

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO EM PROJETOS DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA”

Renata Shirley de Andrade Valdivino (1), Marco Aurélio Holanda de Castro (2)

(1) Universidade Federal do Piauí, Avenida Universitária - lado ímpar Ininga Cep: 64.049-550 - Teresina, PI - Brasil, (086) 3237.1372, renatashirley@ufpi.edu.br

(2) Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici bloco: 713 Pici Cep: 60.451-970 - Fortaleza, CE - Brasil, (085) 33669623, marco@ufc.br

RESUMEN

Com o objetivo de reduzir o tempo gasto, garantindo a qualidade e a eficiência do projeto final, desenvolveu-se uma ferramenta computacional denominada UFC3. Este trabalho foi desenvolvido para auxiliar no traçado de redes de abastecimento, possibilitando a inserção de conexões, bem como, as informações características de pressão, carga hidráulica e cota, calcular os quantitativos da rede, gerar planilhas de resultados para cada trecho e nó da rede apresentando os resultados obtidos a partir da simulação realizada no software EPANET. Além disso, o programa elabora um desenho do perfil longitudinal de adutoras, incluindo as linhas piezométricas, de carga máxima e mínima.

Palabras claves: Redes de água, Softwares e Epanet.

ABSTRACT

In order to reduce the time spent, ensuring quality and efficiency of the final project, developed a computational tool called UFC3. This program was developed to help the process of drawing water distribution networks, enabling the automatic introduction of connections as well as the characteristic information of each node (pressure, elevation and hydraulic head), calculate the quantitative network, to generate a spreadsheet showing the results for parts. In addition, the program draws the longitudinal profile of water mains, including piezometric lines and maximum and minimum energy grade lines.

Key words: Water networks, software and Results EPANET.

SOBRE EL AUTOR PRINCIPAL

Autor 1: Professora Assistente da Universidade Federal do Piauí, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada. Doutoranda em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará - (UFC) - (2011). Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará - (2008). Tem Experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Saneamento e Recursos Hídricos.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem se intensificado a preocupação com as condições atuais do meio ambiente. É uma das maneiras de ajudar a recuperar nosso ambiente é melhorando as condições sanitárias da população. Infelizmente, ainda existem, inclusive no Brasil, populações que não tem acesso a condições mínimas de saneamento, como rede de distribuição de água, por exemplo.

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 projetos ajuda a melhorar a qualidade 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 conter erros.

Pensando nisso, o laboratório de hidráulica computacional (LAHC) 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).

Com objetivo de tornar o traçado de rede mais completo, oferecendo dados em plantas e planilhas, contendo resultados importantes relacionados a rede e cálculo de quantitativos. Foi proposto o desenvolvimento de um novo módulo do sistema UFC, chamado de UFC3, para que fosse capaz de inserir as conexões nos encontros da rede automaticamente, gerar planilhas de resultados e quantitativos de todos os componentes da rede. Além de desenvolver com rapidez plantas de cálculo e perfil de adutoras. Essa ferramenta é o elemento principal que dará estrutura a este trabalho

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil, apesar de ser privilegiado por possuir em entre suas fronteiras a maior reserva mundial de água doce, cerca de 12% do total. A população brasileira sofre com a má distribuição desse recurso. Isso acontece, porque a maior concentração de água está na região Norte, exatamente a região com menos habitantes. A região Nordeste, por exemplo, tem longos períodos de estiagem ao longo do ano,

isso provoca a secagem de alguns rios e lagoas, ou seja, é a região que mais sofre com a falta de água e com doenças causadas pelo consumo de água com péssima qualidade.

Dada essa problemática, é necessário que os sistemas de abastecimento a serem implantados sejam dimensionados corretamente, a fim de fazer bom uso do recurso público, possibilitando o perfeito atendido e aproveitamento da água.

