENTOS

Neste item são apresentados os elementos que podem ser incorporados à rede de abastecimento de água no Epanet e como é feita a entrada de dados destes constituintes, etapa esta realizada no módulo UFC2. Em seguida, demonstra-se como é realizada a exportação do arquivo para o Epanet, através do módulo UFC3.

## Tubulações

Os tubos são representados no AutoCAD por uma linha. Os tubos deverão possuir as características de comprimento, material, diâmetro e coeficiente de rugosidade. Estas informações são armazenadas no layer da entidade, que segue um padrão convencional de letras e números.

O gerenciamento do sistema através de layers é fundamental para o desenvolvimento de trabalhos utilizando-se processos de CAD. Este sistema é flexível e poderoso, devendo ser bem explorado de forma a permitir que as informações sejam administradas de modo eficiente.

A característica “layer” é representada por um nome que pode ser aproveitado na definição de dados concernentes ao objeto representado. Deste modo, gravamos no nome do “layer” de um dado tubo: o tipo de tubulação que ele representa (autora, rede existente ou rede projetada), o material, o diâmetro e os coeficientes de rugosidade. Assim, tubos com estas mesmas características estarão agrupados numa mesma camada. Quanto ao comprimento, o mesmo estará presente no elemento gráfico desenhado.

Os valores de coeficiente de rugosidade (“C”) para ser aplicado mais adiante na equação de Hazen-Williams (PORTO 1998), ou de “ $\epsilon$ ” para a equação de Darcy-Weisbach, serão inseridos automaticamente, de acordo com o material selecionado para a tubulação, a menos que se opte por inserir outro valor, que é possível ser modificado na definição de valores “default”.

A partir dos valores mencionados, também é gerado automaticamente um texto, acima da linha que representa o tubo, contendo uma breve descrição do mesmo.

Caso o usuário queira indicar que um tubo está sendo mantido fechado, por uma válvula como exemplo, não será necessário retirá-lo do desenho, mas somente acrescentar um bloco padrão que representa uma válvula. Desta forma, o tubo será considerado inicialmente fechado durante a simulação. Este bloco necessita apenas conter o tubo desativado, como é mostrado na Fig. 2.

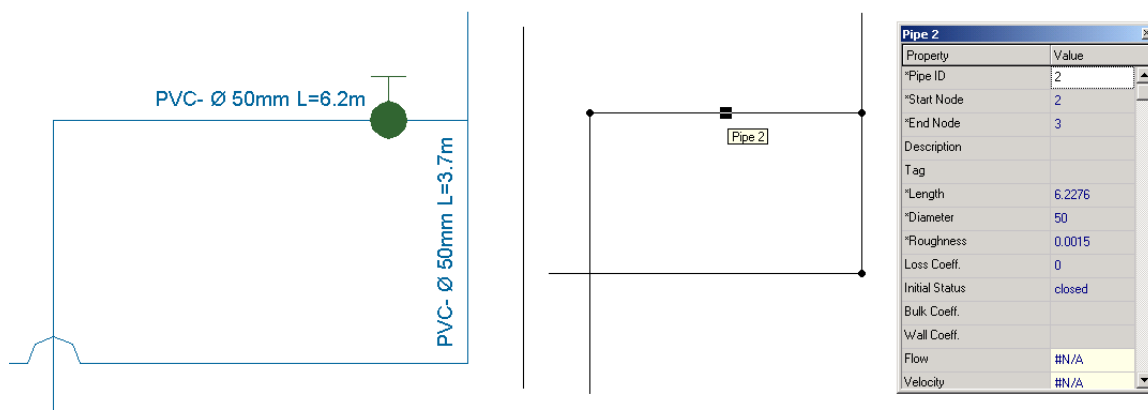


Figura 2 - Exemplo de válvula para fechamento de um tubo

## Junções ou Nós

Para cada início, ou fim, de um tubo, é gerado um nó na rede. Este nó deverá possuir, além de suas coordenadas, valores de elevação (cota) e demanda. As cotas são obtidas a partir da interpolação dos vértices dos tubos entre as curvas de níveis mais próximas. Assim, o usuário pode economizar uma grande quantidade de tempo, pois não é necessário entrar com os valores de elevação para cada nó ou junção da rede, mas somente fornecer a topografia do terreno.

