



## UM MANUAL PARA AUXÍLIO NO DIMENSIONAMENTO E PROJETO DE REDES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Paulo Roberto Lacerda Tavares<sup>1</sup>, Marco Aurélio Holanda de Castro<sup>2</sup>.

Universidade Federal do Ceará<sup>1</sup>  
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental,  
Campus do Pici, Bloco 713, 60450-970, Fortaleza - CE  
prltavares@bol.com.br

Universidade Federal do Ceará<sup>2</sup>  
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental,  
Campus do Pici, Bloco 713, 60450-970, Fortaleza - CE  
marco@ufc.br

**Resumo.** *O cálculo manual de redes de esgoto apresenta-se excessivamente trabalhoso, mesmo para redes simples, de pequenas comunidades. Esse processo pode ser automatizado através da utilização de um software – O CEsg – Sistema Automático de Cálculo de Redes de Esgotos Sanitários, que tem por finalidade dimensionar redes de esgotamento sanitário urbano de acordo com os padrões estabelecidos pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). O CEsg, desenvolvido em ambiente Windows, procura tornar o processo automático e fácil, incorporando as rotinas de cálculos, bem como, facilidades de traçado e desenho, suprimindo tarefas exaustivas como levantamento de dimensões em plantas e cálculos de diversas alternativas. O CEsg também incorpora rotinas de produção de desenho e geração automática de quantitativos e planilhas orçamentárias, sendo possível a exportação dos arquivos para os respectivos aplicativos de desenho (Autocad) e planilhas (Excel). Tem-se empenhado em esclarecer todo o potencial do CEsg, combinando-o à utilização de outros aplicativos, procurando torná-lo utilizável, em sua plenitude de recursos, por qualquer nível de usuários. Com este fim, destaca-se a elaboração de um manual detalhado, incluindo exemplo com ilustrações passo a passo.*

**Palavras-chave:** *Esgoto, Traçado, Dimensionamento, Automático.*

## 1. APRESENTAÇÃO

O *CEsg* é um sistema destinado ao dimensionamento de redes de esgotamento sanitário urbano de acordo com os padrões estabelecidos pelas normas técnicas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR - 9648 - Estudo de Concepção de Esgoto Sanitário e NBR - 9649 - Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário. Foi desenvolvido pela FCTH – Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica para Tubos e Conexões Tigre Ltda.

O *CEsg* mostra-se como um sistema de utilização simples, com comandos, menus e botões semelhantes aos de outros softwares desenvolvidos em ambiente *Windows*.

Procura-se fornecer aos usuários os conhecimentos mínimos necessários à execução de todas as etapas do projeto, a partir de um sistema automático para dimensionamento de redes de esgotamento sanitários urbanos com base nas normas brasileiras.

O emprego do *CEsg* para projeto de redes de esgotos fundamenta-se no traçado gráfico que será desenvolvido sobre a tela do computador. O trabalho será mais bem desenvolvido se forem disponíveis os dados de campo na forma digitalizada (topografia e viário), porém também é possível o projeto utilizando-se apenas o traçado esquemático da rede pretendida.

Os dados mínimos necessários para o projeto são:

*Topografia da área:* deve ser preparada em arquivos tipo *DXF (drawing interchange file)* contendo apenas as curvas de nível da área necessária. Utiliza-se um aplicativo de *CAD (aplicativo de desenho)* para preparar este arquivo, exportando apenas as curvas de nível em 3D (pontos com coordenadas x,y,z) de interesse;

*Traçado viário:* também deve ser exportado a partir de um aplicativo de *CAD* para um arquivo tipo *DXF*;

*Dados de projeto:* serão necessárias informações como, população de início e fim de plano, consumo per-capita, coeficiente de retorno, coeficientes de consumo *K1* (coeficiente do dia de maior consumo) e *K2* (coeficiente da hora de maior consumo do dia de maior consumo);

*Crítérios de projeto:* valores normatizados para taxa de infiltração, declividades e velocidades limite e profundidades admitidas;

*Custos unitários:* para a elaboração do orçamento do projeto também serão necessários critérios de composição de custos e valores unitários de materiais e serviços.

Relativamente a outros programas, o *CEsg* apresenta uma série de vantagens. É um pacote aberto ao público e tanto seu acesso como sua atualização são gratuitos, o que torna seu uso mais facilitado. Como o software se utiliza de um único ambiente, mostra-se mais fácil ainda seu manuseio em relação a outros programas semelhantes.

