

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO USANDO O CRITÉRIO DE ATENDIMENTO CRÍTICO”

Alessandro de Araújo Bezerra (1), Marco Aurélio Holanda de Castro (2)

(1) Universidade Federal do Piauí, Centro de Tecnologia, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada, Avenida Universitária - lado ímpar, Bairro Ininga, CEP 64049550 - Teresina, PI – Brasil, Telefone: (86)32371372, email: alessandrobezerra@ufpi.edu.br

(2) Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici Bloco 713, Bairro: Pici, CEP 60451970 - Fortaleza, CE – Brasil, Telefone: (85)33669623, email: marco@ufc.br

RESUMO

Redes coletoras são elementos de sistemas de esgotamento sanitário, importantes para garantir a saúde, o bem-estar social e proteger o meio ambiente. Entretanto, elaborar projetos para desenvolver estas estruturas implica em atividades repetitivas. Objetivando reduzir o tempo gasto, garantindo a qualidade e eficiência do projeto final, o software UFC9, objeto deste trabalho, desenvolvido em AutoLISP, VBA e VB, auxilia no desenvolvimento de projetos de redes de esgoto no que diz respeito a desenho, dimensionamento, quantitativos e orçamento. O traçado e dimensionamento permitem considerar o atendimento a cotas críticas, ou seja, cotas baixas, evitando problemas durante a execução da obra.

Palabras claves: Projeto, Redes coletoras de esgoto, Atendimento crítico, Software.

ABSTRACT

Collecting ducts are elements of sewage systems, important to ensure the health, welfare and protect the environment. However, developing projects to build these structures implies repetitive activities. In order to reduce the time spent, ensuring quality and efficiency of the final design, the software UFC9, object of this work, developed in AutoLISP, VBA and VB, assists in the development of projects of sewage in regards to design, sizing, quantitative and budget. The layout and sizing allow us to consider the care of critical dimensions, ie lower odds, avoiding problems during the execution of the work.

Key words: Design, collecting sewage networks, Critical Care, Software.

SOBRE O AUTOR PRINCIPAL

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

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é importante para os seres humanos desde a antiguidade, uma vez que a água é um elemento básico necessário aos seres vivos.

Desde a antiguidade, os homens montavam suas civilizações nas proximidades de locais onde havia água para os variados tipos de uso como para consumo humano e animal, para a irrigação, para banho e lavagem de alimentos, entre outros.

No entanto, com o desenvolvimento das civilizações até a atualidade, estar próximo de água não garante que a necessidade desta seja suprida. Geralmente, a água captada nos mananciais passa por um processo de tratamento devido a sua baixa qualidade. Um dos motivos que causa essa perda de qualidade é a falta de sistemas de coleta e tratamento dos esgotos sanitários nas regiões dos mananciais, o que acarreta em poluição das fontes hídricas.

Para que a necessidade de água de uma localidade seja suprida, esta deve ser beneficiada não apenas com sistema de abastecimento de água, mas também, com sistema de rede coletora, tratamento e destinação final adequada de esgotos.

O acesso ao saneamento básico pelas populações mundiais é e sempre foi de extrema importância. O saneamento básico está ligado à qualidade de vida da população e a saúde pública da mesma, além de visar a não degradação do meio ambiente.

Os primeiros passos para o bom funcionamento em conjunto dos sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgoto são uma eficiente elaboração de projetos de água e esgoto para a localidade e bons planejamentos de execução das obras pela empreiteira contratada, utilização dos sistemas pelos moradores locais, operação e manutenção dos sistemas de água e esgoto pelos órgãos responsáveis por estes setores no estado a ser beneficiado.

Dessa forma, a primeira etapa de um sistema de esgotamento sanitário é a rede coletora. O objetivo deste trabalho foi a elaboração de um software que auxilie no projeto de redes coletoras de esgotos sanitários no que diz respeito a desenho, dimensionamento, cálculo de quantitativos e orçamento de redes coletoras de esgoto.

Além do método padrão para dimensionamento da rede coletora, o software objeto deste trabalho obtém a função de considerar, também, o atendimento crítico durante seu dimensionamento, ou seja, as

casas localizadas a qualquer distância informada da rede possuem suas cotas calculadas para ajuste da rede coletora de acordo com os critérios do projetista, garantindo, assim, o atendimento destas.

BASE CIENTÍFICO-TEÓRICA

Para que uma determinada localidade possua saneamento básico, esta deve possuir sistema de abastecimento de água, sistema de esgotamento sanitário, coleta e destino final adequado dos resíduos sólidos gerados e sistema de drenagem.

O manual de saneamento da FUNASA (2006) define sistema de abastecimento público de água como o conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

O sistema de abastecimento de água é considerado básico para uma população por ajudar a prevenir e controlar doenças, através do fornecimento de água potável, ou seja, livre de contaminações, auxiliar na higiene da população, propiciar conforto, aumentar a vida útil da população, através da redução da mortalidade, gerar acesso à implantação de indústrias na região, entre outros.

