COMPUTAÇÃO GRÁFICA APLICADA PARA INSERIR ACESSÓRIOS CONECTIVOS E GERAÇÃO DE QUANTITATIVOS EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Renata Shirley de Andrade Valdivino[1] *& Marco Aurélio Holanda de Castro*[2]

RESUMO --- A confecção de projetos têm grande importância na engenharia, no entanto, é uma atividade onerosa e repetitiva. Para projetos de redes de abastecimento de água essa situação não é diferente. Assim com o objetivo de reduzir o tempo gasto e garantir a qualidade e eficiência do projeto final, a automação vem ganhando espaço e importância nos projetos de engenharia. O programa UFC3 é um aplicativo desenvolvido nas linguagens AutoLISP, VBA (Visual Basic for Applications) e VB (Visual Basic), que possui recursos gráficos para desenvolvimento de projetos dentro do AutoCAD. Esse aplicativo foi desenvolvido para auxiliar o traçado de redes de abastecimento de água, possibilitando a inserção de conexões nos encontros entre os trechos de uma tubulação que tenha sido desenhada com a utilização do aplicativo UFC2, que é uma plataforma hidráulica que traça redes de abastecimento de água. O programa UFC3 permite que sejam inseridas conexões do tipo: cruzeta; Te; curvas de 90°, 45° e 22.5°; luvas; junções; reduções; adaptadores; cap e registros. Além disso, o programa numera todas as conexões inseridas de acordo dados captados do software EPANET. Possui, também, uma função que faz a contagem dos elementos de projeto para gerar os quantitativos da rede.

ABSTRACT --- The preparation of projects have great importance in engineering, however, is an onerous and repetitive activity. For projects of water supply networks in this situation is no different. So with the goal of reducing the time spent and ensure the quality and efficiency of the final design, automation and space has been gaining importance in engineering projects. The program is an application developed UFC3 languages AutoLISP, VBA (Visual Basic for Applications) and VB (Visual Basic), which has resources for development of graphics projects within AutoCAD. This application was developed to help track the networks of water supply, allowing the insertion of connections during discussions between sections of a pipe that has been designed using the application UFC2, which is a platform that outlines water supply systems water. The program allows UFC3 connections are included such as: coat hanger, Te; curves of 90 °, 45 ° and 22.5 °; gloves, joints, reductions, adapters, cap and records. In addition, the program numbers all connections included data collected in accordance EPANET software. It has also a function that does the counting of the elements of design to generate the amounts of the network.

Palavras-chave: Projeto hidráulico, quantitativos de rede, conexões.

1) Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestranda em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC)., Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici, bloco 713, CEP 60450-970, Fortaleza, Ceará, Brasil, e-mail: re_shirley@hotmail.com.
2) Engenheiro Civil, Ph.D, Professor Adjunto, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici, bloco 713, CEP 60450-970, Fortaleza, Ceará, Brasil, e-mail: marco@ufc.br.

1 - INTRODUÇÃO

A rede de distribuição de água é a parte mais importante de um projeto global de um sistema de abastecimento. Isso ocorre, porque uma rede de distribuição de água é composta por partes bastante complexas. E, como é a parte do complexo de abastecimento que se encontra mais próximo dos usuários, merece toda atenção, principalmente, durante e depois do projeto, para garantir qualidade, vazão e controle de perdas de água.

Um motivo que revela a real importância para se desenvolver um projeto de uma rede de abastecimento com precisão e qualidade, é que a obra projetada quando for executada corresponde a cerca de 50 a 75% do custo total de implantação de todo o sistema de abastecimento. Além disso, o projeto de uma rede desse tipo é muito dispendioso, ou seja, requer uma atenção redobrada do projetista, para que ao final do trabalho obtenha-se um projeto viável, eficiente e que atenda as necessidades dos usuários.