As demandas podem ser calculadas de três formas: através da população de projeto, através do número médio de ligações a cada 100 m ou através de um arquivo contendo a cota de demanda de cada nó, caso o usuário queira entrar com valores específicos em cada junção. Este último caso ocorre quando há um cadastramento dos pontos de consumo, o que é comum nas atuais gestões de redes de abastecimento. No caso do arquivo de exportação ser para simulação, será acrescentado

um padrão de variação horária das demandas (Fig. 3); e caso o arquivo de exportação seja para projeto, será computado somente um coeficiente horário de maximização da demanda,  $k_2$ .

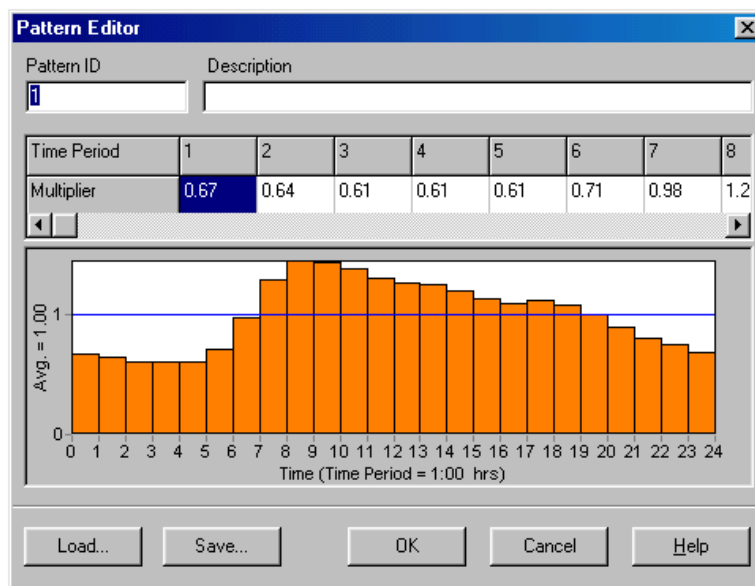


Figura 3 - Valores de “padrão” de consumo para simulação, no EPANET

## Reservatórios

Um reservatório, no Epanet, é um nó que representa uma infinita fonte de recurso externo ou um distribuidor de água. Eles são utilizados para modelar mananciais, tais como rios, lagos e aquíferos. Seu atributo principal é a carga hidráulica da água nele contida. Eles aparecerão, além dos casos em que representarem reservatórios de nível fixo, na modelagem de poços profundos, estações de bombeamento e conexões.

## Bombas

As bombas são equipamentos que fornecem energia a um fluido aumentando assim, sua carga hidráulica. Estes elementos não possuem um bloco próprio característico e aparecerão apenas na modelagem de um outro elemento que o utilize ou que, simplesmente, seja uma bomba com um objetivo específico. No EPANET, ele deverá ter um nó inicial e um nó final, para indicar seu sentido. Seu principal parâmetro de entrada é a “curva de bomba”, que representa a relação entre a carga e a vazão que essa bomba pode ofertar em seu estado nominal de velocidade. Uma curva de bomba válida deve conter valores decrescentes de carga com o aumento da vazão, conforme ilustra a Fig. 4.

