



**MANUAL**  
**SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**  
**SIMULAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE REDES DE ÁGUA E ADUTORAS**  
**MÓDULOS UFC2, UFC3, UFC4, UFC5 E UFC7**



**Marco Aurelio Holanda de Castro (marco@ufc.br)**

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>UTILIZANDO O SISTEMA UFC</b> .....	<b>8</b>
2.1	ÍCONES E SUB-ÍCONES DOS MÓDULOS UFC2, UFC3, UFC4, UFC5 E UFC7 .....	8
2.2	PERMISSÃO PARA UTILIZAÇÃO.....	10
2.3	ARQUIVOS AUTOCAD NECESSÁRIOS.....	11
2.3.1	ARQUIVO DE CURVA DE NÍVEL .....	12
2.3.2	ARQUIVO DE PLANO DE FUNDO (ARRUAMENTO).....	15
2.3.3	<i>Inserir o arquivo de arramento como um bloco</i> .....	15
2.3.4	<i>Salvar o arquivo</i> .....	18
<b>3</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (UFC2, 3, 4)</b> .....	<b>18</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DA REDE.....	19
3.1.1	<i>População de projeto e cálculo da perda de carga</i> .....	19
3.2	RESERVATÓRIO .....	20
3.2.1	<i>Ocultar os valores que estão no reservatório</i> .....	25
3.2.2	<i>Aumentar a proporção de visualização do Reservatório</i> .....	26
3.2.3	<i>Alteração Geral da proporção de visualização de qualquer entidade do UFC2</i> .....	27
3.3	<i>Salvar o arquivo com a rede de água</i> .....	27
3.4	TRECHO (TUBOS DA REDE).....	28
3.4.1	<i>Inserir trecho</i> .....	28
3.4.2	<i>Mudar o valor de um trecho já traçado</i> .....	30
3.4.3	<i>Layers dos Trechos</i> .....	31
3.5	INTERFACE ENTRE O AUTOCAD E O EPANET .....	33
3.5.1	<i>Determinação das cotas nodais através Interpolação linear das Curvas de nível.</i> .....	34
3.5.2	<i>Determinação das Demandas Nodais baseado na população de projeto</i> .....	36
3.5.3	PONTOS DE DEMANDA ESPECIAL .....	38
3.5.4	<i>Inserir trechos para expandir a rede</i> .....	40
3.5.5	<i>Inserir trecho que cruza outro trecho sem conexão física entre si</i> .....	41
3.5.6	<i>Simular a rede no EPANET</i> .....	41
3.5.7	<i>Salvar o arquivo com a rede de abastecimento de água traçada</i> .....	43
3.6.3	<i>Exemplo de Dimensionamento Econômico da Rede</i> .....	50
3.6.4	<i>Critério de limite para a perda de carga unitária</i> .....	54
3.6.5	<i>Critério de Verificação da precisão do Dimensionamento Econômico</i> .....	56

3.6.6	Salvando o arquivo de Exportação para o AutoCAD .....	59
3.6.7	Redesenhando a rede dimensionada no AutoCAD .....	60
3.6.8	Simulação da rede dimensionada no EPANET.....	63
3.7.1	Criação de Arquivo rpt no EPANET .....	64
3.7.2	Inserção de Conexões.....	66
3.7.3	Inserção da Numeração dos Nós e dos Trechos no AutoCAD .....	67
3.7.4	Lista de Conexões.....	70
3.7.5	Planilha com os resultados dos valores dos nós e dos trechos no Excel .....	71
3.7.6	Quantitativos da rede .....	72
<b>4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DE ADUTORAS, SELEÇÃO DE BOMBAS E GOLPE DE ARIETE (UFC2, 5, 7) .....</b>	<b>74</b>
4.1	ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO .....	75
4.1.1	Editar/Visualizar dados da Estação de bombeamento .....	81
4.2	ADUTORAS .....	83
4.2.1	Informando as características da Adutora .....	83
4.2.2	Traçado da adutora.....	85
4.2.3	Simulação Hidráulica da adutora no EPANET.....	89
4.3	SELEÇÃO DE BOMBAS – UFC5 .....	91
4.3.1	Inserção da curva e seleção da bomba .....	96
4.3.2	Entrando com o arquivo da bomba selecionada no AutoCAD .....	98
4.3.3	Simular a adutora com a bomba selecionada no EPANET .....	101
4.4	GOLPE DE ARÍETE NA ADUTORA – UFC7 .....	103
4.4.1	Simulação do Golpe de Ariete.....	104
4.4.2	Verificação e Análise dos Resultados da Simulação do Golpe de Ariete.....	106
4.4.3	Analisando as linhas de subpressão e sobpressão da adutora .....	106
4.4.4	Linha de resistência máxima.....	109
4.4.5	Visualizar perfil da adutora do AutoCAD.....	110
4.5	POÇO PROFUNDO.....	112
4.5.1	Inserir poço profundo .....	113
4.5.2	Editar os dados do poço profundo .....	117
4.5.3	Inserir adutora 2.....	118
4.5.4	Selecionar a bomba submersa do poço profundo .....	121
4.5.5	Informar ao Poço o endereço do arquivo da bomba selecionada .....	122
4.5.6	Verificar o perfil da adutora 2.....	123
<b>5</b>	<b>SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO DA REDE CONSIDERANDO VARIAÇÃO HORÁRIA DO CONSUMO (EXTENDED PERIOD SIMULATION) .....</b>	<b>124</b>
5.1	ENTRADA COM OS CUSTOS DE ENERGIA E COM OS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO HORÁRIA DE CONSUMO .....	125

5.1.1	<i>Verificação das variações da vazão e pressão ao longo do tempo .....</i>	129
5.2	COMPORTAMENTO DO RESERVATÓRIO .....	131
5.2.1	<i>Gráfico do comportamento do reservatório.....</i>	131
5.2.2	<i>Melhorando o comportamento do seu reservatório.....</i>	132
5.3	DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE ENERGIA DIÁRIO NO BOMBEAMENTO .....	134
5.4	COMPORTAMENTO DA REDE AO ELIMINAR UMA DAS ADUTORAS .....	136
5.4.1	<i>Elimine uma das adutoras e verifique se a rede ficará com algum erro de simulação .....</i>	136
5.4.2	<i>Verificando o tipo de erro.....</i>	137
5.4.3	<i>Verificando o comportamento das vazões de produção e consumo da rede .....</i>	139
<b>APÊNDICE A – Separação de um arquivo único em dois arquivos: um de Curvas de Nível e outro de Arruamento</b>		141
<b>APÊNDICE B – Copiar arquivo de arruamento no arquivo de Curvas já aberto.....</b>		148

# 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de um bom gerenciamento dos recursos hídricos é uma questão atual, cada dia que passa os recursos naturais são mais escassos e a demanda humana por água aumenta. Esta é uma boa justificativa para o propósito deste trabalho, ou seja, sistemas de redes de distribuição de água mais eficientes para buscar minimizar as perdas, detectar os pontos deficientes da rede, bem como, estar garantindo uma melhor qualidade da água que é distribuída para a população.

Os modelos de simulação do comportamento de redes de distribuição de água são ferramentas essenciais para um bom gerenciamento, já que a rede que está sendo estudada se encontra inteiramente em mãos e suas características podem ser detalhadas em cada elemento.

O Sistema UFC é um conjunto de softwares escritos em diversas linguagens de programação que realizam todas as tarefas referentes ao traçado e dimensionamento hidráulico de redes de abastecimento de água, adutoras e redes de esgoto sanitário.

Os componentes do sistema UFC são:

- UFC2 - Módulo de desenho e/ou Adutoras no AutoCAD e Interface AutoCAD/EPANET;
- UFC3 - Módulo de inserção de Conexões, numeração dos nós e trechos e elaboração dos Quantitativos em redes de distribuição de água;
- UFC4 - Módulo de Dimensionamento de redes de abastecimento de água;
- UFC5 - Módulo de Seleção de Bombas Hidráulicas;
- UFC7 - Módulo para análise e simulação computacional do Golpe de Aríete em adutoras;
- UFC8 - Módulo de Dimensionamento de Redes de Microdrenagem Urbana;
- UFC9 - Módulo para Traçado e Dimensionamento Hidráulico de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário e Estações Elevatórias de Esgoto.

Nesse manual será feita uma simulação de uma rede de abastecimento de água e posteriormente essa rede será dimensionada. Os detalhes da rede, por exemplo, conexões, o bombeamento da água e as adutoras também estão presentes nos procedimentos, pois fazem parte da simulação da rede. Para isso, serão utilizados os componentes UFC2, 3, 4, 5 e 7.

Os Módulos UFC2 e UFC4 estabelecem uma interface do AutoCAD com o EPANET. Essa interface tem como principal objetivo a criação de um arquivo de entrada para um programa de simulação hidráulica (UFC2) e dimensionamento otimizado de redes (UFC4).

Trata-se de um pacote computacional que cria uma forma dinâmica de exportar arquivos do AutoCAD para o EPANET, utilizando-se da programação AutoLISP.

O AutoCAD foi desenvolvido pela *Autodesk* com o intuito de constantemente aumentar a efetividade das ferramentas de desenho e projeto disponíveis ao profissional destas áreas; é o maior best-seller mundial em software para Desktops e o mais difundido e conhecido no meio da engenharia. O EPANET é um software específico para redes de conduto forçado, ou seja, redes pressurizadas e gera dados de saída, tais como, pressão nos nós e vazão nos trechos da rede em estudo.



### **DICAS PRELIMINARES IMPORTANTES:**

O Sistema UFC baseia-se inicialmente em dois arquivos AutoCAD (versão 2016 ou superior e em inglês):

1. Este arquivo deve conter somente curvas de nível. Elas podem estar nos formatos: Spline, LWPolyline ou Polyline2D. O Importante é que o valor da cota da curva de nível seja o valor da coordenada z da linha que representa a curva.

**RECOMENDO TER MUITO CUIDADO COM A PRESENÇA DE “SUJEIRAS” NESTE ARQUIVO. QUALQUER OBJETO (BLOCO, DESENHO, ETC.) QUE NÃO FOR CURVA DE NÍVEL É IDENTIFICADO PELO SISTEMA COMO “SUJEIRA” E CAUSARÁ ERRO NO CÁLCULO DA COTA. VISANDO DETECTAR E ELIMINAR POSSÍVEIS “SUJEIRAS”, SUGIRO:**

- a. **MANTER UM NÚMERO MÍNIMO DE LAYERS NESTE ARQUIVO E GARANTIR QUE NESTAS LAYERS HAJA SOMENTE CURVAS DE NÍVEL.**
- b. **NÃO HAVER NENHUMA LAYER “OFF”, “FREEZED” OU “LOCKED”**
- c. **EXECUTAR O COMANDO “ZOOM EXTENT” PARA DETECTAR E DELETAR BLOCOS E/OU DESENHOS QUE NÃO PERTENÇAM AO ARQUIVO E QUE ESTEJAM FORA DO CAMPO VISUAL DA ÁREA DO PROJETO.**
- d. **APÓS DELETAR, EXECUTAR O COMANDO “PURGE”**
- e. **VERIFICAR SE REALMENTE TODAS A LINHAS QUE REPRESENTAM AS CURVAS TEM COMO COORDENADA Z A COTA E QUE ESTA COTA É REALMENTE VERDADEIRA.**

2. Este arquivo deve conter tudo o que não é curva de nível: ruas, praças, lagos, etc. Este arquivo deve ser inserido como um bloco no arquivo que contém as curvas de nível anteriormente aberto.

**POSTERIORMENTE ESTE BLOCO NÃO DEVE SER EXPLODIDO.**

3. Na escolha do nome dos blocos do Sistema UFC (Estações de Bombeamento, Reservatórios, Boosters, válvulas redutoras de pressão, etc.) não se podem usar:
  - a. Espaços
  - b. Caracteres gregos, romanos ou matemáticos
  - c. Expoentes ou subscritos
  - d. Negritos ou itálicos

e. Qualquer tipo de acentuação nem ç.

## 2 UTILIZANDO O SISTEMA UFC

Antes de demonstrar as ferramentas específicas dos diversos módulos do sistema UFC é necessário instalá-lo. Para tanto siga os procedimentos apresentados no arquivo word (\*.docx) fornecido. O arquivo que você usará depende da versão do Windows do seu sistema operacional. Pode ser um dos três:  Instruções Instalação Windows-7 ,  Instruções Instalação Windows-8 ou  Instruções Instalação Windows-10 .

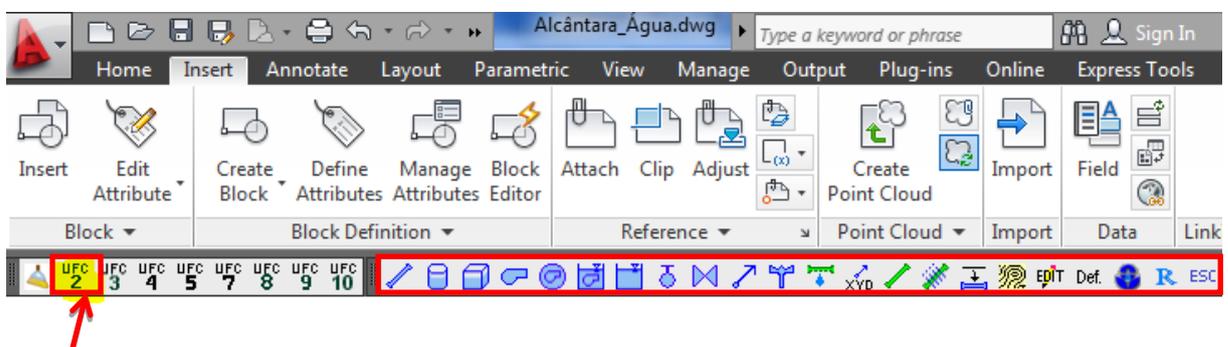
É importante observar que seu computador deve haver somente uma versão do AutoCAD, 2016 ou superior e em **inglês**, inclusive o AutoCAD Civil3D nestas versões

Não deve haver mais de uma versão do AutoCAD instalada no seu computador. Observe também que seu computador deve ser de **64 bits**.

### 2.1 ÍCONES E SUB-ÍCONES DOS MÓDULOS UFC2, UFC3, UFC4, UFC5 E UFC7

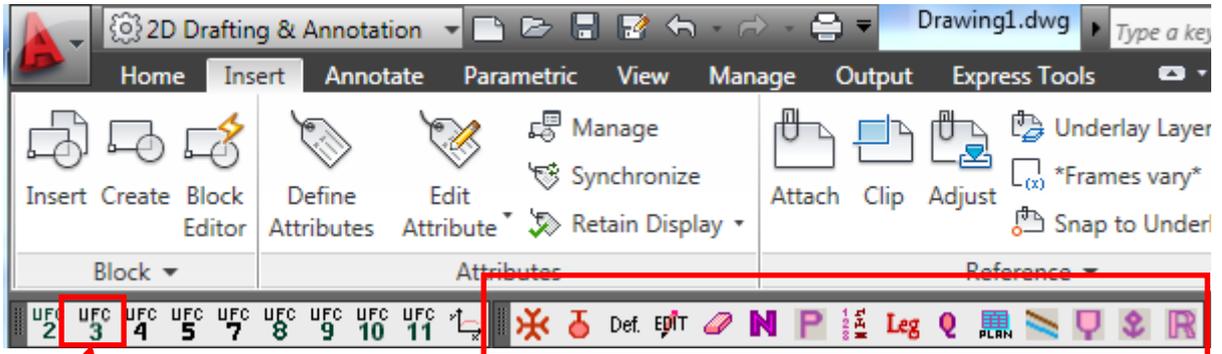
A figura seguinte apresenta os sub-ícones da interface do UFC2 dentro do AutoCAD. É importante salientar que os outros módulos do Sistema UFC devem estar ocultos da barra de ferramentas, já que não serão necessários em nenhuma das etapas deste manual.

Visualização do AutoCAD com os ícones do Módulo UFC2



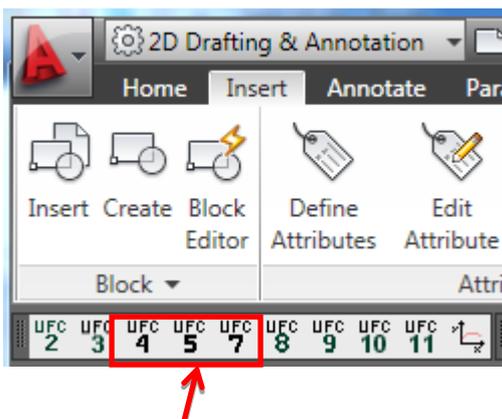
Para ocultar/mostrar os sub-ícones do UFC2 basta clicar no ícone principal alternadamente

A figura seguinte apresenta os sub-ícones da interface do UFC3 dentro do AutoCAD. É importante salientar que os outros módulos do Sistema UFC devem estar ocultos da barra de ferramentas, já que não serão necessários em nenhuma das etapas deste manual.



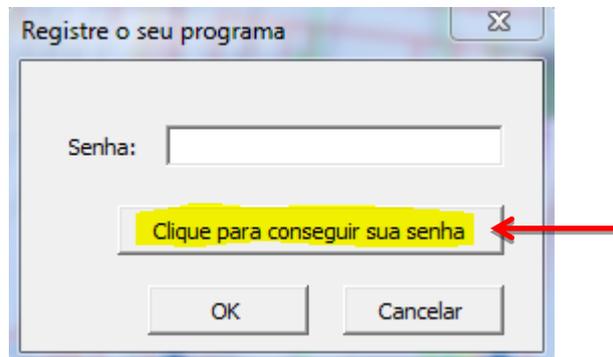
Para ocultar/mostrar os sub-ícones do UFC3 basta clicar no ícone principal alternadamente

É importante observar que os Módulos UFC4 e UFC5 e UFC7 não possuem sub-ícones no AutoCAD:



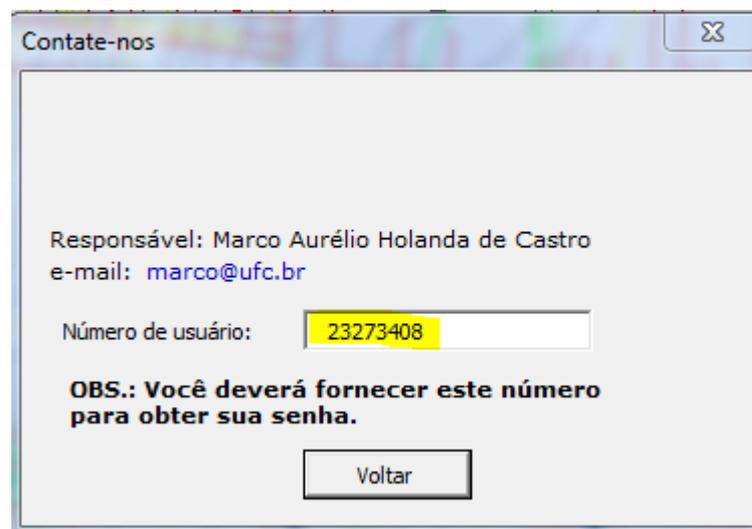
## 2.2 PERMISSÃO PARA UTILIZAÇÃO

O Sistema UFC possui um sistema para autorização de uso. Ao utilizar pela primeira vez um programa UFC em seu computador é necessário inserir uma senha para utilização do programa, logo, aparecerá à seguinte caixa de diálogo.



**Figura 1-Caixa de diálogo para registrar seu programa**

Se o sistema nunca tiver sido utilizado, o usuário ainda não possui a senha para poder usá-lo, então, deve-se clicar no botão “Clique para conseguir sua senha”, aparecendo à seguinte caixa de diálogo:



**Figura 2- Caixa de diálogo para inserir senha**

No espaço onde aparece “Número de usuário” consta o número o qual deve ser informado ao sr. Marco Aurelio, através do e-mail: [marco@ufc.br](mailto:marco@ufc.br). Após recebimento deste número, o Professor Marco Aurélio irá gerar a senha e enviará a mesma por e-mail, a qual deve ser inserida na caixa de diálogo apresentada acima. Depois de inserida a senha e clicado o botão OK, o programa poderá ser utilizado normalmente. Nas próximas vezes que o sistema for usado não aparecerá mais o pedido de senha.

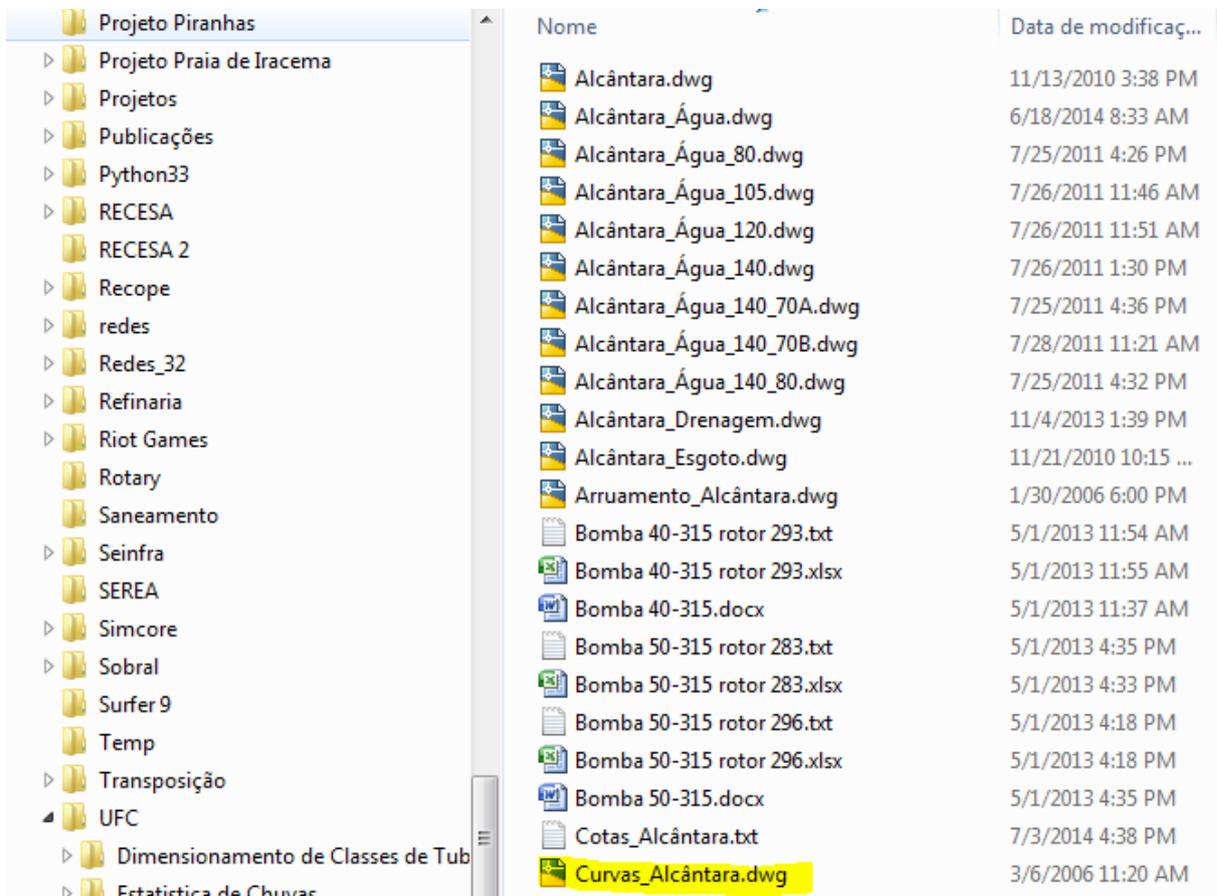
## 2.3 ARQUIVOS AUTOCAD NECESSÁRIOS

O sistema UFC baseia-se em **dois arquivos AutoCAD (\*.dwg)**: os arquivos de curva de nível e os que não representam as curvas de nível (edificações, ruas, pontos notáveis, recursos hídricos, áreas de preservação, etc). Todo o sistema está instalado na área do Disco Rígido: **C/UFC/**. Os exemplos do AutoCAD do sistema UFC encontram-se na pasta do Disco Rígido: **C/UFC/Exemplos**.

Caso você disponha de um único arquivo contendo todas as informações (curvas de nível, arruamento, recursos hídricos, praças, etc.), você deve antes separar este arquivo em dois. A configuração de cada um desses dois arquivos está descrita no parágrafo anterior. Se necessário você pode recorrer ao **Apêndice A** deste Manual para instruções de como separar o arquivo base em dois arquivos.

### 2.3.1 ARQUIVO DE CURVA DE NÍVEL

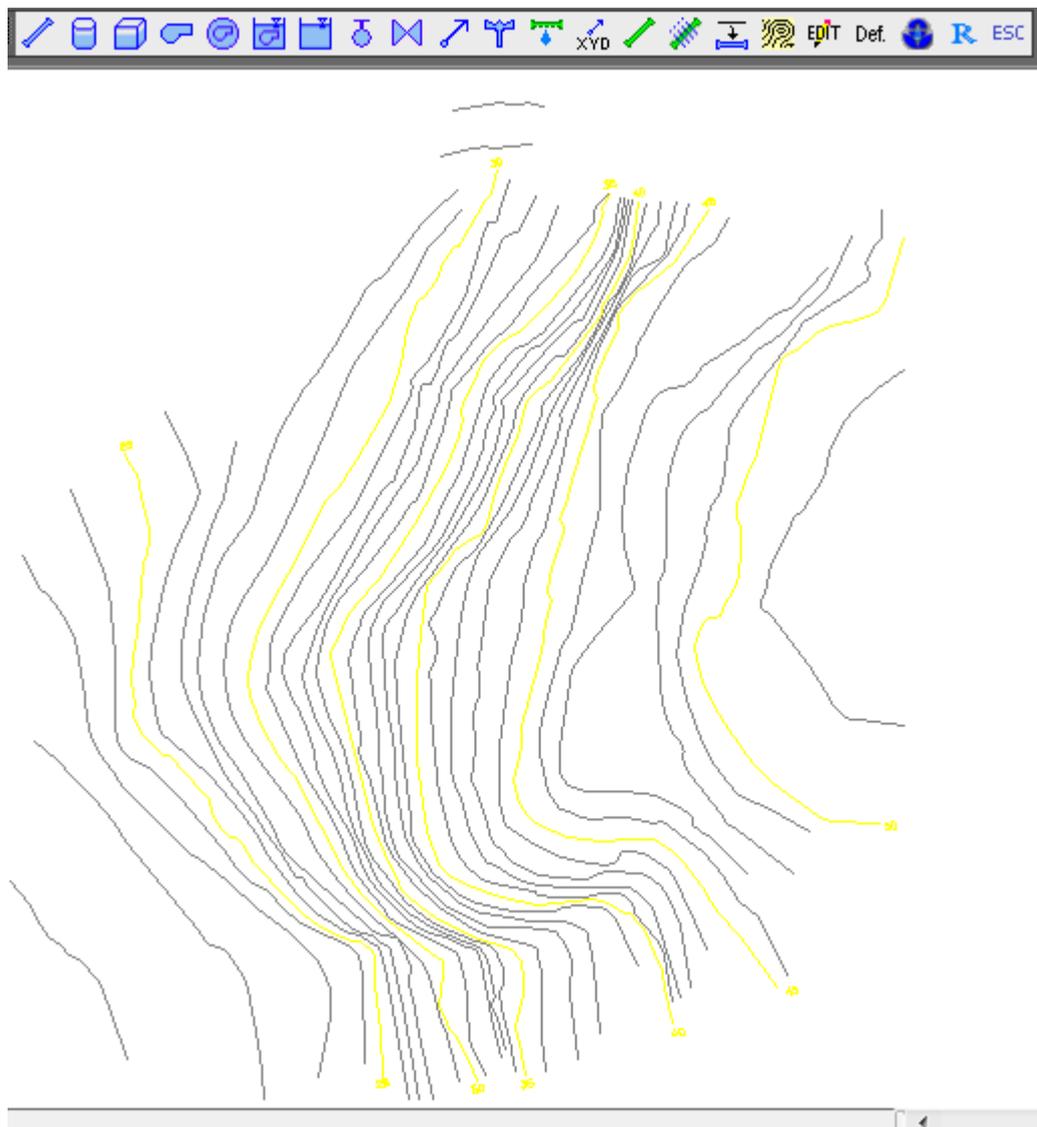
É um arquivo representativo das condições topográficas do terreno e contém **somente** curvas de nível. É geralmente denominado de **Curvas\_localidade.dwg**. Este arquivo deve ser inicializado clicando duas vezes no mesmo.



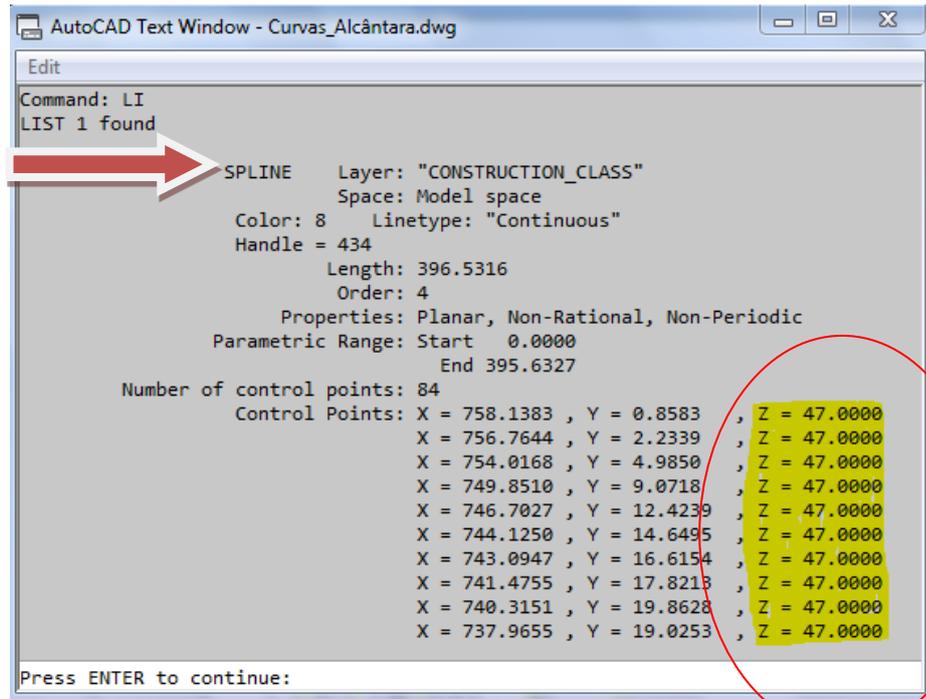
Nome	Data de modificaç...
Alcântara.dwg	11/13/2010 3:38 PM
Alcântara_Água.dwg	6/18/2014 8:33 AM
Alcântara_Água_80.dwg	7/25/2011 4:26 PM
Alcântara_Água_105.dwg	7/26/2011 11:46 AM
Alcântara_Água_120.dwg	7/26/2011 11:51 AM
Alcântara_Água_140.dwg	7/26/2011 1:30 PM
Alcântara_Água_140_70A.dwg	7/25/2011 4:36 PM
Alcântara_Água_140_70B.dwg	7/28/2011 11:21 AM
Alcântara_Água_140_80.dwg	7/25/2011 4:32 PM
Alcântara_Drenagem.dwg	11/4/2013 1:39 PM
Alcântara_Esgoto.dwg	11/21/2010 10:15 ...
Arruamento_Alcântara.dwg	1/30/2006 6:00 PM
Bomba 40-315 rotor 293.txt	5/1/2013 11:54 AM
Bomba 40-315 rotor 293.xlsx	5/1/2013 11:55 AM
Bomba 40-315.docx	5/1/2013 11:37 AM
Bomba 50-315 rotor 283.txt	5/1/2013 4:35 PM
Bomba 50-315 rotor 283.xlsx	5/1/2013 4:33 PM
Bomba 50-315 rotor 296.txt	5/1/2013 4:18 PM
Bomba 50-315 rotor 296.xlsx	5/1/2013 4:18 PM
Bomba 50-315.docx	5/1/2013 4:35 PM
Cotas_Alcântara.txt	7/3/2014 4:38 PM
<b>Curvas_Alcântara.dwg</b>	3/6/2006 11:20 AM

Figura 3-Arquivos das curvas de nível do terreno.

No programa AutoCAD, você pode observar as curvas de nível no desenho. As curvas podem ser **Splines**, **LW-polylines** e **Polylines 2-D**, desde que a coordenada z (cota altimétrica) de cada linha seja a cota da curva de nível traçada no AutoCAD. Ou seja, não basta a cota estar desenhada na linha, o valor da coordenada z tem que ser a cota. Quando você clicar em cima de uma curva e dá o comando “li”, você pode verificar que a curva que foi clicada é um **SPLINE** e que a há a coordenada z. Se não tiver a coordenada z o programa não vai poder interpolar linearmente as cotas.



**Figura 3 - Arquivo de Curvas de Nível aberto no AutoCAD.**



```
AutoCAD Text Window - Curvas_Alcántara.dwg
Edit
Command: LI
LIST 1 found
SPLINE Layer: "CONSTRUCTION_CLASS"
      Space: Model space
      Color: 8 Linetype: "Continuous"
      Handle = 434
      Length: 396.5316
      Order: 4
      Properties: Planar, Non-Rational, Non-Periodic
      Parametric Range: Start 0.0000
                       End 395.6327
Number of control points: 84
Control Points: X = 758.1383 , Y = 0.8583 , Z = 47.0000
                X = 756.7644 , Y = 2.2339 , Z = 47.0000
                X = 754.0168 , Y = 4.9850 , Z = 47.0000
                X = 749.8510 , Y = 9.0718 , Z = 47.0000
                X = 746.7027 , Y = 12.4239 , Z = 47.0000
                X = 744.1250 , Y = 14.6495 , Z = 47.0000
                X = 743.0947 , Y = 16.6154 , Z = 47.0000
                X = 741.4755 , Y = 17.8213 , Z = 47.0000
                X = 740.3151 , Y = 19.8628 , Z = 47.0000
                X = 737.9655 , Y = 19.0253 , Z = 47.0000
Press ENTER to continue:
```

Figura 4-Comando "li".

### 2.3.2 ARQUIVO DE PLANO DE FUNDO (ARRUAMENTO)

Este arquivo contém tudo o que não é curva de nível: **Edificações, ruas, pontos notáveis, recursos hídricos, áreas de preservação, etc.** Ele é inserido no AutoCAD como um **bloco** no arquivo de curvas de nível. OBS: Este bloco **não** deve ser posteriormente explodido. Esse plano servirá como base de orientação para a delimitação das bacias de contribuição e de todos os elementos pertencentes à rede de drenagem.

### 2.3.3 Inserir o arquivo de arruamento como um bloco



No ícone **Insert** , selecione “**Browse**” e procure o arquivo que irá representar o plano de fundo, em seguida clique em “**Open**”. Certifique-se os itens: **Insertion point, Scale e Rotation** estão **desabilitados**, caso estejam habilitados, desabilite e clique em **OK**.

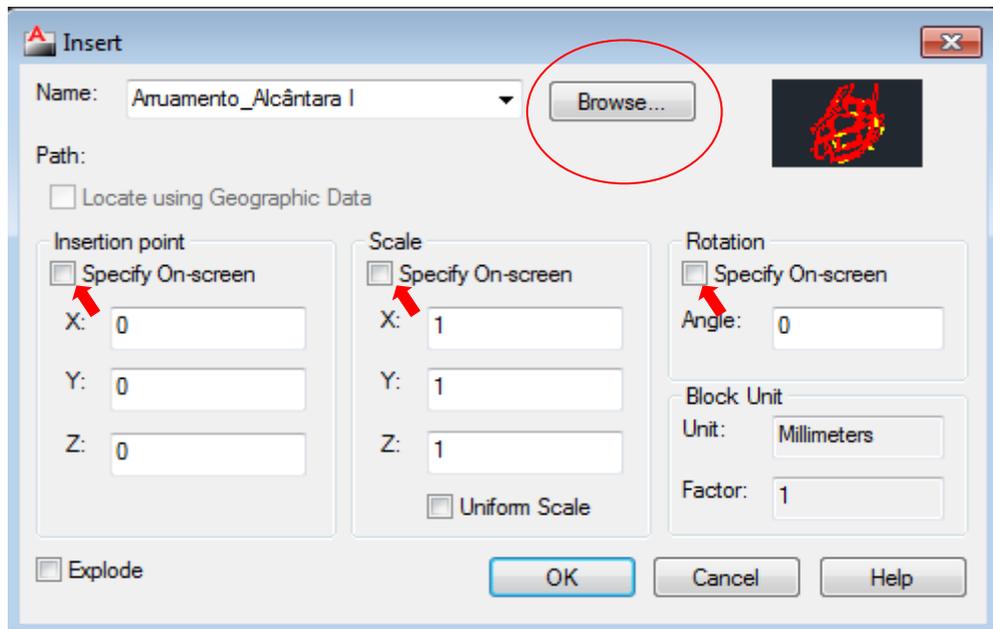


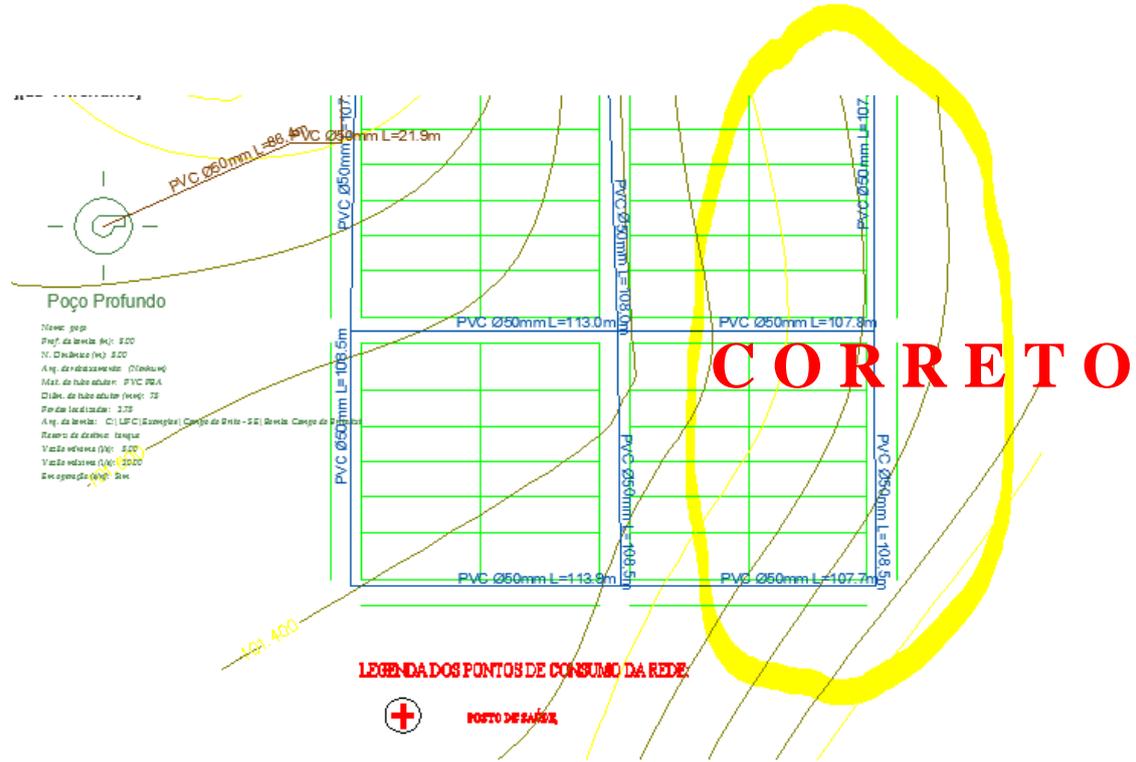
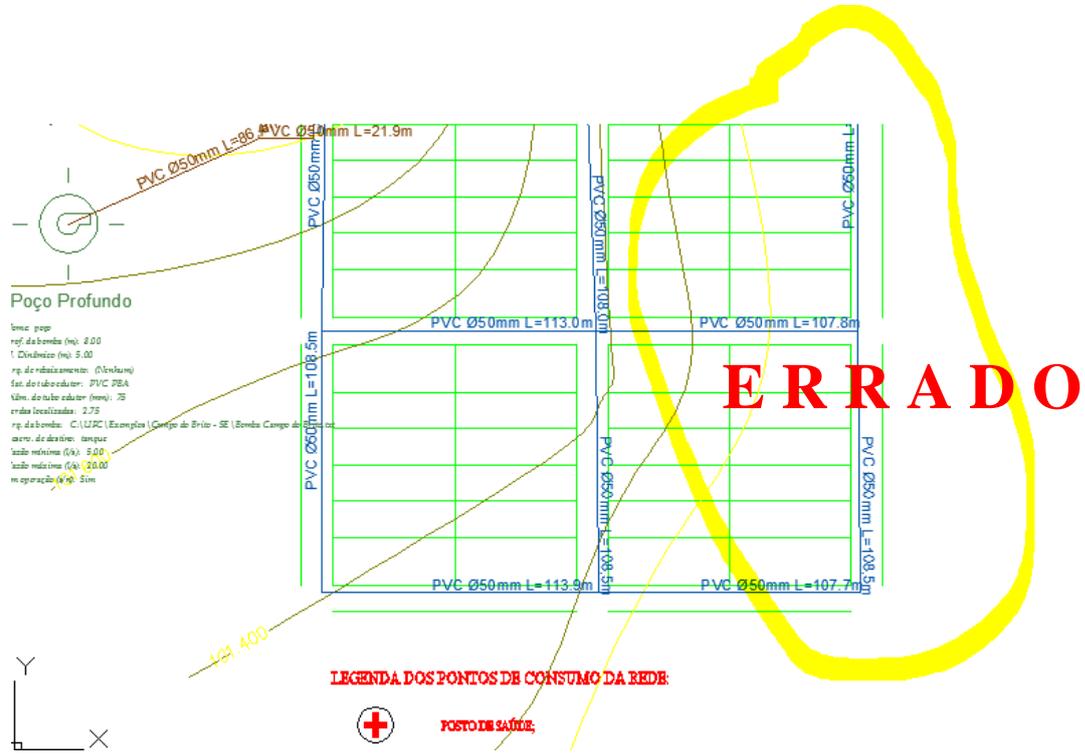
Figura -Inserir blocos de arruamento.

Com isso você inseriu o arruamento como um bloco. É muito importante observar que o arquivo inserido como um bloco **NÃO** deve ser “explodido” através do comando **X** do AutoCAD, isso porque é um arquivo **INATIVO**, ou seja, apenas funciona como um guia para você traçar sua rede. O único arquivo **ATIVO** é o arquivo das curvas de nível.



**IMPORTANTE:**

Todo e qualquer ponto que vai fazer parte de um trecho de Rede ou de Adutora tem necessariamente de estar inserido entre curvas de nível, ou seja, não pode haver nenhum trecho de rede ou de adutora em que não haja curvas de nível circunscrevendo-o:





### 3.1 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DA REDE

#### 3.1.1 População de projeto e cálculo da perda de carga

Você deve informar qual a população de projeto para o programa calcular os consumos nodais e inserir esse dado nos Nós.

Clique no subícone **Def. / Hidráulica / Opção para o cálculo das demandas** – Escolher a opção: **Baseado na população de projeto** (levando em consideração um horizonte de projeto de 20 anos). Insira o valor da população da sua região.

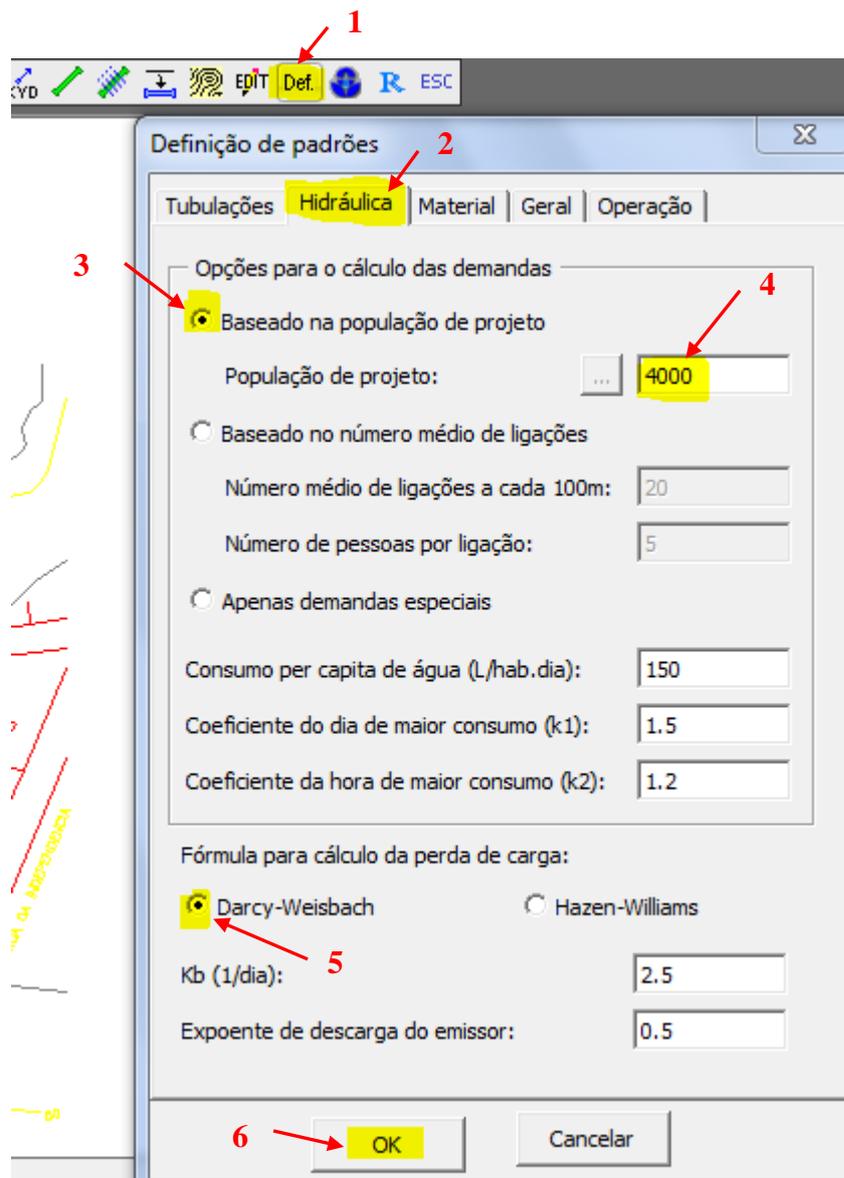


Figura 2-Inserir população do projeto e cálculo da perda de carga.

A Norma NBR 12.218 sugere que a Fórmula para cálculo da perda de carga escolhida seja a de Darcy-Weisbach (Fórmula Universal). Clique em OK.

### 3.2 RESERVATÓRIO

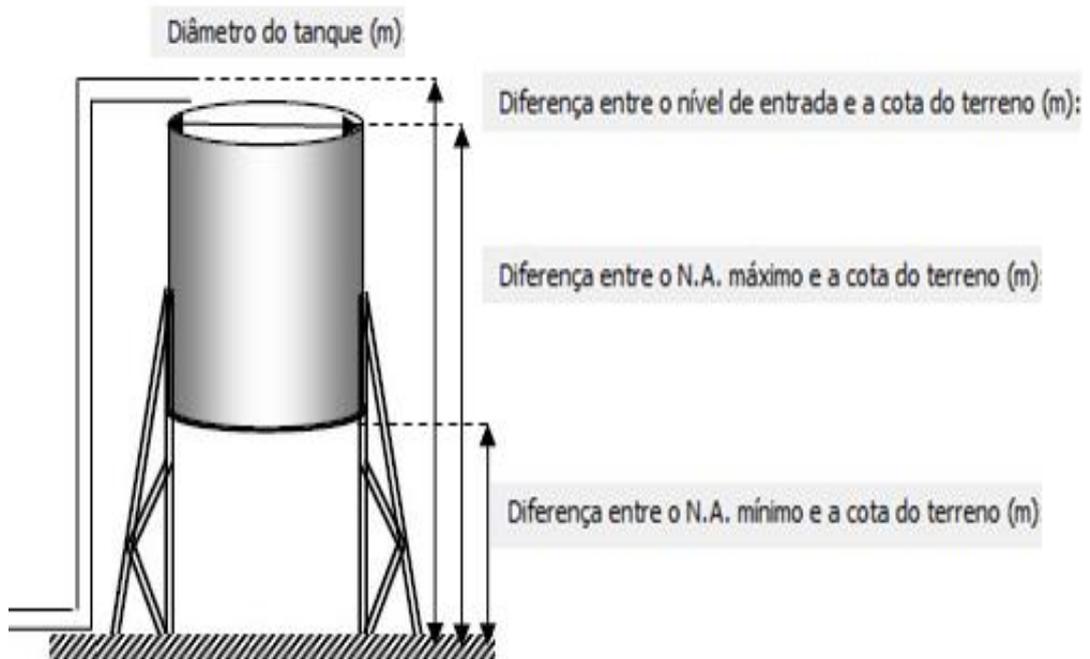


Figura 3-Modelo de reservatório.

Para adicionar um reservatório na sua rede, siga o seguinte procedimento:

Clique no subícone Reservatório Circular de Nível Variável . Aparecerá à janela para inserir os dados do reservatório. É necessário que você preencha alguns desses dados (lembrando que N.A. significa nível de água).

Dados do Reservatório Circular de nível variável

Diferença entre o N.A. mínimo e a cota do terreno (m):

Diferença entre o N.A. máximo e a cota do terreno (m):

Diferença entre o nível de entrada e a cota do terreno (m):

Diâmetro do tanque (m):

Altura Inicial (%):

Nome do tanque:

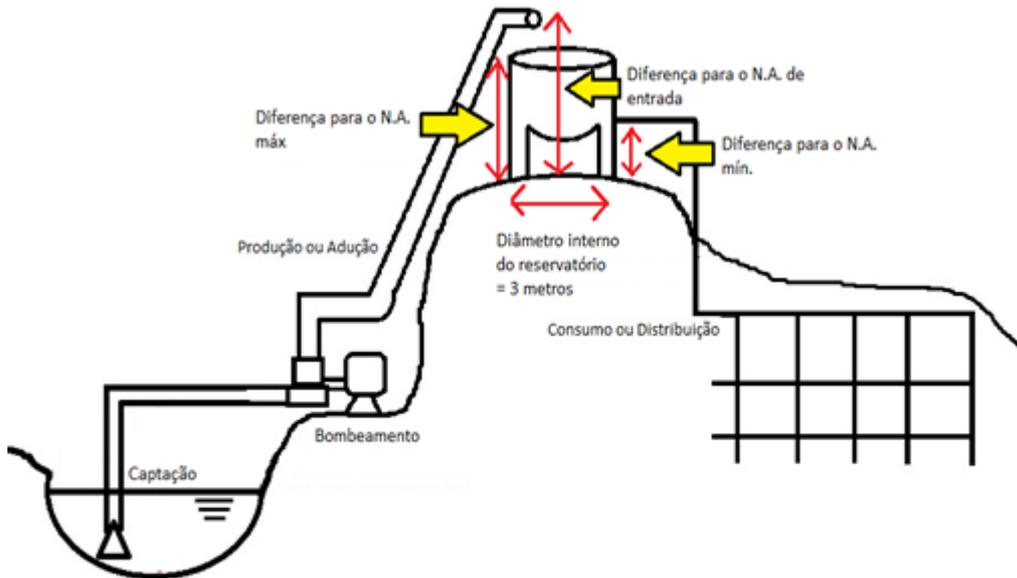
OK Dimensionar

Figura 4-Inserir dados no reservatório.

- **Diferença do N.A. mínimo e a cota do terreno (m):** É a distância entre o nível mínimo de água no reservatório e a cota do terreno.
- **Diferença do N.A. máximo e a cota do terreno (m):** É a distância entre o nível máximo de água no reservatório e a cota do terreno.
- **Diferença entre o nível de entrada e a cota do terreno (m):** É a distância entre o nível de água da entrada da adutora e a cota do terreno.
- **Diâmetro do tanque (m):** É o diâmetro interno do reservatório.
- **Altura Inicial (%):** É a altura de água inicial, em relação a altura total útil do reservatório, que será usada quando se optar pela simulação da operação do sistema (Adução + Consumo)
- **Nome do Tanque**

**IMPORTANTE: Não use acentos, espaços, expoentes, superscritos, subscritos, caracteres gregos, matemáticos ou romanos no nome.**

Para entender melhor os dados que está sendo pedido, observe a figura de Sistema de abastecimento de água e adução.



**Figura 5-Sistema de abastecimento (Adução e Consumo).**

Para o dimensionamento do Reservatório, basta preencher o dado de Diferença do N.A. mínimo e a cota do terreno (m) e depois clicar em dimensionar:

**Dados do Reservatório Circular de nível variável** ×

Diferença entre o N.A. mínimo e a cota do terreno (m):  1

Diferença entre o N.A. máximo e a cota do terreno (m):

Diferença entre o nível de entrada e a cota do terreno (m):

Diâmetro do tanque (m):

Altura Inicial (%):

Nome do tanque:

2

Após clicar em Dimensionar, aparecerá a janela:

redimensionar tanque

H

D

Volume reservatório: 0.333

Volume consumo diário: 0.333

H: 0.5

D: 0.5

Diferença entre o N.A. mínimo e a cota do terreno (m): 10.00

OK

Observe que o volume sugerido para o reservatório é  $1/3$  do consumo diário, considerando o dia de maior consumo, ou seja, multiplicando a vazão de consumo média por  $K_1 = 1,2$ . A relação  $H/D$  sugerida é  $0,5$ .

Após clicar em OK aparecerá a seguinte tela, digite então a denominação do reservatório e clique em OK:

Dados do Reservatório Circular de nível variável

Diferença entre o N.A. mínimo e a cota do terreno (m): 10.00

Diferença entre o N.A. máximo e a cota do terreno (m): 14.93

Diferença entre o nível de entrada e a cota do terreno (m): 15.93

Diâmetro do tanque (m): 9.87

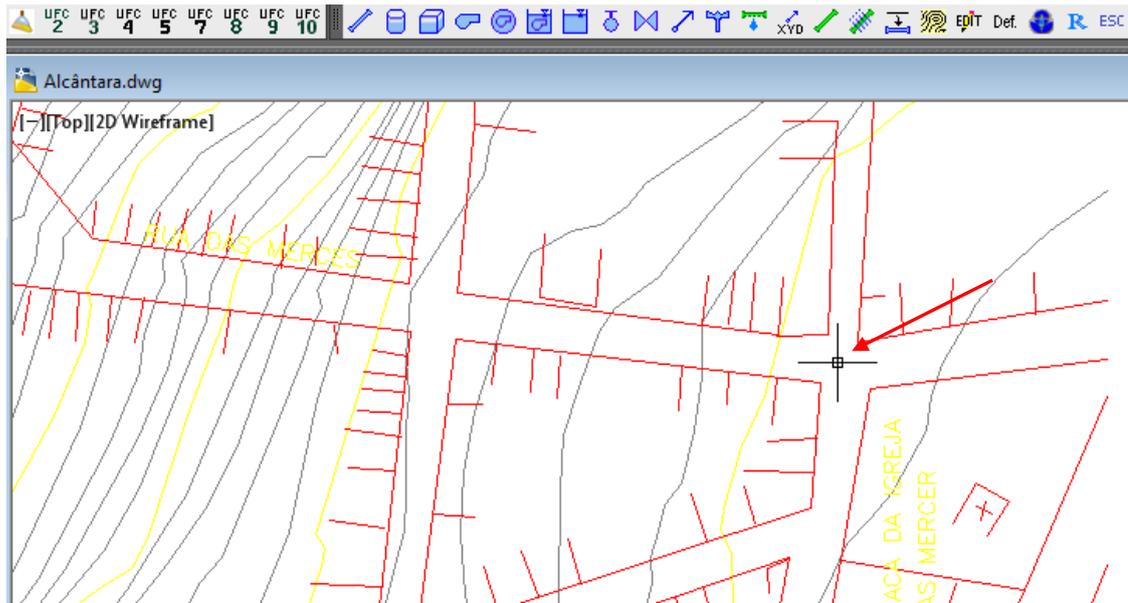
Volume do reservatório (m<sup>3</sup>): 377.22      Altura útil (m): 4.93

Altura Inicial (%): 25

Nome do tanque: RES

OK      Dimensionar

Clique em seguida no ponto onde o Reservatório deve ser inserido:



O Reservatório foi inserido:

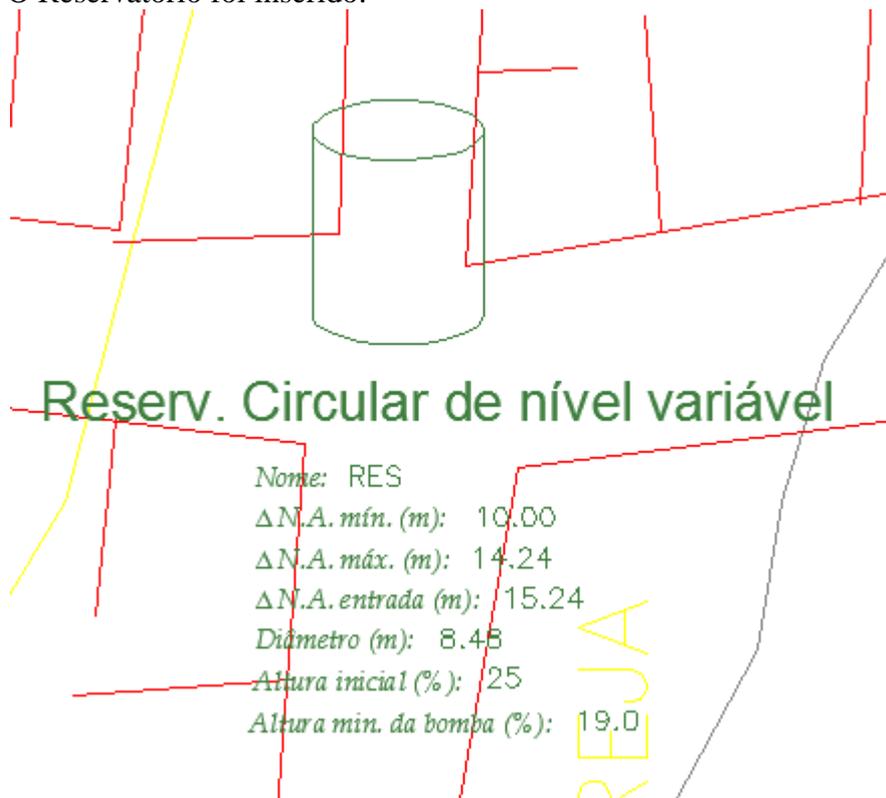
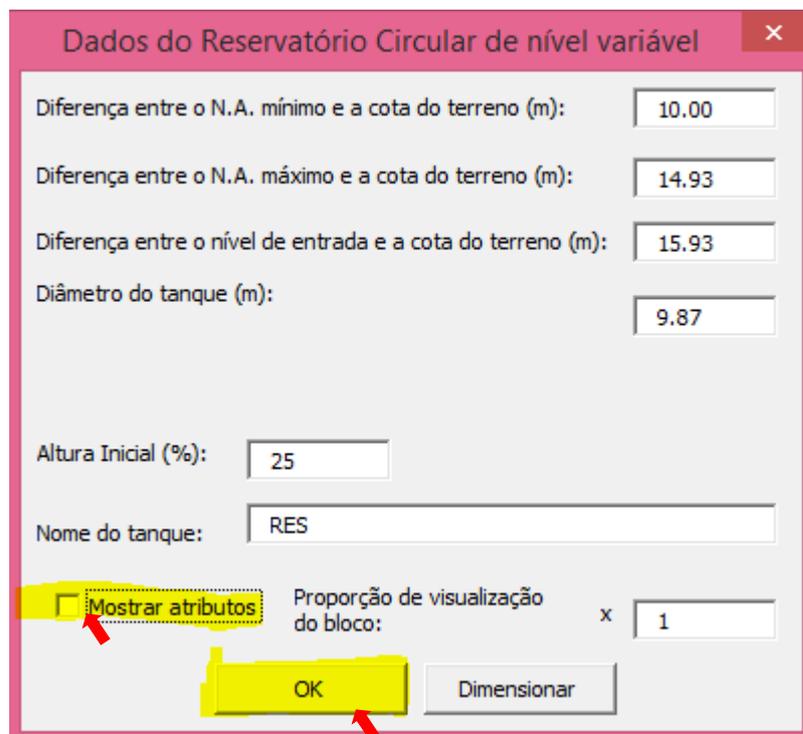


Figura 6-Reservatório Circular de Nível Variável Inserido.