## 2. INSTALAÇÃO

O *CEsg* é instalado através de utilitário instalador que acompanha o conjunto de disquetes originalmente fornecidos. Recomenda-se a realização de uma cópia de segurança dos mesmos antes da instalação e seu acondicionamento em local seguro.

Antes de iniciar, verificar se o computador atende as seguintes especificações mínimas: PC 486 ou superior com *Sistema Operacional Windows®* versão 3.1 ou superior; acionador de disco flexível 3 ½"; disco rígido com 20 Mbytes disponíveis; monitor tipo VGA colorido; dispositivo apontador tipo mouse.

O processo de instalação é simples, semelhante ao de qualquer outro aplicativo de *Windows*. Os discos são inseridos e, em seguida, executam-se as operações convencionais de instalação, surgindo na tela as caixas de diálogo, que indicarão os passos a serem tomados, clicando em *Avançar* para prosseguir com a instalação ou *Cancelar* para desistir da mesma.

## 3. MENU PRINCIPAL

O *CEsg* pode ser ativado a partir do ícone *CEsg* no grupos de programas, encontrado no seguinte endereço: *Iniciar/Programas/CEsg/CEsg*. E ainda pode ser acionado por clique duplo no botão direito do mouse sobre atalho, caso esse exista na área de trabalho do *Windows 98*. Após ativado, surgirá a tela principal e o menu principal (Fig. 1) do *CEsg*, que permitem o acesso a todas as funções e comandos do sistema.

O menu principal compreende os seguintes itens:

*Arquivos:* neste item estão as opções comumente encontradas em qualquer aplicativo, tais como, os comandos de leitura, abertura de novo arquivo, salvamento;

*Opções:* o item *Opções* permite ao operador configurar os elementos de edição da Área de Trabalho, Traçado de Rede e Resultados de acordo com suas preferências e necessidades. São utilizados para ajustar o sistema às necessidades e preferências do operador;

*Visualizar:* Os itens do menu *Visualizar* possibilitam o controle da exibição do desenho na tela, permitindo a alteração do tamanho em que é mostrado o esquema de cálculo. Com isso, pode-se ter na tela a imagem global de uma grande rede ou concentrar a atenção em um determinado detalhe;

*Acionar:* O menu *Adicionar* é um maneira alternativa de ativar as funções de Traçado, Planilhas e Dimensionamento do *CEsg*. Estas funções são os comandos propriamente ditos de execução do programa e podem ser encontrados em forma de botões, na barra de ferramentas, ou pelas respectivas combinações de teclas, *Ctrl+T*, *Ctrl+P* e *Ctrl+D*;

*Banco de Dados*: O item *Banco de Dados* permite o acesso e edição dos itens de custos armazenados no banco de dados definido na opção *Arquivos*. Os itens de custo são utilizados para a composição da planilha de orçamento do projeto, que é apresentada, após a execução do dimensionamento, no módulo *Resultados*.