Atualmente, tem crescido o mercado de novas tecnologias em diversas áreas, na engenharia não é diferente. Uma vez que, a utilização de softwares para o desenvolvimento de trabalhos ajuda a melhorar a performance do resultado final, fornecendo dados mais confiáveis. Em projetos de engenharia é de fundamental importância que se tenha atenção durante o traçado, mas como esse tipo de atividade requer tempo e esforço do projetista, algumas vezes, o traçado do projeto pode vir a ter erros.

Pensando nisso, o grupo de hidráulica computacional do departamento de engenharia hidráulica e ambiental desenvolveu o programa UFC2 uma ferramenta que desenha o traçado de uma rede de abastecimento de água – tubulação projetada e existente, adutoras, reservatórios e outros componentes – além de fazer a simulação hidráulica por meio do software EPANET(desenvolvido pela EPA - Environmental Protection Agency).

Uma vez que o programa UFC2 faz um intercambio entre o software AutoCAD (desenvolvido pela Autodesk) e o software EPANET(desenvolvido pela EPA), mas para o traçado ficar completo, faltava a representação das conexões utilizadas no projeto. Por isso, foi proposto o desenvolvimento de um novo software chamado de UFC3 para que fosse capaz de inserir as conexões nos encontros da rede automaticamente e de gerar uma planilha de quantitativos de todos os componentes da rede. Essa ferramenta é o elemento principal que dará estrutura a este trabalho.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O software UFC3 é desenvolvido nas linguagens AutoLISP utilizando conhecimentos adquiridos através dos livros de Kramer (1995) e de Matsumoto (1998) e através de objetos de VBA (Visual Basic for Applications) onde foram aplicados os conhecimentos obtidos através do livro de

Gibb e Kramer (1999) que são recursos gráficos de programação do software AutoCAD (programa de CAD mais difundido no mercado). Uma vantagem do AutoLISP é a possibilidade de usar comandos originais e acessar o banco de dados do AutoCAD dentro da programação, o que facilita a criação e manipulação de entidades de desenho.

A representação gráfica de cada elemento usado no programa (conexões e suas, respectivas legendas) foi baseada em modelos usados nos projetos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Baseadas na figura 1:

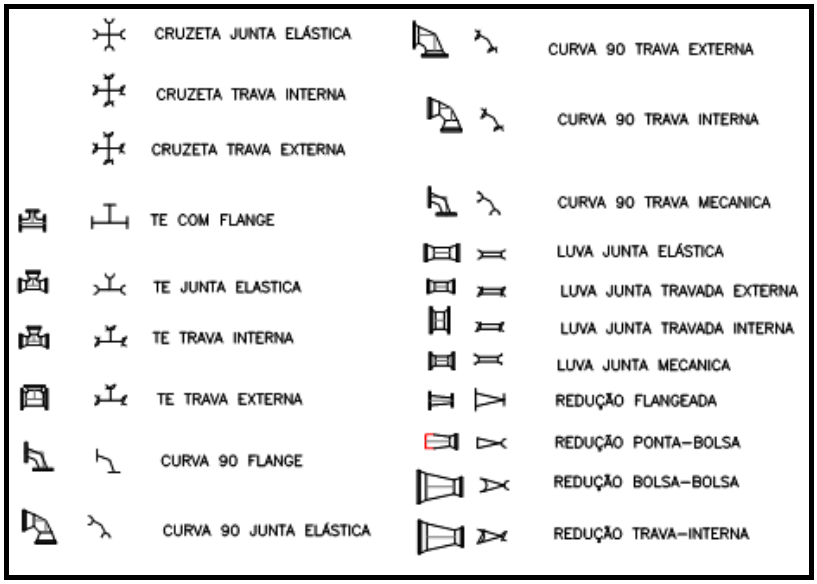

Figura 1 – Quadro utilizado para fazer as representações gráficas do programa.

Durante a instalação dessas conexões numa obra, sabe-se que alguns tipos de conexões podem ter sua angulação um pouco modificada durante a instalação, daí se estabeleceu, para o desenvolvimento do programa, certa margem de limitação, tanto para mais quanto para menos, para inserir as conexões no projeto.