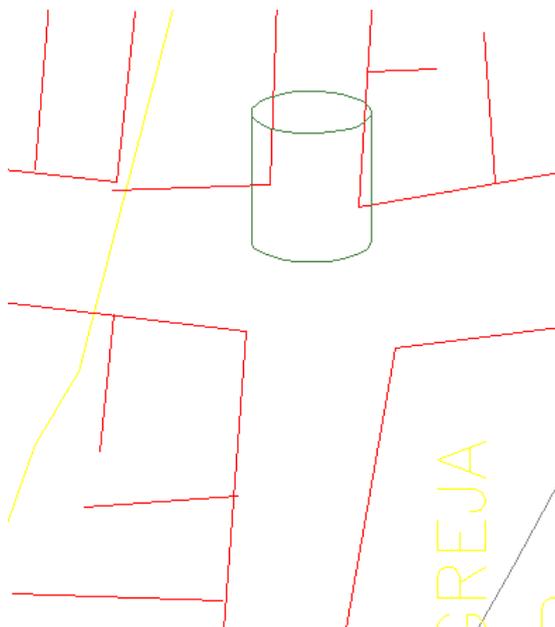
### 3.2.1 Ocultar os valores que estão no reservatório

Para não poluir o seu desenho você tem a opção de ocultar os dados que estão no reservatório. Vá ao comando **Edit**  do subícone do UFC2. Clique em cima do símbolo do reservatório – vai aparecer a janela **Dados do Reservatório Circular de nível variável** e você desabilita a opção **Mostrar atributos** – clique **ok**.



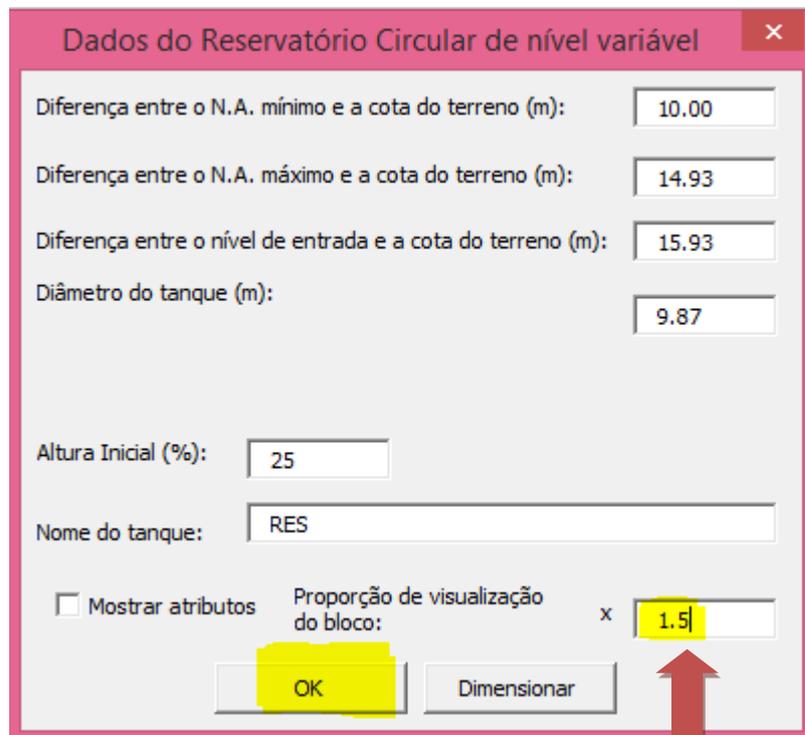
Diferença entre o N.A. mínimo e a cota do terreno (m):	10.00
Diferença entre o N.A. máximo e a cota do terreno (m):	14.93
Diferença entre o nível de entrada e a cota do terreno (m):	15.93
Diâmetro do tanque (m):	9.87
Altura Inicial (%):	25
Nome do tanque:	RES
<input type="checkbox"/> Mostrar atributos	Proporção de visualização do bloco: x 1
OK	Dimensionar

Figura 7-Desabilitar ícones de "Mostrar atributos".



### 3.2.2 Aumentar a proporção de visualização do Reservatório

Dê o comando **Edit** no desenho (reservatório) / vai aparecer a opção: **Proporção de visualização do bloco**, você encontrará o valor 1. Caso você queira aumentar a proporção do desenho em 50 %, digite 1.5 e clique **OK**.



Dados do Reservatório Circular de nível variável

Diferença entre o N.A. mínimo e a cota do terreno (m):	10.00
Diferença entre o N.A. máximo e a cota do terreno (m):	14.93
Diferença entre o nível de entrada e a cota do terreno (m):	15.93
Diâmetro do tanque (m):	9.87

Altura Inicial (%): 25

Nome do tanque: RES

Mostrar atributos

Proporção de visualização do bloco: x 1.5

OK Dimensionar

Figura 8-Aumentar a proporção específica para o reservatório.

### 3.2.3 Alteração Geral da proporção de visualização de qualquer entidade do UFC2

Para isso, clique no comando **Def.**



Após aparecer à janela **Definição de Padrões** – clique em **Geral / Opção / proporção das legendas e blocos**. O seu reservatório encontra-se com o valor 1, caso você queira aumentar 50 % vezes o tamanho do seu desenho, digite o valor 1.5 e clique em **OK**.

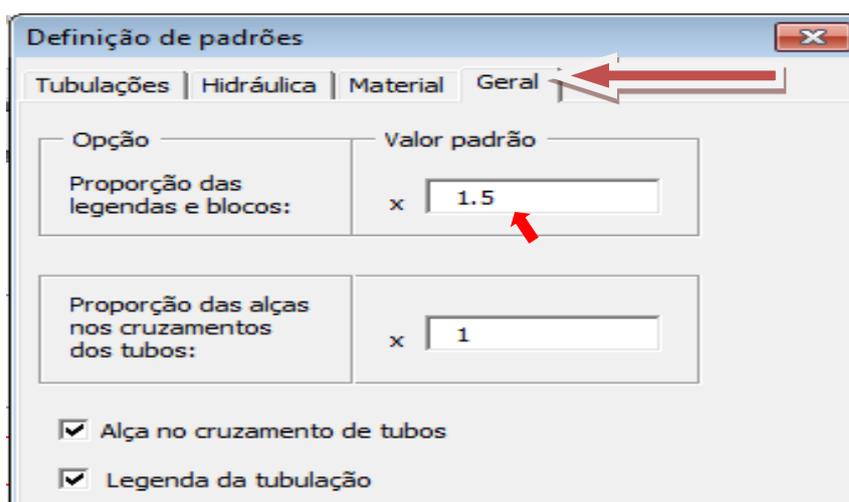


Figura 9-Definir o tamanho do reservatório.

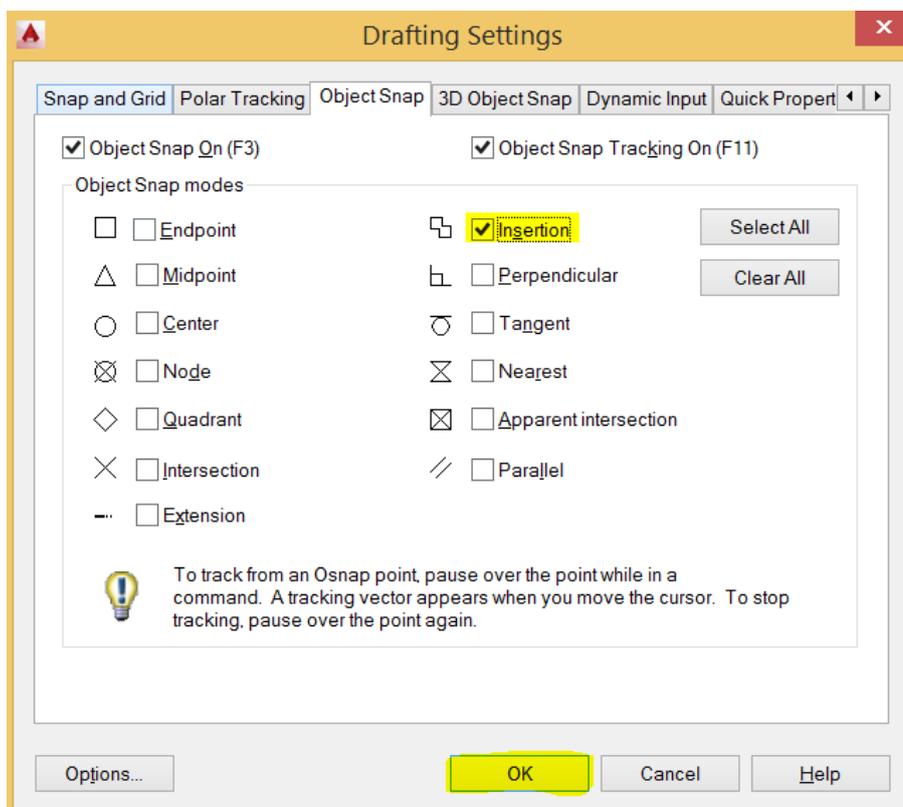
### 3.3 Salvar o arquivo com a rede de água

É muito importante salvar o arquivo periodicamente para assegurarmos que temos nome pelo menos uma versão sem erro e atualizada dos dados de entrada, evitando assim retrabalho desnecessário. Mantenha a denominação: **Alcântara\_Água.dwg**.

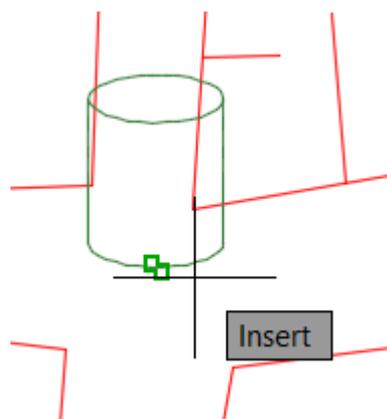
## 3.4 TRECHO (TUBOS DA REDE)

### 3.4.1 Inserir trecho

Para traçar uma rede que começa no reservatório inserido, você clica no ícone **Tubo da Rede** . Em seguida use o comando **F3 (Drafting Setting) / Object Snap** – Habilite a opção **Insertion** e clique **OK**.

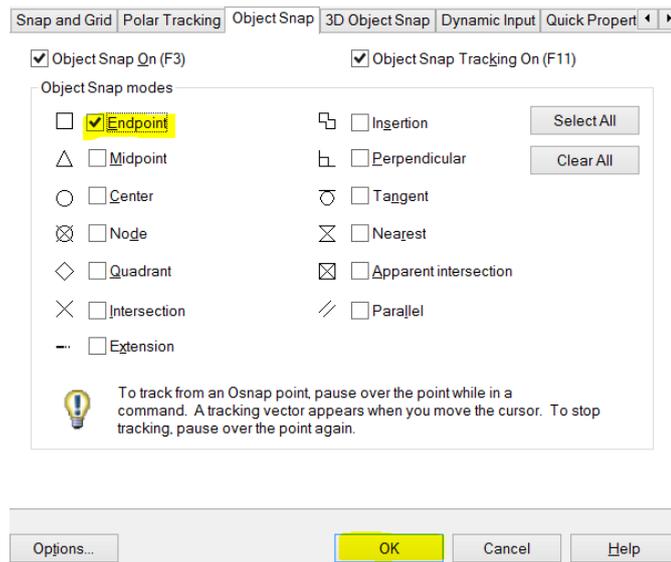
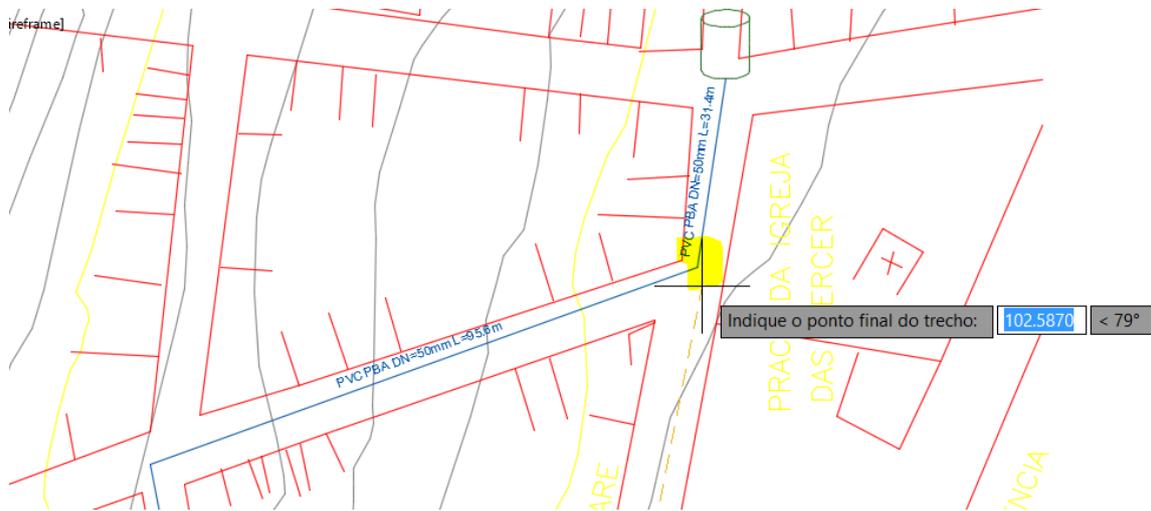


Em seguida clique próximo à base do Reservatório que é o “insertion point” do bloco que representa o reservatório



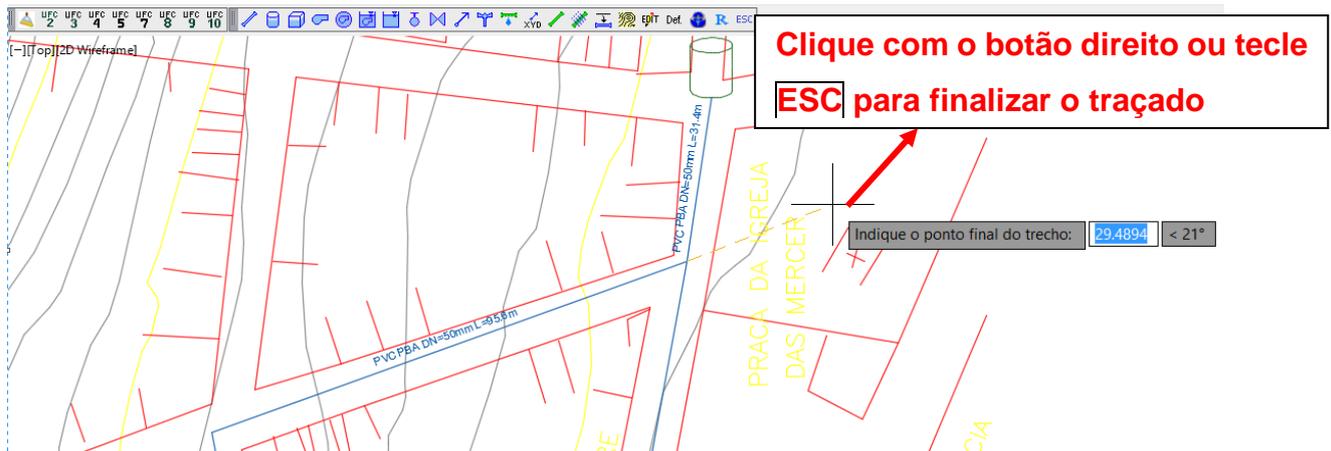
Prossiga traçando sua rede simplesmente clicando nos nós da mesma.

Para fechar um anel, use o comando **F3 (Drafting Setting) / Object Snap** – Habilite a opção **Endpoint** e clique **OK**. Em seguida



**Figura 10-Traçando a rede.**

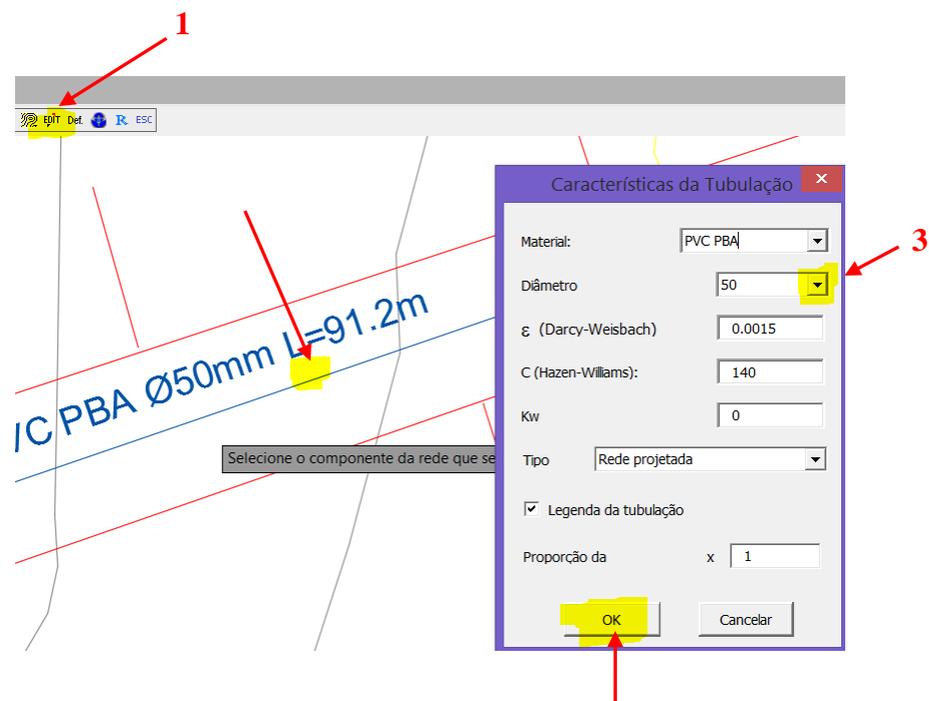
Para finalizar o traçado da sua rede clique no botão direito do mouse ou a tecla ESC.



### 3.4.2 Mudar o valor de um trecho já traçado

Observe que foram assumidos valores “default” nos trechos, ou seja, valores que o próprio programa decidiu colocar no seu trecho, porém, ele não dimensionou a rede. Se você quiser mudar o diâmetro de um tubo específico, clique no **comando Edit** – clique na linha do tubo do seu desenho e mude o valor do diâmetro do seu tubo.

Após selecionar o diâmetro desejado clique em OK.



### 3.4.3 Layers dos Trechos

Os tubos deverão possuir as características de comprimento, material de que é feito e diâmetro. Estas informações são armazenadas no **layer** da entidade, que segue um padrão convencional de letras e números.

Observe que no que se refere às camadas (*Layers*), na opção **Home / Layers** – o sistema cria as *Layers* do AutoCAD de acordo com os diâmetros e o material das suas tubulações.

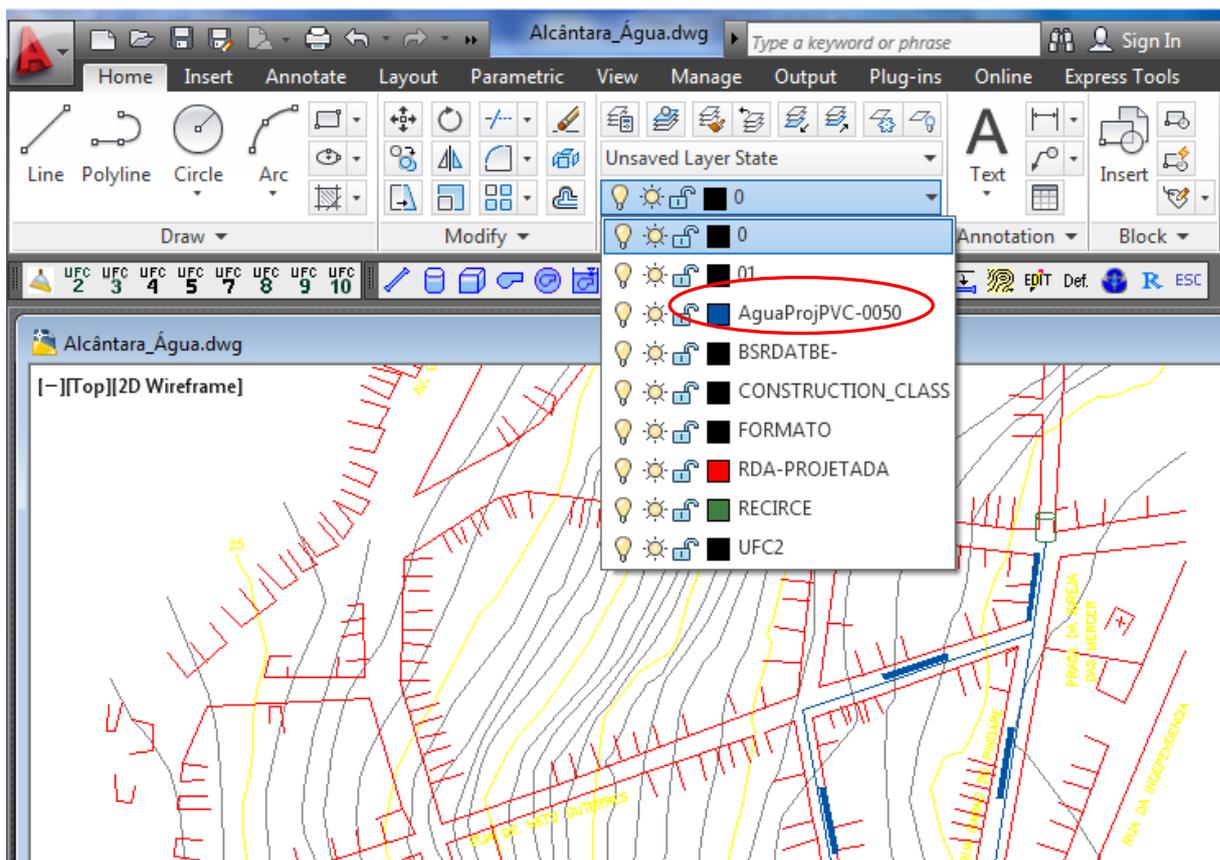


Figura 11-Verificando Layers dos trechos.

Por exemplo, o programa coloca as *Layers* do tubo de 100 na *Layer*: **AguaProjPVC-0100**.

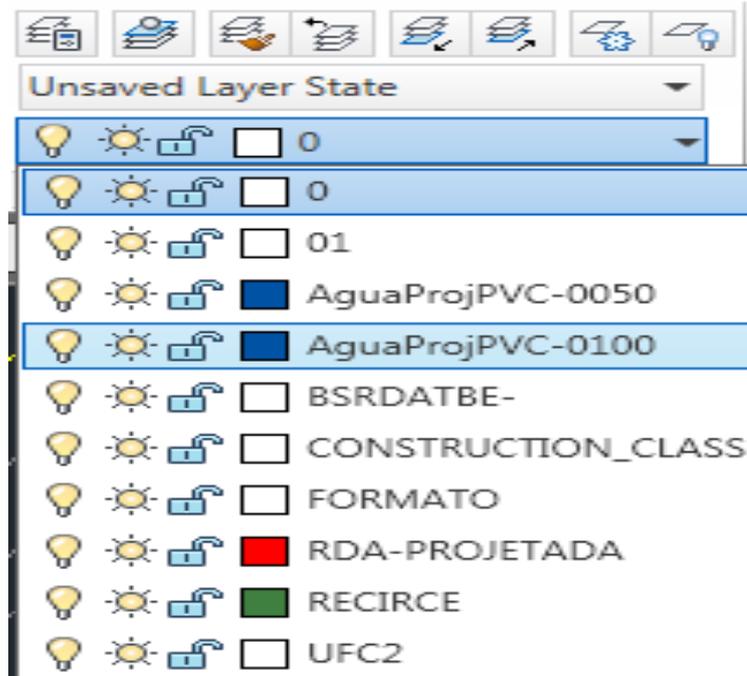


Figura 12-Layer para cada diâmetro e tipo de material do trecho.

### 3.5 INTERFACE ENTRE O AUTOCAD E O EPANET

O Módulo do UFC2 possui ícone para efetuar a transferência da rede traçada no AutoCAD para o EPANET.



Figura 13-Ícone UFC2 e sub-ícone EPANET.

Ao ser executado, o usuário pode escolher entre três opções:

- Simulação da rede e das adutoras;
- Projeto/dimensionamento da rede;
- Projeto/dimensionamento da adutora de água.

Como ainda não foi introduzida a adutora no sistema, ou seja, não há produção no sistema, então só existe uma opção:

Selecione **Projeto/Dimensionamento da rede** – clique **OK**.

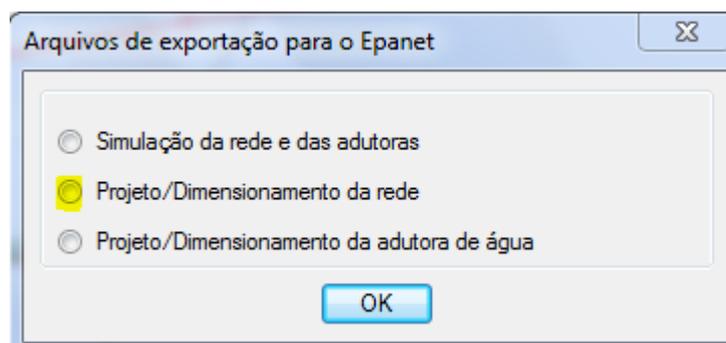


Figura 14-Opções para arquivos de exportação para o EPANET.

Essa opção levará automaticamente a sua rede para o **EPANET**. Com isso, você não precisa mais entrar com os consumos nodais, com as distâncias, com as cotas e nem com os diâmetros.

### 3.5.1 Determinação das cotas nodais através Interpolação linear das Curvas de nível.

Observe que no EPANET, se você clicar duas vezes em cima de um dos Nós, o programa vai te fornecer o **Consumo-Base** (consumo nodal) e a **cota do Nó**.

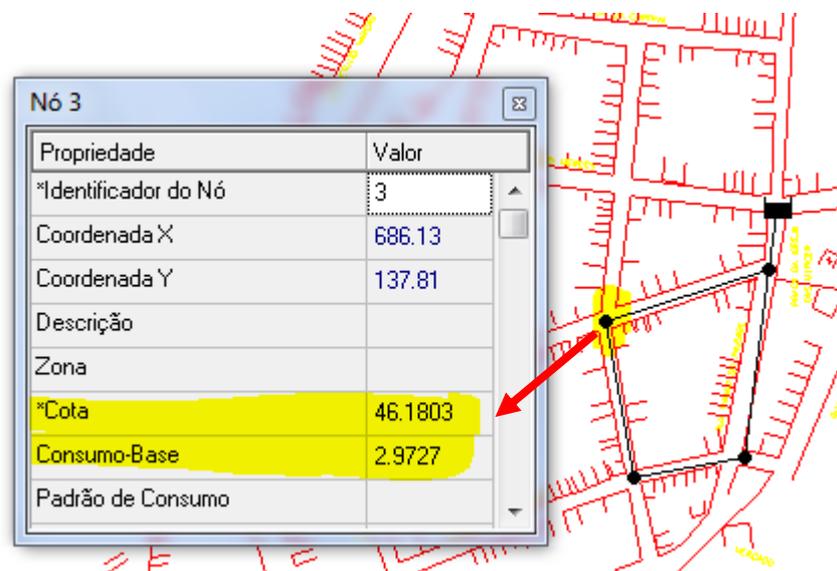
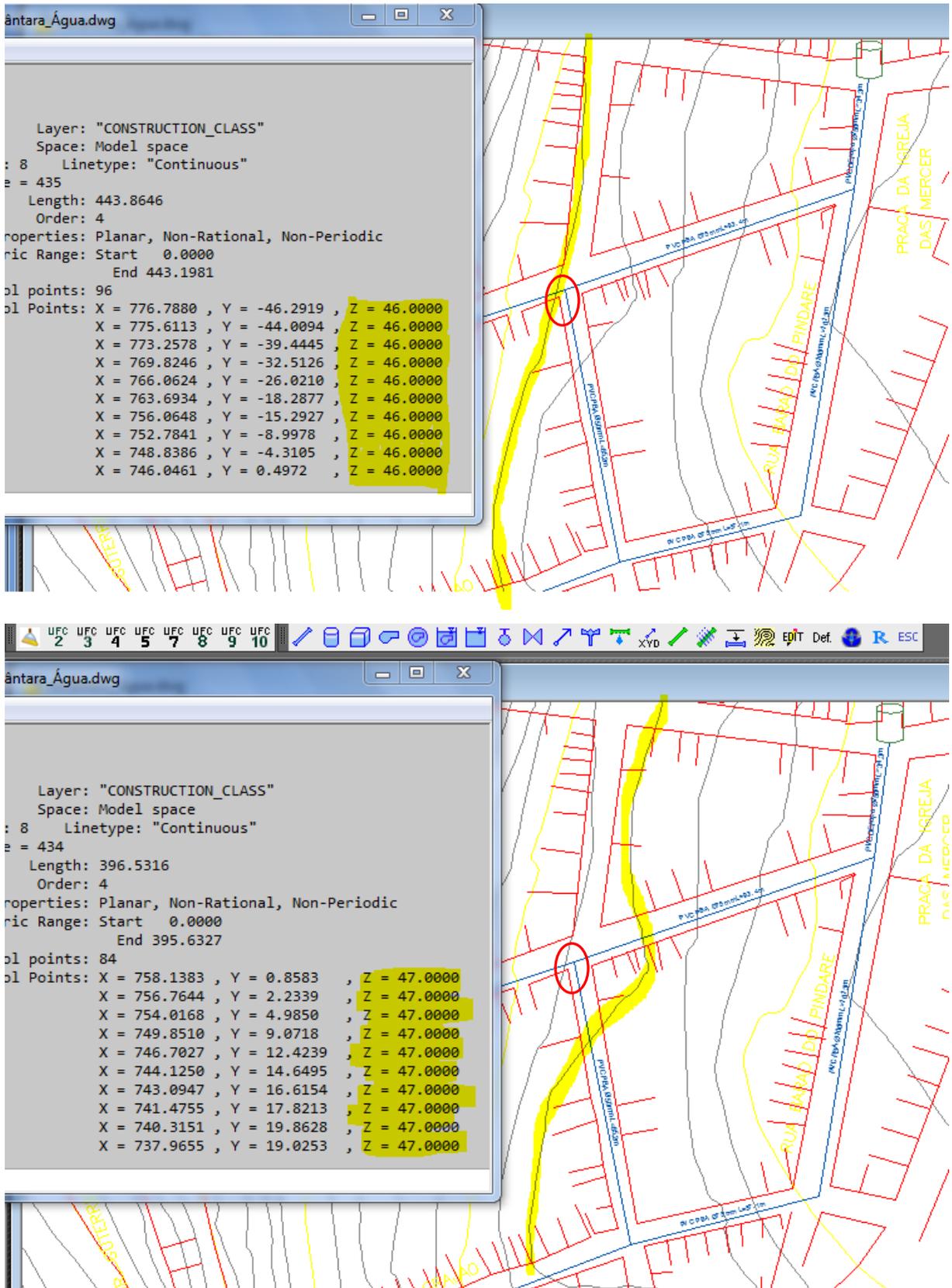


Figura 15- Características do Nó.

No AutoCAD, através do comando “li” você pode verificar o valor de **Cota (z)** de cada curva de nível próximo ao Nó que foi observado no EPANET.



Observe que no AutoCAD, para calcular o valor da cota do nó, o sistema interpola linearmente os valores, entre as duas cotas das curvas de nível (por exemplo,  $z = 46$  e  $z = 47$ ) próximas do Nó para obter o valor da cota do Nó no EPANET (46.18 m).

### 3.5.2 Determinação das Demandas Nodais baseado na população de projeto

A determinação das demandas Nodais baseia-se a seguinte sequência de cálculo

$$Q_{\text{max dia}} = \frac{P \cdot c \cdot K_1 \cdot K_2}{86.400}$$

Onde

P = População de Projeto

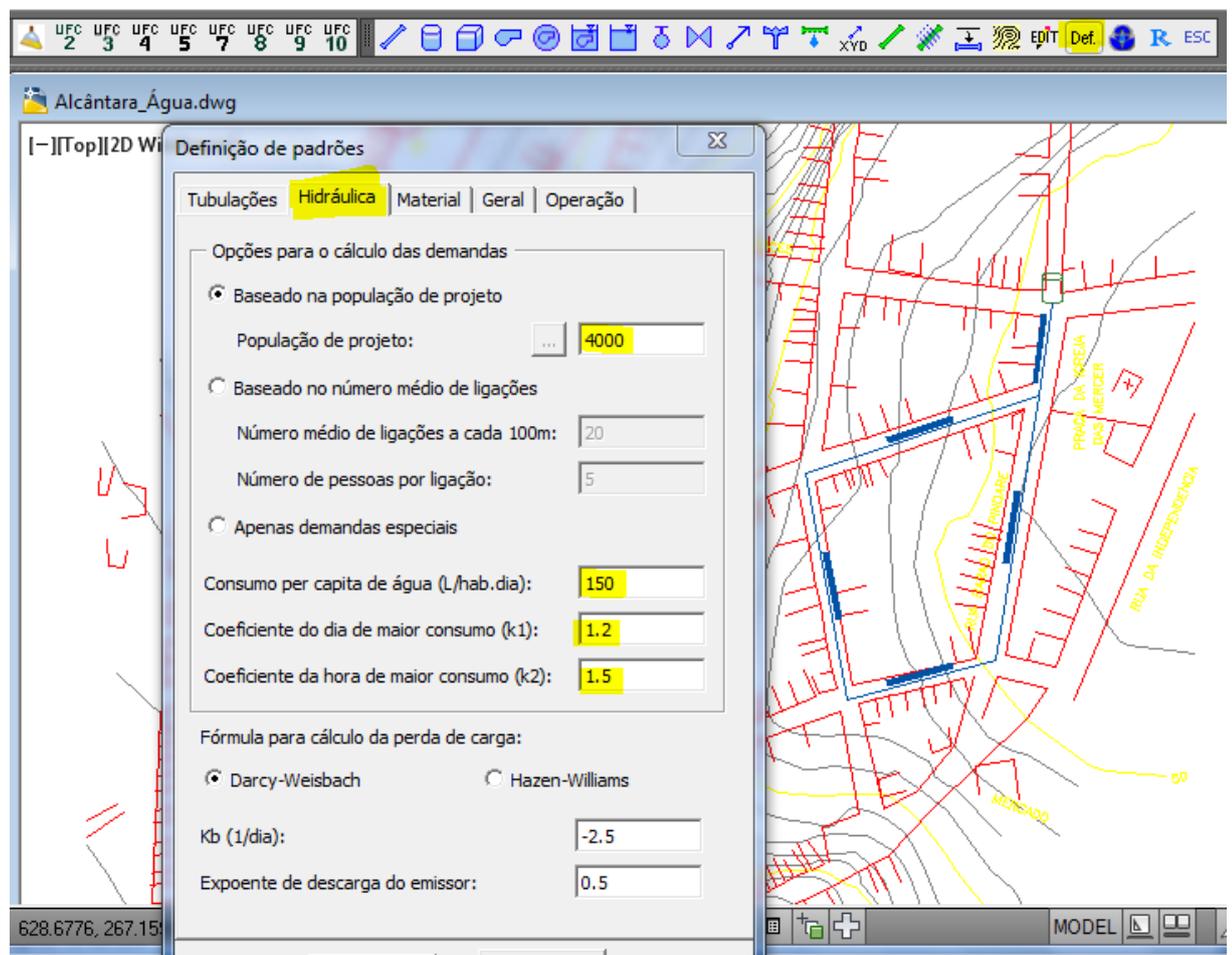
c = Consumo per capita [L/(dia.hab)]

K<sub>1</sub> = Coeficiente de majoração diária

K<sub>2</sub> = Coeficiente de majoração horária

Q<sub>max dia</sub> = Vazão Máxima (L/s)

Observe que estes valores estão definidos na opção Def e Hidráulica do UFC2:

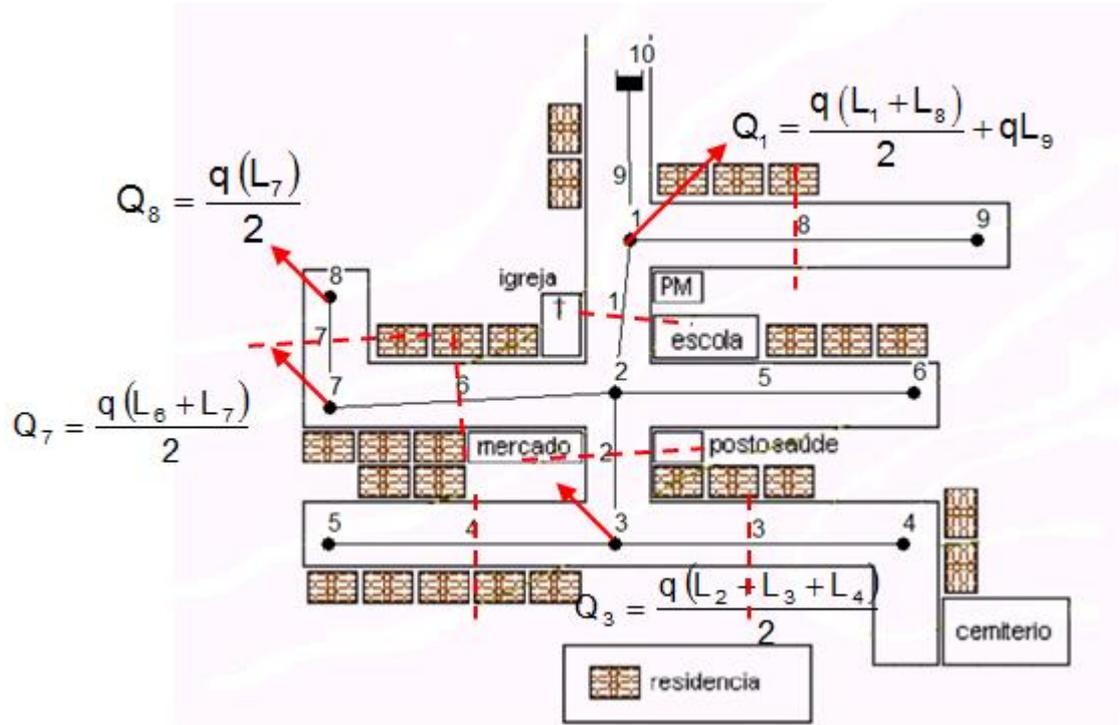


Após o Programa calcular o valor de  $Q_{\max \text{ dia}}$ , ele determina o valor da vazão de consumo em marcha,  $q$ :

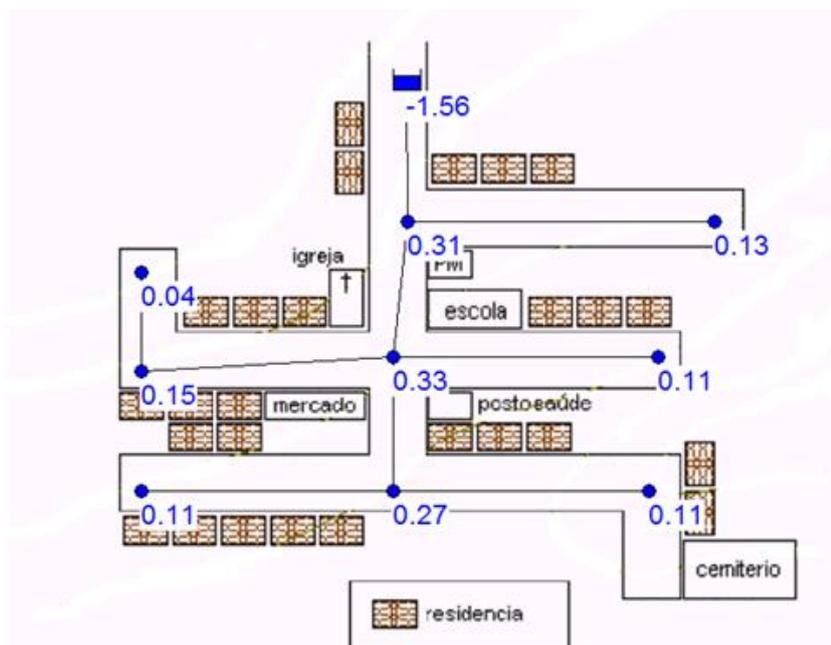
$$q = \frac{Q_{\max \text{ dia}}}{\sum L_i}$$

Onde  $\sum L_i$  é o comprimento total de todos os trechos da rede.

Finalmente o programa calcula os valores dos consumos nodais baseado no comprimento de influência de cada nó da rede da seguinte forma:



Assim são determinados e transportados para o EPANET todos os consumos nodais:



### 3.5.3 PONTOS DE DEMANDA ESPECIAL

A forma de como foi calculada as demandas nodais de uma rede baseada em uma população, apresentada anteriormente, é uma maneira que distribui homoganeamente e uniformemente as demandas nodais. Entretanto é muito comum você ter em uma rede real “**pontos de demanda especial**”, também conhecidos como “**Demandas Pontuais ou Concentradas**” que são pontos que não podem distribuir homoganeamente e uniformemente as demandas porque estaria errado. Por exemplo Edifícios de grande porte, Shopping Centers, Escolas, Universidades, Hospitais, Indústrias, Condomínios Fechados, etc. Você não deve distribuir baseado em uma população, você tem que jogar essa demanda em um ponto específico.

Clique no subícone Demanda Especial . Com isso, aparecerá a janela **Dados de Demanda Especial** - insira os valores desejados. Por exemplo, supondo que seja um hospital, você vai colocar em **Demanda média ou nominal (l/s) = 2.00** e coloca a **Denominação da Demanda: Hospital**. Clica em **OK**.

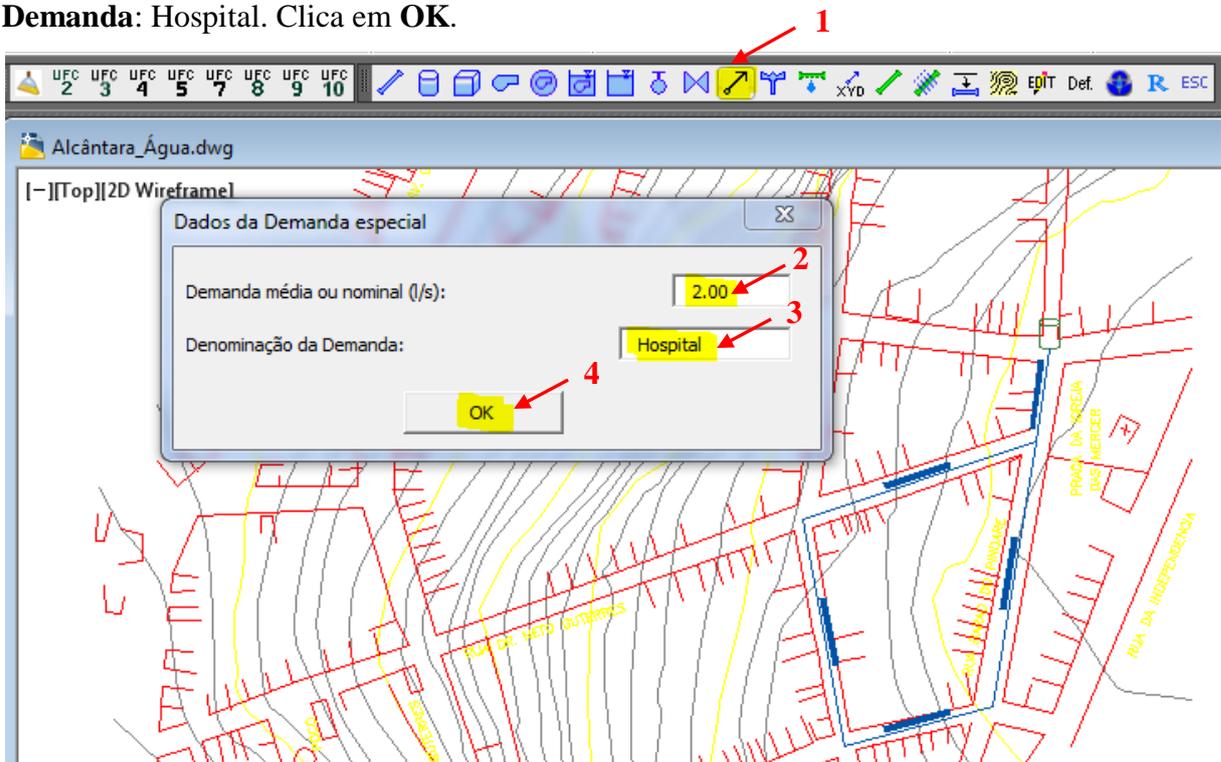


Figura 16-Dados da demanda especial.

Com a ampulheta (Figura 25) que irá aparecer, clique em cima do tubo (trecho) onde se encontra o “hospital” para inserir no desenho a demanda especial.

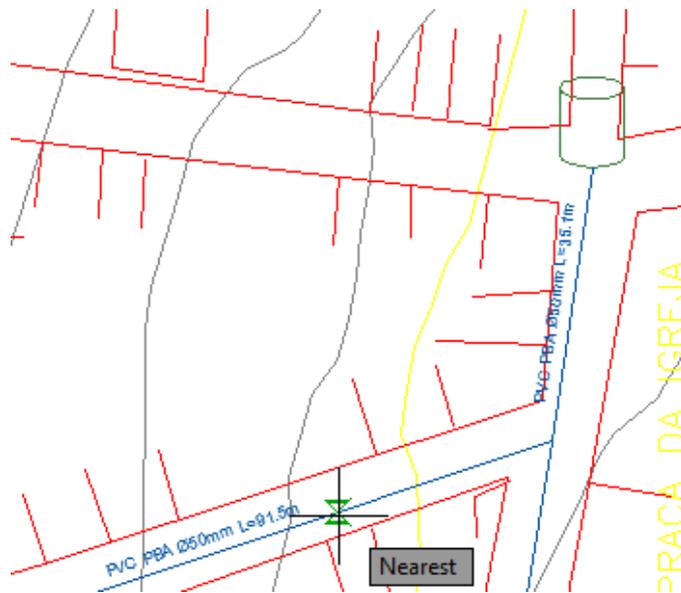
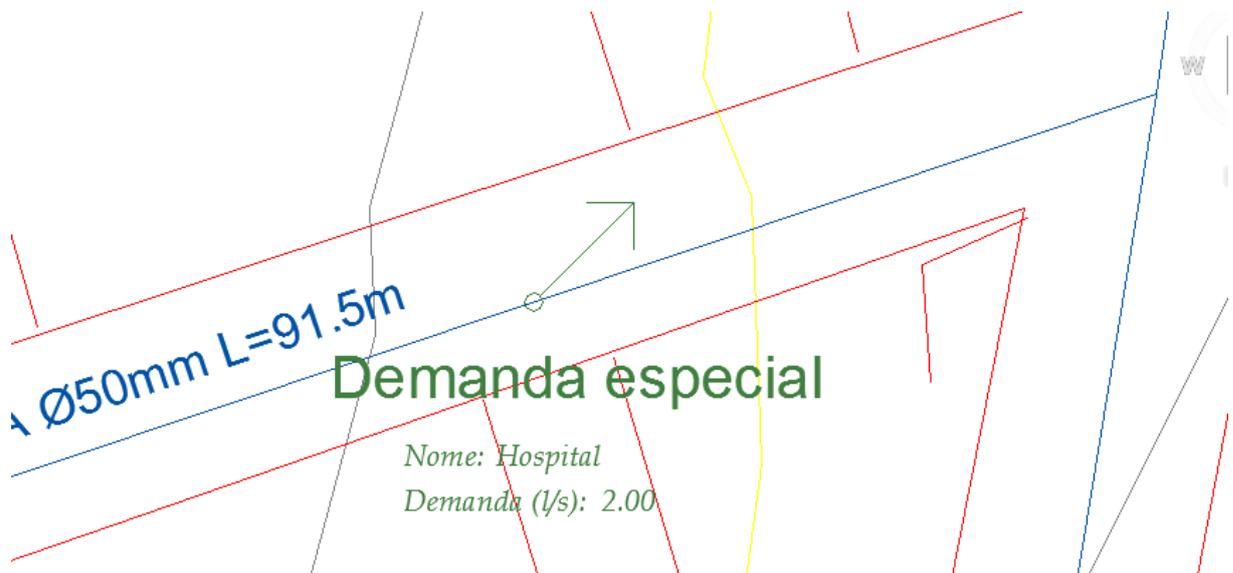


Figura 17-Inserir demanda especial.

Após o que estará inserido o ponto de demanda especial:



### 3.5.4 Inserir trechos para expandir a rede

Um tubo de rede só pode começar ou terminar na extremidade de outro trecho de rede, no “**insertion point**” de um reservatório ou numa extremidade livre. Em outras palavras, você nunca começa ou termina um trecho no “**meio**” de outro trecho já traçado. Deve-se sempre começar um novo trecho na **extremidade** de outro trecho.

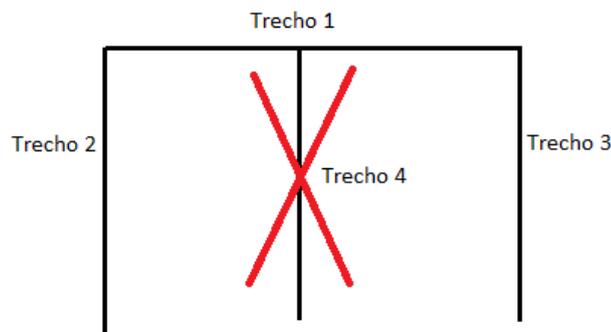


Figura 18-Exemplo de como não pode ser inserido um trecho.

Para expandir sua rede é necessário fazer o mesmo procedimento do item 3.4: Clique no subícone **Tubo de Rede** / clique em **F3 (OSNAP)** para **iniciar** com o **Endpoint** do trecho / Insira os trechos na rede / caso finalize o trecho na extremidade de outro trecho - clique em **F3** novamente para **finalizar** com o **Endpoint** do trecho.

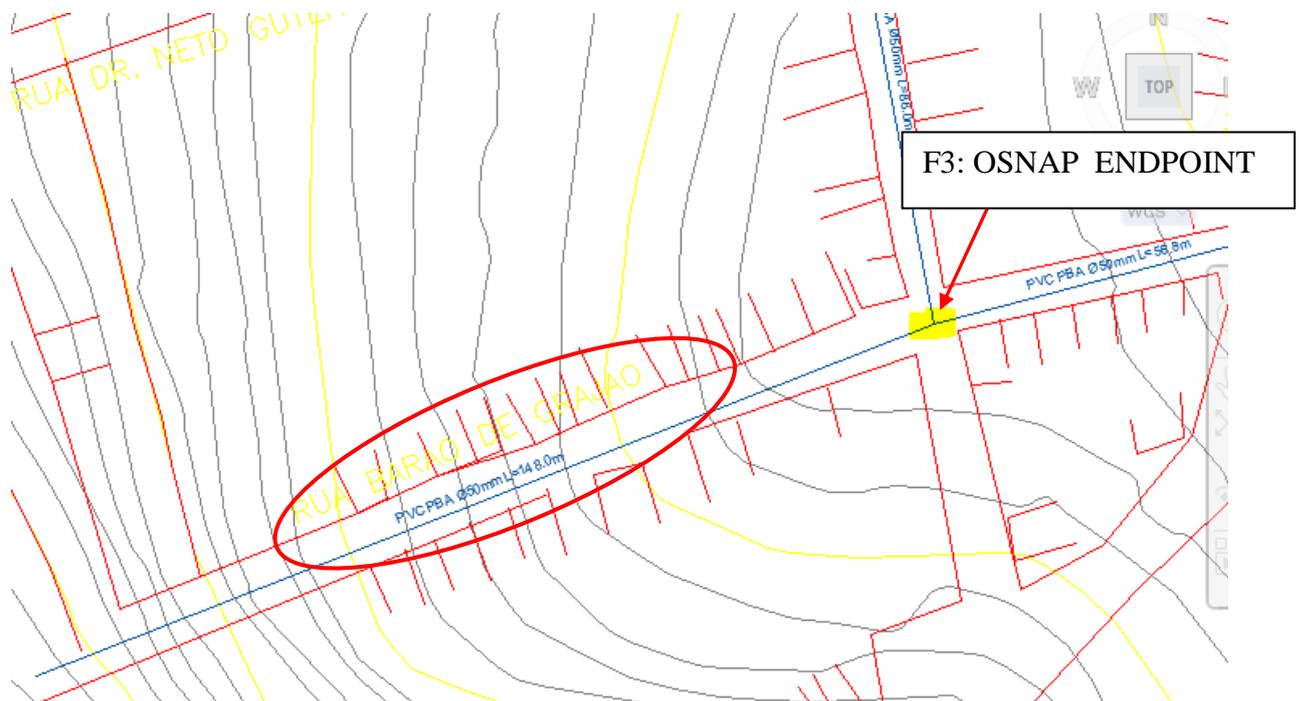


Figura 19-Expandir a rede.

### 3.5.5 Inserir trecho que cruza outro trecho sem conexão física entre si

Caso não haja uma **conexão física entre dois trechos**, pode-se passar um trecho por cima do outro trecho. Por exemplo, trace um trecho a partir de um ponto qualquer conforme as instruções do item 3.4, clique no extremo de um tubo e passe por cima de outro tubo. Observe que o programa inseriu uma **alça** na conexão dos tubos, ou seja, há o reconhecimento do programa de que está passando um tubo por cima do outro tubo e que não há conexão física entre eles.