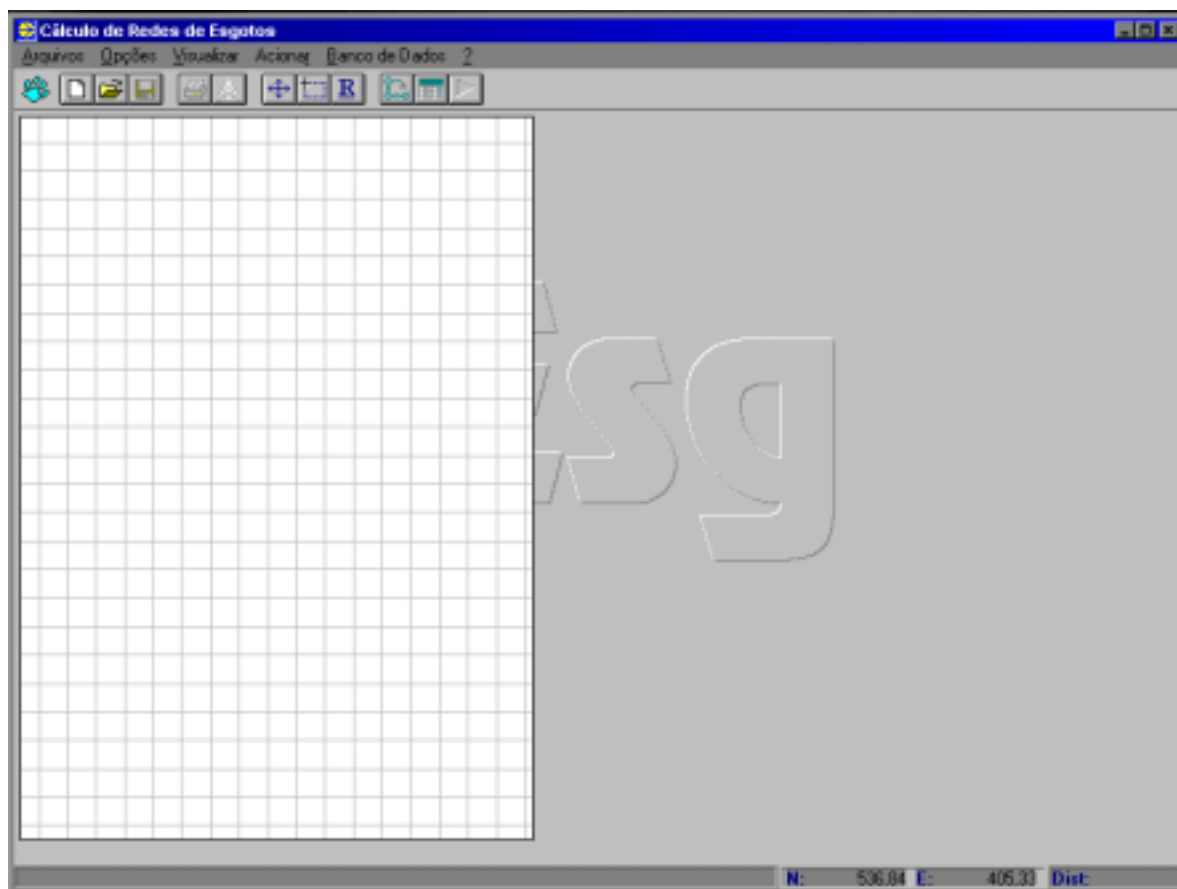


Figura 1. Tela principal e menu principal

#### 4. COMANDOS E FUNÇÕES BÁSICAS DO CESG

O *CEsg* foi desenvolvido em ambiente *Windows* e permite a interação do usuário com as principais funções de edição, traçado e cálculo do sistema.

A opção de *Traçado* é automaticamente acionada quando o *CEsg* é inicializado e o modelo traz a última configuração utilizada pelo usuário, que fica armazenada no arquivo de inicialização.

A navegação pelas opções do *CEsg* é feita por meio do Menu Principal da Área de Trabalho e da Barra de Botões (Fig. 2).



Figura 2. Barra de botões

##### 4.1. Traçado

O traçado da rede deverá seguir a topografia e o arruamento, para que o esgoto escoe unicamente pela ação da gravidade.

Selecionando-se o botão de *Traçado*, inicia-se o lançamento da rede a partir de um tubo de inspeção e limpeza. Para iniciar o traçado, escolhe-se com o mouse a posição do nó de um coletor. Clica-se com o botão direito do mouse na posição escolhida e este nó será criado. A partir daí, o cursor do mouse muda de seta para cruz e fica com um segmento de reta unindo-o ao nó que acabou de ser criado. Desloca-se o mouse para a posição onde se deseja criar o segundo nó e clica o botão esquerdo, criando-se, assim, o segundo nó e o primeiro trecho. O cursor do mouse continua em forma de

cruz, aguardando que mais nós sejam criados (Fig. 3). Repete-se esta operação para quantos nós sejam necessários. O traçado de um coletor encerra-se clicando novamente o botão direito do mouse.