O programa também utiliza dados coletados do software EPANET, esses dados foram utilizados para formular uma função para inserir numeração nos tubos e nas conexões. Desenvolveu-se essa função, para poder facilitar o intercambio entre os projetos do AutoCAD (.dwg) e os projetos gerados no EPANET (.inp).

Também foi desenvolvida uma função foi chamada de listar para uma listagem de todas as conexões da rede e refaz o desenho de todas elas e a sua, respectiva, numeração em uma nova janela do AutoCAD e ainda uma função que cria um bloco de legenda das conexões.

A segunda parte do software UFC3 é a geração de uma planilha com quantitativos da rede. Essa função foi elaborada utilizando o Visaul Basic. A quantificação consistia em calcular as quantidades de cada tipo de conexão e as quantidades, em metros, da tubulação. Esses dados deveriam estar separados por tipo, diâmetro e material.

Utilizou-se outros itens que se fazem importantes para a elaboração de uma planilha de quantitativos. Esses itens obtidos através da tabela da SEINFRA - Secretaria de infra-estrutura do estado do Ceará – como cadastro de rede de água e de adutora, locação da rede de água e locação nivelamento da adutora, trânsito, segurança e travessia, movimento de terra, escoramentos, assentamentos de tubos e conexões.

E para definir os parâmetros iniciais da planilha, implementou-se na função do default novas funções para armazenar os valores iniciais necessários para gerar a planilha são eles: altura mínima de escoramento, recobrimento mínimo e precisão. Os valores que foram adotados para essas variáveis foram obtidos através da CAGECE. Os valores são os seguintes:

- *Altura mínima de escoramento (metros) = 1.25*
- *Recobrimento mínimo (metros) = 0.90*

Volume de escavação é calculado da seguinte equação:

$$V_{ESC} = (Recobrimento \times Dia) \times Vala \times Comprimento \quad (1)$$

Depois de calcular os volumes de escavação para todos os trechos, o programa realiza a soma de todos esses valores e obtém o valor total do volume a ser escavado V_{ET} como mostra a equação 2.

$$V_T = \sum V_{ESC} \quad (2)$$

O cálculo da área que necessita de escoramento, esse procedimento é realizado com a intenção de garantir a segurança e evitar desabamentos. Utiliza-se uma altura mínima de escoramento 1.25 (metros), para profundidades superiores a ela, calcula-se a área de escoramento (A_{ESC}). Calcula-se a área média a ser escorada (A_M) que é o produto entre a profundidade média (P_M) e a precisão estabelecida (P) (de 1 em 1 metro até de 5 em 5 metros), como na equação 3.

$$A_M = P_M \times P \quad (3)$$

E, ainda, tem-se a expressão usada para calcular o valor da área escorada mostrada na equação 4.

$$A_{ESC} = 2(A_M \times L) \quad (4)$$

Onde L é o comprimento total da área escorada.

Calcula-se, ainda, o valor do bota-fora (BT) que é igual ao volume ocupado pela tubulação. Esse valor é utilizado para o cálculo de reaterro (V_{RE}) que é a diferença entre o volume total de escavação e o de bota-fora. Como mostra a equação 5.

$$V_{RE} = V_{ET} - BT \quad (5)$$

As demais funções são as seguintes, a primeira é o cálculo de perdas de material onde se define um índice em porcentagem para o cálculo das perdas de tubulação e conexão. O default do programa para o cálculo desse índice é de 5% para tubos e conexões.

A segunda é a para definição dos elementos de segurança, trânsito e travessia. Para a travessia é calculado através da área do passadiço de madeira e multiplica pela a extensão da rede. Para o trânsito e segurança através do produto entre a extensão em metros da sinalização pela extensão da rede e da divisão entre a extensão da rede por cada unidade de sinalização de advertência utilizada.

O default para cada um desses itens é:

- *Passadiços de madeira (metros quadrados) = 0.05*
- *Sinalização noturna (metros) = 0.5*
- *Sinalização de advertência = 300*

A terceira é a rotina para refazer o cálculo no caso de alguma alteração, após a geração da planilha. Por último, é a rotina que envia os dados uma planilha gerada em Visual Basic para o Excel.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando o programa é executado uma nova barra de ferramentas é inserida dentro da janela do AutoCAD. Essa palheta contém todas as funções disponíveis do programa, como mostra a figura 2.