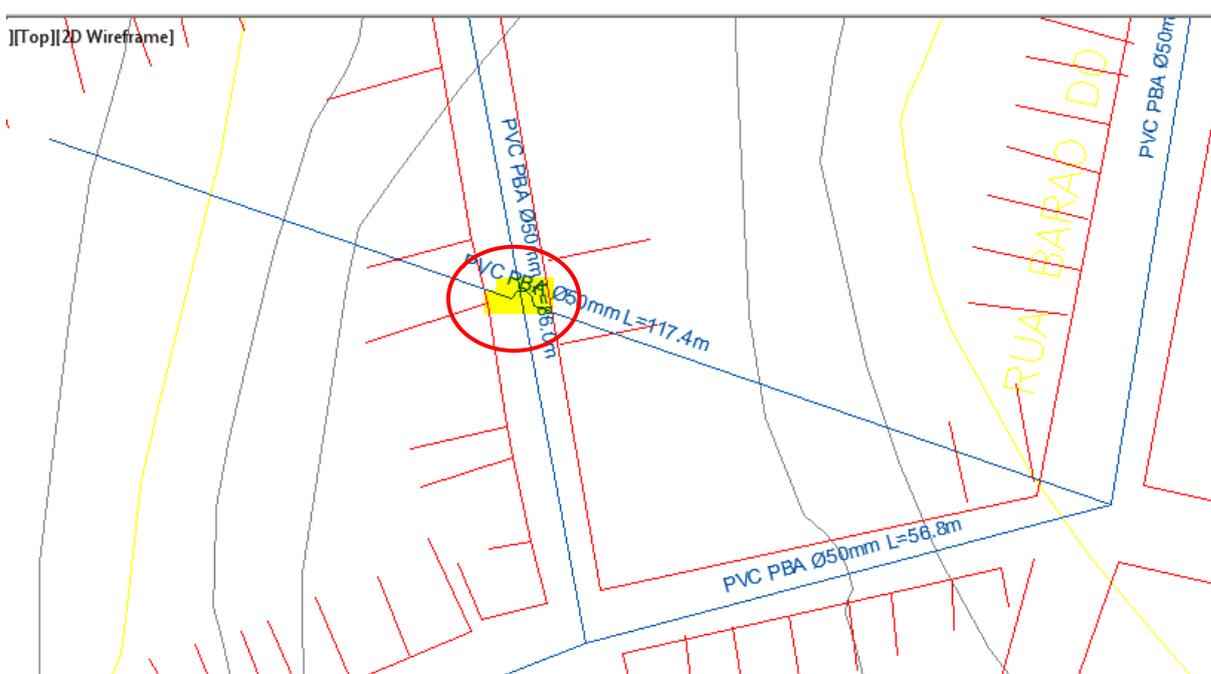
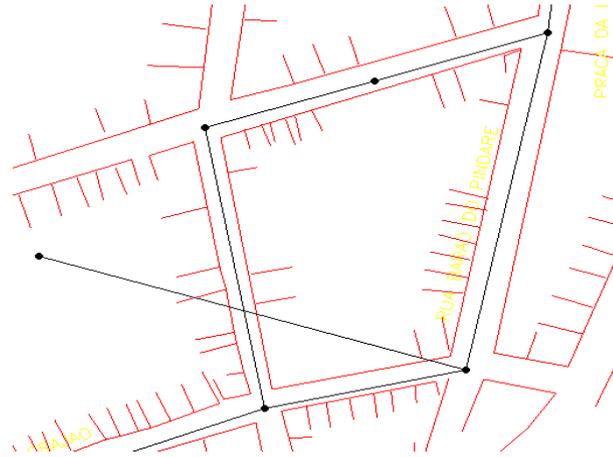


Figura 20-Alça para impedir conexão física entre as tubulações.

### 3.5.6 Simular a rede no EPANET

Execute a rede no EPANET – Siga o mesmo procedimento do *item 3.4*. Observe no EPANET que a rede está traçada e que não há um **Nó** traçado entre os dois pontos, logo **não há conexão** entre eles.



**Figura 21-Ausência do nó no cruzamento entre os trechos.**

Se você mandar executar a simulação da rede no **EPANET**, provavelmente será emitida uma mensagem de Advertência. O **EPANET** avisa que a rede está com **pressão negativa**.

Relatório de Estado

Rede

Página 1 Sun Jul 06 11:54:01 2014

```

.....
*                E P A N E T                *
* Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento *
* Simulação de Redes de Distribuição          *
* Versão 2.0 - Português (Brasil) - Build(2.00.12) *
.....

Simulação iniciada Sun Jul 06 11:54:01 2014

ADVERTÊNCIA: Pressões negativas às 0:00:00 horas.

ADVERTÊNCIA: Pressões negativas às 1:00:00 horas.

```

Ou seja, o **EPANET** informa que essa rede não tem condições de fornecer água para a população. Pode-se resolver o problema de duas formas:

1. aumentando o **diâmetro das tubulações**.
2. Aumentando a diferença entre a cota do nível mínimo da água no Reservatório e a cota do terreno no ponto de localização do reservatório (Altura do Fuste).

Caso escolha aumentar os diâmetros dos tubos, você tem a opção de alterar manualmente o diâmetro da rede até conseguir executar a simulação no EPANET, ou a opção mais conveniente, que seria usar o **programa UFC4**, que é um módulo de dimensionamento de rede de abastecimento de água.

### **3.5.7 Salvar o arquivo com a rede de abastecimento de água traçada**

No AutoCAD, salve a rede como **Alcântara\_Água.dwg**, se sua rede já estava salva com esse nome, clique apenas em “**Save**”, caso o arquivo ainda não tenha sido salvo, clique em “**Save As**”. Quanto ao arquivo do EPANET, você **não precisa salvá-lo**, apenas feche o programa.

### 3.6 DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DA REDE DE ÁGUA

O Módulo de Dimensionamento Econômico de Redes de Água (Otimização), o , tem como finalidade determinar o conjunto de diâmetros que comporão a rede mais barata, ou seja, otimiza economicamente sua rede. Para tanto é necessário informar o material, os diâmetros disponíveis para dimensionamento e o custo unitário (R\$/m) de cada diâmetro disponível.

Estas informações estão disponibilizadas no arquivo texto:  **CustoDW.txt** localizado na pasta `c:/ufc/ufc2`:

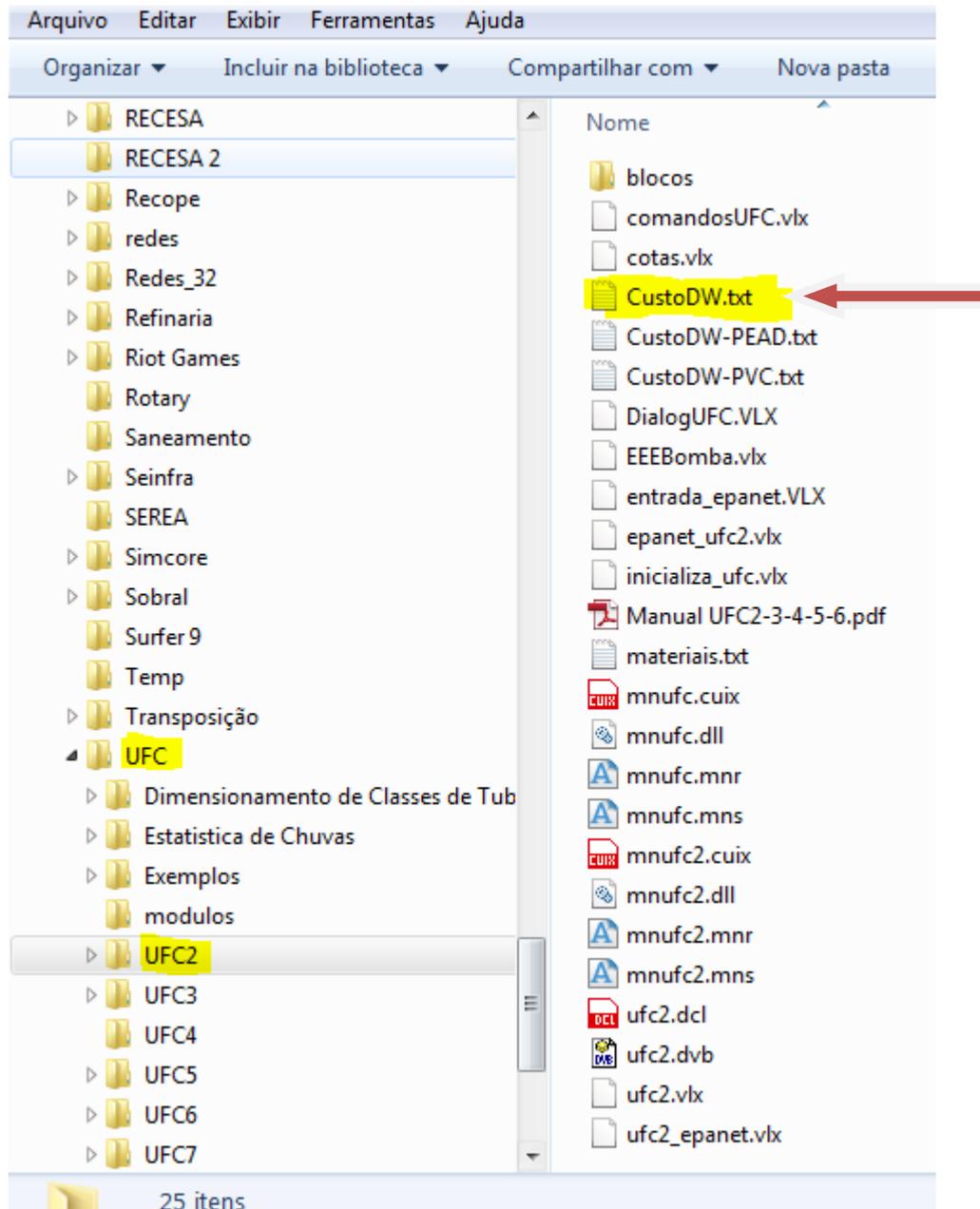
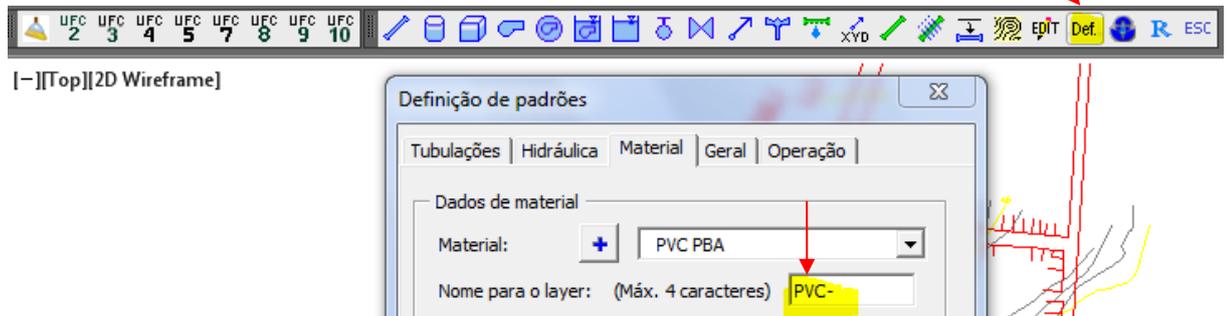


Figura 22-Localização do arquivo para alteração do custo.

Este arquivo contém as informações, separadas por um espaço em branco, de:

1. Diâmetro Interno (mm)
2. Rugosidade, considerando a Fórmula de Darcy-Weisbach (Fórmula Universal) do material (mm)
3. Código do material (igual ao usado no <sup>UFC</sup> 2 ). Observe que este código deve ser exatamente o mesmo definido pelo ícone do Default ( Def. ) do módulo <sup>UFC</sup> 2 :



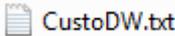
4. Custo Unitário (R\$/metro) de cada diâmetro disponível. O usuário decidirá que itens serão considerados na composição deste Custo Unitário (Somente custo do material ou custo do material mais escavação e assentamento etc.)

**OBS: Para cada Diâmetro Interno (DI) deve ser associado apenas um material e seu respectivo custo por metro de tubulação (R\$/m), de acordo com a seguinte figura:**

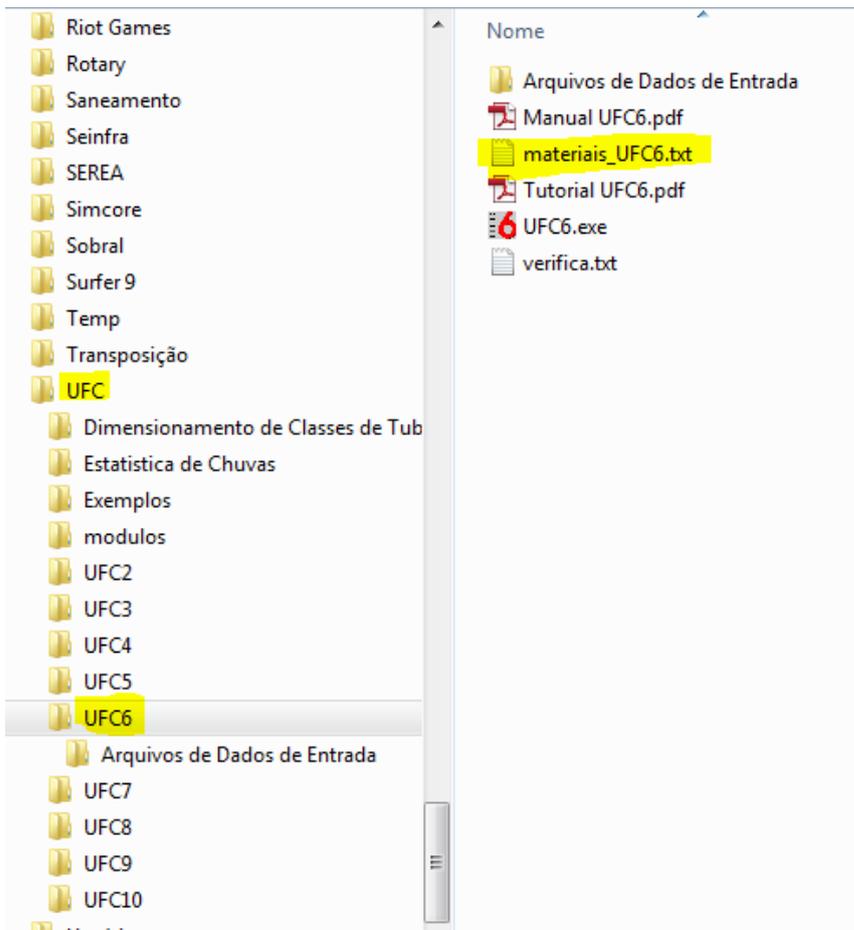
CustoDW.txt - Bloco de notas			
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda			
Diametro	Material	Custo	
54.6	0.0015 PVC-	17.40	
77.2	0.0015 PVC-	22.49	
100	0.0015 PVC-	29.86	
156.4	0.0015 DEFF	50.69	
202.2	0.0015 DEFF	77.74	
252	0.0015 DEFF	112.38	
299.8	0.0015 DEFF	152.87	
394.6	0.0015 DEFF	271.33	
498.4	0.0015 DEFF	429.39	

1 → DI (mm)  
 2 → Rugosidade (mm)  
 3 → Material Padrão definido pelo UFC2  
 4 → Custo (R\$/m)

Figura 23-Arquivo para alterar o custo da tubulação.

Observe que os Diâmetros Internos (DI) constantes no arquivo  **CustoDW.txt** devem ser **EXATAMENTE** iguais aos Diâmetros Internos constantes no arquivo texto:

c:/ufc/ufc6/  **materiais\_UFC6.txt** :



```
<Material 1>
PVC PBA Classe 12
PVC1 ;Layer
140 ;C-HW
0.0015 ;e-Dw (mm)
3.0E+9 ;Mod. Elasticidade (Pa)
0.38 ;Coef. Poisson

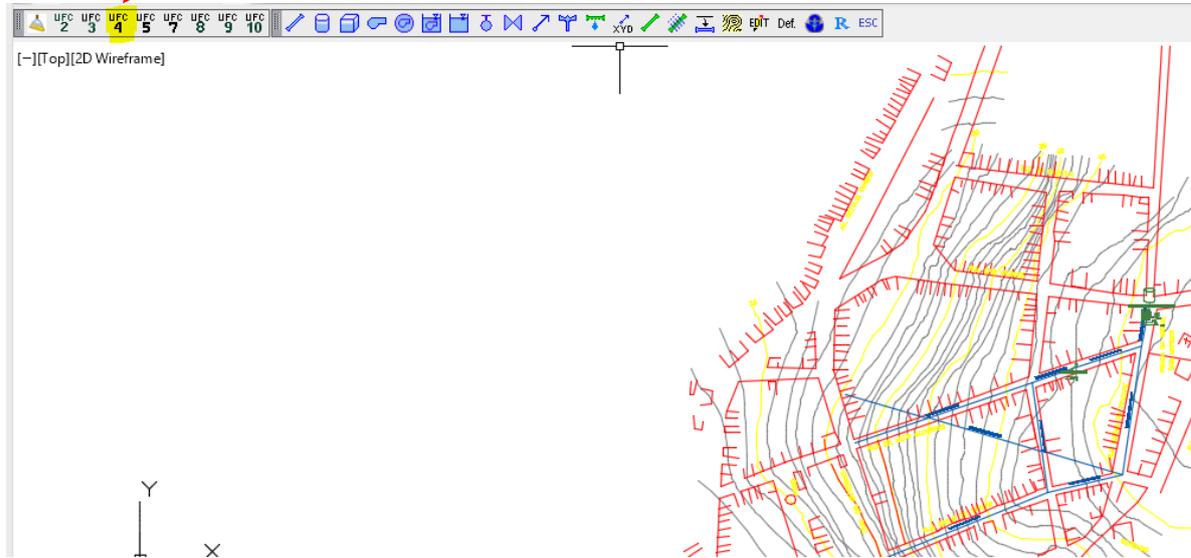
;DN(mm) DI (m) Espessura(m) Pressão de serviço(mca)
50 0.0546 0.0027 60
75 0.0772 0.0039 60
100 0.100 0.0050 60

<Material 4>
PVC DEFoFo
DEFF ;Layer
140 ;C-HW
0.0015 ;e-Dw (mm)
3.0E+9 ;Mod. Elasticidade1 (Pa)
0.38 ;Coef. Poisson

;DN(mm) DI (m) Espessura(m) Resistência máx (mca)
100 0.1084 0.0048 100
150 0.1564 0.0068 100
200 0.2022 0.0089 100
250 0.2520 0.0110 100
300 0.2998 0.0131 100
400 0.3946 0.0172 100
500 0.4984 0.0213 100
```

### 3.6.1 Inicializado o Módulo UFC4

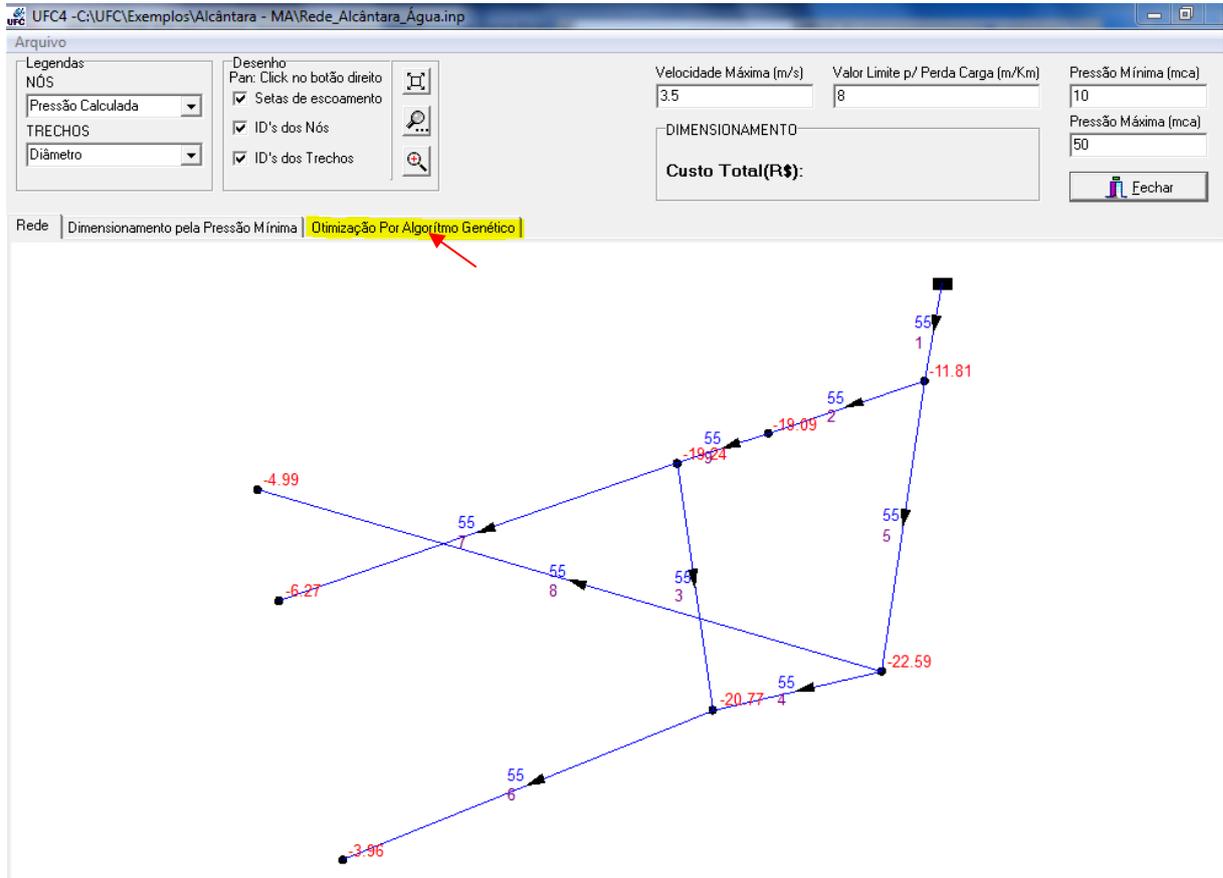
A partir do Ambiente AutoCAD, uma vez traçada a rede no UFC2, clique no ícone:



Uma vez no ambiente do , clique em arquivo e depois em Abrir:



e depois clique duas vezes no arquivo:  Rede\_Alcantara\_Agua.inp . Em seguida clique na opção: **Otimização Por Algoritmo Genético**



Arquivo

Legendas:  
 NÓS: Pressão Calculada  
 TRECHOS: Diâmetro

Desenho:  
 Pan: Click no botão direito  
 Setas de escoamento  
 ID's dos Nós  
 ID's dos Trechos

Velocidade Máxima (m/s): 3.5  
 Valor Limite p/ Perda Carga (m/Km): 8  
 Pressão Mínima (mca): 10  
 Pressão Máxima (mca): 50

DIMENSIONAMENTO  
 Custo Total(R\$):

Fechar

---

Rede | Otimização Por Algoritmo Genético | Dimensionamento pela Pressão Mínima

Dados Iniciais | Redes Hidráulicamente Possíveis | Gráfico

Opções:  
 População de Diâmetros Inicial: 400  
 Tipo de Seleção: Torneio  
 Taxa de Crossover(%): 95  
 Taxa de Mutação(%): 0.5  
 Número de Gerações: 100

OTIMIZAR

Salvar inp

Salvar Gráfico

Relatório

Opções de otimização:  
 Desconsiderar valor limite para a perda de carga  
 Considerar valor limite para a perda de carga após a otimização

Trechos


Nós


Custo da Rede Ótima(R\$)

### 3.6.2 Restrições Hidráulicas para Redes de Água segundo a Norma NBR 12218

De acordo com a Norma Brasileira NBR12218, de 1994, As principais restrições hidráulicas as quais uma rede pública de abastecimento de água deve obedecer são:

**5.4.1** A pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500 kPa (ou **50** mca), e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa (ou **10** mca).

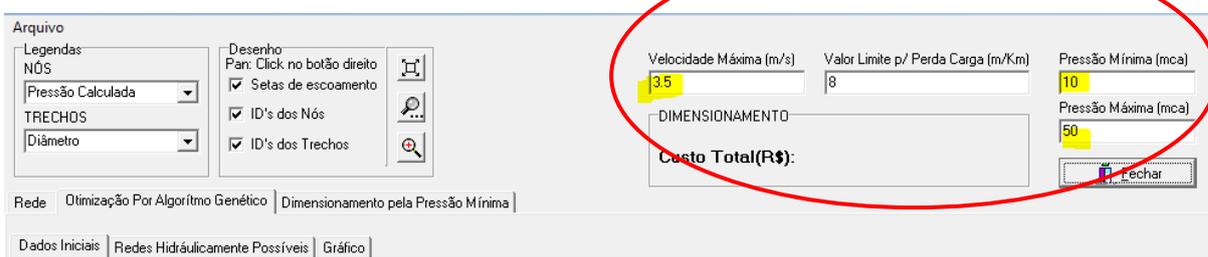
**5.7.1** A velocidade mínima nas tubulações deve ser de **0,6** m/s, e a máxima, de **3,5** m/s; estes limites referem-se às demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução da rede.

**5.7.2** O Diâmetro Nominal (DN) mínimo dos condutos secundários é de **50** mm.

**OBS: A Velocidade Mínima de 0,6 m/s e o Diâmetro Nominal Mínimo de 50 mm são, muitas vezes, incompatíveis para determinadas situações.**

**5.7.3** O cálculo da perda de carga distribuída deve ser feito preferencialmente pela **Fórmula Universal** (ou Fórmula de Darcy-Weisbach), considerando, também, o efeito do envelhecimento do material das tubulações da rede.

Estas restrições são os valores default do  (com exceção da restrição de velocidade mínima):



Arquivo

Legendas  
NÓS  
Pressão Calculada  
TRECHOS  
Diâmetro

Desenho  
Par: Click no botão direito  
 Setas de escoamento  
 ID's dos Nós  
 ID's dos Trechos

Velocidade Máxima (m/s) 3.5  
Valor Limite p/ Perda Carga (m/Km) 8  
Pressão Mínima (mca) 10  
Pressão Máxima (mca) 50  
Custo Total(R\$):  
DIMENSIONAMENTO  
Lechar

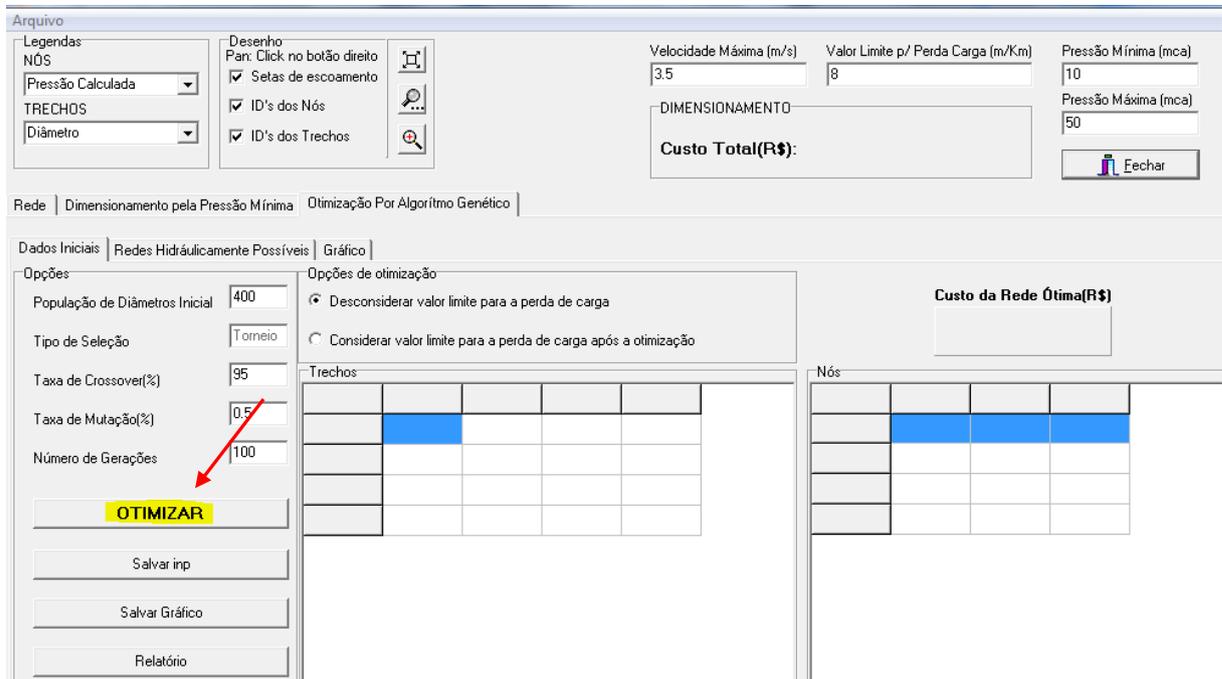
Rede | Otimização Por Algoritmo Genético | Dimensionamento pela Pressão Mínima

Dados Iniciais | Redes Hidráulicamente Possíveis | Gráfico

### 3.6.3 Exemplo de Dimensionamento Econômico da Rede

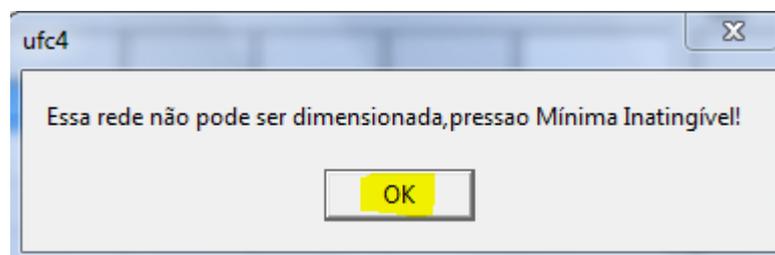
Voltando ao nosso exemplo de dimensionamento otimizado, clique no ícone

**OTIMIZAR**



**Figura 24-Aba otimização por Algoritmo genético.**

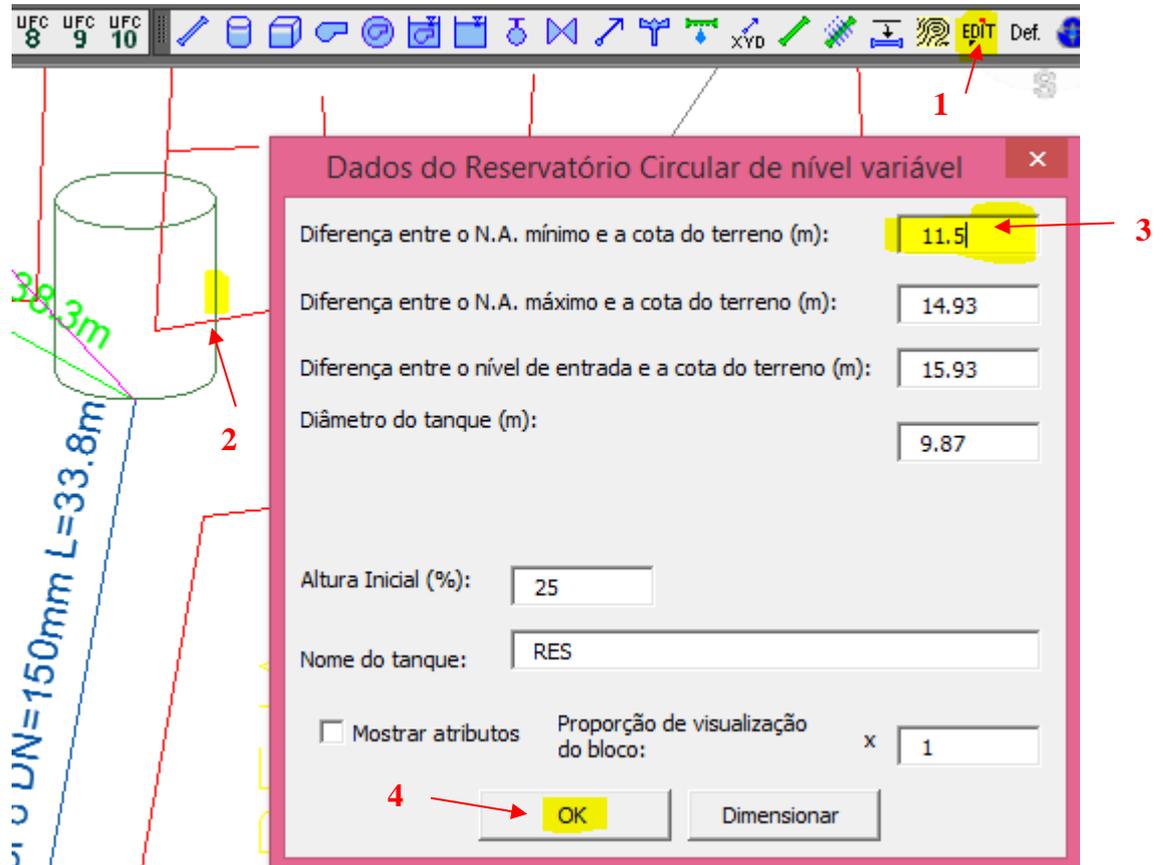
Ao tentar otimizar (a mesma rede exemplo) teremos a seguinte mensagem: “Essa rede não pode ser dimensionada, pressão mínima inatingível”. Clique em OK:



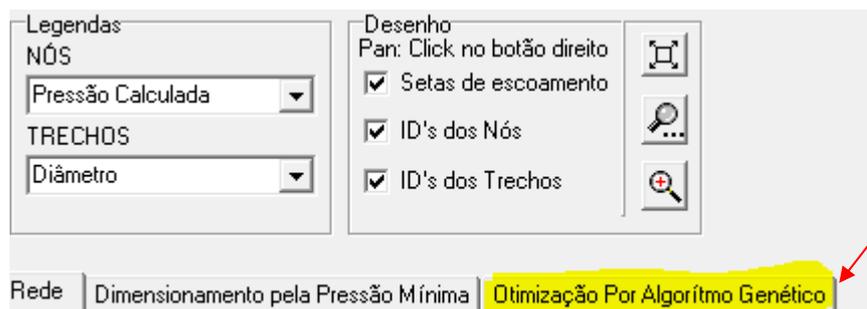
**Figura 25-Módulo UFC4**

Essa mensagem indica que, considerando a série de diâmetros informados como disponíveis para dimensionamento no arquivo  **CustoDW.txt** (ver figura 29), o Módulo UFC4 informa que nem com o máximo diâmetro interno informado, no caso de 498.4 mm foi possível obter-se pressões dinâmicas acima ou iguais à mínima desejada (10 mca).

Neste caso, a única alternativa é voltar ao arquivo da rede traçada no AutoCAD e editar o reservatório para aumentar a diferença entre o N.A. Mínimo e a Cota do Terreno para 11.5 m:



Em seguida clique no ícone  e siga a mesma sequência de otimização anteriormente descrita anteriormente:





De acordo com a tela de resultados da seguinte figura, temos todas as pressões dinâmicas e estáticas de acordo com a norma.

**Custo Total(R\$): 17141.94**

**Custo da Rede Ótima(R\$): 17141.94**

Nó	Cota (m)	Pressão Estática (m)	Pressão Dinâmica (m)
1	50.65	14.33	10.31
2	46.21	18.77	12.47
3	47.42	17.56	11.24
4	50.11	14.87	10.08
5	30.07	34.91	28.03
6	32.62	32.36	25.41
7	30.44	34.54	27.60
8	47.84	17.14	12.16
9	61.91	3.07	0.00

Trecho	Comprimento(m)	Diametro(mm)	Perda de Carga(m/km)	Velocidade(m/s)
1	34.10	100	27.74	1.85
2	56.31	77.2	17.04	1.18
3	85.81	54.6	0.33	0.10
4	59.23	54.6	25.89	1.18
5	101.01	100	7.67	0.90
6	136.46	54.6	4.10	0.42
7	144.06	54.6	4.51	0.44
8	222.17	54.6	9.68	0.68
9	32.79	54.6	40.29	1.51

Observe que, após otimizar a rede, o UFC4 informa o custo total da mesma. É muito importante observar que este custo total foi calculado considerando os Custos Unitários do arquivo: **CustoDW.txt**

Observe também que os parâmetros default da Metodologia de Algoritmo Genético estão apresentados na aba de opções:

**Opções**

População de Diâmetros Inicial: 400

Tipo de Seleção: Torneio

Taxa de Crossover(%): 95

Taxa de Mutação(%): 0.5

Número de Gerações: 100

#### Parâmetros Default do Método de Algoritmo Genético

Note que o item população de Diâmetros inicial não se refere a habitantes e sim ao número de combinações de redes que será inicialmente gerada.

### 3.6.4 Critério de limite para a perda de carga unitária

Apesar de não ser uma restrição hidráulica recomendada pela Norma NBR 12218, é comum projetistas e Companhias de Saneamento, no Brasil, adotarem, como critério extra de dimensionamento, um valor limite para a perda de carga unitária. É comum estabelecer este valor como **8 m/Km**. Visando satisfazer esse critério você deve habilitar siga o procedimento:

Velocidade Máxima (m/s): 3.5

Valor Limite p/ Perda Carga (m/Km): 8

Otimização por Algoritmo Genético

Custo Total(R\$): 17141.94

Rede | Dimensionamento pela Pressão Mínima | Otimização Por Algoritmo Genético

Dados Iniciais | Redes Hidráulicamente Possíveis | Gráfico

Opções

População de Diâmetros Inicial: 400

Tipo de Seleção: Torneio

Taxa de Crossover(%): 95

Taxa de Mutação(%): 0.5

Número de Gerações: 100

Otimizar

Opções de otimização

Desconsiderar valor limite para a perda de carga

Considerar valor limite para a perda de carga após a otimização

Trechos

Trecho	Comprimento(m)	Diâmetro(mm)	Perda de Carga(m/km)	Velocidade(m/s)
1	34.10	100	27.74	1.85
2	56.31	77.2	17.04	1.18
3	85.81	54.6	0.33	0.10
4	59.23	54.6	25.89	1.18
5	101.01	100	7.67	0.90
6	136.46	54.6	4.10	0.42
7	144.06	54.6	4.51	0.44
8	222.17	54.6	9.68	0.68
9	32.79	54.6	40.29	1.51

Nós

Nó	Cota (m)	Pressão Estática (r)
1	50.65	14.33
2	46.21	18.77
3	47.42	17.56
4	50.11	14.87
5	30.07	34.91
6	32.62	32.36
7	30.44	34.54
8	47.84	17.14
9	61.91	3.07

Custo da Rede (R\$): 17141.9

Figura 26-Considerar perda de carga limite (Dimensionamento pela pressão mínima).

Custo Total(R\$): **20108.05**

ção Por Algoritmo Genético

o

de otimização

considerar valor limite para a perda de carga

siderar valor limite para a perda de carga após a otimização

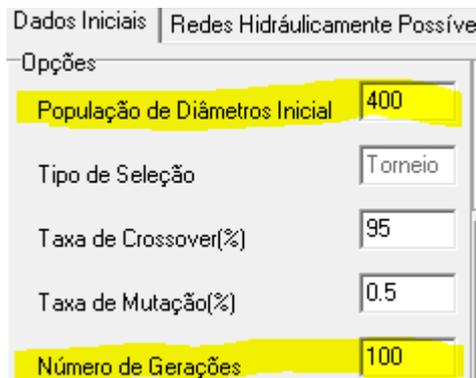
Comprimento(m)	Diametro(mm)	Perda de Carga(m/km)	Velocidade(m/s)	Nó	Cota (m)	Pre
34.10	156.4	3.23	0.75	1	50.65	
56.31	100	6.18	0.80	2	46.21	
85.81	54.6	4.09	0.42	3	47.42	
59.23	77.2	2.82	0.43	4	50.11	
101.01	100	6.28	0.81	5	30.07	
136.46	54.6	4.10	0.42	6	32.62	
144.06	54.6	4.51	0.44	7	30.44	
222.17	77.2	1.86	0.34	8	47.84	
32.79	100	3.13	0.55	9	61.91	

Observe que após dimensionar, os **valores da perda de carga irão diminuir**, mas para isso **o programa irá aumentar os diâmetros**. Observe que a **rede ficou mais cara**, portanto, o usuário deve decidir se usará a de considerar o valor limite da perda de carga como critério de dimensionamento, considerando que o critério de limite da perda de carga não está na norma vigente (NBR 12218)

### 3.6.5 Critério de Verificação da precisão do Dimensionamento Econômico

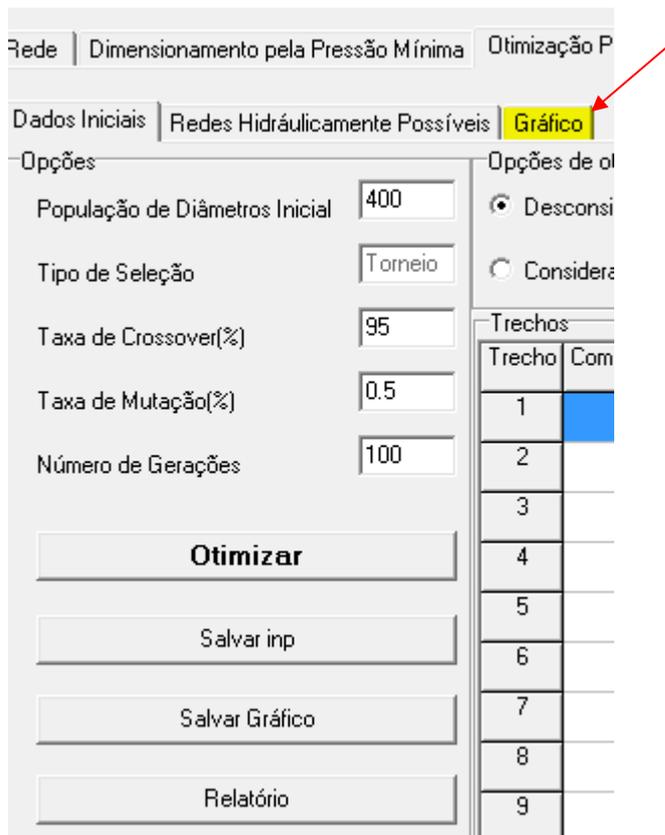
O Algoritmo Genético é um Método de Otimização baseado em uma geração de uma série de redes de diversos diâmetros e posterior seleção da mais econômica. As variáveis mais importantes a serem estabelecidas são a **População de Diâmetros Inicial** e o **Número de Gerações** :

Os valores default destas variáveis são 400 e 100 respectivamente.

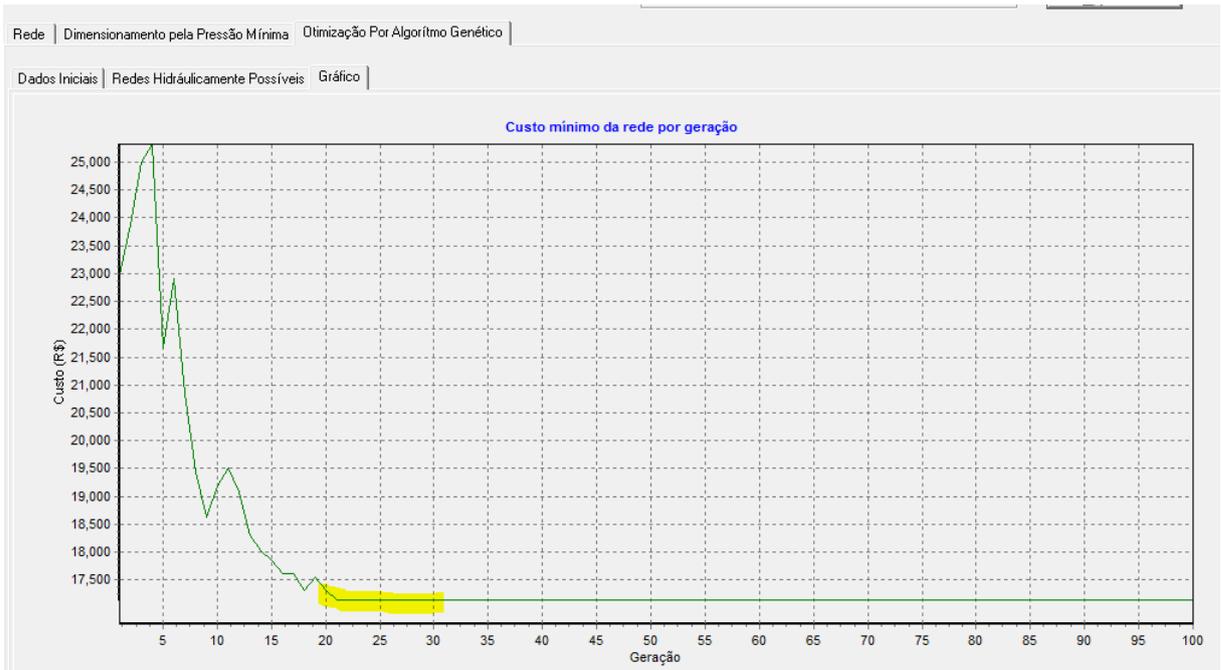


Dados Iniciais	
População de Diâmetros Inicial	400
Tipo de Seleção	Torneio
Taxa de Crossover(%)	95
Taxa de Mutação(%)	0.5
Número de Gerações	100

Entretanto, é absolutamente essencial que, após executado o processo de otimização, o usuário verifique o gráfico de Custo Mínimo da rede por geração através do ícone:

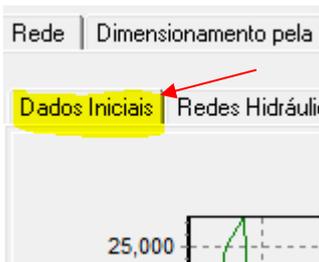


Trechos	
Trecho	Com
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

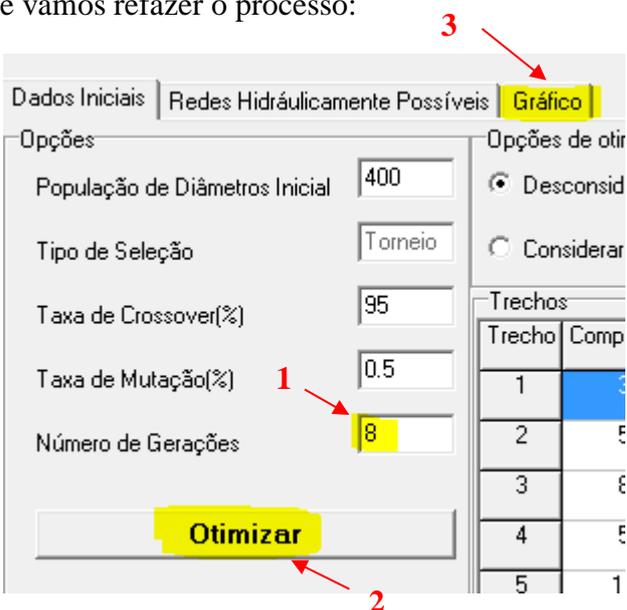


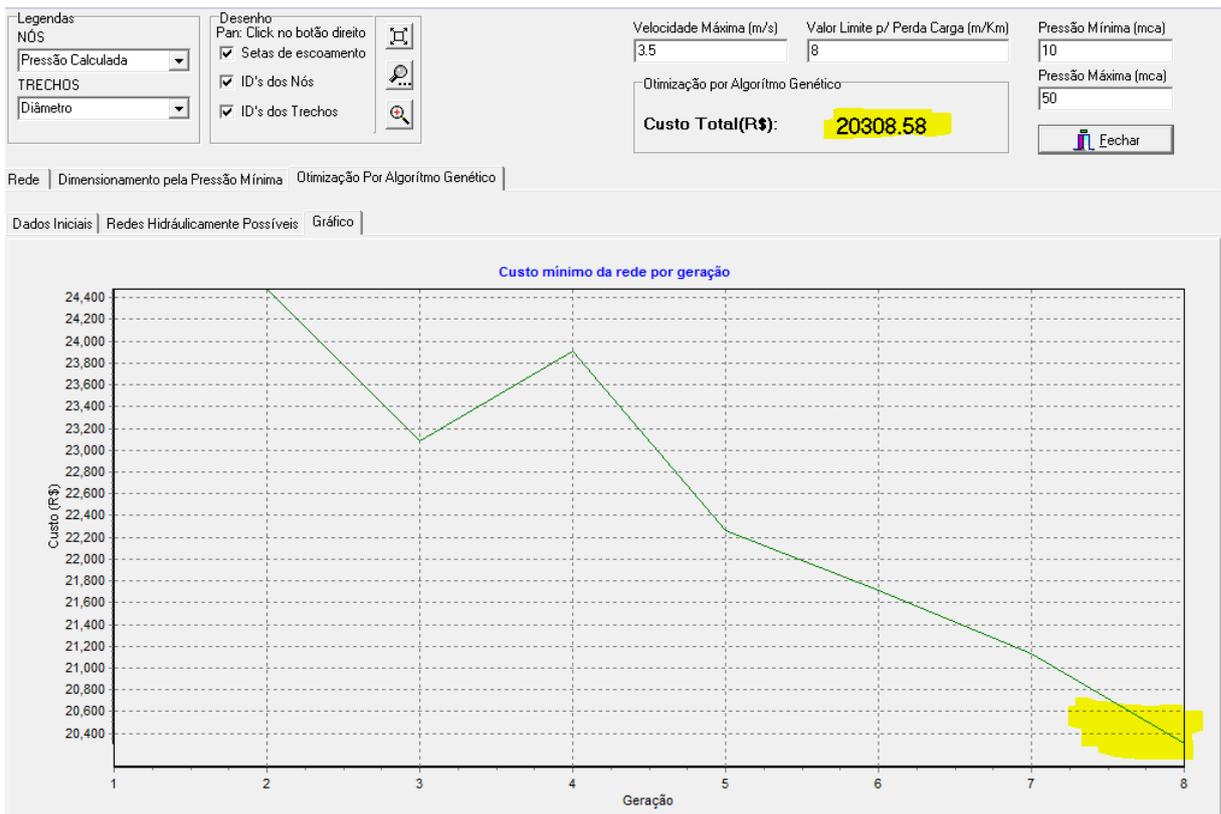
Observe que tem que ser estabelecido, após um certo número de gerações (no caso acima 22 gerações) um patamar mínimo e inalterado para o usuário ter confiança de que o processo conseguiu determinar uma rede de custo mínimo.

Vamos alterar a variável **Número de Gerações** para 8:



e vamos refazer o processo:

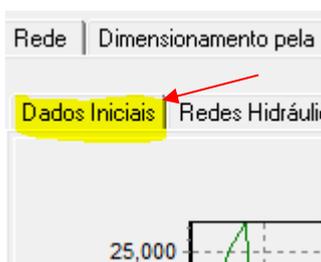




Observe que ao final do processo de otimização não foi estabelecido o patamar constante de custo mínimo indicando que a rede mais econômica não foi alcançada.

Assim, é absolutamente essencial, ao se usar este processo de otimização, a verificação do estabelecimento do patamar de custo mínimo. Caso este patamar não tenha sido alcançado, o usuário deve aumentar o valor da variável **Número de Gerações** até estabelecer este patamar.

Para voltar a rede clique em:



### 3.6.6 Salvando o arquivo de Exportação para o AutoCAD

Uma vez encerrado o dimensionamento da rede, deve-se salvar o arquivo de exportação para o AutoCAD segundo o procedimento:

The screenshot shows the software interface with the 'Arquivo' menu open. The 'Salvar inp' button is highlighted in yellow and marked with a red arrow and the number '1'. A dialog box titled 'ufc4' is also highlighted in yellow and marked with a red arrow and the number '2'. The dialog box contains the text 'Rede Salva 2' and an 'OK' button.

Trecho	Comprimento(m)	Diametro(mm)	Perda de Carga (m/Km)	Velocidade(m/s)
1	34.10	100		1.85
2	56.31	77.2		1.18
3	85.81	54.6		0.10
4	59.23	54.6		1.18
5	101.01	100	7.67	0.90
6	136.46	54.6	4.10	0.42
7	144.06	54.6	4.51	0.44
8	222.17	54.6	9.68	0.68
9	32.79	54.6	40.29	1.51

Observe que o arquivo contendo a rede dimensionada foi salvo no diretório do disco rígido no qual você está trabalhando com o nome: Rede\_Alcântara\_Água.inp

Finalmente feche o UFC4:

The screenshot shows the software interface with the 'UFC4' window title bar at the top. The 'X' button is highlighted in yellow and marked with a red arrow. The interface displays various parameters and a 'Fechar' button.