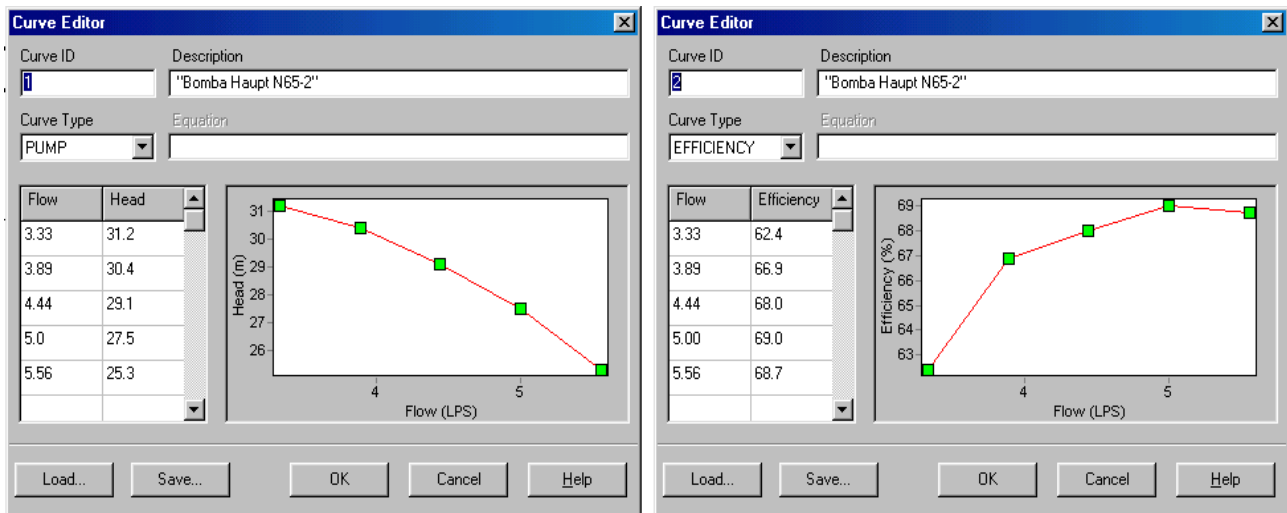


Figura 4 - Exemplo de “curva de bomba” e de eficiência no EPANET

Pode-se ainda fornecer uma curva de eficiência para essa bomba. Esta curva determina a eficiência da bomba (em percentagem) em função da vazão. A eficiência representará não só as perdas de energia mecânica na bomba, mas também as perdas de energia elétrica no motor.

Essas informações são agrupadas num arquivo de texto, de extensão “.txt”, que deverá possuir a descrição da bomba e os pontos das curvas de bomba e de eficiência. O número de pontos destas curvas deve ser, preferencialmente, três ou cinco, sendo possível também entrar com mais pontos.

### Booster

Ocorre em casos onde se encontra uma bomba inserida entre tubulações. É representado por um bloco característico (Fig. 5) que contém como atributos, apenas, sua identificação, o arquivo da bomba, o reservatório de destino e se o mesmo está, ou não, em operação. Ao ser inserido pede-se a indicação do nó a montante, para assim termos o sentido em que haverá o acréscimo da carga hidráulica.

Quando for apontado o reservatório de destino, será criado para o Epanet um comando de controle de acionamento e desligamento da bomba, para o caso de ela atingir o nível mínimo ou o nível máximo.