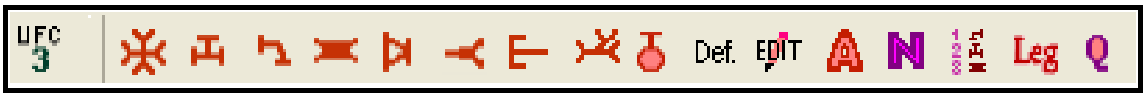

Figura 2 – Palheta de ferramentas do programa UFC3.

O programa reconhece se, no local de inserção da conexão, existe tubulação traçada com as devidas configurações e se a mesma está adequada para receber o tipo de conexão escolhida. Maneira essa que evita a ocorrência de erros grosseiros, causados pela falta de atenção, ou mesmo pelo desgaste físico e mental do projetista. A seguir, na figura 3, estão descritas a função de cada elemento mostrado na figura 2:

Figura 3 – Descrição das funções dos elementos do programa UFC3.

Agora, serão apresentadas como maiores detalhes cada uma das funções do programa UFC3. Como funciona a sua interface com o usuário, etc.

3.1 – Default do programa

É no default onde o usuário define a configuração padrão inicial que será utilizado pelo programa durante seu funcionamento. O default possui duas páginas para modificações e visualizações: a Geral e Quantitativo. Na página geral, estão contidos os dados de entrada das conexões, nela o usuário pode modificar o valor padrão para cada objeto inserido e a escala para legendas e blocos.

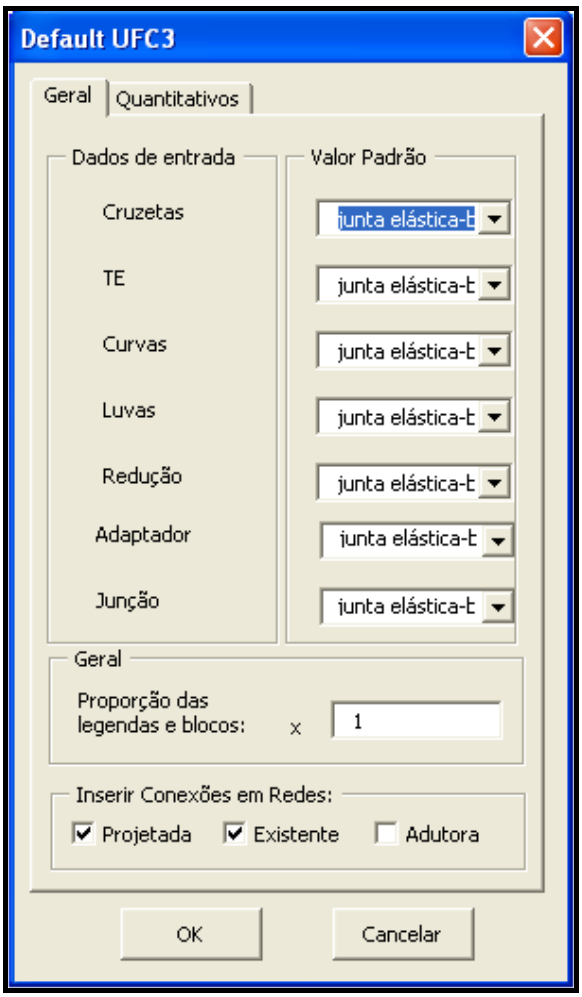

Figura 4 – Geral do default do programa UFC3.