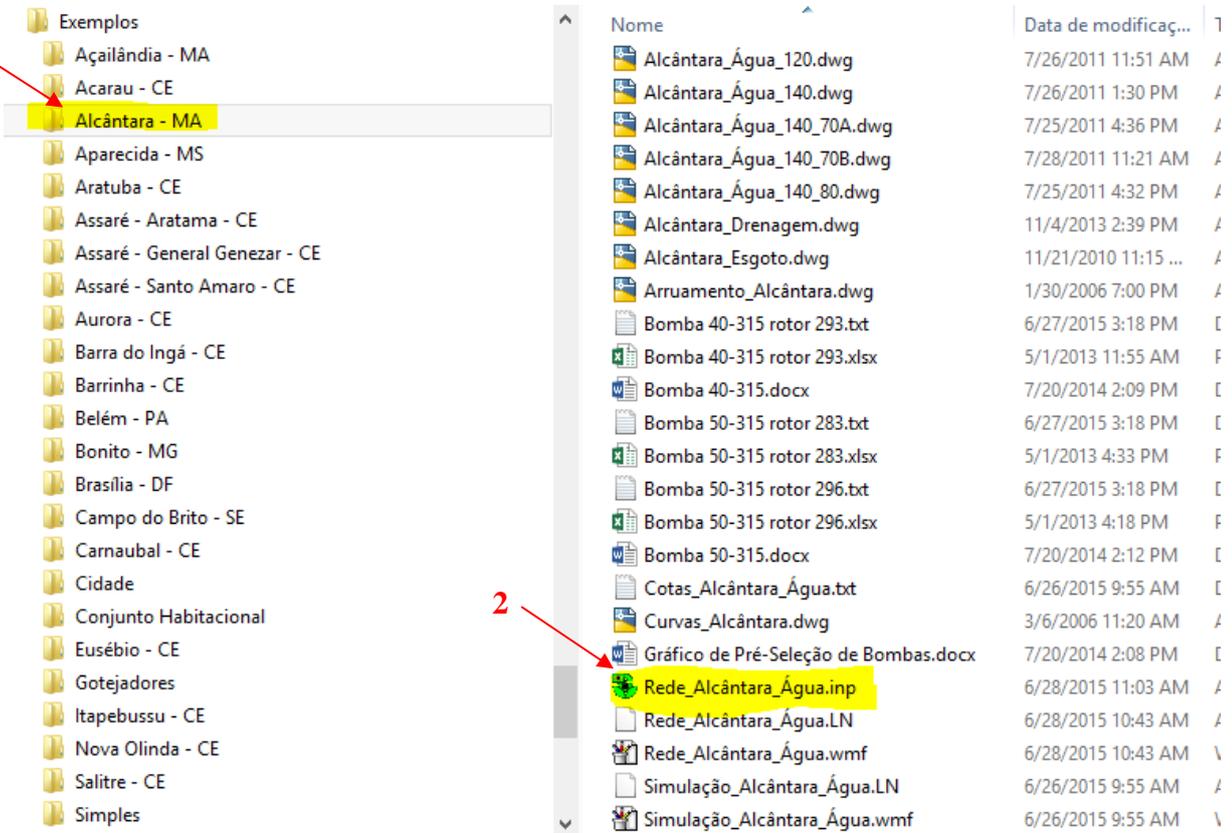
Velocidade Máxima (m/s)	Valor Limite p/ Perda Carga (m/Km)	Pressão Mínima (mca)
3.5	8	10
		Pressão Máxima (mca)
		50

**Custo Total(R\$): 20308.58**

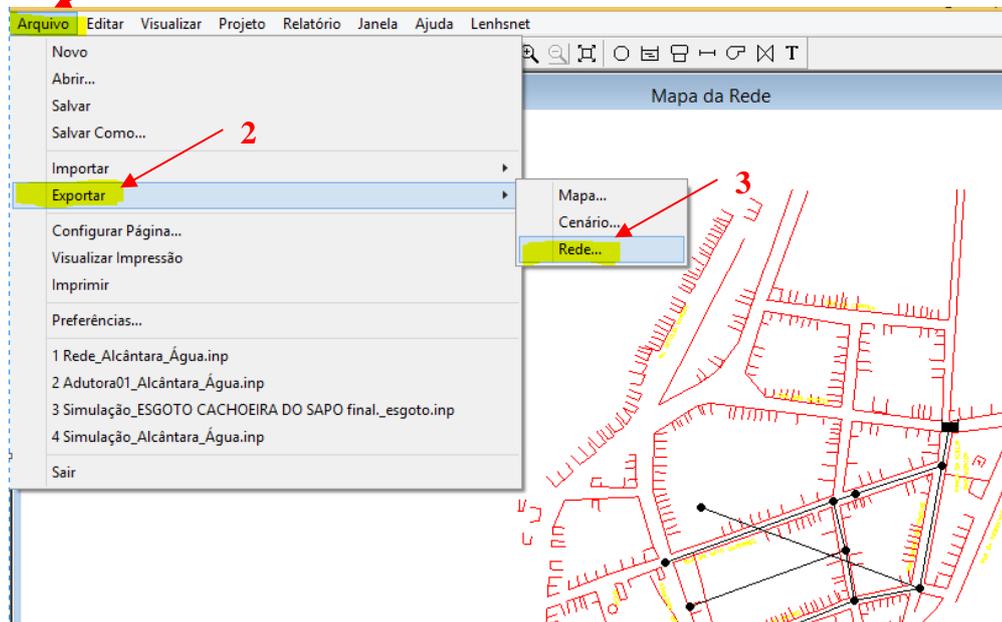
### 3.6.7 Redesenhando a rede dimensionada no AutoCAD

Visando traçar a rede dimensionada no ambiente AutoCAD, deve-se inicializar o

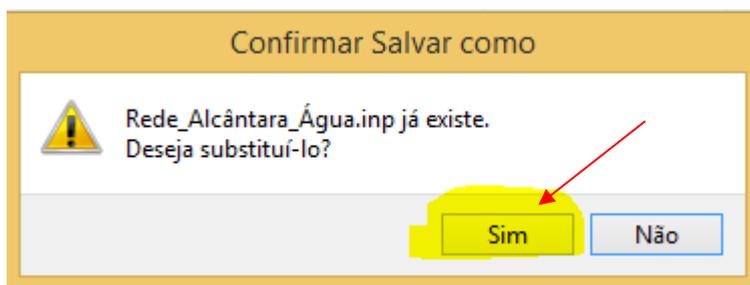
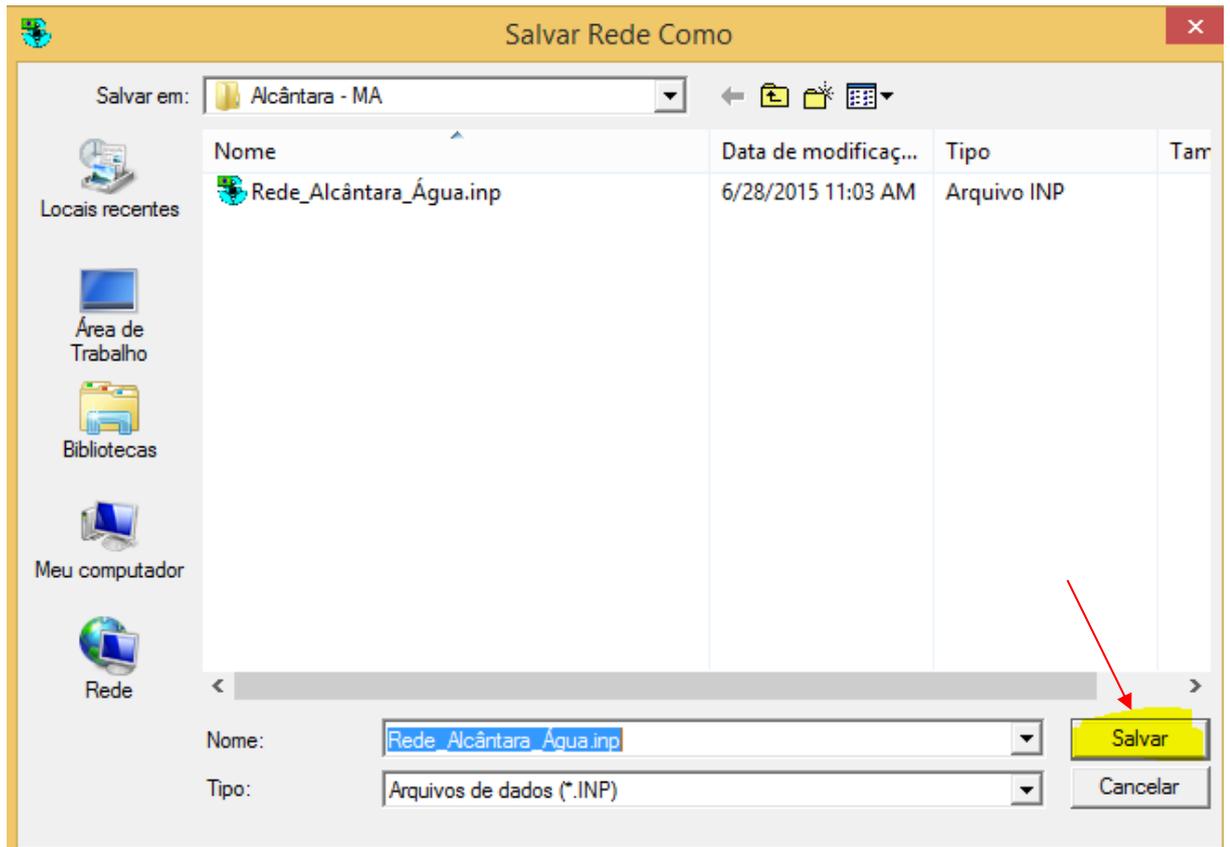
1 arquivo EPANET:  Rede\_Alcântara\_Água.inp, o qual está no endereço:



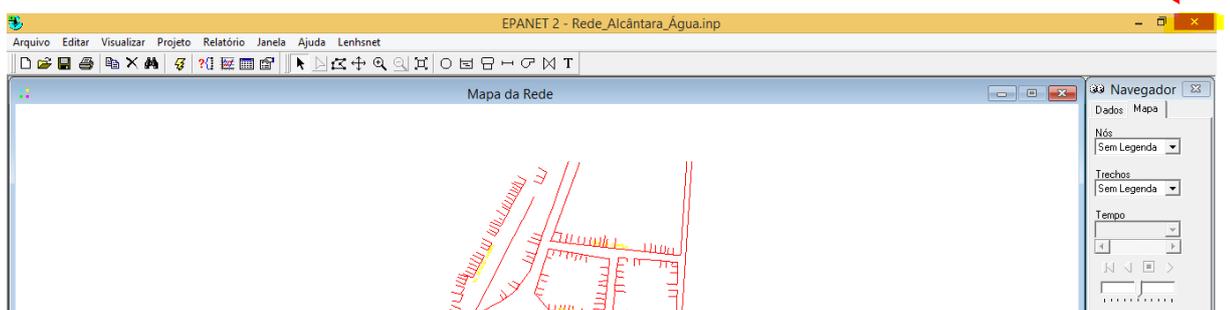
Uma vez no ambiente EPANET, deve-se exportar a rede dimensionada através dos comandos:



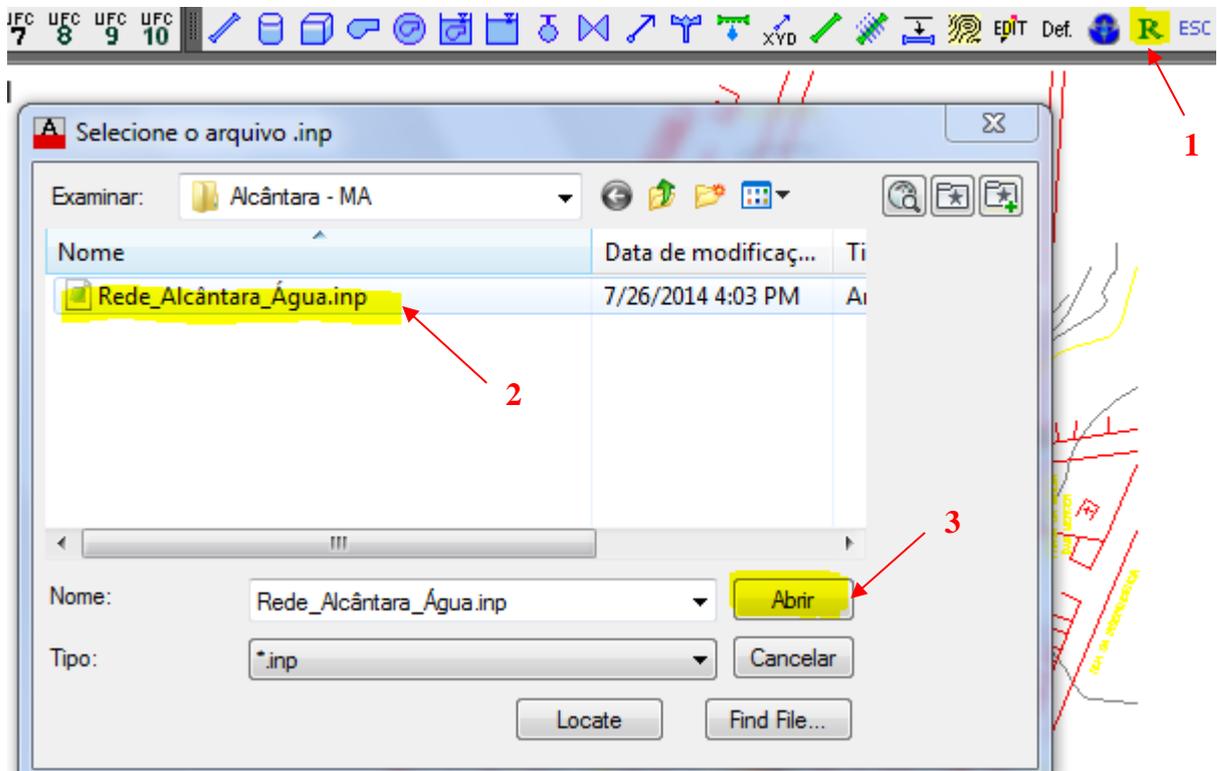
Em seguida, clique em salvar o arquivo  Rede\_Alcântara\_Água.inp na área:



Feche o EPANET:



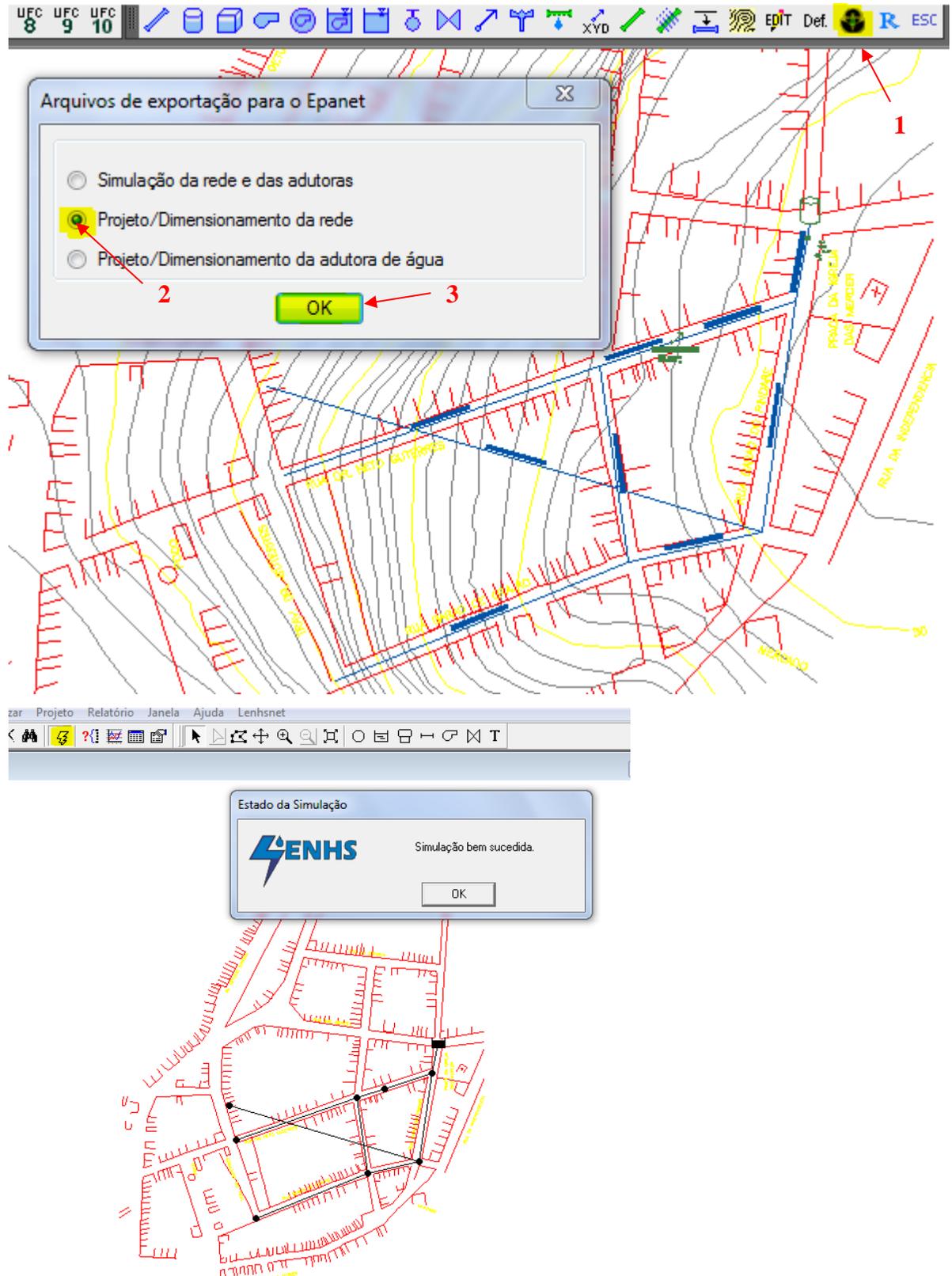
Em seguida, deve-se voltar ao ambiente AutoCAD e clicar no ícone  e, em seguida, clique no arquivo  **Abrir**, e o programa irá refazer sua rede já dimensionada.



Lembre-se de salvar a rede como Alcântara.Água.dwg na opção "Save".

### 3.6.8 Simulação da rede dimensionada no EPANET

Visando criar a rede dimensionada no EPANET, deve-se repetir mesmo procedimento descrito na seção 3.5:



### 3.7 UFC3: INSERÇÃO DE CONEXÕES NA REDE E DETERMINAÇÃO DOS QUANTITATIVOS

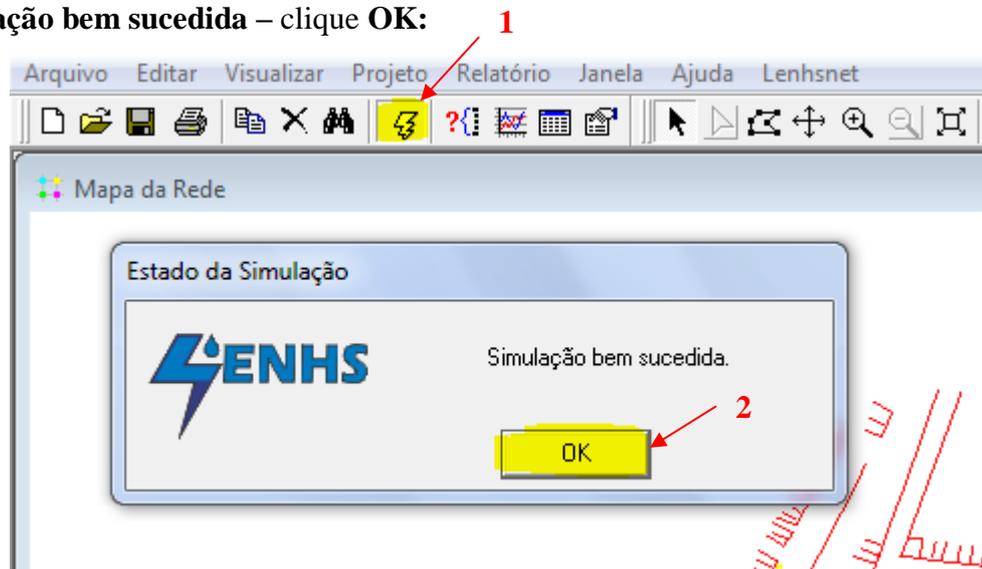
Entre as tarefas que mais demandam tempo no projeto de uma rede de água é a das **conexões** que ligarão os tubos. O Sistema UFC, através do UFC3, realiza esta tarefa, além de gerar os quantitativos da rede e outras tarefas.

#### 3.7.1 Criação de Arquivo rpt no EPANET

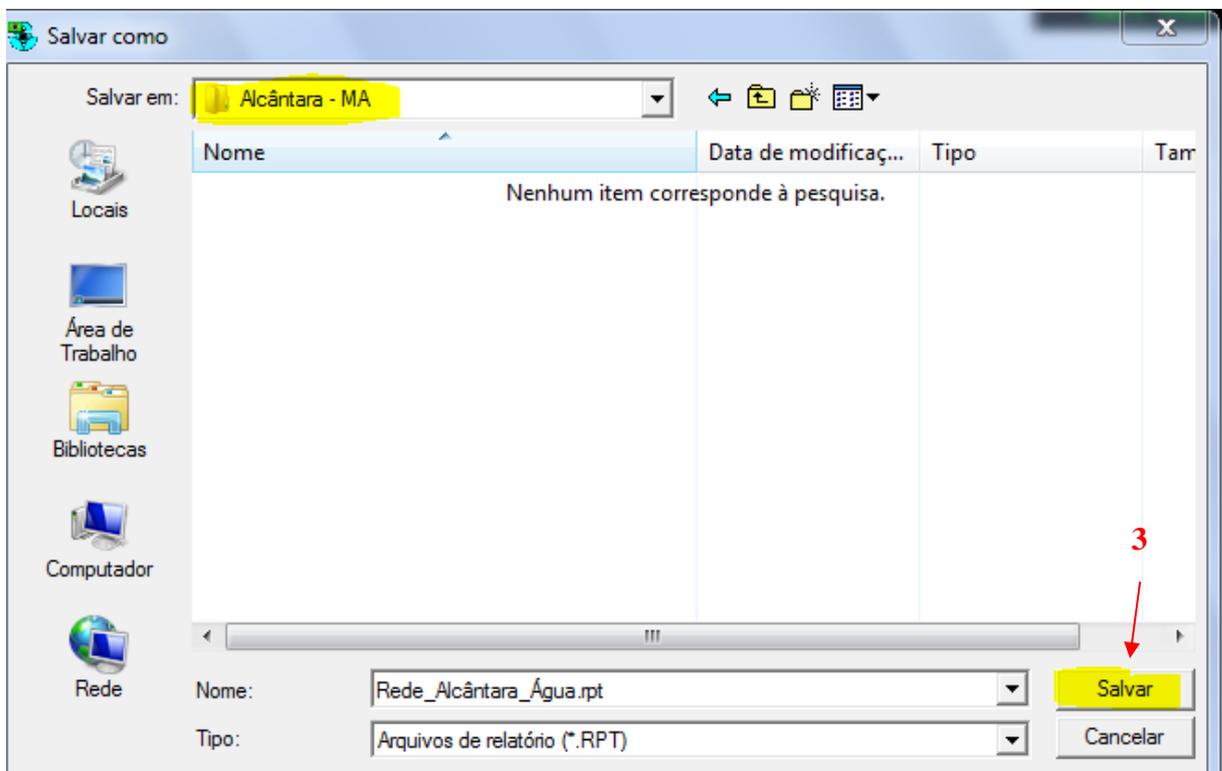
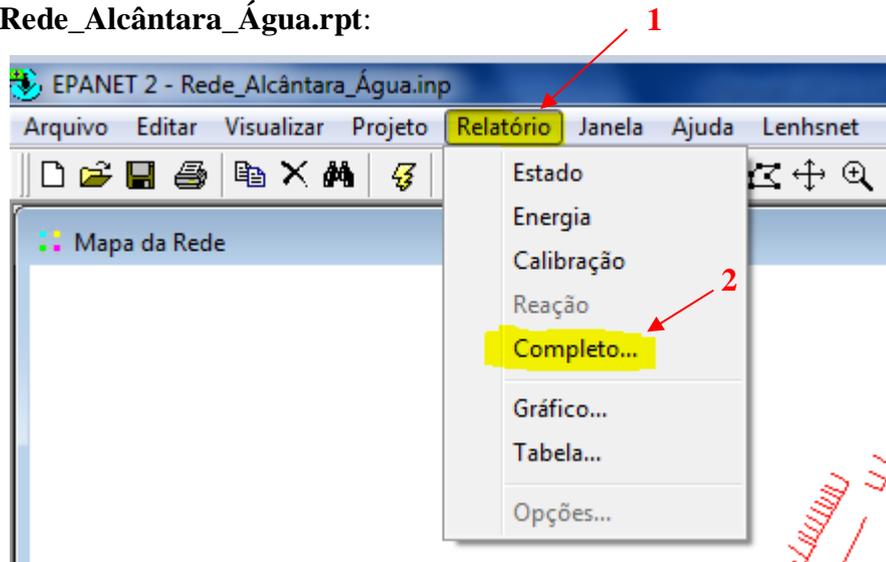
O primeiro passo visando a inserção de conexões é a criação de um arquivo no formato texto dentro do ambiente EPANET. Este arquivo tem a terminação \*.rpt e contém os dados da rede tais como comprimento, diâmetro da tubulação, pressão, vazão, etc, .

Para criar este arquivo, no Módulo UFC2 clique no sub-ícone do **EPANET - Projeto/Dimensionamento da rede** – clique **OK**.

No EPANET, clique no ícone **Executar simulação** – Irá aparecer a mensagem: **Simulação bem sucedida** – clique **OK**:



Ainda no EPANET, clique na opção **Relatório / Completo...** – e salve na área de trabalho. No nosso Exemplo será salvo em **C:/UFC/Exemplos/Alcântara – MA**. Salve com o nome: **Rede\_Alcântara\_Água.rpt**:



**Observação:** Não é aconselhável que mude a nomenclatura que o sistema está gerando para seus arquivos.

### 3.7.2 Inserção de Conexões

No AutoCAD, habilite o módulo UFC3 , para aparecer os sub-ícones do módulo UFC3.

**Observação:** somente habilite o módulo UFC3 depois de você ter criado, no ambiente EPANET, o arquivo de relatório completo da rede: \*.rpt, conforme explicado na seção 3.7.1:

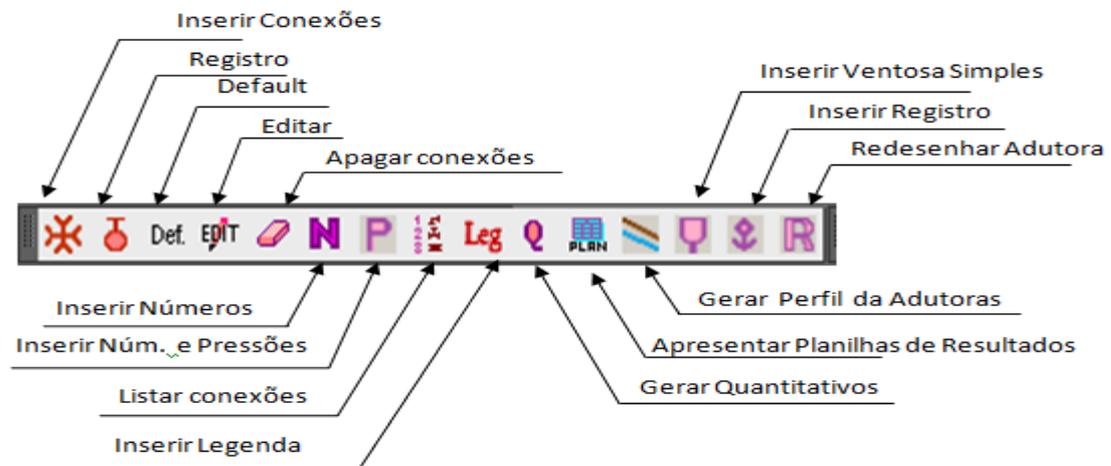
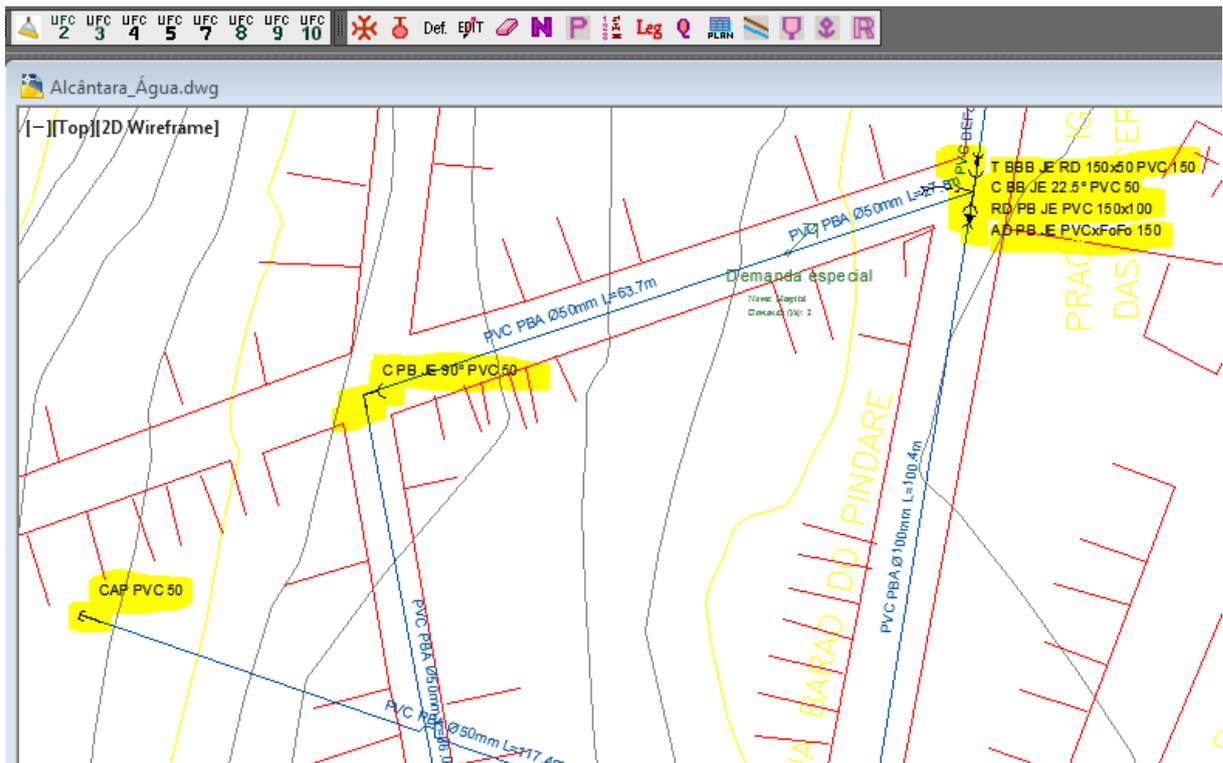


Figura 27-Ferramentas do UFC3.

Para inserir as conexões, clique no sub-ícone **Cruzeta**  do UFC3. Automaticamente as conexões serão inseridas no desenho.

**Observação:** As conexões só devem ser inseridas quando toda a rede já estiver dimensionada.



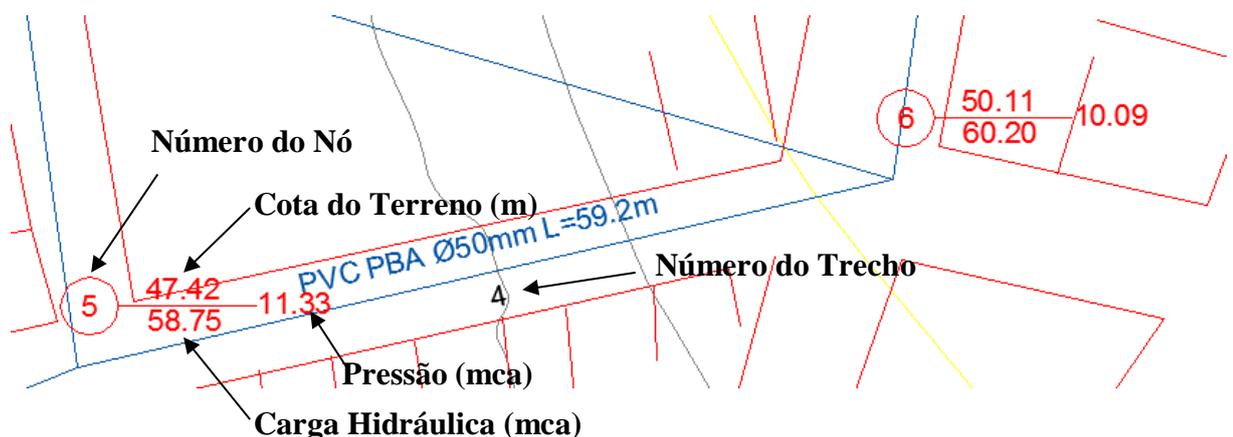
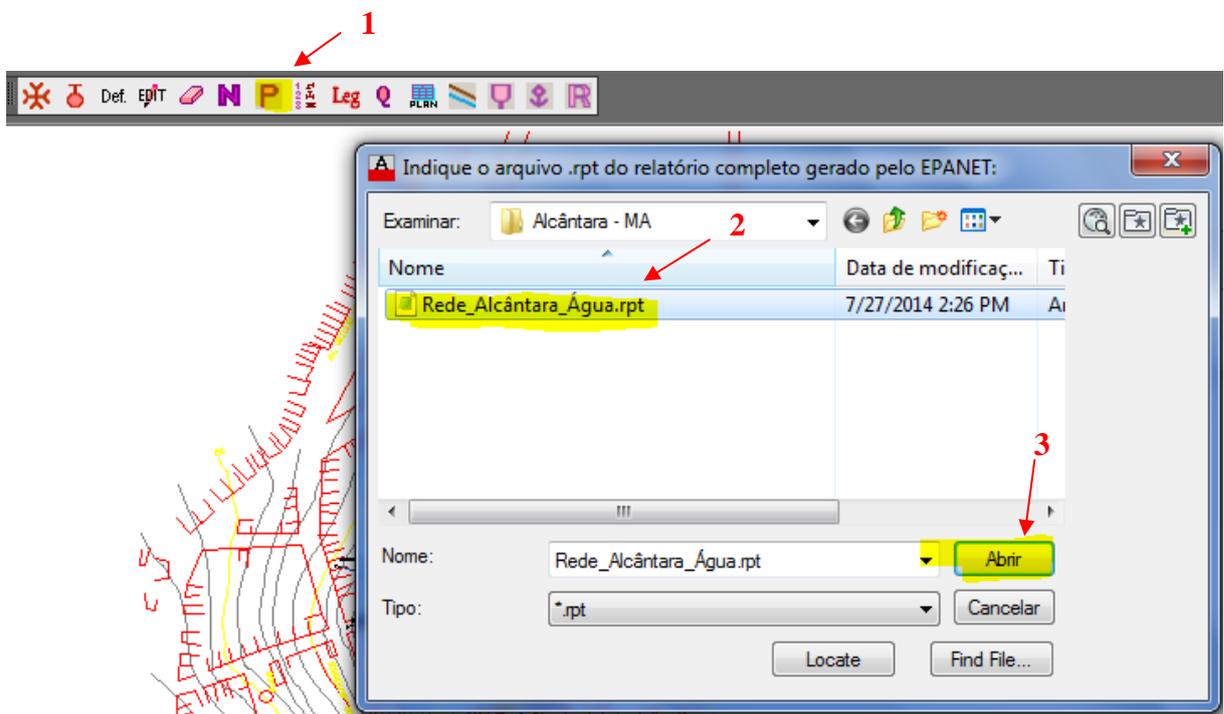
Para ocultar as conexões clique em .

### 3.7.3 Inserção da Numeração dos Nós e dos Trechos no AutoCAD

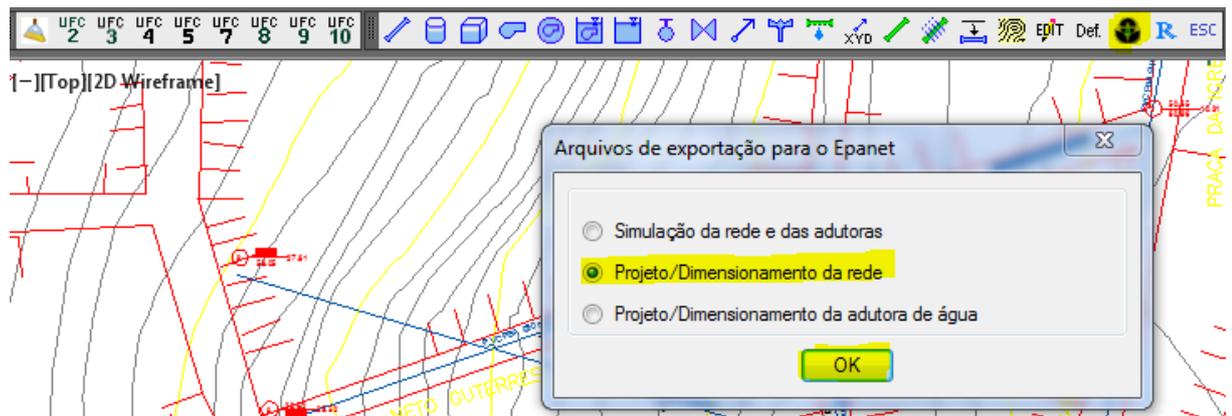
**Observação:** Realize esta operação somente após ter:

- CRIADO O ARQUIVO DE RELATÓRIO (\*.rpt) (VER ÍTEM 4.9.1)
- INSERIDO AS CONEXÕES ATRAVÉS DO ÍCONE  (VER ÍTEM 4.9.2)

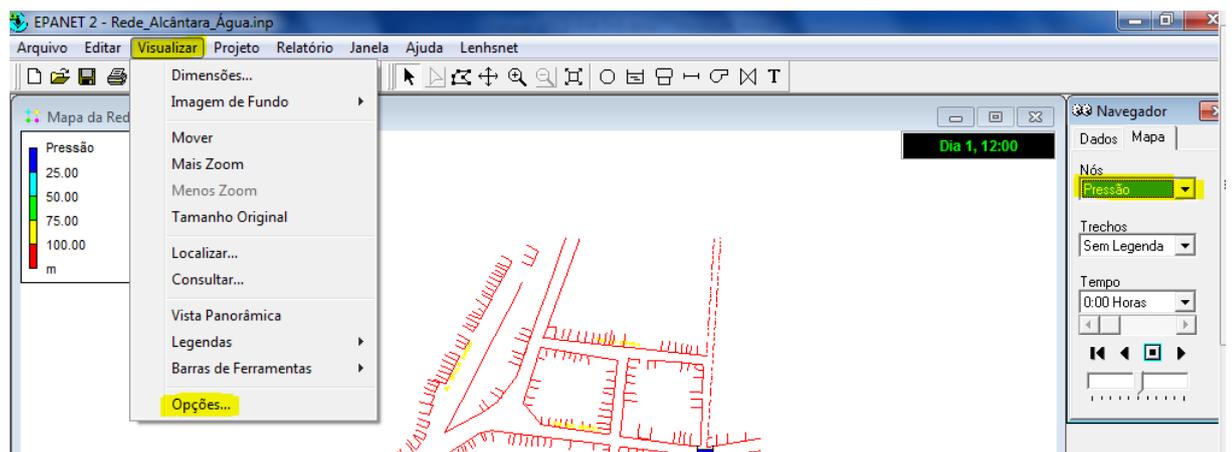
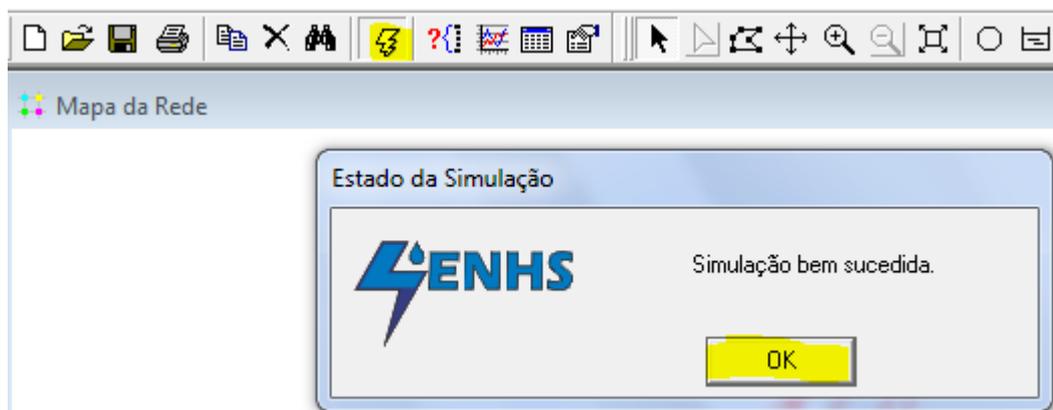
É importante que você insira as numerações dos nós e das tubulações no AutoCAD de acordo com o EPANET. Isso porque, para imprimir a sua sua rede, a partir do EPANET, você não obterá um bom resultado, pois o **EPANET não é um bom software de impressão**. Portanto, você deve imprimir pelo AutoCAD, e por isso é bom colocar a mesma numeração dos Nós do EPANET no AutoCAD. Para isso, clique no sub-ícone **P (Inserir números e pressões)** , selecione o arquivo **Rede\_Alcântara\_Água.rpt** que você criou no EPANET – Clique em **Abrir**.

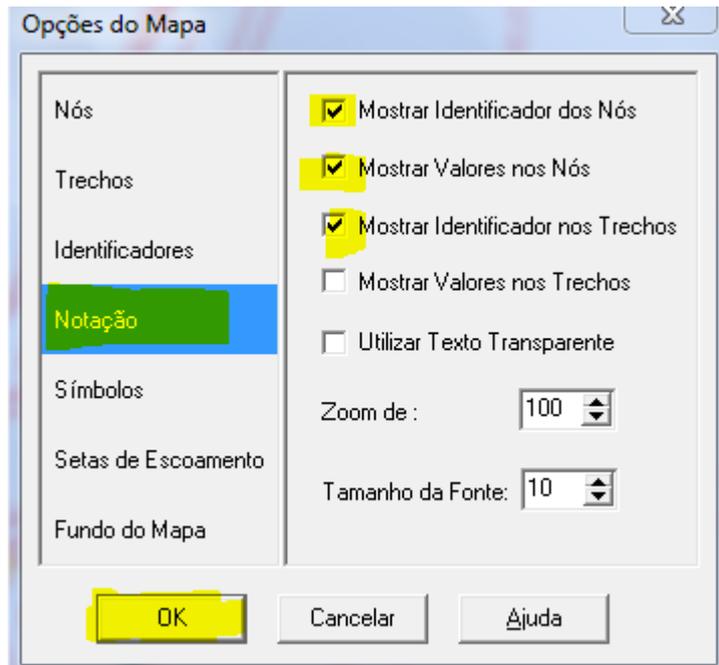


Observe que podemos verificar que a numeração dos trechos e dos nós da rede no AutoCAD é a mesma numeração apresentada no EPANET através da sequência de comandos:



Ao abrir o EPANET – Clique em Executar simulação, vai aparecer a mensagem: “Simulação bem sucedida” / Vá em Navegador / Nós – Selecione Pressão. Depois vá em Visualizar / Opções / Notação – Habilite os itens, aumente o tamanho da fonte para 9 – clique ok. Vá no ícone Executar Simulação – Clique ok:





### 3.7.4 Lista de Conexões

Há uma opção de o usuário ter uma lista de conexões, que não seja do jeito que está no desenho. Para isso, nos subícones do UFC3, clique em **Listar Conexões** . Vai abrir outra janela do programa AutoCAD com todas as conexões listadas.

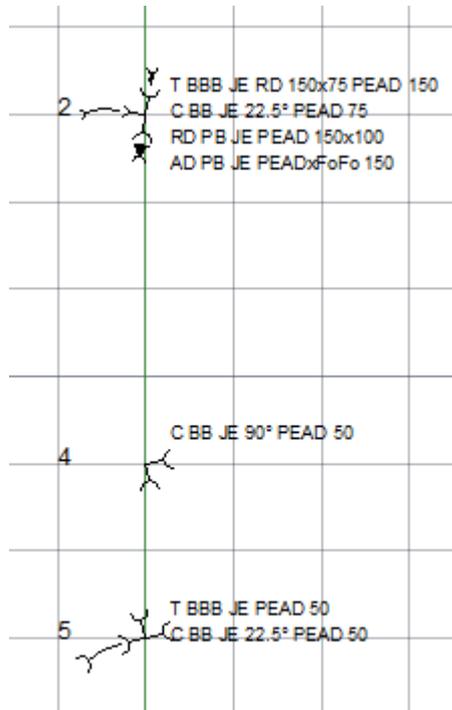
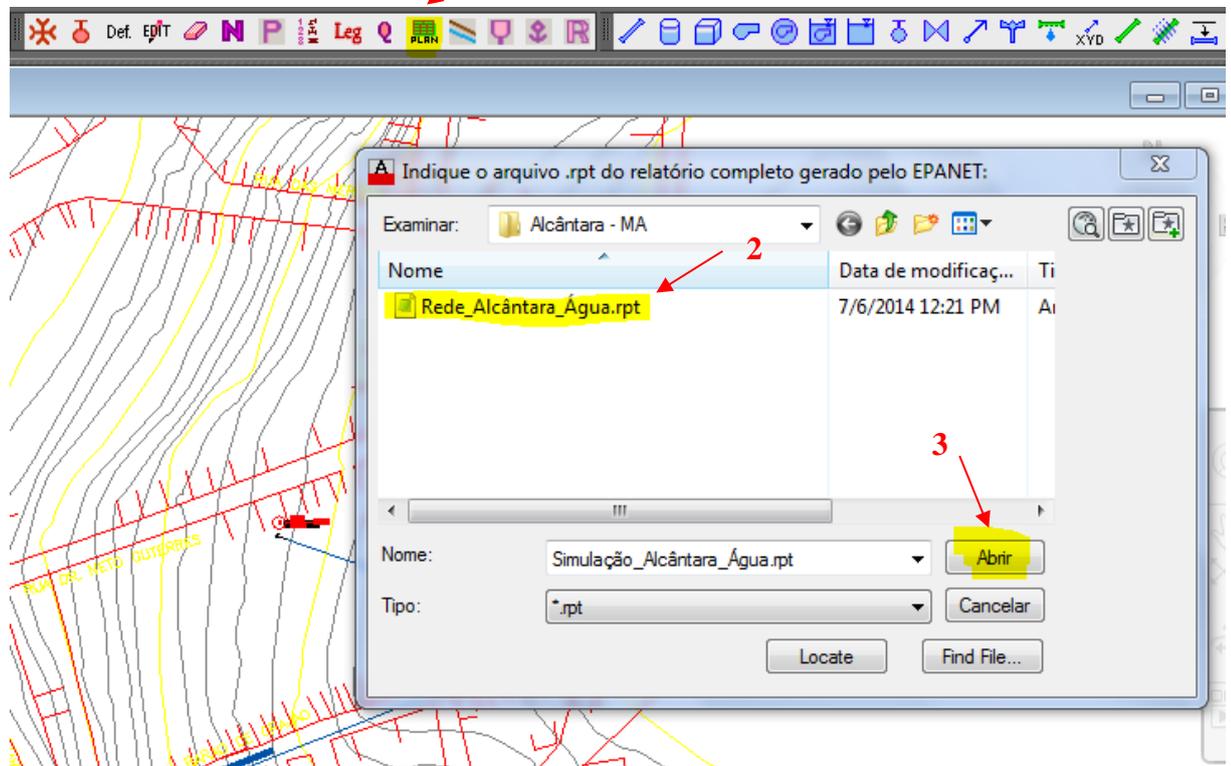


Figura 28-Lista de conexões.

### 3.7.5 Planilha com os resultados dos valores dos nós e dos trechos no Excel

Para você ter as informações dos dados da sua rede em relação os Nós e os Trechos em Excel, como por exemplo, consumo, cota, carga, pressão, etc, clique no ícone do UFC3

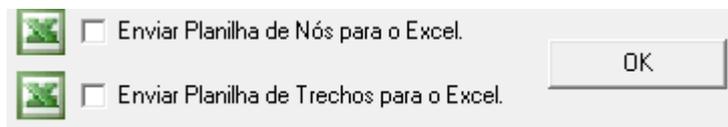
Planilha:  / Abra o arquivo: **Rede\_Alcântara\_Água.rpt**.



PLANILHA DE RESULTADOS - NÓS					PLANILHA DE RESULTADOS - TRECHOS								
NÓ	CONSUMO (L/s)	COTA (m)	CARGA (m)	PRESSÃO (m)	TRECHO	MATERIAL	NÓ INI	NÓ FIN	L (m)	DN (mm)	Q (L/s)	V (m/s)	P.C. (m/Km)
2	2.07	50.70	61.27	10.57	1	PVC DEFOFO	1	2	33.81	150	18.67	0.97	5.81
3	2.79	46.89	59.25	12.36	2	PVC PBA CLASSE 12	2	3	75.21	75	6.46	1.38	26.92
4	2.01	47.48	59.96	12.48	3	PVC PBA CLASSE 12	4	5	54.96	75	5.57	1.19	20.37
5	2.95	50.08	61.08	11.00	4	PVC DEFOFO	5	2	103.33	150	10.14	0.53	1.86
6	1.19	29.62	59.04	29.42	5	PVC PBA CLASSE 12	4	6	141.85	50	1.19	0.51	6.48
7	1.77	46.07	59.07	13.00	6	PVC PBA CLASSE 12	7	8	149.14	50	1.25	0.54	7.11
8	1.25	31.68	58.01	26.33	7	PVC PBA CLASSE 12	7	9	41.81	50	0.64	0.27	2.12
9	1.86	47.33	58.98	11.65	8	PVC PBA CLASSE 12	9	4	42.33	50	2.37	1.01	23.14
10	1.15	32.47	58.14	25.67	9	PVC PBA CLASSE 12	9	10	137.12	50	1.15	0.49	6.09
11	1.62	34.05	58.88	24.83	10	PVC PBA CLASSE 12	5	11	192.80	50	1.62	0.69	11.40
1	-18.67	61.47	61.47	0.00	11	PVC PBA CLASSE 12	3	7	19.23	75	3.66	0.78	9.27

Figura 29-Planilha dos dados dos Nós e Trechos.

Se você quer enviar os dados dos Nós ou Trechos para o Excel, habilite a opção: **Enviar Planilha de Nós/Trechos para o Excel** – clique ok.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	PLANILHA DE RESULTADOS - TRECHOS								
2	TRECHO	NÓ INI	NÓ FIN	L (m)	DI (mm)	Q (L/s)	V (m/s)	P.C. (m/Km)	
3	1	1	2	35.11	156.4	14.5	0.75	3.23	
4	2	2	3	27.77	54.6	5.02	2.14	75.29	
5	3	4	5	85.99	54.6	0.65	0.28	2	
6	4	5	6	56.78	54.6	-3.67	1.57	42.85	
7	5	6	2	100.41	100	-7.53	0.96	8.51	
8	6	5	7	148.02	54.6	1.46	0.62	8.27	
9	7	6	8	117.41	54.6	1.16	0.49	5.49	
10	8	3	4	63.74	54.6	2.12	0.91	16.09	
11									

Figura 30-Planilha em Excel dos dados dos Nós ou trechos.

### 3.7.6 Quantitativos da rede

Para gerar uma planilha de quantitativos da rede, clique no subícone **Gerar Quantitativos** .

Com a planilha de Quantitativos de Rede, você tem a opção de gerar o **orçamento da sua rede** utilizando o programa Excel, para isso clique no símbolo do **Excel**.

UFC3 - Quantitativos de Rede de Abastecimento de Água

Arquivo Modificar Quantitativos

C P T R

UFC3 - Software para Inserção de Conexões e Quantitativos em rede de Abastecimento de Água  
 Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental  
 Autora: Renata Shirley de Andrade Valdivino - Orientador: Marco Aurélio Holanda de Castro

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
<b>REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA</b>		
<b>CONSTRUÇÃO DO CANTEIRO DA OBRA</b>		
Barracão para escritório tipo A1	un.	1.00
Cerca c/ estacas de madeira - 6 fios de arame farpado	m	60.00
Mobilização e desmobilização de equipamentos em caminhão equipado c/ guindaste	km	300.00
Instalações provisórias de luz, força, telefone e lógica	un.	1.00
Instalações provisórias de água	un.	1.00
Fossa sumidouro para barracão	un.	1.00
Placa padrão de obra	m²	12.00
<b>CADASTRO</b>		
Cadastro de rede de água (MEIO MAGNÉTICO)	m	619.94
<b>LOCAÇÃO</b>		
Locação de rede de água	m	619.94
<b>TRÂNSITO, SEGURANÇA E TRAVESSIA</b>		
Passadiços com pranchas em madeira	m²	31.00
Sinalização noturna de trânsito com barreiras	m	309.97
Sinalização de advertência	un.	3.00
<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>		
Escavação com profundidade até 2 metros	m³	384.29
Reaterro de valas	m³	381.81
Bota-fora	m³	2.48
<b>ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES</b>		
Assentamento de tubos e conexões em PEAD DN 50 mm	m	435.02
Assentamento de tubos e conexões em PEAD DN 100 mm	m	104.01
Assentamento de tubos e conexões em PEAD DN 75 mm	m	46.68
<b>FORNECIMENTO DE MATERIAL</b>		
ADAPTADOR JE PEADxFoFo 150	un.	1.00

Figura 31-Planilha de Quantitativos de Rede de Abastecimento de água.

A1

UFC3 - Software para Inserção de Conexões e Quantitativos em rede de Abastecimento de Água

	A	B	C	D	E	F
23	MOVIMENTO DE TERRA					
24	Escavação com profundidade até 2 metros	m³	367.21			
25	Reaterro de valas	m³	364.82			
26	Bota-fora	m³	2.39			
27	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES					
28	Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 50 mm	m	499.71			
29	Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 100 mm	m	100.41			
30	Assentamento de tubos e conexões em DEFF DN 150 mm	m	35.11			
31	FORNECIMENTO DE MATERIAL					
32	ADAPTADOR JE PVCxFoFo 150	un.	1			
33	REDUÇÃO JE PVC 150x100	un.	1			
34	CURVA BB JE 22.5° PVC DN 50 mm	un.	1			
35	TÊ BBB JE RD 150x50 PVC DN 150 mm	un.	1			
36	CAP PVC 50 mm	un.	2			
37	TÊ BBB JE PVC DN 50 mm	un.	1			
38	REDUÇÃO JE PVC 100x50	un.	1			
39	CURVA BB JE 22.5° PVC DN 100 mm	un.	1			
40	TÊ BBB JE PVC DN 100 mm	un.	1			
41	CURVA PB JE 90° PVC DN 50 mm	un.	1			
42	Tubo PVC- DN 50 mm	m	524.7			
43	Quant. de Tubo PVC- DN 50 mm L = 6m	un.	88			
44	Tubo PVC- DN 100 mm	m	105.43			
45	Quant. de Tubo PVC- DN 100 mm L = 6m	un.	18			
46	Tubo DEFF DN 150 mm	m	36.87			
47	Quant. de Tubo DEFF DN 150 mm L = 6m	un.	7			

Figura 32-Planilha em Excel de Quantitativos de Rede de Abastecimento de água.

#### 4 DIMENSIONAMENTO DE ADUTORAS, SELEÇÃO DE BOMBAS E GOLPE DE ARIETE (UFC2, 5, 7)

Um sistema de distribuição de água é formado por duas partes: o consumo ou distribuição e a produção ou adução, e essas duas partes são ligadas, normalmente, através de um reservatório, apesar de existirem sistemas nos quais a adução é ligada diretamente na rede de abastecimento, sem a existência de reservatórios.

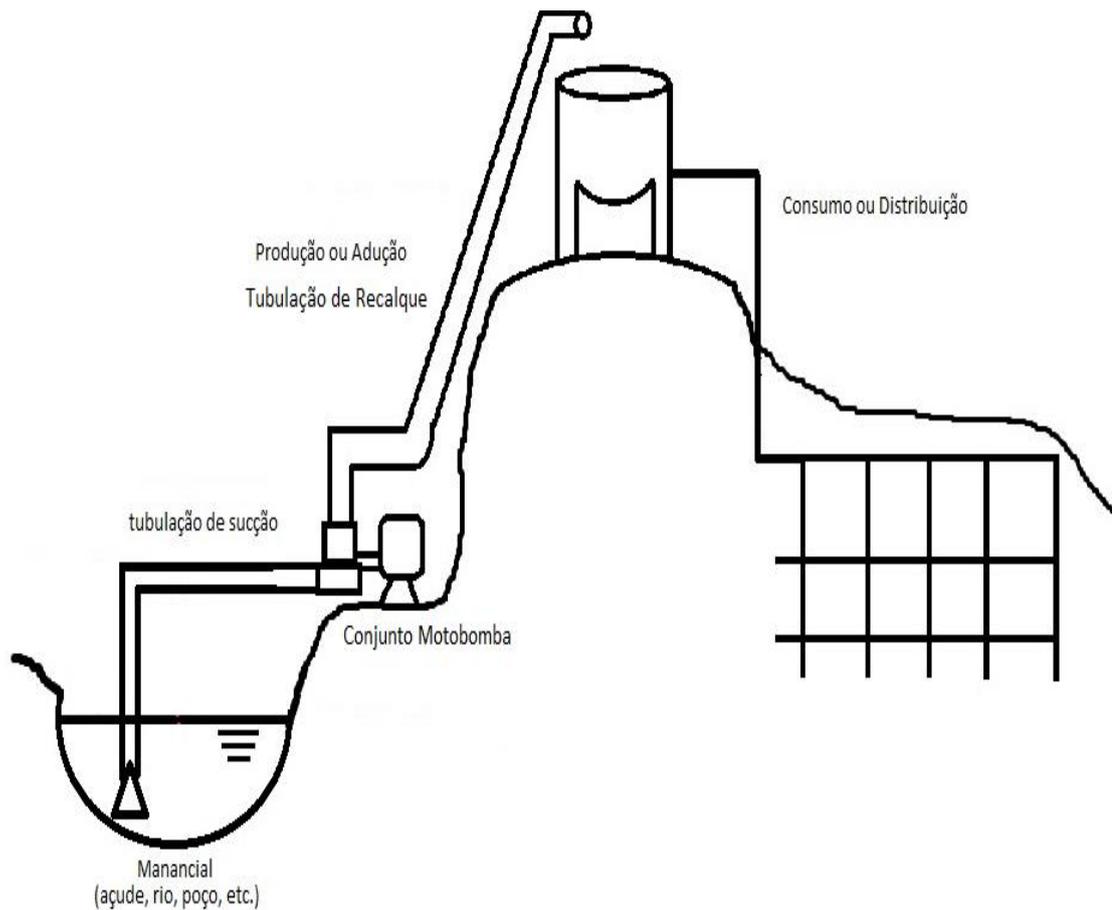


Figura 33-Sistema de distribuição de água.

O Módulo UFC2 permite dois tipos de captação da água: a **Estação de Bombeamento** e a captação utilizando **Poço profundo**. A figura seguinte apresenta um tipo de captação por Estação de Bombeamento.

## 4.1 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

A captação por **Estação de bombeamento**, onde a **captação é superficial**, deve ter um nível mínimo de água no manancial (**N.A. mínimo**).

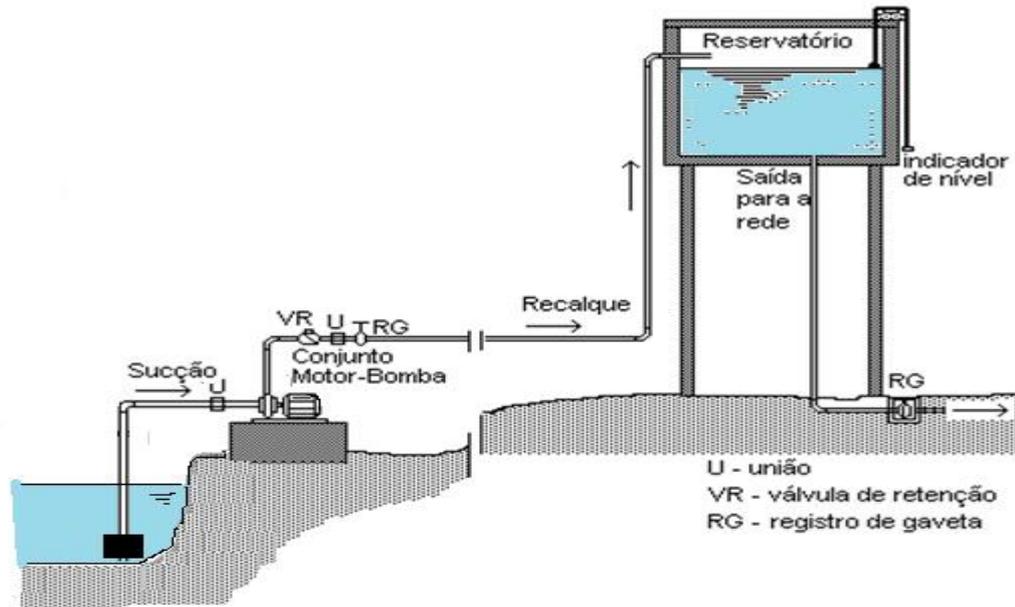


Figura 34-Estação de bombeamento.

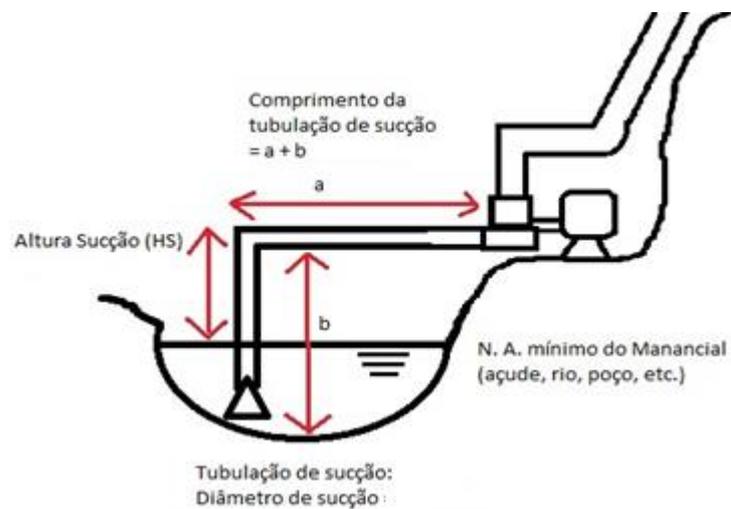


Figura 35-Esquema de uma Estação de Bombeamento.