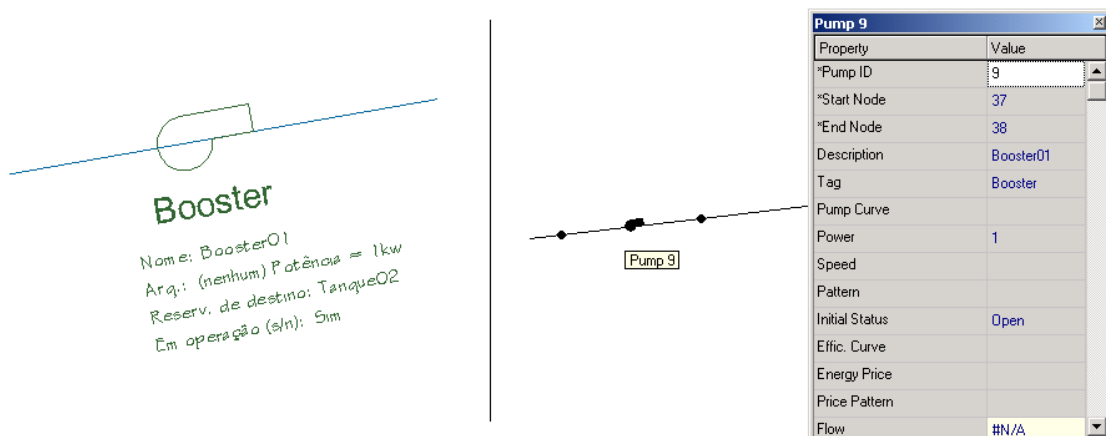


Figura 5 - Exemplo de bloco de booster e seu modelo no EPANET

**Poços profundos** Os poços são utilizados para a captação de água subterrânea, geralmente em grandes profundidades. Eles podem ser modelados como sendo uma bomba que capta água de um reservatório e cede à rede. Porém, nessa captação ocorrem perdas de carga localizada e distribuída, no tubo edutor. Essas perdas são modeladas acrescentando-se, após a bomba, um tubo edutor com comprimento no desenho igual a 1 metro, mas com valor de comprimento igual à profundidade da bomba e um coeficiente de perda de carga localizada fornecido pelo usuário, o que é feito através de uma caixa de diálogo com uma lista de elementos que causam perdas de carga localizada (crivo, válvula de pé, cotovelos, curvas, etc.). Os valores de diâmetro e material deste tubo edutor também deverão ser especificados.

Portanto, poços profundos, como mostra a Fig. 6, serão representados por blocos que deverão conter as seguintes informações: identificação do referido poço; nível d'água; profundidade de instalação; diâmetro e material do tubo edutor; coeficiente de perda de carga localizada; arquivo da bomba submersa; reservatório de destino; e um atributo que indicará se o poço está, ou não, em operação.

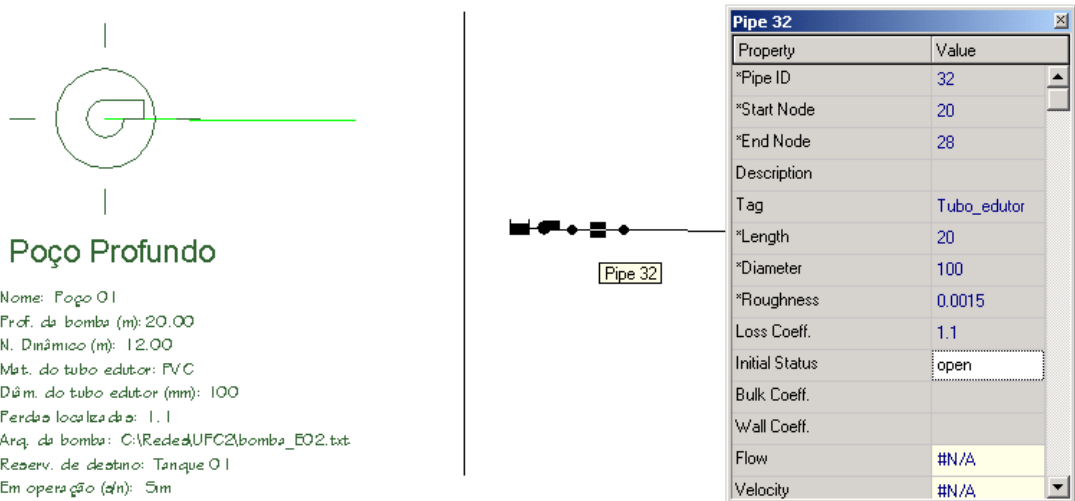


Figura 6 - Exemplo de bloco de poço e seu modelo no EPANET contendo o tubo edutor

### Estações de Bombeamento

As Estações de bombeamento são comumente usadas na captação de rios e outros mananciais de águas superficiais. Da mesma forma que em poços profundos, eles podem ser modelados como sendo uma bomba que capta água de um reservatório e cede à rede, lembrando-se de que agora teremos, ao invés de um tubo edutor, uma tubulação de sucção, que virá antes da bomba. Além dessa diferença, é comum em estações de bombeamento a utilização de bombas em paralelo, assim, será criado um tubo de sucção para cada bomba inserida.

