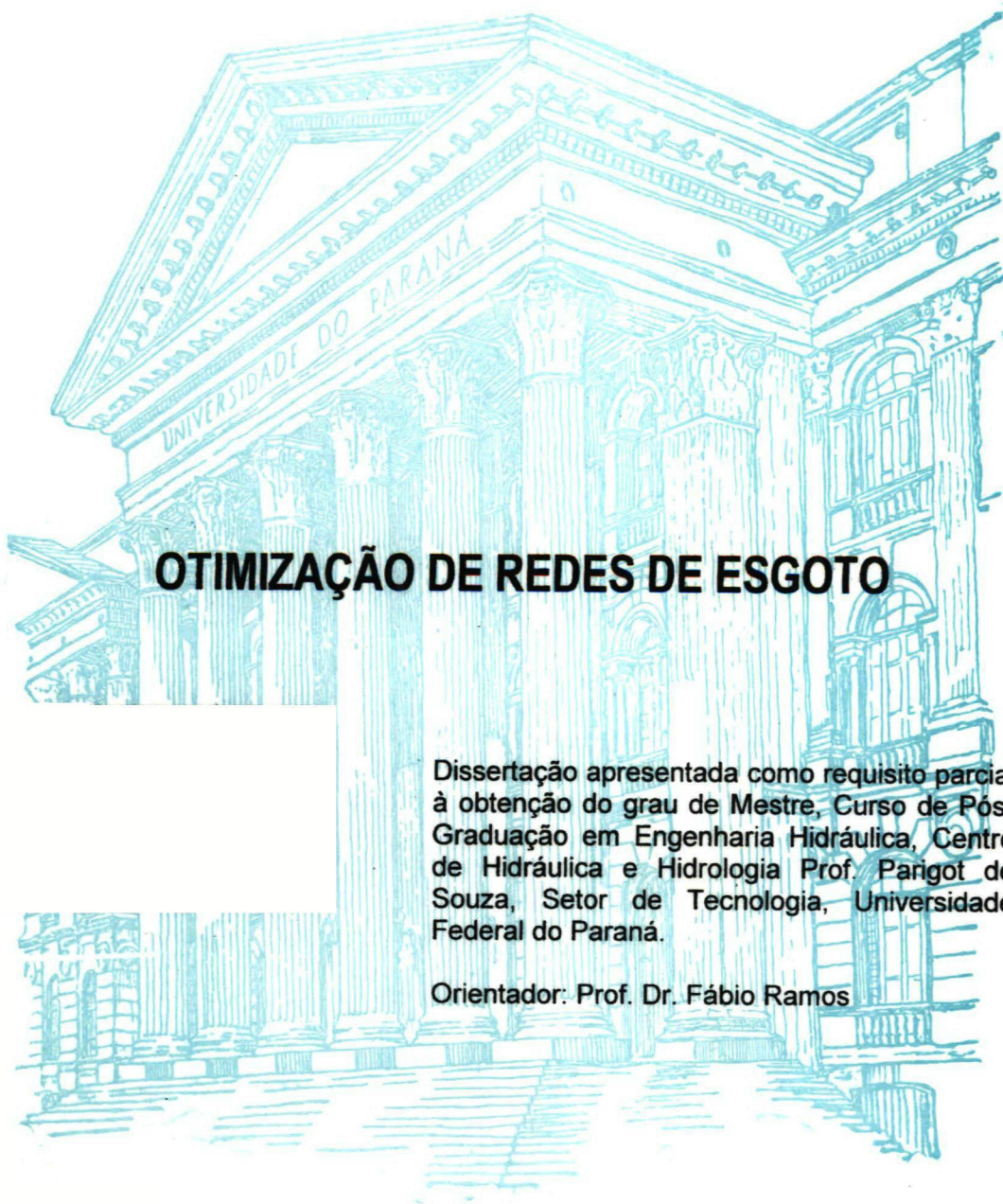


SÔNIA DE PAULA BORBA



OTIMIZAÇÃO DE REDES DE ESGOTO

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica, Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Pangot de Souza, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ramos

**CURITIBA
2000**

SÔNIA DE PAULA BORBA

OTIMIZAÇÃO DE REDES DE ESGOTO

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica, Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ramos

**CURITIBA
2000**

OTIMIZAÇÃO DE REDES DE ESGOTO

por

SÔNIA DE PAULA BORBA

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

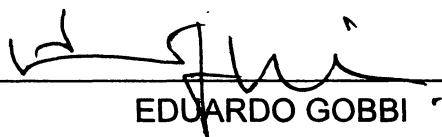
ORIENTADOR:



FÁBIO RAMOS

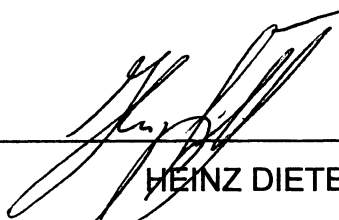
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
(PRESIDENTE)

MEMBROS:



EDUARDO GOBBI

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
(TITULAR)



HEINZ DIETER FILL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
(TITULAR)

Curitiba, 19 de dezembro de 2000.

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Dante B.B. e as minhas filhas Carol e Andy que sustentaram com apoio e carinho a realização desta tarefa.

Aos meus pais Odorico, Suely, Vital e Regina pelo carinho e incentivo.

A DEUS pela vida.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador, professor Dr. Fábio Ramos, pela atenção e apoio na orientação deste trabalho.

Aos Prof. Celso Savelli Gomes, Prof. Eloy Kaviski e Prof. Miguel Mansur Aisse pelo apoio e sugestões.

Aos professores do curso de mestrado, pela oportunidade de convívio e aprimoramento profissional.

A Fundação Nacional de Saúde, pela liberação para a realização deste curso.

Aos colegas de trabalho, pelo apoio e incentivo.

A Sinopsys pela consultoria em informática.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- 2.1. Perfil de dois trechos de rede entre poços de visita.
- 2.2. Rede exemplo.
- 2.3. Comparação dos métodos
- 2.4. Seção circular do tubo.
- 3.1. Representação do esforço tangencial do tubo.
- 3.2. Tensão trativa crítica
- 3.3. Representação da programação dinâmica.
- 3.4. Representação matemática da P.D.
- 3.5. Representação de estágios e estados.
- 3.6. Limites do coletor.
- 3.7. Grafos dirigido e não dirigidos.
- 3.8. Lista de adjacências para G1.
- 3.9. Lista de adjacências para G2.
- 3.10. Lista de adjacências inversa.
- 3.11. Multilista de adjacências.
- 5.1. Algoritmo da Programação Dinâmica.
- 5.2. Algoritmo de grafos.
- 5.3. Rede Simples.
- 5.4. Lista de adjacências da rede simples.
- 5.5. Tela inicial do programa.
- 5.6. Inserção dos dados para o dimensionamento da rede.
- 5.7. Cadastro da rede.
- 5.8. Tela de inserção dos custos unitários.

- 5.9.Tela de dimensionamento da rede.
- 5.10.Resultado do dimensionamento.
- 6.1.Lista de adjacências do estudo de caso.
- 6.2.Tabela de preços
- 6.3.Condições topográficas para o caminhamento da rede.
- 6.4.Resultado da rede otimizada – opção 1
- 6.5.Resultado da rede otimizada – opção 2
- 6.6.Resultado da rede otimizada – opção 3
- 6.7. Dados da cidade de Jaguariaíva.

Sumário

Lista de Ilustrações	v
Resumo	x
Abstrat	xi
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	4
2.1. Introdução.....	4
2.2. Utilização da Aproximação Heurística.....	4
2.3 – Minimização de Custos Através da Programação Linear.....	7
2.4 – Otimização Utilizando Programação Dinâmica.....	9
2.5 – Grafos para Projetos de Esgoto Sanitário.....	12
3. Metodologia	14
3.1 – Critérios de Projetos.....	14
3.1.1 – População da área de projeto.....	14
3.1.2 – Contribuição per capita.....	15
3.1.3 – Coeficientes de variação de vazão.....	16
3.1.4 – Infiltrações.....	17
3.1.5 – Despejos Industriais.....	18
3.1.6 –Cálculo de Vazões.....	20
3.1.7 –Determinação de Coeficientes para Cálculo das Redes.....	22

3.1.8 – Critérios de Tensão de Arraste para os Coletores de Esgotos.....	23
3.2 – Critérios de Dimensionamento Hidráulico.....	25
3.2.1 – Vazão Mínima.....	26
3.2.2 – Diâmetro Mínimo.....	26
3.2.3 – Declividade Mínima.....	26
3.2.4 – Declividade Máxima.....	26
3.2.5 – Lâmina Mínima.....	27
3.2.6 – Lâmina Máxima.....	27
3.2.7 – Considerações e Recomendações de Norma.....	27
3.3 – Programação Dinâmica.....	28
3.3.1 – Descrição Matemática.....	28
3.3.2 – Termos Utilizados pela PD.....	29
3.3.3 – Aplicação nos Sistemas de Esgoto.....	30
3.4. Conceituação e Formas de Apresentação de Estruturas do Tipo Grafos.....	33
3.4.1 – Conceitos.....	33
3.4.2 – Representações de Grafos.....	35
3.4.3 – Matrizes de Adjacências.....	35
3.4.4 – Listas de Adjacências.....	36
3.4.5 – Multilista de Adjacências.....	37
3.4.6 – Grafo Orientado Acíclico.....	38
4. Critérios para o Programa.....	39
4.1.- Custos de manutenção.....	39
4.2.- Custo de Construção.....	40
4.3.- Identificação do Processo de Otimização.....	41

4.4.- Diâmetro x Profundidade.....	41
4.5. – Custos de Projeto.....	42
5. Desenvolvimento do programa.....	44
5.1.Programação Dinâmica-Algoritmo.....	44
5.2.Descrição do algoritmo da PD.....	45
5.3.Grafos-Algoritmo.....	47
5.4.Descrição do algoritmo Grafos.....	48
5.5.Descrição do programa.....	48
5.6. Apresentação do Software	51
6. Estudo de caso – aplicação.....	57
6.1. Exemplo Ilustrativo Simulado.....	57
6.2. Estudo de Caso – Aplicação em Projeto Existente.....	64
7. Conclusões e recomendações.....	66
8. Referência Bibliográfica.....	67
9. Anexos.....	70
9.1. Listagem do Programa	
9.2. Dimensionamento da Rede Existente	
9.3. Dimensionamento Grafos	
9.4. Planta da Rede Existente	
9.5. Planta das Possibilidades Grafos	

RESUMO

Nenhum país será de fato desenvolvido se não der ao saneamento e ao meio ambiente o tratamento prioritário que os dois setores exigem. Sanear é garantir uma população saudável. Cuidar do meio ambiente é preservar a própria vida.

No desenvolvimento desse trabalho, enfatizou-se a importância da revisão de parâmetros hidráulicos e a aplicação de técnicas para o desenvolvimento dos projetos de Sistemas de Esgoto Sanitário, considerando os aspectos econômicos.

A otimização do traçado, em consonância com a otimização dos trechos da rede, segundo declividade e diâmetro dos tubos, foi obtida através do uso da teoria dos grafos, juntamente com técnicas de programação dinâmica.

O programa foi avaliado em projetos existentes, em regiões de maior concentração de vazão para as quais os resultados da otimização são mais significativos.

ABSTRAT

No country can truly claim to be developed unless it addresses sanitation and the environment as the top priorities these two sectors should be. Sanitation is the guarantee for a healthy population. Taking care of the environment is preserving life.

This dissertation focuses on the importance which should be given to the revision of hydraulic parameters and the implementation of techniques for developing Sanitary Sewer Systems, taking into account the economic aspects of the operation.

The optimization of the layout in harmony with the optimization of the existing sections of the network, according to the declivity and the diameter of the tubes, was achieved by using the graph theory as well as techniques of dynamic programming.

The evaluation of this program was carried out through a fictitious sample network: all the sections underwent a constant sewage flow, without any contribution along the way, as compared to the other two layout options which were manually drawn using traditional methods.

A case study was carried out as well in the town of Jaguariaiva, in the state of Parana, using an already existing network project. This region has a bigger concentration of sewage flow which means that the results of the optimization are more significant.

1. Introdução

As questões relativas à conservação ambiental, ocupam, nos dias atuais uma significativa parcela dos investimentos e esforços de todos os segmentos da atividade econômica mundial.

O Brasil, ainda precisa melhorar muito a oferta e a qualidade dos serviços de saneamento, no sentido de assegurar um atendimento equânime a toda a população. Ainda hoje, pelo menos 15 milhões de pessoas não têm acesso à água limpa e tratada, sendo exemplos contundentes dessa situação, as enfermidades de origem hídrica que atingem a população.

Também é crítica a situação da infra-estrutura dos serviços de esgotamento sanitário: 9,7 milhões de domicílios urbanos brasileiros, cerca de 39 milhões de pessoas, não têm acesso a um serviço adequado de esgoto, sendo que 80% do esgoto coletado não passa por nenhum tipo de tratamento. A quase totalidade do esgoto produzido é despejado “in natura” nos cursos de água, no mar ou no solo, sendo uma das principais causas da insalubridade da água e da morbidade e mortalidade precoce que afetam a população.

Evitar a poluição das águas de superfície e das águas subterrâneas e proteger a saúde pública, são alguns dos objetivos que tornam inquestionáveis a importância sanitária e ambiental atribuída aos sistemas de esgotos sanitários.

Um sistema de redes de esgoto, por mais que completamente adequado às necessidades, instalado e em perfeito funcionamento, ainda assim é uma obra invisível aos olhos da comunidade e do poder público em geral, fato que ofusca sua real importância, tornando-o indevidamente subestimado.

Projetos de rede de esgotos sanitários, assim como qualquer outro projeto de engenharia, compreendem vários estágios de desenvolvimento e a integração de diferentes áreas de conhecimento no sentido de se conseguir projetos bem concebidos e eficazmente executados. Os escassos recursos financeiros alocados pelos órgãos públicos, juntamente com o alto custo inicial necessários à implantação ou ampliação de sistemas de esgotos cujo custo médio atual per-capita, no Brasil fica compreendido entre U\$25 e U\$50, indicam a necessidade de se fazer um estudo econômico como primeira etapa, objetivando a otimização das redes e permitindo uma aplicação racional dos recursos financeiros.

Deve-se levar em consideração ainda a difícil situação que as cidades brasileiras enfrentam para amortizar os investimentos nos sistemas de esgotos.

Considerando-se que nos Sistemas de Esgotos, uma parcela de aproximadamente $\frac{3}{4}$ do custo total se refere aos projetos de implantação das redes coletoras Lawrance (11), mostra que otimizar os custos das redes é uma das formas de se estender esses benefícios às comunidades.

A redução dos custos se consegue também pela seleção de processos econômicos para serviços tais como assentamento dos coletores, escavação, escoramento e aterro de valas.

No entanto, na fase de dimensionamento das redes, onde são definidos parâmetros de fundamental importância na composição dos custos das mesmas, como profundidade de valas e diâmetros de coletores, de modo geral, pouca atenção é dada à determinação de redes econômicas.

O longo e demorado trabalho repetitivo que era o dimensionamento de redes pelo processo convencional gerava a acomodação dos projetistas e a

consequente estagnação do processo de dimensionamento de redes de esgotos por vários anos. Com a chegada dos computadores eletrônicos, houve uma mudança radical nos processos de dimensionamento de redes.

Inicialmente, a aplicação dos computadores ao processo de dimensionamento de redes reduziu sensivelmente o trabalho requerido dos projetistas, os quais passaram a fazer uso do tempo na análise de dados e resultados, fornecendo mais possibilidades de traçados alternativos; e não apenas traçados mas, também fornecendo para cada trecho coletor o “par ótimo” de diâmetro e profundidade.

Muitas aplicações, cada vez mais eficientes, a todo momento são desenvolvidas, de modo a acompanhar a evolução tecnológica.

O presente estudo tem como objetivo a obtenção de soluções econômicas para os sistemas de esgotos sanitários.

O método é baseado no desenvolvimento de um modelo computacional em linguagem Delphi, aplicável a problemas reais, de qualquer configuração topográfica e qualquer dimensão, procurando otimizar traçado e perfis dos coletores através de métodos matemáticos como a aplicação de grafos na otimização dos traçados e o uso da programação dinâmica na escolha do melhor perfil.

2. Revisão de Literatura

2.1 Introdução:

A utilização da técnica para o desenvolvimento dos projetos de engenharia, visando a obtenção de resultados mais precisos, confiáveis e com menor custo é uma necessidade constante.

Dentro do objetivo deste estudo em estabelecer métodos de otimização para um projeto de esgoto sanitário, apresenta-se a seguir uma revisão sucinta dos trabalhos que deram os subsídios básicos ao desenvolvimento desta pesquisa e nos forneceram uma idéia sobre a importância desse tema.

As recomendações práticas sobre a elaboração, execução e manutenção de projetos de redes de esgotos minimizando os custos fazem parte dos trabalhos apresentados por Azevedo Netto (3) e Lawrance (11).

A maior parte dos trabalhos já desenvolvidos nesta área, pesquisa sobre vários traçados de alternativas pré-concebidas pelos projetistas e que, através de métodos de heurística, programação linear, programação dinâmica ou grafos definem o menor custo para a rede coletora.

2.2 Utilização da Aproximação Heurística

Charalambaus e Elimar (4) fizeram um estudo de aproximação heurística para projeto de redes coletoras de esgoto onde podem ser introduzidas estações elevatórias e com o uso de diâmetros comerciais. Nesse trabalho a heurística prevê um bom e lógico projeto para redes de esgoto, não o ótimo.

A condição necessária e suficiente para se determinar a posição da estação elevatória é apresentada em um teorema. Baseado neste resultado

teórico, o algoritmo é desenvolvido utilizando Manning ou a equação hidráulica modificada de Hazen-Williams. A proposta do algoritmo através da heurística é validada e ilustrada através de vários exemplos hipotéticos e dois casos reais.

Os princípios técnicos e hidráulicos tanto quanto os custos da rede de esgotos podem ser incorporados em uma programação matemática. O modelo consiste numa função objetivo que inclui o custo do tubo, material, escavação, poços de visita e outras restrições.

Na função objetivo, o custo total da rede é obtida por:

$$Cr = \sum_{i=1}^{NL} [(\text{custo do tubo para o trecho } i) + (\text{custo do } PV_i)] \quad (2.1)$$

Onde NL é o número de PVs.

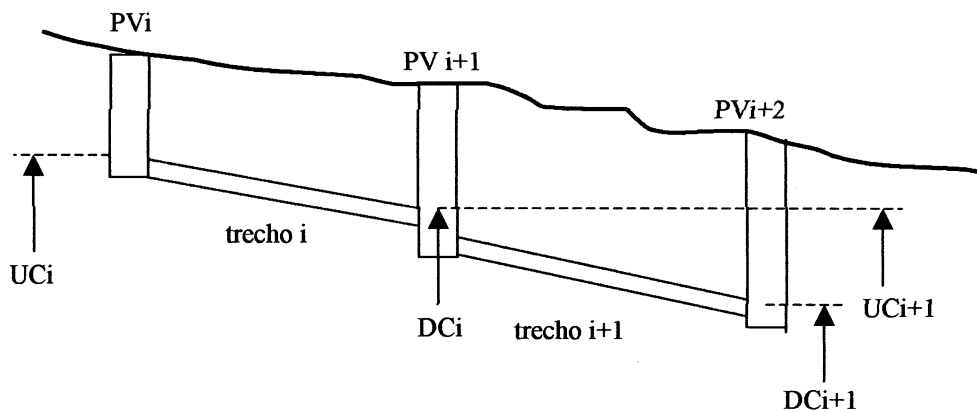


Figura 2.1 – Perfil de dois trechos de rede entre os PV's

$$Cr = \sum \left(\left\{ \frac{C_{p1} + C_{p2}D_i + C_{p3}[(GL_i + GL_{i+1}) - (UC_i + DC_i - 2D_i)]}{2} \right\} \times L_i \right) + [C_{m1} + C_{m2}D_i + C_{m3}(GL_i - UC_i + D_i)] \quad (2.2)$$

.Onde:

Di = diâmetro do tubo do trecho i

UCi = profundidade do trecho i à montante

DCi = profundidade do trecho i à jusante

GLi = cota do terreno à montante do trecho i

Os coeficientes de custo $C_{p1}, C_{p2}, C_{p3}, C_{m1}, C_{m2}$ e C_{m3} são determinados usando equações de regressão.

Charalambous e Elimar (4) aplicaram esse modelo a uma rede de esgoto real. Verificou-se que o problema de programação matemática torna-se muito grande, consumindo um considerável tempo computacional e grande espaço de memória. Para grandes redes só seria possível resolver o problema diretamente utilizando computadores potentes o que era inacessível a maior parte dos projetistas.

No mesmo ano Elimam Charalambous e Ghobrial (8) apresentaram outro estudo denominado Optimum Design of Large Sewer Networks utilizando a programação linear, com discretização de diâmetro através da aproximação heurística para um projeto ótimo para grandes redes de esgoto por gravidade.

O modelo matemático contém uma função convexa não linear relacionando diâmetro do tubo com declividade que é aproximada por segmentos lineares. Esta aproximação usa o modelo hidráulico modificado de Hazen-Williams para a condição de tubo parcialmente cheio e utiliza a expressão universal para determinar o coeficiente de rugosidade. A função de custo, também incorporada à função objetivo, inclui o material do tubo, o custo de escavação e instalação e o custo do poço de visita.

O uso combinado da programação linear com a aproximação heurística, que é o método de solução de problemas que embora não rigorosos, refletem o conhecimento humano e permitem obter-se uma solução satisfatória, com interface gráfica apresenta considerável flexibilidade para se analisar grandes redes coletoras em pouco tempo, isto permite ao projetista a possibilidade de

diversas tentativas, considerando-se outras propostas hidráulicas, inclusive considerar fatores externos como a necessidade de estações elevatórias.

Deshler, D. P., desenvolveu para microcomputadores Apple 2, um programa de heurística na tentativa de encontrar o projeto ótimo para redes onde leva em conta velocidades, profundidades e declividades dos tubos. Cita que o método de se projetar sistemas de esgoto evoluiu muito pouco num espaço de 50 anos e que a engenharia do aço ainda se utilizava de réguas de cálculo especiais em larga extensão na seleção de declividades de tubos, diâmetros e alinhamentos. Aponta como desvantagem o fato do diâmetro ser considerado como variável contínua.

2.3. Minimização de Custos Através da Programação Linear.

Dajani e Hasit (7) em seu artigo "Capital Cost Minimization of Drainage Networks" citam as muitas tentativas feitas em busca da redução dos custos de investimentos nos projetos de rede coletora de esgotos.

A metodologia também está baseada no estudo econômico visando a escolha de profundidade de escavação x diâmetro, usando técnicas de regressão linear para otimização. O menor custo pode ser estimado baseado na equação:

$$C = a + bD^2 + cX^2 \quad \text{onde;} \quad (2.3)$$

C = custo do sistema em U\$/pés;

D = diâmetro nominal do tubo de esgoto em pés,

X = profundidade média de escavação;

a, b, c = coeficientes de regressão.

Três alternativas foram formuladas para resolver o problema apresentado. Todas as sugestões são baseadas na programação linear simples para selecionar um diâmetro combinado com a profundidade média de escavação em um *layout* pré-fixado. A primeira formulação assume escoamento em conduto pleno e tamanho de tubo contínuo usando variação de separação convexa da programação linear, a segunda formulação mantém escoamento com tubo cheio e assume os diâmetros comerciais disponíveis e a terceira formulação assume escoamento parcial e discretização do diâmetro. Estas últimas duas usam modelos de programação de separação convexa mista.

Os métodos foram testados em uma rede exemplo com sete trechos e comparados relacionando a diminuição dos custos e o tempo computacional requerido.

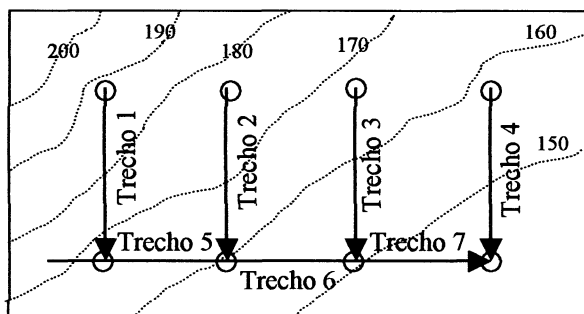


Figura 2.2 - Rede exemplo.

Trecho	Comprim	Q(m ³ /s)	Separação Convexa		Inteira Mista			
			Tubo cheio/∅ contínuo		T.cheio/∅comercial		T.parcial/∅comercial	
			∅(cm)	Custo (U\$)	∅(cm)	Custo (U\$)	∅(cm)	Custo (U\$)
1	402,60	0,015	21,31	3.453	20	4.821	25	4.274
2	402,60	0,015	21,31	3.453	20	4.821	25	4.274
3	402,60	0,015	22,86	3.598	25	5.410	30	4.749
4	402,60	0,015	22,45	3.559	25	5906	30	4.469
5	212,00	0,020	26,01	2.067	30	3511	25	2.120
6	211,98	0,038	33,81	2.590	38	4440	38	3.310
7	215,02	0,055	33,91	2.635	45	4558	38	3.246
Custo Total			21.355,00		33.467,00		26.442,00	
Tempo requerido			18 s		40 s		78 s	

Tabela 2.3 – Comparação dos métodos – custos x tempo computacional

O mais baixo custo e também o menor tempo de processamento foram obtidos no primeiro modelo, que é somente teórico pois os diâmetros não são comerciais.

No segundo método o menor custo ficou quase 60% acima do primeiro devido à restrição de diâmetros comercialmente existentes. Considerar-se-á como ótima a terceira opção para a qual as condições são reais e com um custo 25% acima da primeira.

2.4. Otimização Utilizando Programação Dinâmica.

Merritt e Bogan (14) desenvolveram um programa computacional incorporando a otimização por programação dinâmica para identificar a solução de projeto com menor custo para um *layout* de esgoto pré-existente.

Vários modelos hidráulicos que poderiam ser usados no desenvolvimento do programa, são especificados no modelo, o máximo e mínimo limites hidráulicamente possíveis para as declividades em função da razão das vazões, limites de velocidade, fator de arraste e diâmetro dos tubos. A declividade usada como solução viável é a definida pela limitação de declividade mínima e máxima atendendo aos fatores físicos impostos ao trecho.

Dois modelos hidráulicos podem ser incorporados ao projeto:

(1) A equação de Manning convencional em que os limites hidráulicos de declividade são considerados pelo escoamento em tubo cheio sem se importar com a profundidade do escoamento real.

(2)A equação de Manning em que a especificação de máxima e mínima

velocidades são encontradas com a profundidade atual em razão da máxima e mínima vazões.

Na programação dinâmica, os PVs são os estágios; as variáveis de estado são: o diâmetro do tubo, a profundidade e o custo acumulativo no nó; as variáveis de decisão são: o diâmetro dos tubos e a exigência da profundidade no PV; a transformação entre os estágios é dada pelo modelo hidráulico.

Walsh e Brown (21) também utilizaram as técnicas de programação dinâmica para desenvolver o "Least Cost Method for Sewer Design". Apresentaram um método computadorizado de projetos de esgoto onde é obedecido o recobrimento mínimo, a profundidade crítica e as velocidades mínima e máxima para estabelecer a região possível de solução para cada tubo. O problema trata da integração de cada tubo do sistema coletor como um processo de decisão seqüencial resolvido pela programação dinâmica.

O principal inconveniente de todos os procedimentos mencionados é a identificação de uma função de custo simples para descrever a relação entre volume de escavação e custo de construção. Uma aproximação apurada deve ser feita para o custo unitário das diferentes condições de escavação, tubos, poços de visita e retirada e reposição de pavimentação para serem inseridos no computador. Estes valores podem ser mudados e, por conseguinte, podem refletir as particularidades de cada projeto de esgoto.

Argaman et al (1) em 1973 apresentaram estudos onde a otimização de redes de esgoto pode ser dividida em dois aspectos: otimização de *layout* e otimização do projeto (diâmetros, elevações e declividades) para o *layout* fixado.

Foram feitas algumas considerações hidráulicas para facilitar a solução e as redes de esgoto foram consideradas como canais abertos capazes de acomodar a vazão de pico. Foi utilizada a fórmula de Manning para tubos fechados, para determinação da vazão, e a velocidade foi obtida pela equação da continuidade. A rede é considerada em forma de árvore, sem “*looping*” e com o ponto final bem definido.

A solução é obtida por Programação Dinâmica onde as variáveis de decisão são as direções de drenagem para todos os nós e as profundidades de montante e jusante. Os diâmetros dos tubos são também variáveis de decisão que dependem diretamente das profundidades e direção de drenagem.