Para inserir uma Estação de Bombeamento, clique no sub-ícone do UFC2: :

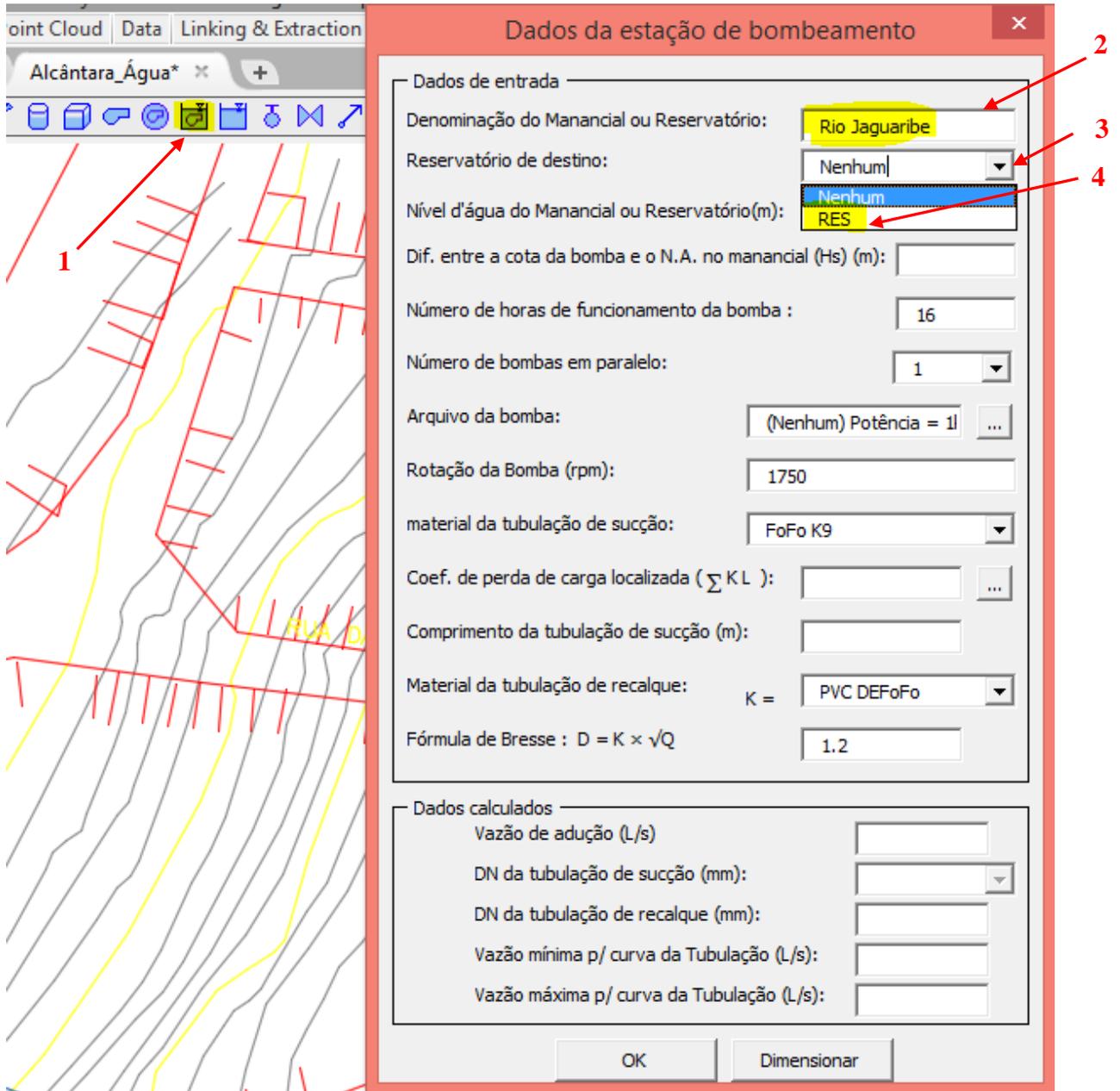


Figura 36-Inserir dados iniciais da Estação de bombeamento.

Insira, inicialmente, as seguintes informações:

## 2 Denominação do Manancial ou Reservatório

**IMPORTANTE: Não use acentos, espaços, expoentes, superscritos, subscritos, caracteres gregos, matemáticos ou romanos no Manancial ou Reservatório.**

**3 e 4 Reservatório de Destino:** Clique na seta e selecione o reservatório de nível variável anteriormente inserido.

### Continuação da Entrada de dados da Estação de Bombeamento:

**Dados da estação de bombeamento**

**Dados de entrada**

Denominação do Manancial ou Reservatório: Rio Jaguaribe

Reservatório de destino: RES

Nível d'água do Manancial ou Reservatório(m): 30.00

Dif. entre a cota da bomba e o N.A. no manancial (Hs) (m): 5.00

Número de horas de funcionamento da bomba : 16

Número de bombas em paralelo: 1

Arquivo da bomba: (Nenhum) Potê...

Rotação da Bomba (rpm): 1750

material da tubulação de sucção: FoFo K9

Coef. de perda de carga localizada ( $\sum K L$ ):

Comprimento da tubulação de sucção (m):

Material da tubulação de recalque: K = PVC DEFoFo

Fórmula de Bresse :  $D = K \times \sqrt{Q}$  1.2

**Dados calculados**

Vazão de adução (L/s):

DN da tubulação de sucção (mm):

DN da tubulação de recalque (mm):

Vazão mínima p/ curva da Tubulação (L/s):

Vazão máxima p/ curva da Tubulação (L/s):

OK Dimensionar

- 5 Nível de Água do Manancial ou Reservatório (m):** Nível de água mínimo do manancial.
- 6 Diferença entra a cota da bomba e o N.A. do Manancial (m):** é a Altura de sucção ( $H_s$ ), ver figura 64.
- 7 Número de Horas de funcionamento da bomba:** No máximo 24 horas, entretanto, visa evitar horários de pico de tarifa de energia elétrica, além de outras considerações, recomenda-se um tempo menor.
- 8 e 9 Número de bombas em paralelo:** Clique na seta e selecione no máximo 4 bombas (desconsiderando uma eventual bomba de reserva).

## Continuação da Entrada de dados da Estação de Bombeamento:

**10 Arquivo da bomba:** Inicialmente (antes de executar o UFC5, não altere esta configuração: (Nenhum, Potência = 1 Kw).

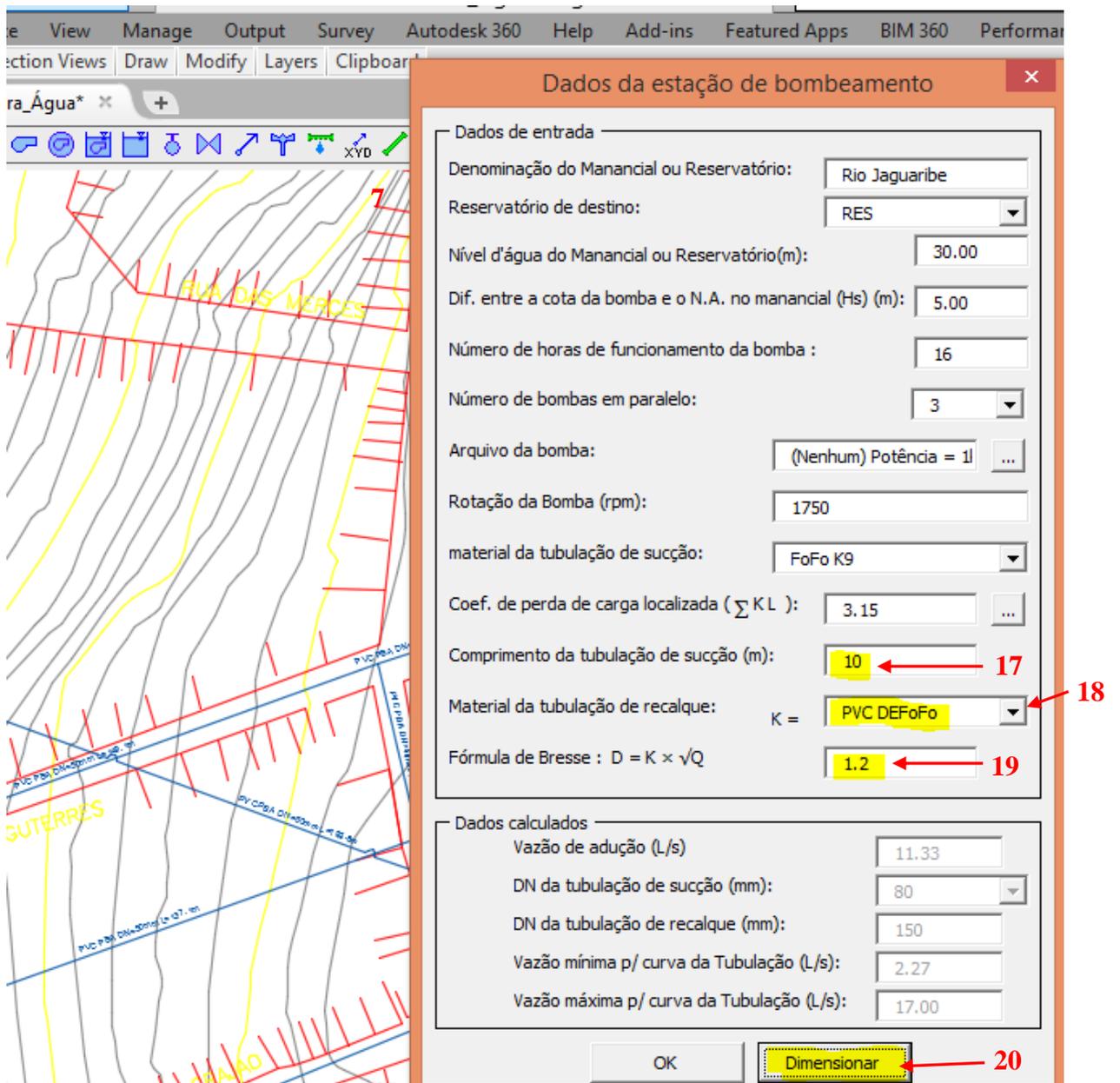
**11 Rotação da(s) bomba(s) (rpm)**

**12 Material da Tubulação de Sucção:**

Clique na seta e escolha um dos materiais disponíveis:

**13, 14, 15 e 16 Coeficiente perda de carga localizada ( $\Sigma K_L$ ):** clique no ícone . Insira a quantidade de cada elemento que você tem na tubulação de sucção – clique **ok**, e o programa fornecerá o somatório total dos coeficientes de perda de carga localizada na tubulação de sucção.

### Continuação da Entrada de dados da Estação de Bombeamento:



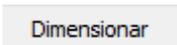
**17 Comprimento da tubulação de Sucção (m):** ver figura 64.

**18 Material da Tubulação de Recalque:** Clique na seta e escolha um dos materiais disponíveis

**19 Fórmula de Bresse:**  $D = K\sqrt{Q}$  : Digite o valor do coeficiente K.

**20** Após a entrada dos dados, clique em  para obter os dados de vazão mínima de adução os os DN's das tubulações de sucção e recalque:

Dados calculados	
Vazão de adução (L/s)	11.33
DN da tubulação de sucção (mm):	80
DN da tubulação de recalque (mm):	150
Vazão mínima p/ curva da Tubulação (L/s):	2.27
Vazão máxima p/ curva da Tubulação (L/s):	17.00

Após clicar em , o Sistema calcula:

**Vazão de Adução (L/s):** É a vazão que corresponde ao volume consumido em um dia pela população de final de plano dividido pelo tempo de funcionamento da(s) bomba(s):

$$Q_A = \frac{K1 P c}{t}$$

onde:  $Q_A$ : Vazão de adução (L/s)

$K1$ : Coeficiente do dia de maior consumo ( $K1 = 1,2$ )

$P$ : População de Final de Plano (hab)

$c$  = Consumo per capita [L/(dia.hab)]

$t$ : Tempo de bombeamento em segundos

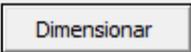
- **DN da Tubulação de sucção e de recalque (mm):** São os diâmetros nominais mínimos (dentre os diâmetros disponíveis do material) que satisfazem a fórmula de Bresse.
- **Vazão mínima e máxima p/ curva da tubulação (L/s):** São os valores mínimos e máximos de vazão que serão considerados para o traçado da curva do sistema (Módulo UFC5). Estes valores são calculados pelo sistema da seguinte forma:

$$Q_{\text{Min}} = 0,2 Q_A \text{ e } Q_{\text{Max}} = 1,5 Q_A$$

Após o dimensionamento, clique em 

Dados calculados	
Vazão de adução (L/s)	15.63
DN da tubulação de sucção (mm):	90
DN da tubulação de recalque (mm):	150
Vazão mínima p/ curva da Tubulação (L/s):	3.13
Vazão máxima p/ curva da Tubulação (L/s):	23.45

Mostrar atributos    Proporção de visualização do bloco: x

e depois clique no ponto de inserção da Estação de Bombeamento:

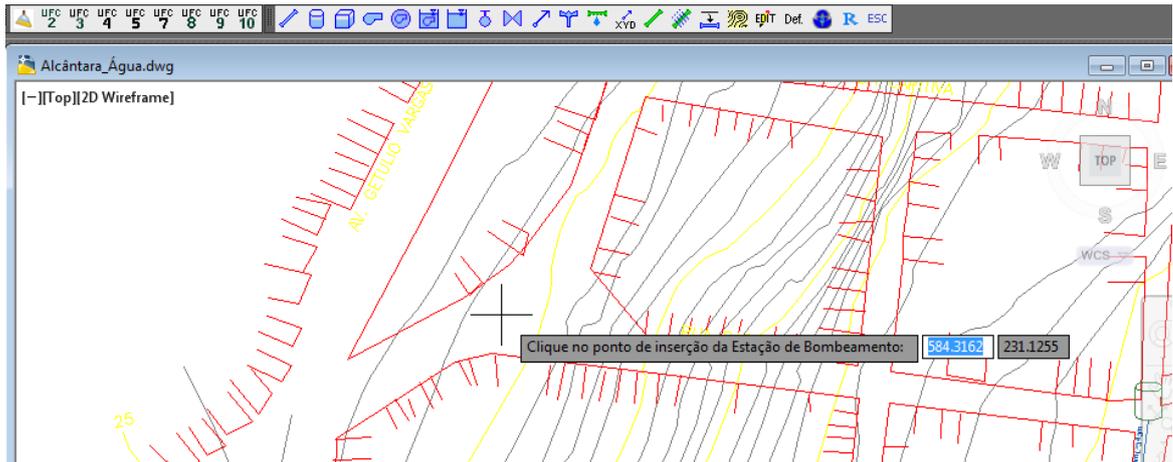
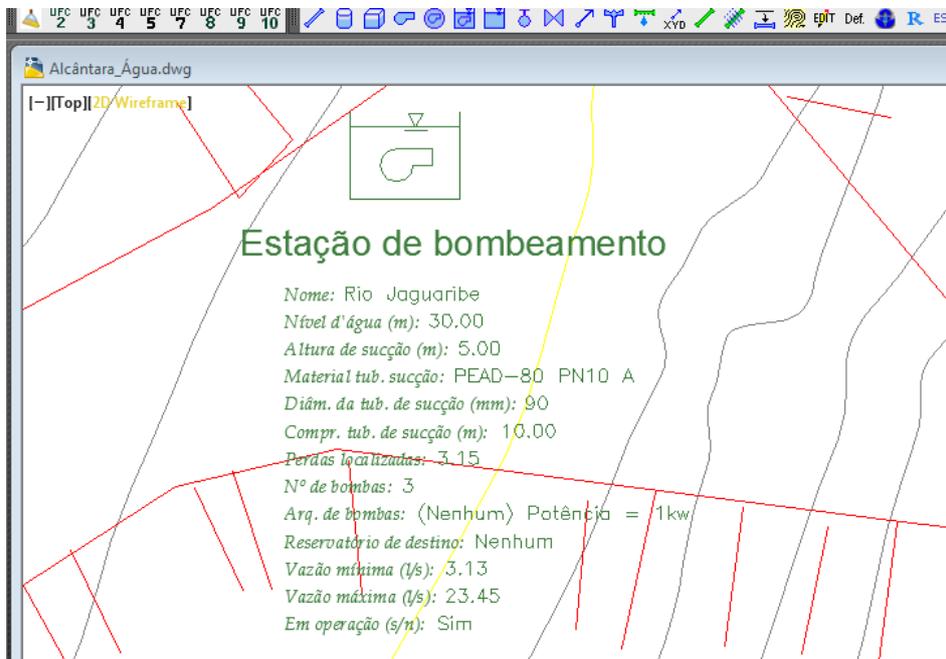


Figura 71-Ponto de Inserção da Estação de Bombeamento



#### 4.1.1 Editar/Visualizar dados da Estação de bombeamento

Para **Editar/Visualizar** os dados que você acabou de criar, clique no subícone **Edit** e clique em cima da estação de bombeamento. Por exemplo, Para não aparecer os atributos no desenho desabilite a opção **Mostrar Atributos**.

**Dados da estação de bombeamento**

**Dados de entrada**

Nível d'água do Manancial ou Reservatório(m): 30.00

Dif. entre a cota da bomba e o N.A. no manancial (Hs) (m): 5.00

Número de horas de funcionamento da bomba: 16

Número de bombas em paralelo: 3

Arquivo da bomba: (Nenhum) Potência = 1

Material da tubulação de sucção: PEAD-80 PN10 A

Coef. de perda de carga localizada ( $\sum K L$ ): 3.15

Comprimento da tubulação de sucção (m): 10.00

Material da tubulação de recalque: PVC DEFoFo

Fórmula de Bresse :  $D = K \times \sqrt{Q}$  K = 1.2

Denominação do Manancial ou Reservatório: Rio Jaguaribe

Reservatório de destino: Nenhum

**Dados calculados**

Vazão de adução (L/s): 15.63

DN da tubulação de sucção (mm): 90

DN da tubulação de recalque (mm):

Vazão mínima p/ curva da Tubulação (L/s): 3.13

Vazão máxima p/ curva da Tubulação (L/s): 23.45

Mostrar atributos:  Proporção de visualização do bloco: x 1

OK Dimensionar

**Estação de bombeamento**

Nome: Rio Jaguaribe  
 Nível d'água (m): 30.00  
 Altura de sucção (m): 5.00  
 Material tub. sucção: PEAD-80 PN10 A  
 Diâm. da tub. de sucção (mm): 90  
 Compr. tub. de sucção (m): 10.00  
 Perdas localizadas: 3.15  
 Nº de bombas: 3  
 Arq. de bombas: (Nenhum) Potência = 1kw  
 Reservatório de destino: Nenhum  
 Vazão mínima (l/s): 3.13  
 Vazão máxima (l/s): 23.45  
 Em operação (s/n): Sim

Alcântara\_Água.dwg

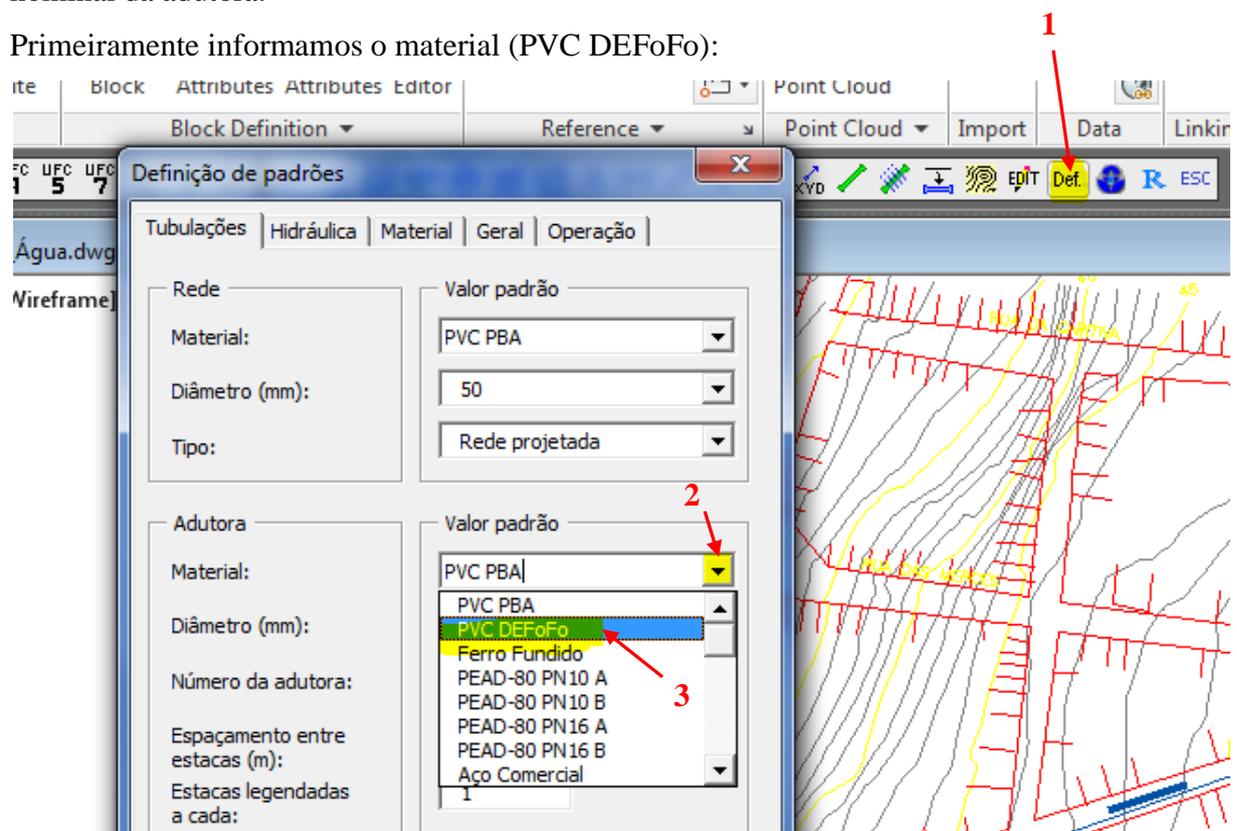
[Top] [2D Wireframe]

## 4.2 ADUTORAS

### 4.2.1 Informando as características da Adutora

Durante o procedimento de inserção da Estação de Bombeamento, vimos que foi calculado (Baseado na Fórmula de Bress) o diâmetro do Tubulação de sucção e a de recalque, baseado na Fórmula de Bresse. Neste ponto nós devemos informar ao sistema o material e o diâmetro nominal da adutora.

Primeiramente informamos o material (PVC DEFoFo):



Depois informamos o diâmetro nominal calculado (150 mm). Para finalizar clique em OK:

Definição de padrões

Tubulações | Hidráulica | Material | Geral | Operação

Rede

Material: PVC PBA

Diâmetro (mm): 50

Tipo: Rede projetada

Adutora

Material: PVC DEFoFo

Diâmetro (mm): 150

Número da adutora:

Espaçamento entre estacas (m):

Estacas legendadas a cada:

100

150

200

250

300

400

500

OK Cancelar

#### **4.2.2 Traçado da adutora**

##### **ADUTORAS – Regras básicas para traçado**

- 1. Uma adutora (ou linha de recalque de esgoto) deve ser traçada necessariamente de montante para jusante. (traçar no sentido do fluxo).**

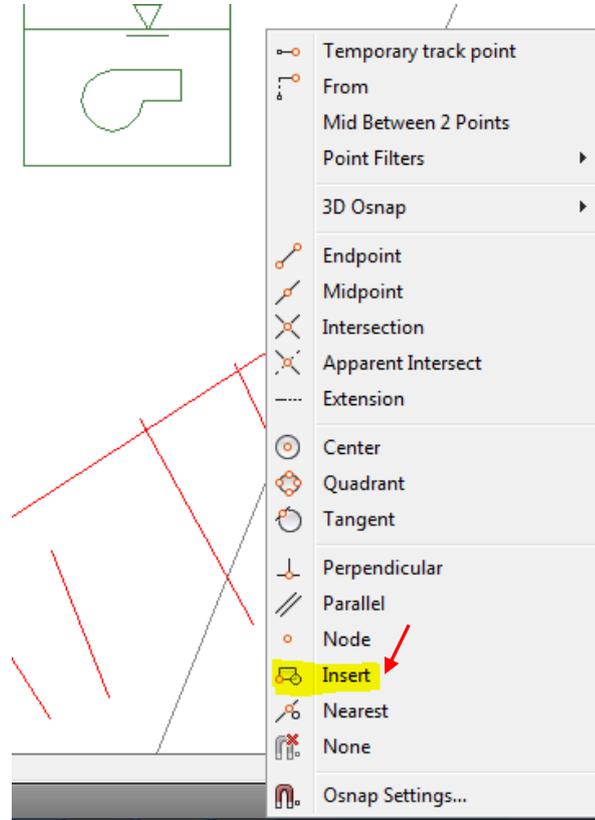
**A montante de uma adutora (ou linha de recalque de esgoto) deve necessariamente haver um “Insertion Point” de uma Estação de Bombeamento, um Poço Profundo, um Reservatório de Nível Variável (de seção circular ou retangular) ou uma Estação Elevatória de Esgoto e, a jusante, um “Insertion Point” de um Reservatório de nível variável.**

- 2. Uma adutora (ou linha de recalque de esgoto) deve ter, no mínimo, 02 trechos.**
- 3. Se houver, nesta adutora, um booster, este deve ser inserido no primeiro trecho.**

Clique no ícone de traçado do tubo de adutora:



Em seguida ative, através do OSNAP (**SHIFT** + Botão Direito), a opção  **Insert**



Em seguida clique em algum ponto próximo à base da Estação de Bombeamento:

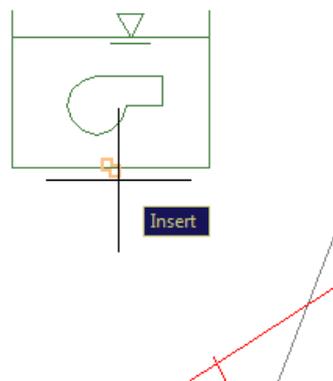
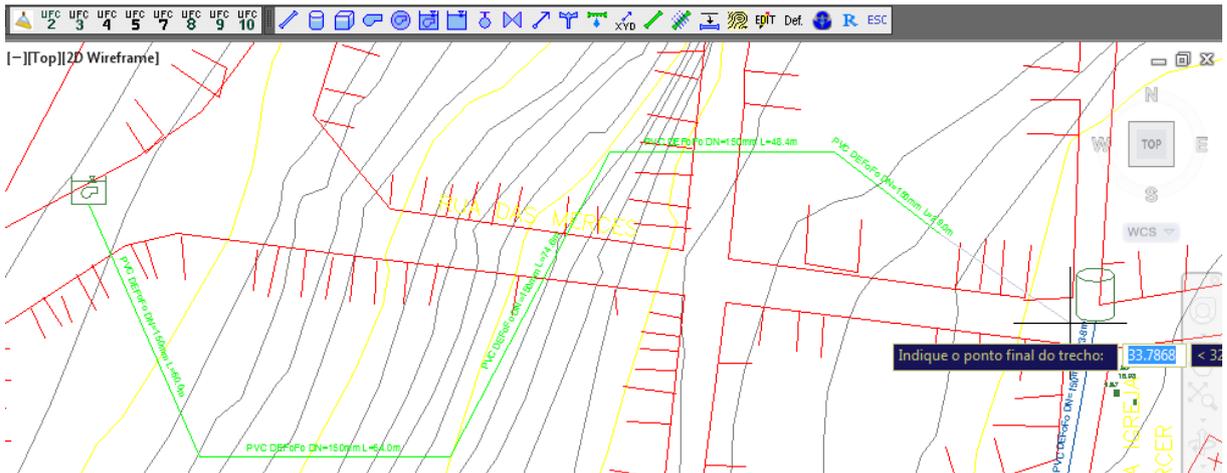
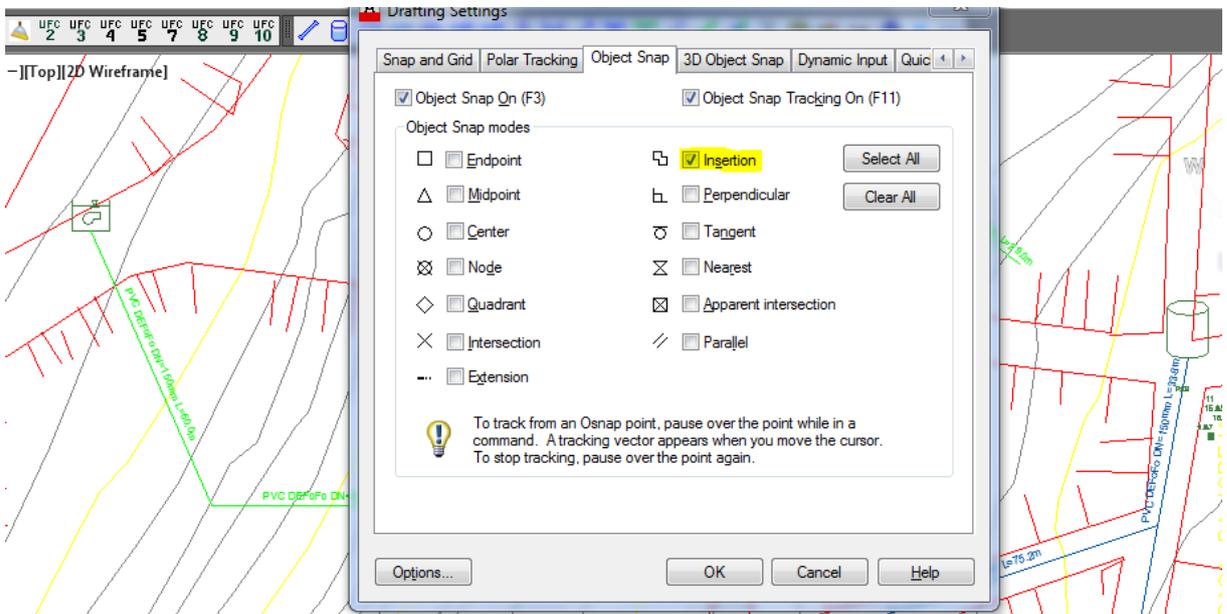


Figura 37-Insertion Point Estação de bombeamento.

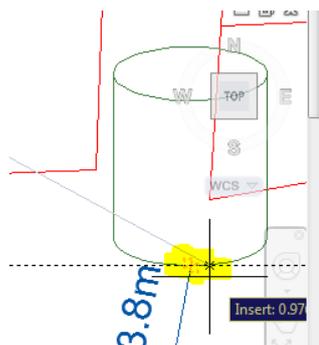
Continue clicando nos pontos que definem os vértices dos trechos da sua adutora até chegar ao reservatório de nível variável de jusante. Como foi observado, o último ponto de uma adutora deve ser necessariamente o "Insertion Point" de um Reservatório de Nível Variável.



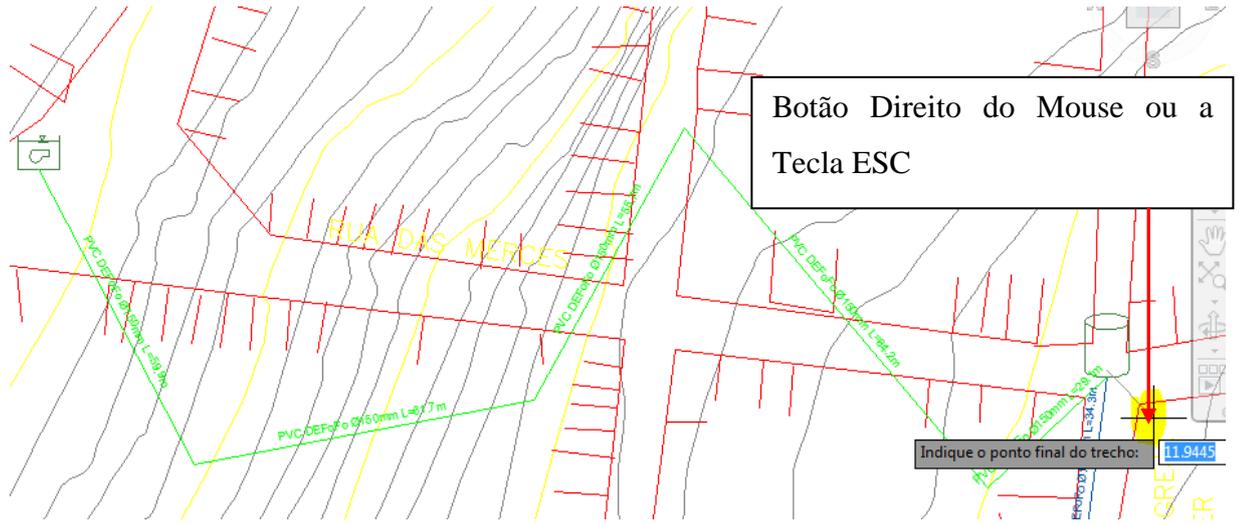
Como foi observado, o último ponto de uma adutora deve ser necessariamente o "Insertion Point" de um Reservatório de Nível Variável. Assim, antes de clicar neste ponto, ative, através do OSNAP, a opção Insertion:



Após o que você deve clicar próximo à base do Reservatório de Nível Variável:



Para finalizar o traçado da adutora, clique no Botão direito do mouse ou na tecla **ESC**:



### 4.2.3 Simulação Hidráulica da adutora no EPANET

Para levar sua adutora ao EPANET, clique no subícone do EPANET / Selecione a opção **Projeto/Dimensionamento da adutora de água** e depois Clique **OK**.

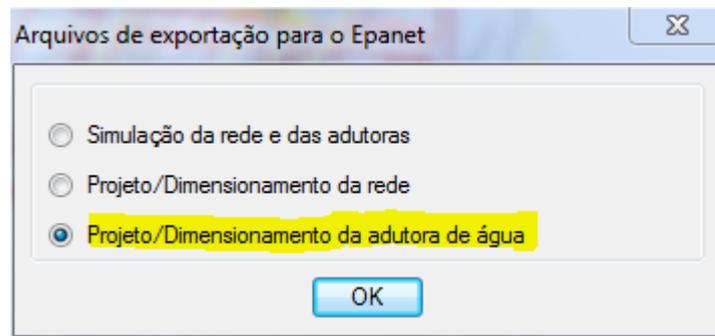


Figura 38-Opção de exportação: Projeto/Dimensionamento da adutora de água

Vai aparecer a janela **Opções de exportação**, selecione o número de adutoras que há na sua rede. No nosso caso tem apenas uma. Clique **OK**.



Figura 39-Número de adutoras para exportar ao EPANET.

Observe que quando se opta pela opção **Projeto/Dimensionamento da adutora de água**, você terá no EPANET apenas os trechos e Nós da Adutora.

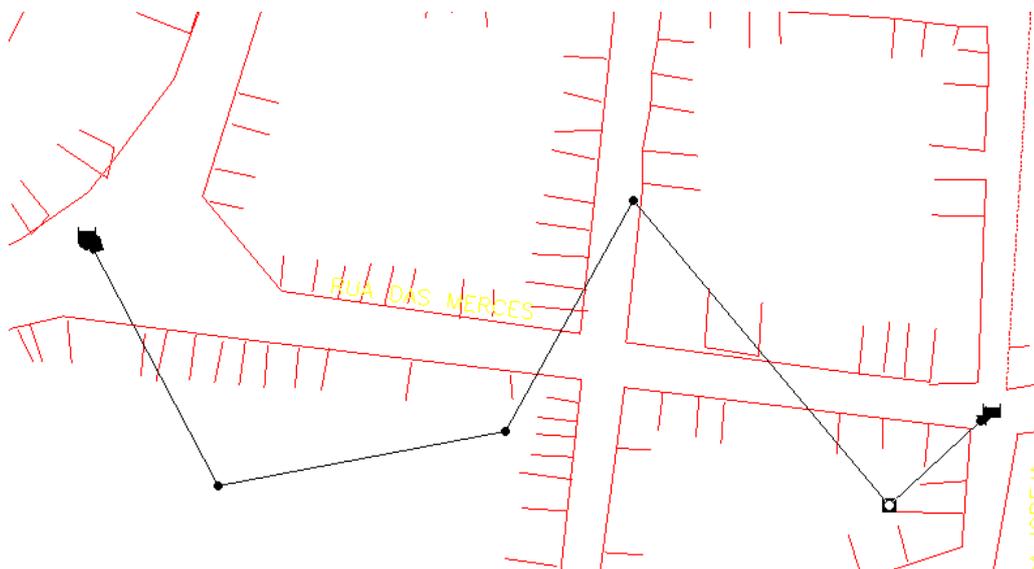
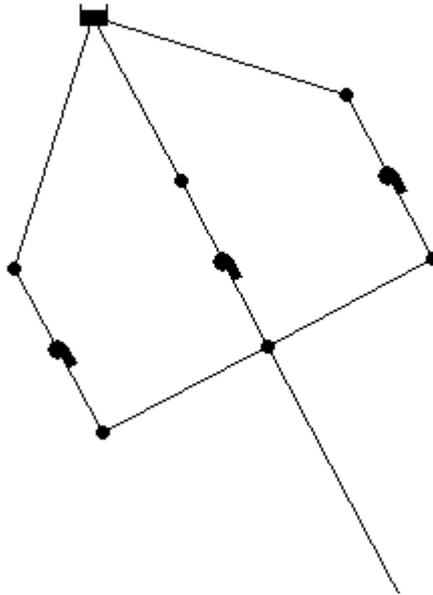


Figura 40-Adutora no EPANET.

Dando um **zoom** na área da estação de bombeamento, você verá as três bombas da Estação.

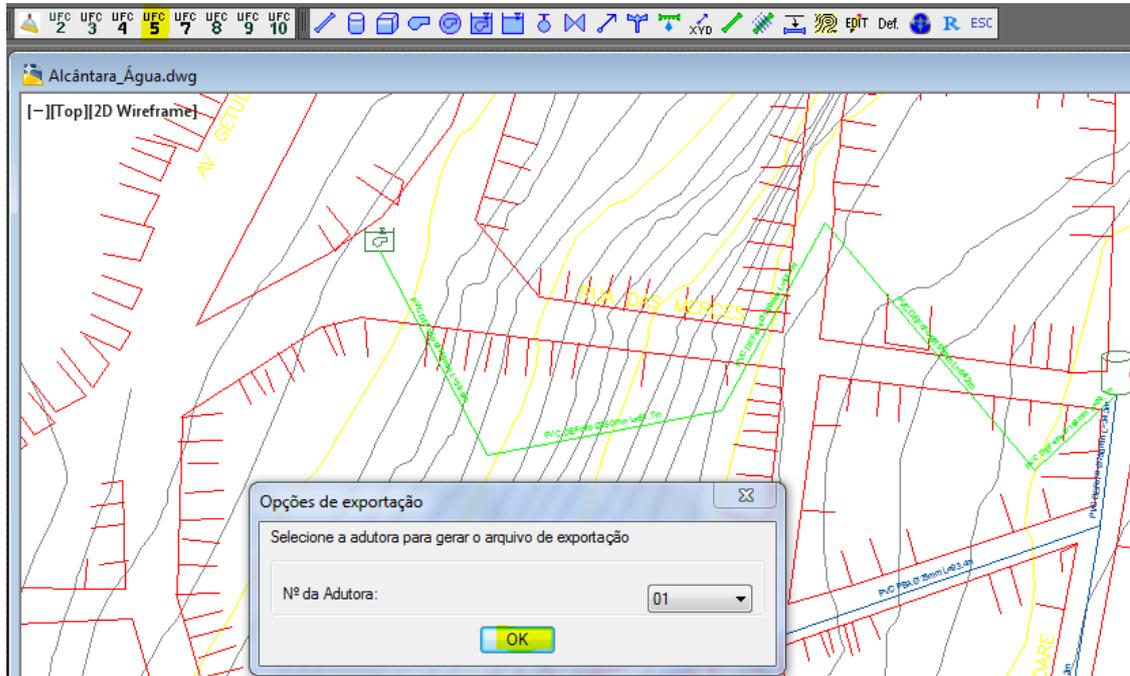


**Figura 41-Bombas da Estação de Bombeamento no EPANET.**

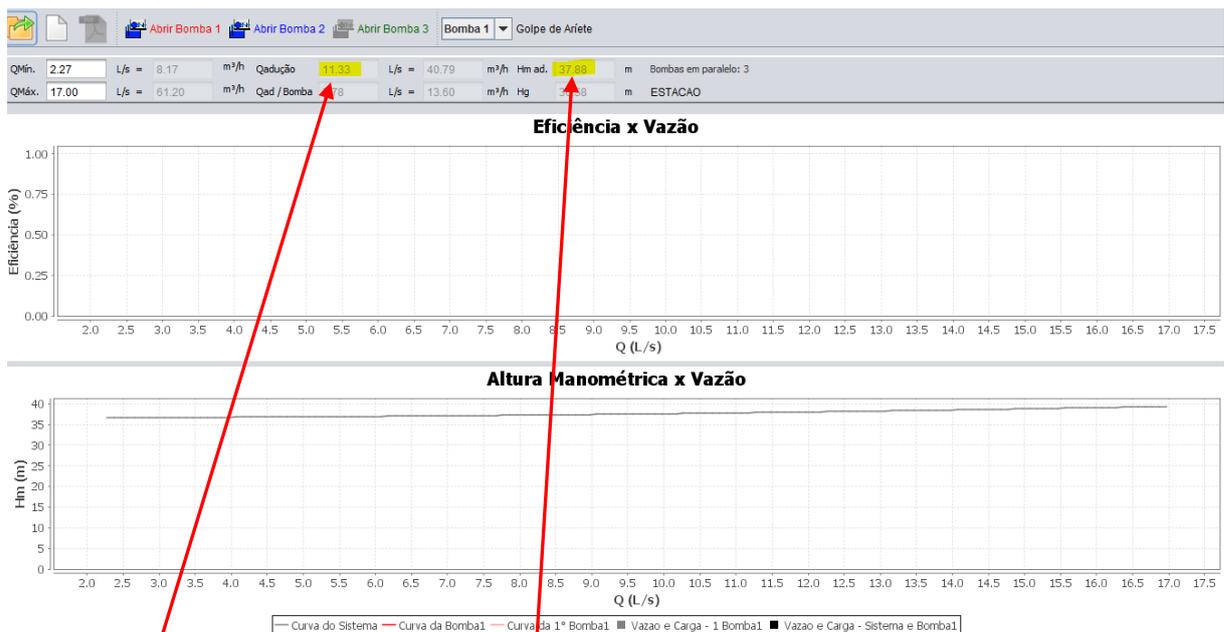
Saia do EPANET sem salvar o arquivo.

### 4.3 SELEÇÃO DE BOMBAS – UFC5

Para seleccionar uma bomba, clique no ícone **UFC5**. Aparecerá uma janela para inserir o **número de adutoras** que tem na rede, no nosso caso será 1 – clique **ok**.



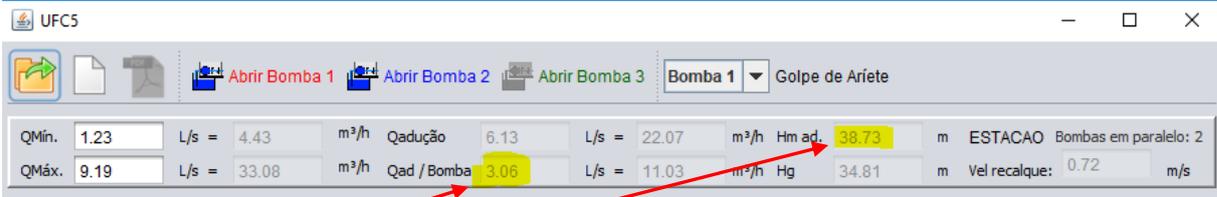
Abrirá uma janela, programa UFC5, com a **curva do sistema** ou **curva da tubulação**. Ela representa a **Altura Manométrica (Hm)** versus vazão (Q).



**Figura 42-curva do Sistema.**

É importante notar que na tela anterior estão apresentadas:

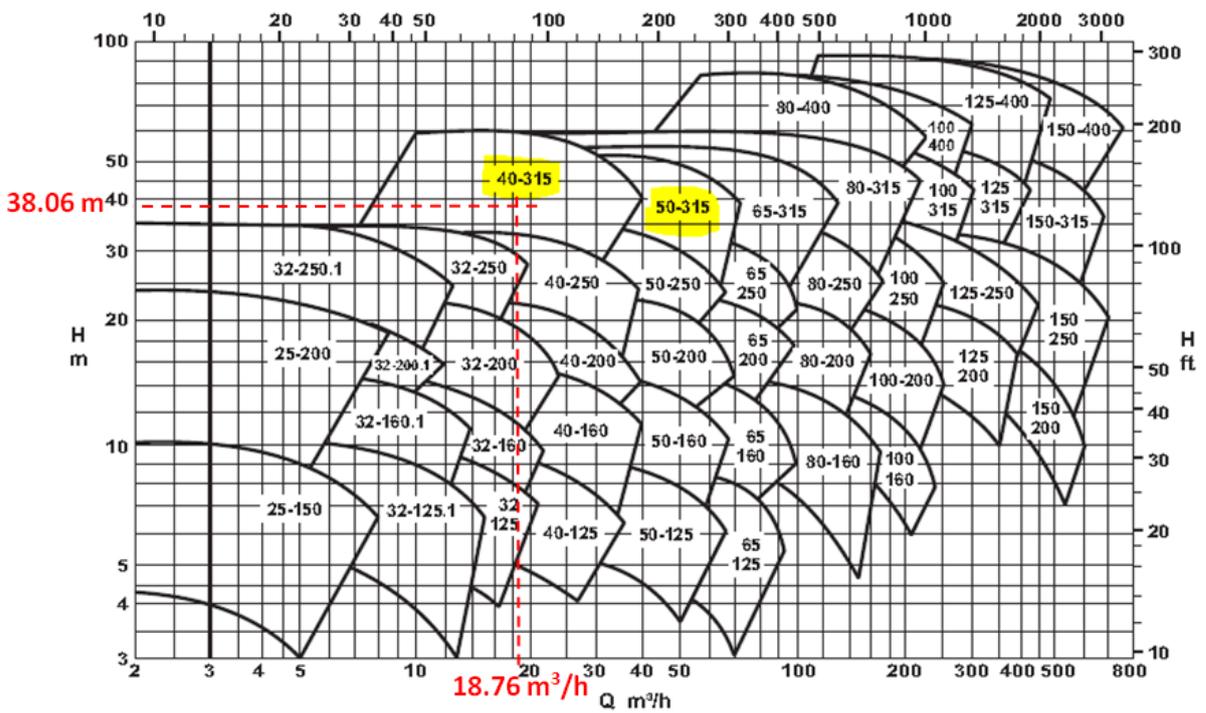
a vazão mínima e a altura manométrica mínima as quais a bomba seleccionada deve satisfazer:



A partir desses valores de  $Q$  e de  $H_{man}$ , devemos escolher uma bomba que satisfaça estes pré-requisitos.

Inicialmente recorre-se a catálogos de pré-seleção de bombas, como o seguinte:

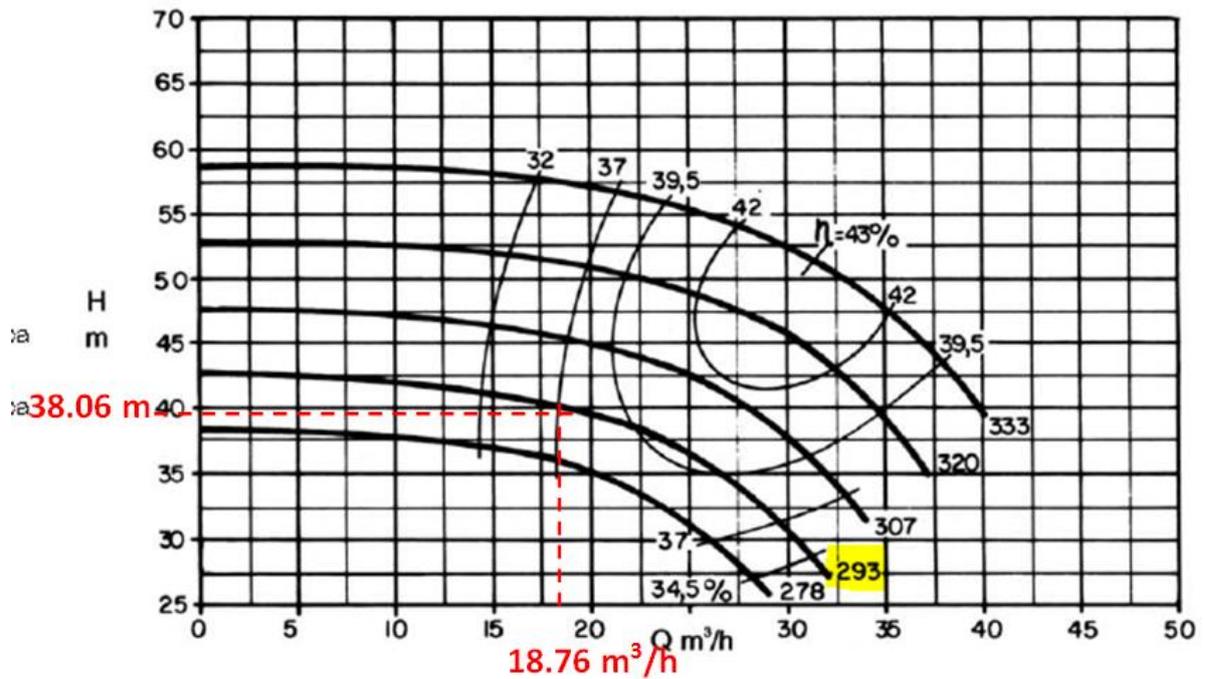
**(obs: Alguns catálogos de bombas expressam as vazões em  $m^3/h$ , assim, deve-se realizar a conversão do valor dado em L/s pelo UFC5 para  $m^3/h$ )**



Observe que usamos a vazão de uma bomba (no nosso exemplo, existem 03 em paralelo).

Assim, para a nossa Estação de Bombeamento e considerando as bombas disponíveis no Catálogo acima, devemos testar as bombas 40-315 e 50-315.

A bomba 40-315 apresenta as seguintes curvas, as quais dependem do diâmetro do rotor adotado (considerando rotação de 1750 rpm)



Neste caso está claro que devemos testar a curva de rotor de 293 mm.

Escolhemos então um certo número de pontos ao longo da curva e determinamos os valores de  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $H_{\text{man}}$  (m) e  $\eta$  (rendimento em %). Vamos escolher (aleatoriamente) 05 pontos e em seguida elaborar a seguinte tabela. Você pode escolher quantos pontos quiser.

$Q$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	$Q$ (L/s)	$H_{\text{man}}$ (m)	$\eta$ (%)
12.5	3.5	42.2	28
15	4.2	41.7	33
17.5	4.9	40.9	35.7
20	5.6	39.8	38
25	6.9	36.8	40

Finalmente a partir desta tabela criamos o seguinte arquivo texto (usando, por exemplo, o Bloco de Notas): (observe que as vazões tem de, necessariamente, estar em L/s)

EPANET Curve Data  
"Bomba 40-315 rotor 293 mm 1750 rpm"

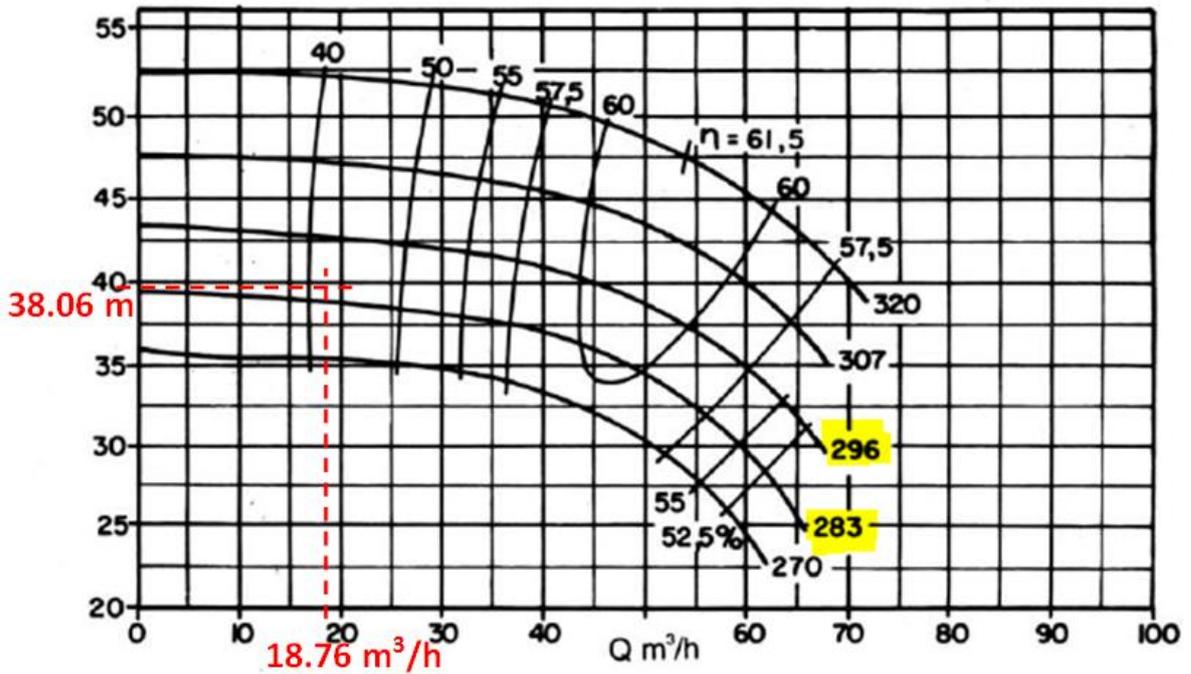
PUMP	
Q (L/s)	H <sub>man</sub> (m)
3.5	42.2
4.2	41.7
4.9	40.9
5.6	39.8
6.9	36.8

EFFICIENCY	
Q (L/s)	η (%)
3.5	28
4.2	33
4.9	35.7
5.6	38
6.9	40

Vamos salvar este arquivo com o nome: Bomba 40-315 rotor 293.txt na área  
c:\ufc\exemplos\alcântara

Vamos repetir o procedimento para as curvas da bomba 50-315.



Neste caso devemos testar a curva de rotor de 283 mm e 296 mm.

Para o rotor de 283 mm elaboramos a seguinte tabela:

Q (m³/h)	Q (L/s)	H <sub>m</sub> (m)	η (%)
10	2.8	39.5	33
15	4.2	39.0	38
20	5.6	38.5	44
25	6.9	37.9	49

Resultando no seguinte arquivo (\*.txt):

EPANET Curve Data  
"Bomba 50-315 rotor 283"

PUMP

2.8 39.5

4.2 39.0

5.6 38.5

6.9 37.9

EFFICIENCY

2.8 33

4.2 38

5.6 44

6.9 49

Para o rotor de 296 mm elaboramos a seguinte tabela:

Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (L/s)	H <sub>m</sub> (m)	η (%)
10	2.8	42.8	33
15	4.2	42.7	38
20	5.6	42.6	44
25	6.9	42.4	49

Resultando no seguinte arquivo (\*.txt):

EPANET Curve Data  
"Bomba 50-315 rotor 296"

PUMP

2.8 42.8

4.2 42.7

5.6 42.6

6.9 42.4

EFFICIENCY

2.8 33

4.2 38

5.6 44

6.9 49

Voltando ao UFC5, devemos, a partir deste ponto, testar as 03 curvas de bombas que pré-selecionamos para determinarmos qual bomba (com seu respectivo diâmetro de rotor) é a mais apropriada para a nossa adutora.

### 4.3.1 Inserção da curva e seleção da bomba

No ambiente do UFC5, visando inserir a curva de uma bomba, vamos clicar no ícone



. Em seguida selecione, no diretório: **C:\UFC\Exemplo\Alcântara-MA**: o arquivo **Bomba 40-315 rotor 293.txt** – e depois clique **Abrir**.