Em Heller et al. (2006), uma rede distribuição é definida como a unidade do sistema de abastecimento de água constituída por tubulações e órgãos acessórios instalados em logradouros públicos, e que tem por finalidade fornecer, em regime contínuo (24 horas por dia), água potável em quantidade, qualidade e pressão adequadas a múltiplos consumidores (residenciais, comerciais, industriais e de serviços) localizados em uma cidade, vila ou outro tipo de aglomeração urbana.

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 próxima dos usuários, merece toda atenção, principalmente, durante e depois do projeto, para garantir qualidade, vazão e controle de perdas de água.

Um motivo para se desenvolver um projeto de uma rede de abastecimento com precisão e qualidade, é que essa parte do sistema corresponde a cerca de 50 a 75% do custo total de implantação de todo o sistema. 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.

O Epanet é um software desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA), que é uma agência norte-americana atuante há 40 anos. Tal ferramenta permite que sejam realizadas modelagens hidráulicas e de qualidade de água.

Após traçada a rede e feita a simulação. O Epanet apresenta os resultados obtidos nos trechos (vazão, velocidade, perda de carga, etc.) e nos nós (consumo efetivo, carga hidráulica total, pressão, etc.). Além disso, é possível gerar tabelas ou arquivos de textos contendo, além dos resultados da simulação, as características de cada elemento: os diâmetros, nó inicial e final, comprimento e número pertinentes a

cada trecho; coordenadas e cota pertencentes a cada nó.

METODOLOGIA

O programa UFC3 foi desenvolvido nas linguagens de programação do que ficam dentro do próprio AutoCAD, um programa de Cad muito conhecido mercado. As linguagens usadas foram o AutoLISP utilizando conhecimentos adquiridos por meio dos livros de Kramer (1995) e de Matsumoto (1998); além desses, também foi utilizado livro de Gibb e Kramer (1999) de onde foram retirados conhecimentos sobre objetos de VBA (Visual Basic for Applications) e objetos do VB (Visual Basic), a fim de serem aplicados no desenvolvimento do programa.

Foram usadas, como elementos base, as representações utilizadas em projetos de rede de abastecimento elaborados pela Companhia de Água e Esgoto de Ceará (CAGECE), uma vez que é a mesma seguida por algumas empresas que trabalham nesse setor. Montou-se, a partir dessas informações, um quadro contendo as conexões e suas respectivas representações. Esse quadro é mostrado na figura 1, logo a seguir:

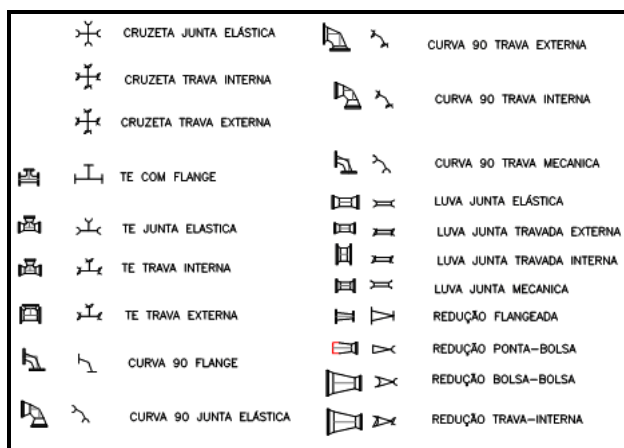


Figura 1. Quadro de símbolos representativos para conexões.

Utilizou-se a linguagem do AutoLISP para desenvolver as funções que permite ao programa UFC3 inserir, aguardar informações sobre os tipos de conexões mais utilizadas e as legendas correspondente a cada tipo de conexão. Entre os tipos conexões que são representadas pelos elementos gráficos usados no programa UFC3 estão: as cruzetas, TEs, curvas (90°,45° e 22.5°), luvas, reduções, adaptadores, registros, e CAPs.