A solução procede em estágios, neste caso de uma linha até a próxima. A equação recursiva para otimização entre linhas de drenagem pode se considerada como:

$$F_{n+1}^*(H^{n+1}) = \min_{H^n} \{F_n^*(H^n) + \sum \min_{H_i} [f_i^*(H_i, H^{n+1}, T(i, n+1))]\} \quad (2.4)$$

Onde:

F_n^* = custo ótimo da rede e depende somente das elevações H

H = Profundidade do poço de visita.

n = número do poço de visita

O modelo computacional elaborado por Argaman et al (1), foi testado em redes reais, concluindo que o modelo pode ser aplicado com sucesso em redes pequenas. Para o caso de grandes redes, os autores sugerem que as mesmas sejam subdivididas em outras menores.

2.5. Grafos para Projetos de Esgotos Sanitários

Swarna e Modak (19) publicaram o artigo “Graphs For Hydraulic Design of Sanitary Sewers”, onde os autores relatam sua pesquisa em grafos, baseada no conceito de grupo de diâmetros viáveis para um rápido projeto de redes de esgotos sanitários. Estes foram desenvolvidos levando-se em conta critérios hidráulicos como escoamento pleno e melhor seção transversal hidráulica, atendendo a velocidade e a profundidade parcial do escoamento.

Na aplicação de grafos, considera-se que a rede de esgoto consiste de poços de visitas e tubos; e, em semelhança ao conceito de redes de descarga em nós, o esgoto é transportado a um nó final via um sistema de tubos. Projetos reais de redes de esgoto envolvem a seleção apropriada de um diâmetro do tubo em combinação com a declividade para todos os trechos; assim, o esgoto pode ser transportado sem violação das limitações específicas hidráulicas.

Para as condições de escoamento parcial considera-se um tirante máximo, de $0,81 \times$ diâmetro para determinação das constantes C1, C2 e C3 através das equações definidas a seguir:

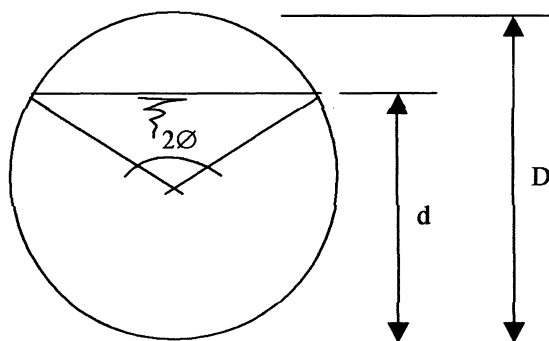


Fig. 2.4. – Seção circular do tubo.

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{2\left(\frac{d}{D}\right) - 1}{2} \right] \quad (2.5)$$

$$C_2 = \frac{1}{4} \left[\pi \left(1 - \frac{\theta}{180} \right) + \left[\pi \left(\frac{\sin 2\theta}{2} \right) \right] \right] \quad (2.6)$$

$$C_1 = \frac{C_2}{\left(\frac{1 - \theta}{180} \right) \pi} \quad (2.7)$$

$$C_3 = \frac{C_2 \times C_1^{2/3}}{n} \quad (2.8)$$

Portanto, para qualquer relação d/D utilizada, chega-se às constantes C1, C2 e C3, na busca da melhor seção hidráulica para várias condições de declividade.

3. Metodologia

3.1. Critérios de projeto.

Em nosso país, os sistemas públicos de esgoto são em geral projetados considerando-se o sistema separador absoluto, tendo acesso à rede coletora os seguintes tipos de líquidos residuários: esgoto doméstico, águas de infiltração e resíduos líquidos industriais.

O esgoto doméstico é um despejo líquido resultante do uso da água pelo homem em seus hábitos higiênicos e necessidades fisiológicas.

A contribuição de esgoto doméstico depende da população, da área de projeto, contribuição per capita, coeficiente esgoto/água e coeficientes de variação de vazão.

3.1.1. População da Área de Projeto

Como os sistemas de esgotos sanitários são normalmente projetados para um determinado período, há a necessidade de se fazer um estudo de previsão populacional da área a ser atendida pelo projeto.

Vários processos podem ser utilizados em estudos de previsão populacional, tais como: aritmético; geométrico; comparação; extrapolação gráfica; curva logística; regressão; etc...

Qualquer que seja o modelo matemático utilizado na previsão populacional, este deve ser verificado periodicamente e ajustado às informações mais recentes.

Os fatores que afetam o crescimento de uma cidade, principalmente nos países em desenvolvimento, apresentam características de instabilidade que tornam duvidosas as previsões a longo prazo.

Para a elaboração de projetos de esgoto sanitários é indispensável o conhecimento de como a população se distribui na área, com previsão para uma distribuição futura.

As previsões de densidade demográficas são feitas mediante aplicação dos métodos gerais de previsão populacional, em cada uma das áreas parciais em que a cidade se divide . Estas áreas parciais são delimitadas em função dos fatores que governam a intensidade de ocupação da área urbana, tais como: condições topográficas, facilidades de expansão da área urbana, preços de terrenos, planos urbanísticos, zoneamento, facilidades de transporte e comunicações, existência de serviços de água , de esgotos e águas pluviais, etc...

Como as redes de esgotos são normalmente projetadas para uma população de saturação, as densidades de saturação das áreas podem ser definidas pela lei de zoneamento da cidade, caso exista.

3.1.2 Contribuição per capita

A contribuição de esgotos depende normalmente do abastecimento de água, havendo, portanto, nítida correlação entre o consumo de água e a contribuição para a rede de esgotos.

Tradicionalmente em nosso país utiliza-se o consumo per capita de projetos de sistemas de abastecimento de água para se projetar o sistema de esgotos. Para o projeto de sistemas de abastecimento de água, adota-se o consumo per-capita para satisfazer ao consumo doméstico, ao consumo comercial, ao consumo das indústrias que não utilizam água em seus processamentos, ao consumo público e às perdas.

Com a implantação de medidores para o combate de perdas em sistemas de abastecimento de água, tem-se concluído que as perdas são elevadas, chegando a 50%. Assim sendo, para o dimensionamento do sistema de esgotos deve ser utilizado o consumo de água efetivo per capita.

A contribuição per capita de esgoto é o consumo efetivo per capita de água multiplicado pelo coeficiente de retorno.

O coeficiente de retorno é a relação entre volume de esgotos recebido na rede de esgoto e o volume de água efetivamente fornecido à população. Do total de água consumida, somente uma parcela retorna ao esgoto, sendo que o restante é utilizado para lavagem de carros, lavagem de calçadas e ruas, rega de jardins e parques públicos, etc., De modo geral, o coeficiente de retorno situa-se na faixa de 0,6 a 0,9, dependendo das condições locais.

3.1.3 Coeficientes de variação de vazão

Conhecida a população, a contribuição per capita e o coeficiente de retorno, pode-se calcular a vazão média de esgoto. Entretanto, essa vazão não é distribuída uniformemente ao longo dos dias.

A vazão de esgoto varia com as horas do dia, com os dias, meses e estações do ano, dependendo de muitos fatores, entre os quais, a temperatura e a precipitação atmosférica.

Para os projetos dos sistemas de esgotos sanitários são importantes os seguintes coeficientes:

- K1 coeficiente de máxima vazão diária: é a relação entre o maior consumo diário verificado no ano e a vazão média diária anual;

valores obtidos através de medições, a PNB-567 da ABNT recomenda o uso de $K1=1,2$; $K2=1,5$ e $K3=0,5$.

3.1.4 Infiltrações

As contribuições indesejadas nas redes de esgoto podem ser originárias do subsolo, genericamente designadas como infiltrações, ou podem advir do encaminhamento acidental ou clandestino de águas pluviais.

Embora a rede sempre sofra a ação dessas contribuições, a PNB-567 da ABNT recomenda que apenas a infiltração seja considerada na elaboração dos projetos hidráulico – sanitários das redes coletoras de esgotos. Quanto às contribuições de águas pluviais, segundo a PNB-568 da ABNT, devem ser consideradas apenas para o dimensionamento dos extravasores dos interceptores de esgoto.

As águas pluviais não devem chegar aos coletores de sistemas separadores absolutos; entretanto, sempre chegam, não somente devido aos defeitos das instalações, mas devido às ligações clandestinas. Para seu controle, deve ser realizada uma fiscalização efetiva e vigilância constante do sistema coletor de esgotos.

As contribuições devido as infiltrações incluem:

- K3 coeficiente de mínima vazão horária: é a relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

Para determinar os coeficientes de máxima vazão de esgoto na falta de

- K2 coeficiente de máxima vazão horária: é a relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia;

- Águas que penetram nas tubulações através das juntas
- Águas que penetram nas canalizações através de infiltrações das paredes dos condutos;
- Águas que penetram no sistema através das estruturas dos poços de visita, tubos de inspeção e limpeza, caixas de passagem, estações elevatórias, etc...

As taxas de infiltração nas redes de esgoto dependem dos materiais empregados, do assentamento das tubulações, bem como das características do solo, nível do lençol freático, tipo de solo, permeabilidade etc. Nas áreas litorâneas com lençol freático à pequena profundidade e terrenos arenosos, as condições são mais propícias à infiltração. Em contraposição, nas regiões altas com lençol freático mais profundo e em solos argilosos, a infiltração tende a ser menor. Raramente são feitas investigações para determinar os coeficientes de infiltração no Brasil.

A norma PNB-567 da ABNT, no que se refere ao coeficiente de infiltração, diz o seguinte : “TI, taxa de contribuição de infiltração, depende de condições locais tais como: N.A. do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizado. O valor entre 0,05 a 1,0 l/s.km adotado deve ser justificado”.

3.1.4. Despejos industriais:

Ao se projetar um sistema de esgotos sanitários, é necessário o prévio conhecimento das indústrias contribuintes, o número de indústrias, seu porte e suas características. O esgotamento dos afluentes industriais deve ser feito,

sempre que possível pela rede pública, desde que precedido de cuidados no que se refere à qualidade e quantidade dos afluentes.

Em cada caso deverá ser estudada a natureza dos efluentes industriais para verificar se esses resíduos podem ser lançados “in natura” na rede de esgotos, ou se há necessidade de um pré tratamento. Não se deve permitir o lançamento de esgotos no coletor público, que :

- Sejam nocivos à saúde ou prejudiciais à segurança dos trabalhos da rede;
- Interfiram em qualquer sistema de tratamento
- Obstruam tubulações e equipamentos
- Ataquem as tubulações, afetando a resistência ou durabilidade de suas estruturas;
- Tenham temperaturas elevadas acima de 45°C.

No que se refere à quantidade de despejos, podem ser considerados dois tipos de indústrias:

- as que lançam na rede pública quantidade pequena de resíduos e que, sob o ponto de vista de contribuição à rede, não constituem caso especial .
- as que lançam na rede pública quantidade considerável de despejo, merecendo por parte dos órgãos públicos um estudo especial.

Para o segundo tipo de indústria normalmente os órgãos públicos limitam o valor da vazão máxima de lançamento do efluente na rede de esgotos.

Quando a indústria já se encontra instalada, a estimativa do despejo industrial deve ser realizada através de pesquisa junto ao estabelecimento, inclusive com previsão de vazões futuras. Entretanto, nos casos em que há necessidade de estimar vazões de áreas destinadas às indústrias futuras, na falta

de dados, pode-se admitir valores compreendidos entre 1,15l/s/ha a 2,30l/s/ ha, quando a perspectiva é de implantação de indústrias que utilizam água em seus processos produtivos. Para áreas industriais, onde serão instaladas indústrias que não utilizam quantidade significativas de água em seus processos produtivos, pode-se estimar a contribuição de esgotos em 0,35l/s/ha.

3.1.6 Cálculo das vazões

As vazões nas redes de esgotos podem ser determinadas através dos seguintes critérios: a) quando não existirem medições de vazão utilizáveis no projeto; b) quando existirem hidrogramas utilizáveis no projeto; c) e pelo processo das áreas edificadas.

a) Procedimento quando não existem medições de vazão utilizáveis no projeto.

Para dimensionamento da rede coletora de esgotos devem ser consideradas as seguintes vazões:

-para início de plano :

$$Q_i = K_2 \cdot Q_{mi} + I_i + \sum q_{ci} \quad (3.1)$$

(não inclui K_1 , pois não se refere especificamente ao dia de maior consumo).

-para final de plano :

$$Q_f = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_{mf} + I_f + \sum q_f \quad (3.2)$$

onde:

Q_i = vazão máxima inicial l/s

Q_f = vazão máxima final l/s

K_1 = coeficiente de máxima vazão diária

K_2 = coeficiente de máxima vazão horária

I_i = contribuição de infiltração inicial, l/s

I_f = contribuição de infiltração final, l/s

Q_{ci} = contribuição singular inicial, l/s

Q_{cf} = contribuição singular final, l/s

Q_{mi} = contribuição média inicial de esgoto domiciliar, l/s

Q_{mf} = contribuição média final de esgotos domiciliares l/s

Sendo:

C = coeficiente de retorno

P_i, P_f = população inicial e final (hab.)

a_i, a_f = área esgotada inicial e final (ha)

d_i, d_f = densidade populacional inicial e final (hab/ha)

q_i, q_f = consumo de água efetivo per capita inicial e final. (l/habXdia)

A contribuição singular, ou descarga concentrada geralmente provém de indústrias, hospitais, escolas, quartéis, etc.; e também de áreas de expansão previstas no projeto. Sempre que essas vazões ultrapassam a metade da vazão normal de dimensionamento do trecho, são consideradas descargas concentradas. Esse método tradicional vem sendo adotado para determinar vazões, na grande maioria dos projetos, pela sua simplicidade e, principalmente, pela deficiência de dados que permitam a determinação por outros processos .

b) Procedimento quando existirem hidrogramas utilizáveis no projeto .

Por esse processo as vazões devem ser calculadas através das seguintes equações:

$$\text{Vazão inicial: } Q_i = Q_{i \text{ máx}} + \sum Q_{ci} \quad (3.3)$$

$$\text{Vazão final: } Q_f = Q_{f \text{ máx}} + \sum Q_{cf} \quad (3.4)$$

onde :

$Q_{i \text{ máx}}, Q_{f \text{ máx}}$ = Vazão máxima do hidrograma inicial e final, composto com ordenadas proporcionais as do hidrograma medido

A parcela de vazão inicial $Q_{i \text{ máx}}$ de uma bacia é calculada por :

$$Q_{i \text{ máx}} = Q_i \text{ (esgoto sanitário)} + I_i \text{ (vazão de infiltração)} \quad (3.5)$$

$$Q_{i \text{ máx}} = q_{\text{máx}} \frac{t_c}{t_m} \quad (3.6)$$

onde :

$q_{\text{máx}}$ = vazão máxima do hidrograma medido;

t_c = valor do parâmetro adotado na bacia para a qual se avalia a vazão ;

t_m = valor do parâmetro adotado na bacia cujo hidrograma foi medido.

De modo análogo, deve ser feita a determinação de parcela de vazão final $Q_{f \text{ máx}}$.

O hidrograma medido deve ter sua vazão máxima correlacionada com o parâmetro a ser adotado para as avaliações de vazão de projeto.

Admite-se apenas, o uso de dois parâmetros para essas avaliações :

População presente, verificada por censo, na bacia cujo hidrograma foi medido;

Área total edificada, avaliada com auxílio de planta aerofotogramétrica cadastral.

3.1.7. Determinação de coeficientes para o cálculo das redes

Os coeficientes para o cálculo das redes de esgoto são normalmente referidos à unidade de comprimento dos coletores (metros), ou à unidade de área esgotada (hectare). Para cada área de ocupação homogênea deve ser definido

um determinado coeficiente . Portanto, em uma bacia pode haver mais de um coeficiente de contribuição.

3.1.8. Critério da tensão de arraste para os coletores de esgotos

A PNB567 estipula que, a velocidade média deve ser igual ou superior a 0,5m/s e que a relação de enchimento (h/D) deve ser igual ou superior a 0,2; esta última condição é dispensada caso a velocidade média seja superior a 0,6m/s .

Essa condição tem o objetivo de assegurar a auto-limpeza nos coletores, ou seja, a capacidade do líquido em escoamento arrastar material sólido depositado; é mais racional que as condições acima sejam substituídas por outras relacionadas à tensão de arraste, que é o esforço tangencial exercido pelo líquido sobre o coletor e, portanto, sobre o material depositado no mesmo.

As partículas sólidas são normalmente depositadas nas tubulações de esgoto nas horas de menor contribuição. A tensão trativa crítica é definida como uma tensão mínima necessária para o início do movimento das partículas depositadas nas tubulações de esgoto.

A tensão de arraste, definida como o esforço tangencial unitário transmitido às paredes do coletor pelo líquido em escoamento, tem sua expressão deduzida de forma análoga à da força que age sobre um sólido que desliza sobre um plano inclinado. A força de arraste é a componente tangencial do peso líquido. Considerando a porção do líquido contida num trecho de comprimento L, seu peso é:

$$F = \gamma AL \quad (3.7)$$

Sendo:

γ = peso específico do líquido;

A = área da seção molhada

A sua componente tangencial é:

$$T = F \text{ sen } \alpha = \gamma A L \text{ sen } \alpha \quad (3.8)$$

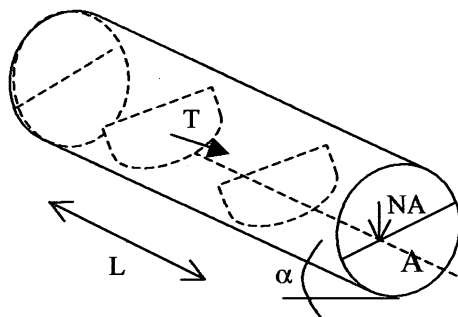


Fig. 3.1 – Representação do esforço tangencial no tubo.

O esforço tangencial unitário é:

$$\sigma = \frac{\gamma A L \text{ sen } \alpha}{P L} \quad (3.9)$$

sendo:

P = perímetro molhado, resultando:

$$\sigma = \gamma R \text{ sen } \alpha \quad (3.10)$$

R = raio hidráulico.

Como α é suficientemente pequeno para que se possa confundir o seno com a tangente, pode-se escrever:

$$\sigma = \gamma R I \quad (3.11)$$

A tensão de arraste é, portanto, função do peso específico do esgoto, do raio hidráulico e da declividade do coletor.

Seu valor é normalmente determinado através de pesquisas em campo, ou em laboratório, pois depende do peso específico da partícula e do líquido, das dimensões da partícula e da viscosidade do líquido.

A tabela a seguir (segundo alguns autores) apresenta a tensão trativa crítica a ser utilizada no dimensionamento das tubulações de esgoto.

TENSÃO TRATIVA CRÍTICA		
AUTOR	Kgf/m ²	Pa
Gustafson	0,10 a 0,15	1,0 a 1,5
Schultz	0,15 a 0,20	1,5 a 2,0
Lynse	0,20 a 0,39	2,0 a 3,9
Paintal	0,39	3,9
Yao	0,10 a 0,20	1,0 a 2,0

Tabela 3.2 - *Fonte: Sistema de Esgotos Sanitários - Pedro Além Sobr e Milton Tomoyuki Tsutiya

Como observado, a maioria das pesquisas indica valores variando entre 1,0 e 2,0 Pa. Em 1983, a SABESP passou a recomendar que os coletores de esgoto fossem dimensionados para atender a seguinte situação:

$$\sigma = 1000 Rh I \geq 1,0 \text{ Pa} \quad (3.12)$$

$$\text{com declividade mínima} \Rightarrow I_{\min} = 0,0055Q_i^{-0,47} \quad (3.13)$$

onde: I_{\min} é a declividade mínima em m/m e Q_i a vazão inicial em l/s.

Esta condição passou a ser preconizada pela PNB-567, cuja revisão foi concluída em 1985 e é atualmente utilizada para os projetos de esgoto. Esses valores citados correspondem a n (de Manning) igual a 0,013, que é para tubos cerâmicos. Neste trabalho recomenda-se a utilização de valores diferenciados para as tubulações de PVC onde o n (de Manning) é igual a 0,010.

3.2. Critérios de Dimensionamento Hidráulico.

O dimensionamento hidráulico aqui considerado é baseado na PNB-567 da ABNT revisada em 1986 – NBR 9649 que fixa as condições exigíveis na elaboração de projetos hidráulico – sanitários de redes coletoras de esgoto

sanitário, funcionando em lâmina livre, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário.

3.2.1 Vazão Mínima

Quando não há dados pesquisados e comprovados, com validade estatística, o menor valor de vazão a ser considerado deve ser, por norma, 1,5 l/s em qualquer trecho.

3.2.2. Diâmetro Mínimo

Os diâmetros a serem empregados devem ser os previstos nas normas e especificações brasileiras relativas aos materiais, o menor diâmetro não deve ser inferior a DN 150mm.

3.2.3. Declividade Mínima

A declividade mínima deverá proporcionar uma tensão trativa média não inferior a 1,0 Pa para tubos com coeficiente de Manning $n=0,013$, satisfazendo a equação para a vazão de início de plano:

$$I_{\min}=0,0055 Q_i^{-0,47} \quad (3.14)$$

3.2.4. Declividade Máxima

O uso da declividade máxima admissível é necessária para que se tenha uma velocidade em fim de plano não superior a 5m/s e, para $n=0,013$ tal declividade pode ser obtida por:

$$I_{\text{máx}} = 4,55 \times Q_f^{-2/3} \quad (Q_f \text{ em l/s}) \quad (3.15)$$

3.2.5. Lâmina Mínima

Pelo critério da tensão trativa ocorre auto limpeza nas tubulações desde que pelo menos uma vez por dia se atinja uma tensão trativa adequada (qualquer que seja a altura da lâmina, ainda que o recomendável para lâmina mínima seja 20% do diâmetro da tubulação).

3.2.6. Lâmina Máxima

As lâminas de água devem ser sempre calculadas admitindo-se o escoamento em regime permanente e uniforme, sendo o seu valor máximo, para vazão final (Q_f) igual ou inferior a 75% do diâmetro do coletor.

3.2.7. Considerações e recomendações da norma que foram obedecidas:

- Adotar como sistema de coleta, o sistema separador absoluto, explorando ao máximo a força da gravidade oferecida pela topografia do terreno de projeto.
- Admitir para cada poço de visita apenas um coletor efluente.
- Estimar vazões de início e fim de projeto Q_i e Q_f a jusante de cada trecho. Se inferiores a 1,5 l/s, devem ser consideradas para cálculo iguais a este valor.
- Considerar como declividades admissíveis, para satisfazer à inequação de velocidade [$0,5 \leq V \leq 4,00$ (m/s)] os valores resultantes das equações:

$$I_{\text{0min}} = 0,0001 \cdot Q_i^{(-2/3)} \quad (3.16)$$

$$I_{\text{0max}} = 0,0254 \cdot Q_f^{(-2/3)} \quad (3.17)$$

- Adotar nos cálculos hidráulicos, além da equação da continuidade ($Q=AV$) outras fórmulas como a de Chezy e a de Manning.
- Considerar tensão de arraste mínima de 1,0 Pa para tubos cerâmicos e concreto e 0,60 Pa para tubos de PVC.

3.3. Programação Dinâmica (PD)

3.3.1. Descrição Matemática

Supondo que são mostrados problemas com entrada de parâmetro e decisão do uso desses parâmetros (critério de maximizar ou minimizar) de maneira ótima, identifica-se o ponto em que se faz a decisão com o estágio e/ou entrada de parâmetros como o estado. Deixa-se a decisão ser governada por algum tipo de equação ou regra chamada transformação qual seja :

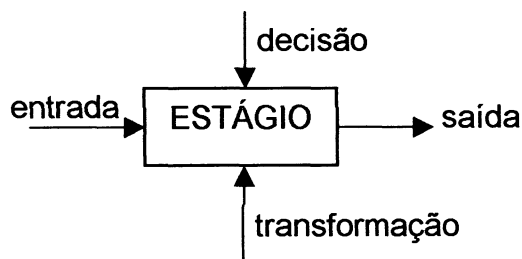


Figura 3.3 – Representação da PD

Em cada estágio é necessário a tomada de uma decisão . Cada decisão implica num relativo custo ou benefício, e reflete para a transição de um estado para outro. Esta equação será representada como a função retorno; depois, para cada etapa de decisão, é feito um retorno em cada decisão. Esta função retorno, em geral, depende da variação de estado e da decisão feita no estágio n. Uma

decisão ótima no estágio n é a decisão que produz o máximo (ou mínimo) retorno para um dado valor na variável de estado, S_n .

Para um estágio simples, ter-se-á :

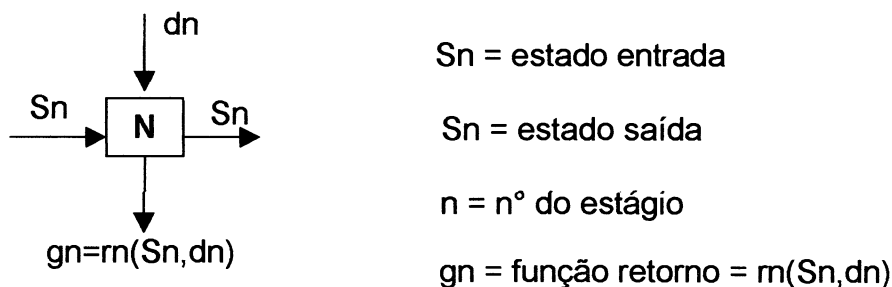


Figura 3.4 – Representação matemática da PD

3.3.2– Termos Utilizados Pela PD

Conforme proposta deste estudo, que pretende reduzir os custos das redes de esgoto na fase de dimensionamento, definem-se os termos estágio, estado, decisão retorno e transformação, como :

- Estágio \Rightarrow poço de visita, PV ou coletor
- Estado \Rightarrow cota da geratriz inferior dos coletores
- Decisão $\Rightarrow D_n \Rightarrow$ em cada estágio, é o desnível que o coletor (estágio) sofre pela variação dos estados

Uma nova decisão implica em uma nova inclinação para o coletor.

- Retorno – O retorno r_n é função das decisões e equivale aos custos de instalação do coletor n .
- Transformação – É a função que define para cada estágio, a forma pela qual um estado de entrada deve se transformar em estado de saída.

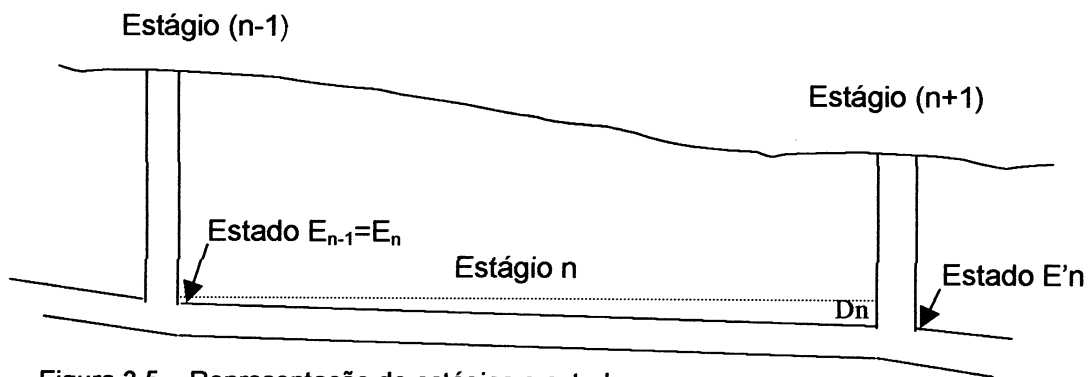


Figura 3.5 – Representação de estágios e estados

O emprego da PD conduz a soluções iterativas que decompõem um problema em várias equações e uma incógnita ao invés de um problema com várias incógnitas.

A programação dinâmica possibilita a divisão do problema em estágios que caracterizam a otimização, dá condições de identificar um ou mais estados em cada estágio e exige uma política de decisão, estado por estado que indica a possibilidade de escolha da solução ótima.

3.3.3. Aplicação nos Sistemas de Esgotos.

Para um estágio n a transformação é representada por:

$$E'n = E_n - D_n \quad (3.18)$$

onde,

D_n = desnível nos estados inicial e final no coletor

$E'n$ = estado de saída de um estágio n

E_n = estado de entrada de um estágio n

$$E_{n+1} = E'n \quad (3.19)$$

Para um estágio qualquer n ($n=1,2,\dots,N$), de um sistema de N estágios, pode-se concluir que o retorno para uma dada decisão, referente a um estado inicial E_n em um estágio n , é representado pela expressão:

$$r_n = r_n(E_n, D_n) \quad (3.20)$$

E a equação de transformação pode ser :

$$E_{n+1} = E_n - D_n \quad (3.21)$$

O estado de entrada em um estágio $(n+1)$ é função dos estados de entrada e decisão do estágio n e o retorno de um estágio n é função dos estados e decisões do estágio.