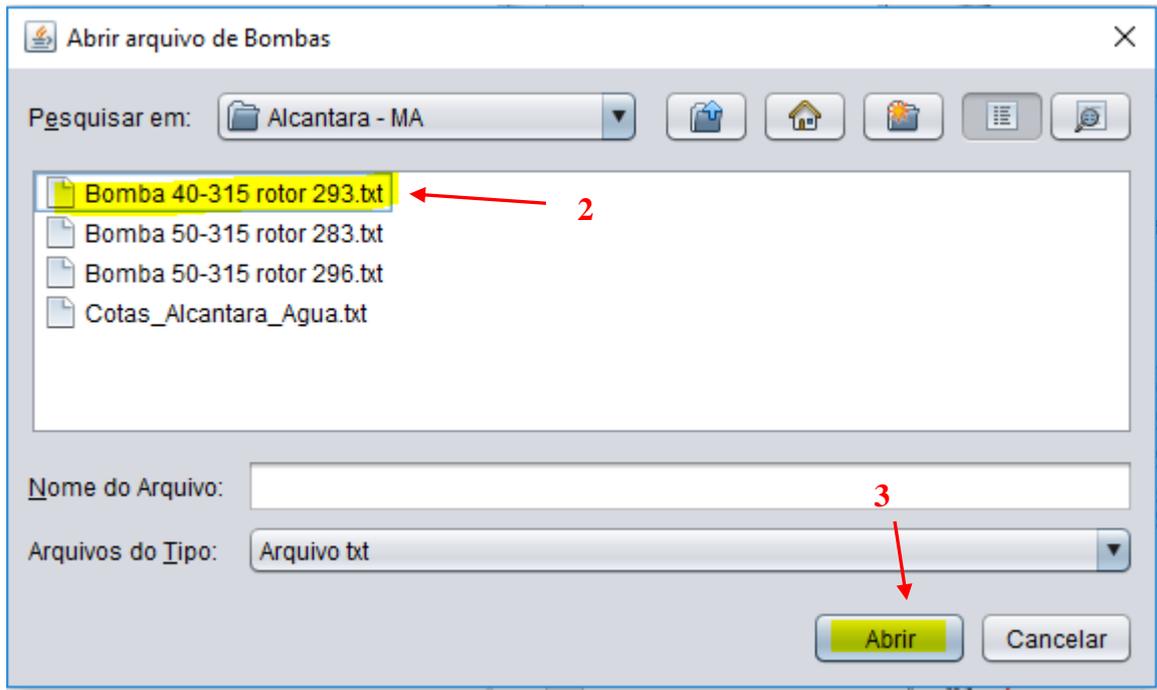
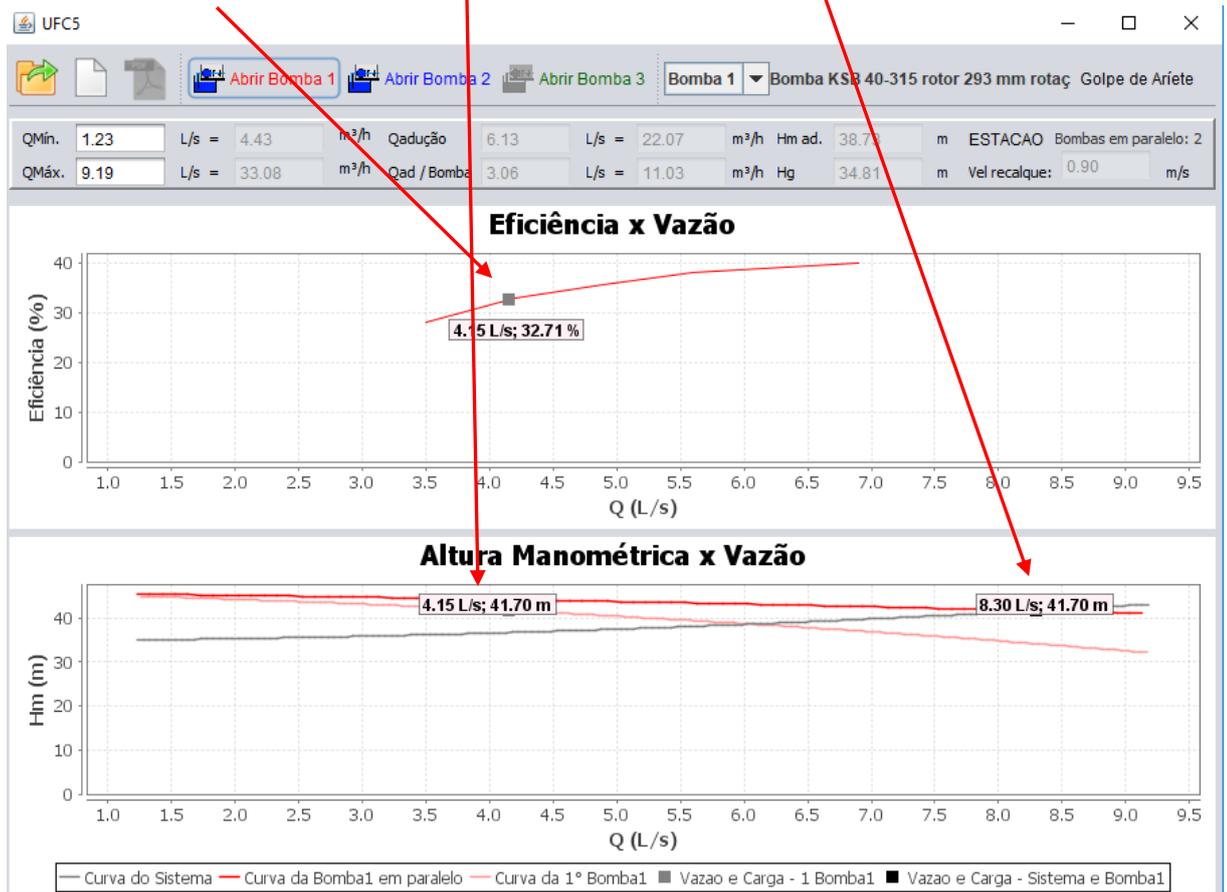


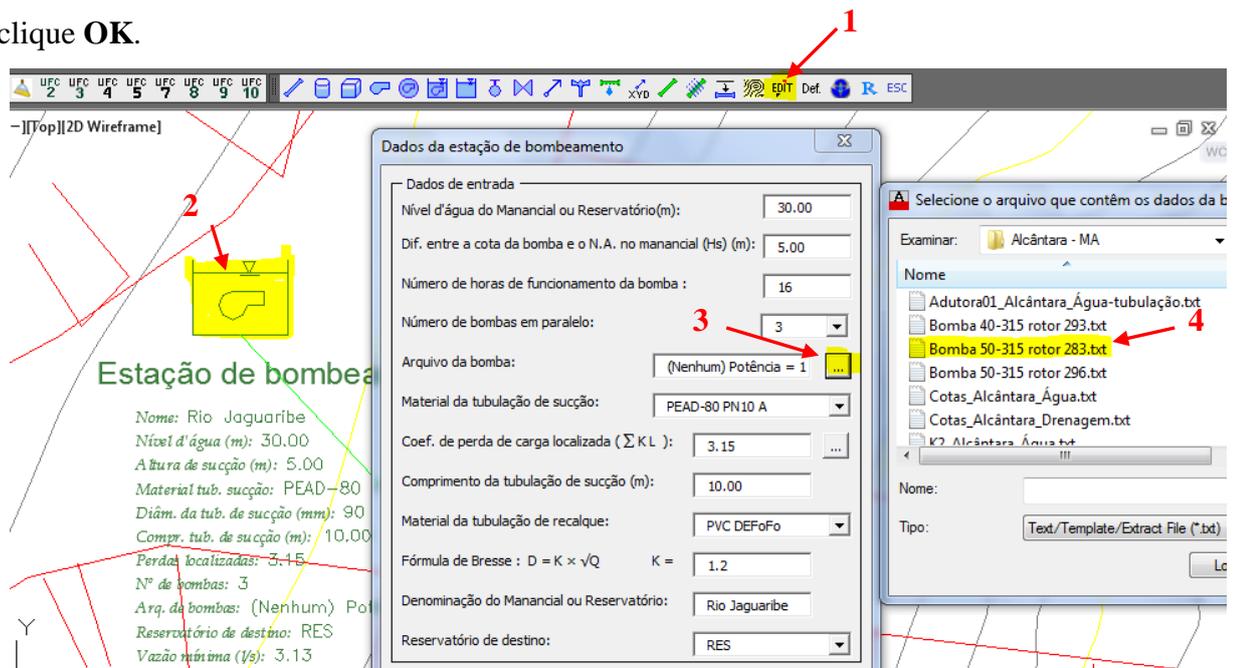
Figura 43-Selecionar arquivo da bomba.

Em seguida a janela do UFC5 exibirá o **ponto de trabalho das três bombas** operando em paralelo assim como o **ponto de trabalho de uma bomba** e os valores de **rendimento (eficiência) e potência** de uma bomba



### 4.3.2 Entrando com o arquivo da bomba selecionada no AutoCAD

Uma vez selecionada a bomba, deve-se entrar com o arquivo da bomba no bloco da Estação de Bombeamento (no ambiente AutoCAD). Para isso, Feche o UFC5 / volte ao **AutoCAD** / clique no subícone **Edit** / Clique em cima da estação de bombeamento para abrir a janela **Dados da estação de bombeamento** / Altere a opção **Arquivo da Bomba** selecionando o arquivo **Bomba 50-315 rotor 283.txt** da pasta **C:/UFC/Exemplos/Alcântara – MA** – clique **OK**.



Dados da estação de bombeamento

Dados de entrada

Nível d'água do Manancial ou Reservatório(m): 30.00

Dif. entre a cota da bomba e o N.A. no manancial (Hs) (m): 5.00

Número de horas de funcionamento da bomba : 16

Número de bombas em paralelo: 3

Arquivo da bomba: C:\UFC\Exemplos\Alcár ...

Material da tubulação de sucção: PEAD-80 PN10 A

Coef. de perda de carga localizada ( $\sum K_L$ ): 3.15

Comprimento da tubulação de sucção (m): 10.00

Material da tubulação de recalque: PVC DEFoFo

Fórmula de Bresse :  $D = K \times \sqrt{Q}$  K = 1.2

Denominação do Manancial ou Reservatório: Rio Jaguaribe

Reservatório de destino: RES

Dados calculados

Vazão de adução (L/s): 15.63

DN da tubulação de sucção (mm): 90

DN da tubulação de recalque (mm):

Vazão mínima p/ curva da Tubulação (L/s): 3.13

Vazão máxima p/ curva da Tubulação (L/s): 23.45

Mostrar atributos Proporção de visualização do bloco: x 1

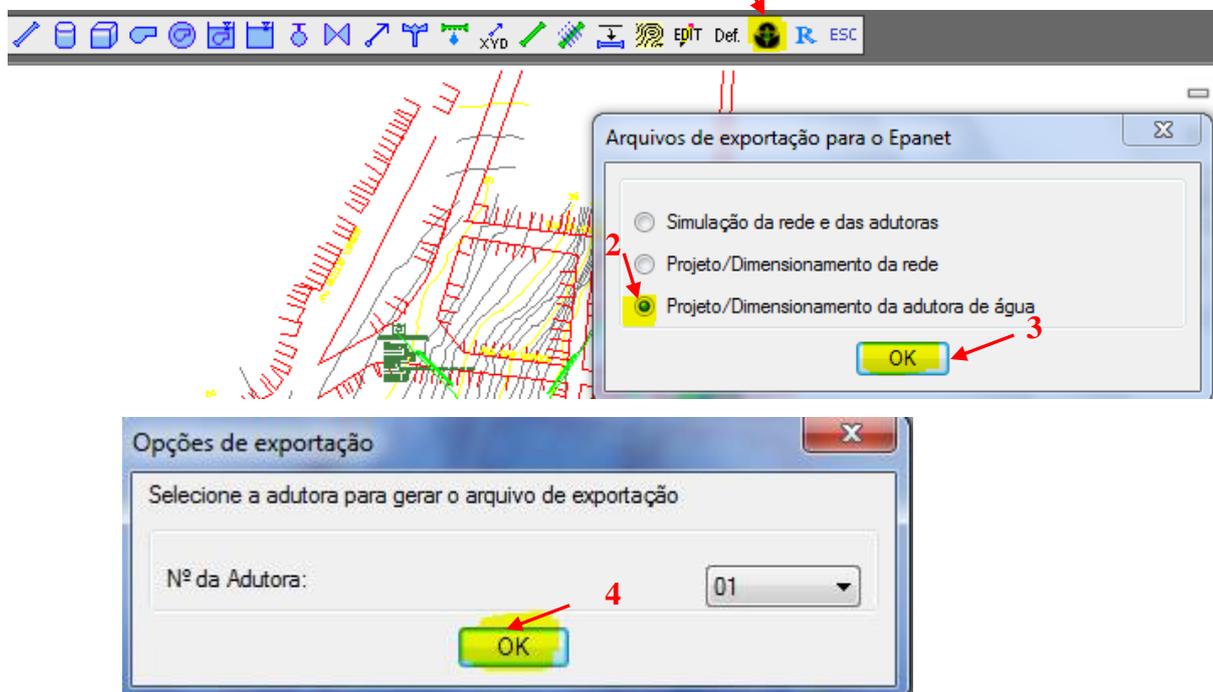
5 → OK Dimensionar

Observe que agora quando você abrir o UFC5, a curva da bomba selecionada (  Bomba 50-315 rotor 283.txt ) abrirá automaticamente.

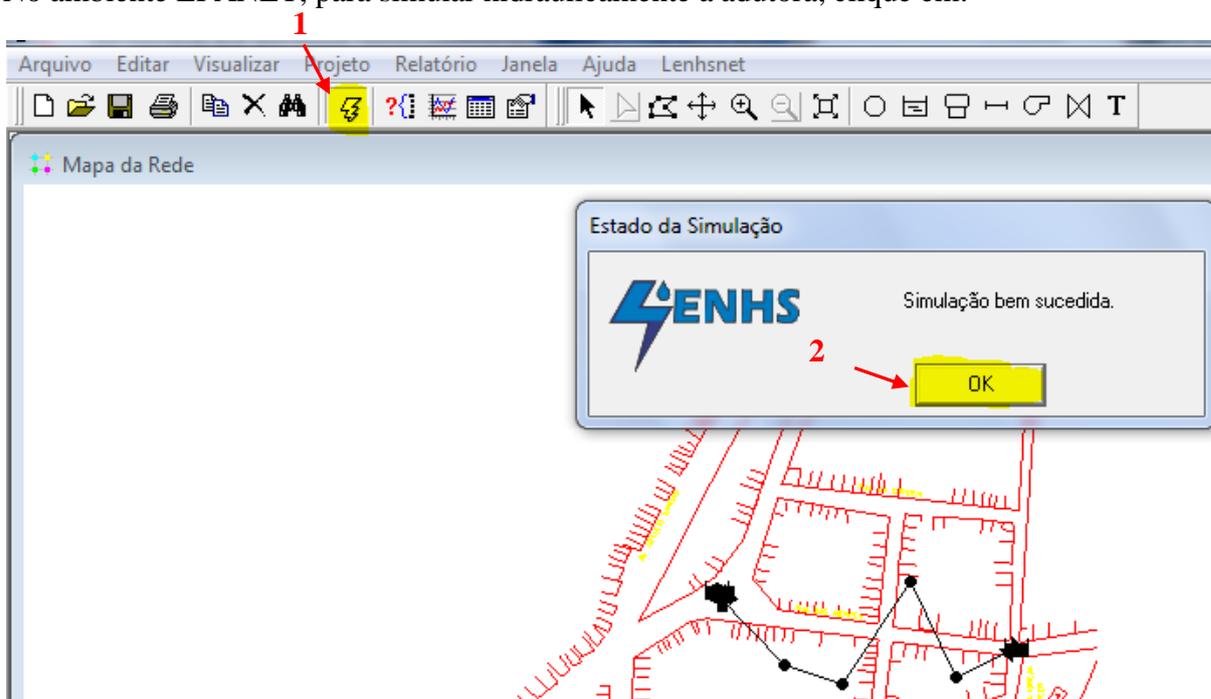


### 4.3.3 Simular a adutora com a bomba seleccionada no EPANET

Para criar, no ambiente EPANET, um arquivo com adutora (e a bomba seleccionada), clique no subícone do **EPANET** e escolha a terceira opção: **Projeto/Dimensionamento de adutora de água**– clique ok.



No ambiente EPANET, para simular hidraulicamente a adutora, clique em:





#### **4.4 GOLPE DE ARÍETE NA ADUTORA – UFC7**

Chama-se transiente ou transitório hidráulico, o regime variado que ocorre durante a passagem de um regime permanente para outro regime permanente. Assim, qualquer alteração no movimento ou paralisação eventual de um elemento do sistema dá origem aos chamados fenômenos transitórios. Após a ocorrência da perturbação, como o desligamento de uma bomba, o regime permanente presente antes da perturbação é alterado, dando origem a um regime não permanente que posteriormente passará a um novo estado permanente.

Durante o transitório hidráulico, as oscilações de pressão ao longo da canalização ocorrem de maneira brusca, provocando ruídos que se assemelham a pancadas. Por isso, o transitório hidráulico também é comumente denominado de Golpe de Aríete.

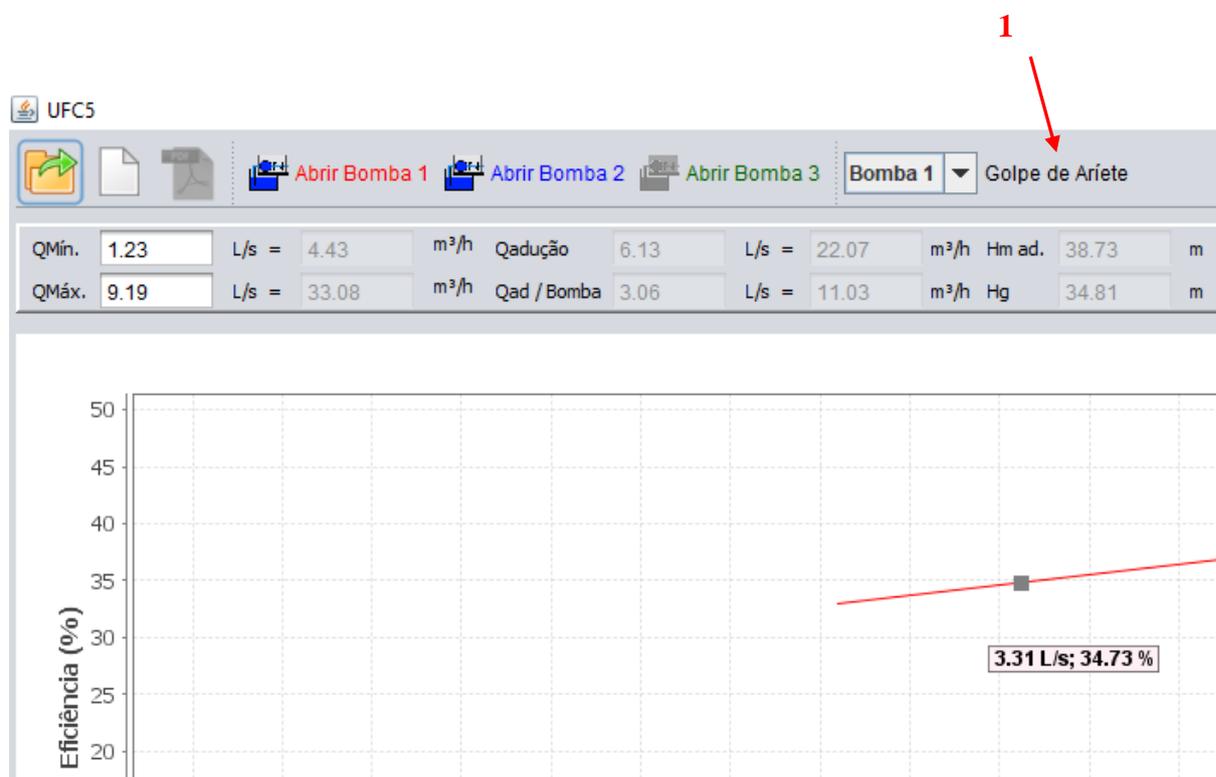
As sobrepressões e subpressões que ocorrem durante o transitório hidráulico podem causar sérios problemas à tubulação e seus equipamentos, se estes não forem dimensionados para suportar tais sobrecargas, comprometendo a segurança e o funcionamento do sistema, podendo inclusive levar ao colapso (ruptura do tubo) do sistema hidráulico. É importante salientar que, durante o transitório hidráulico, as pressões máximas e mínimas podem alcançar (e normalmente alcançam) valores bem superiores ao do estado permanente.

Desse modo, a quantificação das pressões máximas e mínimas é de fundamental interesse para o projetista, a fim de que este possa dimensionar a tubulação e introduzir equipamentos protetores, cuja finalidade é amortecer as variações de carga, prejudiciais à vida útil da instalação.

O **UFC7** permite a determinação das pressões máximas e mínimas resultantes do golpe de aríete causado pelo desligamento abrupto da bomba (falta de energia elétrica).

### 4.4.1 Simulação do Golpe de Ariete

A partir do **UFC5** clique na opção **Golpe de ariete**  e em seguida no ícone



The screenshot shows the 'Golpe de Ariete' dialog box. It is divided into two main sections: 'Entrada de Dados' and 'Valores Obtidos'.

**Entrada de Dados:**

- Número de Trechos: 13
- Rotação da bomba: 1750 rpm
- Duração da simulação: 60.0 s
- Momento de inércia polar: 0.07841 Kg.m<sup>2</sup>

**Valores Obtidos:**

- Bombas em paralelo: 2
- Altura manométrica(m): 39.33
- Eficiência(%): 34.73
- Potência (W): 3678.16
- Vazão do sistema(L/s): 6.62

Buttons for 'Gerar arquivo', 'Exportar tab.', 'UFC6', and 'UFC7' are visible. A red arrow labeled '2' points to the 'UFC7' button.

At the bottom, there is a table of pipe segments:

Trecho	Nó Montante	Nó Jusante	DN (mm)	L (m)	Material
13	22	13	100.0	90.77	DEFF
12	13	12	100.0	103.80	DEFF
11	12	11	100.0	78.89	DEFF

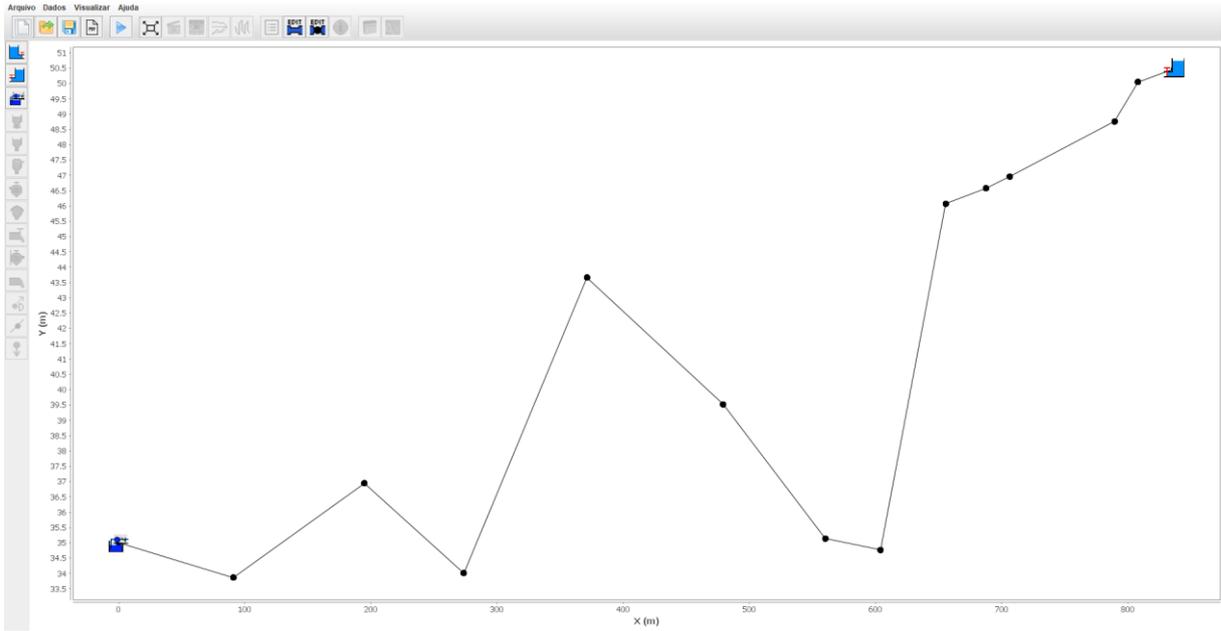
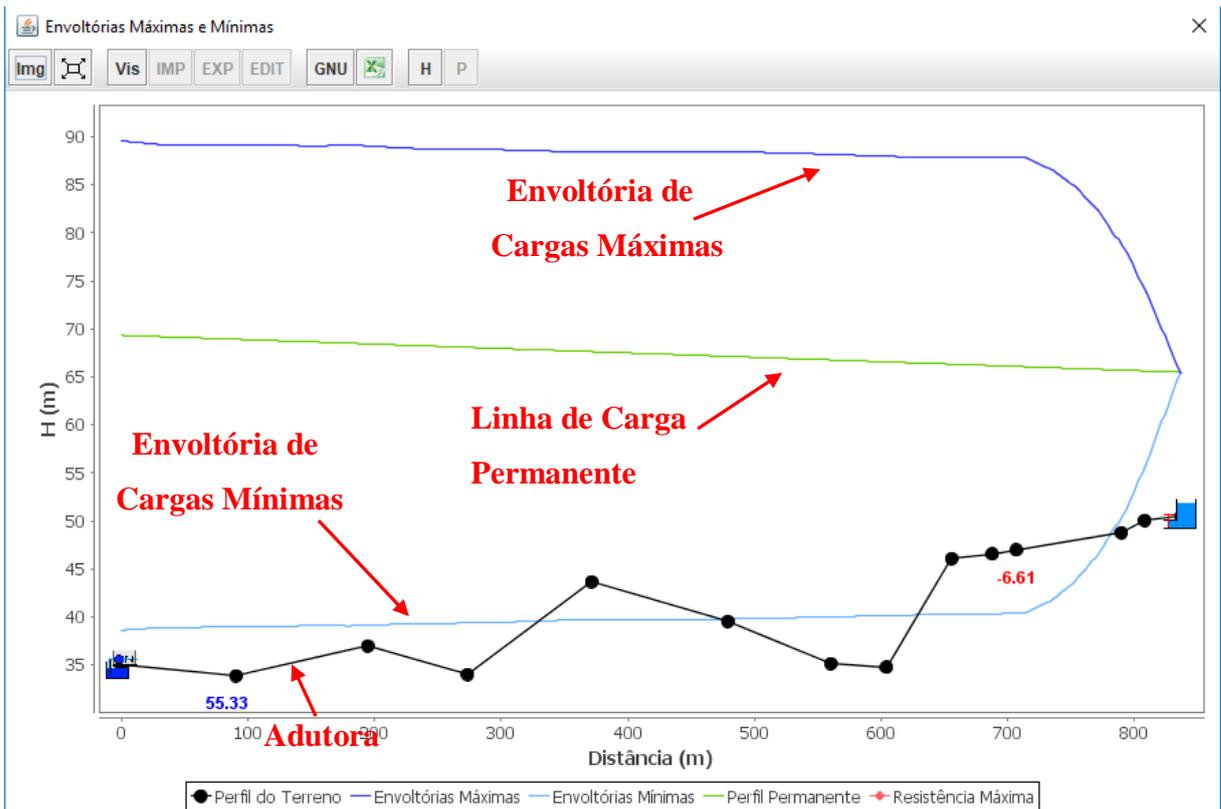


Figura 44-Módulo UFC7.

Para simular o transitório hidráulico, clique no ícone **Executar**  - Em seguida a uma tela com as envoltórias de linhas piezométricas mínimas, máximas e permanente será aberta:



#### 4.4.2 Verificação e Análise dos Resultados da Simulação do Golpe de Ariete

Podemos verificar o que acontece com o Golpe de Ariete através de uma animação. Para isso, clique na opção **Visualizar / Animação** – Abrirá uma janela apresentando a **Evolução de Carga Piezométrica**. Clicando na opção **Iniciar** você verá o comportamento de subpressão e sobressão da sua adutora.

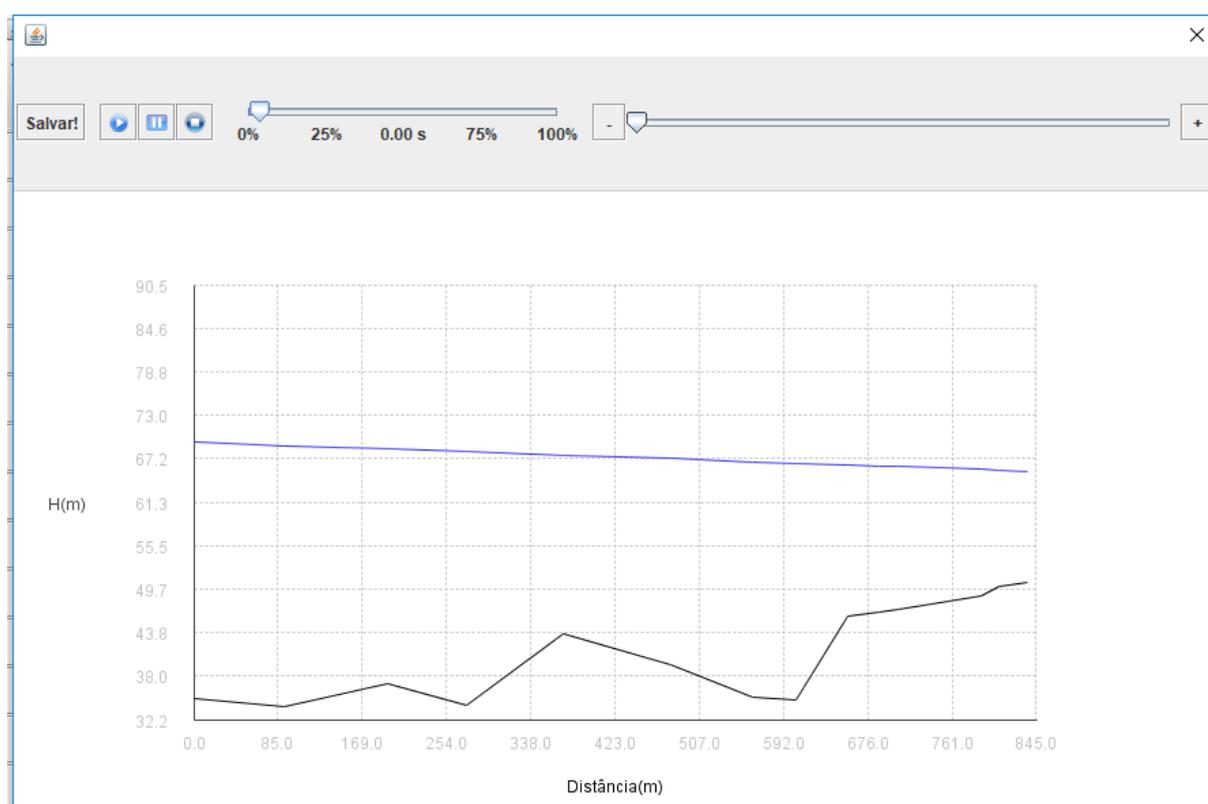


Figura 45-Animação para demonstrar a Evolução da Carga Piezométrica ao longo do tempo.

#### 4.4.3 Analisando as linhas de subpressão e sobressão da adutora

Em **outro exemplo de perfil da adutora** (Exemplo 2), verifique que a linha de sobressão (linha azul) não cruzou a linha de estado permanente, porém a linha de subpressão (linha verde) cruzou a linha da adutora (linha preta). Isso significa que nos trechos em que a linha de subpressão está abaixo da linha da adutora a pressão é negativa.

A CAGECE não aceita que você tenha pressões negativas menores que -5,00 mca, portanto para ver o valor de pressão dos trechos da adutora clique no ícone **Planilha**  /

**Planilha dos Nós.** Vai aparecer uma tabela com os valores de **pressão mínima dinâmica** de cada nó.

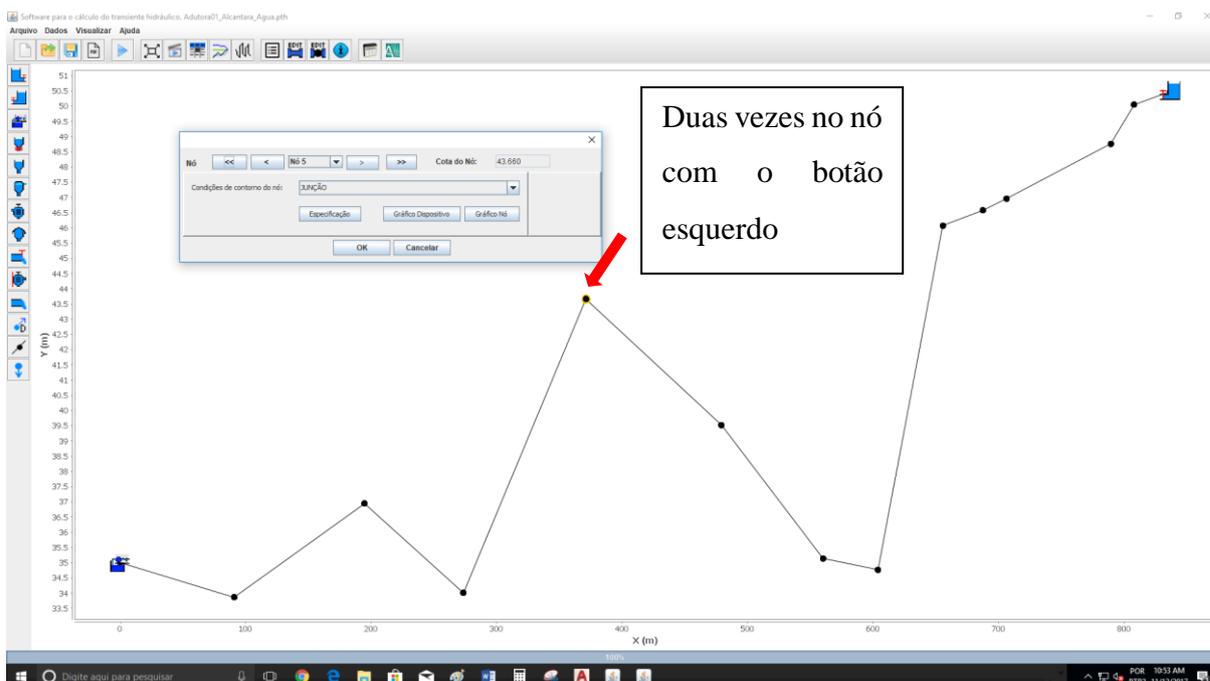


Nós	Contorno	Cota(m)	Carga(mca)	Carga Má(mca)	Carga Min(mca)	Pressão(mca)	Pressão Má(mca)	Pressão Min(mca)
1	RES. DE MONTANTE, BOMBA E VÁLVULA DE RETENÇÃO	35,9	69,330	69,519	38,598	34,330	54,578	3,598
2	JUNÇÃO	33,87	68,913	69,202	38,957	35,043	55,332	5,087
3	JUNÇÃO	36,95	68,436	69,045	39,114	31,489	52,095	2,164
4	JUNÇÃO	34,01	69,073	69,738	39,356	34,093	54,728	5,365
5	JUNÇÃO	43,66	67,624	68,468	39,702	23,964	44,808	-3,958
6	JUNÇÃO	36,52	67,129	68,444	39,759	27,809	48,924	0,299
7	JUNÇÃO	35,14	66,756	68,176	40,001	31,616	53,036	4,661
8	JUNÇÃO	34,77	66,554	67,959	40,129	31,784	53,189	5,369
9	JUNÇÃO	44,07	65,317	67,923	40,276	26,247	41,953	-5,794
10	JUNÇÃO	46,58	66,170	67,808	40,520	19,590	41,220	-6,252
11	JUNÇÃO	44,99	66,084	67,854	40,350	19,124	40,884	-6,610
12	JUNÇÃO	44,75	65,702	70,845	50,330	15,942	38,085	11,570
13	JUNÇÃO	50,05	65,617	74,085	55,622	15,567	24,035	5,572
14	RESERVATÓRIO DE JUSANTE	50,47	65,485	65,485	65,485	15,015	15,015	15,015

**Figura 46-Planilha de dados dos Nós e Trechos da adutora.**

Portanto, para atenuar o problema de **subpressão**, coloca-se um equipamento de proteção do Golpe de Ariete. Feche a janela de **Envoltórias das Cotas Piezométricas Máximas e Mínimas** / Clique duas vezes com o **botão esquerdo** do mouse em cima do Nó que tem a menor pressão que está no gráfico da adutora.

Aparecerá à janela Dados do Nó. Na opção **Condição de Contorno do Nó**, selecione um **equipamento de proteção do Golpe de Ariete**: Clique na opção TAU (Tanque de Admissão Unidirecional) / Clique em **OK**.



**Figura 47-Inserir equipamentos de proteção do Golpe de Ariete.**

Clique no ícone **Executar**  - abrirá uma janela com o nome **Cálculo do transitório** – clique **OK** / Ao finalizar em 100 %, clique em **Resultados**. Observe que o programa subiu a linha de subpressão.

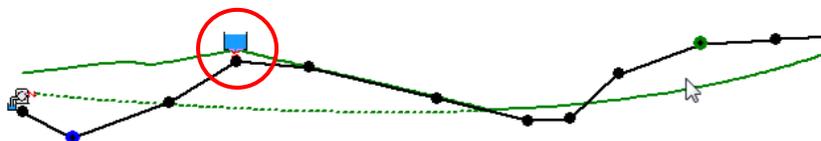


Figura 48-Perfil do Nó com pressão mínima após adição do equipamento TAU.

Verifique novamente os valores de pressão mínima para saber se os valores já estão maiores que  $-5,00$  mca. Novamente na Opção **Visualizar / Envoltório** – Aparecerá a janela de **Envoltórias das Cotas Piezométricas Máximas e Mínimas**. No Exemplo 2 ainda há pressão mínima  $-7,00$  mca. Porém, no gráfico da adutora, o Nó mínimo mudou de lugar. Portanto, novamente você deve clicar no Nó com pressão mínima e agora adicionar uma **Ventosa de Tríplice função** nesse ponto para tentar resolver o problema.

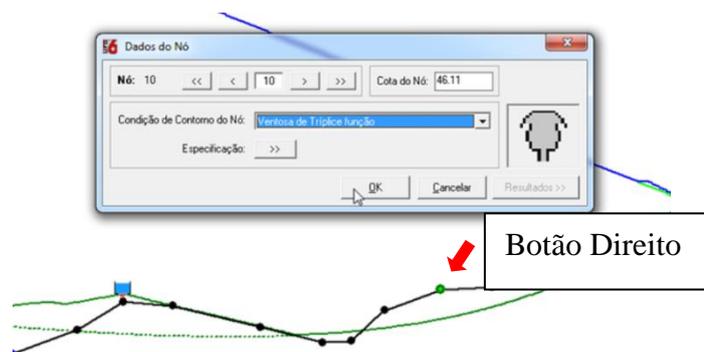


Figura 49-Inserindo outro equipamento de proteção do Golpe de Ariete para o segundo Nó.

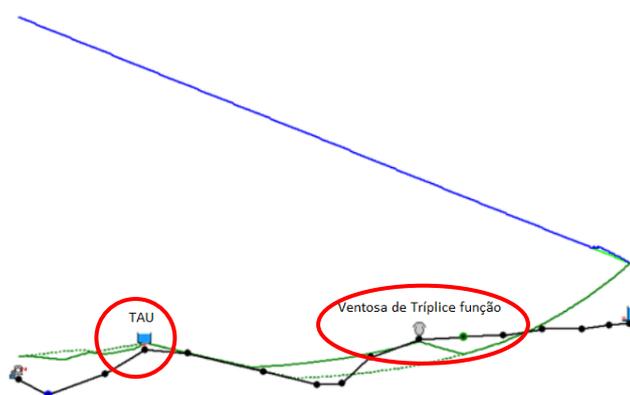


Figura 50-Equipamentos de proteção do Golpe de Ariete para os Nós com pressão menor que  $-7.00$  mca.

#### 4.4.4 Linha de resistência máxima

É importante que você verifique onde se encontra a linha de resistência máxima da adutora, pois caso ela esteja abaixo da linha de envoltórias de sobrepressão, a sua adutora poderá apresentar riscos de colapso. Para verificar onde se encontra a linha, clique no Ícone



e depois ative a opção Resistência Máxima (mca) e finalmente clique **OK** :

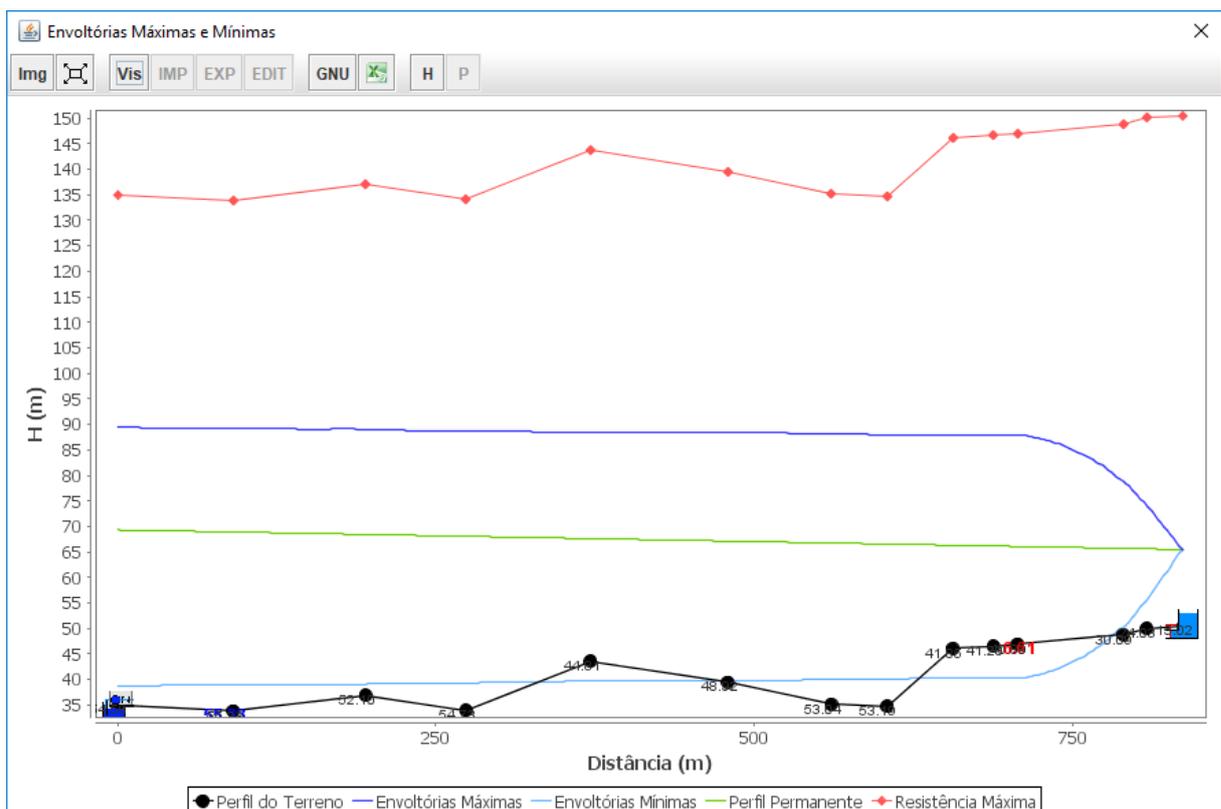
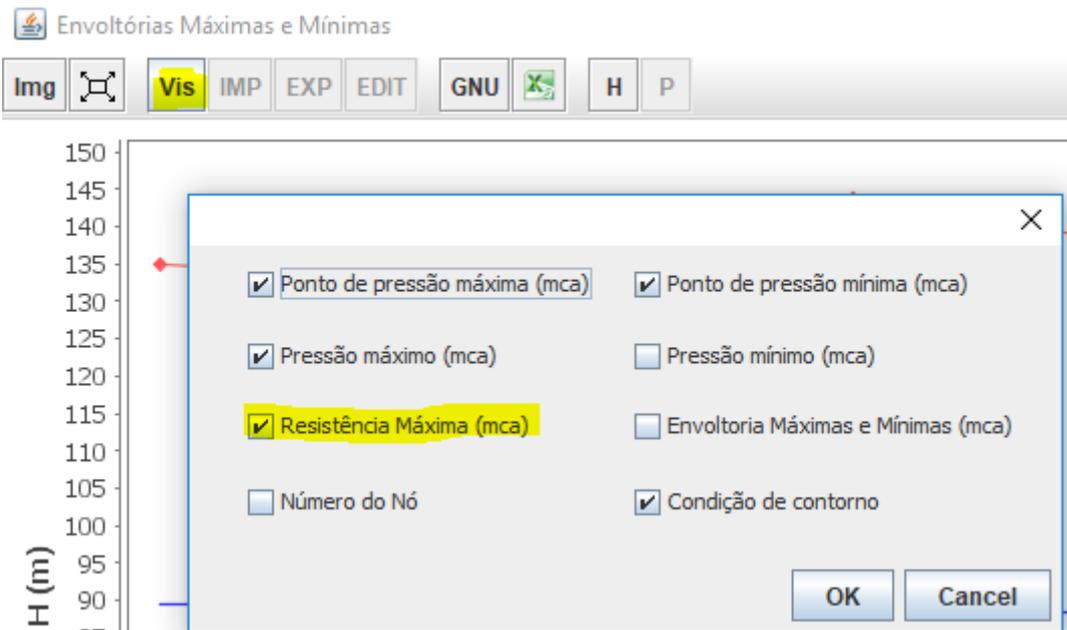


Figura 51-Linha de resistência máxima da adutora.

Caso a linha esteja abaixo da linha de subpressão, para **solucionar esse problema**, você teria que **mudar o material** do início da adutora até o momento em que a linha de subpressão se cruza com a linha de resistência máxima do material ou instalar um **equipamento de proteção de pressão máxima**.

#### 4.4.5 Visualizar perfil da adutora do AutoCAD

Caso queira verificar os valores da adutora no AutoCAD, no programa UFC7 clique na opção **Dados / Arquivos de Cargas** – mande **Gerar**. Salve o arquivo na pasta **C:/UFC/Exemplo/Alcântara – MA** com o nome que o programa irá fornecer, por exemplo, **Cargas\_Adutora01\_Alcântara\_Água-golpe.txt** – clique em **Salvar**.

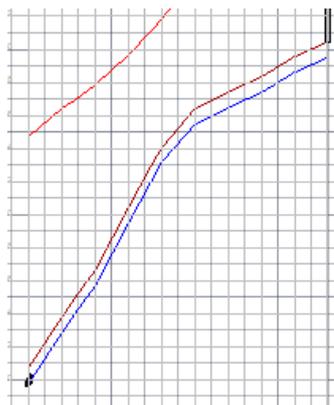
Feche o UFC7 e o UFC5. No **AutoCAD**, clique no sub-ícone **Estaqueamento da adutora**  / Clique em cima da adutora – com isso a adutora foi estaqueada de 20 em 20 metros. Isso porque as pressões de uma adutora são apresentadas de estaca em estaca.



Figura 52-Estaqueamento da adutora.

Para ver o perfil da adutora, desabilite os sub-ícones do **UFC2**, habilite os sub-ícones do **UFC3** / clique no sub-ícone **Gerar Perfil da Adutora**  / clique em cima da adutora / O AutoCAD irá perguntar: **“Deseja apresentar linhas piezométricas já calculada pelo o UFC7 (“S” ou “N”)”** / Clique em **“S”** e **Enter** / Selecione o arquivo que foi salvo no UFC7, por exemplo, **Cargas\_Adutora01\_Alcântara\_Água-golpe.txt** / Clique em **Abrir**.

Com isso o programa calcula o **Perfil** da sua adutora. A linha azul representa a adutora e a vermelha é o terreno.



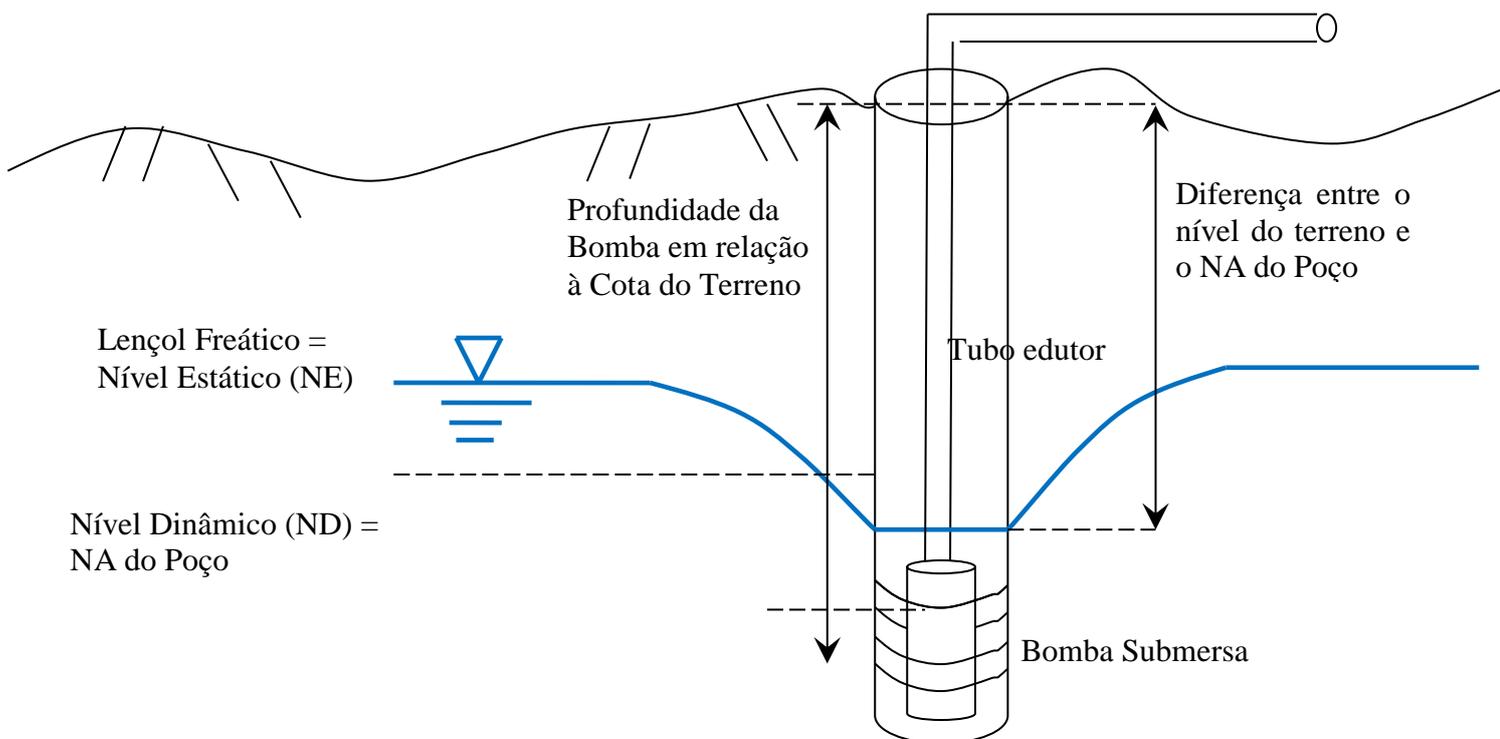
**Figura 53-Perfil da adutora no AutoCAD.**

Para tirar o estaqueamento do seu desenho, clique no subícone **Estaqueamento da Adutora**  e clique em cima da adutora.

## 4.5 POÇO PROFUNDO

Outra maneira de captar água de manancial são **os poços profundos**.

A diferença entre a estação de bombeamento (captações superficiais) e os poços profundos é o **tipo de bomba**. Para a estação de bombeamento você tem uma bomba centrífuga comum, no poço profundo você deve ter uma **bomba submersa**.



**Figura 54-Esquema representativo de um Poço Profundo.**



#### 4.5.1 Inserir poço profundo

Para inserir e adicionar os dados do poço profundo clique no subícone **Poço Profundo** , entre com os dados e clique **OK**. Na rede, clique no local que você deseja que seu poço fique inserido.

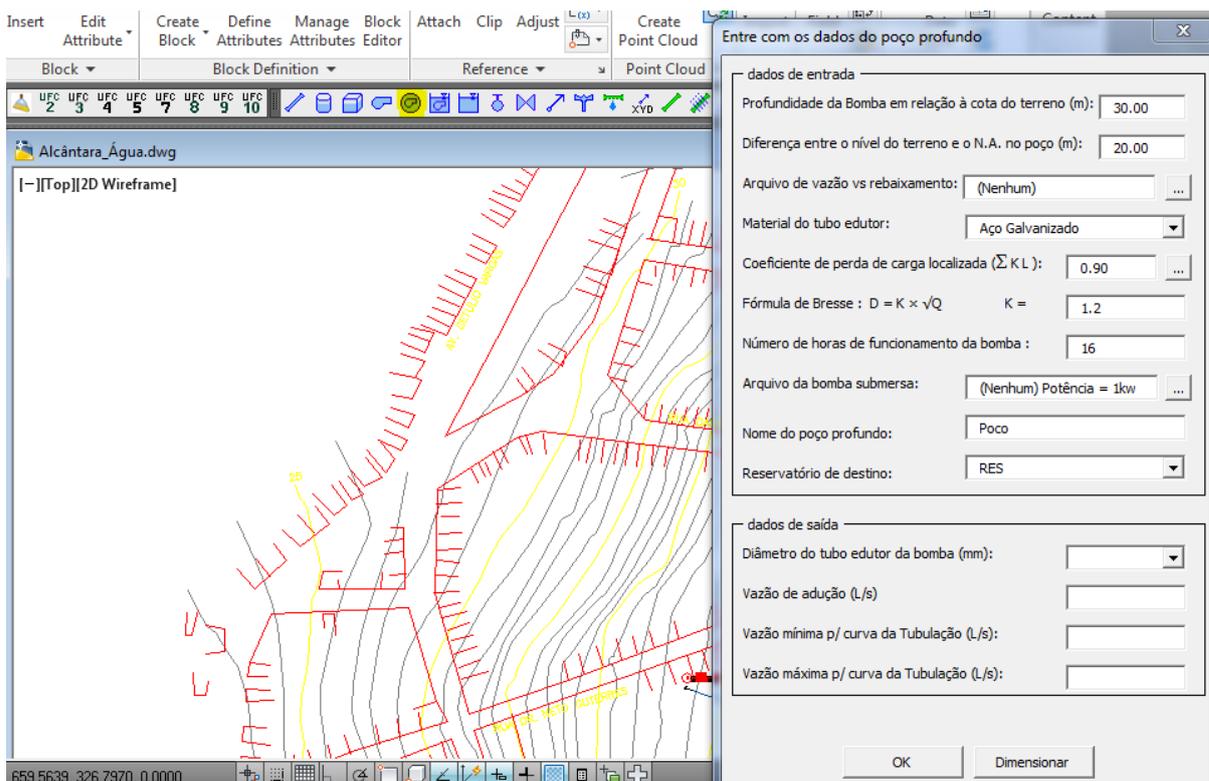
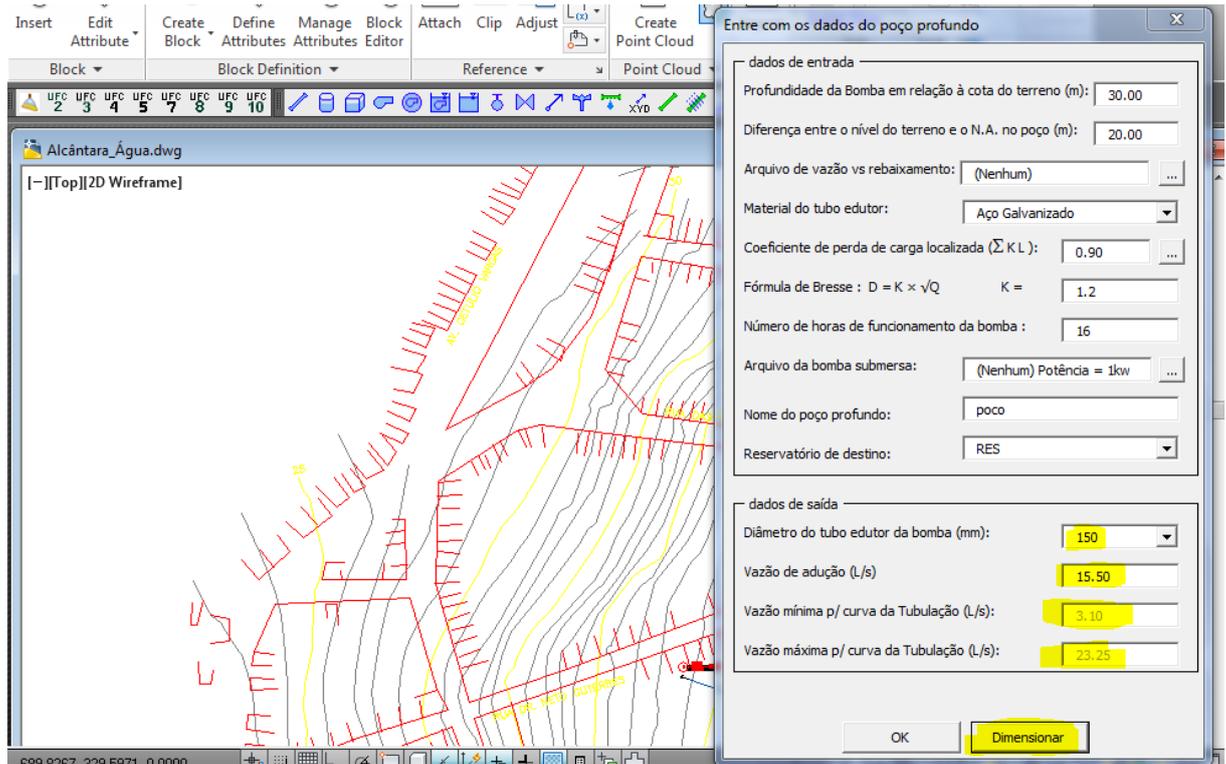


Figura 55-Janela inserir dados do poço profundo.