O sistema público de esgotamento sanitário, foco do presente trabalho, pode ser definido como o conjunto de obras, instalações e serviços, destinados à coleta, transporte, tratamento e destino final adequado dos esgotos gerados pela população de uma localidade.

A implantação de sistemas de esgotamento sanitário é importante por evitar a poluição do solo e de fontes hídricas, possíveis mananciais de sistemas de abastecimento de água, evitar o contato de vetores com dejetos, propiciar higiene à população, promover o conforto, atender à estética da região, evitando dejetos nas ruas e o mau cheiro, aumentar a expectativa de vida da população, através da redução da mortalidade, gerar acesso à implantação de indústrias na região, além de contribuir bastante para a conservação do meio ambiente.

De acordo com o Manual de Saneamento da FUNASA, os resíduos sólidos são materiais heterogêneos, (inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser parcialmente utilizados, gerando,

entre outros aspectos, proteção à saúde pública e economia de recursos naturais.

A solução adequada dos resíduos sólidos tem uma grande importância para uma localidade. Os principais objetivos de dar uma solução aos resíduos são: prevenção e controle de doenças, gerar um efeito psicológico na população melhorando a higiene local, aumentar a vida útil da população, através da redução da mortalidade, além de contribuir bastante para a conservação do meio ambiente.

O sistema de drenagem pode ser definido como o conjunto de obras, instalações e serviços, destinados à coleta, transporte e destino final das águas de chuva de uma determinada região, não afetando, negativamente, a região de escoamento das águas pluviais.

A implantação de sistemas de drenagem é extremamente importante por ajudar a evitar e controlar doenças de veiculação hídrica, além de evitar inundações e/ou alagamentos que podem destruir casas ou até matar pessoas.

Projetos de Esgotamento Sanitário

De acordo com a NBR 9648, esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgotos domésticos, esgotos industriais, águas de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

De acordo com Jordão & Pessoa (2009), as características dos esgotos variam quantitativa e qualitativamente com a sua utilização.

Para que se possam calcular as vazões que passam por uma rede coletora de esgotos, deve-se conhecer uma série de parâmetros necessários. Os parâmetros utilizados são:

- Horizonte de projeto;
- População atual e futura da área de projeto;
- Consumo per capita de água;
- Coeficiente de retorno;
- Coeficientes de variação de vazão;
- Taxa de infiltração.

O cálculo das vazões totais de esgoto é o somatório de três tipos de vazão que podem ser consideradas na rede coletora: as vazões de infiltração, as vazões industriais ou concentradas e as vazões de contribuição populacional.

Após o estudo dos parâmetros do sistema de esgotamento sanitário e o traçado da rede coletora de esgoto, pode-se calcular a vazão de infiltração (Q_{inf}), em função da taxa de infiltração (T_{inf}) e do comprimento do trecho (L) através da equação 4 a seguir:

$$Q_{inf} = T_{inf} L \quad (1)$$

Os esgotos industriais devem, sempre que possível, ser coletados na rede pública de esgoto sanitário. Para que isso ocorra, é necessário que, em fase de projeto, haja conhecimento sobre as indústrias existentes e de previsão de implantação durante o horizonte de funcionamento do sistema a projetar.

Além do conhecimento da existência ou não de indústrias, devem-se conhecer as características de seus efluentes, podendo, assim, saber se estes podem ser despejados diretamente na rede pública ou se necessitam de um pré-tratamento, para que não haja mudança nas características do esgoto doméstico.

Havendo a possibilidade de despejar o esgoto industrial na rede coletora pública de esgoto, este deve ser considerado na forma de vazão concentrada (Q_C), ou seja, uma vazão concentrada em um único ponto (órgão acessório) da rede, devendo ser considerada a vazão para início e final de plano de projeto.

Com os parâmetros do sistema de esgotamento sanitário definidos e as populações de início de plano e de final de plano já conhecidas, pode-se calcular as vazões de contribuição populacional da rede coletora para início e final de plano do projeto através das equações 2 e 3 a seguir, respectivamente:

$$Q_I = \frac{K_2 P_I q C}{86.400} \quad (2)$$

$$Q_F = \frac{K_1 K_2 P_F q C}{86.400} \quad (3)$$

Dessa forma, a vazão máxima inicial e final são, respectivamente, calculadas através das equações 4 e 5:

$$Q_{Max,I} = Q_{inf} + Q_C + Q_I \quad (4)$$

$$Q_{Max,F} = Q_{inf} + Q_C + Q_F \quad (5)$$

Para o dimensionamento de redes coletoras de esgoto, utilizam-se as vazões máximas de início e

final de plano, ficando as vazões médias e mínimas para projetos de estações elevatórias e estações de tratamento de esgoto.