Assim, as estações de bombeamento serão representados no AutoCAD por blocos (Fig. 7) que deverão conter os seguintes atributos: identificação; nível d'água do manancial; altura de sucção; diâmetro, material e comprimento da tubulação de sucção; coeficiente de perda de carga localizada; número de bombas em paralelo; arquivo da bomba submersa; reservatório de destino; e um atributo indicando o estado de operação.

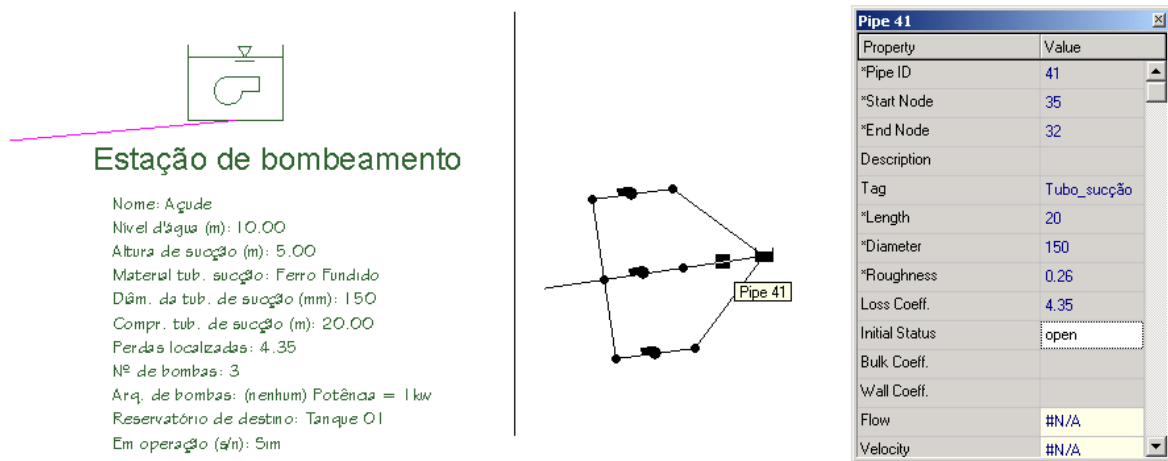


Figura 7 - Bloco de Estação de Bombeamento com três bombas em paralelo e seu respectivo modelo no EPANET

### Conexões entre redes

Quando uma rede de abastecimento é muito extensa, ela pode ser dividida, tratando-se suas partes separadamente. Para tal, deve-se considerar os pontos desta divisão como conexões, que poderão ser de entrada ou de saída de uma rede para outra.

Até o momento, modelamos apenas conexões de entrada, que são consideradas como um poço e um reservatório (tipo manancial) de nível d'água (constante) igual à cota do terreno. A bomba desse poço terá uma curva de carga hidráulica por vazão, formada por três pontos. Estes pontos são captados através do bloco de conexão que deverá conter os valores de vazão e pressão máxima, média e mínima, do ponto de conexão. A composição destes valores, sabendo-se que a pressão com o inverso da vazão formará a curva da bomba em questão.

Além da opção acima descrita de modelagem da conexão, pode-se usar também simplesmente um reservatório (manancial) de nível d'água constante. As duas situações estão apresentadas a seguir:

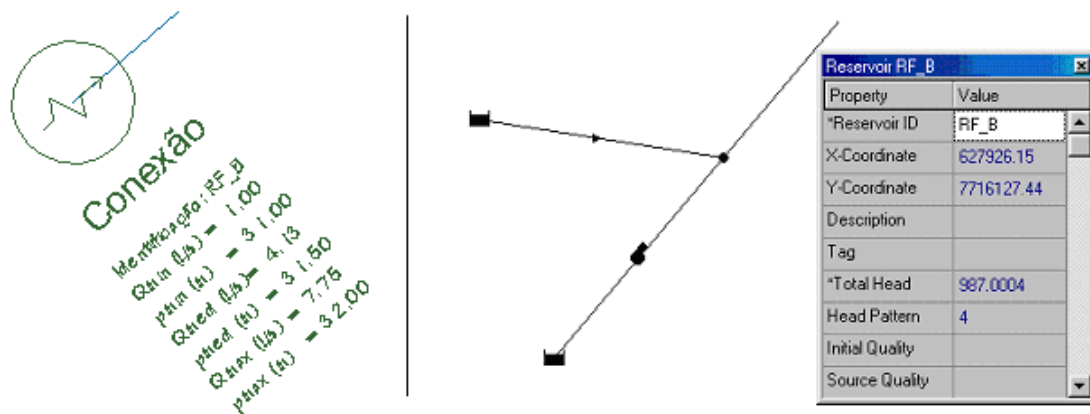


Figura 8 - Bloco de tanque retangular e seu modelo equivalente no EPANET

### Tanques

Tanques se comportam como um nó que possui capacidade de armazenamento, onde este volume armazenado poderá variar durante o tempo de simulação. Eles são representados no Epanet por entidades que possuem informações de cota, diâmetro, níveis d'água máximo, mínimo e inicial.

Assim, seus valores serão obtidos no AutoCAD por um bloco que possua como atributos: identificação; diâmetro; e as diferenças entre a cota do terreno e o níveis d'água máximo, mínimo e do nó de entrada. Caso o nó de entrada esteja acima do nível máximo, será gerado um nó antes do tanque com cota igual à cota do no nível de entrada. O nível inicial será igual ao nível médio e a cota do tanque será simplesmente igual ao valor da cota calculada para esse ponto. Podem ser modelados dois tipos de tanques: circulares e retangulares (Fig. 9).

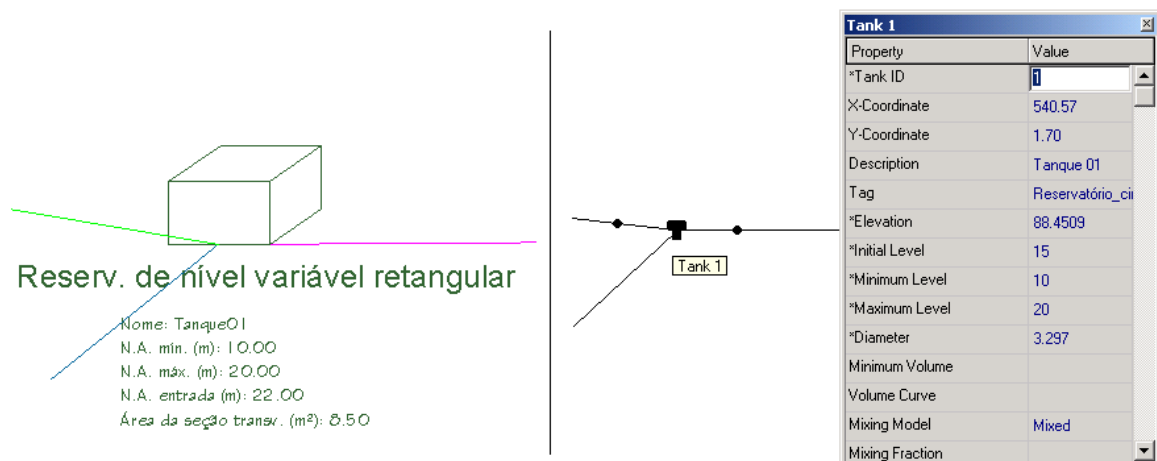


Figura 9 - Bloco de tanque retangular e seu modelo equivalente no EPANET

## Resultados

Através da inserção desses elementos, com o auxílio do módulo UFC2, pode-se então aglomerar todos os dados necessários para a construção de uma rede num só arquivo gráfico (Fig. 10), de onde será exportado, de forma simples e rápida, o arquivo de entrada para a simulação no EPANET, através do módulo UFC3. Tendo em mãos o arquivo de entrada de dados, será suficiente carregá-lo no EPANET para serem feitos os cálculos hidráulicos necessários para a simulação da rede (Fig. 11).