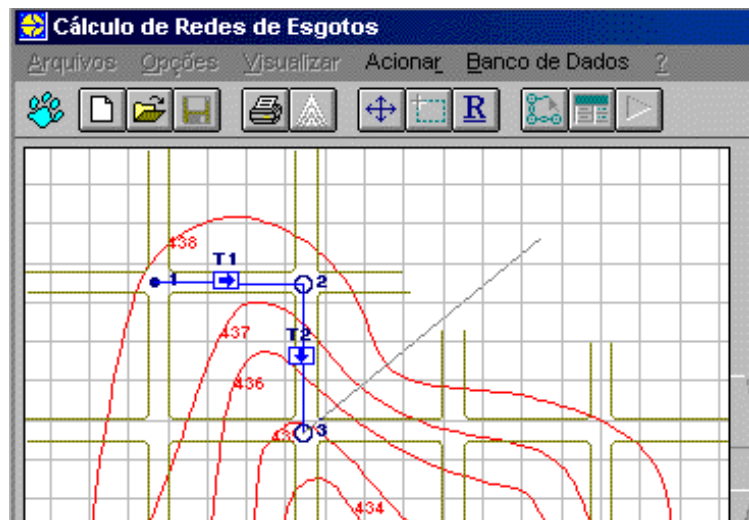


Figura 3. Traçado da rede

Após terem sido criados, os nós e trechos podem ser editados. A edição dos dados de um trecho do coletor é ativada pelo clique sobre a caixa de identificação de direção do trecho com o botão direito do mouse. Surgirá, então, uma caixa de diálogo de edição, contendo informações sobre o trecho, bem como os dados que podem ser alterados, como: nome do trecho, diâmetro, cotas do coletor, fixa cotas, fixa diâmetros, recobrimento mínimo. Da mesma forma, faz-se para a edição dos nós. Clica-se sobre o nó, surgirá o formulário de informações do mesmo, sendo possível a modificação do nome do nó, coordenadas, cota do terreno, vazões de entrada e o tipo de nó. Faz-se importante ressaltar que sendo alteradas as coordenadas ou as cotas, o desenho se altera automaticamente, existindo ainda, a função que refaz a interpolação na topografia e informa a cota correta do terreno.

#### 4.2. Planilhas

A edição dos dados dos nós e trechos pode ser feita diretamente através das planilhas, facilitando assim o trabalho de edição e entrada de dados quando os mesmos se tornam repetitivos.

A edição sobre uma planilha de dados segue o mesmo padrão das planilhas comerciais, como o *MS-EXCEL* ou *QUATRO-PRO*.

São disponíveis planilhas para:

*Nós*: nesta planilha são exibidos os dados referentes aos nós já informados no traçado;

*Trechos*: nesta planilha são exibidos os dados referentes aos trechos já informados durante o traçado;

*Quantitativos dos trechos*: nesta planilha são exibidos os dados referentes aos quantitativos (como a definição do material do tubo, tipo de superfície do terreno, tipo de escoramento de valas, recomposição e reaterro) para os trechos já informados no traçado. Para modificar quaisquer dados, clica-se com o direito do mouse, surgindo, então, uma janela contendo os itens disponíveis no banco de dados (Fig. 4);

Coletor	Nó Inicial	Nó Final	Extensão (m)	Nome do Trecho	Material	Tipo de Superfície	
C1	1	2	86,46	T1	PVC vinilfor	Sem revestimento	Por
	2					or Sem revestimento	Por
	3					or Sem revestimento	Por
C2	4					or <b>Sem revestimento</b>	Por
	8					or Sem revestimento	Por
	9					or Sem revestimento	Por
	10					or Sem revestimento	Por
C3	15					or Sem revestimento	Por
	13					or Sem revestimento	Por
	14					or Sem revestimento	Por
C4	16	14	83,17	T15	PVC vinilfor	Sem revestimento	Por

**Tipos de Superfície**

Asfáltico

Cimentado

Concreto

Gramado

Ladrilho Hidráulico

Mosaico

Paralelepípedo

Sem revestimento

Figura 4. Edição do tipo de superfície na planilha de quantitativos dos trechos

*Dimensionamento Hidráulico:* são apresentados todos resultados do cálculo hidráulico de dimensionamento dos coletores;

*Planilha de Custos (Orçamento):* a planilha de custos resume o cálculo dos quantitativos informados na fase de entrada de dados;

*Observações:* são apresentadas as observações resultantes da aplicação dos critérios de cálculo, quando os mesmos não puderam ser obedecidos ou alterações efetuadas como mudança da cota dos coletores ou diâmetros.

### 4.3. Dimensionamento

O dimensionamento da rede baseia-se na determinação dos diâmetros em todos os trechos da rede e na escolha dos materiais que a compõem, incluindo a tubulação e seus acessórios. Esta é uma etapa peculiar do projeto, em que o operador deve analisar criteriosamente todos os dados a serem inseridos, bem como o método de cálculo a ser adotado, com a finalidade de obter resultados apropriados.