Considerando as redes coletoras, para conhecer a vazão em cada trecho da rede, calculam-se através das vazões máximas e extensão total da rede coletora, as taxas de contribuição linear para início de plano e final de plano, de acordo com as equações 6 e 7, respectivamente.

$$T_{x,I} = \frac{Q_{Max,I}}{L} \quad (6)$$

$$T_{x,F} = \frac{Q_{Max,F}}{L} \quad (7)$$

Custos em Redes de Esgotamento Sanitário

De acordo com Tsutiya & Sobrinho (1999), em 1980, a SABESP realizou levantamento dos custos de implantação de redes de esgotamento sanitário, obtendo como maiores pesos no custo total da obra, respectivamente, os seguintes itens:

- Escoramento de valas;
- Poços de visita;
- Escavação de valas;
- Reaterro de valas;
- Reposição de pavimentos.

METODOLOGIA

A necessidade da diminuição do tempo de execução e da melhoria da qualidade técnica e de apresentação das atividades de engenharia, de um modo geral, nos dias atuais faz com que sejam, cada vez mais, utilizados programas computacionais para o desenvolvimento e acompanhamento dessas atividades.

Na elaboração de projetos de redes de esgotamento sanitário não ocorre diferente, há sempre a busca por softwares e outras tecnologias que possam auxiliar no desenvolvimento deste tipo de projeto.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi a elaboração de um software, denominado UFC9, capaz de auxiliar no desenvolvimento de projetos de esgotamento sanitário através do traçado, perfis de coletores, dimensionamento e orçamento de redes coletoras de esgoto. O diferencial deste software é que ele é de simples manuseio e oferece demandas

mais complexas como atendimento de casas em cotas baixas e o cálculo para o não cruzamento da rede com obstáculos.

Atualmente, o software mais utilizado para a elaboração de projetos de engenharia é o AutoCAD, devido sua forte atuação na parte gráfica. Dessa forma, este software foi escolhido para ser a base do UFC9, ou seja, o UFC9 é um aplicativo do AutoCAD que utiliza seu ambiente para execução de suas funções.

O UFC9 foi desenvolvido nas linguagens de programação AutoLISP, VBA (Visual Basic for Applications) e VB (Visual Basic), sendo as duas primeiras linguagens internas ao AutoCAD, utilizadas para a elaboração dos elementos gráficos do programa e cálculos mais simples, enquanto que a terceira linguagem de programação citada foi utilizada para a elaboração da planilha de dimensionamento hidráulico e a planilha orçamentária da rede.

O primeiro passo da elaboração do software foi a pesquisa para inserção dos tubos coletores de esgoto no software, considerando sempre os materiais, diâmetros e apresentações usuais de projeto.

A programação para a inserção dos tubos de rede coletora foi uma mistura de AutoLISP e VBA, ficando o VBA responsável pela caixa de diálogo amigável de interação com o usuário.

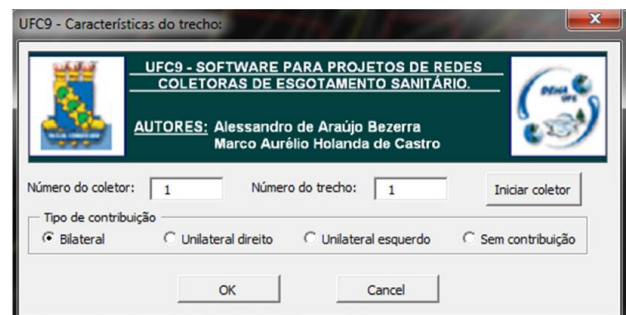


Figura 1 – Inserção de tubo coletor de esgoto no UFC9.

A rede coletora não é composta apenas de tubos, a metodologia utilizada para as singularidades foi semelhante à dos tubos. As singularidades disponíveis no UFC9 são poços de visita (PV), terminais de limpeza (TL), caixas de passagem (CP) e tubos de inspeção e limpeza (TIL), estes divididos em TIL radial (TR) e TIL condominial (TC).

O software permite ao usuário durante o traçado da rede coletora a possibilidade de traçar várias bacias em um único projeto, além de ser permitido

considerar várias zonas de demanda, ou seja, coeficientes e populações diferentes para a contribuição em cada trecho. É possível ao usuário considerar zonas de demanda diferentes em uma mesma bacia de contribuição.

Uma das principais funções deste software é a capacidade de considerar o atendimento crítico em casas situadas em cotas baixas. O procedimento consiste em calcular as cotas de terreno paralelas aos trechos da rede coletora, distantes valores definidos pelo usuário, e encontrar a cota mais crítica em relação ao tubo da rede paralelo a ela. Com a cota encontrada, é calculada a cota de chegada do tubo de ligação na rede coletora, considerando profundidade da caixa de inspeção e declividade do tubo de ligação definidas pelo usuário. As linhas paralelas aos tubos da rede representam as unidades habitacionais que receberão as ligações domiciliares.