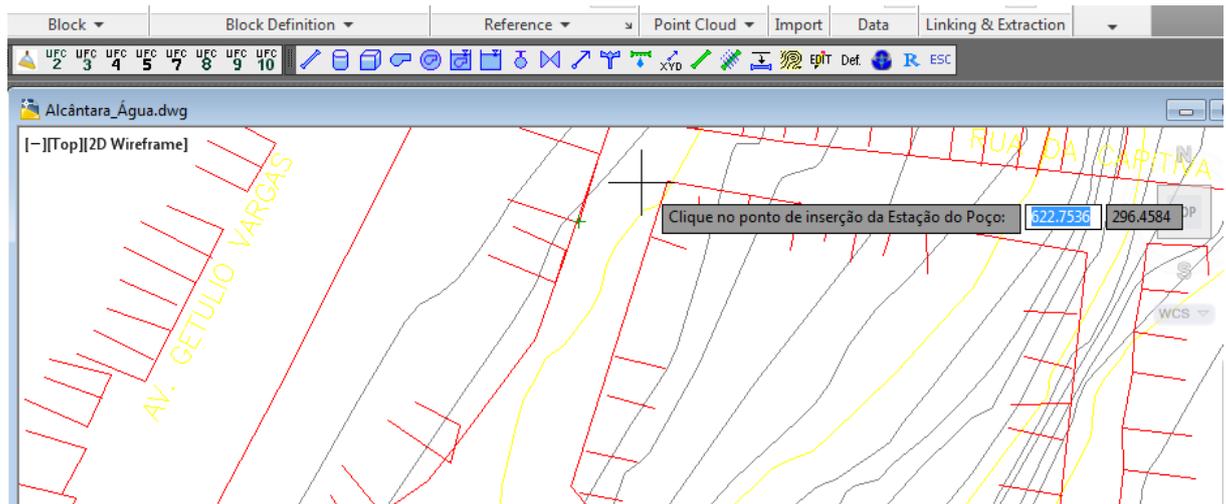
Valores do Poço Profundo para o exemplo dado no manual:

- **Profundidade da bomba em relação à cota do terreno e Diferença entre o nível do terreno e o N.A. do poço**
- Quanto ao **Coefficiente de perda de carga localizada ( $\Sigma K L$ )**, suponha que tenha apenas um cotovelo de  $90^\circ$ .
- Observe que o valor da **profundidade da Bomba em relação à cota do terreno** deve ser sempre **maior** que a **diferença entre o nível do terreno e o N.A. do poço**, porque se não, a bomba deixa de ser submersa.
- Em **Reservatório de destino**: Selecione o reservatório anteriormente inserido: RES.

Após digitar os dados do poço, clique em Dimensionar e depois em OK:



Após clicar em OK, clique no ponto de inserção do poço:



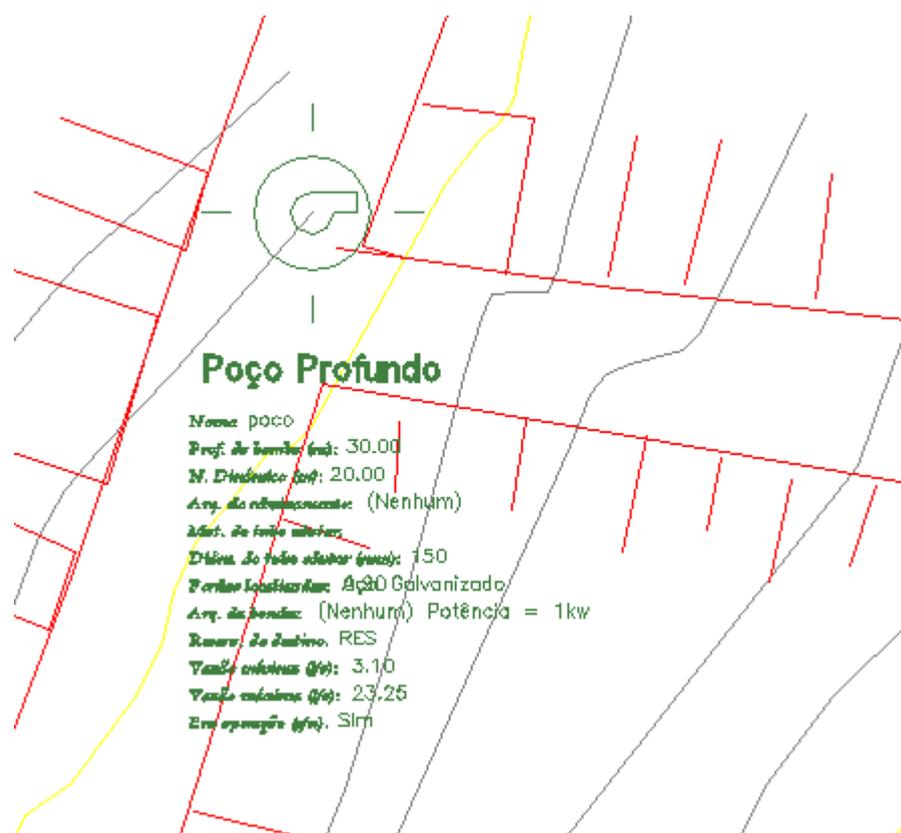


Figura 56-Poço profundo inserido

## 4.5.2 Editar os dados do poço profundo

Você pode editar os dados que estão no poço. Clique no subícone **Edit**  e posteriormente clique em cima do poço. Você pode desabilitar a opção **Mostrar atributos** e clique **ok**.

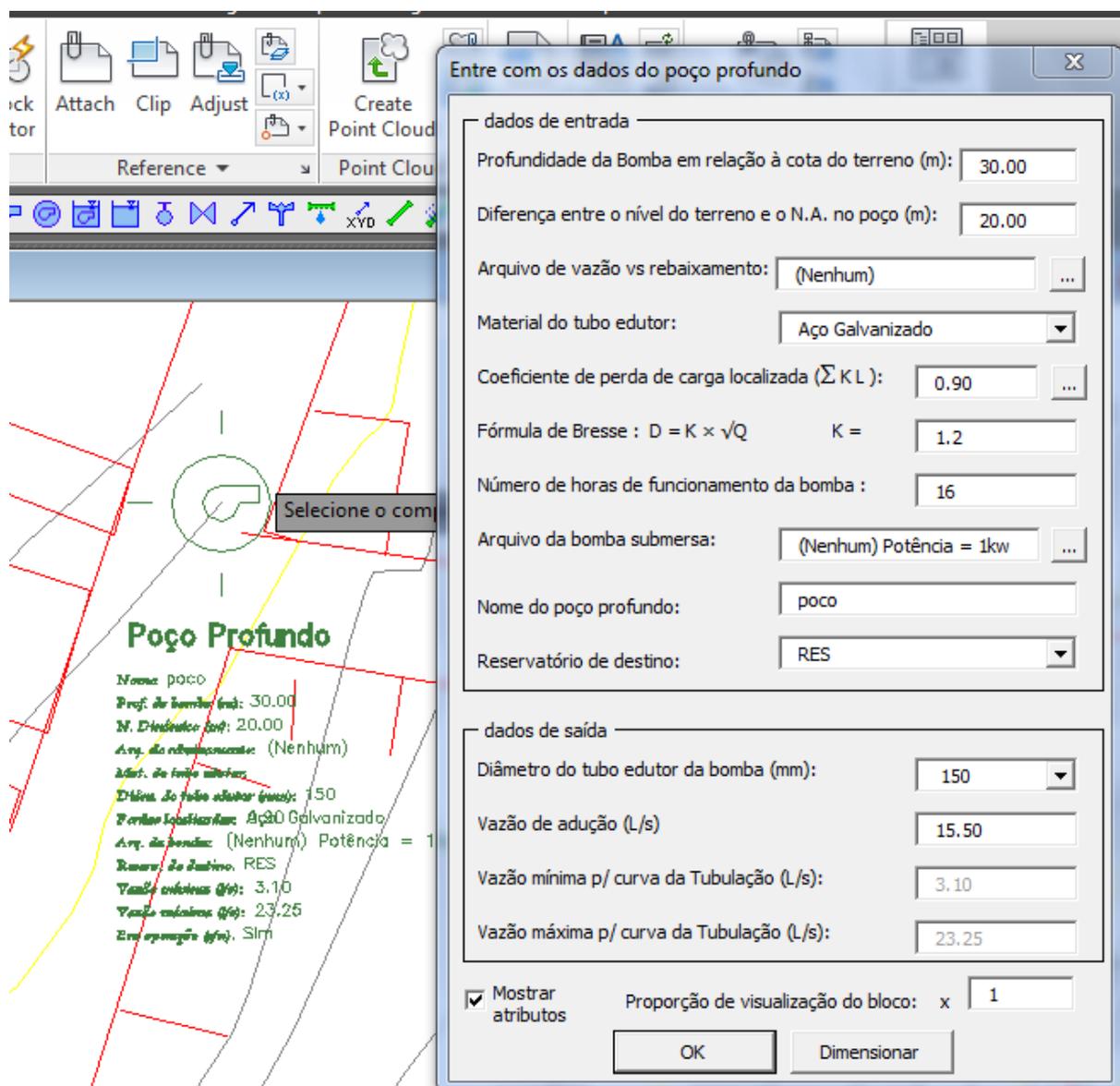


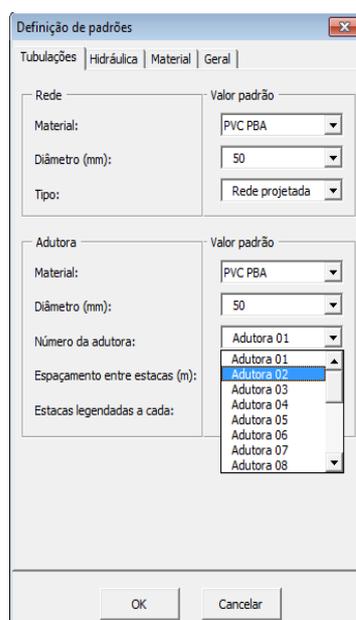
Figura 57-Janela de Dados do Poço Profundo.

### 4.5.3 Inserir adutora 2

Após inserir o Poço Profundo e adicionar seus dados será traçado uma adutora que vai do poço até o reservatório. Como não poderá ser adicionado a **adutora 1**, porque a adutora 1 já existe entra a Estação de bombeamento e o reservatório, será traçado a **adutora 2**.

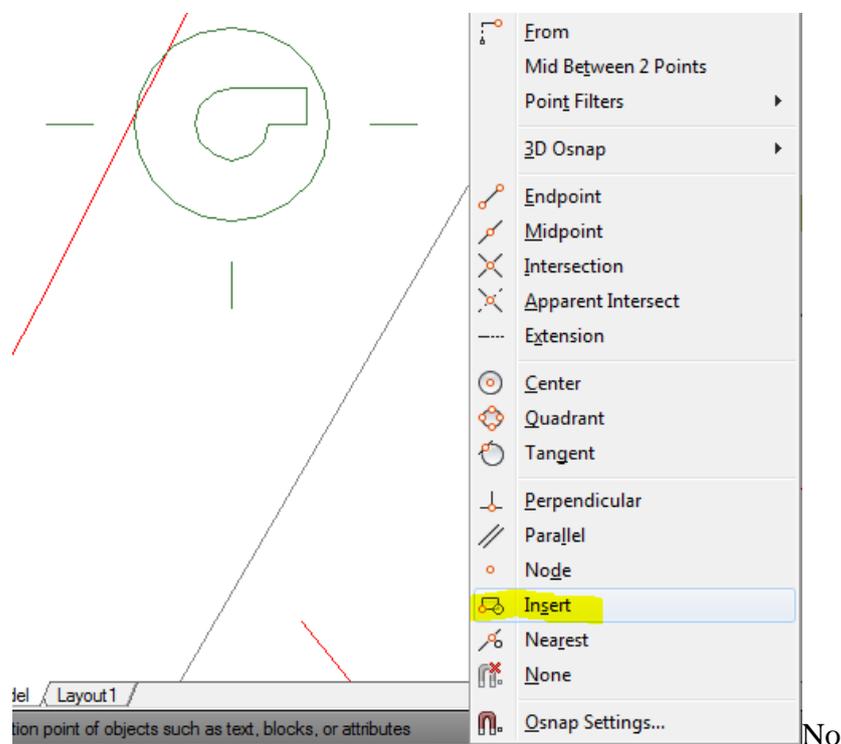
- Para você dizer ao sistema que agora será traçado a **adutora 2** clique no subícone **Def.**

 (Definições de padrões) / **Tubulações** / **Número da adutora** – Selecione a opção **Adutora 02** – clique **OK**.

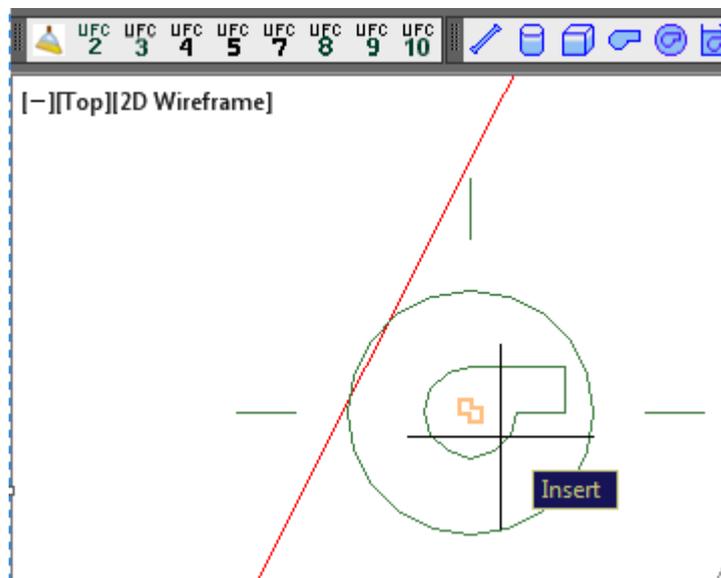


**Figura 58-Janela para definir adutora 2.**

- Agora trace a adutora clicando no subícone **Tubo de adutora**  / . Observe que o primeiro ponto da adutora deve ser necessariamente o "Insertion Point" do Poço. Para tanto. Para garantir isso, ative, através do OSNAP ( **SHIFT** + Botão Direito), a opção Insert.



Em seguida clique em algum ponto próximo à base Poço:

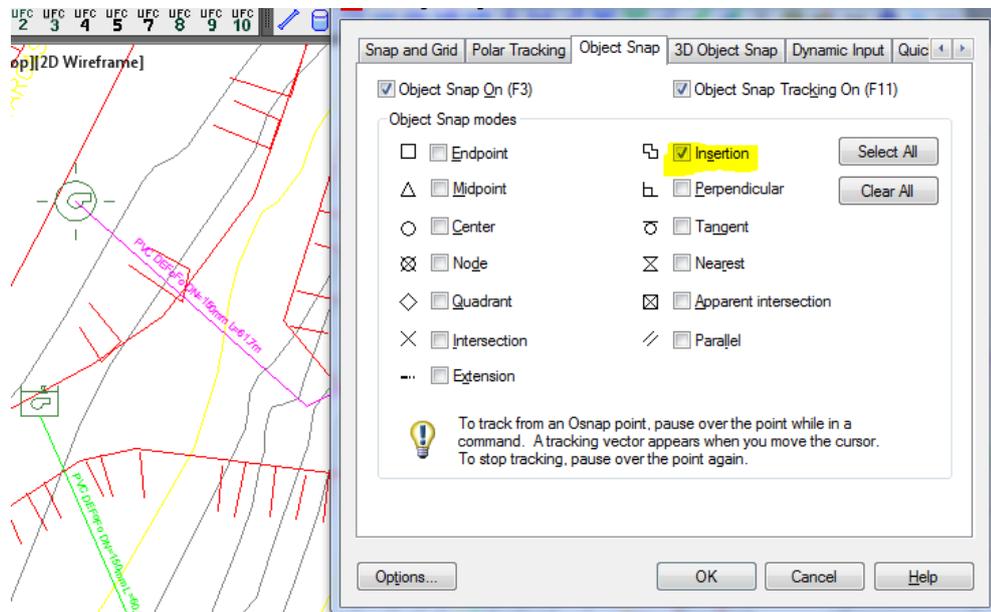


Continue traçando sua adutora até chegar ao último trecho antes do reservatório.

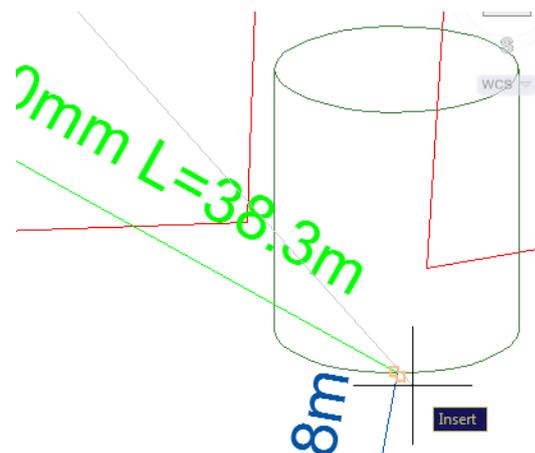


Figura 59-Traçado a Adutora 2.

Neste ponto, ative, através do OSNAP (F3), a opção Insertion.



Clique em seguida em algum ponto próximo à base do Reservatório de Nível Variável:

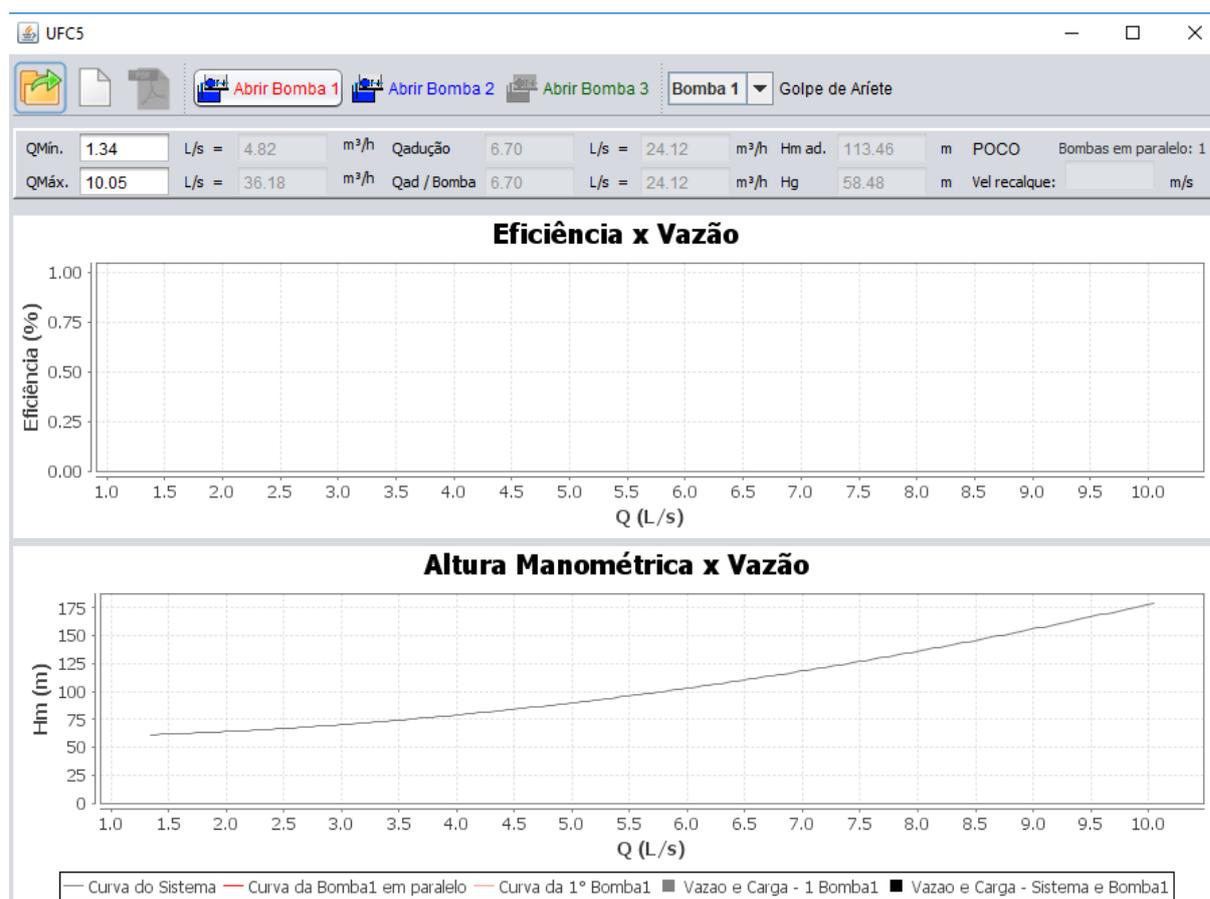


Para finalizar o traçado da adutora 2, clique no Botão direito ou tecla **ESC**

#### 4.5.4 Selecionar a bomba submersa do poço profundo

Para selecionar uma bomba para o Poço Profundo, clique no ícone **UFC5**  / **Opções de exportação** - Selecione **Nº da Adutora: 02** / clique **OK**.

No programa UFC5, aparecerá a curva da tubulação que sai do poço e vai até o reservatório.



**Figura 60-Curva da adutora do Poço profundo.**

Para o exemplo, selecione a bomba de Tejuçuoca clicando no ícone **Abrir Bomba 1** – Selecione o arquivo **C:/UFC/Exemplos/Tejuçuoca – CE / Bomba Tejuçuoca.txt** / clique em **Abrir**.

Verifique que as curvas se cruzam, ou seja, apresenta o **ponto de trabalho do sistema**, indicando a vazão, a altura manométrica, potência e eficiência da bomba.



**Figura 61-Ponto de trabalho do sistema para o Poço Profundo.**

#### 4.5.5 Informar ao Poço o endereço do arquivo da bomba selecionada

Supondo que a bomba Tejuçuoca selecionada no UFC5 seja a bomba que você queira para o seu poço, feche o UFC5 / No AutoCAD, clique no sub-ícone **Edit**  – clique em cima do poço / Ao abrir a janela **Entre com os dados do poço profundo**, na opção **Arquivo da bomba submersa**, selecione o arquivo **C:/UFC/Exemplos/Tejuçuoca - CE/Bomba Tejuçuoca.txt** – clique **abrir** – clique **ok**.

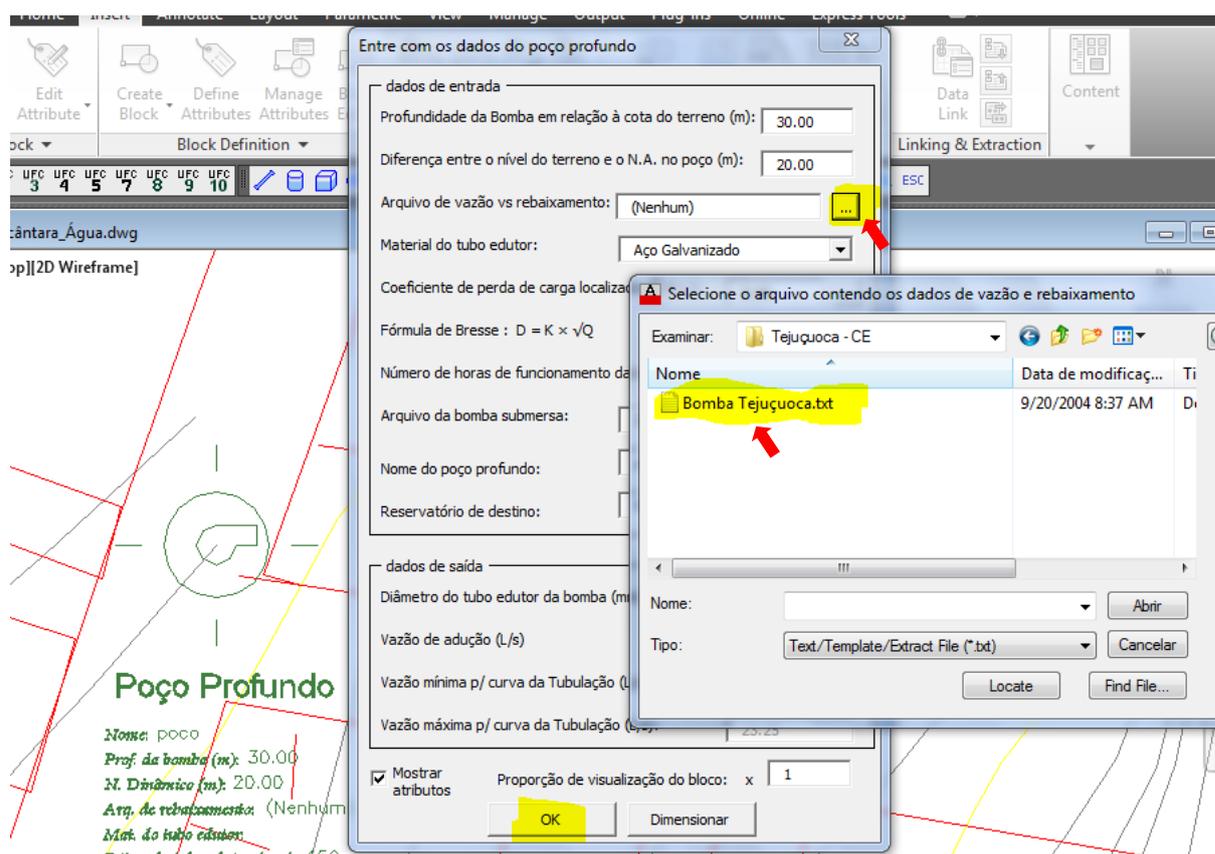


Figura 62-Inserindo bomba selecionada no AutoCAD.

#### 4.5.6 Verificar o perfil da adutora 2

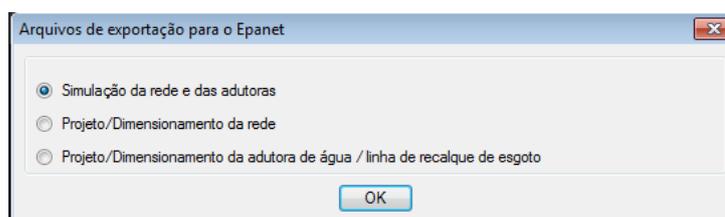
Para ver o Perfil da Adutora que sai do poço e vai até o reservatório, vá novamente ao Módulo UFC5 (lembrando de selecionar a Adutora 02) e observe que já vai entrar direto na **curva do sistema**, e você poderá ver o perfil do poço clicando no ícone **Perfil**.

Lembre-se de **fechar o UFC5**.

## 5 SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO DA REDE CONSIDERANDO VARIAÇÃO HORÁRIA DO CONSUMO (EXTENDED PERIOD SIMULATION)

Até agora foi visto separadamente à produção e o consumo da rede, agora vamos verificar como é o comportamento da produção e do consumo juntos.

Para isso, clique no subícone **EPANET**  / Na janela **Arquivos de exportação para o Epanet** selecione a opção **Simulação da rede e das adutoras** – clique **OK**.



**Figura 63-Opção de exportação para o EPANET.**

Observe que agora, no Epanet, aparecerá a **rede de distribuição** (consumo), a **adutora 01** (com a estação de bombeamento formada por três bombas) e a **adutora 02** (com o poço profundo).



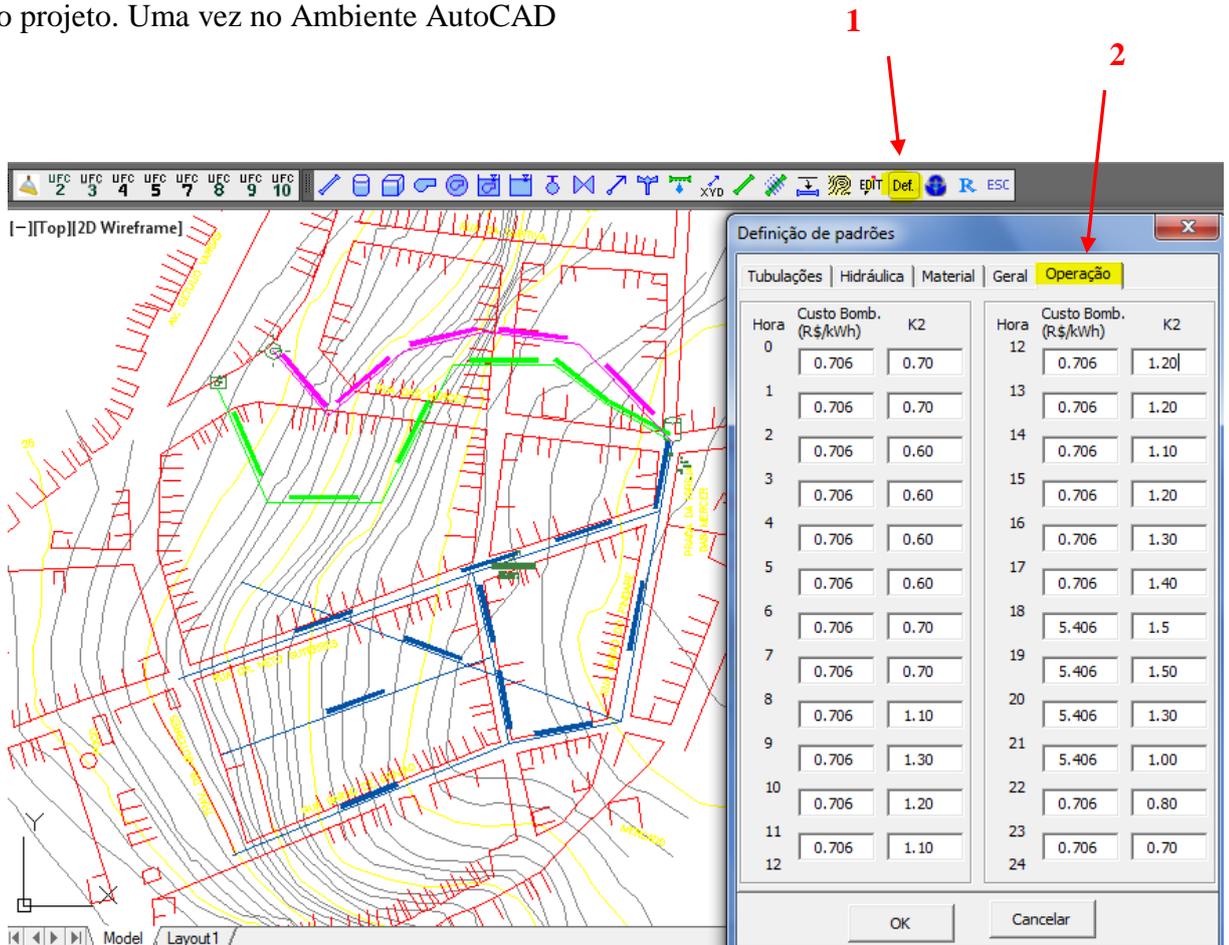
**Figura 64-Rede de distribuição e adutoras.**

Observe que agora o **reservatório** é modelado como um **reservatório de nível variado**, não é mais de nível fixo. Isso porque agora há produção e consumo de água.

- **Execute simulação**  para verificar se a rede está sendo “rodada”, ou seja, se a **simulação está bem sucedida**.

## 5.1 ENTRADA COM OS CUSTOS DE ENERGIA E COM OS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO HORÁRIA DE CONSUMO

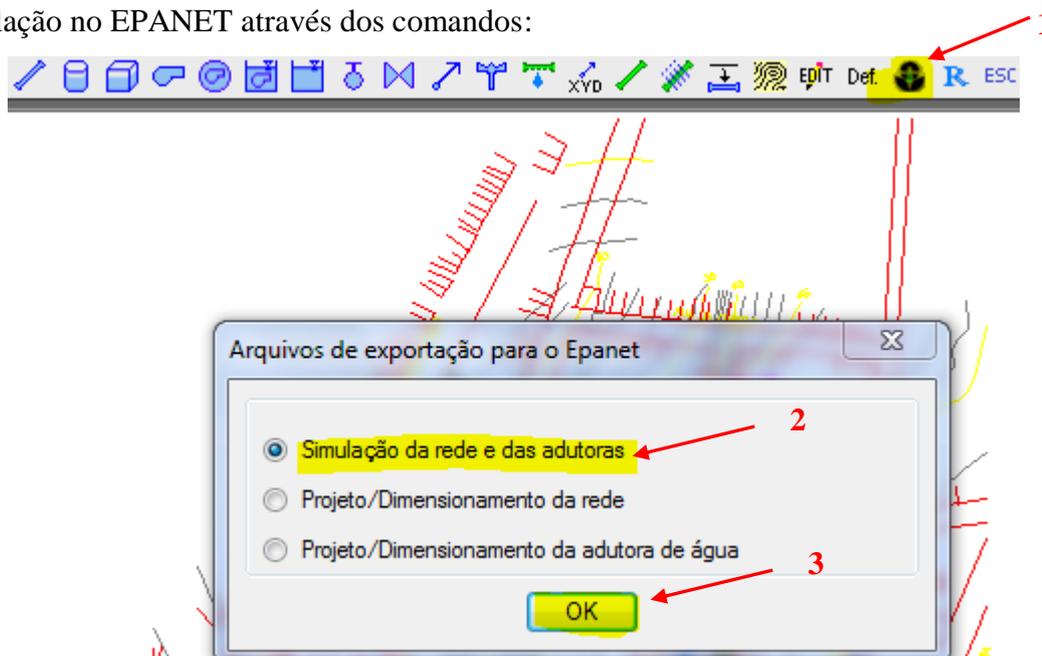
Visando simular um dia de produção e consumo simultâneos da(s) adutora(s) e da rede, podemos verificar quais o valores default de custos de energia do bombeamento (incluindo boosters da rede, se houver algum) e os valores default de coeficientes de variação horária de consumo (K2). Estes valores podem e devem ser modificados para refletirem a realidade do local do projeto. Uma vez no Ambiente AutoCAD



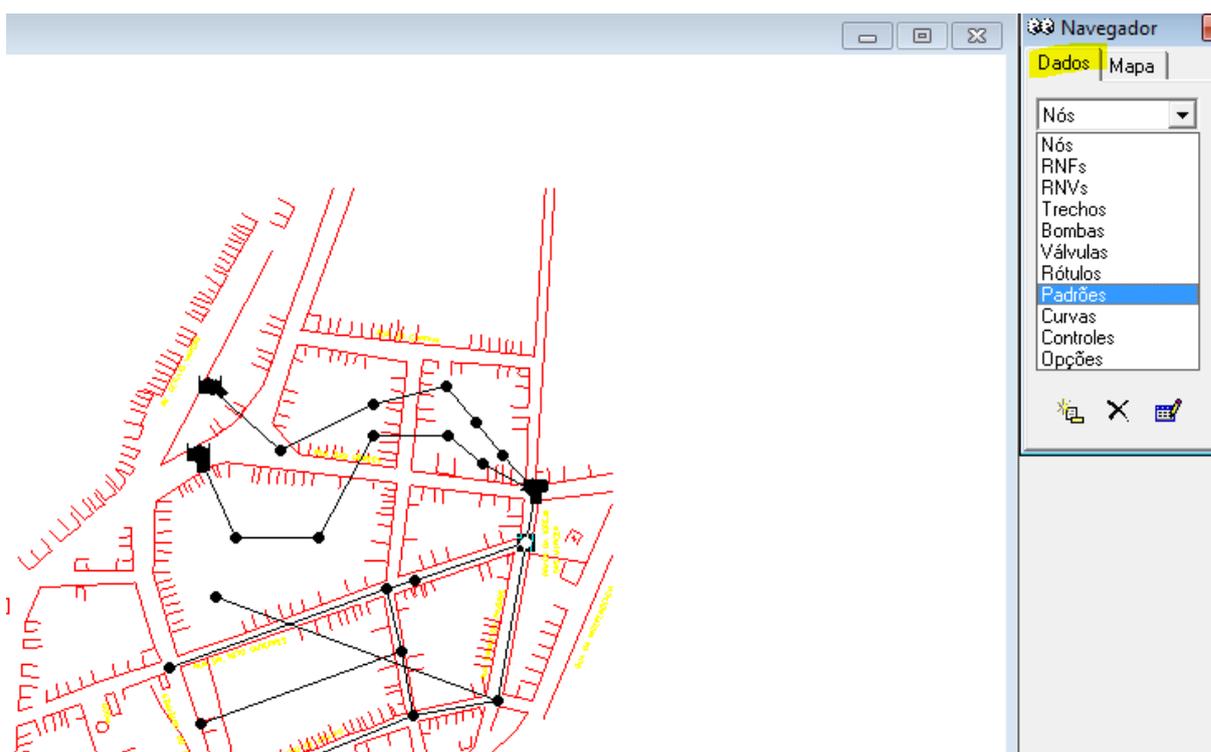
The screenshot shows the AutoCAD interface with a hydraulic network simulation. The 'Definição de padrões' dialog box is open, displaying the 'Operação' tab. The table below shows the default values for hourly energy costs and K2 coefficients.

Hora	Custo Bomb. (R\$/kWh)	K2	Hora	Custo Bomb. (R\$/kWh)	K2
0	0.706	0.70	12	0.706	1.20
1	0.706	0.70	13	0.706	1.20
2	0.706	0.60	14	0.706	1.10
3	0.706	0.60	15	0.706	1.20
4	0.706	0.60	16	0.706	1.30
5	0.706	0.60	17	0.706	1.40
6	0.706	0.70	18	5.406	1.5
7	0.706	0.70	19	5.406	1.50
8	0.706	1.10	20	5.406	1.30
9	0.706	1.30	21	5.406	1.00
10	0.706	1.20	22	0.706	0.80
11	0.706	1.10	23	0.706	0.70
12	0.706	0.70	24	0.706	0.70

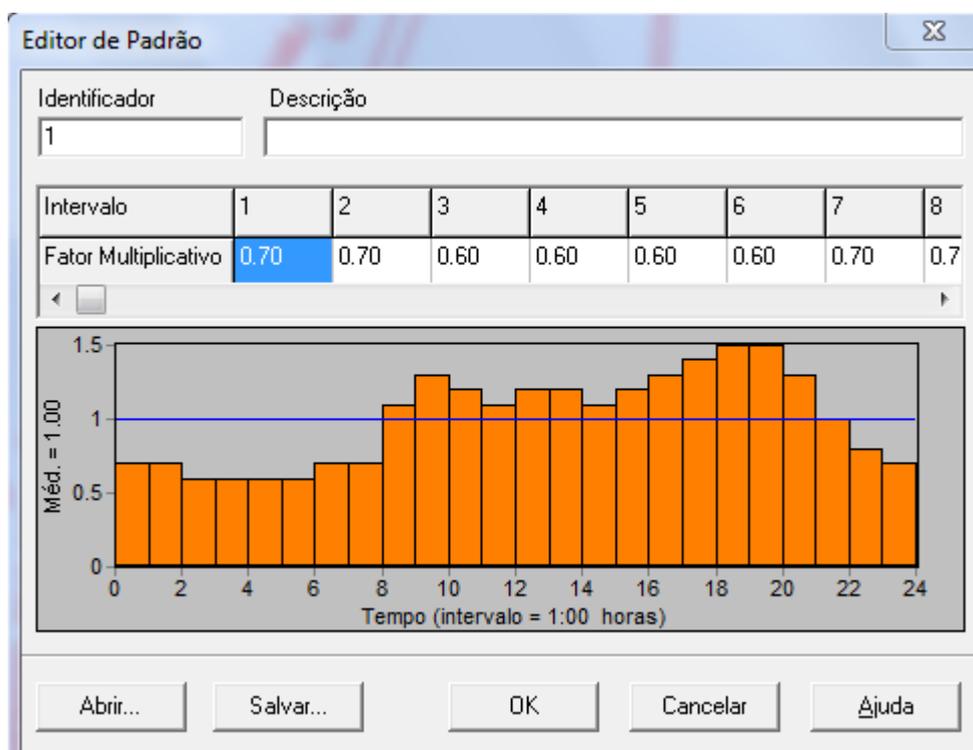
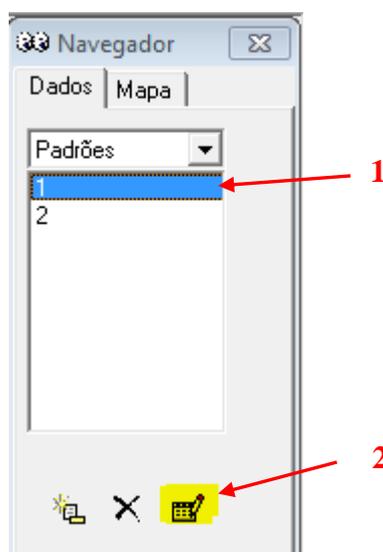
Para visualizar a curva Default do seu sistema, uma vez no ambiente AutoCAD, execute a simulação no EPANET através dos comandos:



uma vez no Ambiente EPANET, na opção **Navegador** / Clique em **Dados** / **Padrões** –



Serão disponibilizadas duas de padrões default. Opte inicialmente pela opção **1** clicando no **Editor de Padrão**  :



A Figura anterior apresenta o **fator multiplicativo**, ele é calculado a partir da **vazão** de um determinado nó em uma determinada **hora** (intervalo) dividido pela **vazão média** do mesmo nó.



### 5.1.1 Verificação das variações da vazão e pressão ao longo do tempo

Para verificar como está variando as vazões e pressões ao longo do tempo, em **Navegador / Mapa /** Na opção **Nós** selecione **pressão** e na opção **Trechos** selecione **vazão** / Em **Visualizar** selecione **Opções / Notação** - Habilite as opções **Mostrar Valores nos Nós** e **Mostrar Valores nos Trechos** e aumente o **Tamanho da Fonte** para **9** – Clique em **OK**.

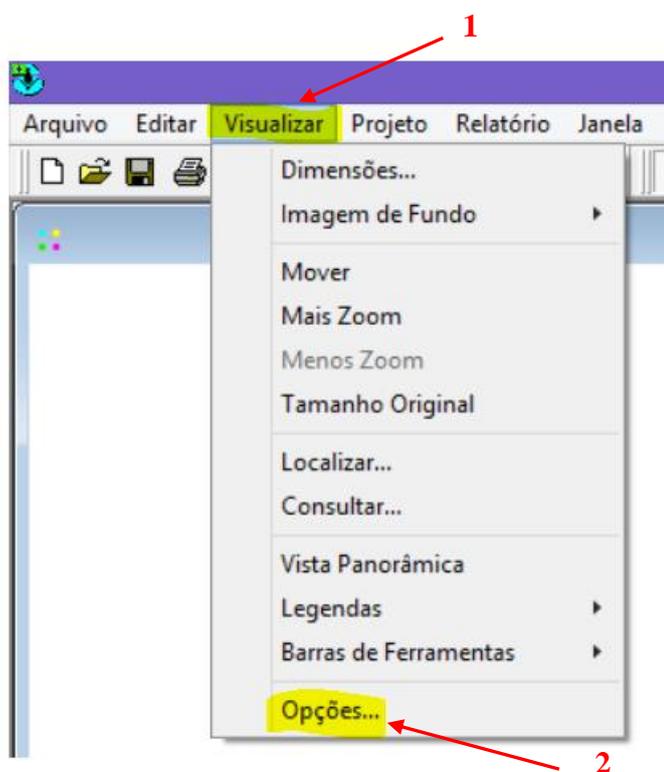
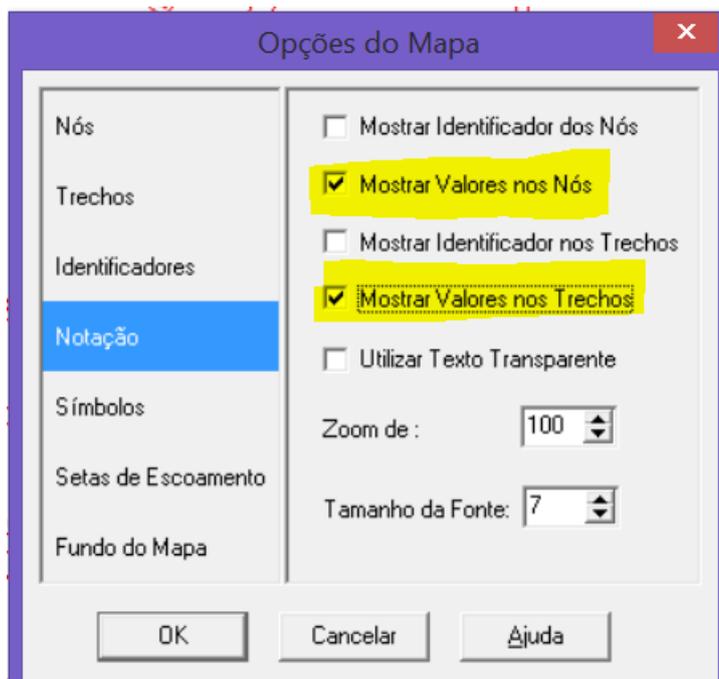


Figura 65-Procedimento para verificar vazão e pressão ao longo do tempo.



Após o procedimento anterior, observe que a rede apresenta os valores de pressão e de vazão dos trechos.



Figura 66-Vazão do Trecho e pressão do Nó.

Na opção **Navegador** há o valor de **vazão** e **pressão** em um **determinado horário**. Caso você queira ver qual o valor da pressão e vazão em outro horário, em Navegador selecione **Mapa** / Na opção **tempo** você pode **mudar a hora**.

Observe que a bomba, no tempo de 0:00 horas, está com uma vazão de 8,69 L/s e está havendo um consumo de 5,33 L/s.

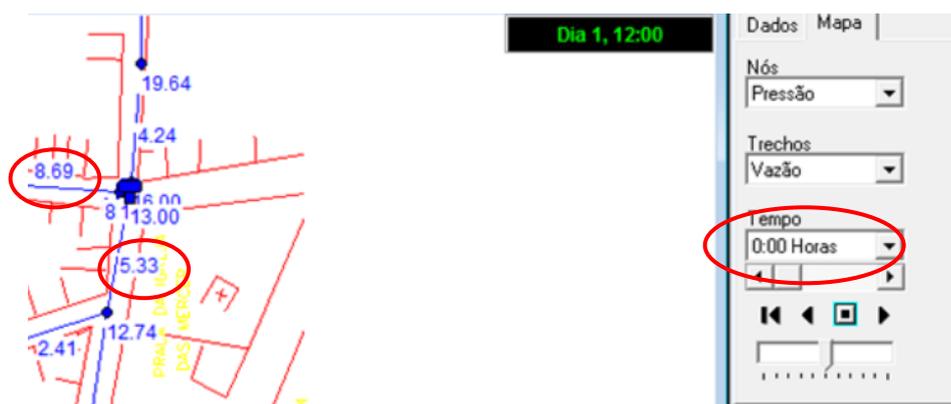


Figura 67-Verificar vazão e pressão ao longo do tempo.

À medida que o tempo vai sendo alterado, observe que a vazão e a pressão do sistema mudarão. Na figura 80, quando o tempo é 1:00 hora a vazão da bomba está zero, ou seja, a bomba desligou, isso porque provavelmente o reservatório está cheio. Caso você for passando o tempo à bomba ficará com o valor 0.00 L/s em determinados momentos, isso porque ela fecha e abre com o passar do tempo.

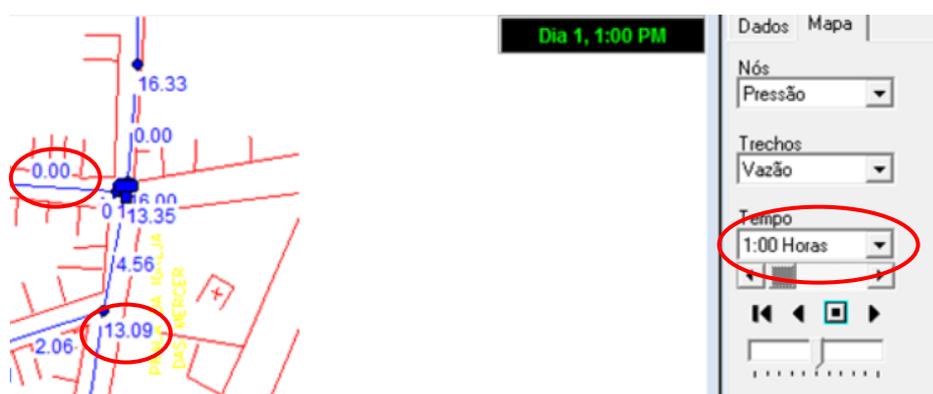


Figura 68-Mudança dos valores de pressão e vazão ao longo do tempo.

## 5.2 COMPORTAMENTO DO RESERVATÓRIO

Com o EPANET você pode simular o comportamento do seu reservatório.

### 5.2.1 Gráfico do comportamento do reservatório

Para você ver o comportamento da vazão no seu reservatório, clique no ícone da seta



/ clica em cima do **reservatório** / clica no ícone **gráfico**



– clique em **OK**.

Observe no gráfico da Figura 81 que o reservatório está enchendo e esvaziando várias vezes ao dia, ou seja, o reservatório está **subdimensionado** e a sua adutora (produção) está **superdimensionada**, isso porque ela está enchendo o reservatório muito rápido ( $\approx 2$  horas), indicando que está com uma vazão muito grande para o sistema. Mas nesse exemplo esse comportamento é de se esperar, porque o sistema está pequeno e temos duas adutoras.

Para um dimensionamento de um reservatório, o melhor comportamento do reservatório é quando ele **esvazia no mínimo uma vez por dia e no máximo duas vezes**. A ideia de um reservatório bom é aquele que nunca esvazia está errada, pois pode haver problemas de qualidade de água resultantes deste **superdimensionamento** devido à mistura de águas com tempo de cloração diferente.

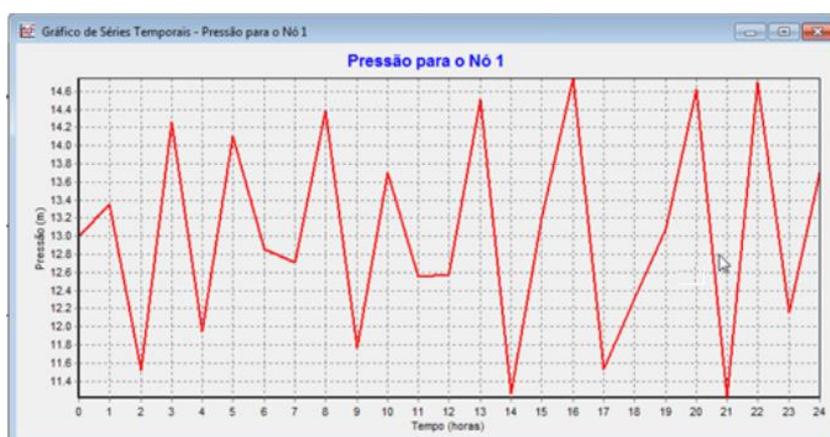


Figura 69-Gráfico de Séries Temporais.

### 5.2.2 Melhorando o comportamento do seu reservatório

Para sanar com o problema anterior, aumente o diâmetro do reservatório. Para isso, no **EPANET**, clique em cima do **reservatório** para abrir a janela **RNV**, na opção **Diâmetro** você altera o diâmetro para 4 metros.

Mande **Executar simulação**  para verificar se a simulação está bem sucedida.

Propriedade	Valor
*Identificador do RNV	1
Coordenada X	777.75
Coordenada Y	201.12
Descrição	Reserv. Circular
Zona	RES
*Cota	50.41
*Altura de Água Inicial	13
*Altura de Água Mínima	11
*Altura de Água Máxima	15
*Diâmetro	4

Figura 70-Alterando o diâmetro do reservatório.

Repita o procedimento de **simular o comportamento do seu reservatório** e veja como está o gráfico (Figura 83). Observe que o gráfico diminuiu a quantidade de vezes que ele esvazia e enche por dia, ou seja, melhorou, mas 4 metros ainda está pouco, portanto aumente o diâmetro para 7 metros faça o mesmo procedimento anterior. Observe novamente como está o comportamento do seu reservatório no gráfico. Nesse exemplo, agora o gráfico está bom, pois o reservatório está esvaziando apenas uma vez por dia.

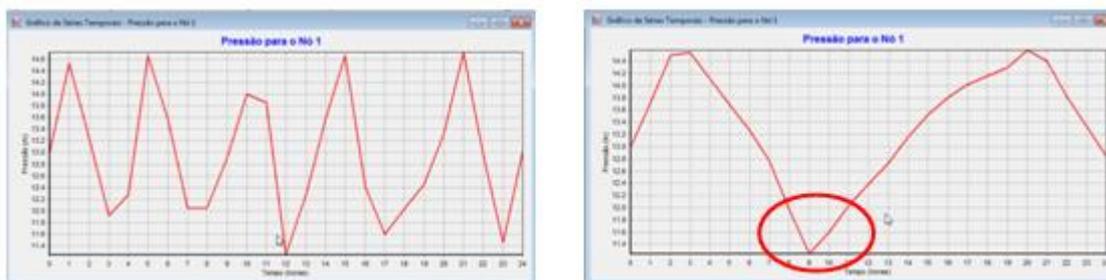
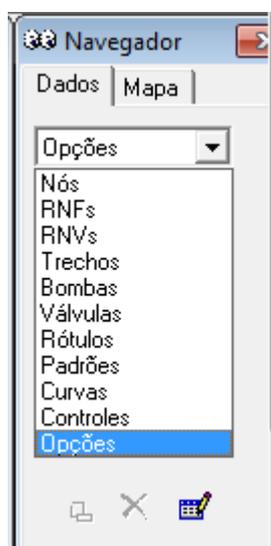


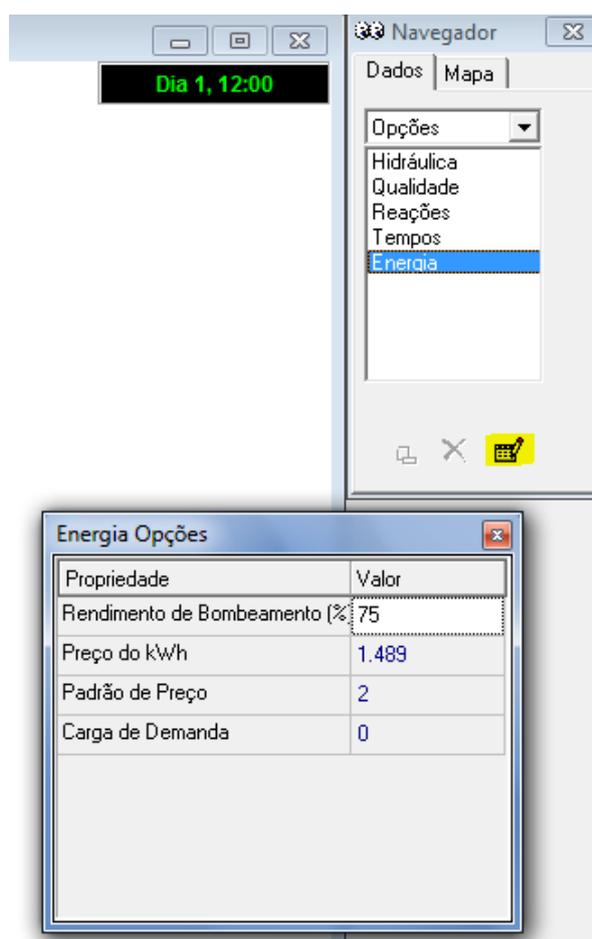
Figura 71-Gráfico de Séries Temporais após alterar o diâmetro.

### 5.3 DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE ENERGIA DIÁRIO NO BOMBEAMENTO

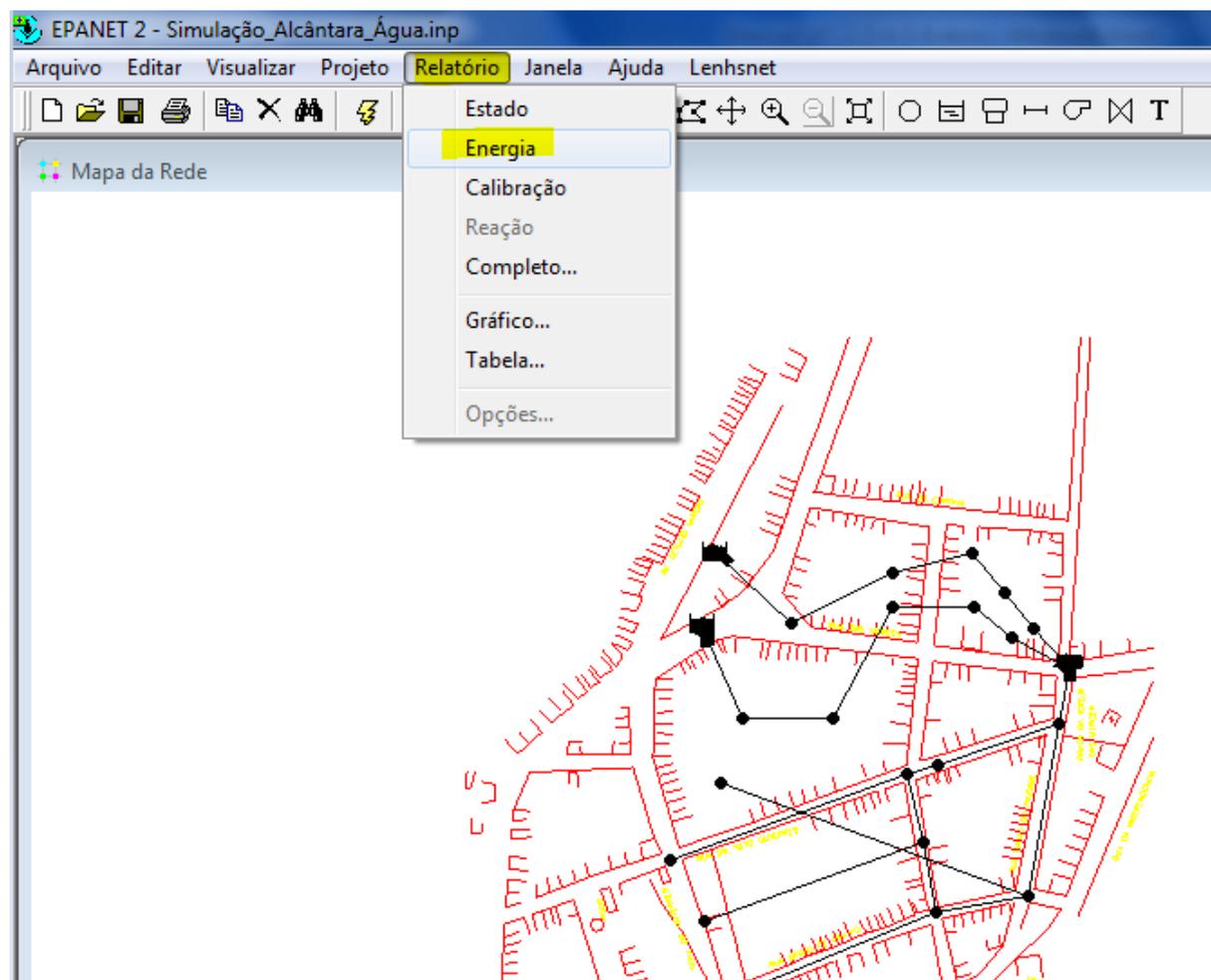
Além da verificação do comportamento do(s) reservatório(s), a simulação simultânea de um dia de produção e consumo permite também a determinação do custo da energia gasta durante o processo de bombeamento. Para isso, na opção **Navegador / Dados / Opções** :



Após selecionar o item **Energia** / Clique no ícone de **Opção Energia** e depois em 



Selecione a opção **Relatório / Energia**.