A opção *Cálculo* ativa o processo de dimensionamento da rede. Inicialmente devem ser fornecidos os dados relativos aos parâmetros do projeto, nas etapas de início de plano e fim de plano e as condições de cálculo (Fig. 5). Em seguida devem ser fornecidos dados para estimativa dos quantitativos de serviços e obras.

Início de plano:		Fim de plano:	
População (hab):	1000	População (hab):	2100
Consumo efetivo per capta (l/hab/dia):	200,0	Consumo efetivo per capta (l/hab/dia):	200,0
Coeficiente de retorno:	0,80	Coeficiente de retorno:	0,80
K2:	1,50	K1:	1,20
		K2:	1,50

Condições de Cálculo:			
Vazão Mínima (l/s):	1,50	Tensão Trativa Mínima (Pa):	1,0
Diâmetro Mínimo (mm):	150	Velocidade Máxima (m/s):	5,00
Taxa de Infiltração (l/s/km):	0,00	Alt. de Degrau Mínima (cm):	5
Recobrimento Mínimo (m):	1,35	Alt. de Degrau Máxima (cm):	65
Profundidade Máxima (m):	2,50	Declividade Mínima Construtiva (m/m):	0,0005

Método de Cálculo:		Ajuste de rugosidade pela velocidade:	
<input type="radio"/> Manning	<input checked="" type="radio"/> Fórmula Universal	<input checked="" type="radio"/> Inferior (otimista)	<input type="radio"/> Utiliza o valor do banco de dados
		<input type="radio"/> Superior (pessimista)	

Arquivo de Resultados: Ainda não definido

Inicia o cálculo

Inicia Cancela

Figura 5. Dados gerais para o cálculo

Após o fornecimento de todos os dados, tendo atenção especial à escolha do método de cálculo e ao ajuste de rugosidade pela velocidade, levando-se em conta as características do material da tubulação, a metodologia construtiva, singularidades, juntas e etc., aciona-se o botão *Inicia*.

O *CEsg* mostra o andamento dos cálculos piscando as luzes indicativas. Sendo indicada a luz verde ao final do cálculo, significa que o dimensionamento não apresenta problemas. Caso seja indicada a luz amarela, deve-se analisar e corrigir os problemas e executar novamente o cálculo. Concluído o cálculo, todos os resultados são enviados para um arquivo que tem um prefixo padrão *CEsg* e se pode constatar, na janela principal do programa, o surgimento do botão *Observações*. Este botão dá acesso aos problemas verificados durante o dimensionamento.

Após o encerramento do cálculo, a análise e produção de dados resultantes do dimensionamento, bem como o envio dos mesmos para os aplicativos de desenho, planilhas eletrônicas e aplicativos gráficos, podem ser feitos de forma integrada ao traçado e edição da rede. As opções adicionais devidas ao resultado do cálculo ficam ativadas na barra de botões na área de trabalho e na tela de edição com planilhas.

As planilhas referentes aos resultados podem ser impressas diretamente ativando-se o botão da *impressora* localizado na barra de botões do *CEsg*, podendo-se, ainda, serem exportadas para aplicativos específicos de planilhas eletrônicas.

Os desenhos podem ser exportados em formato *DXF*, padrão utilizado pelos principais aplicativos de desenho, como o *Autocad*, *Maxicad*, etc..

O *CEsg* permite ainda a visualização dos resultados em perfil (Fig. 6). Isto é possível selecionando-se um ou mais trechos de um coletor através da combinação das teclas *ctrl+click* ou *shift+click* sobre o indicador de direção do coletor. Quando esta operação é executada, aparecem botões suplementares na tela que possibilitam o desenho do perfil ou alterar a seleção de trechos.

