

## II-071 - DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO CONSIDERANDO O ATENDIMENTO CRÍTICO ATRAVÉS DA EXPORTAÇÃO DE DADOS DO AUTOCAD

**Alessandro de Araújo Bezerra<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Recursos Hídricos pela UFC. Doutorando em Recursos Hídricos pela UFC. Professor Assistente, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada (DRHGA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

**Renata Shirley De Andrade Valdivino<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Recursos Hídricos pela UFC. Doutoranda em Recursos Hídricos pela UFC. Professora Assistente, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada (DRHGA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

**Marco Aurélio Holanda de Castro<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília (UnB). M.Sc em Recursos Hídricos na University of New Hampshire – USA. PhD., Drexel University -USA. Professor Titular, Departamento de Engenharia. Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará (UFC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** 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: +55 (86) 32371372, email: [alessandrobezerra@ufpi.edu.br](mailto:alessandrobezerra@ufpi.edu.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 esgotamento sanitário 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 que existem ao longo de um quarteirão a ser atendido pela rede coletora devido a topografia acidentada, comumente encontradas em vários trechos de redes coletoras de esgoto, evitando problemas durante a execução da obra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Projeto, Redes coletoras de esgoto, Atendimento crítico, Software.

### 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.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

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.

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.

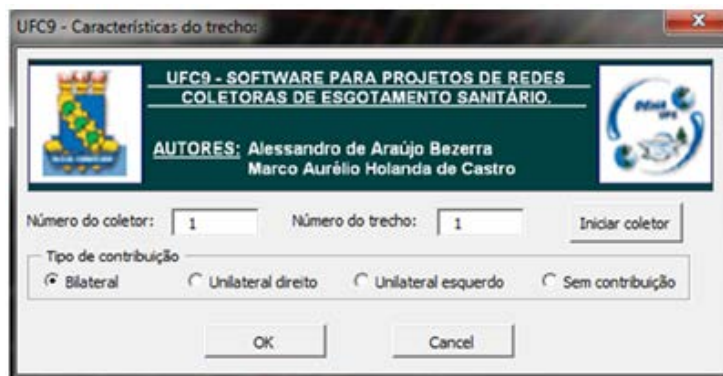
Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi a elaboração de um software, denominado UFC9, capaz de auxiliar no desenvolvimento de projetos de esgotamento sanitário através do traçado, perfis de coletores, dimensionamento e orçamento de redes coletoras de esgoto. O diferencial deste software é que ele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

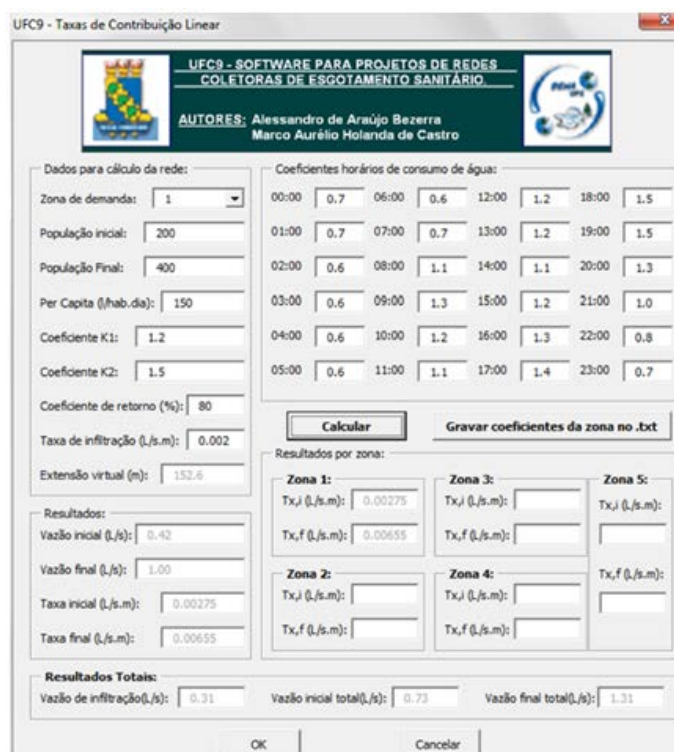
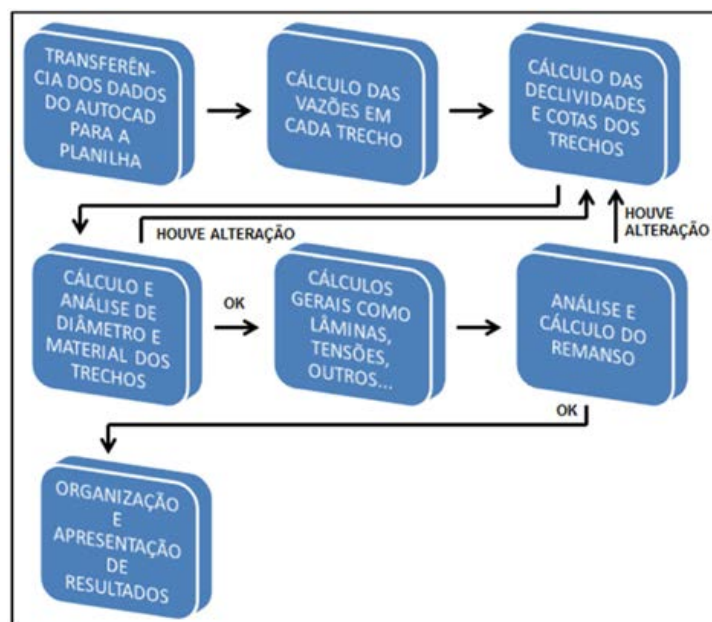


Figura 2 – Cálculo das taxas de contribuição linear com o UFC9.