Na aba de quantitativos é onde são definidos os dados de entrada usados para gerar a planilha. Conforme a figura 5:

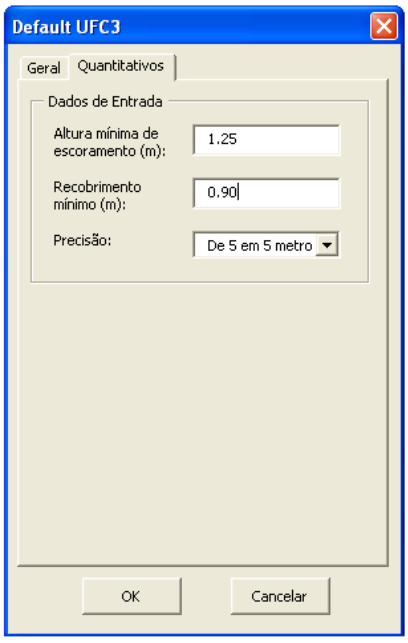

Figura 5 – Default para quantitativos.

3.2 – Edit do programa

Esta função permite que o usuário possa modificar características das conexões, caso elas já estejam inseridas. Nessa opção, o usuário pode modificar: o tipo de conexão (junta elástica, trava interna, trava externa, flange ou junta mecânica); a escala; o texto e a posição da legenda e também pode ocultar (ou não) a legenda.

Figura 6 – Edit do programa.

3.3 – Inserido as conexões

As conexões: cruzetas, tes, curvas, luvas, adaptadores, reduções, registros, junções e caps podem ser inseridas manualmente ou automaticamente. Para inserir automaticamente, existe a função Automático, a figura 7 mostra um exemplo de uma rede com as conexões inseridas pelo programa:

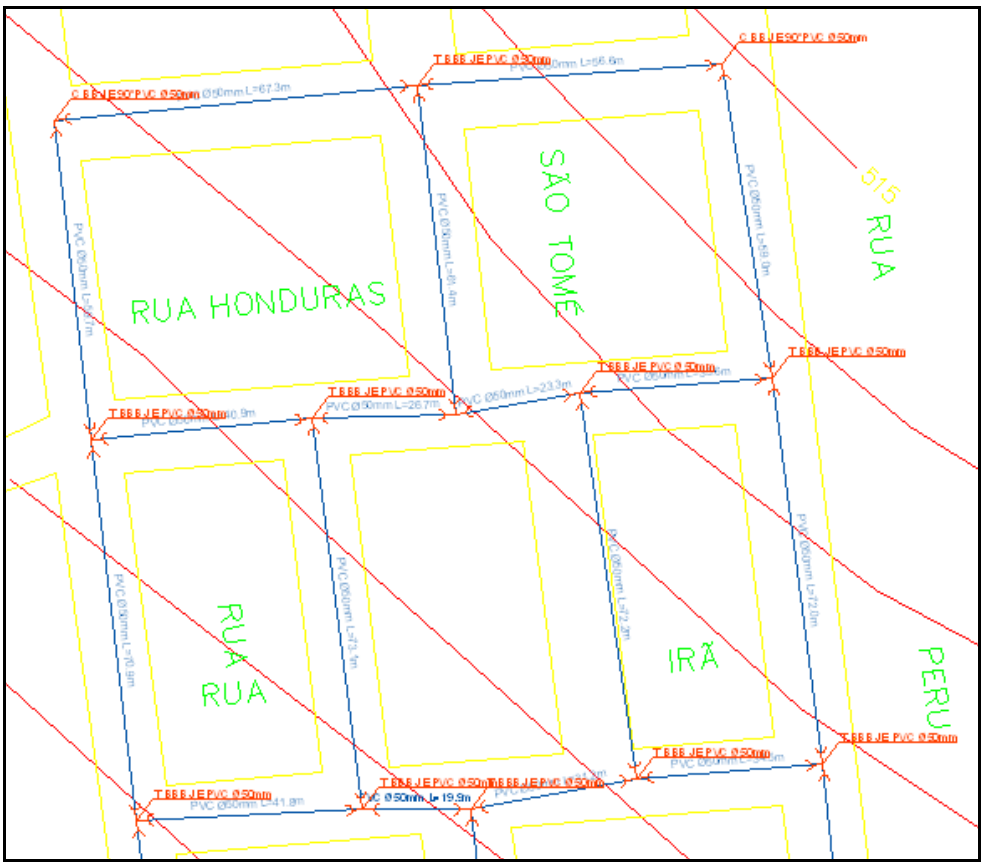

Figura 7: Exemplo de rede com conexões.