A equação recursiva da PD que descreve estágio por estágio o processo de otimização seria :

$$f_n(E'_n) = \min r_n(E_n, D_n) + f_{n-1}(E'_{n-1}) \quad (3.22)$$

onde,

$f_n(E'_n)$ representa o custo mínimo do sistema;

D_n é a decisão (ou profundidade) correspondente ao custo mínimo para o referido estágio de ordem n .

No procedimento de cálculo dos custos dos "conjuntos", deixa-se total liberdade para que os projetistas forneçam aos modelos vários diâmetros comerciais e critérios de medições de serviços conforme seu interesse. Isto, por ter sido feita uma previsão que os custos resultantes dos modelos seriam determinados de forma prática e comercial, com respeito aos elementos considerados decisivos destes custos, quais sejam: diâmetros dos coletores, profundidades (de valas e poços de visita), assim como os comprimentos de tubos de queda.

O procedimento de cálculo adotado é descrito a seguir:

1. Calcula-se o custo do trecho coletor em função do diâmetro e da profundidade média da vala.
2. Calculam-se os custos dos poços de visita de montante e de jusante do trecho coletor.
3. Calculam-se os custos dos tubos de queda requeridos em ambas as extremidades do trecho coletor.
4. Toma-se como custo comparativo a somatória dos custos determinados nos itens anteriores. Este custo, quando aplicado à equação recursiva da PD;

$$f_n(E^n) = \min r_n (E_n, D_n) + f_{n-1}(E^{n-1}) \quad (n=1,2,\dots,N) \text{ e,} \quad (3.23)$$
 Comparado com o custo de outras soluções para o trecho, possibilita a obtenção da solução econômica para o “conjunto”.
5. Caso o custo referido no item anterior seja o custo da primeira solução do “conjunto”, ou seja, um custo menor que o da solução precedente, seu valor diminuído dos custos do tubo de queda e do PV de jusante, será armazenado como o custo solução para o “conjunto”.
6. No caso de haver outras soluções alternativas para o “conjunto”, novos custos são calculados e selecionados pelo processo em questão, sendo escolhida como solução a de menor custo.

Nas redes de esgoto, onde as alternativas ocorrem dentro dos limites hidráulicos, considerando as inclinações, as vazões do trecho, o coeficiente n e as cotas do coletor, são obtidos diversos pares de variáveis de decisão (profundidade X diâmetro).

À medida que se vai calculando, vai sendo aplicada a função de custo, que por processo comparativo, seleciona o par de menor custo para o trecho.

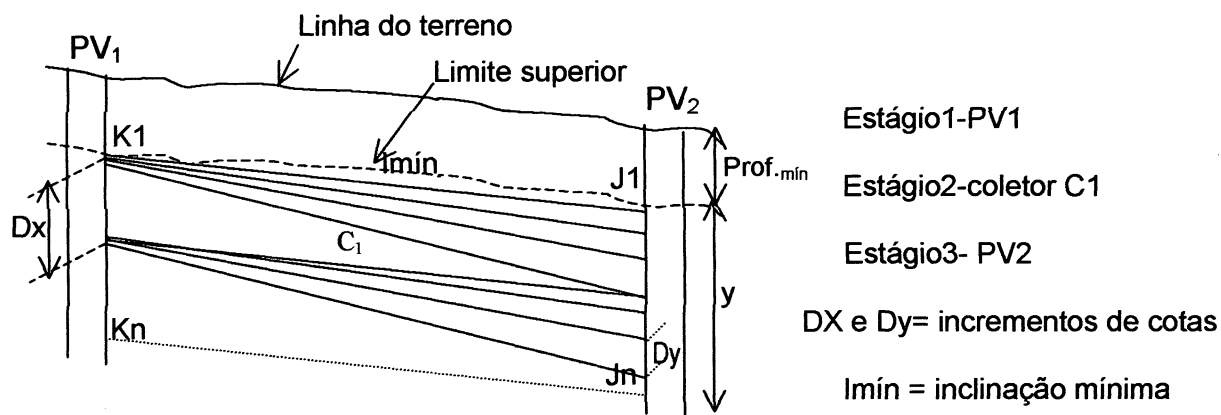


Figura 3.6 – Limites do coletor

X e y = Distância entre os limites : inferior e superior pelas extremidades de montante e jusante.

Kn e Jn = Cota da geratriz inferior pelas extremidades de montante e de jusante do trecho coletor de ordem n.

Conjunto é um coletor com seu PV de montante.

3.4. Conceituação e Formas de Apresentação de Estruturas do Tipo Grafo

3.4.1. Conceitos

Um grafo G é constituído por um conjunto V de elementos e por uma relação binária E entre esses elementos. Representamos por : $G=(V,E)$

A relação E é também um conjunto, cujos membros são pares ordenados (vi,vj) sendo vi e vj são elementos de V.

Os elementos de “V” são denominados nós (ou vértices), enquanto os elementos de “E” são denominados arcos (ou arestas).

Em um grafo não-dirigido, o par de vértices não tem ordenação especial, na representação de uma aresta. Assim sendo os pares (v_i, v_j) representam a mesma borda $\therefore (v_i, v_j) = (v_j, v_i)$

Num grafo dirigido cada aresta é representada por um par de vértices dirigido (v_i, v_j) , onde v_i é o cabo e v_j a cabeça da borda $\therefore (v_i, v_j) \neq (v_j, v_i)$

Como exemplo sejam os grafos G1 e G2:

$$V(G1) = \{1,2,3,4,5,6,\} \quad E(G1)=\{(1,2),(2,1),(2,3); (2,4),(3,3),(4,1),(4,3),(5,6)\}$$

$$V(G2) = \{1,2,3,4,5,6,7,\} \quad E(G2)=\{(1,2),(1,3),(2,4),(2,5),(3,6),(3,7)\}$$

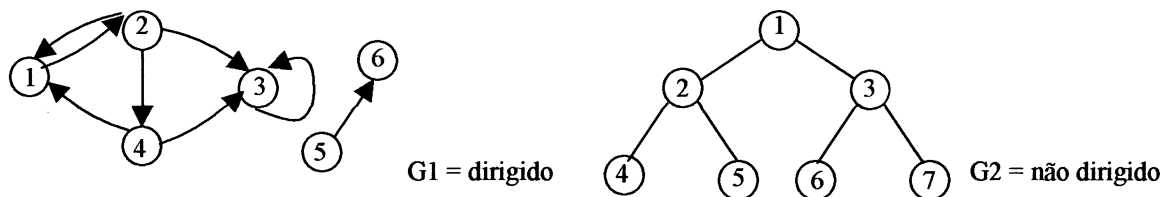


Figura 3.7 – Grafos dirigido e não dirigido

O número máximo de pares diferentes (v_i, v_j) em um grafo não-dirigido com n vértices é dado por :

$$|E| = \frac{n(n-1)}{2} \quad (3.24)$$

Para os grafos dirigidos o número máximo de arestas é representado por :

$$|E| = n(n-1) \quad (3.25)$$

O grau de vértice é o número de bordas incidentes nesse vértice. O grau de vértice 1 em G2 é 2; caso G seja um grafo dirigido, define-se o estado de grau de entrada de um vértice v como sendo o número de bordas para as quais v seja a cabeça. O estado grau - saída é definido como sendo o número de bordas para

as quais v é a cauda. O vértice 2 de G_1 tem um estado grau-entrada, de 1, grau saída de 3 e grau de 4.

3.4.2 – Representações de Grafos

Embora sejam possíveis diversas representações dos grafos, as três utilizadas mais comumente são :

- matrizes de adjacência
- listas de adjacência
- multilistas de adjacência

a escolha da representação dependerá da aplicação que se tem em vista e das funções que se espera realizar no grafo.

3.4.3 – Matrizes de Adjacência

Uma matriz de adjacências de G , onde G é um grafo $G = (V,E)$ com n vértices e $n \geq 1$, é um arranjo bidimensional $n \times n$, digamos A , com propriedade de que $A(i, j)=1$ se a borda (v_i, v_j) ($< v_i, v_j >$ para um grafo dirigido) fica em $E(G)$. $A(i, j)=0$ se não houver tal borda em G . A matriz de adjacências de um grafo não – dirigido é simétrica, pois a borda (v_i, v_j) está em $E(G)$, se a borda (v_j, v_i) também está em $E(G)$. A matriz de adjacências de um grafo dirigido não necessita ser simétrica.

As matrizes de adjacências necessitam de espaço para armazenar todo o grafo. Este espaço pode ser reduzido; quando em grafos “não – dirigidos” pode-se utilizar apenas o triângulo superior ou inferior da matriz.

A partir da matriz de adjacências, pode-se facilmente determinar se existe uma borda que liga quaisquer dois vértices i e j . Para um grafo não dirigido, o grau de qualquer vértice i é a soma de sua linha, na matriz de adjacências. Para um grafo dirigido, a soma de fileira é o valor “grau – saída” e a soma da coluna é o valor “grau – entrada” em um vértice i .

Portanto, usando as matrizes adjacências, todos os algoritmos exigem, pelo menos, $O(n^2)$ de tempo uma vez que $(n^2 - n)$ entradas na matriz (as entradas diagonais são zero) têm de ser examinadas.

3.4.4 – Listas de adjacências

A representação dos grafos através de listas encadeadas de adjacências acelera o processo de caminhar em um grafo. Nesta representação as n fileiras da matriz de adjacências são representadas como n listas interligadas. Existe uma lista que possui, pelo menos, dois campos : Vértice e Link. Os campos “vértice” contêm os índices dos vértices adjacentes ao vértice i e os campos “Link”, contêm o índice do ponteiro para o próximo vértice adjacente ao vértice i . A figura abaixo representa as listas de adjacências p/ G_1 e G_2 .

origem destino

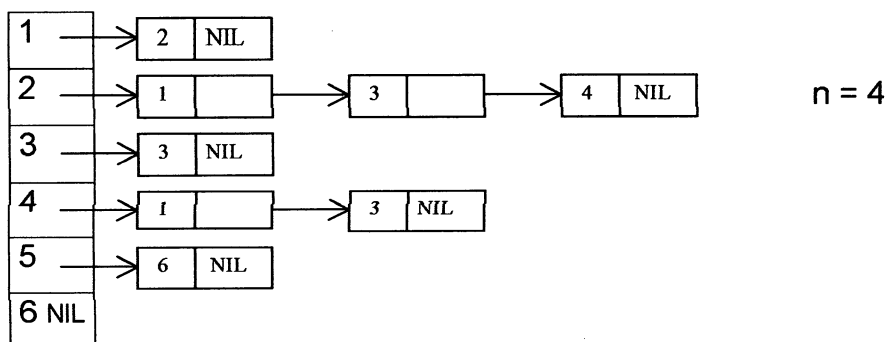


Figura 3.8 - Lista de adjacências para G_1

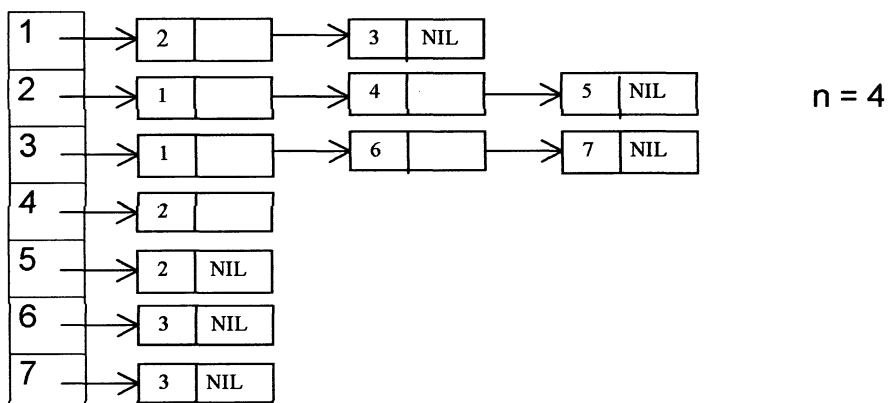


Figura 3.9 - Lista de adjacências para G2

O grau de um vértice em um grafo não-dirigido pode ser determinado ao contar-se o número de nódulos em cada uma das listas de adjacências de determinado vértice.

O grau de entrada de um vértice requer um processo mais complexo para ser determinado, pois deve-se acessar repetidamente todos os vértices adjacentes a outro vértice. Neste caso, recomenda-se o uso das chamadas listas de adjacências inversa; ou seja para G1 :

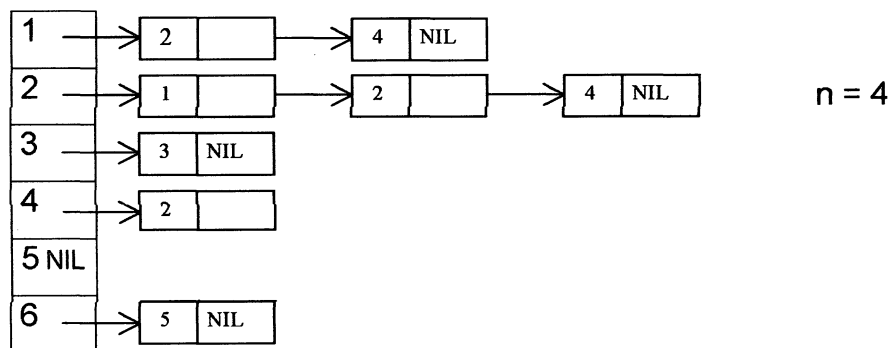


Figura 3.10 – Lista de adjacências inversa

3.4.5 – Multilista de Adjacências

Em determinadas situações torna-se necessária a determinação de uma segunda entrada para uma determinada borda, bem como marcar a mesma como borda já examinada.

Isto se torna mais fácil se forem usadas Multilistas (isto é, listas em que os nós podem ser compartilhados por diversas listas). Para cada borda há um nó, mas esse nó está em duas listas, isto é, as listas de adjacências para cada um dos dois nós, pelos quais se acha incidente. A estrutura seria :

M	V1	V2	Link1 p/ V1	Link2 p/ V2
---	----	----	-------------	-------------

Figura 3.11 – Multilista de adjacência

Onde M é um campo que pode ser utilizado para indicar se a aresta foi ou não visitada, os campos v1 e v2 indicam os vértices e os campos Link1 e Link2 são os ponteiros para as arestas existentes relativamente, aos vértices v1 e v2.

3.4.6 – Grafo orientado acíclico

Os grafos podem ser utilizados para representar a malha da rede coletora de um sistema de esgotos sanitários de uma cidade, com os vértices que representam os PV's e as bordas representando os trechos ou tubos que interligam os PV's. As bordas podem ser ponderações designadas como a distância entre os 2 PV's ou o fluxo que passa por este trecho, ou o custo deste trecho.

Num dado PV pesquisa-se quantos caminhos existem para o prosseguimento do fluxo e existindo mais de um, pesquisa-se qual o de menor custo, segundo critérios da PD.

Os vértices iniciais da rede são denominados fontes e o último vértice é o sumidouro.

Os trechos tem de ser grafos dirigidos para levar em conta o sentido do escoamento da rede.

4. Critérios para o Programa

A proposta das redes coletoras de esgotos sanitários é veicular a vazão máxima para a qual foram projetadas e carrear sólidos suspensos de maneira rápida e eficiente, reduzindo ao mínimo os depósitos nos coletores e os odores ofensivos, juntamente com o fato de serem projetadas e implantadas para horizonte de projeto em torno de vinte anos, com recursos de cofres públicos. Seus custos se constituem de custo de financiamento, projeto, implantação, operação e manutenção.

4.1- Custo de Manutenção

As redes coletoras de esgotos sanitário, sendo por gravidade, se projetadas e executadas obedecendo a norma, requerem pouca manutenção.

Além da procura de um menor custo de construção, operação e projeto, tarefa dos projetistas, os critérios de projetos recomendados visam antes de tudo dar condições de se obter um custo mínimo de manutenção. Exemplificando:

- a) profundidade e coberturas mínimas, tanto nas calçadas quanto nas ruas, têm por objetivo aliviar as tubulações de esforços externos provenientes do tráfego de pessoas e carros;
- b) lâmina mínima juntamente com tensão trativa mínima são condições que visam evitar o assoreamento e entupimento das redes coletoras;
- c) profundidades superiores às máximas necessitam de grande volume de escavação, dificultando e encarecendo a manutenção;
- d) velocidades superiores as máximas dos esgotos danificam as redes;

e) lâmina máxima dos esgotos a 3/4 do diâmetro, além de garantir uma folga para vazões clandestinas, contribui para não poluir o solo, pela inexistência da anaerobiose prejudicial às redes.

f) os tubos de queda evitam a danificação dos fundos dos poços de visita, facilitam a limpeza, evitando velocidades excessivas em terrenos de declividades superiores a máxima prevista por norma para os coletores;

g) a condição de que apenas um coletor deve efluir de um poço de visita, e a de remanso, objetivam garantir um bom funcionamento hidráulico da rede.

A obediência aos critérios acima, visam minimizar os custos de manutenção.

Os critérios de norma (PNB—567) obedecidos ou adotados foram:

-Diâmetro mínimo: 150 mm

-Lâmina mínima igual a 0,20 do diâmetro para velocidade mínima igual a 0,5 m/s.

-Lâmina menor que 0,20 do diâmetro para velocidade maior ou igual a 0,6 m/s

-Velocidade máxima: 4,0 m/s

-Profundidade mínima adotada: 1,35 m e máxima: 6,00 m

-Remanso nas canalizações através de verificações das lâminas de fim de projeto dos coletores afluentes e efluentes em junções e poços de visita de passagem direta.

-Bombeamento, no caso da tubulação atingir profundidades superiores à máxima permitida por norma.

4.2. Custo de Construção

O custo de construção, correspondente a maior parcela do custo total de uma rede coletora de esgotos, é de difícil estimativa na fase de elaboração de

projeto. Tal dificuldade se dá porque seu valor real somente é definido na fase de implantação da rede. Entretanto, é na fase de elaboração de projeto, que se busca a redução dos custos de construção, utilizando-se técnicas mais precisas e um detalhamento maior, majorando assim os custos de projetos para se obter o máximo de redução nos custos de construção.

4.3- Identificação do Processo de Otimização

Os efeitos resultantes da aplicação dos modelos de otimização às redes coletoras de esgotos em relação a processos convencionais se evidenciam pelos seguintes aspectos:

Os modelos de otimização geram várias soluções para cada trecho de rede, quando nos processos convencionais gera-se apenas uma,

Nos modelos, a escolha da solução adequada adotada para cada trecho é baseada em critérios econômicos, e nos processos convencionais prevalece o critério heurístico do projetista.

4.4 — Diâmetro x Profundidade

É característica dos processos convencionais, durante a determinação da solução única para cada trecho coletor, obter-se primeiramente uma inclinação para a rede que forneça menores profundidades de valas; depois, é escolhido o menor diâmetro correspondente a ela. O que significa que a escolha do diâmetro fica em segundo plano, e sua influência é grande na determinação dos volumes de escavação e aterro de valas, na determinação das dimensões dos poços de visitas e tubos de queda, e na determinação da escolha do tipo dos materiais dos

coletores. Por exemplo:

Diâmetros de grandes dimensões geram a necessidade de valas mais largas, poços de visita e tubos de queda de maiores dimensões, tubos mais resistentes, etc. e diâmetros menores geram valas mais estreitas e profundas.

Para aplicação da PD define-se para cada trecho coletor de uma rede de esgotos, várias soluções hidráulicas combinando diâmetros x profundidade e, a seguir, por um processo comparativo, escolhe-se a de menor custo. A obediência aos critérios da norma, que estabelecem uma inclinação mínima para cada vazão por trecho, impossibilita as combinações de diâmetros maiores, e profundidades menores; daí concluir-se que a solução ótima procurada se restringe ao aprofundamento de valas e diminuição dos diâmetros.

Pelo fato de 65% dos coletores de uma rede de esgotos sanitários terem, na maioria dos casos, diâmetros iguais ao mínimo, de 150 mm, o efeito da otimização fica restrito somente aos 35% dos coletores restantes, referentes aos diâmetros de maiores dimensões que, de um modo geral, são requeridos para os trechos de redes próximos aos pontos de lançamento dos interceptores e emissários.

4.5 Custos de Projeto

Os custos de projeto de um modo geral, se referem aos estudos preliminares de elaboração do projeto básico e executivo.

A estimativa do seu valor se refere a serviços de campo e de escritório que demandam tempo e mão-de-obra especializada, equipamentos de escritório, e à política econômica interna das empresas.

Com o uso do computador nos grandes escritórios de cálculo de projetos e a consequente substituição dos processos manuais de dimensionamento e lançamento de redes coletoras de esgotos, houve majorações dos custos de projetos advindas do uso da técnica computadorizada. No entanto, esse custo se justifica uma vez que a medida de vantagem é indireta e se dá através da redução de outros custos (de manutenção, construção e operação das redes).

O critério de escolha da Programação Dinâmica (PD), como técnica otimizadora de redes de esgotos, fundamenta-se na adequabilidade ao problema e a eficiência obtidas com sua aplicação em trabalhos semelhantes a este.

Como vantagem da PD sobre outras técnicas, como a Programação Linear, pode-se citar a flexibilidade dada ao projetista para discretizar as variáveis de custos a serem aplicadas às funções por ele elaboradas e a capacidade de lidar com problemas não lineares.

5. Desenvolvimento do programa:

5.1. Programação Dinâmica – Algoritmo

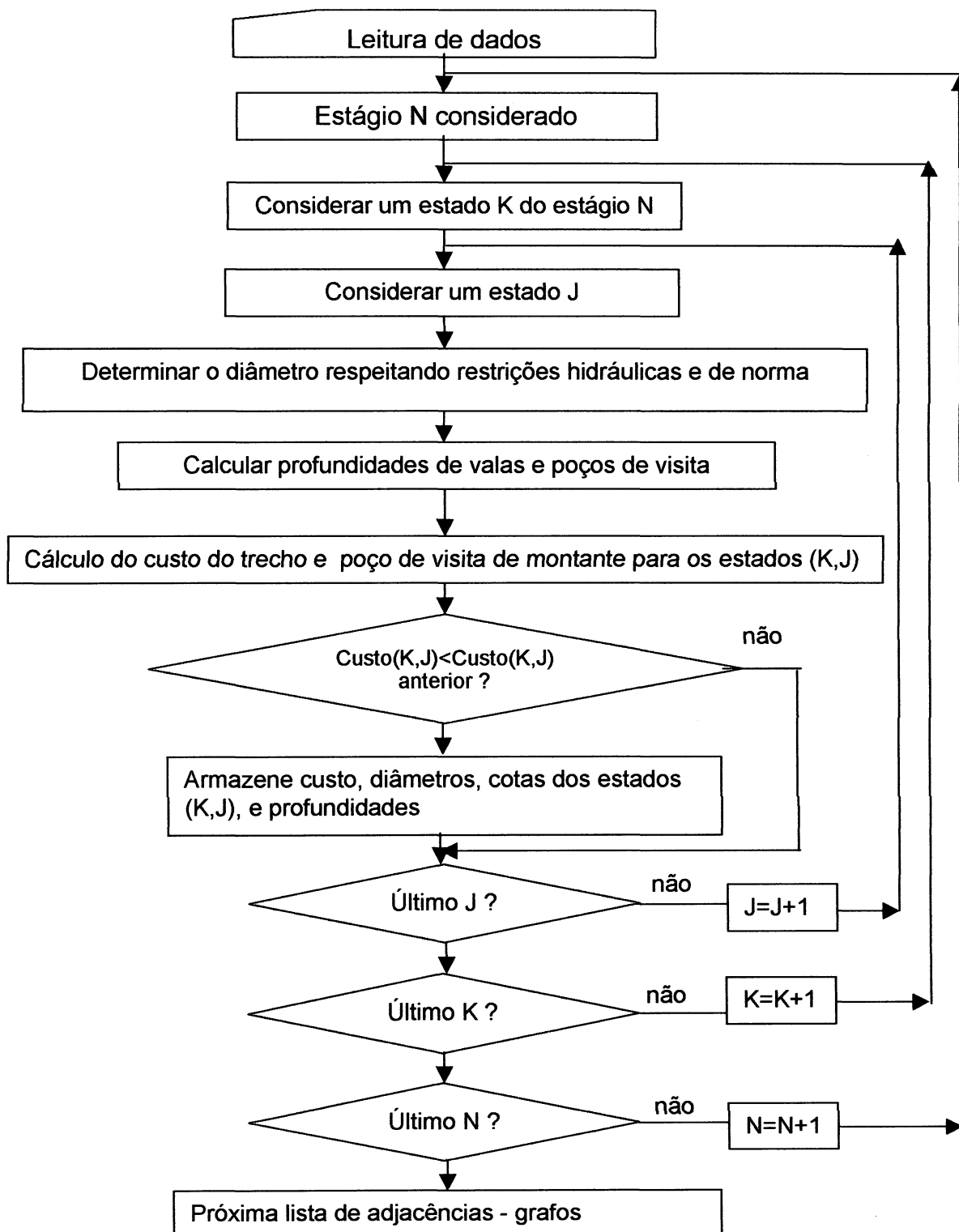


Figura 5.1 – Algoritmo da Programação Dinâmica

5.2. Descrição do algoritmo da PD

O cálculo da PD se inicia pela extremidade de um dos ramos independentes (estágio 1 ou PV-1) e prossegue para jusante, estágio por estágio, até encontrar o último do ramo. Em cada ramo, primeiro se determina as cotas mínima e máxima do PV-1 e a seguir, o desnível geométrico que cada estado de entrada $k=1,2,3,\dots,k_n$, poderá ter no estágio n , em combinação com os possíveis estados de saída $J=1,2,3,\dots,J_n$. Para o estágio seguinte, caso do trecho 2, a cada estado de entrada k , desde que satisfeitas as restrições do problema e da norma, são determinados uma profundidade de vala e um diâmetro. Com estes parâmetros, determina-se um custo para o “conjunto”, consideradas as influências dos custos dos poços de visita pelas extremidades do trecho.

Este é um procedimento que se repete para cada par de estados (k,j) , capaz de fornecer uma solução hidráulica para o trecho após a passagem pelo algoritmo grafos. Para se estimar o custo ótimo de um “conjunto”, procede-se da seguinte forma :

- 1 – Armazena-se o custo da primeira solução encontrada para o conjunto.
- 2 – Varia-se um estado qualquer k ou j , obtendo-se uma nova solução e seu respectivo custo.
- 3 – Compara-se este com o custo da solução precedente, escolhendo para ser armazenado, o menor deles.
- 4 – Repetem-se os passos 2 e 3 até que todos os pares de estados (k,j) sejam testados, permanecendo, assim, a solução econômica para o “conjunto”.

Este cálculo prossegue para jusante, “conjunto” por “conjunto”, passando pelo algoritmo grafos para se definir o próximo trecho a ser dimensionado, até que se avalie o último do ramo.