Com a cota crítica de chegada do tubo de ligação na rede coletora em cada trecho, durante o dimensionamento da rede coletora, é analisada a possibilidade de atender àquela ligação domiciliar de acordo com uma profundidade máxima pré-estabelecida, podendo a rede ser aprofundada ou não para tal fim.

Conhecendo os dados de população para início e final de plano, consumo per capita de água, coeficiente de retorno, coeficientes máximos horário e diário de consumo de água e taxa de infiltração no solo, pode-se calcular as taxas de contribuição linear efetivas para início e final de plano.

Uma implantação importante deste trabalho foi a possibilidade de traçar a rede considerando, além de bacias diferentes, zonas de demandas diferentes, o que proporciona a capacidade de o projetista considerar a contribuição de zonas com elevados índices de consumo de água e baixos índices de consumo de água, conseqüentemente, com elevados e baixos índices de contribuição de esgoto, respectivamente, em um único projeto, mesmo que estes grupos com diferentes contribuições encontrem-se na mesma bacia de contribuição.

Assim sendo, o software proporciona a possibilidade de calcular diferentes taxas de contribuição linear efetivas de acordo com a zona de demanda pertencente, sendo necessário a informação de todos os dados para cada zona de demanda.

O cálculo das taxas de contribuição linear foram programados na linguagem VBA, possibilitando,

assim, melhor visualização dos parâmetros e resultados por parte do usuário projetista.

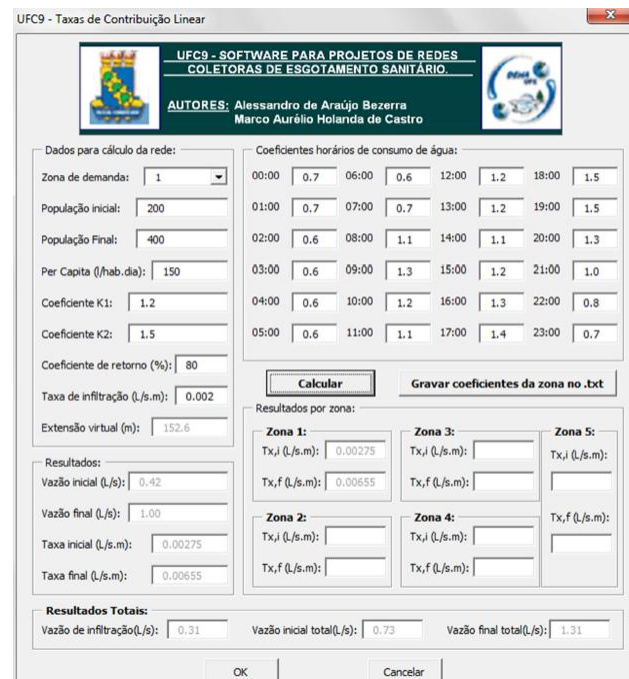


Figura 2 – Cálculo das taxas de contribuição linear com o UFC9.

Dimensionamento da rede coletora

Depois de traçada a rede coletora e calculadas as taxas de contribuição linear, o próximo passo é o dimensionamento da rede coletora. Para tal, foi utilizado neste trabalho a linguagem de programação VB (Visual Basic).

A Figura 3 apresenta a metodologia seguida no processo de dimensionamento da rede coletora, desde a transferência de dados até a apresentação dos resultados.

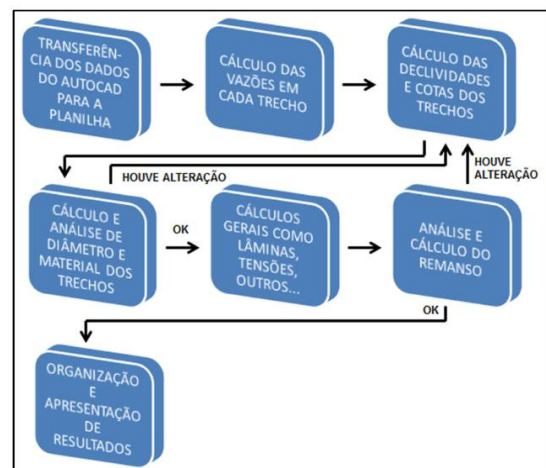


Figura 3 – Esquema do método de dimensionamento do UFC9.

Depois de traçada, a rede coletora é um desenho no formato padrão do AutoCAD. Assim sendo, a transferência dos dados é realizada dentro do AutoCAD com a utilização da linguagem AutoLISP.

A transferência ocorre com a criação de um arquivo de texto denominado “entplan.ufc9” que possui todos os dados necessários gerados dentro do AutoCAD através do programa UFC9. Alguns dos dados encontrados no arquivo são: taxas de contribuição linear, profundidade máxima permitida para atender as casas em cotas críticas, dados dos trechos informando singularidades de montante e jusante, zona de demanda, diâmetro, extensão, tipo de contribuição, cotas de terreno e coletor de montante e jusante, entre outros.