3.4 – Inserido a numeração

Essa função permite numerar as conexões e as tubulações da rede. Essa numeração pode ser executada de duas maneiras: a partir da numeração do arquivo .inp gerado pelo EPANET, isso facilita a interação entre os dois projetos. Ou gerada aleatoriamente, caso a rede não possua arquivo .inp. Essa numeração é feita logo depois de inserir as conexões.

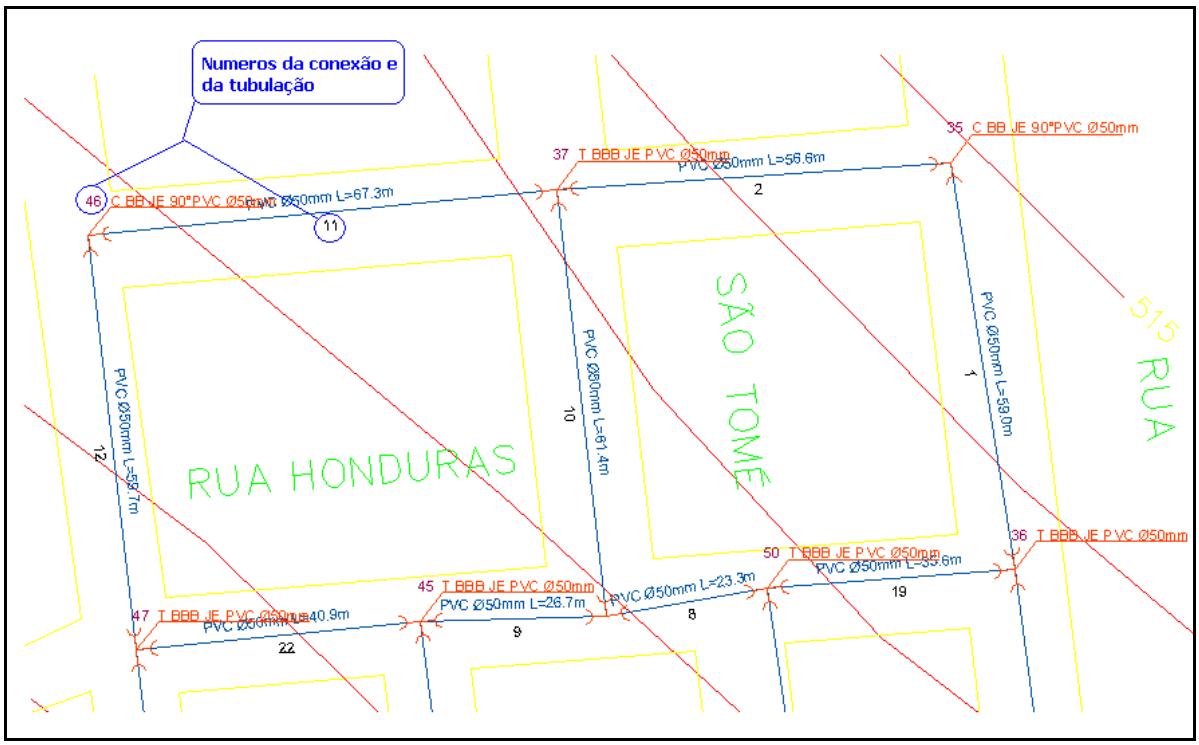

Figura 8: Exemplo de conexões numeradas.