5.3. Grafos – Algoritmo

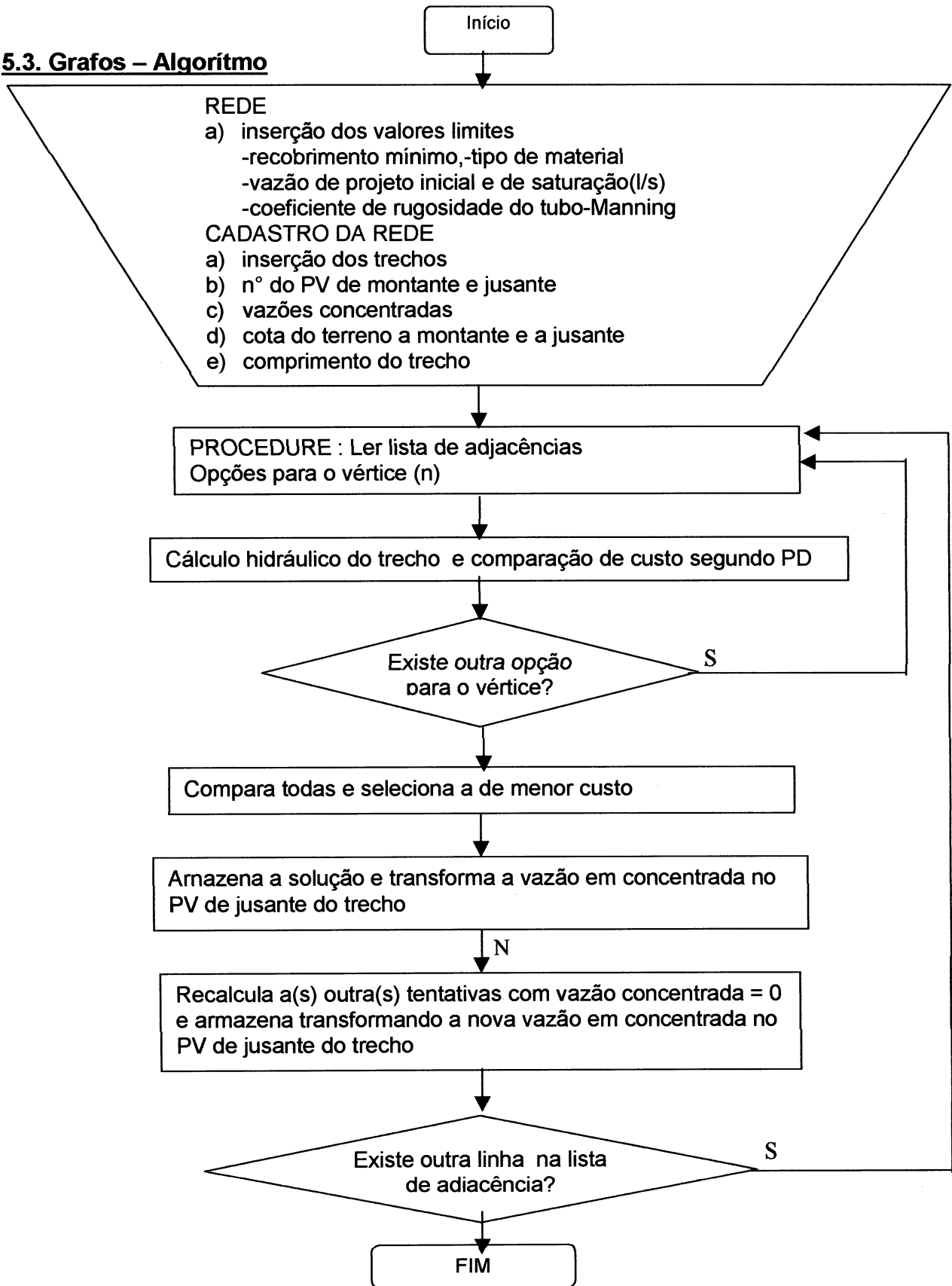


Figura 5.2 – Algoritmo de grafos

5.4. Descrição do Algoritmo Grafos

O cálculo do grafos se inicia com a inserção de todos os dados referentes à rede com a informação de todas as possibilidades de caminhamento para cada nó, na lista de adjacência.

Na seqüência, para cada trecho analisado, é calculada a composição de custo e feita a comparação com os demais trechos, segundo a P.D. Este é armazenado e comprado com a próxima opção para um mesmo vértice, e assim sucessivamente até que se encerre a linha da lista.

A vazão é então transformada em vazão concentrada e armazenada no poço de visita de jusante do trecho em questão.

Recalculam-se as outras tentativas, considerando-se igual a zero a vazão concentrada de montante e armazenando-a a jusante do trecho.

Entra-se então na próxima linha da lista e repete-se todos os passos até que a última linha seja calculada.

5.5. Descrição do Programa

O programa foi desenvolvido em linguagem Delphi – 5.0. Para fins de demonstração de funcionamento, foi utilizada uma rede simples com 14 poços de visita e 21 trechos.

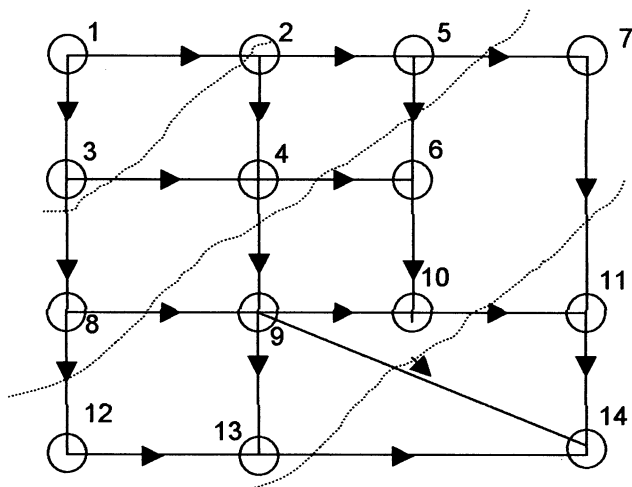


Figura 5.3 – Rede simples

Primeiramente, segundo a topografia do terreno, é lançado todo o arruamento e determinadas todas as direções possíveis de caminhamento para se definir a matriz de adjacências, através de grafos dirigido.

Em seguida, são numerados os pontos de junção dos trechos, aqui denominados PV's. Os trechos recebem numeração seqüencial à medida em que vão sendo inseridos.

Com a malha traçada, podemos definir a lista de adjacências do exemplo como sendo:

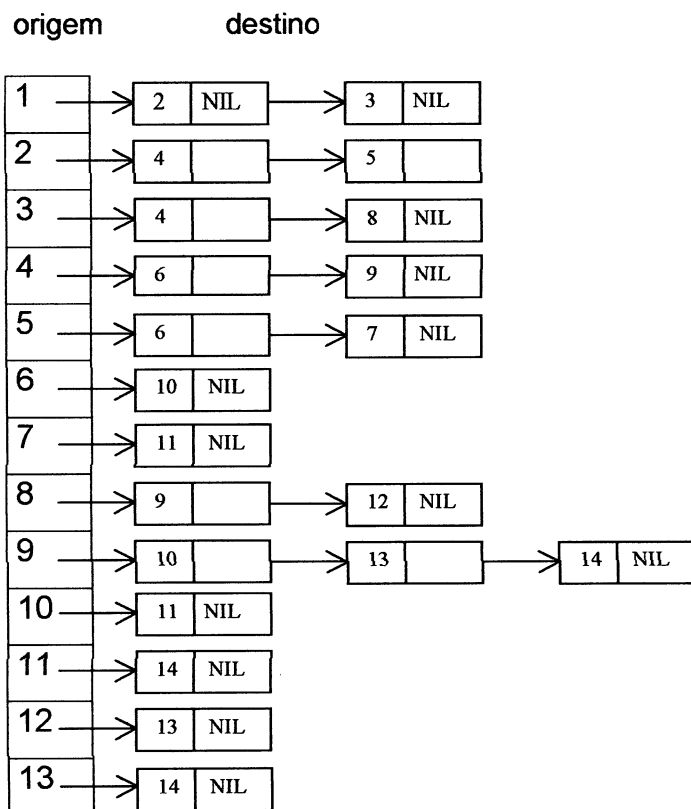


Figura 5.4 – Lista de adjacências da rede simples

Depois de cadastrada toda a rede, vai-se para a tela “Caminho Grafos” a qual define o caminhamento ótimo para a rede processada. É efetuado o cálculo

da 1ª lista de adjacências(PV1),que fica em “*looping*”, até que encontre a informação de fim de linha, ou seja, todas as possibilidades de saída para o PV1.

São, então, calculados os trechos $1 \rightarrow 2$ e $1 \rightarrow 3$, que são individualmente otimizados segundo a programação dinâmica (algoritmo 1),atendendo a todas as condições hidráulicas e, então, comparados entre eles com preço por metro linear. O trecho de menor preço por metro é selecionado e armazenado, sendo considerada sua vazão como concentrada no PV de jusante, a fim de dar entrada na próxima lista de adjacências a qual se inicie pelo Pv de jusante definido.

O trecho não selecionado é ,então, novamente recalculado considerando-se a vazão concentrada no PV de montante igual a zero, pois será um novo ramal. O programa calcula todas as opções e todos os trechos lançados obtendo o caminho ótimo para a rede e o seu custo final.

5.6- Apresentação do Software

A tela principal, apresenta opção de: "saída do programa", "cadastrar" (um usuário ou empresa) e "rede de esgoto"(cálculo).

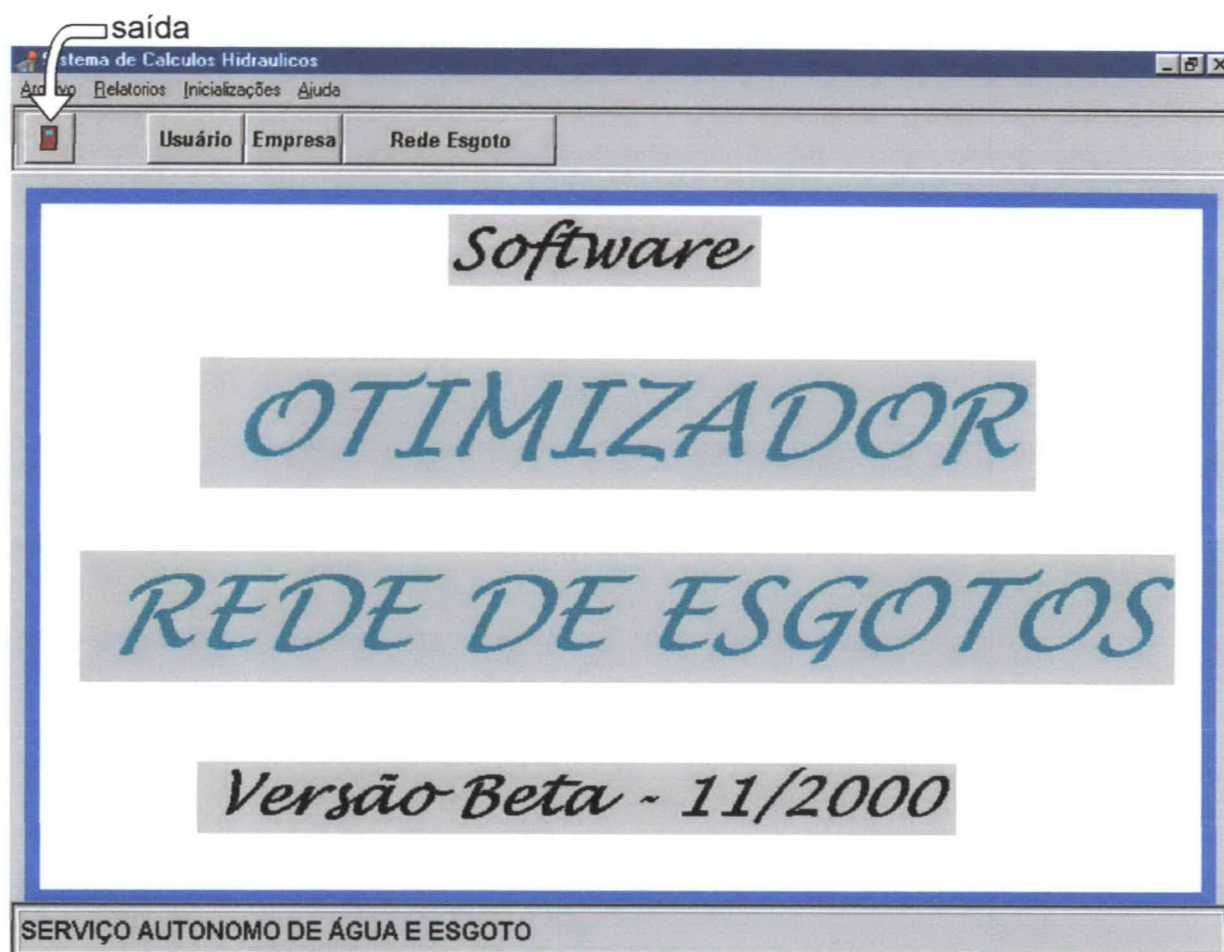


Figura 5.5 – Tela Principal

A opção Rede Esgoto dá entrada no sistema para o dimensionamento de uma rede de esgotos com as telas demonstradas a seguir:

Na tela “rede”, inicialmente são inseridos os seguintes dados básicos cadastrais: Município, bacia (a ser calculada) e, tipo de material do tubo (inicial e final), recobrimento mínimo, diâmetro mínimo, coeficiente de Manning.

Calculo e Manutenção de Ordens de Serviço para Rede de Esgoto

CURITIBA-PR

0%

rede 0% calculada

Rede | Cadastro Rede | Custos Estimativos | Caminho Grafos

Limpa Dados Rede

Cidade	Código	Nome da Rede
JAGUARIAIVA	1	BACIA_02

Código da Bacia : 1

Nome da Cidade : JAGUARIAIVA

Nome da Bacia : BACIA_02

Tipo Material do Tubo

Cerâmica

P.V.C.

Outros

Status Calculo Rede

Direcionado

Automatico

Vazão Inicial (l/s) : 3

Vazão Saturação (l/s) : 8,23

Coeficiente de Manning : 0,013

Diâmetro Mínimo (m) : 0,15

Recobrimento Mínimo (m) : 1,2

Observações

CÁLCULO DE REDE COLETORA DE ESGOTOS DA CIDADE DE JAGUARIAIVA BACIA 2 - PARCIAL
 HORIZONTE DE PROJETO : 20 ANOS
 ÁREA TOTAL DA BACIA : 81,70 HA
 VAZÃO DE INFILTRAÇÃO : 0,0002 l/s.m
 COMPRIMENTO TOTAL DA REDE : 13.325M - COMPRIMENTO DOS TRECHOS CONSIDERADOS : 5015 m
 CONSUMO DE ÁGUA PER-CAPITA : 150 L/HAB.DIA

Figura 5.6 – Inserção dos Dados para o Dimensionamento da Rede

Está reservado um campo para observações, em que o usuário pode preencher com dados para o cálculo da rede e até mesmo com o memorial descritivo do projeto.

Na tela “cadastro rede”, inicia-se a inserção dos dados da rede, passo a passo, conhecendo-se todas as possibilidades de caminhamento, no intuito de se definir o caminho ótimo.

Detalhamento da Rede Selecionada

CURITIBA-PR 0%

Rede Cadastro Rede Custos Estimativos Caminho Grafos

Cidade: JAGUARIAVA
 Bacia: 1 BACIA_02
 P.V. Cota Terr. V. Conc.
 Inicial:
 Final:
 Distancia:

P.	C.Terreno	V.Co.	T.	Mon.	Juz.	Distancia	Descrição
654	841		1	667	668	90,00	Trecho(1) M
656	846,02		2	668	669	80,00	Trecho(2) M
658	841		3	669	671	20,00	Trecho(3) M
659	840,9		4	669	656	50,00	Trecho(4) M
660	840,3		5	656	658	90,00	Trecho(5) M
662	839,5		6	658	659	10,00	Trecho(6) M
663	839,7		7	654	659	40,00	Trecho(7) M

F9 - Salvar Trecho

Ponto Inicial:	667	Coefficiente de Manning:	0,013	Velocidade Inicial (m/s):	0,644
Ponto Final:	668	Declividade (m/m):	0,01500000	Velocidade Final (m/s):	0,644
Cota T. Mont.:	851,30	V. Concentrada Inicial:	0,000	Tirante Inicial (h/d):	0,190
Cota T. Juz.:	849,14	V. Concentrada Final:	0,000	Tirante Final (h/d):	0,190
Cota G.I.T. M.:	849,95	V. Contribuição Inicial:	0,000	Tensão Trativa Inicial (m.pa):	2,593
Cota G.I.T. J.:	847,79	V. Contribuição Final:	0,000	Tensão Trativa Final (m.pa):	2,593
Profund. M.:	1,350	Vazão Local Inicial. (l/s):	0,054	Custo p/ Metro Declividade:	R\$17,13
Profund. J.:	1,350	Vazão Local Final (l/s):	0,148	Custo p/ Metro Diametro:	R\$16,48
Distancia:	90,00	Vazão Total Inicial. (l/s):	0,054	Diametro Calculo Teste:	0,150
Diametro (m):	0,150	Vazão Total Final (l/s):	0,148		

Figura 5.7 – Cadastro da Rede

São inseridos todos os trechos possíveis, com o número do PV inicial, com o número do PV final e com as respectivas cotas de terreno e vazões concentradas, quando for o caso.

Os números dos trechos são sequenciais de acordo com a ordem de inserção.

Na tela “custos estimativos” estão alocados os preços unitários de cada componente do orçamento, de modo que, através do quantitativo de materiais e serviços inerentes ao trecho, pode-se ter o custo total para o mesmo.

Caso haja algum eventual custo, este pode ser acrescentado no campo “outros”.

Para efeitos de comparação com um outro possível trecho, esse valor deve ser dividido pelo comprimento do trecho, a fim de obtermos o custo por metro de rede.

Custos Estimativos Para Execução da Rede

CURITIBA-PR 0%

Rede | Cadastro Rede | Custos Estimativos | Caminho Grafos

Trecho(75) M.(674) J.(676)

	QUANTITATIVO	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL PARCIAL
Escavação Total (m3) :	44,52		
Escavação de 0 a 1 m (m3) :	32,50	3,17	103,02
Escavação de 1 a 2 m (m3) :	12,02	3,17	38,10
Escavação de 2 a 3 m (m3) :		3,52	0,00
Escavação > 3 m (m3) :		5,50	0,00
Reaterro (m3) :	43,64	1,78	77,68
Tubos (m) :	50,00	3,00	150,00
Assentamento (m) :	50,00	1,84	92,00
Número de PV's (ud) :	1	400,00	400,00
Número de PL - TC (ud) :	0	150,00	0,00
Enrocamento (m3) :		30,00	0,00
Escoramento (m2) :	22,83	6,40	146,11
Outros :		1,00	0,00

C. Trecho : 75
 Ponto Inicial : 674
 Ponto Final : 676
 Diâmetro Tubo : 150
 Prof. Média : 1,370
 Largura Vala : 0,650

Tipo do Material do Tubo
 Cerâmica
 P.V.C.
 Outros

Tipo do Escoramento
 Nulo
 Sem Escoramento
 Contínuo
 Descontínuo

TOTAL TRECHO R\$: R\$1.006,92

Calculo Valor Total Rede

TOTAL DA REDE R\$: R\$100.137,24

Figura 5.8 – Tela para Inserção dos Custos Unitários

É definida a largura da vala em função do diâmetro; e a profundidade média(para efeitos de cálculo) é a média entre a profundidade de montante e de jusante. Seleciona-se, na tela, o tipo de material e o tipo de escoramento.

Na tela “**caminho grafos**”, a qual é baseada na tabela de cotas do terreno e na tabela de trechos da rede, quando se a tecla F9 ocorre o dimensionamento da rede e a definição do caminhamento da mesma .

retorno
rede 100% calculada

Rede | Cadastro Rede | Custos Estimativos | Caminho Grafos


Cidade : JAGUARIAIVA Início Rede : 725 | 851,300 Extensão Rede : 5.010,00
 Bacia : 1 | 0 BACIA_02 Final Rede : 801 | 836,500 **F9 - Calculo da Rede Esgoto**

Tabela Cotas Terreno			Tabela Trechos de Rede				Caminhos da Rede				
P.	C.Terreno	V.Conc.	Trecho	P. Início	P. Final	Distancia	P.Ini.	C.Final	Distancia	Trecho	Bacia
729	844,73	0	64	733	737	100,00	674	676	50	75	1
731	845,51	0	65	718	719	90,00	674	703	85	32	1
732	841,81	0	66	719	741	80,00	675	662	80	18	1
733	839,65	0	67	734	735	50,00	675	674	80	19	1
734	844,7	0	68	735	736	80,00	676	694	30	22	1
735	843,59	0	69	736	737	80,00	693	694	40	23	1
736	839,43	0	70	737	741	50,00	694	705	110	24	1
737	837,64	0	71	738	739	60,00	695	696	40	26	1
738	842,1	0	72	739	740	50,00	696	698	50	27	1
739	839,95	0	73	740	741	90,00	698	673	90	28	1
740	837,06	0	74	741	801	90,00	698	700	80	29	1
741	837	0	75	674	676	50,00	700	675	85	30	1
801	836,5	0					700	703	80	31	1

Ramal	Sequencia	Sequencia Trechos	Juz.	Sequencia do Ramal	Mon.	V. Inicial
1	654,659,660,662,663,665,666,676	7,8,9,10,11,12,13,22,23	659	660,662,663,665,666,676,694,70	658	0,058
2	656,658,659,	5,6,	656	658,659,660,662,663,665,666,67	669	0,13
3	667,668,669,656,	1,2,4,	674	665,666,676,694,705,708,711,71	675	0,13
4	669,671,673,675,674,	3,15,17,19,	671	673,675,674,665,666,676,694,70	670	0,02

Figura 5.9 – Tela de Dimensionamento da Rede

Na parte inferior da tela, é exibida a seqüência dos PV's para o caminho ótimo e a seqüência dos trechos.

Quando se tecla em  (retorno), visualizamos o seguinte: a planilha de cálculo hidráulico com todos os dados usuais de dimensionamento, o custo por trecho e o custo total para a rede calculada.

O resultado final é exibido na tela e, a seguir, impresso com todo o dimensionamento da rede pelo caminho ótimo, com o custo por trecho e o custo final para o projeto (anexo 9.3).

Otimização da Rede Seleccionada

CURITIBA-PR 100%

Rede Cadastro Rede Custos Estimativos Caminho Grafos

Report

Descrição	Distancia	C.Terreno M.	C.Terreno J.	C.Coletor M.	C.Coletor J.	Prof. Mont	Prof. Juz.	Dias
Trecho(1) M.(667) J.(668)	90,00	851,300	849,140	849,950	847,790	1,350	1,350	
Trecho(2) M.(668) J.(669)	80,00	849,140	847,400	847,790	846,050	1,350	1,350	
Trecho(3) M.(669) J.(671)	20,00	847,400	846,200	846,050	844,850	1,350	1,350	
Trecho(4) M.(669) J.(656)	50,00	847,400	846,020	846,050	844,670	1,350	1,350	
Trecho(5) M.(656) J.(658)	90,00	846,020	841,000	844,670	839,650	1,350	1,350	
Trecho(6) M.(658) J.(659)	10,00	841,000	840,900	839,650	839,606	1,350	1,294	
Trecho(7) M.(654) J.(659)	40,00	841,000	840,900	839,650	839,506	1,350	1,394	
Trecho(8) M.(659) J.(660)	40,00	840,900	840,300	839,506	838,906	1,394	1,394	
Trecho(9) M.(660) J.(662)	50,00	840,300	838,500	838,906	838,106	1,394	1,394	
Trecho(10) M.(662) J.(663)	45,00	839,500	839,700	838,106	837,908	1,394	1,792	
Trecho(11) M.(663) J.(665)	50,00	839,700	840,000	837,908	837,688	1,792	2,312	
Trecho(12) M.(665) J.(666)	40,00	840,000	840,000	837,688	837,512	2,312	2,488	
Trecho(13) M.(666) J.(676)	40,00	840,000	839,950	837,512	837,336	2,488	2,614	
Trecho(14) M.(670) J.(671)	40,00	846,300	846,200	844,950	844,774	1,350	1,426	
Trecho(15) M.(671) J.(673)	50,00	846,200	843,040	844,774	841,690	1,426	1,350	
Trecho(16) M.(673) J.(658)	70,00	843,040	841,000	841,690	839,650	1,350	1,350	
Trecho(17) M.(673) J.(675)	75,00	843,040	840,550	841,690	839,200	1,350	1,350	
Trecho(18) M.(675) J.(662)	80,00	840,550	839,500	839,200	838,150	1,350	1,350	
Trecho(19) M.(675) J.(674)	80,00	840,550	840,130	839,200	838,848	1,350	1,282	
Trecho(20) M.(674) J.(665)	40,00	840,130	840,000	838,780	838,604	1,350	1,396	

Iniciar Microsoft Word Rede_os 15:27

Figura 5.10 – Resultado do Dimensionamento

6. Análise de Aplicabilidade

6.1. Exemplo Ilustrativo Simulado

Uma malha de rede fictícia com 18 PV's foi utilizada, considerando-se à necessidade de escoamento de todos os pontos, para vazão constante de 30 l/s sem contribuição em marcha nos trechos, conforme figura 01.

Primeiramente foram consideradas todas as opções para escoamento sendo lançados todos os trechos segundo o processo da otimização através da "lista de adjacências":

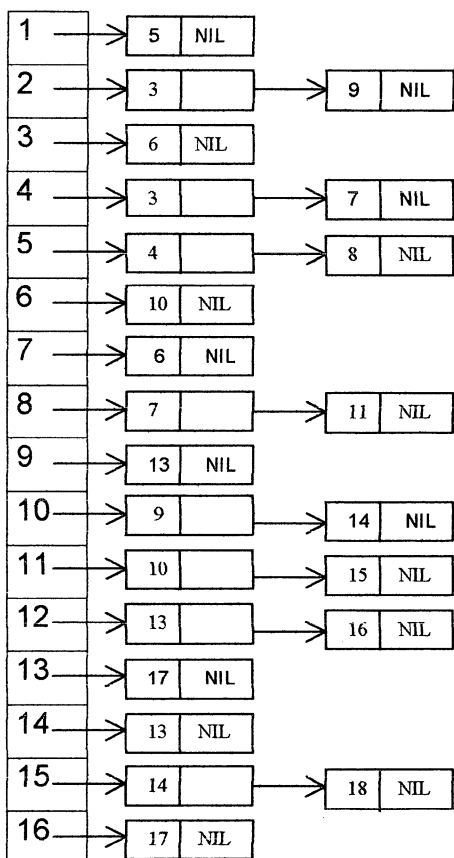


Figura 6.1 – Lista de Adjacências do estudo de caso

Dimensionando a rede no software de otimização resultou no caminhamento descrito a seguir :

1 → 5 → 4 → 3 → 6 → 10 → 9 → 13 → 17

2 → 3

8 → 7 → 6

11 → 10

15 → 14 → 13

12 → 13

16 → 17

18 → 17

Utilizamos para o orçamento a “Tabela de Preços Unitários Compostos” – Sanepar – janeiro/2000 (18), para os serviços e, a revista “Construção”- Editora Pini – setembro/2000 (17), para os custos dos materiais, conforme transcritos a seguir:

DESCRIÇÃO	UNIDADE	PREÇO
Escavação de 0 a 2m	m ³	3,17
Escavação de 2 a 3m	M ³	3,52
Escavação > 3m	M ³	5,50
Reaterro	M ³	1,78
Assentamento	m	1,84
Escoramento descontínuo	m ²	6,40
Poço de visita c/ tampão em f ^o p ^o	Un	400,00
Tubo cerâmico Ø150mm	m	3,00
Tubo cerâmico Ø200mm	m	5,50
Tubo cerâmico Ø250mm	m	11,00

Tabela 6.2 – Tabela de Preços

Utilizando-se os preços descritos na tabela acima obtivemos para o custo da rede otimizada R\$ 95.929,32 conforme demonstrado na figura 6.4.

Foram lançadas pelo método tradicional, considerando os mesmos custos unitários, e a mesma vazão, dois traçados alternativos para comparação de custos.

Na opção da figura 6.5, em anexo, obtivemos um custo de R\$ 144.886,05 para o escoamento dos pontos.

A opção de lançamento da figura 6.6, resultou numa redução de custos em relação a opção da figura 05 apresentando um valor total de R\$ 128.433,01.