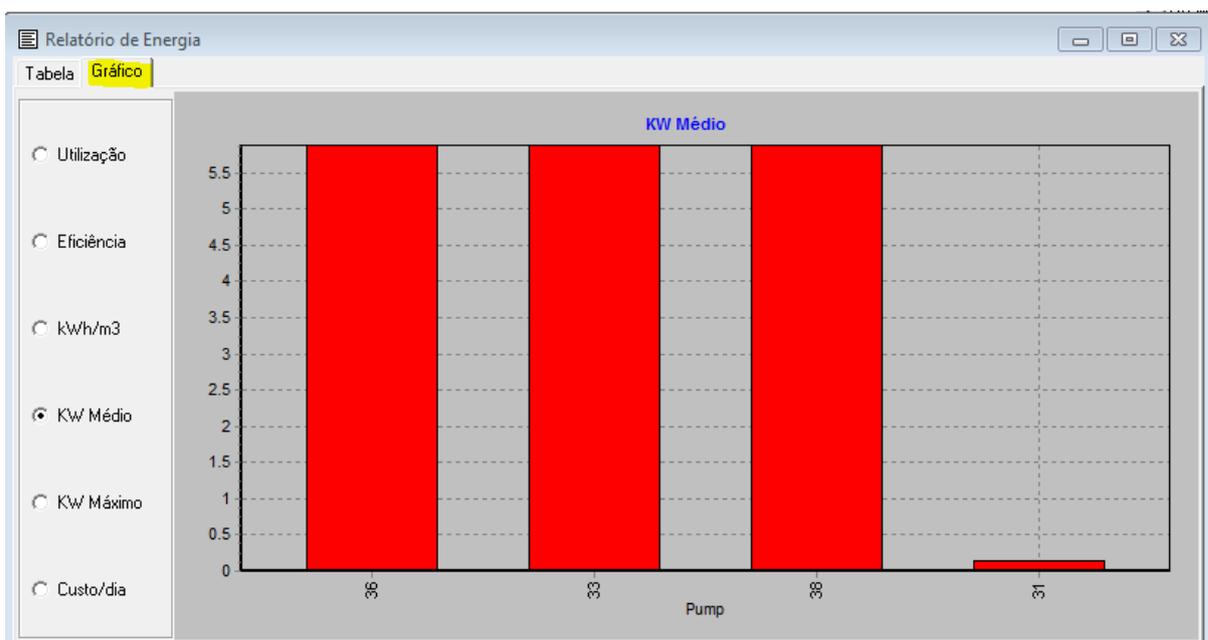
Com isso você terá o **custo do bombeamento diário**:

Relatório de Energia						
Tabela   Gráfico						
Bomba	Porcentagem Utilização	Rendimento Médio	kWh /m3	kW Médio	kW Máximo	Custo /dia
36	74.63	38.46	0.28	5.88	5.88	184.89
33	74.63	38.46	0.28	5.88	5.88	184.89
38	74.63	38.46	0.28	5.88	5.88	184.89
31	74.63	75.00	0.19	0.15	1.33	2.00
Custo Total						556.68
Tarifa de Consumo Máx						0.00

Na

**Figura 72-Relatório de Energia.**

As informações sobre custo de bombeamento também podem ser visualizadas graficamente:



## 5.4 COMPORTAMENTO DA REDE AO ELIMINAR UMA DAS ADUTORAS

O EPANET simula como ficaria o comportamento da sua rede se por algum motivo você tivesse que eliminar uma das adutoras. Para verificar essa simulação, faça os procedimentos seguintes.

### 5.4.1 Elimine uma das adutoras e verifique se a rede ficará com algum erro de simulação

Para verificar essa simulação, no AutoCAD, **elimine o poço profundo e a adutora do poço** / Dê um comando **Purge (pu) / Purge All / Purge all items** – clique em **Close**. Clique no ícone do EPANET , e rode o sistema apenas com a Adutora 01, ou seja, selecione a opção **Simulação da rede e das adutoras** – clique em **OK**.

No Epanet, **Execute simulação** . Observe que aparecerá na janela **Estado da Simulação** uma mensagem indicando que deu algum erro – clique em **OK**. Em **Relatório de Estado** mostrará que o erro é que os Nós estão desligados.

```

Relatório de Estado
Página 1 Thu Jun 16 11:12:14 2011
*****
*                E P A N E T                *
* Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento *
* Simulação de Redes de Distribuição          *
* Versão 2.0 - Português (Brasil) - Build(2.00.12) *
*****

Simulação iniciada Thu Jun 16 11:12:14 2011

ADVERTÊNCIA: Pressões negativas às 16:35:59 horas.
ADVERTÊNCIA: Nó 2 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 3 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 4 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 5 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 6 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 7 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 8 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 9 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 10 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 11 desligado às 16:35:59 horas
ADVERTÊNCIA: Sistema desligado devido o Trecho 1

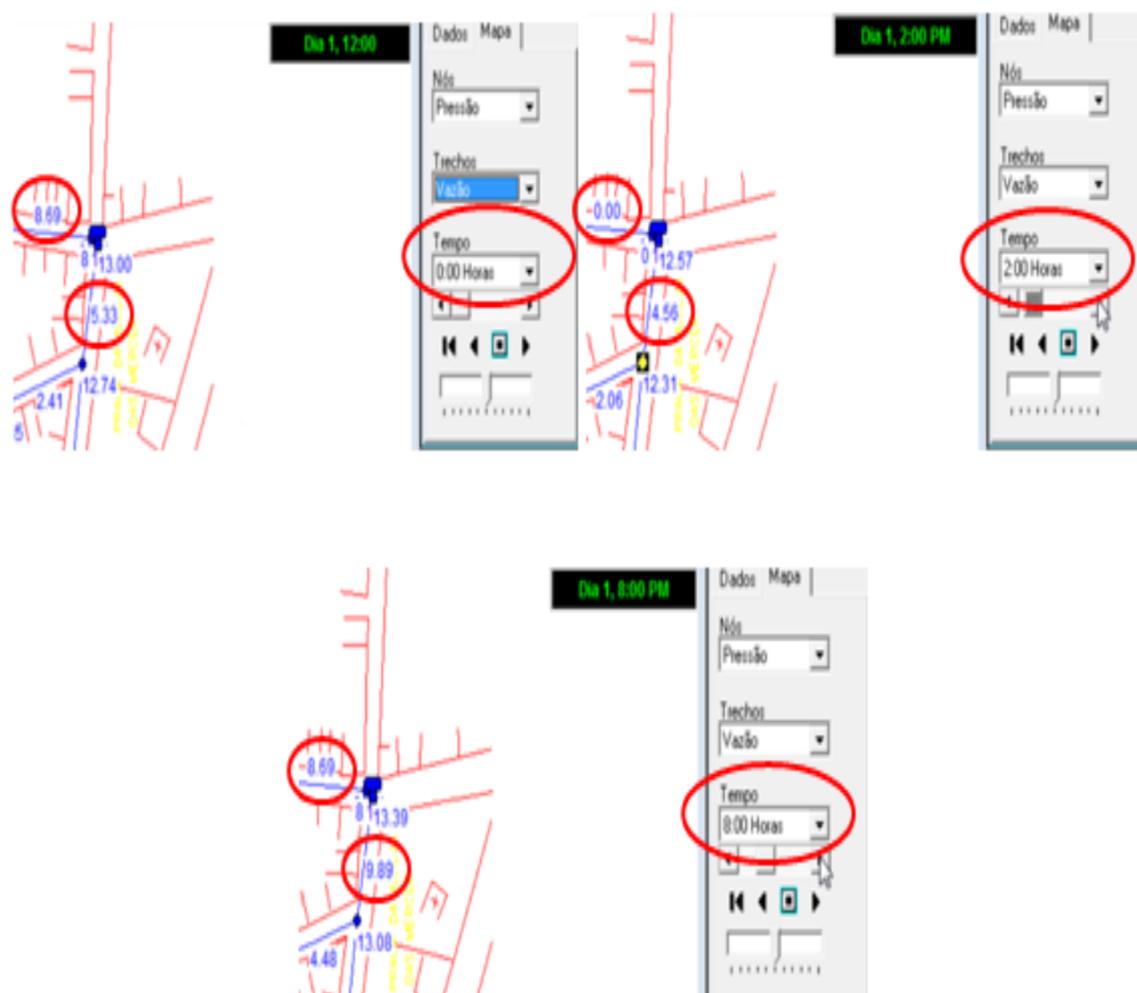
ADVERTÊNCIA: Pressões negativas às 18:16:40 horas.
ADVERTÊNCIA: Nó 2 desligado às 18:16:40 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 3 desligado às 18:16:40 horas
ADVERTÊNCIA: Nó 4 desligado às 18:16:40 horas

```

## 5.4.2 Verificando o tipo de erro

Para verificar qual é o erro, deve-se observar como a rede está se comportando. Para isso, repita o procedimento 5.1 **Navegador / Mapa** – Selecione na opção **Nós** a **pressão** e na opção **Trechos** a **vazão**. Execute a simulação  / clique **OK** / Feche a janela que apresenta o erro. Vá à opção **Visualizar / Opções / Notação** - Habilite as opções **Mostrar Valores nos Nós**, **Mostrar Valores nos Trechos** e aumente o **Tamanho da Fonte** para 9 – clique em OK.

Observe que no tempo de 0:00 horas a vazão de produção de 8,69 L/s é maior que a vazão de consumo do sistema de 5,33 L/s. A medida que o tempo for passando, observe o comportamento da vazão de abastecimento do reservatório e de consumo. Por exemplo, às 2:00 horas o reservatório encheu pois a vazão de produção está 0.00 L/s. Às 8:00 horas começou a crescer a vazão de consumo, observe que ela está maior do que a vazão de produção e isso não é bom pois prejudica a rede.



**Figura 73-Verificando valores de vazão para abastecimento do reservatório.**

Para saber o que está acontecendo com o comportamento do reservatório, faça o procedimento do 5.1. Observe no gráfico (Figura 87) que as 18:00 horas o reservatório esvaziou. Mas no desenho da rede você observa que as 18:00 horas ele está com uma vazão de produção de 11.41 L/s e uma vazão de consumo de 8.59 L/s, ou seja, o reservatório esvaziou e não tem como encher pois o consumo da água está maior do que a produção. Isso causa **pressões negativas** na rede o que resulta em erro na Simulação. O reservatório vazio pode causar entrada de ar na tubulação e isso causa sérios danos à rede.

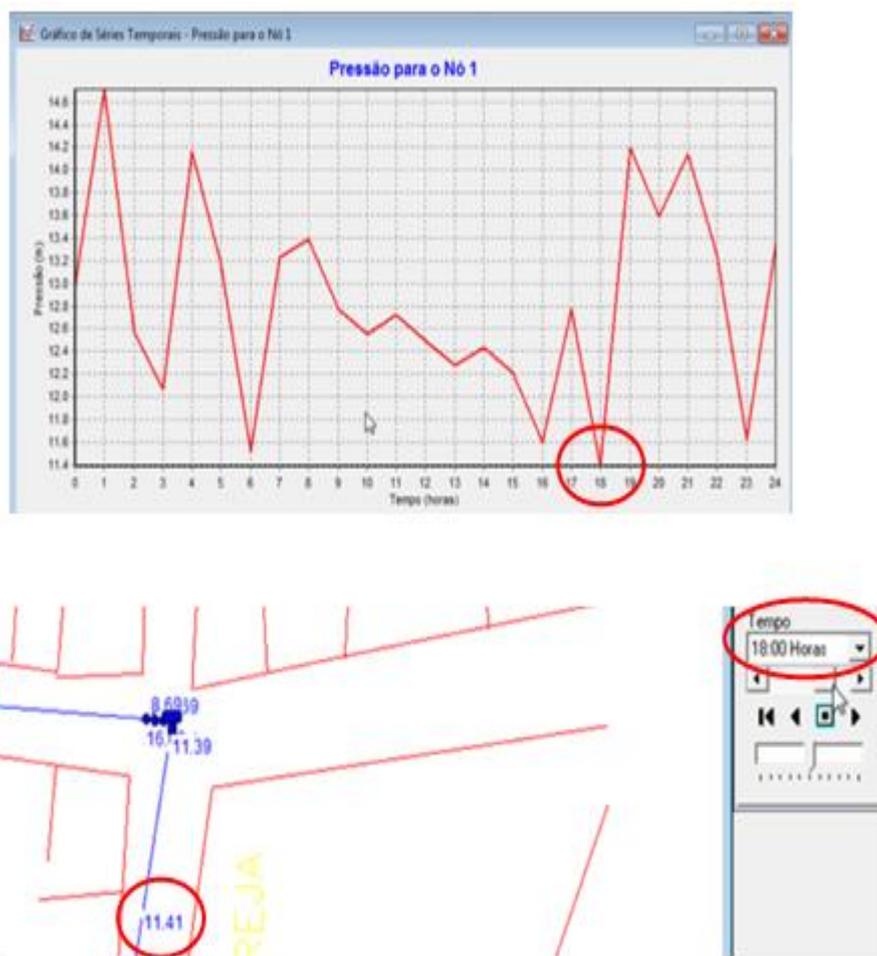


Figura 74-Perfil da vazão para abastecimento do reservatório às 18:00 horas.

### 5.4.3 Verificando o comportamento das vazões de produção e consumo da rede

Para verificar como está o comportamento das vazões da rede repita o procedimento 5.1.1: **Navegador / Mapa** – selecione na opção **Nós a pressão** e na opção **Trechos a vazão**. Vá à opção **Visualizar / Opções / Notação** - Habilite as opções **Mostrar Valores nos Nós**, **Mostrar Valores nos Trechos** e aumente o **Tamanho da Fonte** para 9 – clique **ok**. **Execute a simulação**  – aparecerá a janela de **simulação bem sucedida**.

Vá passando o tempo, e veja que em nenhum ponto você terá a vazão do seu bombeamento inferior a sua vazão de consumo, ou seja, **sua adução tem que ser sempre superior ou igual a sua vazão de consumo**.

No gráfico do comportamento do reservatório (procedimento 5.2.1) observe que o reservatório está esvaziando, mas como a vazão de bombeamento é sempre superior que a vazão de consumo, ele esvazia, mas logo começa a encher, portanto não há problema.



**Figura 75-Comportamento de vazões no reservatório.**

Porém, observe no gráfico (Figura 88) que o reservatório ainda está esvaziando várias vezes por dia, portanto devemos refazer o procedimento 5.2.2 para que o reservatório passe a esvaziar no mínimo uma vez por dia e no máximo duas vezes.

## APÊNDICE A – Separação de um arquivo único em dois arquivos: um de Curvas de Nível e outro de Arruamento

### Passo 1 – Abrir arquivo contendo as curvas de nível e o arruamento

Normalmente dispõe-se de um arquivo base AutoCAD único contendo arruamento e curvas de nível da localidade em que se está trabalhando, conforme o mapa mostrado na imagem a seguir.

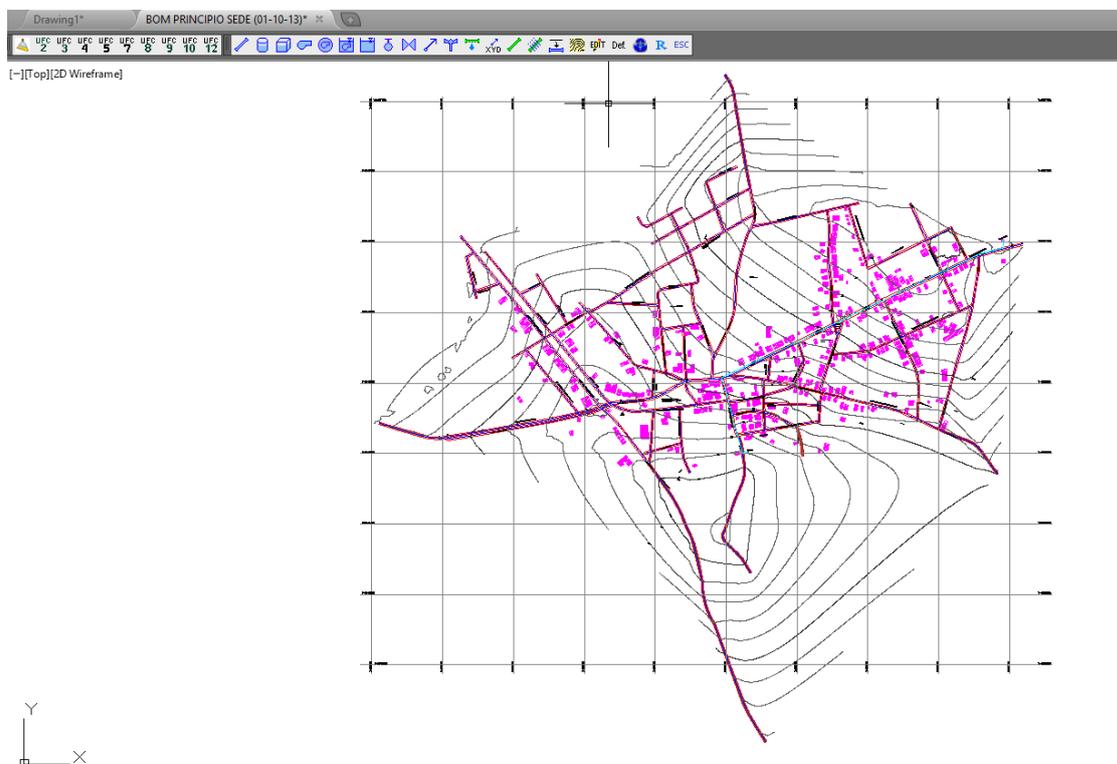


Figura 76 – Arquivo contendo curvas de nível e arruamento

O Sistema UFC possui rotina para cálculo das cotas dos elementos da rede e adutoras, baseado nas elevações (coordenada Z) das linhas nas curvas de nível. O sistema deverá interpolar entre linhas próximas e pode reconhecer as linhas de ruas, casas, rios entre outras como curvas de nível. Para esta rotina de cálculo de cotas funcionar, devemos separar o arquivo base acima em dois arquivos: Um contendo apenas Curvas de Nível e outro contendo tudo o que não é curva de nível, geralmente denominado arquivo de arruamento

### Passo 2 – Criando o novo arquivo [NOME] – agua.dwg

Inicialmente, criaremos um novo arquivo AutoCAD para armazenar os dados de forma separada e salvaremos com um novo nome (é recomendado manter o arquivo original). Neste

caso, será utilizado o nome padrão para as redes do sistema UFC2 ([NOME DO MAPA] – agua.dwg).

### Novo arquivo

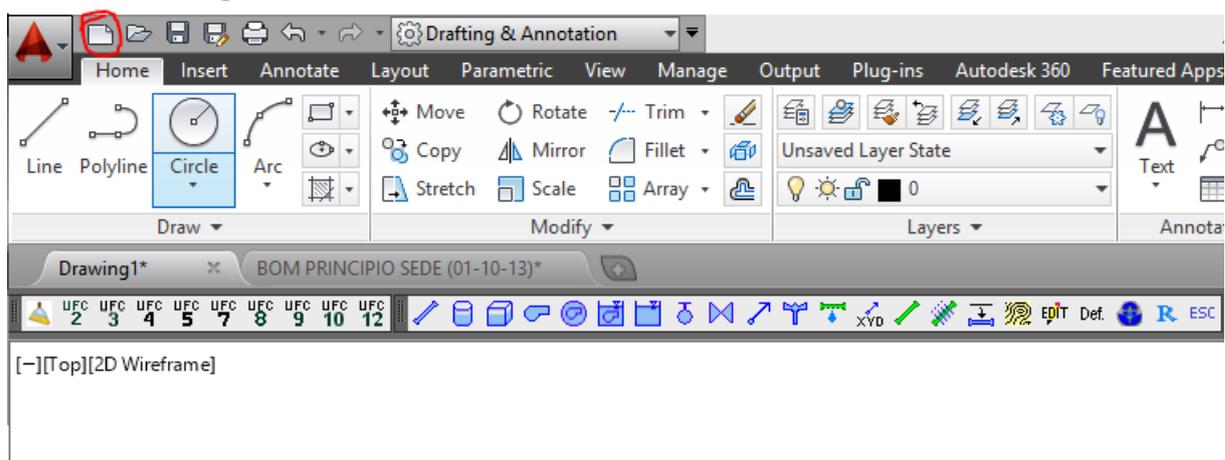


Figura 77 - Novo Arquivo

### Salvar

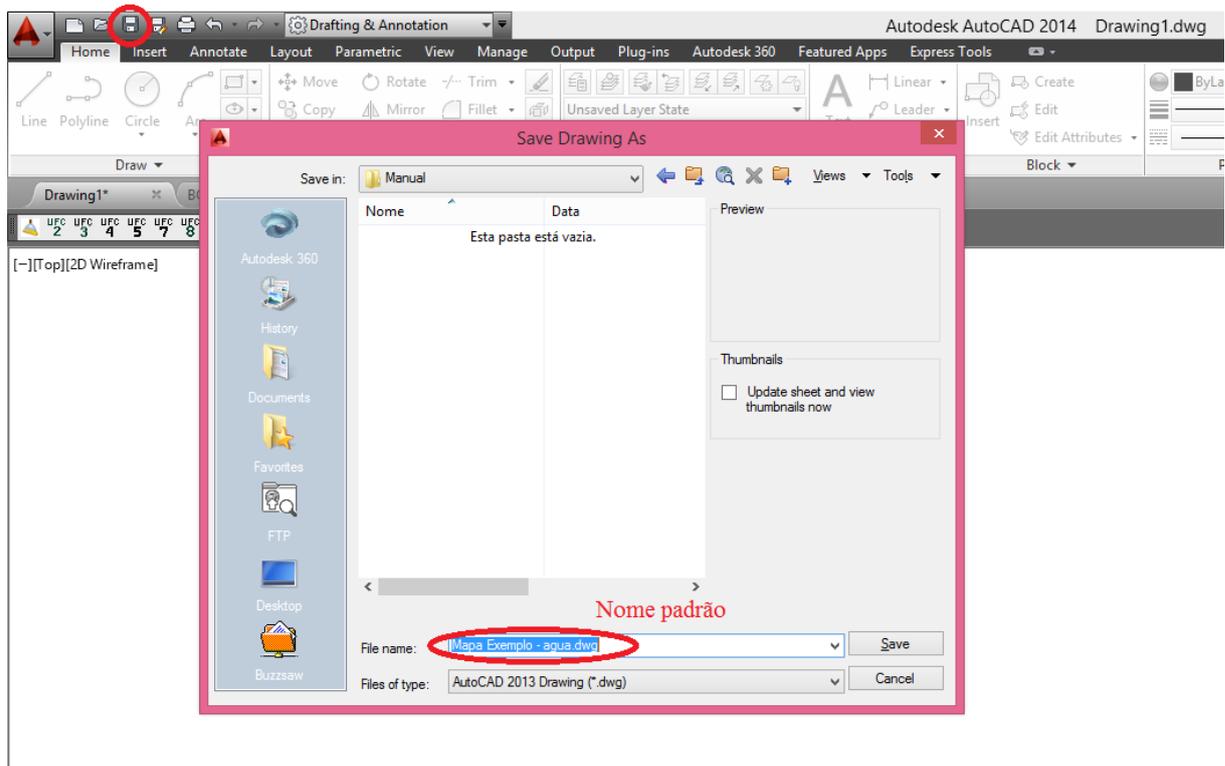


Figura 78 - Padrão de nome

## Passo 3 – Ocultar e Exibir Layers

Com o novo arquivo criado, o primeiro passo é extrair as curvas de nível do mapa original para este novo. Para fazer isto, ocultaremos todas as camadas que não são camadas de curvas de

nível. Abriremos o gestor de camadas **Layer Properties Manager** e selecionaremos todas as layers clicando em uma layer e apertando [Ctrl + A] ou clicando com o botão direito e escolhendo a opção *Select All*. Com todas as camadas selecionadas, clicamos no botão com uma lâmpada acesa, em qualquer layer para ocultar todas (se uma mensagem aparecer, mande desligar a camada atual [Turn the current layer off]).

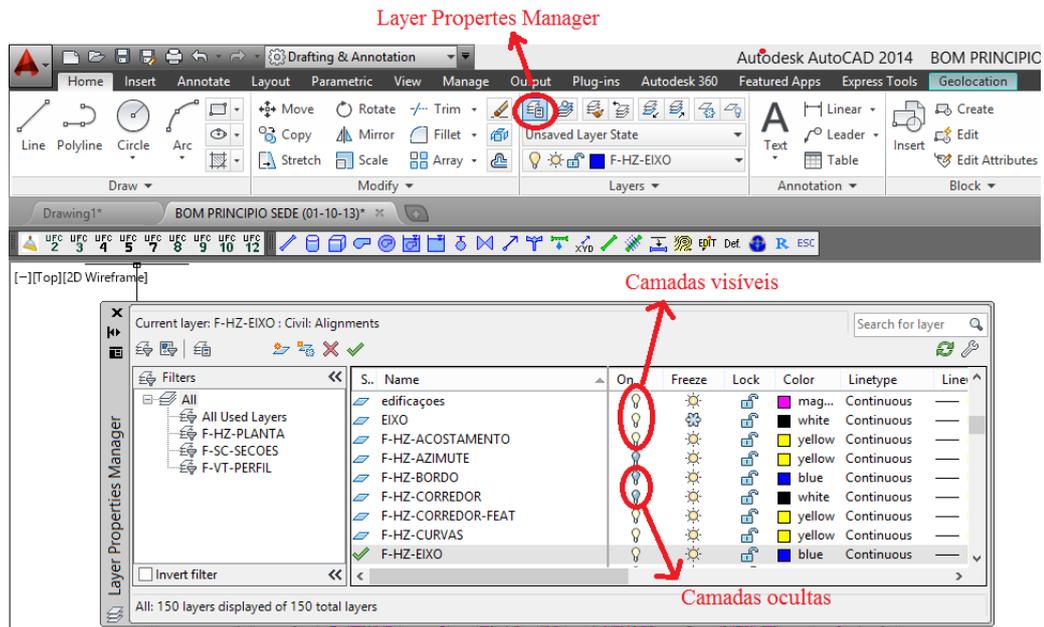


Figura 79 - Gestor de Layers

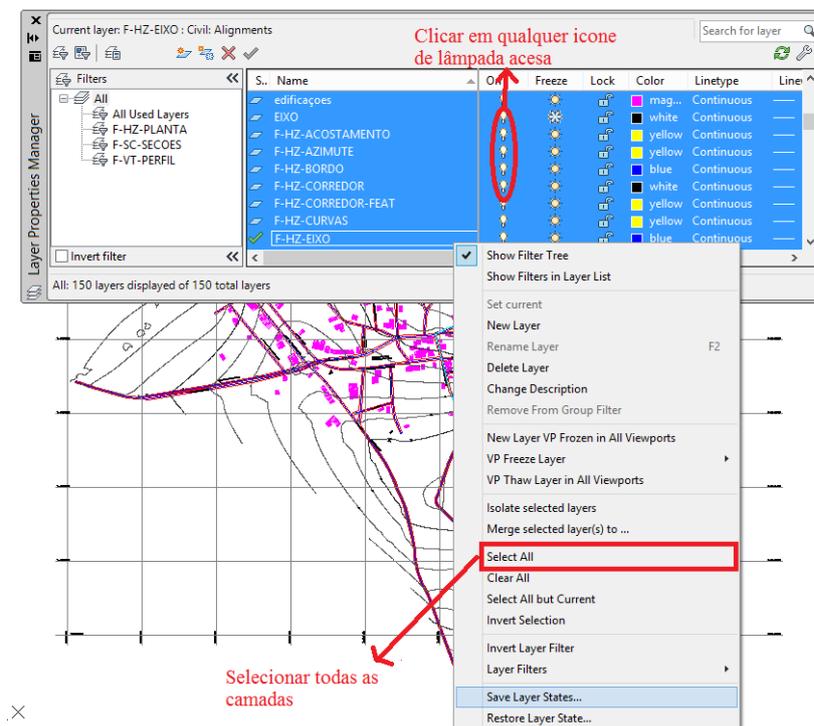
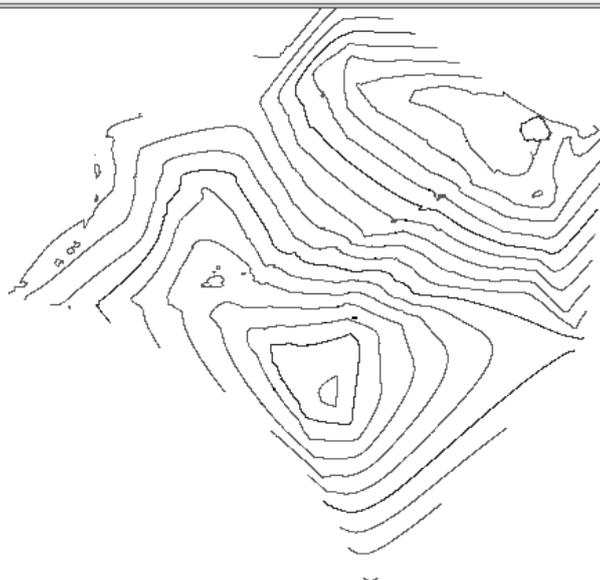
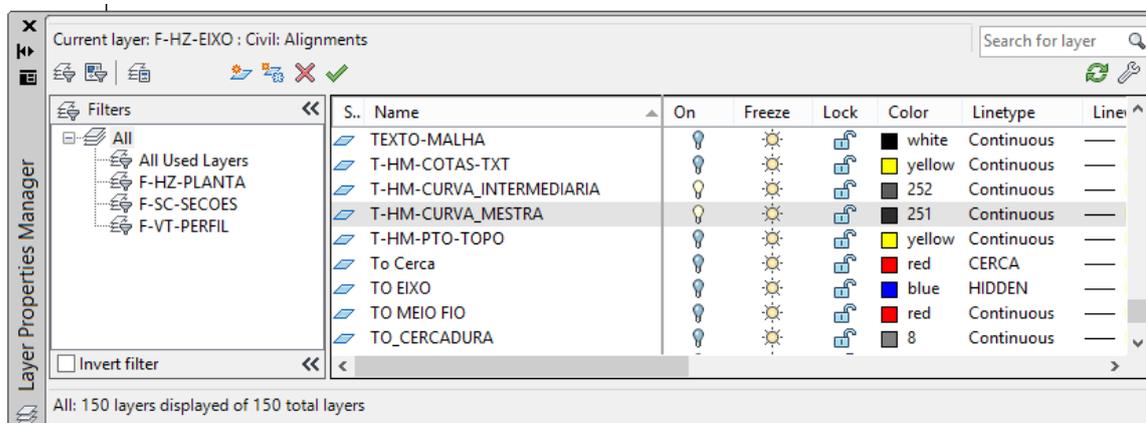


Figura 80 - Selecionar e ocultar camadas

#### Passo 4 – Extrair Curvas de nível

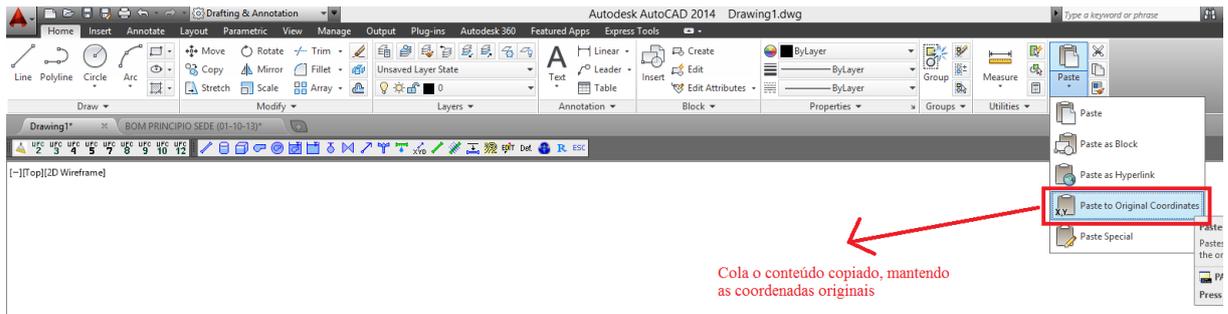
Com todas as camadas ocultas, selecionaremos apenas as camadas que contém as curvas de nível (clicando no nome da camada) e depois deixaremos estas visíveis (clicando no ícone da lâmpada apagada).



\_X

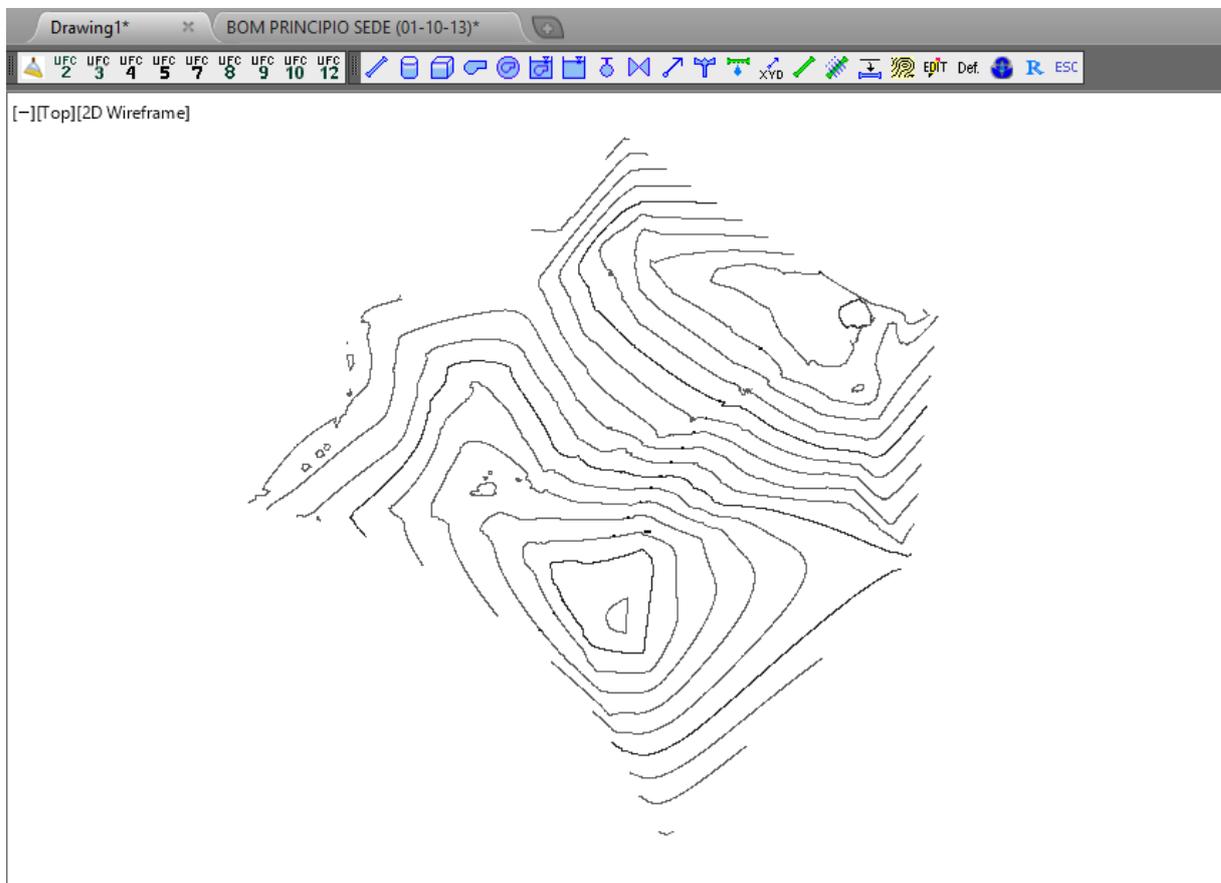
**Figura 81 - Curvas de nível visíveis**

Depois que estiverem visíveis apenas as curvas de nível, selecionamos estas e copiamos seu conteúdo (Ctrl + C). Agora, no novo arquivo que foi criado anteriormente, vamos colar o conteúdo mantendo as coordenadas originais do desenho como o menu **Paste -> Paste to Original Coordinates**.



**Figura 82 - Colar com coordenadas**

Após colar o desenho, é possível que não apareça nada na tela (isto ocorre porque o desenho foi colado longe da região visível no Autocad). Para visualizar o desenho na posição adequada digitamos no console do Autocad “**zoom**” (ou “**z**”) e logo em seguida “**extent**” (ou “**e**”). Devemos ter um resultado parecido com a imagem a seguir.



**Figura 83 - Zoom Extent nas curvas**

### **Passo 5 – Juntar demais linhas**

Agora que temos prontas nossas curvas de nível, precisamos do arruamento para guiar o traçado da rede e das adutoras. Para adicionar estes, juntaremos todo o restante que for necessário do

desenho, tirando as curvas de nível, em um bloco. Para isto, repetiremos o **Passo 3** mas desta vez deixaremos visíveis (lâmpada acesa) todas as layers que serão utilizadas. Com apenas o arruamento visível, selecionamos todas as linhas que serão necessárias.

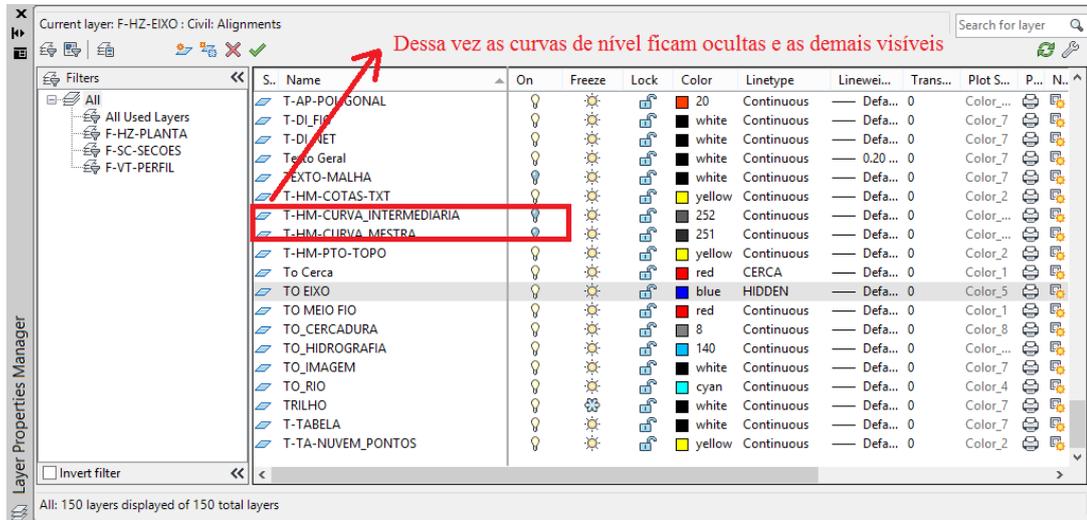


Figura 84 - Ocultar Curvas de nível

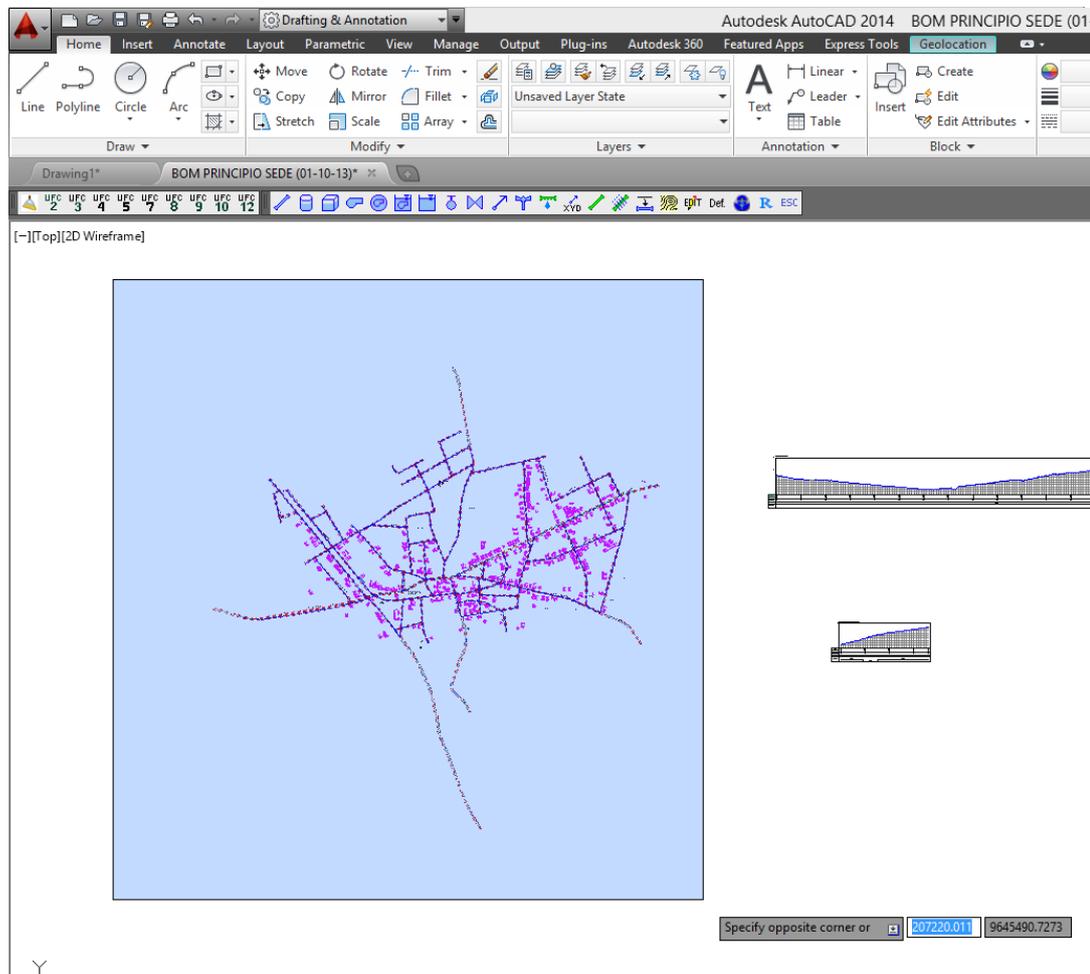
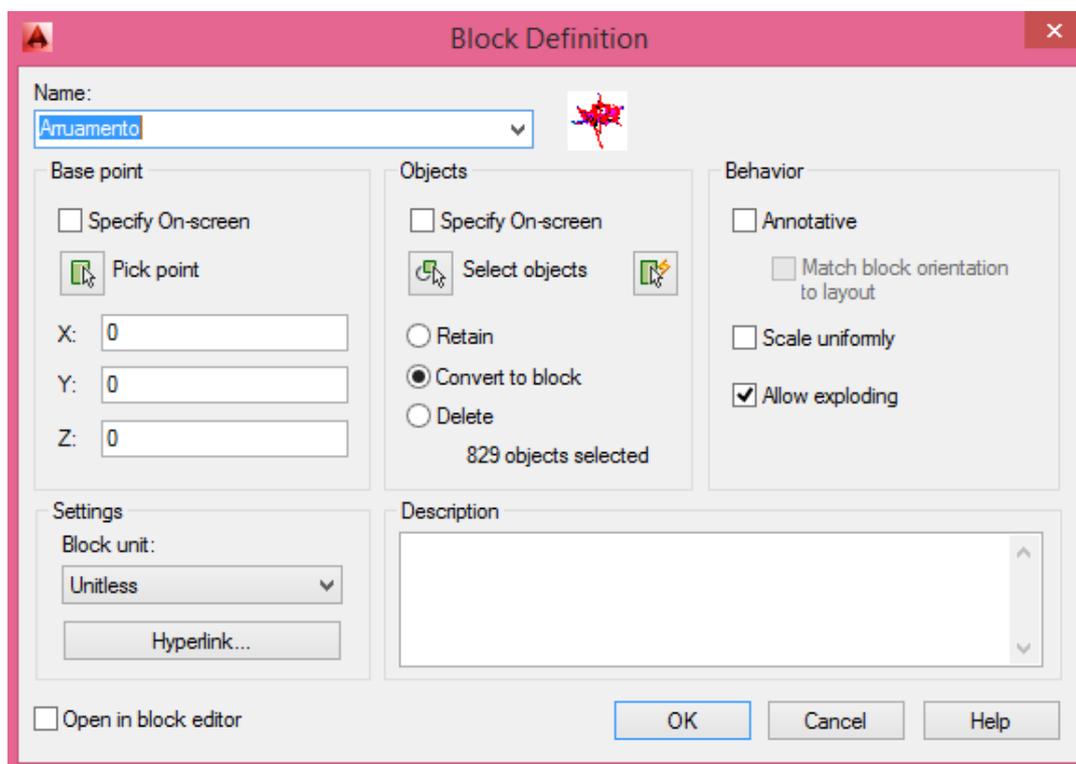


Figura 85 - Selecionar linhas do bloco

Com todas as demais linhas selecionadas, utilizamos o comando “**block**” para criarmos a entidade que aglomera o conjunto de todas as linhas selecionadas. Na janela que aparece, escolhemos o nome associado ao bloco, no exemplo: “*Arruamento*”.



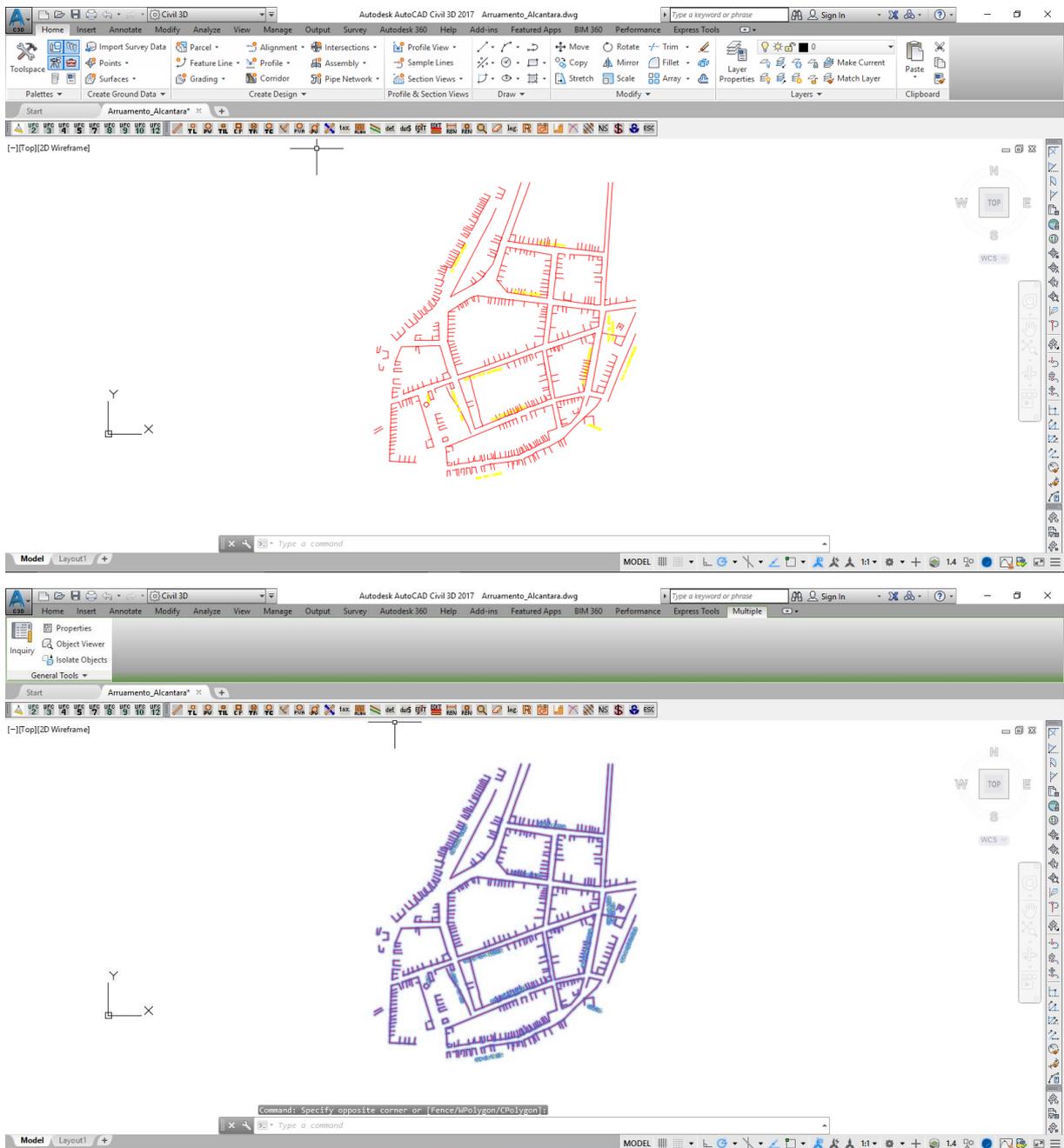
**Figura 86 - Criar novo bloco**

Com o bloco criado, selecionamos este e copiamos seu conteúdo “**Ctrl + C**” e colamos no novo arquivo (que contém somente as curvas de nível) com o mesmo comando utilizado para colar as curvas no **passo 4: “Paste -> Paste to Original Coordinates”**.

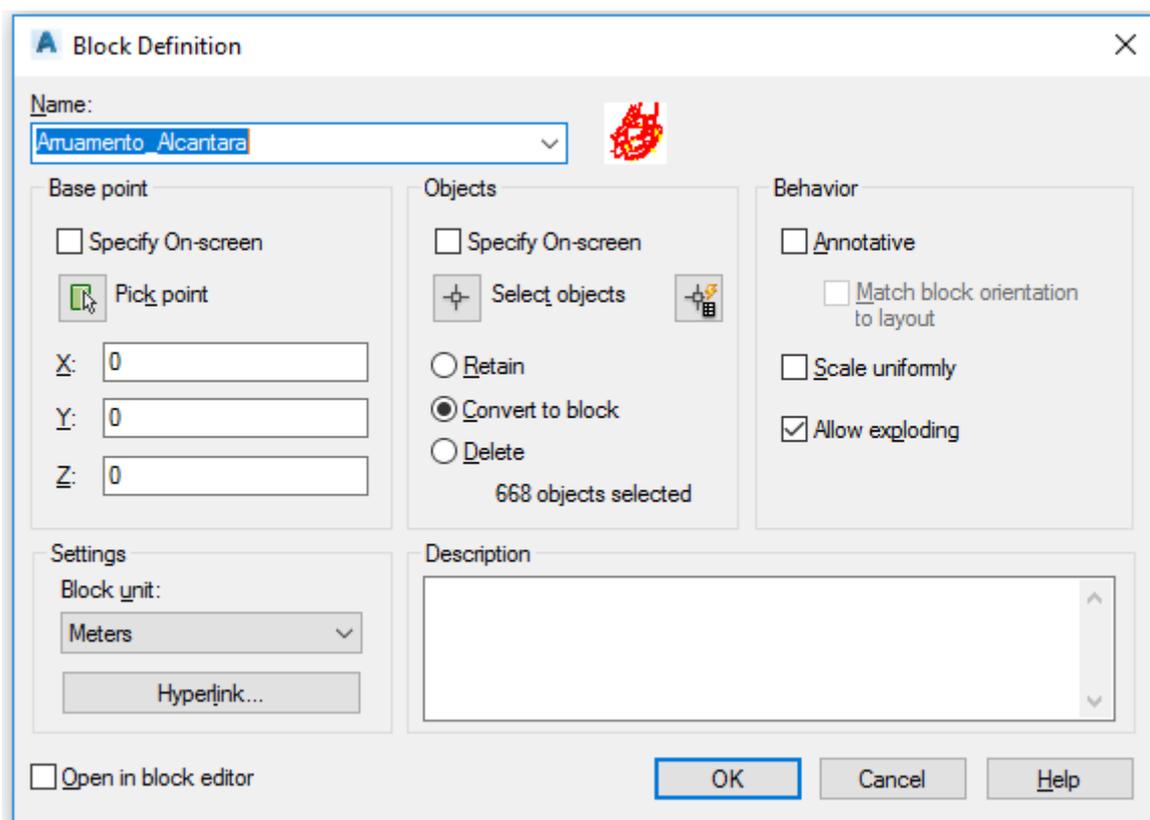
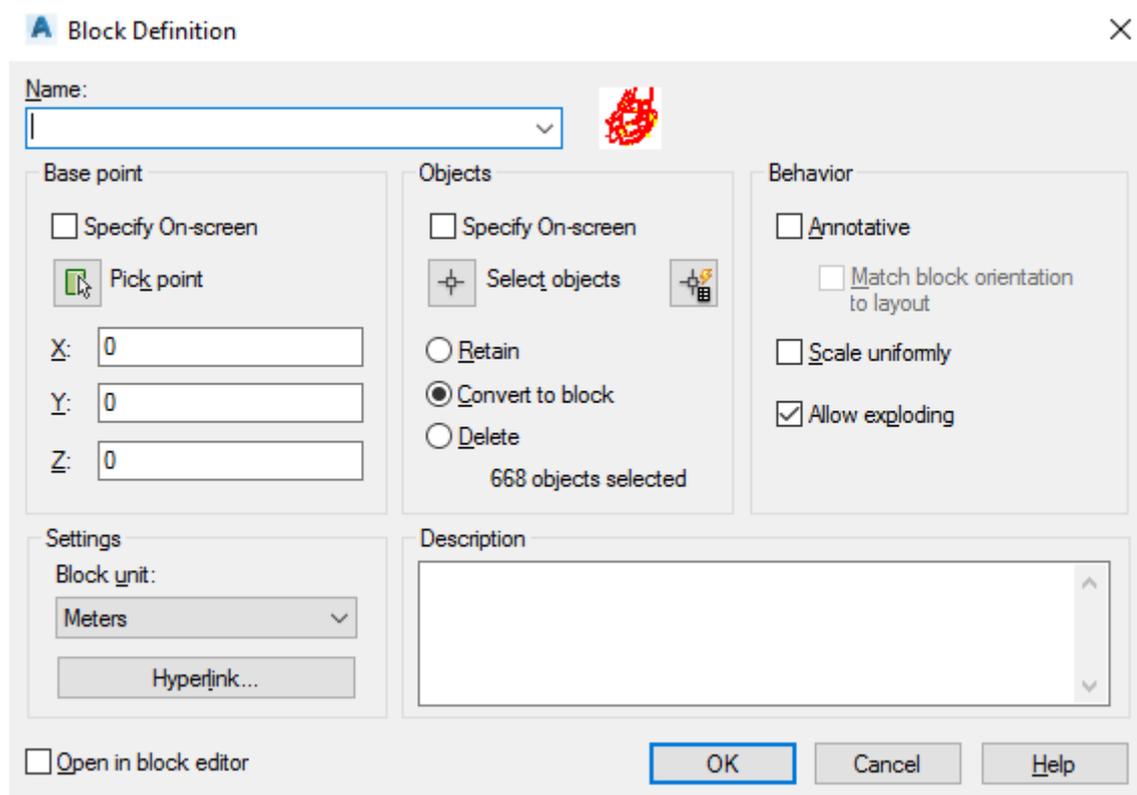
Terminados estes passos, no arquivo resultante, apenas as linhas que representam as curvas de nível estarão ativas como “**Lines**” e o restante do desenho estará agrupado em um bloco único.

## APÊNDICE B – Copiar arquivo de arruamento no arquivo de Curvas já aberto

Primeiramente, transforme todo o desenho do arruamento num bloco do autocad, selecionando tudo e digitando o comando ‘Block’:



Na tela 'Block Definition', insira um nome para o bloco, que pode ser o mesmo nome do arquivo de arruamento, neste caso, 'Arruamento\_Alcantara':



Em seguida, copie o bloco recém-criado e, no arquivo das curvas de nível, vá em:

‘Home’ => ‘Paste’ =>” Paste to Original Coordinates”

Assim, o bloco do arruamento é colado na posição correta e não interfere no funcionamento do Sistema UFC.