Para definir as especificações das conexões criou-se um default para guardar as informações definidas durante a utilização do programa e, assim, eliminar a

possível existência de caixas de dialogo. É importante ressaltar que a rotina do default contem todas as especificações que podem ser usadas, possui também uma função para definir a proporção dos blocos e outra para definir se as conexões serão inseridas em uma rede projetada, em uma rede existente ou em uma adutora.

A elaboração de uma planilha de resultados, obtidos após realizada a simulação por meio do Epanet, foi feita de modo que a planilha apresentasse os seguintes informações:

Para os trechos da tubulação:

- Número do trecho;
- Nó inicial e nó final;
- Comprimento;
- Diâmetro;
- Vazão;
- Velocidade;
- Perda de carga.

Para os nós da rede:

- Número do nó;
- Consumo;
- Cota;
- Carga hidráulica;
- Pressão.

Para gerar as planilhas de quantitativos e de resultados utilizou-se a linguagem de programação Visual Basic. A estrutura da planilha de quantitativos foi pensada de forma a facilitar a trabalho a geração do orçamento, assim foram pesquisados os dados que demandam mais tempo para compor a planilha de orçamento de rede de abastecimento. No cálculo dos quantitativos, existe um índice para perdas para tubos e conexões, o default utilizado pelo programa é de 5 %.

A última parte do programa UFC3 foi a elaboração de uma rotina que permitisse o traçado do perfil longitudinal da adutora. Essa função foi desenvolvida nas linguagens de programação AutoLISP e VBA. Inicialmente, esta rotina gera o perfil do terreno, a cada estaca, de acordo com as curvas de nível do projeto. As cotas do terreno são obtidas através da utilização de uma função desenvolvida pelo laboratório de hidráulica computacional, que faz o cálculo das cotas através de interpolações entre o ponto a ser cotado e as curvas de nível próximas a ele.

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Depois de instalado, um novo ícone, denominado iniciar seção, é inserido dentro da caixa de ferramentas do AutoCAD. Ele é o responsável por carregar os elementos gráficos contidos no menu do UFC3. Esse ícone está representado abaixo na figura 2.



Figura 2. Iniciar seção do programa.

Quando o programa é executado uma nova barra de ferramentas é inserida dentro da janela do AutoCAD. Essa palheta possui todas as funções disponíveis do programa, como mostra as figuras 3 e 4:

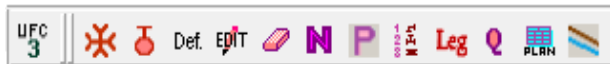


Figura 3. Ferramentas do programa UFC3.

	Iniciar Seção: Carrega a palheta de ferramentas do programa
	Conexão: Insere todas as conexões na rede automaticamente
	Registro: Insere registros na rede
	Default: Define os padrões a serem utilizados pelo programa UFC3
	Edit: Edita as posições das legendas das conexões
	Borracha: Apaga a conexão e sua legenda
	Numerar: Numera as conexões e tubulações da rede
	Pressão: Numera e apresenta as pressões, carga e cota dos nós da rede
	Listar: Lista todas as conexões da rede em um novo arquivo de CAD
	Legenda: Insere um quadro indicando a legenda para as conexões
	Quantitativos: Gera os quantitativos da rede
	Planilha: Gera uma planilha dos resultados nos nós e nos trechos da rede
	Perfil: Gera perfil do terreno da adutora e das linhas do transiente

Figura 4. Quadro de funções.

Default do Programa

O default possui duas páginas para modificações e visualizações: a Geral e Quantitativo. Na página geral, estão contidos os dados de entrada para as conexões: cruzetas, tes, curvas, luvas, reduções, adaptadores, junções e extremidade. E nela o usuário pode modificar o valor padrão para cada objeto inserido, a escala para legendas e blocos.