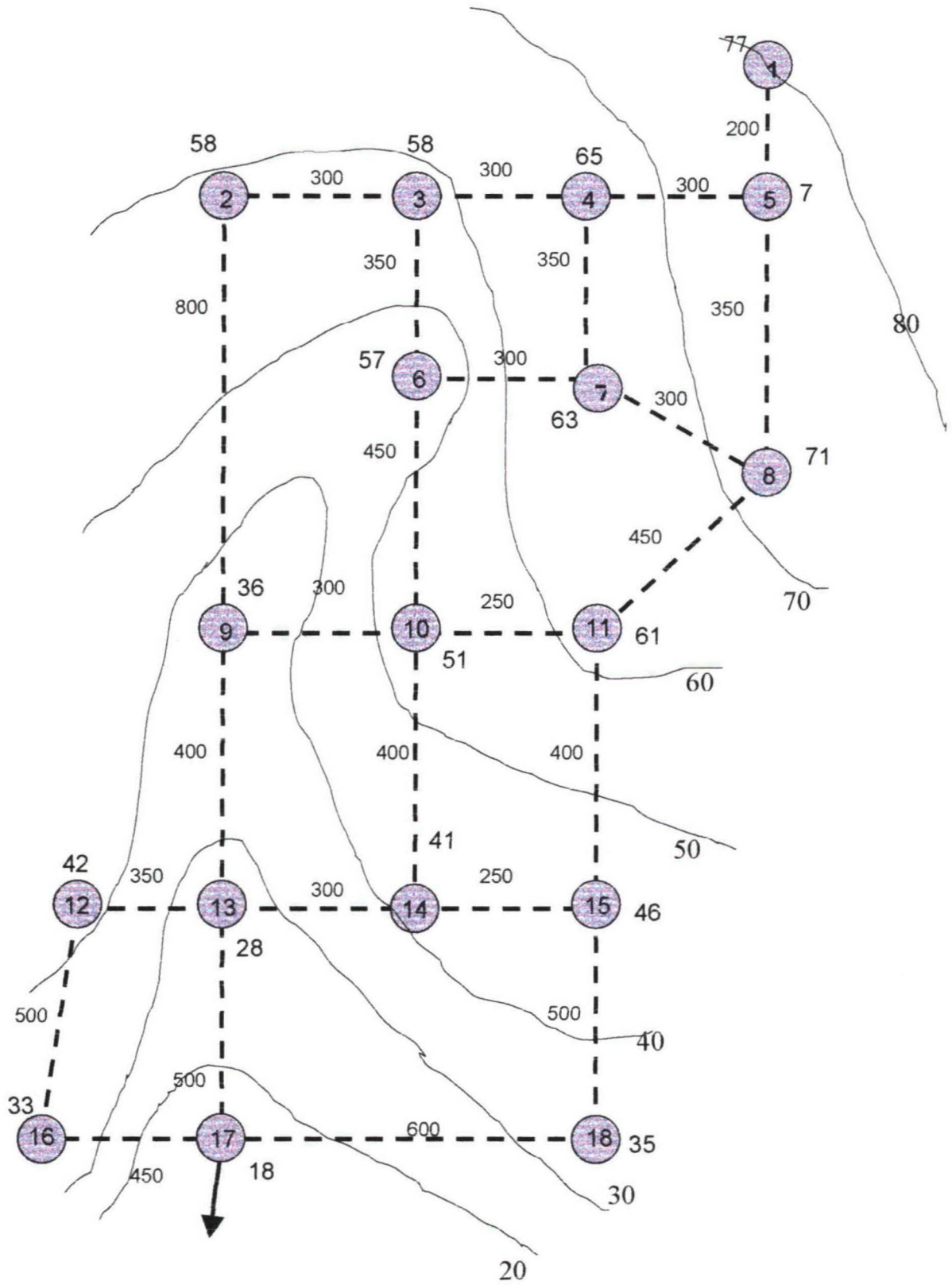


Figura 6.3 - Condições topográficas para o caminhamento da rede.

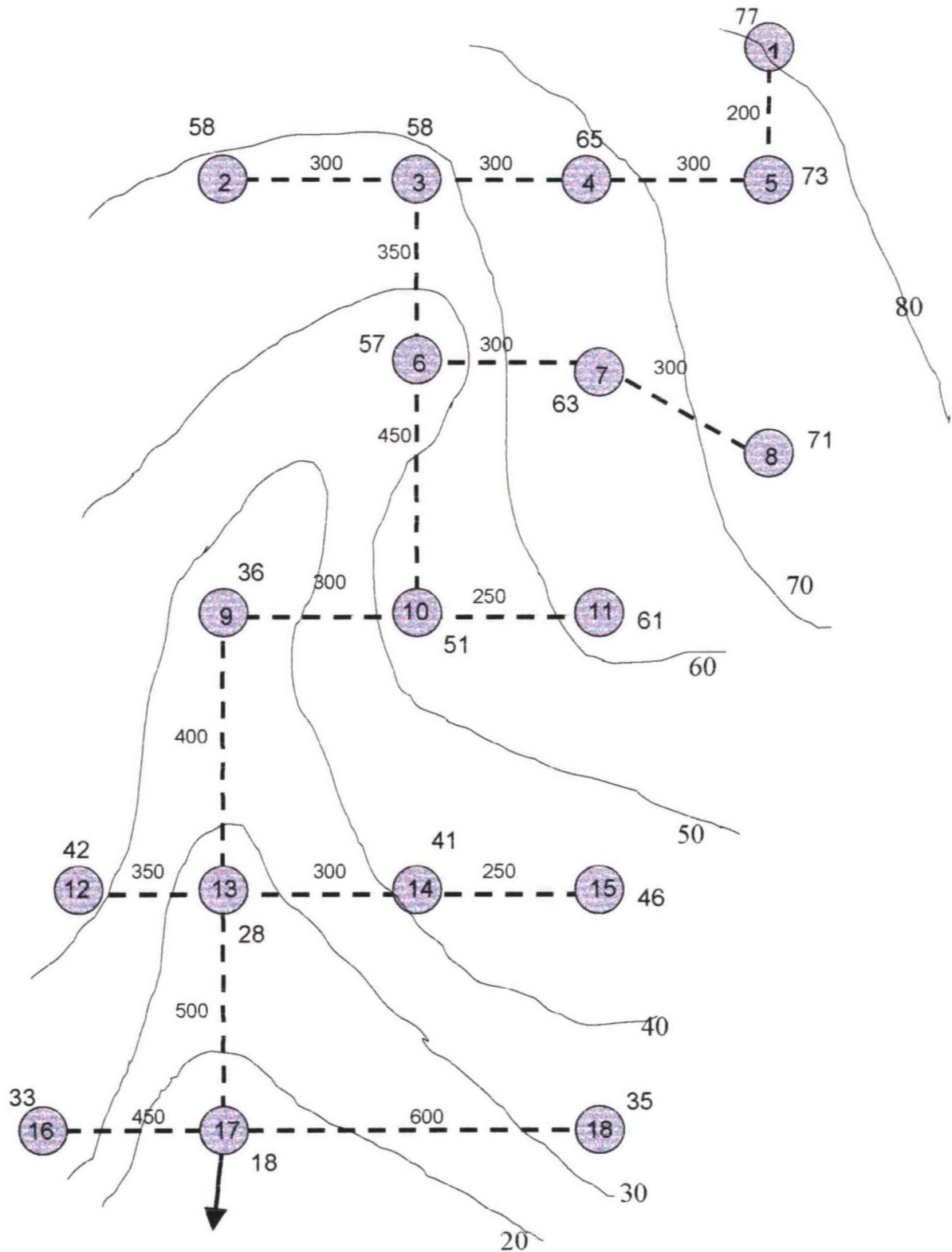


Figura 6.4 - Resultado da rede otimizada opção 1 – R\$ 95.929,32

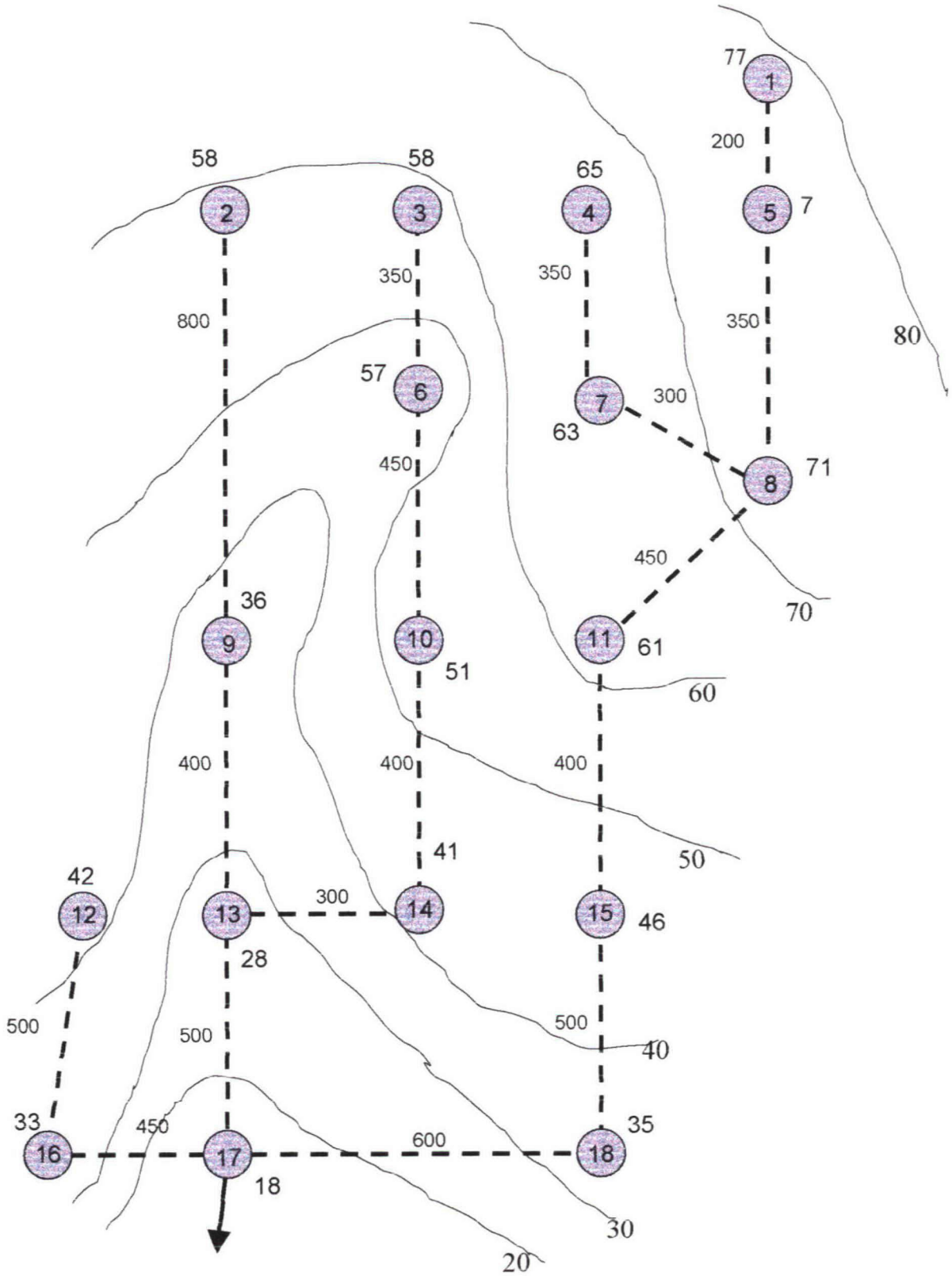


Figura 6.5 - Resultado da rede otimizada opção 2 - R\$ 128.433,01

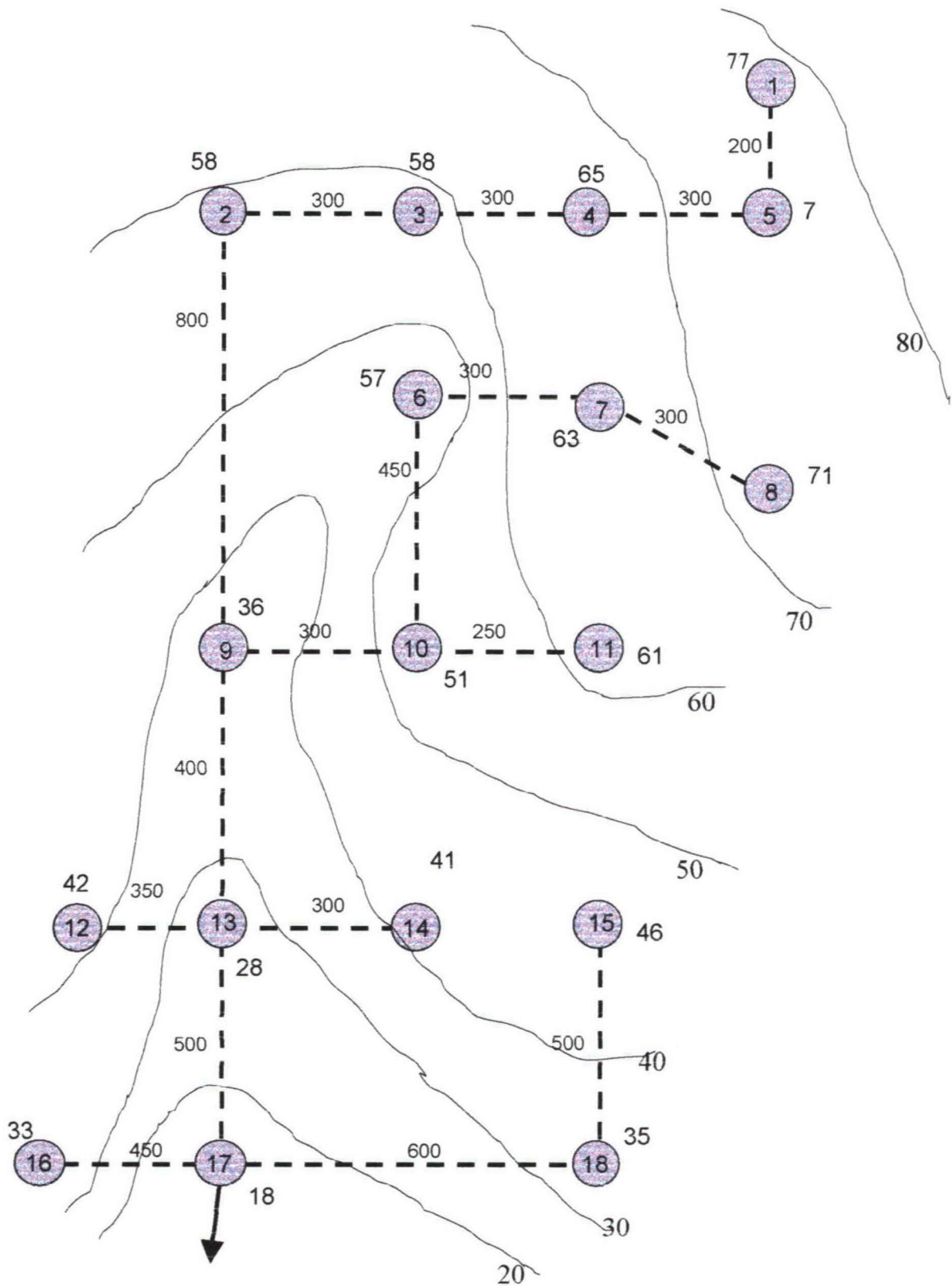


Figura 6.6 - Resultado da rede otimizada opção 3 - R\$ 144.886,05

6.2. Estudo de Caso – Aplicação em Projeto Existente

Foi escolhida, para estudo de caso, a cidade de Jaguariaíva, cujo projeto foi desenvolvida pela Fundação Nacional de Saúde em 1991.

O município de Jaguariaíva localiza-se na zona fisiográfica dos Campos gerais, no Estado do Paraná. A cidade foi edificada sobre uma colina na qual ocorre a confluência entre os rios Capivari e Jaguariaíva. Sua posição é definida pelas seguintes coordenadas geográficas : latitude sul 24° 25'46" e longitude W.Gr 49° 31'00".

O projeto do sistema de esgoto de Jaguariaíva foi dimensionado levando-se em consideração um horizonte de 20 anos (1992 a 2012), e uma população(na época) de 19.915 habitantes.

A topografia da malta urbana da de Jaguariaíva conduziu a uma divisão da área de projeto em 4 bacias distintas.

Para estudo de caso será utilizada e recalculada somente parte da bacia 02, com área total de 81,70ha. Em início de plano, a população (1992) era de 2104 habitantes, com densidade de 25,75 hab / ha e, para fim de plano, a projeção da população foi de 5474 habitantes com densidade de 67 hab / ha. A população de saturação(baseada na metragem de rede na bacia = 13.325m) resultou em 7.614 hab.

Para o cálculo da rede, foram utilizados os seguintes parâmetros:

-vazão de infiltração=0,0002l/s.m

-comprimento de rede total=13.325m

-consumo de água per-capita=150 l/dia

-coeficiente retorno água/esgoto(c)=0,8

-coeficiente do dia de maior consumo(k_1)=1,2

-coeficiente da hora de maior consumo(k_2)=1,5

-coeficiente para vazão mínima(k_3)=0,5

-coeficiente de Manning para tubo cerâmico(n)=0,013

-Vazões domiciliares na bacia 02:

	1992	2012
Q média	2,92	7,60
Q máx. Dia	3,51	9,12
Q máx. Hor.	5,26	13,68
Q mín.	1,46	3,80

Tabela 6.7 – Dados da Cidade de Jaguariaíva

Q infiltração = 2,66 l/s

Q saturação = 19,03

Coeficiente de contribuição no início de plano = 0,000594 e de saturação 0,001628 l/s.m.

A bacia 02 corresponde aos coletores de nºs 600 a 800, serão dimensionados parte deles, conforme lista de dimensionamento e planta em anexo, para as mesmas condições propostas no projeto.

A parte da rede que foi dimensionada, tem vazão inicial de 5,78 l/s e vazão de saturação de 15,85 l/s, considerando-se a vazão de infiltração, ao longo de 5015m.

7. Conclusões e recomendações

Nesta dissertação, foi proposta uma otimização de traçado e de perfil para as redes coletoras, de modo a reduzir o seu custo de implantação.

Neste sentido, é possível concluir que o modelo proposto comprova a tese de que a otimização reduz o custo devido a diminuição nos volumes de escavação e reaterro de valas e, às vezes, a diminuição nos diâmetros dos tubos.

Em relação a otimização do perfil calculado pela programação dinâmica, em grande parte da rede onde se utiliza diâmetro, declividade e recobrimento mínimos, a redução no custo é muito pequena, verificando-se maiores valores onde há maior concentração de vazão, justamente nos trechos mais próximos a uma estação elevatória ou emissários.

Na otimização do traçado pelo algoritmo em Grafos, as variações são maiores; por isso, com a inversão do caminhamento das vazões (a fim de se definir o melhor percurso em função do custo), obtém-se como resultado o caminho ótimo.

Finalmente, recomendamos para futuros estudos nesta área, que seja analisada a hipótese do uso "grafos não dirigidos", para que não haja a necessidade de se definir o sentido do escoamento; e, com uma proposta de interligação entre os softwares de cálculo e os softwares de desenho e topografia, as cotas do terreno poderão ser levantadas automaticamente, sendo então definidos diretamente os caminhamentos possíveis com um cálculo automatizado da rede (poderão, inclusive, ser gerados perfis dos trechos para melhor visualização).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARGAMAN, y., Sharmir, U. and Spivak, E. - **Design of Optimal Sewerage Systems** - Journal of the Environmental Engineering Division - Vol. 99. Nº E E 5, p. 703-715, 1973
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Rio de Janeiro – **Elaboração de Projetos de redes de Esgotos Sanitários**, PNB567-São Paulo, CETESB,s.d,
3. AZEVEDO Netto, J.M. de – **Otimização Econômica dos Projetos de Esgotos**, São Paulo- Planidro-Eng. Consultores, 1975. Trabalho apresentado no 8º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, 14-19 dezembro 1975.
4. BOAVENTURA. Neto, P. O. – **Grafos- Teoria, Modelos, Algoritmos-** São Paulo- Editora Edgard Blücher Ltda, 1996.
5. BRAGA, Florindo dos Santos – **Otimização de Custos Aplicada ao Processo de dimensionamento de Redes** – Tese de Mestrado – USP – São Carlos, 1982.
6. CHARALAMBAUS, C and Elimam, A . A .- **Heuristic Design of Sewer Networks** –Journal of Environmental Engineering, Vol. 116, nº 6, p. 1181-1199,1990.

7. DAJANI, J.S. and Hasit, Y. – **Capital Cost Minimization of Drainage Engineering Division**, Vol. 100,nº EE2, p. 325-337, 1974.
8. ELIMAM, A. A. , Charalambaus, C. and Globrial, F.H. **Optimal Design of Large Sewers Networks-Journal of Environmental Engineering**, Vol. 115, nº 6, p. 1171-1190,1989.
9. GUPTA,, J . M . , Agarwal, S. K. and Khanna, P. – **Optimal Design of Wastewater Collection Systems** – Journal of the Environmental Engineering Division- Vol 102, nº E E S , p. 1029- 1041, 1976.
10. HASTINGS, N.^aJ.-**Dynamic Programming With Management Applications**- London - Butlerworth & Co – 1973.
11. LAWRENCE, C. H. – **Economic Considerations for Sanitary Sewers**, Public Works, California, U S , Vol 98, nº3, p. 99-102,1967.
12. LIEBMAN, J. C. **Heuristic Aid for the Design of Sewer Networks**- Journal of the Sanitary Engineering Division, Vol 93, nº S A 4, p. 81-90, 1966.
13. MENDONÇA, S.R. - **Tópicos Avançados em Sistemas de Esgotos Sanitários** - Rio de Janeiro - CIP .BRASIL –1987.

14. MERRITT, L. B. and Bogan, R. H. - **Computer- Based Optimal Design of Sewers Systems**-Journal of the Environmental Engineering Division Vol 99, nº E E 1, p. 35- 53, 1973.
15. NILSSON, N.J. - **Problem- Solving Methods in Artificial Intelligence** - New York - Mc Grawtill Book Company –1971.
16. ORSINI, E. Q. - **Concepção de Sistema de Esgotos Sanitários** - Apostila da USP.
17. PINI - **Revista Construção** – região sul nº 381 ano XXXIV julho/2000.
18. SANEPAR - **Tabela de preços Unitários Compostos** - Janeiro /98.
19. SWANA, W. and Modk, P.M. - **Graphs for Hydraulic Desing of Sanitary Sewers** - Journal of Environmental Engineering - Vol. 116, nº3, p. 561-574, 1990.
20. TSUTIYGA, M.T. and Além Sobr., P. - **Redes Coletoras de Esgotos Sanitários** - Critérios de Projeto - Apostila de USP - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.
21. WALS, S. and Brown, L. C. - **Least Cost Melhod for Sewer Design** – Journal of the Environmental Engineering Division- Vol 99, nº E E 3, p. 333-345, 1973.

9. Anexos

9.1. Listagem do Programa

unit ROS100;

interface

uses

SysUtils, WinTypes, WinProcs, Messages, Classes, Graphics, Controls,
StdCtrls, Forms, DBCtrls, DB, Mask, ExtCtrls, Buttons, DBTables, TabNotBk,
QuickRep, Grids, DBGrids, ComCtrls, OleCtrls, Dialogs, Gauges, FileCtrl;

type

```
TRedeOSForm = class(TForm)
  Panel1: TPanel;
  SpeedButton1: TSpeedButton;
  PageControl1: TPageControl;
  Detalhes: TTabSheet;
  Custos: TTabSheet;
  Edit81: TEdit;
  procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
  procedure FormKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
  procedure FormShow(Sender: TObject);
  procedure PageControl1Change(Sender: TObject);
  procedure SpeedBtnAjudaClick(Sender: TObject);
  procedure SpeedButton27Click(Sender: TObject);
  procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
  procedure DBRadioGroup1Exit(Sender: TObject);
  procedure CalculoRedeEnter(Sender: TObject);
  procedure CalculoRedeExit(Sender: TObject);
  procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
  procedure Edit1Enter(Sender: TObject);
  procedure Edit1Exit(Sender: TObject);
  procedure Edit3Exit(Sender: TObject);
  procedure Edit4Exit(Sender: TObject);
  procedure Edit5Exit(Sender: TObject);
  procedure Edit6Exit(Sender: TObject);
  procedure Edit7Enter(Sender: TObject);
  procedure Edit7Exit(Sender: TObject);
  procedure Edit8Exit(Sender: TObject);
  procedure FormKeyDown(Sender: TObject; var Key: Word;
    Shift: TShiftState);
  procedure DBEdit1Change(Sender: TObject);
  procedure Edit9Exit(Sender: TObject);
  procedure Edit10Exit(Sender: TObject);
  procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);
  procedure DBEdit21Change(Sender: TObject);
  procedure CustosEnter(Sender: TObject);
  procedure DBGrid1Db1Click(Sender: TObject);
  procedure DBNavigator3Click(Sender: TObject; Button: TNavigateBtn);
  procedure SpeedButton8Click(Sender: TObject);
private
  Relatorio : TQuickReport;
  procedure SetDemonstracao(Demonstracao1: Boolean);
public
  property Demonstracao1: Boolean write SetDemonstracao;
end;
```

Const


```

MaxTabDiametro           = 13;
Const
  TabDiametro             : Array[1..MaxTabDiametro] Of Real =
  (0.100,0.150,0.200,0.250,0.300,0.400,0.500,0.600,0.800,1.000,1.500,2.000,3.000);

var
  RedeOSForm             : TRedeOSForm;
  S,S1,S2                : String;
  Sucesso,Demonstracao,TiranteIniMaior050,TiranteFimMaior050 : Boolean;
  Cancel,Cancel1        : Boolean;
  DescCidade             : String[30];
  Valor,CInicio,CFim,Total,valor1 : Real;
  PInicio,PFim,Pos,Tam   : Integer;
  ExtensaoRede,CoeffInicial,CoeffFinal,Maning,DiametroCalculo : Real;
  CotaTerrenoInicial,CotaTerrenoFinal : Real;
  CotaGeratrizInfTuboInicial,CotaGeratrizInfTuboFinal : Real;
  Declividade,VazaoInicial,VazaoFinal,Diametro : Real;
  PontoStart,PontoFStart,PontoAnt,PontoAnt1 : Integer;
  VarIni1,VarFim1,VarIni2,VarFim2 : Real;
  VarIni3,VarFim3,VarIni4,VarFim4,CustoPorMetroDeclividade : Real;
  VarIni5,VarFim5,VarIni6,VarFim6,CustoPorMetroDiametro : Real;
  RaioHidraulicoInicial,TiranteInicial,TiranteFinal : Real;
  RaioHidraulicoFinal,TensaoTrativaInicial,TensaoTrativaFinal: Real;
  DeclividadeMinInicial,DeclividadeMinFinal : Real;
  VelocidadeInicial,VelocidadeFinal : Real;
  StartTabDiametro,NPV,NOutros,Ponto : Integer;
  Extensao,DiametroTubo,DiametroTuboTab,ProfMedia : Real;
  LarguraVala,VazaoInicialC,VazaoFinalC : Real;
  CodTrechoAnt,CodRedeAnt,CodRamal,N,TipoRamal,TrechoAnt : Integer;
  DeclividadeAnt,CustoPorMetroAnt : Real;
  CidadeAnt,StrPonto : String[30];
  VazaoInicialAnt,VazaoFinalAnt,VazaoInicialAc,VazaoFinalAc : Real;

```

implementation

uses

ROS000aa, Adm002;

{ \$R *.DFM }

procedure TRedeOSForm.SetDemonstracao(Demonstracao1: Boolean);

Begin

Demonstracao:=Demonstracao1;

End;

Procedure LimpaForm(Sender: TObject);

Var P: Integer;

Begin

For P:=0 To RedeOSForm.ComponentCount-1 Do

Begin If RedeOSForm.Components[P] is TEdit

Then Begin Case RedeOSForm.Components[P].Tag Of

1 : TEdit(RedeOSForm.Components[P]).Text:='0';

2 : TEdit(RedeOSForm.Components[P]).Text:="";

End;

End;

End;

End;

Function ElevaXY(Fonte,Expoente: Real) : Real;

Var Retorno,LogXY: Real;

Begin

LogXY:=Ln(Fonte);

LogXY:=(LogXY*Expoente);

Retorno:=(Exp(LogXY));

ElevaXY:=Retorno;

End;

Procedure CalculoCustos(Var Total: Real);

Begin

DiametroTuboTab:=(Diametro*1000);

NPV:=1; NOutros:=0;

LarguraVala:=(0.4+DiametroTubo);

If LarguraVala<0.65 Then LarguraVala:=0.65;

RedeOSForm.Edit60.Text:=FloatToStrF(DiametroTuboTab,ffNumber,9,0);

RedeOSForm.Edit61.Text:=FloatToStrF(ProfMedia,ffNumber,9,3);

RedeOSForm.Edit62.Text:=FloatToStrF(LarguraVala,ffNumber,9,3);

RedeOSForm.Edit22.Text:="";

RedeOSForm.Edit23.Text:="";

RedeOSForm.Edit24.Text:="";

RedeOSForm.Edit25.Text:="";

RedeOSForm.Edit21.Text:=FloatToStrF((ProfMedia*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

If ProfMedia>1 Then

Begin RedeOSForm.Edit22.Text:=FloatToStrF((1*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit23.Text:=FloatToStrF(((ProfMedia-1)*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

End;

If ProfMedia>2 Then

Begin RedeOSForm.Edit22.Text:=FloatToStrF((1*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit23.Text:=FloatToStrF((1*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit24.Text:=FloatToStrF(((ProfMedia-2)*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

End;

If ProfMedia>3 Then

Begin RedeOSForm.Edit22.Text:=FloatToStrF((1*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit23.Text:=FloatToStrF((1*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit24.Text:=FloatToStrF((1*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit25.Text:=FloatToStrF(((ProfMedia-3)*LarguraVala*Extenscao),ffNumber,9,2);

End;

Valor:=(ProfMedia*LarguraVala*Extenscao);