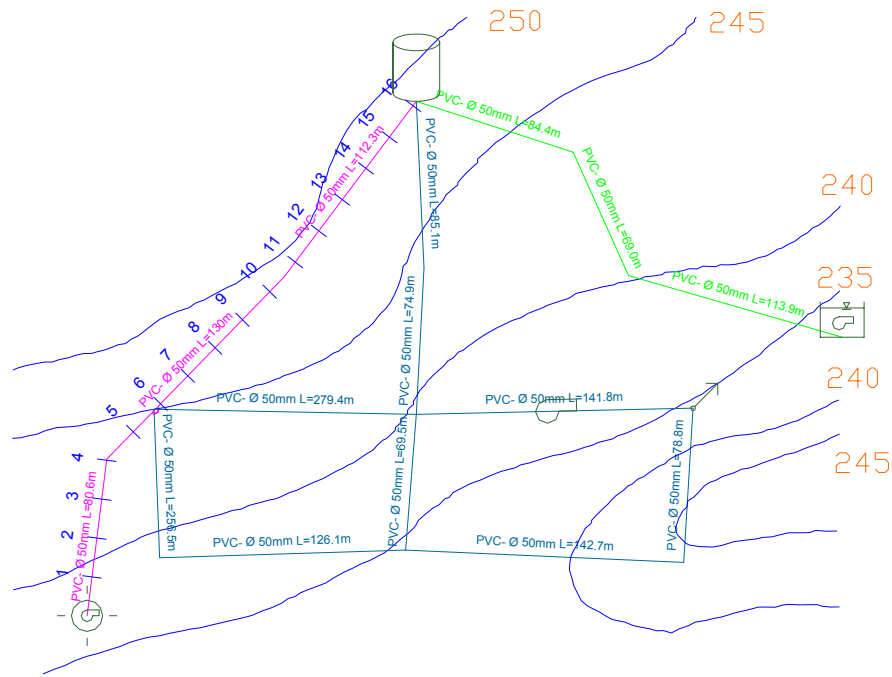


Figura 10 - Arquivo completo para a transposição de dados

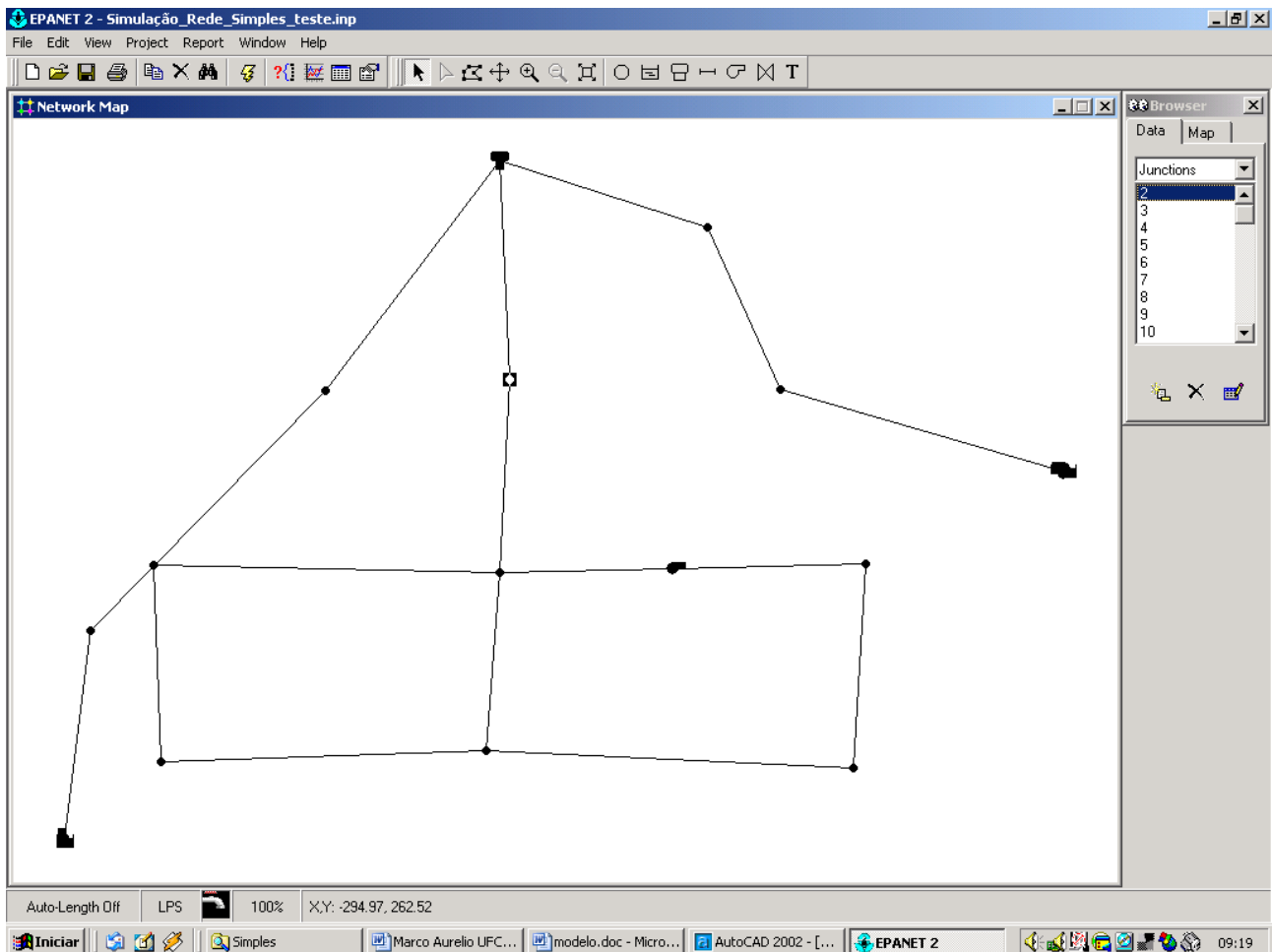


Figura 11 - Modelo criado a partir do arquivo gráfico em simulação no EPANET

## **CONCLUSÕES**

Esta ferramenta permite obter um instrumento importante que deve ser usado para desenho, cadastro, consulta comercial e técnica de redes de abastecimento de água. Além disso, pode ser utilizada como uma poderosa ferramenta de auxílio aos engenheiros e técnicos que operam essas redes, uma vez que facilita e viabiliza a simulação hidráulica das redes, o que é de importância vital para detecção de eventuais problemas nas redes (baixas pressões e vazões, etc.), assim como para o planejamento de futuras expansões.

A automatização da entrada de dados possibilita não somente uma substancial economia em tempo de pré-processamento, mas também um ganho em termos de precisão da simulação hidráulica de redes reais, uma vez que se minimizam os erros cometidos no processo de uma entrada de dados manual.

Além das vantagens da automatização do processo de simulação, o programa possibilita adotar um padrão nos arquivos do traçado da rede, que possuem grande flexibilidade, inclusive para edições finais de plotagem.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BJÖRK, B-C., LÖWNERTZ, K., KIVINIEMI, A. -ISO DIS 13567 - The Proposed International Standard for Structuring Layers in Computer Aided Design- 1997.
- DRCN-COPASA - Normas Técnicas para Apresentação de Desenhos em CAD - 2002.
- DynaSOFT Systems Ltda - Proposição de Normas Técnicas para CAD na COPASA - Draft 3 - 2002.
- MATSUMOTO, ÉLIA YATHIE. “AutoLISP - Linguagem de programação do AutCAD”. São Paulo, Editora Érica Ltda, 1998.
- PORTO, RODRIGO DE MELO - Hidráulica Básica - São Paulo, EESC/USP, 1ª edição, 1998, 540p.
- ROSSMAN, Lewis A. - EPANET Users Manual - Drinking Water Research Division, Office of Research Development, U. S. Environmental Protection Agency, 2000.