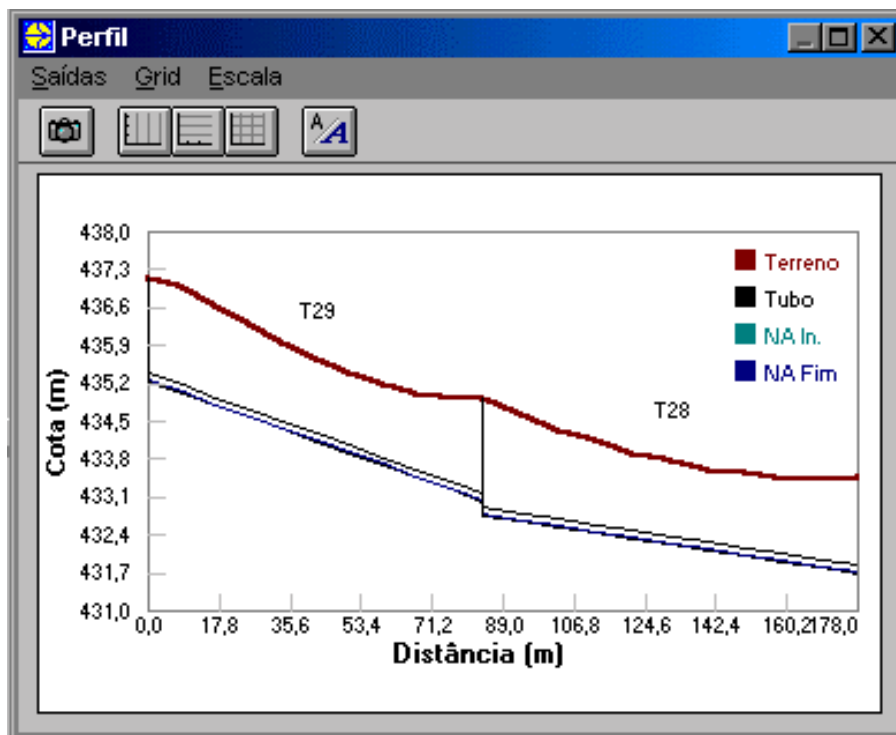


Figura 6. Visualização em perfil

## 5. ANÁLISE FINAL DO PROJETO

Em seu livro, Ernest W. Steel [1] atribui, à rede de esgoto, a finalidade de recolher as águas servidas das zonas habitadas e conduzi-las a um ponto de lançamento. Rodrigo de Melo Porto [2] atenta que, evidentemente, em função do porte do problema, o sistema torna-se bastante complexo, não só quanto ao traçado e dimensionamento, mas também quanto à operação e manutenção. A análise adequada dos resultados exige considerável atenção do projetista no que concerne aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologias, de modo a obter um projeto eficiente.

O estudo dos resultados mostra-se bastante simplificado, pois o programa expõe os problemas encontrados no dimensionamento em uma planilha específica (Fig. 7), agilizando o processo de solução e garantindo a eficiência do projeto.

Trecho	Observações
T3	Verifique: Prof. a montante é maior que prof. máxima Verifique: Prof. de jusante é maior que prof. máxima
T4	Verifique: Prof. a montante é maior que prof. máxima Verifique: Prof. de jusante é maior que prof. máxima
T13	Verifique: Prof. de jusante é maior que prof. máxima
T17	Aviso: Cotas do trecho ajustadas para rede 100% plástico.
T18	Aviso: Cotas do trecho ajustadas para rede 100% plástico.
T20	Verifique: Prof. a montante é maior que prof. máxima

Figura 7. Observações a serem verificadas

O *CEsg* propicia uma análise global e um processo de edição simplificado, uma vez que, empregando um banco de dados do tipo *Access*, incorpora todas as etapas do projeto, como traçado da rede, dimensionamento da tubulação, geração de desenhos padronizados (planta e perfil) e geração de planilhas orçamentárias, sem que o usuário tenha que acionar programas específico para tais fins.

## **6. RECONHECIMENTOS**

Mostra-se importante reconhecer o apoio da equipe de suporte ao usuário da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – Hidráulica Computacional, na pessoa do Engenheiro Francisco M. Fadiga Jr., que prontamente auxiliou no esclarecimento de questões operacionais relacionadas ao *CEsg* – Sistema Automático de Cálculo de Redes de Esgotos Sanitários.

Reconhece-se o apoio da Universidade Federal do Ceará, disponibilizando a infra-estrutura necessária ao andamento do projeto, bem como, do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) do CNPq, que objetiva desenvolver nos estudantes a vocação para a pesquisa, interesse e aptidão para a investigação científica.

### *Agradecimentos*

Este trabalho é fruto do incentivo dos colegas do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará e do estímulo dos professores do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, que continuamente oferecem sugestões e críticas pertinentes, enriquecendo o resultado dos estudos, aos quais oferecemos a devida gratidão.

## **7. REFERÊNCIAS**

- [1] E.W. Steel, Water Supply and Sewerage, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1960, p. 444.
- [2] R.M. Porto, Hidráulica Básica, EESC-USP, 2a. ed., São Carlos, 1999, p. 169.