RedeOSForm.Edit26.Text:=FloatToStrF(ABS((((DiametroTubo/2)*(DiametroTubo/2)*pi)*Extenscao)-Valor),ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit32.Text:=FloatToStrF(((ProfMedia*Extenscao)/3),ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit27.Text:=FloatToStrF(Extenscao,ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit28.Text:=FloatToStrF(Extenscao,ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit29.Text:=IntToStr(NPV);

RedeOSForm.Edit30.Text:=IntToStr(NOutros);

RedeOSForm.Edit31.Text:="";

ROSMasterData.Tabela.CancelRange;

ROSMasterData.Tabela.SetRange([IntToStr(RedeOSForm.RadioGroup1.ItemIndex)],

[IntToStr(RedeOSForm.RadioGroup1.ItemIndex)]);

If ROSMasterData.Tabela.RecordCount>0

Then Begin ROSMasterData.Tabela.First;

While Not ROSMasterData.Tabela.EOF Do

Begin Case ROSMasterData.TabelaItem.Value Of

```

1 : Begin Case ROSMasterData.TabelaFaixa.Value Of
  1 :
RedeOSForm.Edit35.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  2 :
RedeOSForm.Edit36.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  3 :
RedeOSForm.Edit37.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  4 :
RedeOSForm.Edit38.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  End;
  End;
  2 :
RedeOSForm.Edit39.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  3 : Begin If ROSMasterData.TabelaValorFaixa.Value<=DiametroTuboTab
  Then
RedeOSForm.Edit40.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  End;
  4 : Begin If ROSMasterData.TabelaValorFaixa.Value<=DiametroTuboTab
  Then
RedeOSForm.Edit41.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  End;
  5 :
RedeOSForm.Edit42.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  6 :
RedeOSForm.Edit43.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  7 :
RedeOSForm.Edit44.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  8 : Begin If (ROSMasterData.TabelaFaixa.Value=RedeOSForm.RadioGroup2.ItemIndex)
  Then
RedeOSForm.Edit45.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  End;
  9 :
RedeOSForm.Edit46.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TabelaValor.Value,ffNumber,9,2);
  End;
  ROSMasterData.Tabela.Next;
  End;
  End;
Total:=0;
LimpaStr(RedeOSForm.Edit22.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit35.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit48.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit23.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit36.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit49.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit24.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit37.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit50.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit25.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit38.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit51.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit26.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit39.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);

```

```

Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit52.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit27.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit40.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit53.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit28.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit41.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit54.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit29.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit42.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit55.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit30.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit43.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit56.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit31.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit44.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit57.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit32.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit45.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit58.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit33.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
LimpaStr(RedeOSForm.Edit46.Text,S); Valor1:=StrToFloat(S); Valor:=(Valor*Valor1);
Total:=(Total+Valor);
RedeOSForm.Edit59.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
End;

```

```

procedure TRedeOSForm.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin
  Close;
end;

```

```

Procedure TestaRamal(Ponto: Integer; Var TipoRamal: Integer; Var Ramal: Integer);
Var P: Integer;
Begin
  TipoRamal:=0; Ramal:=0;
  ROSMasterData.Ramais.First;
  While Not ROSMasterData.Ramais.EOF Do
  Begin N:=0; Pos:=0; Tam:=0;

    End;
    LimpaStr(Copy(ROSMasterData.RamaisSequencia.Value,Pos,Tam),S);
    If Ponto=StrToInt(S)
    Then Begin Ramal:=ROSMasterData.RamaisRamal.Value;
           TipoRamal:=ROSMasterData.RamaisTipo.Value;
           Break;
        End;
    ROSMasterData.Ramais.Next;
  End;
End;

```

```

Procedure GravaRamal(Oper:Integer; Cidade: String; Rede,Trecho,TipoRamal,Ramal: Integer;
VazaoInicial,VazaoFinal: Real);
Var P: Integer;
Begin
  Sucesso:=ROSMasterData.Trechos.FindKey([Cidade, IntToStr(Rede), IntToStr(Trecho)]);
  If Sucesso
  Then Begin Sucesso:=ROSMasterData.Ramais.FindKey([Cidade, IntToStr(Rede), IntToStr(Ramal)]);
    If Sucesso
    Then ROSMasterData.Ramais.Edit
    Else Begin ROSMasterData.Ramais.Insert;
      ROSMasterData.RamaisCidade.Value:=Cidade;
      ROSMasterData.RamaisCodRede.Value:=Rede;
    End;
    ROSMasterData.RamaisTipo.Value:=TipoRamal;
    S:="";
    If ROSMasterData.RamaisSequencia.Value="" Then
    S:=ROSMasterData.TrechosPontoInicial.Text+';';

    ROSMasterData.RamaisSequencia.Value:=ROSMasterData.RamaisSequencia.Value+S+ROSMasterData.
    TrechosPontoFinal.Text+';';

    ROSMasterData.RamaisSequenciaTrecho.Value:=ROSMasterData.RamaisSequenciaTrecho.Value+ROSM
    asterData.TrechosCodTrecho.Text+';';
    ROSMasterData.Ramais.Post;
    Pos:=1; Tam:=0; VazaoInicialAc:=0; VazaoFinalAc:=0;
    End;
  End;
End;

procedure TRedeOSForm.FormKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
  If ((Not (ActiveControl is TMemo)) And (Not (ActiveControl is TDBMemo)))
  Then Begin Case Key Of #13: Perform(WM_NEXTDLGCTL,0,0);
    #27: Perform(WM_NEXTDLGCTL,1,0);
  End;
  If Key In [#13, #27] Then Key:=#0;
  End;
end;

procedure TRedeOSForm.FormShow(Sender: TObject);
begin
  DescCidade:="";
  Sucesso:=ROSMasterData.Empresa.FindKey(['0']);
  If Sucesso
  Then Begin DescCidade:=ROSMasterData.EmpresaDescCidade.Value;
    End;
  RedeOSForm.Edit2.Text:=DescCidade;
  With ROSMasterData.Auxiliar Do
  Begin TableName:='A_Grafos';
    With FieldDefs Do
    Begin Clear;
      Add('PontoInicial',ftInteger,0,False);
      Add('PontoFinal',ftInteger,0,False);
      Add('CodTrecho',ftInteger,0,False);
      Add('CodRede',ftInteger,0,False);
      Add('TipoTabela',ftInteger,0,False);
    End;
  End;
end;

```

```

        Add('Distancia',ftFloat,0,False);
        Add('CustoPorMetro',ftFloat,0,False);
        Add('Declividade',ftFloat,0,False);
        Add('Cidade',ftString,30,False);
        Add('VazaoInicial',ftFloat,0,False);
        Add('VazaoFinal',ftFloat,0,False);
        Add('Status',ftInteger,0,False);
    End;
    With IndexDefs Do
    Begin Clear;
        Add('Classificacao','PontoInicial;PontoFinal',[ixPrimary,ixUnique]);
    End;
    CreateTable;
End;
With ROSMasterData.Auxiliar1 Do
Begin TableName:='A1';
    With FieldDefs Do
    Begin Clear;
        Add('Sequencia',ftAutoInc,0,False);
        Add('Cidade',ftString,30,False);
        Add('CodRede',ftInteger,0,False);
    End;
    With IndexDefs Do
    Begin Clear;
        Add('Classificacao','Sequencia',[ixPrimary,ixUnique]);
    End;
    CreateTable;
End;
end;

procedure TRedeOSForm.PageControl1Change(Sender: TObject);
begin
    If RedeOSForm.PageControl1.ActivePage=Detalhes
    Then RedeOSForm.Caption:='Detalhamento da Rede Selecionada';
    If RedeOSForm.PageControl1.ActivePage=Custos
    Then RedeOSForm.Caption:='Custos Estimativos Para Execução da Rede';
    If RedeOSForm.PageControl1.ActivePage=CalculoRede
    Then RedeOSForm.Caption:='Otimização da Rede Selecionada';
end;

procedure TRedeOSForm.SpeedBtnAjudaClick(Sender: TObject);
begin
    If Winexec('C:\ORD_SERV\AJUDA\editor_help_os2000.exe',sw_ShowNormal)=2 Then
    ShowMessage('Editor Help Não Encontrado');
end;

procedure TRedeOSForm.SpeedButton27Click(Sender: TObject);
begin
    If Winexec('C:\WINDOWS\CALC.exe',sw_ShowNormal)=2 Then ShowMessage('Calculadora Não
    Encontrada Em C:\WINDOWS');
end;

procedure TRedeOSForm.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
    Sucesso:=False; LimpaStr(RedeOSForm.Edit1.Text,S); LimpaStr(RedeOSForm.Edit7.Text,S1);
    RedeOSForm.Edit1.Text:=S;

```

```

RedeOSForm.Edit7.Text:=S1;
If (StrToInt(RedeOSForm.Edit1.Text)=StrToInt(RedeOSForm.Edit7.Text))
Then Begin Sucesso:=True;
    ShowMessage('Ponto Inicial ('+RedeOSForm.Edit1.Text+') Igual Ao Ponto Final
('+RedeOSForm.Edit7.Text+')');
    End;
If Not Sucesso
Then Begin ROSMasterData.Trechos.First;
    While Not ROSMasterData.Trechos.EOF Do
    Begin If (((StrToInt(RedeOSForm.Edit1.Text)=ROSMasterData.TrechosPontoInicial.Value) And
(StrToInt(RedeOSForm.Edit7.Text)=ROSMasterData.TrechosPontoFinal.Value)) Or
((StrToInt(RedeOSForm.Edit7.Text)=ROSMasterData.TrechosPontoInicial.Value) And
(StrToInt(RedeOSForm.Edit1.Text)=ROSMasterData.TrechosPontoFinal.Value)))
    Then Begin Sucesso:=True;
        ShowMessage('Trecho Do Ponto ('+RedeOSForm.Edit1.Text+') Ao Ponto
('+RedeOSForm.Edit7.Text+') Já Existente');
        Break;
        End;
        ROSMasterData.Trechos.Next;
    End;
End;
If Not Sucesso
Then Begin ROSMasterData.Trechos.Insert;
    ROSMasterData.TrechosCidade.Value:=ROSMasterData.Redecidade.Value;
    ROSMasterData.TrechosCodRede.Value:=ROSMasterData.Redecodigo.Value;
    ROSMasterData.TrechosPontoInicial.Text:=RedeOSForm.Edit1.Text;
    ROSMasterData.TrechosPontoFinal.Text:=RedeOSForm.Edit7.Text;
    ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoInicial.Text:=RedeOSForm.Edit3.Text;
    ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoFinal.Text:=RedeOSForm.Edit6.Text;
    ROSMasterData.TrechosVazaoConcentradaInicial.Text:=RedeOSForm.Edit4.Text;
    ROSMasterData.TrechosVazaoConcentradaFinal.Text:=RedeOSForm.Edit5.Text;
    ROSMasterData.TrechosDistancia.Text:=RedeOSForm.Edit8.Text;
    ROSMasterData.Trechos.Post;
    ROSMasterData.Trechos.Last;
    Sucesso:=ROSMasterData.Cotas.FindKey([RedeOSForm.DBEdit25.Text,
RedeOSForm.DBEdit20.Text, RedeOSForm.Edit1.Text]);
    If Not Sucesso
    Then Begin ROSMasterData.Cotas.Insert;
        ROSMasterData.CotasCidade.Value:=RedeOSForm.DBEdit25.Text;
        ROSMasterData.CotasCodRede.Value:=StrToInt(RedeOSForm.DBEdit20.Text);
        ROSMasterData.CotasPonto.Value:=StrToInt(RedeOSForm.Edit1.Text);
        LimpaStr(RedeOSForm.Edit3.Text,S);
        ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value:=StrToFloat(S);
        LimpaStr(RedeOSForm.Edit4.Text,S);
        ROSMasterData.CotasVazaoConcentrada.Value:=StrToFloat(S);
        ROSMasterData.Cotas.Post;
    End;
    Sucesso:=ROSMasterData.Cotas.FindKey([RedeOSForm.DBEdit25.Text,
RedeOSForm.DBEdit20.Text, RedeOSForm.Edit7.Text]);
    If Not Sucesso
    Then Begin ROSMasterData.Cotas.Insert;
        ROSMasterData.CotasCidade.Value:=RedeOSForm.DBEdit25.Text;
        ROSMasterData.CotasCodRede.Value:=StrToInt(RedeOSForm.DBEdit20.Text);
        ROSMasterData.CotasPonto.Value:=StrToInt(RedeOSForm.Edit7.Text);
        LimpaStr(RedeOSForm.Edit6.Text,S);
        ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value:=StrToFloat(S);

```

```

        LimpaStr(RedeOSForm.Edit5.Text,S);
        ROSMasterData.CotasVazaoConcentrada.Value:=StrToFloat(S);
        ROSMasterData.Cotas.Post;
    End;
End;
If RedeOSForm.Edit1.CanFocus Then RedeOSForm.Edit1.SetFocus;
end;

procedure TRedeOSForm.DBRadioGroup1Exit(Sender: TObject);
begin
    Case ROSMasterData.Redes.State Of
        dsInsert,dsEdit: Begin Case ROSMasterData.Redes.TipoTubo.Value Of
            0 : ROSMasterData.Redes.CoefficienteManinng.Value:=0.013;
            1 : ROSMasterData.Redes.CoefficienteManinng.Value:=0.010;
            2 : ROSMasterData.Redes.CoefficienteManinng.Value:=0.015;
        End;
    End;
End;
end;

procedure TRedeOSForm.CalculoRedeEnter(Sender: TObject);
begin
    PInicio:=0; PFim:=0; CInicio:=0; CFim:=900000.000; ExtensaoRede:=0;
    ROSMasterData.Auxiliar.EmptyTable;
    ROSMasterData.Auxiliar.Open;
    ROSMasterData.Ramais.First;
    ROSMasterData.Trechos.First;
    RedeOSForm.Gauge2.MaxValue:=ROSMasterData.Trechos.RecordCount;
    RedeOSForm.Gauge2.Progress:=0;
    While Not ROSMasterData.Trechos.EOF Do
        Begin RedeOSForm.Gauge2.Progress:=RedeOSForm.Gauge2.Progress+1;
            ExtensaoRede:=(ExtensaoRede+ROSMasterData.Trechos.Distancia.Value);
            ROSMasterData.Auxiliar.Insert;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoInicial']:=ROSMasterData.Trechos.PontoInicial.Value;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoFinal']:=ROSMasterData.Trechos.PontoFinal.Value;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodTrecho']:=ROSMasterData.Trechos.CodTrecho.Value;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodRede']:=ROSMasterData.Trechos.CodRede.Value;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Distancia']:=ROSMasterData.Trechos.Distancia.Value;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Cidade']:=ROSMasterData.Redes.Cidade.Value;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['TipoTabela']:=0;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Status']:=0;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CustoPorMetro']:=0;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Declividade']:=0;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoInicial']:=0;
            ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoFinal']:=0;
            ROSMasterData.Auxiliar.Post;
            If StrToInt(RedeOSForm.DBEdit34.Text)>0
                Then Begin ROSMasterData.Auxiliar.Insert;

ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoInicial']:=ROSMasterData.Trechos.PontoFinal.Value;

ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoFinal']:=ROSMasterData.Trechos.PontoInicial.Value;

ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodTrecho']:=ROSMasterData.Trechos.CodTrecho.Value;
                ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodRede']:=ROSMasterData.Trechos.CodRede.Value;
                ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Distancia']:=ROSMasterData.Trechos.Distancia.Value;
            End;
        End;
    End;
end;

```



```

        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['TipoTabela']:=1;
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Cidade']:=ROSMasterData.RedeCidade.Value;
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Status']:=0;
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CustoPorMetro']:=0;
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Declividade']:=0;
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoInicial']:=0;
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoFinal']:=0;
        ROSMasterData.Auxiliar.Post;
    End;
    ROSMasterData.Trechos.Next;
End;
ROSMasterData.Cotas.First;
RedeOSForm.Gauge2.MaxValue:=ROSMasterData.Cotas.RecordCount;
RedeOSForm.Gauge2.Progress:=0;
While Not ROSMasterData.Cotas.EOF Do
Begin RedeOSForm.Gauge2.Progress:=RedeOSForm.Gauge2.Progress+1;
    If ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value<=CFim
    Then Begin PFim:=ROSMasterData.CotasPonto.Value;
        CFim:=ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value;
        End;
    If ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value>=CInicio
    Then Begin PInicio:=ROSMasterData.CotasPonto.Value;
        CInicio:=ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value;
        End;
    ROSMasterData.Cotas.Next;
End;
RedeOSForm.Edit9.Text:=IntToStr(PInicio);
RedeOSForm.Edit11.Text:=FloatToStrF(CInicio,ffNumber,9,3);
RedeOSForm.Edit10.Text:=IntToStr(PFim);
RedeOSForm.Edit12.Text:=FloatToStrF(CFim,ffNumber,9,3);
RedeOSForm.Edit13.Text:=FloatToStrF(ExtensaoRede,ffNumber,9,2);
RedeOSForm.Notebook1.ActivePage:='Lista';
RedeOSForm.DBGrid4.DataSource:=ROSMasterData.AuxiliarSource;
If RedeOSForm.Edit9.CanFocus Then RedeOSForm.Edit9.SetFocus;
end;

procedure TRedeOSForm.CalculoRedeExit(Sender: TObject);
begin
    RedeOSForm.DBGrid4.DataSource:=nil;
    ROSMasterData.Auxiliar.Close;
end;

procedure TRedeOSForm.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
    If ROSMasterData.Auxiliar.Active Then ROSMasterData.Auxiliar.Close;
    ROSMasterData.Auxiliar.DeleteTable;
    If ROSMasterData.Auxiliar1.Active Then ROSMasterData.Auxiliar1.Close;
    ROSMasterData.Auxiliar1.DeleteTable;
end;

procedure TRedeOSForm.Edit1Enter(Sender: TObject);
begin
    RedeOSForm.Edit1.Text:='';
    RedeOSForm.Edit3.Text:='';
    RedeOSForm.Edit4.Text:='';
    RedeOSForm.Edit7.Text:='';

```

```

RedeOSForm.Edit6.Text:="";
RedeOSForm.Edit5.Text:="";
RedeOSForm.Edit8.Text:="";
end;

procedure TRedeOSForm.Edit1Exit(Sender: TObject);
begin
  Sucesso:=ROSMasterData.Cotas.FindKey([RedeOSForm.DBEdit25.Text, RedeOSForm.DBEdit20.Text,
RedeOSForm.Edit1.Text]);
  If Sucesso
  Then Begin
RedeOSForm.Edit3.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value,ffNumber,9,3);

RedeOSForm.Edit4.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.CotasVazaoConcentrada.Value,ffNumber,9,2);
  If RedeOSForm.Edit7.CanFocus Then RedeOSForm.Edit7.SetFocus;
  End;
end;

procedure TRedeOSForm.Edit3Exit(Sender: TObject);
begin
  LimpaStr(RedeOSForm.Edit3.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
  RedeOSForm.Edit3.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,3);
end;

procedure TRedeOSForm.Edit4Exit(Sender: TObject);
begin
  LimpaStr(RedeOSForm.Edit4.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
  RedeOSForm.Edit4.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
end;

procedure TRedeOSForm.Edit5Exit(Sender: TObject);
begin
  LimpaStr(RedeOSForm.Edit5.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
  RedeOSForm.Edit5.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
end;

procedure TRedeOSForm.Edit6Exit(Sender: TObject);
begin
  LimpaStr(RedeOSForm.Edit6.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
  RedeOSForm.Edit6.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,3);
end;

procedure TRedeOSForm.Edit7Enter(Sender: TObject);
begin
  RedeOSForm.Edit5.Text:="";
  RedeOSForm.Edit6.Text:="";
end;

procedure TRedeOSForm.Edit7Exit(Sender: TObject);
begin
  Sucesso:=ROSMasterData.Cotas.FindKey([RedeOSForm.DBEdit25.Text, RedeOSForm.DBEdit20.Text,
RedeOSForm.Edit7.Text]);
  If Sucesso
  Then Begin
RedeOSForm.Edit6.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value,ffNumber,9,3);

```

```

RedeOSForm.Edit5.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.CotasVazaoConcentrada.Value,ffNumber,9,2);
  If RedeOSForm.Edit8.CanFocus Then RedeOSForm.Edit8.SetFocus;
  End;
end;

procedure TRedeOSForm.Edit8Exit(Sender: TObject);
begin
  LimpaStr(RedeOSForm.Edit8.Text,S); Valor:=StrToFloat(S);
  RedeOSForm.Edit8.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,9,2);
end;

procedure TRedeOSForm.FormKeyDown(Sender: TObject; var Key: Word;
  Shift: TShiftState);
begin
  If RedeOSForm.PageControl1.ActivePage=Detalhes
  Then Begin Case Key Of
    VK_F9 : Begin RedeOSForm.SpeedButton2Click(Sender);
            Key:=0;
            End;
          End;
  End;
  If RedeOSForm.PageControl1.ActivePage=CalculoRede
  Then Begin Case Key Of
    VK_F9 : Begin RedeOSForm.SpeedButton3Click(Sender);
            Key:=0;
            End;
          End;
  End;
end;

procedure TRedeOSForm.DBEdit1Change(Sender: TObject);
begin
  ROSMasterData.Trechos.SetRange([ROSMasterData.Redecidade.Value,
  ROSMasterData.Redecodigo.Text],
  [ROSMasterData.Redecidade.Value, ROSMasterData.Redecodigo.Text]);
  ROSMasterData.Cotas.SetRange([ROSMasterData.Redecidade.Value,
  ROSMasterData.Redecodigo.Text],
  [ROSMasterData.Redecidade.Value, ROSMasterData.Redecodigo.Text]);
  ROSMasterData.Ramais.SetRange([ROSMasterData.Redecidade.Value,
  ROSMasterData.Redecodigo.Text],
  [ROSMasterData.Redecidade.Value, ROSMasterData.Redecodigo.Text]);
  ROSMasterData.NosRede.SetRange([ROSMasterData.Redecidade.Value,
  ROSMasterData.Redecodigo.Text],
  [ROSMasterData.Redecidade.Value, ROSMasterData.Redecodigo.Text]);
end;

procedure TRedeOSForm.Edit9Exit(Sender: TObject);
begin
  Sucesso:=ROSMasterData.Cotas.FindKey([RedeOSForm.DBEdit28.Text, RedeOSForm.DBEdit29.Text,
  RedeOSForm.Edit9.Text]);
  If Sucesso Then
  RedeOSForm.Edit11.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value,ffNumber,9,3)
  Else RedeOSForm.Edit11.Text:="";
end;

```

```

procedure TRedeOSForm.Edit10Exit(Sender: TObject);
begin
  Sucesso:=ROSMasterData.Cotas.FindKey([RedeOSForm.DBEdit28.Text, RedeOSForm.DBEdit29.Text,
RedeOSForm.Edit10.Text]);
  If Sucesso Then
RedeOSForm.Edit12.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.CotasCotaTerreno.Value.ffNumber,9,3)
    Else RedeOSForm.Edit12.Text:="";
end;

```

```

procedure TRedeOSForm.SpeedButton3Click(Sender: TObject);
Var P: Integer;

```

```

Procedure CalculoHidraulico;

```

```

Begin

```

```

  VarIni1:=0; VarFim1:=0; VarIni2:=0; VarFim2:=0;
  VarIni3:=0; VarFim3:=0; VarIni4:=0; VarFim4:=0;
  VarIni5:=0; VarFim5:=0; VarIni6:=0; VarFim6:=0;
  RaioHidraulicoInicial:=0; TiranteFinal:=0; RaioHidraulicoFinal:=0; TensaoTrativaInicial:=0;
  TensaoTrativaFinal:=0;
  If VazaoInicial<1.50 Then VazaoInicial:=1.50;
  If VazaoFinal<1.50 Then VazaoFinal:=1.50;
  DeclividadeMinInicial:=ElevaXY(VazaoInicial,(-0.47));
  DeclividadeMinFinal:=ElevaXY(VazaoFinal,(-0.47));
  VelocidadeInicial:=(ElevaXY((VazaoInicial/1000.00),0.25))*(ElevaXY(Declividade,0.375))*(15.80);
  VelocidadeFinal:=(ElevaXY((VazaoFinal/1000.00),0.25))*(ElevaXY(Declividade,0.375))*(15.80);
  Valor:=(((Maning*VazaoInicial)/ElevaXY(Diametro,2.667))/(ElevaXY(Declividade,0.50)*596));
  TiranteInicial:=ElevaXY(Valor,0.524);
  TiranteIniMaior050:=False;
  If TiranteInicial>0.50
  Then Begin TiranteIniMaior050:=True;
    Valor:=(((Maning*VazaoInicial)/ElevaXY(Diametro,2.667))/(ElevaXY(Declividade,0.50)*429));
    TiranteInicial:=ElevaXY(Valor,0.694);
  End;
  Valor:=(((Maning*VazaoFinal)/ElevaXY(Diametro,2.667))/(ElevaXY(Declividade,0.50)*596));
  TiranteFinal:=ElevaXY(Valor,0.524);
  TiranteFimMaior050:=False;
  If TiranteFinal>0.50
  Then Begin TiranteFimMaior050:=True;
    Valor:=(((Maning*VazaoFinal)/ElevaXY(Diametro,2.667))/(ElevaXY(Declividade,0.50)*429));
    TiranteFinal:=ElevaXY(Valor,0.694);
  End;
  If ((TiranteInicial<1.00) And (TiranteFinal<1.00))
  Then Begin VarIni1:=(1-(TiranteInicial*2));
    VarFim1:=(1-(TiranteFinal*2));
    VarIni2:=(Sqrt(1-(VarIni1*VarIni1))/VarIni1);
    VarFim2:=(Sqrt(1-(VarFim1*VarFim1))/VarFim1);
    VarIni3:=(ArcTan(VarIni2)*2);
    VarFim3:=(ArcTan(VarFim2)*2);
    VarIni4:=(Abs(360+(VarIni3/Pi*180)));
    VarFim4:=(Abs(360+(VarFim3/Pi*180)));
    VarIni5:=(Abs(Sin(VarIni4*Pi/180))*360);
    VarFim5:=(Abs(Sin(VarFim4*Pi/180))*360);
    VarIni6:=(2*Pi*VarIni4);
    VarFim6:=(2*Pi*VarFim4);
    RaioHidraulicoInicial:=((Diametro/4)*(1-(Sin(VarIni3)/VarIni3)));
    RaioHidraulicoFinal:=((Diametro/4)*(1-(Sin(VarFim3)/VarFim3)));

```

```

        If TiranteIniMaior050 Then RaioHidraulicoInicial:=(((Diametro/4))*(Abs(1+(VarIni5/VarIni6))));
        If TiranteFimMaior050 Then
RaioHidraulicoFinal:=(((Diametro/4))*(Abs(1+(VarFim5/VarFim6))));
        TensaoTrativaInicial:=(10000*RaioHidraulicoInicial*Declividade);
        TensaoTrativaFinal:=(10000*RaioHidraulicoFinal*Declividade);
    End;
End;

Procedure ProcessaCalculoHidraulico(Oper: Integer);
Var P: Integer;
Begin
    VazaoInicial:=(ROSMasterData.TrechosVazaoConcentradaInicial.Value+
        ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoInicial.Value+
        ROSMasterData.TrechosVazaoLocalInicial.Value);
    VazaoFinal:=(ROSMasterData.TrechosVazaoConcentradaInicial.Value+
        ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoFinal.Value+
        ROSMasterData.TrechosVazaoLocalFinal.Value);
    VazaoInicialC:=VazaoInicial;
    VazaoFinalC:=VazaoFinal;
    Declividade:=ROSMasterData.TrechosDeclividade.Value;
    Maning:=ROSMasterData.RedecoefficienteManingng.Value;
    Diametro:=ROSMasterData.RedediametroMinimo.Value;
    CustoPorMetroDiametro:=0;
    CustoPorMetroDeclividade:=0;
    StartTabDiametro:=1;
    For P:=1 To MaxTabDiametro Do
        Begin If Diametro=TabDiametro[P] Then StartTabDiametro:=P;
        End;
    For P:=StartTabDiametro To MaxTabDiametro Do
        Begin Diametro:=TabDiametro[P]; DiametroCalculo:=TabDiametro[P];
        CalculoHidraulico;
        If ((TiranteInicial<=0.75) And (TiranteFinal<=0.75) And
            (TensaoTrativaInicial>1) And (TensaoTrativaFinal>1))
        Then Begin Extensao:=ROSMasterData.TrechosDistancia.Value;
            DiametroTubo:=Diametro;
            ProfMedia:=(((ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoInicial.Value-
                ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboInicial.Value)+
                (ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoFinal.Value-
                ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboFinal.Value))/2);
            CalculoCustos(CustoPorMetroDiametro);
            Break;
        End;
    End;
    Declividade:=ROSMasterData.TrechosDeclividade.Value;
    Diametro:=ROSMasterData.RedediametroMinimo.Value;
    Cancel:=False;
    Repeat CalculoHidraulico;
        If ((TiranteInicial<=0.75) And (TiranteFinal<=0.75) And
            (TensaoTrativaInicial>1) And (TensaoTrativaFinal>1))
        Then Begin Extensao:=ROSMasterData.TrechosDistancia.Value;
            DiametroTubo:=Diametro;
            ProfMedia:=(((ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoInicial.Value-
                ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboInicial.Value)+
                (ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoFinal.Value-
                ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboFinal.Value))/2);
            CalculoCustos(CustoPorMetroDeclividade);