Com os dados de taxas de contribuição linear e extensão de cada trecho, calcula-se a vazão individual de cada trecho, como mostram as Equações 8, para início de plano, e 9, para final de plano, sendo Q_T as vazões de cada trecho e L_T o comprimento do trecho:

$$Q_{I,T} = T_{x,I} L_T \quad (8)$$

$$Q_{F,T} = T_{x,F} L_T \quad (9)$$

Com as vazões individuais de cada trecho, é calculado o percurso dos trechos desde as pontas secas até o ponto final da rede ou até o encontro de outro coletor, podendo, assim, encontrar as vazões reais de cada trecho.

Com as vazões que passam em cada trecho definidas, o próximo passo é o cálculo das declividades dos trechos. As equações utilizadas para o cálculo das declividades mínimas, devem atender o critério da tensão trativa de 1,0 Pa, para os vários coeficientes de Manning.

Apesar de haver os cálculos para encontrar as declividades mínimas em cada trecho, nem sempre deve-se considerar tal declividade, pode-se considerar declividade maior dependendo das condições da topografia. O procedimento para definir a declividade a ser utilizada está apresentado na Figura 4.

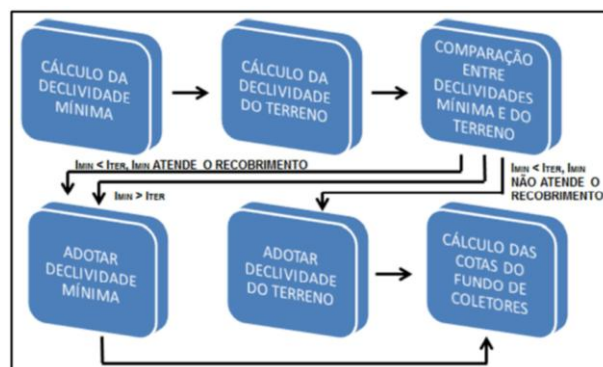


Figura 4 – Esquema do método de escolha de declividade do UFC9.

De acordo com a Figura 4, quando a declividade do terreno é maior que a declividade mínima, a declividade a adotar depende de a profundidade do tubo atender à profundidade de recobrimento pré-estabelecida antes do traçado de cada trecho.

Para o caso citado, adotar a declividade mínima, quando esta atende ao recobrimento mínimo, faz com que a rede fique mais rasa, gerando uma grande economia com escavação neste trecho e nos seguintes.

Quando é considerado o atendimento crítico, através da cálculo da cota da chegada do tubo de ligação no tubo da rede coletora, considerando a cota do terreno da casa crítica, a profundidade da caixa de inspeção e a declividade do tubo de ligação, é calculada a cota crítica do coletor e, posteriormente, a declividade crítica capaz de atender a casa crítica.

Seguindo com o dimensionamento, ao considerar o atendimento crítico, se a declividade crítica for maior do que a mínima, esta passa a ser considerada como declividade mínima, caso contrário, a casa crítica já é atendida sem que seja necessário nenhuma modificação no dimensionamento.

Após o cálculo da declividade, os outros parâmetros são calculados, buscando o atendimento de todas as normas.

Quantitativo e Orçamento

Depois de concluída a parte de desenho e dimensionamento do projeto de uma rede coletora de esgoto com a utilização do UFC9, inicia-se o processo de elaboração do orçamento do projeto.

O primeiro passo, e normalmente o mais trabalhoso, é o levantamento de quantitativos da rede. Com a utilização do UFC9, através da linguagem de

programação AutoLISP, este passo é realizado automaticamente.

O procedimento se resume em calcular automaticamente os itens a seguir:

- Cadastro de rede coletora;
- Locação e nivelamento de rede de esgoto;
- Elementos de sinalização de trânsito e segurança como sinalizações de advertências e passadiços;
- Movimento de terra com escavação, reaterro, nivelamento e apiloamento de fundo de valas;
- Escoramento de valas;
- Rebaixamento de lençol freático;
- Poços de visita e tampões;
- Assentamento de tubulações;
- Ligações domiciliares;
- Fornecimento de materiais.

Nesta primeira etapa, estas quantidades são obtidas isoladamente para cada trecho e transferidas para um arquivo de texto denominado “Orçamento.ufc9”.

Para o cálculo do movimento de terra, o software permite ao usuário escolher o espaçamento de cálculo do quantitativo. Este espaçamento é a distância entre os pontos em que a cota do terreno será calculada para ser comparada com a profundidade de escavação de cada trecho, podendo esta precisão ser a cada 1 metro, 2 metros, 3 metros, 4 metros, 5 metros ou apenas onde houver singularidades. A Figura 5 a seguir mostra um exemplo dos pontos onde haverá cota calculada considerando a precisão a cada 5 metros.