3.5 – Função listar conexões

Listar todas as conexões que foram inseridas em uma nova página do AutoCAD, a numeração nessa listagem é a mesma que foi utilizada na função anterior. Conforme a figura 9:

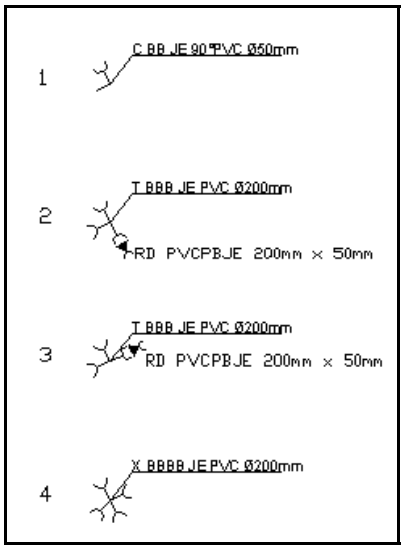

Figura 9 – Exemplo de lista gerada pelo programa.

3.6 – Função legenda

Essa função insere um quadro de legenda para as conexões. Conforme a figura 10:

Figura 10 – Quadro de legendas.

3.7 – Gerando os quantitativos

Gera os quantitativos de toda a rede e conexões como a quantidade de movimento de terra, quantidade de material, cadastro de rede e adutora. A partir dele pode ser gerado um orçamento inicial, uma vez que ele passa para o excel todos os dados.

UFC3 - Quantitativos de Rede de Abastecimento de Água

Arquivo Modificar Quantitativos

P T R

Autora: Renata Shirley de Andrade Valdivino - Orientador: Marco Aurélio Holanda de Castro

Ícone que transfere os dados para o excel

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
CADASTRO		
Cadastro de rede de água (MEIO MAGNÉTICO)	m	1093.50
Cadastro de Adutora	m	511.99
LOCAÇÃO		
Locação de rede de água	m	1093.50
Locação e nivelamento de adutora	m	511.99
TRÂNSITO, SEGURANÇA E TRAVESSIA		
Passadiços com pranchas em madeira	m²	80.27
Sinalização noturna de trânsito com barreiras	m	802.75
Sinalização de advertência	un.	6.00
MOVIMENTO DE TERRA		
Escavação com profundidade até 2 metros	m³	750.73
Aterro com profundidade até 2 metros	m³	0.25
Reaterro de valas	m³	738.40
Bota-fora	m³	12.33
ESCORAMENTO		
Escoramento até 2 metros	m²	589.88
ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES		
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 100 mm	m	342.83
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 150 mm	m	337.40
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 75 mm	m	275.37
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 50 mm	m	265.02
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 80 mm	m	384.87
FORNECIMENTO DE MATERIAL		
CURVA BB JE 90 PVC DN 50 mm	un.	8.00
TÊ BBB JE PVC DN 75 mm	un.	3.00

Figura 11 – planilha inicial de quantitativos.

A letra P da planilha refere-se ao índice de perdas, cujo default é 5%. Conforme a figura abaixo:

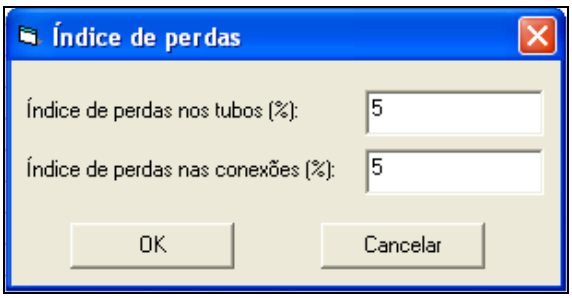

Figura 12 – Default para calcular os índices de perdas.

A letra T esta relacionada ao calculo para itens de transporte, segurança e travessias.

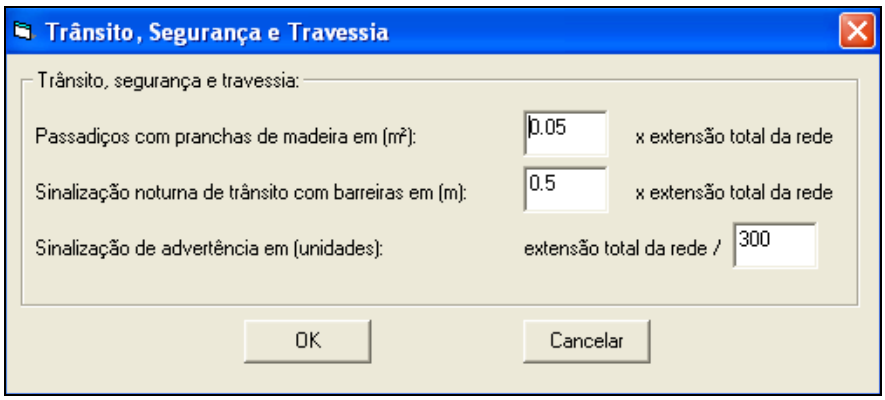

Figura 13 – Default para cálculo dos itens de transportes e segurança.