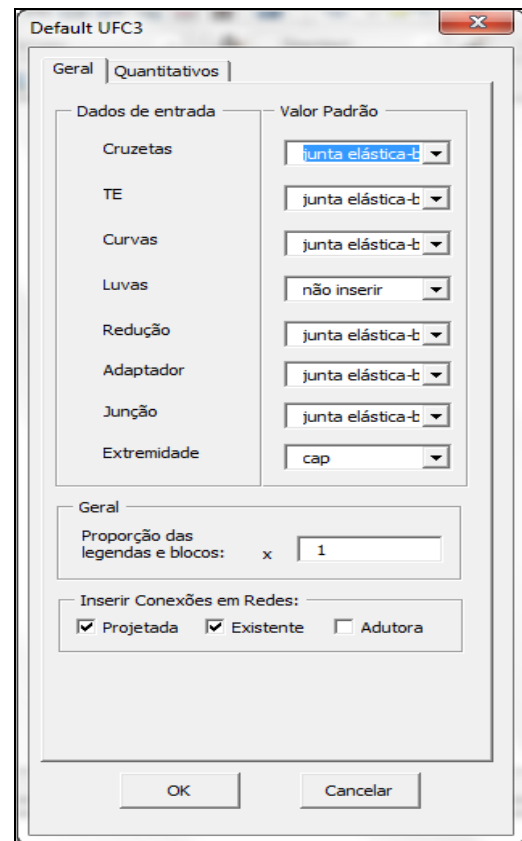


Figura 5. Default do programa.

Inserindo as conexões

Após definir os padrões de projeto, basta acionar a função indicada na figura 6 para inserir as conexões nos encontros da rede ou adutora. A figura abaixo apresenta exemplo de rede com conexões.

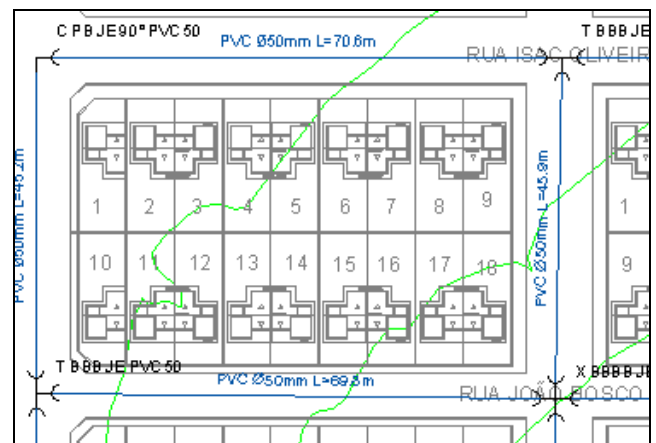


Figura 6. Exemplo de rede utilizando as conexões do programa.

Numerando os nós

Essa função permite numerar as conexões e as tubulações da rede. Os números são obtidos a partir da numeração do arquivo “.inp” gerado pelo EPANET. Isso facilita a interação entre os dois projetos. Essa numeração deve ser realizada logo após a inserção das conexões.

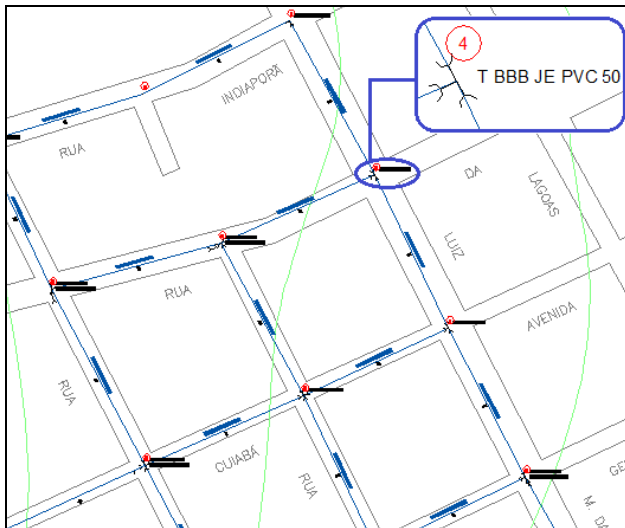


Figura 7. Exemplo de numeração.