```

```

        Cancel:=True;
    End
    Else Declividade:=(Declividade+0.0001);
Until Cancel;
If (CustoPorMetroDeclividade>CustoPorMetroDiametro)
Then Begin Diametro:=DiametroCalculo;
    Declividade:=ROSMasterData.TrechosDeclividade.Value;
    CalculoHidraulico;
    End;
Extensao:=ROSMasterData.TrechosDistancia.Value;
Case Oper Of
    0 : Begin ROSMasterData.Auxiliar.Edit;
        If (CustoPorMetroDeclividade>CustoPorMetroDiametro)
        Then
ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CustoPorMetro']:=(CustoPorMetroDiametro/Extensao)
        Else
ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CustoPorMetro']:=(CustoPorMetroDeclividade/Extensao);
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Declividade']:=Declividade;
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoInicial']:=VazaoInicialC;
        ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoFinal']:=VazaoFinalC;
        ROSMasterData.Auxiliar.Post;
        End;
    End;
ROSMasterData.Trechos.Edit;
ROSMasterData.TrechosDiametro.Value:=DiametroCalculo;
ROSMasterData.TrechosVelocidadeInicial.Value:=VelocidadeInicial;
ROSMasterData.TrechosVelocidadeFinal.Value:=VelocidadeFinal;
ROSMasterData.TrechosTiranteInicial.Value:=TiranteInicial;
ROSMasterData.TrechosTiranteFinal.Value:=TiranteFinal;
ROSMasterData.TrechosTensaoTrativaInicial.Value:=TensaoTrativaInicial;
ROSMasterData.TrechosTensaoTrativaFinal.Value:=TensaoTrativaFinal;
ROSMasterData.TrechosCustoPorMetroDeclividade.Value:=(CustoPorMetroDeclividade/Extensao);
ROSMasterData.TrechosCustoPorMetroDiametro.Value:=(CustoPorMetroDiametro/Extensao);
ROSMasterData.TrechosCoeficienteManing.Value:=Maning;
ROSMasterData.Trechos.Post;
End;

Procedure DecideRota;
Var P: Integer;
Begin
ROSMasterData.Auxiliar.SetRange([IntToStr(PontoAnt)], [IntToStr(PontoAnt)]);
ROSMasterData.Auxiliar.First;
While Not ROSMasterData.Auxiliar.EOF Do
Begin Sucesso:=ROSMasterData.Trechos.FindKey([ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Cidade'],
    IntToStr(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodRede']),
    IntToStr(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodTrecho'])]);
    If Sucesso Then ProcessaCalculoHidraulico(0);
    ROSMasterData.Auxiliar.Next;
End;
CodTrechoAnt:=0; DeclividadeAnt:=90000000.00; CustoPorMetroAnt:=90000000.00; CidadeAnt:="";
CodRedeAnt:=0; PontoAnt1:=0;
VazaoInicialAnt:=0; VazaoFinalAnt:=0;
ROSMasterData.Auxiliar.First;
While Not ROSMasterData.Auxiliar.EOF Do
Begin If (ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CustoPorMetro']<CustoPorMetroAnt)
    Then Begin CustoPorMetroAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CustoPorMetro'];

```

```

    DeclividadeAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Declividade'];
    CodTrechoAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodTrecho'];
    CidadeAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Cidade'];
    CodRedeAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodRede'];
    PontoAnt1:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoInicial'];
    VazaoInicialAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoInicial'];
    VazaoFinalAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoFinal'];
End;
If ((ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CustoPorMetro']=CustoPorMetroAnt) And
(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Declividade']>DeclividadeAnt))
Then Begin CustoPorMetroAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CustoPorMetro'];
    DeclividadeAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Declividade'];
    CodTrechoAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodTrecho'];
    CidadeAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Cidade'];
    CodRedeAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodRede'];
    PontoAnt1:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoInicial'];
    VazaoInicialAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoInicial'];
    VazaoFinalAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoFinal'];
End;
ROSMasterData.Auxiliar.Next;
End;
TestaRamal(PontoAnt1,TipoRamal,CodRamal);

GravaRamal(0,CidadeAnt,CodRedeAnt,CodTrechoAnt,TipoRamal,CodRamal,VazaoInicialAnt,VazaoFinal
Ant);
ROSMasterData.Auxiliar.First;
While Not ROSMasterData.Auxiliar.EOF Do
Begin If ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodTrecho']<>CodTrechoAnt
    Then Begin TestaRamal(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoInicial'],TipoRamal,CodRamal);

GravaRamal(1,CidadeAnt,CodRedeAnt,ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodTrecho'],TipoRamal,Co
dRamal,

ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoInicial'],ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['VazaoFinal']);
End;
ROSMasterData.Auxiliar.Next;
End;
ROSMasterData.Auxiliar.CancelRange;
End;

Procedure LocalizaNoRede(Ramal,Ponto: Integer; Var StrSequencia: String);
Var P: Integer;
Begin
    StrSequencia:="";
    ROSMasterData.Ramais.First;
    While Not ROSMasterData.Ramais.EOF Do
    Begin If ROSMasterData.RamaisRamal.Value<>Ramal
        Then Begin Pos:=1; Tam:=0;

End;

begin
    ROSMasterData.Trechos.IndexName:="";
    RedeOSForm.DBEdit7.DataSource:=nil;
    RedeOSForm.DBEdit21.DataSource:=nil;
    RedeOSForm.DBGrid1.DataSource:=nil;

```

```

RedeOSForm.DBGrid4.DataSource:=nil;
RedeOSForm.DBGrid6.DataSource:=nil;
RedeOSForm.DBGrid7.DataSource:=nil;
RedeOSForm.DBGrid9.DataSource:=nil;
RedeOSForm.DBNavigator1.DataSource:=nil;
RedeOSForm.DBNavigator4.DataSource:=nil;
ROSMasterData.Auxiliar1.EmptyTable;
ROSMasterData.Auxiliar1.Open;
RedeOSForm.RadioGroup1.ItemIndex:=ROSMasterData.RedetipoTubo.Value;
LimpaStr(RedeOSForm.Edit13.Text,S); ExtensaoRede:=StrToFloat(S);
CoeffInicial:=(ROSMasterData.RedevazaoInicial.Value/ExtensaoRede);
CoeffFinal:=(ROSMasterData.RedevazaoFinal.Value/ExtensaoRede);
PontoAnt:=0;
ROSMasterData.Trechos.First;
While Not ROSMasterData.Trechos.EOF Do
Begin If ((ROSMasterData.TrechosCidade.Value=RedeOSForm.DBEdit18.Text) And
(ROSMasterData.TrechosCodRede.Value=StrToInt(RedeOSForm.DBEdit1.Text)))
Then Begin ROSMasterData.Trechos.Edit;
ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoInicial.Value:=0;
ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoFinal.Value:=0;
ROSMasterData.Trechos.Post;
End;
ROSMasterData.Trechos.Next;
End;
ROSMasterData.Ramais.First;
While Not ROSMasterData.Ramais.EOF Do
Begin If ((ROSMasterData.RamaisCidade.Value=RedeOSForm.DBEdit18.Text) And
(ROSMasterData.RamaisCodRede.Value=StrToInt(RedeOSForm.DBEdit1.Text)))
Then ROSMasterData.Ramais.Delete
Else ROSMasterData.Ramais.Next;
End;
ROSMasterData.NosRede.First;
While Not ROSMasterData.NosRede.EOF Do
Begin If ((ROSMasterData.NosRedeCidade.Value=RedeOSForm.DBEdit18.Text) And
(ROSMasterData.NosRedeCodRede.Value=StrToInt(RedeOSForm.DBEdit1.Text)))
Then ROSMasterData.NosRede.Delete
Else ROSMasterData.NosRede.Next;
End;
ROSMasterData.Auxiliar.First;
RedeOSForm.Gauge2.MaxValue:=ROSMasterData.Auxiliar.RecordCount;
RedeOSForm.Gauge2.Progress:=0;
While Not ROSMasterData.Auxiliar.EOF Do
Begin RedeOSForm.Gauge2.Progress:=RedeOSForm.Gauge2.Progress+1;
If ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['TipoTabela']=0
Then Begin CotaTerrenoInicial:=0; CotaTerrenoFinal:=0; Declividade:=0;
CotaGeratrizInfTuboInicial:=0; CotaGeratrizInfTuboFinal:=0;
Sucesso:=ROSMasterData.Cotas.FindKey([ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['Cidade'],
IntToStr(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodRede']),
IntToStr(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodRede']),
IntToStr(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoFinal'])]);
IntToStr(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodRede']),
IntToStr(ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['CodTrecho'])]);
If Sucesso
Then Begin ROSMasterData.Trechos.Edit;
CotaGeratrizInfTuboInicial:=(CotaTerrenoInicial-
(ROSMasterData.RedeprofundidadeMinima.Value+ROSMasterData.RedediametroMinimo.Value));

```



```

                CotaGeratrizInfTuboFinal:=(CotaTerrenoFinal-
(ROSMasterData.RedeprofundidadeMinima.Value+ROSMasterData.RedediametroMinimo.Value));
                Declividade:=((CotaGeratrizInfTuboInicial-
CotaGeratrizInfTuboFinal)/ROSMasterData.TrechosDistancia.Value);
                If Declividade<=0
                Then Begin CotaGeratrizInfTuboFinal:=(CotaGeratrizInfTuboInicial-
(0.0045*ROSMasterData.TrechosDistancia.Value));
                Declividade:=0.0045;
                End;

ROSMasterData.TrechosVazaoLocalInicial.Value:=(ROSMasterData.TrechosDistancia.Value*CoeffInicial)
;

ROSMasterData.TrechosVazaoLocalFinal.Value:=(ROSMasterData.TrechosDistancia.Value*CoeffFinal);
ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoInicial.Value:=CotaTerrenoInicial;
ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoFinal.Value:=CotaTerrenoFinal;
ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboInicial.Value:=CotaGeratrizInfTuboInicial;
ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboFinal.Value:=CotaGeratrizInfTuboFinal;
ROSMasterData.TrechosDeclividade.Value:=Declividade;
ROSMasterData.TrechosProfundidadeInicial.Value:=(CotaTerrenoInicial-
CotaGeratrizInfTuboInicial);
ROSMasterData.TrechosProfundidadeFinal.Value:=(CotaTerrenoFinal-
CotaGeratrizInfTuboFinal);
ROSMasterData.Trechos.Post;
        End;
    End;
    ROSMasterData.Auxiliar.Next;
End;
ROSMasterData.Auxiliar.First;
RedeOSForm.Gauge2.MaxValue:=ROSMasterData.Auxiliar.RecordCount;
RedeOSForm.Gauge2.Progress:=0;
While Not ROSMasterData.Auxiliar.EOF Do
Begin RedeOSForm.Gauge2.Progress:=RedeOSForm.Gauge2.Progress+1;
    If ((ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoInicial']<>PontoAnt) And (PontoAnt>0))
    Then Begin PontoIStart:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoInicial'];
        PontoFStart:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoFinal'];
        DecideRota;
        Sucesso:=ROSMasterData.Auxiliar.FindKey([IntToStr(PontoIStart), IntToStr(PontoFStart)])
    End;
    PontoAnt:=ROSMasterData.Auxiliar.FieldValues['PontoInicial'];
    ROSMasterData.Auxiliar.Next;
End;
DecideRota;
ROSMasterData.Trechos.IndexName:='Pontos';
RedeOSForm.Gauge2.MaxValue:=ROSMasterData.Ramais.RecordCount;
RedeOSForm.Gauge2.Progress:=0;
ROSMasterData.Ramais.First;
While Not ROSMasterData.Ramais.EOF Do
Begin RedeOSForm.Gauge2.Progress:=RedeOSForm.Gauge2.Progress+1;
    N:=0; Pos:=0; Tam:=0; S:=""; S1:=""; S2:="";+ROSMasterData.RamaisSequencia.Value;
    End;
    PontoAnt:=StrToInt(S1); PontoAnt1:=StrToInt(S);
    CidadeAnt:=ROSMasterData.RamaisCidade.Value;
    CodRedeAnt:=ROSMasterData.RamaisCodRede.Value;
    CodRamal:=ROSMasterData.RamaisRamal.Value;
    LocalizaNoRede(CodRamal,PontoAnt1,S1);

```

```

    If S1 <> ""
    Then Begin VazaoInicialAc:=0; VazaoFinalAc:=0;
        Sucesso:=ROSMasterData.Trechos.FindKey([CidadeAnt, IntToStr(CodRedeAnt),
IntToStr(PontoAnt), IntToStr(PontoAnt1)]);
        If Sucesso
        Then Begin
VazaoInicialAc:=(ROSMasterData.TrechosVazaoLocalInicial.Value+ROSMasterData.TrechosVazaoContr
ibuicaoInicial.Value);

VazaoFinalAc:=(ROSMasterData.TrechosVazaoLocalFinal.Value+ROSMasterData.TrechosVazaoContrib
uicaoFinal.Value);
            End;
            ROSMasterData.NosRede.Insert;
            ROSMasterData.NosRedeCidade.Value:=CidadeAnt;
            ROSMasterData.NosRedeCodRede.Value:=CodRedeAnt;
            ROSMasterData.NosRedePontoInicial.Value:=PontoAnt;
            ROSMasterData.NosRedePontoFinal.Value:=PontoAnt1;
            ROSMasterData.NosRedeVazaoInicial.Value:=VazaoInicialAc;
            ROSMasterData.NosRedeVazaoFinal.Value:=VazaoFinalAc;
            ROSMasterData.NosRedeListaPontos.Value:=S1;
            ROSMasterData.NosRede.Post;
        End;
        Sucesso:=ROSMasterData.Ramais.FindKey([CidadeAnt, IntToStr(CodRedeAnt),
IntToStr(CodRamal)]);
        ROSMasterData.Ramais.Next;
    End;
    ROSMasterData.Trechos.IndexName:="";
    RedeOSForm.Gauge2.MaxValue:=ROSMasterData.NosRede.RecordCount;
    RedeOSForm.Gauge2.Progress:=0;
    ROSMasterData.NosRede.First;
    While Not ROSMasterData.NosRede.EOF Do
    Begin RedeOSForm.Gauge2.Progress:=RedeOSForm.Gauge2.Progress+1;
        Pos:=1; Tam:=0; Ponto:=0; PontoAnt:=ROSMasterData.NosRedePontoFinal.Value;
        Then Begin LimpaStr(Copy(ROSMasterData.NosRedeListaPontos.Value,Pos,Tam),S);
            Ponto:=StrToInt(S);
            CodRamal:=ROSMasterData.NosRedeSequencia.Value;
            CidadeAnt:=ROSMasterData.NosRedeCidade.Value;
            CodRedeAnt:=ROSMasterData.NosRedeCodRede.Value;
            ROSMasterData.NosRede.First;
            While Not ROSMasterData.NosRede.EOF Do
            Begin S:="";
                If ((ROSMasterData.NosRedePontoInicial.Value=PontoAnt) And
                (ROSMasterData.NosRedePontoFinal.Value=Ponto))
                Then S:=ROSMasterData.NosRedeListaPontos.Value;
                If S="" Then ROSMasterData.NosRede.Next
                Else Break;
            End;
        End;
        Sucesso:=ROSMasterData.NosRede.FindKey([CidadeAnt,IntToStr(CodRedeAnt),IntToStr(CodRamal)]);
        If ((S<> "") And (Sucesso))
        Then Begin ROSMasterData.NosRede.Edit;

ROSMasterData.NosRedeListaPontos.Value:=ROSMasterData.NosRedeListaPontos.Value+S;
            ROSMasterData.NosRede.Post;
        End;
        PontoAnt:=Ponto;

```

```

        Pos:=P;
    End;
    Tam:=Tam+1;
End;
ROSMasterData.NosRede.Next;
End;
ROSMasterData.Trechos.IndexName:='Pontos';
RedeOSForm.Gauge2.MaxValue:=ROSMasterData.NosRede.RecordCount;
RedeOSForm.Gauge2.Progress:=0;
ROSMasterData.NosRede.First;
While Not ROSMasterData.NosRede.EOF Do
Begin RedeOSForm.Gauge2.Progress:=RedeOSForm.Gauge2.Progress+1;
    Pos:=1; Tam:=0; Ponto:=0; PontoAnt:=ROSMasterData.NosRedePontoFinal.Value;
    Then Begin LimpaStr(Copy(ROSMasterData.NosRedeListaPontos.Value,Pos,Tam),S);
        Ponto:=StrToInt(S);
        Sucesso:=ROSMasterData.Trechos.FindKey([ROSMasterData.NosRedeCidade.Value,
            IntToStr(ROSMasterData.NosRedeCodRede.Value),
            IntToStr(PontoAnt),
            IntToStr(Ponto)]);

        If Sucesso
        Then Begin ROSMasterData.Trechos.Edit;

ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoInicial.Value:=(ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoIni
cial.Value+ROSMasterData.NosRedeVazaoInicial.Value);

ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoFinal.Value:=(ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoFin
al.Value+ROSMasterData.NosRedeVazaoFinal.Value);
        ROSMasterData.Trechos.Post;
        End;
        PontoAnt:=Ponto;
        Pos:=P; Tam:=0;
    End;
    Tam:=Tam+1;
End;
ROSMasterData.NosRede.Next;
End;
ROSMasterData.Trechos.IndexName:='';
RedeOSForm.Gauge2.MaxValue:=ROSMasterData.Ramais.RecordCount;
RedeOSForm.Gauge2.Progress:=0;
ROSMasterData.Ramais.First;
While Not ROSMasterData.Ramais.EOF Do
Begin RedeOSForm.Gauge2.Progress:=RedeOSForm.Gauge2.Progress+1;
    Pos:=1; Tam:=0; Ponto:=0;
    Then Begin LimpaStr(Copy(ROSMasterData.RamaisSequenciaTrecho.Value,Pos,Tam),S);
        TrechoAnt:=StrToInt(S);
        Sucesso:=ROSMasterData.Trechos.FindKey([ROSMasterData.RamaisCidade.Value,
            ROSMasterData.RamaisCodRede.Text,
            IntToStr(TrechoAnt)]);

        If Sucesso Then ProcessaCalculoHidraulico(1);
        Pos:=P; Tam:=0;
    End;
    Tam:=Tam+1;
End;
ROSMasterData.Ramais.Next;
End;
RedeOSForm.DBEdit7.DataSource:=ROSMasterData.TrechosSource;

```

```
RedeOSForm.DBEdit21.DataSource:=ROSMasterData.TrechosSource;
RedeOSForm.DBNavigator1.DataSource:=ROSMasterData.TrechosSource;
RedeOSForm.DBNavigator4.DataSource:=ROSMasterData.TrechosSource;
RedeOSForm.DBGrid1.DataSource:=ROSMasterData.TrechosSource;
RedeOSForm.DBGrid6.DataSource:=ROSMasterData.TrechosSource;
RedeOSForm.DBGrid4.DataSource:=ROSMasterData.AuxiliarSource;
RedeOSForm.DBGrid7.DataSource:=ROSMasterData.RamaisSource;
RedeOSForm.DBGrid9.DataSource:=ROSMasterData.NosRedeSource;
ROSMasterData.Ramais.First;
ROSMasterData.Trechos.First;
ROSMasterData.NosRede.First;
ROSMasterData.Cotas.First;
ROSMasterData.Auxiliar1.Close;
end;
```

```
procedure TRedeOSForm.DBEdit21Change(Sender: TObject);
begin
```

```
  Valor:=(ROSMasterData.TrechosVazaoConcentradaInicial.Value+
    ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoInicial.Value+
    ROSMasterData.TrechosVazaoLocalInicial.Value);
```

```
  Valor1:=(ROSMasterData.TrechosVazaoConcentradaFinal.Value+
    ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoFinal.Value+
    ROSMasterData.TrechosVazaoLocalFinal.Value);
```

```
  RedeOSForm.Edit68.Text:=ROSMasterData.TrechosPontoInicial.Text;
  RedeOSForm.Edit69.Text:=ROSMasterData.TrechosPontoFinal.Text;
```

```
RedeOSForm.Edit70.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoInicial.Value,ffNumber,9,2);
RedeOSForm.Edit71.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoFinal.Value,ffNumber,9,2);
```

```
RedeOSForm.Edit72.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosVazaoConcentradaInicial.Value,ffNumber,7,3);
```

```
RedeOSForm.Edit73.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosVazaoConcentradaFinal.Value,ffNumber,7,3);
```

```
  RedeOSForm.Edit74.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosDistancia.Value,ffNumber,9,2);
```

```
RedeOSForm.Edit14.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosCoeficienteManinng.Value,ffNumber,7,3);
```

```
  RedeOSForm.Edit15.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosDiametro.Value,ffNumber,7,3);
```

```
  RedeOSForm.Edit16.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosDeclividade.Value,ffNumber,11,8);
```

```
RedeOSForm.Edit17.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoInicial.Value,ffNumber,7,3);
```

```
RedeOSForm.Edit18.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosVazaoContribuicaoFinal.Value,ffNumber,7,3);
```

```
RedeOSForm.Edit19.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosVazaoLocalInicial.Value,ffNumber,7,3);
```

```
  RedeOSForm.Edit20.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosVazaoLocalFinal.Value,ffNumber,7,3);
```

```
  RedeOSForm.Edit34.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosVelocidadeInicial.Value,ffNumber,7,3);
```

```
  RedeOSForm.Edit63.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosVelocidadeFinal.Value,ffNumber,7,3);
```

```
  RedeOSForm.Edit64.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosTiranteInicial.Value,ffNumber,7,3);
```

```
  RedeOSForm.Edit65.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosTiranteFinal.Value,ffNumber,7,3);
```

```
RedeOSForm.Edit66.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosTensaoTrativaInicial.Value,ffNumber,7,3);
```

```

RedeOSForm.Edit67.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosTensaoTrativaFinal.Value,ffNumber,7,3)
;

RedeOSForm.Edit75.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosCustoPorMetroDeclividade.Value,ffCurrency,9,2);

RedeOSForm.Edit76.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosCustoPorMetroDiametro.Value,ffCurrency,9,2);

RedeOSForm.Edit77.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboInicial.Value,ffNumber,9,2);

RedeOSForm.Edit78.Text:=FloatToStrF(ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboFinal.Value,ffNumber,9,2);
RedeOSForm.Edit80.Text:=FloatToStrF(Valor,ffNumber,7,3);
RedeOSForm.Edit81.Text:=FloatToStrF(Valor1,ffNumber,7,3);
end;

procedure TRedeOSForm.CustosEnter(Sender: TObject);
begin
RedeOSForm.RadioGroup1.ItemIndex:=ROSMasterData.RedetipoTubo.Value;
Extensao:=ROSMasterData.TrechosDistancia.Value;
Diametro:=ROSMasterData.TrechosDiametro.Value;
DiametroTubo:=ROSMasterData.TrechosDiametro.Value;
ProfMedia:=(((ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoInicial.Value-ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboInicial.Value)+
(ROSMasterData.TrechosCotaTerrenoFinal.Value-ROSMasterData.TrechosCotaGInfTuboFinal.Value))/2);
CalculoCustos(Total);
RedeOSForm.Edit47.Text:=FloatToStrF(Total,ffNumber,9,2);
end;

procedure TRedeOSForm.DBGrid1DbClick(Sender: TObject);
begin
RedeOSForm.PageControl1.ActivePage:=Custos;
end;

procedure TRedeOSForm.DBNavigator3Click(Sender: TObject;
Button: TNavigateBtn);
begin
RedeOSForm.CustosEnter(Sender);
end;

procedure TRedeOSForm.SpeedButton8Click(Sender: TObject);
begin
If (RedeOSForm.PageControl1.ActivePage=CalculoRede)
Then Begin If (RedeOSForm.NoteBook1.ActivePage='Lista') Then
RedeOSForm.NoteBook1.ActivePage:='Planilha'
Else RedeOSForm.NoteBook1.ActivePage:='Lista';
End;
end;

end.