E a letra R aciona a função para recalcular, depois de qualquer alteração feita. E como já foi dito anteriormente, essa planilha pode os dados calculados para uma planilha no Excel. Veja a figura abaixo:

	A	B	C
1	UFC3 - Software para Inserção de Conexões e Quantitativos em rede de Abastecimento de Água		
2	Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental		
3	Autora: Renata Shirley de Andrade Valdivino - Orientador: Marco Aurélio Holanda de Castro		
4	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
5	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
6			
7	CADASTRO		
8	Cadastro de rede de água (MEIO MAGNÉTICO)	m	1093.5
9	Cadastro de Adutora	m	511.99
10	LOCAÇÃO		
11	Locação de rede de água	m	1093.5
12	Locação e nivelamento de adutora	m	511.99
13	TRÂNSITO, SEGURANÇA E TRAVESSIA		
14	Passadiços com pranchas em madeira	m²	80.27
15	Sinalização noturna de trânsito com barreiras	m	802.75
16	Sinalização de advertência	un.	6
17	MOVIMENTO DE TERRA		
18	Escavação com profundidade até 2 metros	m³	749.61
19	Aterro com profundidade até 2 metros	m³	0.34
20	Reaterro de valas	m³	737.28
21	Bota-fora	m³	12.33
22	ESCORAMENTO		
23	Escoramento até 2 metros	m²	652.38
24	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES		
25	Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 100 mm	m	342.83
26	Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 150 mm	m	337.4

UFC3 - Quantitativos | Plan2 | Plan3

Figura 14 – Dados da planilha depois de exportados para o Excel.

4 – CONCLUSÕES

O software UFC3, programa para inserção de conexões e gerar quantitativos de uma rede de abastecimento de água traçada a partir da plataforma UFC2, é uma ferramenta que complementa o traçado do projeto de rede, pois, insere elementos indispensáveis à rede com maior praticidade e, ainda, gera uma planilha de quantitativos que auxiliará na construção do orçamento final com maior precisão.

Isso faz com que gastos desnecessários de tempo com esse tipo de trabalho, que é muito oneroso e cansativo para o projetista, sejam diminuídos. E menos cansaço implica em redução de erros grosseiros no projeto, uma maior velocidade na conclusão do projeto final, ou seja, cumprimento de prazos, e aproximação do desenho teórico, da realidade de projeto. Além disso, outra vantagem muito importante do programa é a sua facilidade de manuseio pelo usuário, pois a sua interface é auto-explicativa.

5 - BIBLIOGRAFIA

a) Livro

GOMES, H.P. (2004). *Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórios.* Editora Universitária/ UFPB, João Pessoa – PB, 242 p.

KRAMER, B.; GIBB, J. *AutoCAD VBA Programming*. United States Of America: Miller Freeman Books, 1999. 366 p.

KRAMER, W. *Programando em AutoLISP*. São Paulo: Makron Books, 1995. 274 p.

MATSUMOTO, E. Y. *AutoLISP Linguagem de Programação do AutoCAD.* São Paulo: Editora Érica Ltda., 1998. 149 p.

PERRY, G. *Aprenda em 21 dias Visual Basic6.* Rio de Janeiro: Campus, 1999. 844p.

PORTO, R.M. (1998). *Hidráulica Básica*. EESC/USP, São Carlos - SP, 540 p.

TSUTIYA, M. T. Universidade de São Paulo. Abastecimento de água. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 2004. 643p.