## 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 1, para início de plano, e 2, para final de plano, sendo  $Q_T$  as vazões de cada trecho e  $L_T$  o comprimento do trecho:

$$Q_{I,T} = T_{x,I} L_T \quad \text{equação (1)}$$

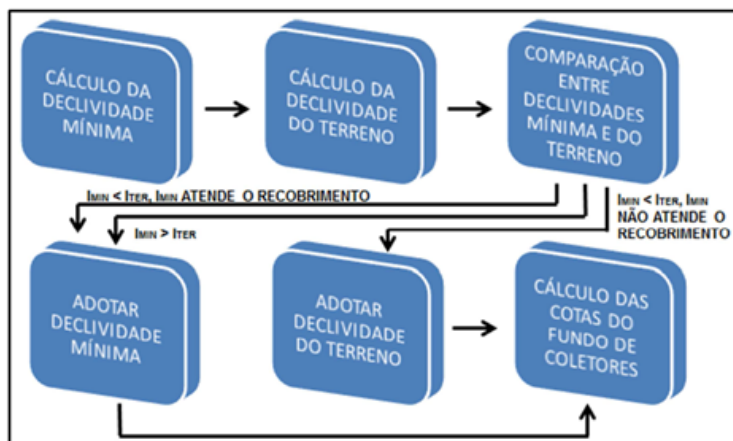
$$Q_{F,T} = T_{x,F} L_T \quad \text{equação (2)}$$

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 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.

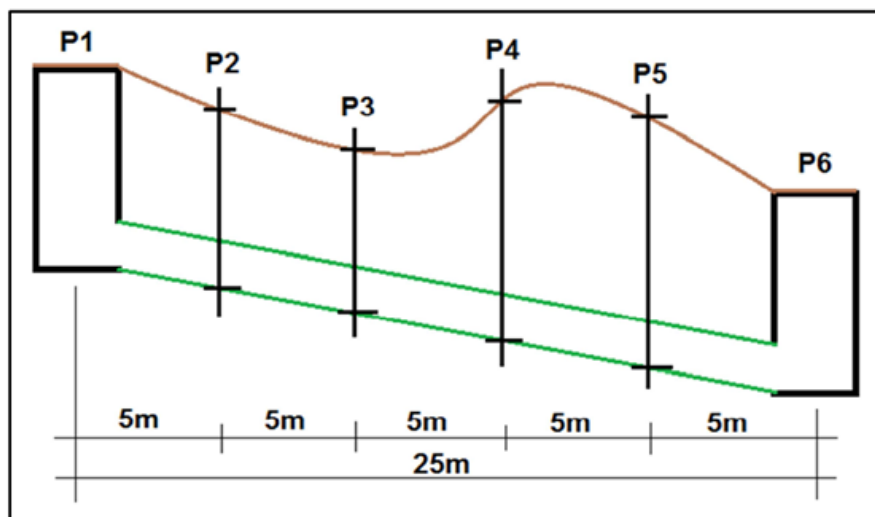
O primeiro passo, e normalmente o mais trabalhoso, é o levantamento de quantitativos da rede. Com a utilização do UFC9, através da linguagem de programação AutoLISP, este passo é realizado automaticamente.

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.



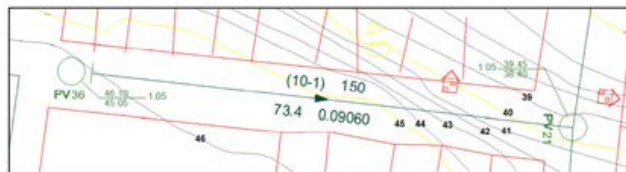


Figura 8 – Detalhe em planta da casa não atendida.

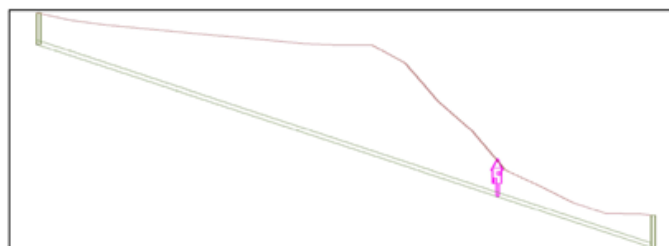


Figura 9 – Detalhe em perfil da casa não atendida.

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.

UFC9 - Orçamento da rede de esgoto!