Pressões da rede

Essa função insere nos nós da rede os valores obtidos para pressão, carga hidráulica e cota do terreno. Ao acionar essa função, é necessário indicar o arquivo “.rpt” gerado ao final da simulação da rede no Epanet.

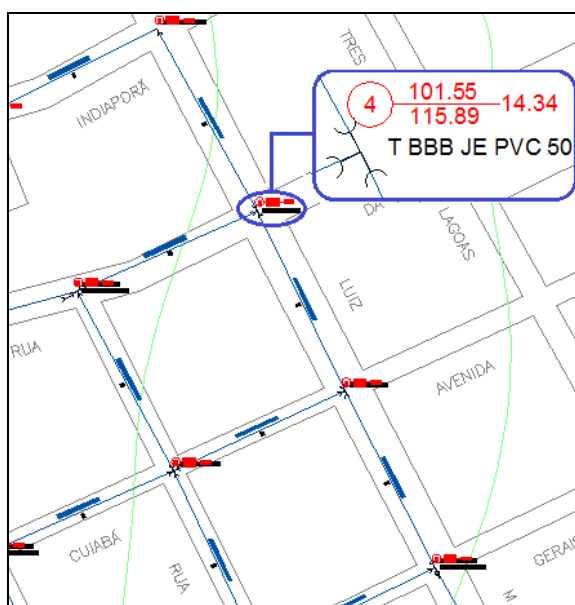


Figura 8. Exemplo de resultado expresso em planta.

Onde elementos acima são denominados conforme a figura 9:

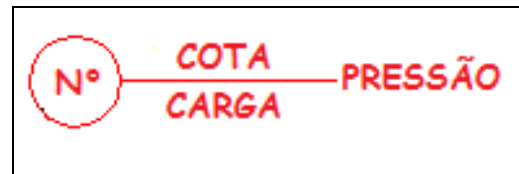


Figura 9. Elementos constantes na função.

Quantitativos da rede

Gera os quantitativos de toda a rede (tubulação e conexões), considerando elementos como: canteiro de obras; cadastro de rede e adutora; locação de rede e adutora; sinalização e segurança; movimento de terra; assentamento e fornecimento material. A planilha gerada pode ser transferida para o excel através do acionamento do ícone em destaque na figura 10.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
CONSTRUÇÃO DO CANTEIRO DA OBRA		
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
CADASTRO		
...

Figura 10. Planilha de quantitativos.

Planilha de planilha de resultados

Com essa rotina é possível gerar uma planilha com os resultados, obtidos através da simulação no Epanet, para trechos e nós da rede.

PLANILHA DE RESULTADOS - NÓS				
NÓ	CONSUMO (L/s)	COTA (m)	CARGA (m)	PRESSÃO (m)
1	0.29	81.83	104.19	22.36
2	0.28	86.47	104.19	17.72
3	0.35	87.97	104.22	16.25
4	0.24	88.64	104.22	15.58
5	0.24	90.59	104.35	13.76
6	0.35	88.87	104.31	15.44
7	0.35	88.72	104.49	15.77
8	0.25	87.11	104.41	17.30
9	0.18	88.56	104.49	15.93
10	0.28	88.36	104.69	16.33
11	0.25	92.36	104.70	12.34
12	0.19	94.22	105.79	11.57
13	0.17	87.17	104.19	17.02
14	0.25	83.58	104.21	20.63
15	0.25	85.92	104.30	18.38
16	-3.95	106.53	106.53	0.00

Figura 11. Resultados em relação aos nós da rede.