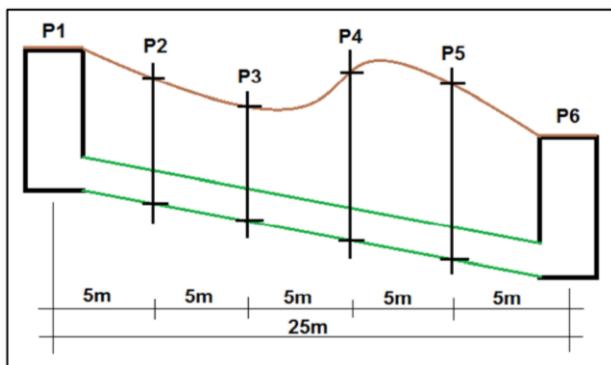


Figura 5 – Exemplo do procedimento do cálculo de cotas a cada 5 metros.

Pode-se perceber que para o caso da Figura 5 apresentada, as profundidades em P4 e P5 são bem maiores que em P1 e P6 e que em P3 é menor que P1 e P6. Dessa forma, considerando um espaçamento de cálculo de cotas a cada 5 metros,

evidencia-se um resultado bem mais detalhado do que um levantamento realizado de PV a PV.

Para efeito de comparação, foi realizado um estudo através do traçado, dimensionamento e orçamento de uma rede de pequeno porte de um conjunto habitacional.

Foi traçada a rede com a utilização do UFC9 e dimensionada duas vezes, a primeira não considerando o atendimento crítico e a segunda considerando o atendimento crítico.

RESULTADOS

O programa apresentado neste trabalho agrega rapidez, facilidade de utilização e qualidade técnica na elaboração de projetos de redes coletoras de esgotamento sanitário. O software UFC9 é uma ferramenta que disponibiliza elementos gráficos (utilizados no desenho) e de cálculo (para dimensionamento) da rede. Além disso, o programa também é capaz de gerar quantitativo e orçamento da rede coletora.

Quanto aos objetos gráficos, o programa permite o traçado da tubulação da rede e de acessórios como: terminal de limpeza, poço de visita (PV), terminal de inspeção e limpeza, caixa de passagem, TIL radial, TIL condominial e indicativo de ponta seca. Além disso, possui funções para fazer a representação de um obstáculo na rede, para traçar o perfil da rede, para inserir todos os PVs da rede automaticamente ou inserir um PV internamente a um trecho já traçado.

Em relação ao dimensionamento da rede, o programa possui funções secundárias que auxiliam o recurso gerador da planilha de cálculo. Uma parte dessas funções está presente no default e a outra em uma função específica para o cálculo de contribuição linear. Os dados gerados por essas funções associado ao cálculo realizado pela planilha de cálculo são responsáveis pelo dimensionamento da rede efetuado com a utilização do programa UFC9.

Finalmente, têm-se a função geradora da planilha de quantitativos e orçamento.

As funções do programa estão expostas na Figura 6 a seguir:



Figura 6 – Quadro de funções dos elementos do programa.

Para apresentação do projeto, nos trechos podem aparecer dados como identificação do trecho, material, diâmetro, extensão e declividade. Estes parâmetros podem estar formatados como de desejo do usuário ou simplesmente todos ou alguns deles não aparecerem.

Na apresentação das singularidades aparecem os dados de cota do terreno, cota de fundo e profundidade, dados esses essenciais para a execução da obra. Uma singularidade pode estar acompanhada de uma ponta seca ou não. A ponta seca representa que o trecho é um início de coletor, ou seja, não recebe contribuição anterior.

A Figura 7 a seguir apresenta uma parte de uma rede coletora traçada com o UFC9.



Figura 7 – Parte de rede coletora traçada com o UFC9.

Como dito anteriormente, a rede coletora traçada com o UFC9 pode ser dimensionada desprezando o critério de atendimento crítico, como é comum de se visualizar na maioria dos softwares, ou considerando o atendimento crítico.

Caso haja casos em que o atendimento crítico não seja atendido, os pontos críticos de cada trecho que não fez o atendimento é apresentado em planta e em perfil, como mostrado nas Figuras 8 e 9.

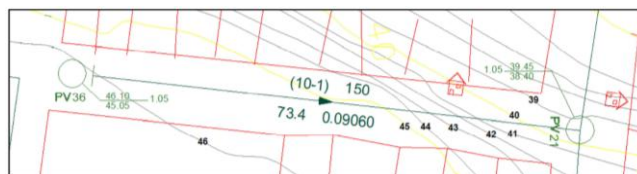


Figura 8 – Detalhe em planta da casa não atendida.

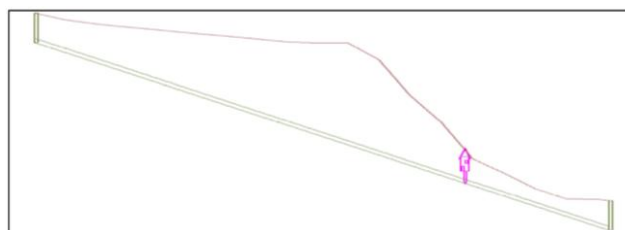


Figura 9 – Detalhe em perfil da casa não atendida.