```

9.2. Dimensionamento da Rede Existente

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ESGOTO

©CIDADE:JAGUARIAIVA B2

COL	N#	PV	COMPR	COTA	TERRENO	COTA	COLETOR	PROFUNDIDADE	
	MON-JUZ		(M)	MONT.	JUZ	MONT.	JUZ	MONT.	JUZ
	DIAM		DECLIV	VAZAO	REAL	VELOCIDADE		TIRANTE	
	(MM)		(M/M)	INICIAL	FINAL	INIC	FIM	INIC	FIM
654	654	655	40.0	841.000	840.900	839.650	839.414	1.350	1.486
	150		0.0059	2.16	5.94	0.50	0.64	0.32	0.55
655	655	656	40.0	847.000	846.020	845.650	844.670	1.350	1.350
	150		0.0245	0.02	0.07	0.85	0.85	0.22	0.22
656	656	658	90.0	846.020	841.000	844.670	839.650	1.350	1.350
	150		0.0558	0.08	0.21	1.16	1.16	0.18	0.18
657	657	658	70.0	846.800	841.000	845.450	839.650	1.350	1.350
	150		0.0829	0.04	0.11	1.34	1.34	0.16	0.16
658	658	659	10.0	841.000	840.900	839.632	839.532	1.368	1.368
	150		0.0100	0.13	0.34	0.61	0.61	0.28	0.28
659	659	660	40.0	840.900	840.300	839.414	838.950	1.486	1.350
	150		0.0116	2.31	6.35	0.65	0.84	0.28	0.47
660	660	662	50.0	840.300	839.500	838.950	838.150	1.350	1.350
	150		0.0160	2.34	6.43	0.74	0.95	0.25	0.43
661	661	662	80.0	840.000	839.500	838.650	838.150	1.350	1.350
	150		0.0063	0.05	0.13	0.51	0.51	0.32	0.32
662	662	663	45.0	839.500	839.700	838.106	837.856	1.394	1.844
	150		0.0056	2.42	6.63	0.50	0.64	0.34	0.61
663	663	662	50.0	839.700	840.000	837.855	837.580	1.845	2.420
	150		0.0055	2.45	6.72	0.50	0.64	0.34	0.62
664	664	665	40.0	840.100	840.000	838.750	838.514	1.350	1.486
	150		0.0059	0.02	0.07	0.50	0.50	0.32	0.32
665	665	666	50.0	840.000	840.000	837.578	837.307	2.422	2.693
	150		0.0054	2.50	6.86	0.50	0.64	0.35	0.63
666	666	676	40.0	840.000	840.000	837.306	837.090	2.694	2.910
	150		0.0054	2.53	6.93	0.50	0.64	0.35	0.63
667	667	668	90.0	851.300	849.140	849.950	847.790	1.350	1.350
	150		0.0240	0.05	0.15	0.84	0.84	0.22	0.22
668	668	669	80.0	849.140	847.400	847.789	846.049	1.351	1.351
	150		0.0218	0.10	0.28	0.81	0.81	0.23	0.23
669	669	670	20.0	847.400	846.200	846.049	844.850	1.351	1.350
	150		0.0600	0.11	0.31	1.19	1.19	0.17	0.17
670	670	671	40.0	846.300	846.200	844.950	844.714	1.350	1.486
	150		0.0059	0.02	0.07	0.50	0.50	0.32	0.32

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ESGOTO

©CIDADE:JAGUARIAIVA B2

COL	N#	PV	COMPR	COTA	TERRENO	COTA	COLETOR	PROFUNDIDADE	
	MON-JUZ		(M)	MONT.	JUZ	MONT.	JUZ	MONT.	JUZ
	DIAM		DECLIV	VAZAO REAL		VELOCIDADE		TIRANTE	
	(MM)		(M/M)	INICIAL	FINAL	INIC	FIM	INIC	FIM
671	671	672	50.0	846.200	843.040	844.714	841.690	1.486	1.350
	150		0.0605	0.17	0.46	1.19	1.19	0.17	0.17
672	672	673	90.0	846.000	843.040	844.650	841.690	1.350	1.350
	150		0.0329	0.05	0.15	0.95	0.95	0.20	0.20
673	673	675	75.0	843.040	840.550	841.686	839.196	1.354	1.354
	150		0.0332	0.27	0.73	0.95	0.95	0.20	0.20
674	674	675	90.0	842.100	840.550	840.750	839.200	1.350	1.350
	150		0.0172	0.05	0.15	0.75	0.75	0.24	0.24
675	675	676	130.0	840.550	840.000	839.178	838.410	1.372	1.590
	150		0.0059	0.40	1.09	0.50	0.50	0.32	0.32
676	676	694	30.0	840.000	839.900	837.076	836.929	2.924	2.971
	150		0.0049	2.94	8.07	0.50	0.64	0.39	0.73

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ESGOTO

OCIDADE: JAGUARIAIVA

COL	N# PV MON-JUZ DIAM (MM)	PV	COMPR (M) DECLIV (M/M)	COTA MONT. VAZAO INICIAL	TERRENO JUZ REAL FINAL	COTA MONT. VELOCIDADE INIC	COLETOR JUZ VELOCIDADE FIM	PROFUNDIDADE MONT. TIRANTE INIC	JUZ FIM
693	693 150	694	40.0 0.0162	840.550 0.66	839.900 1.82	839.200 0.73	838.550 0.73	1.350 0.25	1.350 0.25
694	694 200	705	110.0 0.0042	839.900 3.67	840.000 10.07	836.929 0.50	836.467 0.64	2.971 0.31	3.533 0.53
695	695 150	696	40.0 0.0075	850.000 0.02	849.700 0.07	848.650 0.55	848.350 0.55	1.350 0.30	1.350 0.30
696	696 150	698	50.0 0.0526	849.700 0.05	847.070 0.15	848.350 1.13	845.720 1.13	1.350 0.13	1.350 0.13
697	697 150	698	85.0 0.0062	847.600 0.05	847.070 0.14	846.250 0.51	845.720 0.51	1.350 0.32	1.350 0.32
698	698 150	700	80.0 0.0496	847.070 0.15	843.100 0.42	845.720 1.11	841.750 1.11	1.350 0.13	1.350 0.13
699	699 150	700	85.0 0.0118	844.100 0.05	843.100 0.14	842.750 0.65	841.750 0.65	1.350 0.27	1.350 0.27
700	700 150	703	80.0 0.0364	843.100 0.25	840.190 0.69	841.747 0.99	838.838 0.99	1.353 0.20	1.352 0.20
701	701 150	703	85.0 0.0059	840.190 0.05	840.190 0.14	838.840 0.50	838.338 0.50	1.350 0.32	1.352 0.32
702	702 150	703	85.0 0.0059	840.140 0.05	840.190 0.14	838.790 0.50	838.288 0.50	1.350 0.32	1.902 0.32
703	703 150	705	70.0 0.0059	840.190 0.39	840.000 1.08	838.288 0.50	837.874 0.50	1.902 0.32	2.126 0.32
704	704 150	705	40.0 0.0125	840.500 0.02	840.000 0.07	839.150 0.66	838.650 0.66	1.350 0.26	1.350 0.26
705	705 200	708	110.0 0.0055	840.000 4.16	839.750 11.39	836.454 0.57	835.852 0.73	3.546 0.30	3.898 0.52
706	706 150	708	50.0 0.0110	840.300 0.03	839.750 0.08	838.950 0.63	838.400 0.63	1.350 0.27	1.350 0.27
707	707 150	708	80.0 0.0059	839.650 0.05	839.750 0.13	838.300 0.50	837.827 0.50	1.350 0.32	1.923 0.32
708	708 200	711	115.0 0.0038	839.750 4.30	839.000 11.80	835.835 0.50	835.400 0.64	3.915 0.34	3.600 0.61
709	709 150	711	30.0 0.0059	838.600 0.02	839.000 0.05	837.250 0.50	837.073 0.50	1.350 0.32	1.927 0.32

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ESGOTO

OCIDADE: JAGUARIAIVA

COL	N#	PV	COMPR (M)	COTA MONT.	TERRENO JUZ	COTA MONT.	COLETOR JUZ	PROFUNDIDADE	
			DECLIV (M/M)	VAZAO INICIAL	REAL FINAL	VELOCIDADE INIC	FIM	TIRANTE INIC	JUZ FIM
710	710	711	50.0	839.800	839.000	838.450	837.650	1.350	1.350
	150		0.0160	0.03	0.08	0.73	0.73	0.25	0.25
711	711	712	120.0	839.000	838.500	835.397	834.802	3.603	3.698
	200		0.0050	4.42	12.12	0.56	0.72	0.32	0.57
712	712	719	10.0	838.500	838.000	834.790	834.753	3.710	3.247
	200		0.0037	4.43	12.14	0.50	0.64	0.35	0.63
713	713	714	50.0	843.200	840.540	841.850	839.190	1.350	1.350
	150		0.0532	0.03	0.08	1.14	1.14	0.18	0.18
714	714	716	120.0	840.540	840.130	839.169	838.460	1.371	1.670
	150		0.0059	0.10	0.28	0.50	0.50	0.32	0.32
715	715	716	50.0	841.700	840.130	840.350	838.780	1.350	1.350
	150		0.0314	0.03	0.08	0.93	0.93	0.21	0.21
716	716	718	80.0	840.130	839.040	838.460	837.690	1.670	1.350
	150		0.0096	0.18	0.49	0.60	0.60	0.28	0.28
717	717	718	50.0	839.410	839.040	838.060	837.690	1.350	1.350
	150		0.0074	0.03	0.08	0.54	0.54	0.30	0.30
718	718	719	90.0	839.040	838.000	837.690	836.650	1.350	1.350
	150		0.0116	0.26	0.72	0.64	0.64	0.27	0.27
719	719	741	80.0	838.000	837.000	834.745	834.461	3.255	2.539
	200		0.0035	4.74	12.99	0.50	0.64	0.37	0.67
720	720	721	40.0	850.000	848.800	848.650	847.450	1.350	1.350
	150		0.0300	0.02	0.07	0.92	0.92	0.21	0.21
721	721	722	130.0	848.800	844.450	847.450	843.100	1.350	1.350
	150		0.0335	0.13	0.34	0.96	0.96	0.20	0.20
722	722	724	110.0	844.450	842.400	843.095	841.045	1.355	1.355
	150		0.0186	0.19	0.53	0.77	0.77	0.24	0.24
723	723	724	50.0	844.200	842.400	842.850	841.050	1.350	1.350
	150		0.0360	0.03	0.08	0.98	0.98	0.20	0.20
724	724	733	80.0	842.400	839.650	841.045	838.300	1.355	1.350
	150		0.0343	0.27	0.74	0.97	0.97	0.20	0.20
725	725	726	80.0	851.300	850.200	849.950	848.850	1.350	1.350
	150		0.0137	0.05	0.13	0.69	0.69	0.26	0.26
726	726	727	90.0	850.200	847.810	848.850	846.460	1.350	1.350
	150		0.0266	0.10	0.28	0.88	0.88	0.22	0.22

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ESGOTO

CIDADE: JAGUARIAIVA

COL	N#	PV	COMPR (M)	COTA TERRENO		COTA COLETOR		PROFUNDIDADE	
				MONT.	JUZ	MONT.	JUZ	MONT.	JUZ
	DIAM (MM)		DECLIV (M/M)	VAZAO REAL		VELOCIDADE		TIRANTE	
				INICIAL	FINAL	INIC	FIM	INIC	FIM
727	727	729	70.0	847.810	844.730	846.460	843.330	1.350	1.350
	150		0.0440	0.14	0.39	1.06	1.06	0.19	0.19
728	728	729	85.0	846.800	844.730	845.450	843.330	1.350	1.350
	150		0.0244	0.05	0.14	0.85	0.85	0.22	0.22
729	729	732	85.0	844.730	841.810	843.378	840.458	1.352	1.352
	150		0.0344	0.25	0.67	0.97	0.97	0.20	0.20
730	730	731	60.0	847.000	845.510	845.650	844.160	1.350	1.350
	150		0.0248	0.04	0.10	0.86	0.86	0.22	0.22
731	731	732	70.0	845.510	841.810	844.160	840.460	1.350	1.350
	150		0.0529	0.08	0.21	1.14	1.14	0.18	0.18
732	732	733	70.0	841.810	839.650	840.456	838.298	1.354	1.352
	150		0.0308	0.36	1.00	0.93	0.93	0.21	0.21
733	733	737	100.0	839.650	837.640	838.294	836.286	1.356	1.354
	150		0.0201	0.69	1.90	0.79	0.79	0.23	0.23
734	734	735	50.0	844.700	843.590	843.350	842.240	1.350	1.350
	150		0.0222	0.03	0.08	0.82	0.82	0.23	0.23
735	735	736	60.0	843.590	839.430	842.240	838.080	1.350	1.350
	150		0.0693	0.07	0.18	1.26	1.26	0.17	0.17
736	736	737	80.0	839.430	837.640	838.071	836.281	1.359	1.359
	150		0.0224	0.11	0.31	0.82	0.82	0.23	0.23
737	737	741	50.0	837.640	837.000	836.275	835.644	1.365	1.356
	150		0.0126	0.84	2.30	0.66	0.67	0.26	0.27
738	738	739	60.0	842.100	839.940	840.750	838.590	1.350	1.350
	150		0.0360	0.04	0.10	0.98	0.98	0.20	0.20
739	739	740	50.0	839.940	837.060	838.590	835.710	1.350	1.350
	150		0.0576	0.07	0.18	1.17	1.17	0.18	0.18
740	740	741	90.0	837.060	837.000	835.688	835.156	1.372	1.344
	150		0.0059	0.12	0.33	0.50	0.50	0.32	0.32
741	741	801	90.0	837.000	836.500	834.435	833.898	2.565	2.602
	200		0.0060	5.75	15.77	0.64	0.32	0.35	0.64

9.3. Dimensionamento Grafos



PLANILHA DE REDE DE ESGOTOS

OTIMIZADOR

Cidade : JAGUARIANA

Bacia : BACIA_02

Descrição	Distancia	Diametro	Declividade	C.Terr.M	C.Terr.J.	Prof. M.	Prof. J.	Vel. I.	Vel. F.	Tir. I.	Tir. F.	T.Tr. I.	T.Tr. F.	Custo Trecho
Trecho(1) M.(667) J.(668)	90,00	0,150	0,015000	851,300	849,140	1,350	1,350	0,64375	0,64375	0,19012	0,19012	2,59308	2,59308	1.482,87
Trecho(2) M.(668) J.(669)	80,00	0,150	0,016875	849,140	847,400	1,350	1,350	0,67282	0,67282	0,18434	0,18434	2,83735	2,83735	1.362,58
Trecho(3) M.(669) J.(671)	20,00	0,150	0,060000	847,400	846,200	1,350	1,350	1,08265	1,08265	0,13222	0,13222	7,43614	7,43614	640,65
Trecho(4) M.(669) J.(656)	50,00	0,150	0,027000	847,400	846,020	1,350	1,350	0,80249	0,80249	0,16299	0,16299	4,05951	4,05951	1.001,59
Trecho(5) M.(656) J.(658)	90,00	0,150	0,015000	846,020	841,000	1,350	1,350	0,64375	0,64375	0,19012	0,19012	2,59308	2,59308	1.482,87
Trecho(6) M.(658) J.(659)	10,00	0,150	0,004400	841,000	840,900	1,350	1,294	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	518,84
Trecho(7) M.(654) J.(659)	40,00	0,150	0,003600	841,000	840,900	1,350	1,394	0,41455	0,41455	0,33725	0,34060	1,01472	1,02269	885,98
Trecho(8) M.(659) J.(660)	40,00	0,150	0,015000	840,900	840,300	1,394	1,394	0,64375	0,64375	0,19012	0,19012	2,59308	2,59308	890,72
Trecho(9) M.(660) J.(662)	50,00	0,150	0,016000	840,300	839,500	1,394	1,394	0,65952	0,65952	0,18693	0,18693	2,72424	2,72424	1.013,37
Trecho(10) M.(662) J.(663)	45,00	0,150	0,004400	839,500	839,700	1,394	1,792	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.000,01
Trecho(11) M.(663) J.(665)	50,00	0,150	0,004400	839,700	840,000	1,792	2,312	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.190,02
Trecho(12) M.(665) J.(666)	40,00	0,150	0,004400	840,000	840,000	2,312	2,488	0,40642	0,40642	0,26217	0,34652	1,00785	1,26708	1.109,66
Trecho(13) M.(666) J.(676)	40,00	0,150	0,004400	840,000	839,950	2,488	2,614	0,40642	0,40642	0,26217	0,35117	1,00785	1,28038	1.143,35
Trecho(14) M.(670) J.(671)	40,00	0,150	0,004400	846,300	846,200	1,350	1,426	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	889,45
Trecho(15) M.(671) J.(673)	50,00	0,150	0,027000	846,200	843,040	1,426	1,350	0,80249	0,80249	0,16299	0,16299	4,05951	4,05951	1.011,76
Trecho(16) M.(673) J.(658)	70,00	0,150	0,019286	843,040	841,000	1,350	1,350	0,70736	0,70736	0,17801	0,17801	3,14181	3,14181	1.242,24
Trecho(17) M.(673) J.(675)	75,00	0,150	0,018000	843,040	840,550	1,350	1,350	0,68930	0,68930	0,18125	0,18125	2,98068	2,98068	1.302,41
Trecho(18) M.(675) J.(662)	80,00	0,150	0,013125	840,550	839,500	1,350	1,350	0,61230	0,61230	0,19689	0,19689	2,34117	2,34117	1.362,58
Trecho(19) M.(675) J.(674)	80,00	0,150	0,004400	840,550	840,130	1,350	1,282	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.347,99
Trecho(20) M.(674) J.(665)	40,00	0,150	0,004400	840,130	840,000	1,350	1,396	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	886,24
Trecho(22) M.(676) J.(694)	30,00	0,150	0,004400	839,950	839,900	2,614	2,696	0,40642	0,40642	0,26217	0,36029	1,00785	1,30619	974,91
Trecho(23) M.(693) J.(694)	40,00	0,150	0,016250	840,550	839,900	1,350	1,350	0,66336	0,66336	0,18618	0,18618	2,75671	2,75671	881,28
Trecho(24) M.(694) J.(705)	110,00	0,150	0,004400	839,900	840,000	2,696	3,280	0,40642	0,40642	0,26217	0,37685	1,00785	1,35205	2.712,37
Trecho(25) M.(704) J.(705)	40,00	0,150	0,012750	840,510	840,000	1,350	1,350	0,60568	0,60568	0,19839	0,19839	2,28976	2,28976	881,28
Trecho(26) M.(695) J.(696)	40,00	0,150	0,004400	850,000	849,700	1,350	1,226	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	868,00
Trecho(27) M.(696) J.(698)	50,00	0,150	0,027000	849,700	847,080	1,350	1,350	0,80249	0,80249	0,16299	0,16299	4,05951	4,05951	1.001,59
Trecho(28) M.(698) J.(673)	90,00	0,150	0,015000	847,080	843,040	1,350	1,350	0,64375	0,64375	0,19012	0,19012	2,59308	2,59308	1.482,87
Trecho(29) M.(698) J.(700)	80,00	0,150	0,016875	847,080	843,100	1,350	1,350	0,67282	0,67282	0,18434	0,18434	2,83735	2,83735	1.362,58
Trecho(30) M.(700) J.(675)	85,00	0,150	0,015882	843,100	840,550	1,350	1,350	0,65769	0,65769	0,18730	0,18730	2,70891	2,70891	1.422,75



PLANILHA DE REDE DE ESGOTOS

OTIMIZADOR

Cidade : JAGUARIANA

Bacia : BACIA_02

Descrição	Distancia	Diametro	Declividade	C.Terr.M	C.Terr.J	Prof. M.	Prof. J.	Vel. I.	Vel. F.	Tir. I.	Tir. F.	T.Tr. I.	T.Tr. F.	Custo Trecho
Trecho(31) M.(700) J.(703)	80,00	0,150	0,016875	843,100	840,190	1,350	1,350	0,67282	0,67282	0,18434	0,18434	2,83735	2,83735	1.362,58
Trecho(32) M.(674) J.(703)	85,00	0,150	0,004400	840,130	840,190	1,350	1,784	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.521,44
Trecho(33) M.(703) J.(705)	70,00	0,150	0,004400	840,190	840,000	1,784	1,902	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.426,90
Trecho(34) M.(705) J.(708)	110,00	0,150	0,004400	840,000	839,750	3,280	3,514	0,40642	0,40642	0,26217	0,42976	1,00785	1,48949	3.019,59
Trecho(35) M.(720) J.(721)	40,00	0,150	0,030000	850,000	848,800	1,350	1,350	0,83483	0,83483	0,15855	0,15855	4,39800	4,39800	881,28
Trecho(36) M.(721) J.(728)	50,00	0,150	0,019600	848,800	847,820	1,350	1,350	0,71167	0,71167	0,17725	0,17725	3,18079	3,18079	1.001,59
Trecho(37) M.(728) J.(698)	85,00	0,150	0,008706	847,820	847,080	1,350	1,350	0,52494	0,52494	0,21925	0,21925	1,70829	1,70829	1.422,75
Trecho(38) M.(728) J.(722)	80,00	0,150	0,016875	847,820	844,450	1,350	1,350	0,67282	0,67282	0,18434	0,18434	2,83735	2,83735	1.362,58
Trecho(39) M.(728) J.(729)	85,00	0,150	0,015882	847,820	844,730	1,350	1,350	0,65769	0,65769	0,18730	0,18730	2,70891	2,70891	1.422,75
Trecho(40) M.(722) J.(700)	85,00	0,150	0,015882	844,450	843,100	1,350	1,350	0,65769	0,65769	0,18730	0,18730	2,70891	2,70891	1.422,75
Trecho(41) M.(722) J.(714)	50,00	0,150	0,027000	844,450	840,540	1,350	1,350	0,80249	0,80249	0,16299	0,16299	4,05951	4,05951	1.001,59
Trecho(42) M.(722) J.(724)	110,00	0,150	0,012273	844,450	842,400	1,350	1,350	0,59708	0,59708	0,20039	0,20039	2,22379	2,22379	1.723,52
Trecho(43) M.(714) J.(703)	85,00	0,150	0,004400	840,540	840,190	1,350	1,374	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.428,19
Trecho(44) M.(714) J.(708)	50,00	0,150	0,015800	840,540	839,750	1,350	1,350	0,65641	0,65641	0,18755	0,18755	2,69817	2,69817	1.001,59
Trecho(45) M.(714) J.(716)	120,00	0,150	0,004400	840,540	840,130	1,350	1,468	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.881,74
Trecho(46) M.(707) J.(708)	80,00	0,150	0,004400	839,590	839,750	1,350	1,862	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.472,18
Trecho(47) M.(708) J.(711)	115,00	0,150	0,006522	839,750	839,000	3,514	3,514	0,47500	0,47500	0,24066	0,40837	1,38806	2,12788	3.230,96
Trecho(48) M.(709) J.(711)	30,00	0,150	0,004400	838,600	839,000	1,350	1,882	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	803,66
Trecho(49) M.(711) J.(712)	120,00	0,150	0,004400	839,000	838,500	3,514	3,542	0,41752	0,41752	0,27740	0,47072	1,05709	1,58621	3.365,58
Trecho(50) M.(712) J.(719)	100,00	0,150	0,004400	838,500	838,000	3,542	3,482	0,42121	0,42121	0,28257	0,47949	1,07356	1,60579	2.860,38
Trecho(51) M.(725) J.(726)	80,00	0,150	0,013750	851,300	850,200	1,350	1,350	0,62308	0,62308	0,19451	0,19451	2,42607	2,42607	1.362,58
Trecho(52) M.(726) J.(727)	90,00	0,150	0,015000	850,200	847,810	1,350	1,350	0,64375	0,64375	0,19012	0,19012	2,59308	2,59308	1.482,87
Trecho(53) M.(727) J.(729)	70,00	0,150	0,019286	847,810	844,730	1,350	1,350	0,70736	0,70736	0,17801	0,17801	3,14181	3,14181	1.242,24
Trecho(54) M.(727) J.(731)	60,00	0,150	0,022500	847,810	845,510	1,350	1,350	0,74946	0,74946	0,17096	0,17096	3,53355	3,53355	1.121,93
Trecho(55) M.(729) J.(724)	50,00	0,150	0,027000	844,730	842,400	1,350	1,350	0,80249	0,80249	0,16299	0,16299	4,05951	4,05951	1.001,59
Trecho(56) M.(729) J.(732)	85,00	0,150	0,015882	844,730	841,810	1,350	1,350	0,65769	0,65769	0,18730	0,18730	2,70891	2,70891	1.422,75
Trecho(57) M.(724) J.(716)	50,00	0,150	0,027000	842,400	840,130	1,350	1,350	0,80249	0,80249	0,16299	0,16299	4,05951	4,05951	1.001,59
Trecho(58) M.(724) J.(733)	80,00	0,150	0,016875	842,400	839,650	1,350	1,350	0,67282	0,67282	0,18434	0,18434	2,83735	2,83735	1.362,58
Trecho(59) M.(716) J.(711)	50,00	0,150	0,022600	840,130	839,000	1,468	1,468	0,75071	0,75071	0,17076	0,17076	3,54550	3,54550	1.033,21



PLANILHA DE REDE DE ESGOTOS

OTIMIZADOR

Cidade : JAGUARIANA

Bacia : BACIA_02

Descrição	Distancia	Diametro	Declividade	C.Terr.M	C.Terr.J.	Prof. M.	Prof. J.	Vel. I.	Vel. F.	Tir. I.	Tir. F.	T.Tr. I.	T.Tr. F.	Custo Trecho
Trecho(60) M.(716) J.(718)	80,00	0,150	0,013625	840,130	839,040	1,468	1,468	0,62095	0,62095	0,19497	0,19497	2,40917	2,40917	1.413,12
Trecho(61) M.(731) J.(732)	70,00	0,150	0,019286	845,510	841,810	1,350	1,350	0,70736	0,70736	0,17801	0,17801	3,14181	3,14181	1.242,24
Trecho(62) M.(732) J.(733)	70,00	0,150	0,019286	841,810	839,650	1,350	1,350	0,70736	0,70736	0,17801	0,17801	3,14181	3,14181	1.242,24
Trecho(63) M.(733) J.(718)	50,00	0,150	0,012200	839,650	839,040	1,350	1,350	0,59575	0,59575	0,20070	0,20070	2,21368	2,21368	1.001,59
Trecho(64) M.(733) J.(737)	100,00	0,150	0,013500	839,650	837,640	1,350	1,350	0,61881	0,61881	0,19544	0,19544	2,39223	2,39223	1.603,21
Trecho(65) M.(718) J.(719)	90,00	0,150	0,011556	839,040	838,000	1,468	1,468	0,58375	0,58375	0,20357	0,20784	2,12346	2,16294	1.539,73
Trecho(66) M.(719) J.(741)	80,00	0,150	0,012500	838,000	837,000	3,482	3,482	0,67242	0,67242	0,25216	0,42790	2,76965	4,21848	2.351,77
Trecho(67) M.(734) J.(735)	50,00	0,150	0,022200	844,700	843,590	1,350	1,350	0,74570	0,74570	0,17156	0,17156	3,49760	3,49760	1.001,59
Trecho(68) M.(735) J.(736)	60,00	0,150	0,022500	843,590	839,430	1,350	1,350	0,74946	0,74946	0,17096	0,17096	3,53355	3,53355	1.121,93
Trecho(69) M.(736) J.(737)	80,00	0,150	0,016875	839,430	837,640	1,350	1,350	0,67282	0,67282	0,18434	0,18434	2,83735	2,83735	1.362,58
Trecho(70) M.(737) J.(741)	50,00	0,150	0,012800	837,640	837,000	1,350	1,350	0,60657	0,60657	0,19819	0,19819	2,29664	2,29664	1.001,59
Trecho(71) M.(738) J.(739)	60,00	0,150	0,022500	842,100	839,950	1,350	1,350	0,74946	0,74946	0,17096	0,17096	3,53355	3,53355	1.121,93
Trecho(72) M.(739) J.(740)	50,00	0,150	0,027000	839,950	837,060	1,350	1,350	0,80249	0,80249	0,16299	0,16299	4,05951	4,05951	1.001,59
Trecho(73) M.(740) J.(741)	90,00	0,150	0,004400	837,060	837,000	1,350	1,686	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.563,79
Trecho(75) M.(674) J.(676)	50,00	0,150	0,004400	840,130	839,950	1,350	1,390	0,40642	0,40642	0,26217	0,26217	1,00785	1,00785	1.006,92
Trecho(76) M.(741) J.(801)	90,00	0,200	0,005556	837,000	836,500	3,482	3,482	0,62146	0,62146	0,33452	0,46889	2,07447	2,66343	2.855,50

Custo Total da Rede de Esgoto : 100.429,06

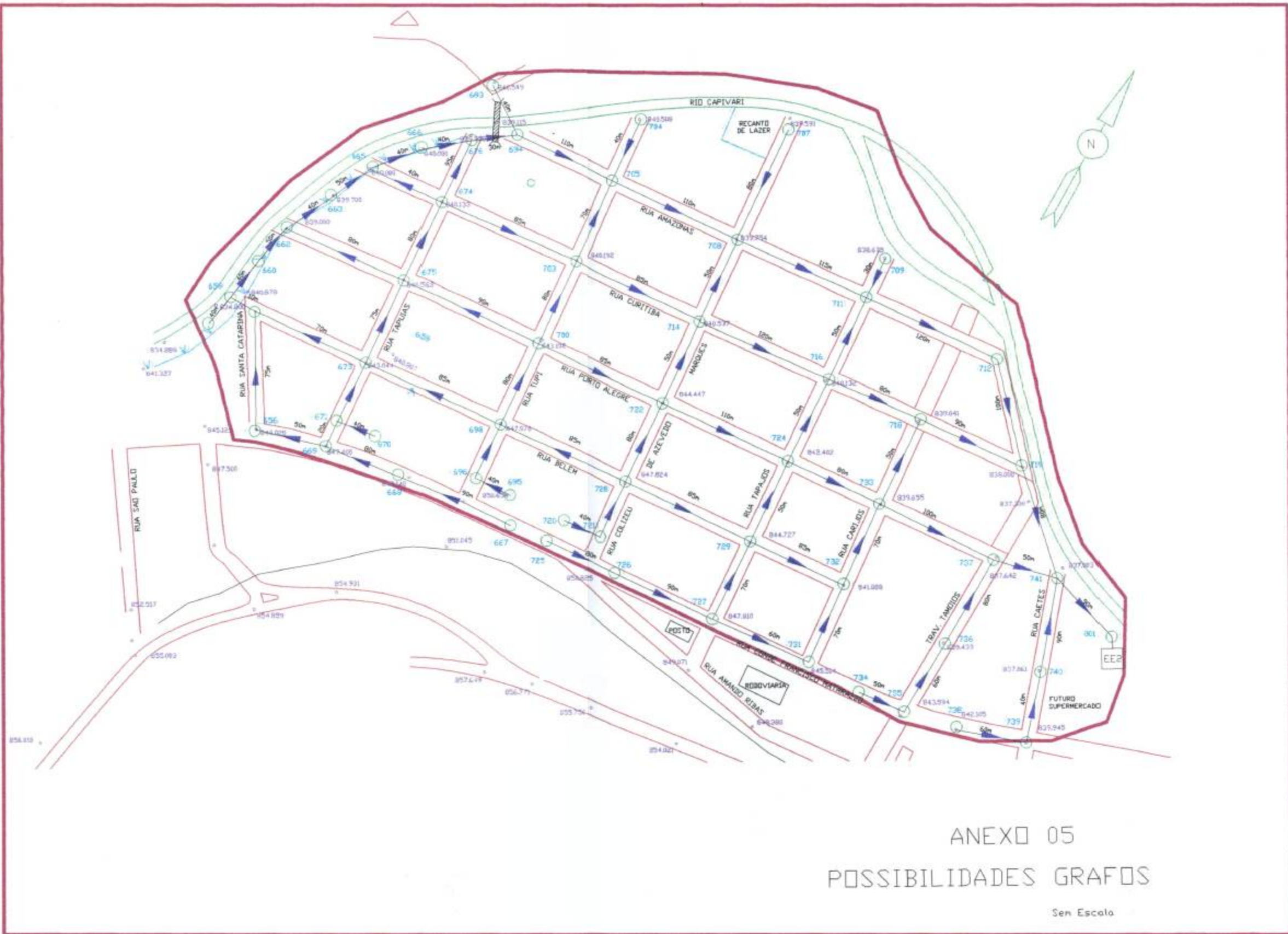
9.4. Rede Existente



ANEXO 04
REDE EXISTENTE

3ª Escola

9.5. Possibilidades Grafos



ANEXO 05
 POSSIBILIDADES GRAFOS

Sen Escala