PLANILHA DE RESULTADOS - TRECHOS							
TRECHO	NÓ INI	NÓ FIN	L (m)	D (mm)	Q (L/s)	V (m/s)	P.C. (m/Km)
1	1	2	70.6215	50	-0.04	0.02	0.03
2	2	3	45.8831	50	-0.24	0.12	0.55
3	3	4	63.6748	50	-0.11	0.06	0.10
4	4	5	46.8324	50	-0.61	0.31	2.74
5	5	6	63.6466	50	0.26	0.13	0.62
6	6	7	44.8502	50	-0.75	0.38	3.91
7	7	8	68.5875	50	0.37	0.19	1.15
8	8	9	47.9072	50	-0.46	0.23	1.67
9	9	10	68.2966	50	-0.64	0.33	2.98
10	10	7	47.9081	50	0.79	0.40	4.27
11	7	11	64.4032	50	-0.68	0.35	3.34
12	11	12	47.6076	50	-2.04	1.04	22.93
13	12	10	65.6132	50	1.71	0.87	16.79
14	2	13	63.4866	50	-0.08	0.04	0.06
15	13	4	45.8799	50	-0.26	0.13	0.61
16	1	14	45.1579	50	-0.25	0.13	0.57
17	14	3	69.7534	50	-0.03	0.02	0.02
18	3	6	46.8325	50	-0.51	0.26	2.03
19	6	15	69.0134	50	0.14	0.07	0.21
20	15	8	44.8523	50	-0.58	0.29	2.48
21	14	15	47.5555	50	-0.47	0.24	1.73
22	5	11	44.8566	50	-1.11	0.57	7.82
23	12	16	9.9406	50	-3.95	2.01	74.59

Figura 12. Resultados em relação aos trechos da rede.

Da mesma forma que os quantitativos podem ser exportados para uma planilha excel, o mesmo ocorre com as planilhas de resultados.

Perfil da adutora

Com essa função permite o traçado do perfil longitudinal da adutora. O traçado pode ser efetuado por duas maneiras diferentes. A primeira corresponde somente ao perfil do terreno e da adutora, conforme a figura 13.

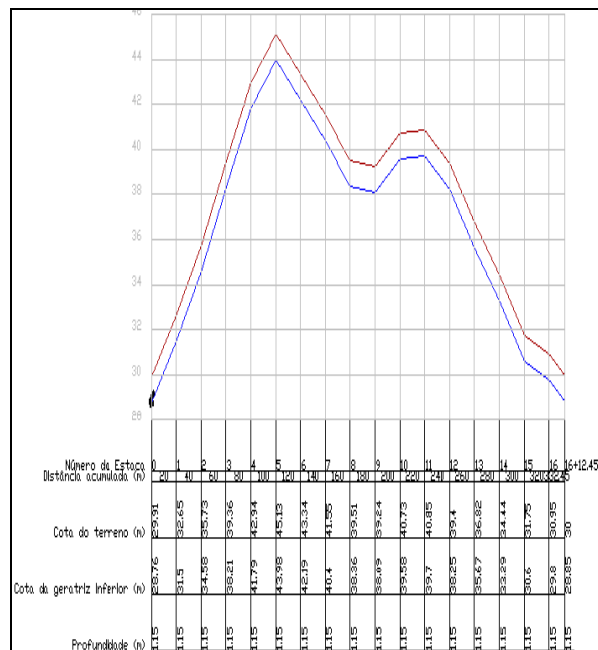


Figura 13. Perfil do terreno e da adutora gerado pelo programa UFC3.

A segunda inclui, além do perfil do terreno e da adutora, as linhas: piezométrica, de carga máxima e de carga mínima. Esses dados são extraídos a partir da utilização da plataforma UFC6, software de cálculo do transiente hidráulico. Entretanto, para traçar somente o perfil do terreno e da adutora, não necessário a utilização do programa UFC6. A figura 14 apresenta o perfil longitudinal completo de uma adutora qualquer.