A rede coletora ao entrar na planilha de dimensionamento é automaticamente calculada, podendo o usuário visualizar os resultados em uma planilha amigável.

Com os parâmetros da rede coletora de esgoto devidamente dimensionados, a rede é refeita automaticamente, sendo substituídos nos trechos dados como material, declividade e diâmetro. Nas singularidades são alterados valores de profundidades, cotas de coletor e, quando necessário, são apresentados valores de tubos de queda ou degraus.

O quantitativo realizado e o orçamento gerado com a utilização do UFC9 são apresentados de forma amigável através de uma planilha de formato padrão utilizado para apresentação de orçamentos.

CODIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UN.	CUSTO TOTAL
	REDE COLETORA				233880,81
	SERVIÇOS				189157
	CADASTRO				
C0584	CADASTRO DE REDE DE ESGOTO/EMISSÁRIO/DRENAGEM (MEIO MAGNETICO)	m	2801,60	1,19	3333,90
	LOCAÇÃO				
C2876	LOCAÇÃO E NIVELAMENTO DE REDE DE ESGOTO/EMISSÁRIO/DRENAGEM TRÁNSITO E SEGURANÇA	m	2801,60	2,12	5939,39
C2892	PASSADISSOS COM BRANCHAS DE MADEIRA	m²	140,08	24,70	3459,98
C2943	SINALIZAÇÃO DE TRÁNSITO NOTURNA	m	1400,80	1,43	2003,14
C2950	SINALIZAÇÃO EM TAPUME COM INDICATIVO DE FLUXO	m	14,01	4,26	59,66
C2941	SINALIZAÇÃO DE ADERÊNCIA	un	9,34	10,18	95,98
	MOVIMENTO DE TERRA				
C1267	ESCAVAÇÃO MECAN. CAMPO ABERTO EM TERRA EXCETO ROCINA ATÉ 2M	m³	1833,64	2,16	3960,45
C2929	REATERRO COM COMPACTAÇÃO MECÂNICA E CONTROLE DO MATERIAL DA VALA	m³	1794,63	11,27	20166,62
C2989	ESPALHAMENTO MECÂNICO DE SOLO EM BOTA FORA	m³	49,51	1,35	66,84
C3119	NIVELAMENTO DE FUNDO DE VALAS	m³	1680,96	2,73	4589,02
C2995	APLACAMENTO DE PISO DO FUNDO DE VALAS DIMAÇO DE 30 A 60 KG	m³	1680,96	11,63	19549,56
	ESCORAMENTO				
C2798	ESCORAMENTO CONTÍNUO COM CHAPA COMPENSADA DE 12mm	m²	513,22	9,80	5029,56
	POÇOS E CAIVAS (INCLUSIVE ASSENTAMENTO DE TAMPAO)				
C2908	POÇO DE VISITA GRANDES DE CONCRETO - PROF. ATÉ 1,50m - D=1000mm	un	44,00	924,10	40660,40
C2310	TAMPAO DE FERRO FUNDIDO PI POÇO DE VISITA DE DIAM=1 M	un	44,00	514,00	22616,00
	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, JUNTA ELÁSTICA - INCLUSIVE LIMPEZA E TESTE				
O0283	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, JE DN 150mm	m	2801,60	2,31	6471,70
O0581	CADASTRO DE LIGAÇÃO	un	582,00	1,93	1123,26
O0911	CAIXA DE INSPEÇÃO EM ALVENARIA PILGACAO CONDOMINIAL DN (40/40)cm	un	362,00	98,07	35502,74
	MATERIAIS				104723,81
	ORÇAMENTO DE TUBULAÇÃO/CONEXÕES				
05234	TUBO PVC DEF-F2 DUCTIL JE 1MPa DN 150 (NBR.7665-07/03/07)	m	2941,68	35,60	104723,81

Figura 10 – Orçamento gerado com o UFC9.

Para efeito de comparação de resultados, o software UFC9 foi testado comparando a mesma rede coletora considerando o atendimento crítico e não considerando o atendimento crítico.

Foi traçado 836,4 metros de rede coletora em PVC com diâmetro nominal de 150mm com a inserção de 15 poços de visita (PV).

A seguir serão apresentados alguns resultados considerando e não considerando o atendimento crítico.

Resumo dos resultados da rede coletora não considerando o atendimento crítico:

- Profundidades encontradas: 1,05; 1,60; 1,95 e 2,33 m;
- Profundidade máxima alcançada: 2,33 m;
- Quantidade total de escavação: 542,71 m³;
- Quantidade total de reaterro: 527,93 m³;
- Quantitativo de área escorada: 637,56 m²;
- Custo total sugerido pelo UFC9: R\$ 95.123,09.