Orçamento

UFC - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEMA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL  
LAHC - LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL  
UFC9 - SOFTWARE PARA PROJETOS DE REDES COLETORAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

TABELA: SEINFRA.CE TABELA 17  
BDI(%)  
SERVIÇOS: 24  
MATERIAIS: 10

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UN.	CUSTO TOTAL
	REDE COLETORA				293880.81
	SERVIÇOS				189157
	CADASTRO				
C0584	CADASTRO DE REDE DE ESGOTO/EMISSÁRIO/DRENAGEM (MEIO MAGNÉTICO)	m	2801.60	1.19	3333.90
	LOCAÇÃO				
C2876	LOCAÇÃO E NIVELAMENTO DE REDE DE ESGOTO/EMISSÁRIO/DRENAGEM	m	2801.60	2.12	5939.39
	TRÂNSITO E SEGURANÇA				
C2892	PASSADIÇOS COM PRANCHAS DE MADEIRA	m²	140.08	24.70	3459.98
C2949	SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO NOTURNA	m	1400.80	1.43	2003.14
C2950	SINALIZAÇÃO EM TAPUME COM INDICATIVO DE FLUXO	m	14.01	4.28	59.96
C2947	SINALIZAÇÃO DE ADVERTÊNCIA	un	9.34	10.18	95.08
	MOVIMENTO DE TERRA				
C1267	ESCAVAÇÃO MECÂN. CAMPO ABERTO EM TERRA EXCETO ROCHA ATÉ 2M	m³	1833.54	2.16	3960.45
C2920	REATERRO C/ COMPACTAÇÃO MECÂNICA E CONTROLE DO MATERIAL DA VALA	m³	1784.03	11.27	20106.02
C2989	ESPALHAMENTO MECÂNICO DE SOLO EM BOTA FORA	m³	49.51	1.35	66.84
C3319	NIVELAMENTO DE FUNDO DE VALAS	m³	1680.96	2.73	4589.02
C0095	APILOAMENTO DE PISO OU FUNDO DE VALAS C/MAÇO 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 CAIXAS (INCLUSIVE ASSENTAMENTO DE TAMPÃO)				
C2908	POÇO DE VISITA C/ANÉIS DE CONCRETO - PROF. ATÉ 1.50m - Ø=1000mm	un	44.00	924.10	40660.40
C2310	TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO P/ 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				
C0283	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC JE DN 150mm	m	2801.60	2.31	6471.70
C0581	CADASTRO DE LIGAÇÃO	un	582.00	1.93	1123.26
C0611	CAIXA DE INSPEÇÃO EM ALVENARIA P/LIGAÇÃO CONDOMINIAL DI= (40X40)cm	un	582.00	86.07	50092.74
	MATERIAIS				104723.81
	FORNECIMENTO DE TUBULAÇÃO/CONEXÕES				
I6524	TUBO PVC DEFo DUCTIL JEI 1MPa DN 150 (NBR-7665-07/03/07)	m	2941.68	35.60	104723.81

Autores: Alessandro de Araújo Bezerra - alessandroaraujo86@hotmail.com  
Marco Aurélio Holanda de Castro - marco@ufc.br

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 m<sup>3</sup>;
- Quantidade total de reaterro: 527,93 m<sup>3</sup>;
- Quantitativo de área escorada: 637,56 m<sup>2</sup>;
- 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 m<sup>3</sup>;
- Quantidade total de reaterro: 561,81 m<sup>3</sup>;
- Quantitativo de área escorada: 783,29 m<sup>2</sup>;
- 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 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, quantitativo e orçamento 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.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
2. ALMEIDA, R. A. LISP para AutoCAD. 2ª. ed. Florianópolis: Visual Books, 2000. 192 p.
3. AutoCAD 2008 Help – User's Guide
4. BEZERRA, A. A. Dimensionamento hidráulico de redes coletoras de esgoto sanitário usando o critério de atendimento crítico, 2011. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará.
5. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009. 941p.
6. KRAMER, B.; GIBB, J. AutoCAD VBA Programming. United States Of America: Miller Freeman Books, 1999. 366 p.
7. KRAMER, W. Programando em AutoLISP. São Paulo: Makron Books, 1995. 274 p.
8. MATSUMOTO, E. Y. AutoLISP Linguagem de Programação do AutoCAD. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1998. 149 p.
9. Manual de saneamento. 3ª ed. rev. 1ª reimpressão – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.
10. NUVOLARI, A. Esgoto sanitário – coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. Editora Edgard Blücher LTDA: 3ª reimpressão. São Paulo: FATEC, CEETEPS, FAT, 2009. 520p.
11. PERRY, G. Aprenda em 21 dias Visual Basic 6. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 844 p.
12. PORTO, R. M. Hidráulica Básica. 4ª ed. São Carlos: EESC/USP, 2006. 519p.
13. RODRIGUES, G. P. W. Computação Gráfica e Modelagem Computacional Aplicadas ao Traçado e Dimensionamento Hidráulico de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, 2006. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará.
14. ROSSMAN, L.; DICKINSON, R.; SCHADE, T.; CHAN, C.; SULLIVAN, D.; BURGESS, E. Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0. Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory Cincinnati, 2008.
15. TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. Universidade de São Paulo. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 1ª. Ed. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 1999. 547p.