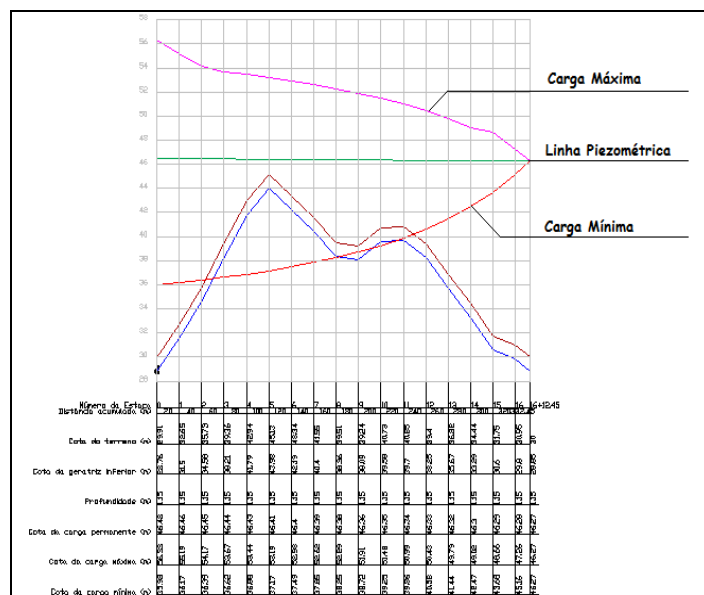


Figura 14. Perfil do completo (Terreno, Adutora e Linhas de Cargas) gerado pelo programa.

As informações presentes na zona inferior do desenho do perfil mostrado na figura 14 são: N° da

estaca; distância acumulada; cota do terreno; cota da geratriz inferior; profundidade; cota da carga permanente; cota da carga máxima; cota da carga mínima. Para o perfil mostrado no primeiro caso as informações são as mesmas, exceto pela ausência das três cargas finais.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram realizados vários testes em redes reais e fictícias e observou-se a bom desempenho do programa. Dessa maneira, o programa UFC3 conseguiu atingir seus objetivos: automatização ao inserir elementos conectivos e fornecer elementos de auxílio à composição de projeto. Isso traz maior rapidez, redução de gastos e aumento qualidade do projeto final. Alguns desvios de rotação podem ser encontrados, mas nada que ofusque o desempenho do programa.

CONCLUSÕES

O software UFC3, ferramenta desenvolvida neste trabalho, cujos focos estão voltados para inserção de conexões, gerar quantitativos e planilhas de resultados para uma rede de abastecimento de água traçada a partir da plataforma AutoCAD. É uma ferramenta que complementa o traçado do projeto de rede, pois, insere elementos indispensáveis à rede com maior praticidade. O programa ainda auxilia na elaboração do memorial cálculo, pois as planilhas de resultados já minimizam todo trabalho da coleta e formatação dos mesmos. Além disso, a planilha de quantitativos ajuda na construção do orçamento final com maior precisão.

RECOMENDAÇÕES

Existem alguns aspectos que devem está sempre em atualização, pois as empresas ligadas ao setor podem lançar um novo tipo de conexão, com novas características. Entretanto, isso não impeça a utilização do programa.

BIBLIOGRAFIA

Fundação Nacional de Saúde. (2007). Manual de Saneamento. 3ª Edição. Brasília: FUNASA.
Heller, L., e Pádua Lúcio, V. (2006). Abastecimento de Água para Consumo Humano. 2ª Edição. Belo Horizonte: UFMG.
Kramer, B., e Gibb, J. (1999). AutoCAD VBA Programming. 1ª Edição. United States Of America: Miller Freeman Books.

Matsumoto, E. Y. (1998). AutoLISP Linguagem de Programação do AutoCAD. 1ª Edição. São Paulo: Editora Érica Ltda.
Perry, G. (1999). Aprenda em 21 dias Visual Basic6. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Campus.
Porto, R. M. (2001). Hidráulica Básica. 4ª Edição. São Carlos: EESC/USP.
Tsutiya, M. T. (2004). Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária.
Valdivino, R. S. A. (2011). Uma Ferramenta Computacional Para Auxílio Em Projetos De Sistemas De Abastecimento D'água. Dissertação. Fortaleza, (2011).