Resumo dos resultados da rede coletora considerando o atendimento crítico:

- Profundidades encontradas: 1,05; 1,11; 1,33; 1,60; 1,73; 1,95 e 2,33 m;
- Profundidade máxima alcançada: 2,33 m;
- Quantidade total de escavação: 576,58 m³;
- Quantidade total de reaterro: 561,81 m³;
- Quantitativo de área escorada: 783,29 m²;

- Custo total sugerido pelo UFC9: R\$ 97.006,27.

Como podemos observar nos resultados apresentados, a diferença financeira entre atender ou não as casas se se encontram na região do atendimento crítico para a rede considerada, é estimada em R\$ 1.883,18 (mil oitocentos e oitenta e três reais e dezoito centavos), o que equivale a 1,98%, considerando o custo sem o atendimento crítico, e a 1,94%, considerando o custo com o atendimento crítico.

Analisando-se as quantidades em cada tipo de atendimento, é possível perceber que essa diferença de custo ocorre devido ao aumento nas quantidades de escavação, reaterro e escoramento, o que já era esperado, já que o atendimento crítico gera aumento de profundidades.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido um software, denominado UFC9, capaz de auxiliar de modo eficaz no desenvolvimento de projetos de esgotamento sanitário no que diz respeito a traçado, dimensionamento, quantitativos e orçamentos de redes coletoras de esgoto sanitário.

Para a elaboração deste software foram utilizadas as linguagens de programação AutoLISP, VBA (Visual Basic for Applications) e Visual Basic. A utilização destas linguagens permitiu de forma satisfatória a programação do software, além da intercomunicação entre elas.

A utilização do software possibilita a consideração de recobrimentos mínimos diferentes para cada trecho do projeto, podendo no mesmo projeto ser traçados trechos em vias públicas e em áreas de passeios. Os trechos também podem possuir diferentes taxas de contribuição linear e diferentes parâmetros de cálculo, ou seja, existe a possibilidade da consideração de regiões com diferentes densidades populacionais ou diferentes consumos per capita em uma mesma rede coletora.

A possibilidade de se projetar diferentes bacias de uma vez só, ou seja, mesmo desenho, dimensionamento e orçamento, facilita na análise dos resultados, além de diminuir o trabalho de salvar as redes em arquivos diferentes e depois juntá-las. Além disso, como as bacias estão no mesmo arquivo, não há a necessidade de se preocupar com numerações repetidas, já que a numeração

automática do UFC9 não permite identificações de trechos e singularidades repetidas em um mesmo projeto.

A consideração do critério de atendimento crítico, permite ao projetista evitar transtornos e confusões durante a execução da obra. Normalmente, uma casa não atendida durante a execução da obra faz com que o morador procure o órgão responsável pela obra para resolver este problema. Muitas vezes a objeção do morador é atendida, o que gera uma necessidade de reformulação do projeto, deixando o projetista original sob várias críticas.

A praticidade e velocidade da utilização do software UFC9 torna sua utilização viável para os projetistas da área de saneamento. O cálculo automático e bastante preciso dos quantitativos da rede coletora, possibilitando o cálculo de cotas de terreno em pontos entre singularidades, torna os seus resultados mais próximos da realidade. Isso não ocorre com os softwares disponíveis no mercado, cujo cálculo de cotas de terreno só acontecem nas singularidades.

No que diz respeito a traçado e dimensionamento, o UFC9 atende as recomendações da normas estabelecidas pela ABNT para redes coletoras de esgotamento sanitário.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, R. A. (2000). LISP para AutoCAD. 2ª edição, Florianópolis, Visual Books.
- Fundação Nacional de Saúde (2006). Manual de saneamento. 3ª edição, Brasília: FUNASA.
- Jordão, E. P. e Pessoa, C. A. (2009). Tratamento de esgotos domésticos. 5ª edição, Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Kramer, B. e Gibb, J. (1999). AutoCAD VBA Programming. 1ª edição, United States of America: Miller Freeman Books.
- Kramer, W. (1995). Programando em AutoLISP. 1ª edição, São Paulo: Makron Books.
- Matsumoto, E. Y. (1998). AutoLISP Linguagem de Programação do AutoCAD. 1ª edição, São Paulo: Editora Érica Ltda.
- Nuvolari, A. (2009). Esgoto sanitário – coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 1ª edição, São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA.
- Perry, G. (1999). Aprenda em 21 dias Visual Basic 6. 1ª edição, Rio de Janeiro: Campus.
- Porto, R. M. (2006). Hidráulica Básica. 4ª edição, São Carlos: EESC/USP.
- Tsutiya, M. T. e Sobrinho, P. A. (1999). Coleta e transporte de esgoto sanitário. 1ª edição, São Paulo, Editora USP.
- Rodrigues, G. P. W. (2006). Computação Gráfica e Modelagem Computacional Aplicadas ao Traçado e Dimensionamento Hidráulico de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, Dissertação 2006, Fortaleza.
- Bezerra, A. A. (2011). Dimensionamento Hidráulico de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário Usando o Critério de Atendimento Crítico. Dissertação 2011, Fortaleza.