UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Pedro Pompeu Correa

SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO A VÁCUO: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA SUA APLICAÇÃO EM REGIÕES PLANAS, LITORÂNEAS E COM NÍVEL DE LENÇOL FREÁTICO ELEVADO

Porto Alegre
dezembro 2007

PEDRO POMPEU CORREA

SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO A VÁCUO: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA SUA APLICAÇÃO EM REGIÕES PLANAS, LITORÂNEAS E COM NÍVEL DE LENÇOL FREÁTICO ELEVADO

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Gino Roberto Gehling

Porto Alegre
dezembro 2007

PEDRO POMPEU CORREA

SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO A VÁCUO: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA SUA APLICAÇÃO EM REGIÕES PLANAS, LITORÂNEAS, COM NÍVEL DE LENÇOL FREÁTICO ELEVADO

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2007

Prof. Gino R. Gehling
Dr. em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya / Espanha
Orientador

Prof. Inácio Benvegnu Morsch
Chefe do DECIV

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dieter Wartchow (UFRGS)
Dr. em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Stuttgart / Alemanha

Prof. Gino R. Gehling (UFRGS)
Dr. em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya / Espanha

Eng. Irineu Dorneles (DMAE - PMPA)
Eng. Divisão de Esgoto do Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre

Dedico este trabalho a meus pais, Paulo Pompeu e Adriana, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Paulo Pompeu Corrêa e Adriana Corrêa, que sempre dedicaram muito amor, carinho e segurança. Agradeço a educação a mim transmitida e o incentivo em todos os projetos de minha vida.

Ao Prof. Gino Gehling, pela dedicação, paciência, colaboração e orientação. Agradeço também por sempre estar disponível e pelas palavras de apoio e incentivo que com certeza foram a grande razão da conclusão deste projeto. Você foi parte fundamental para o término deste projeto.

Aos meus irmãos Caio Pompeu, Daniel, João Carlos e Henrique por serem mais do que irmãos, serem grandes amigos.

A Prof. Carin Maria Schmitt pelas orientações e recomendações em todas as etapas do projeto, que muito contribuíram para o resultado final.

Aos meus grandes amigos Felipe Neri Bortolon, Júlio Dutra Niero, André Neri Bortolon, Gerônimo Lima Rodrigues e Thiago Alessandro Ferri, que além de bons amigos, compartilharam momentos fundamentais de minha vida e fizeram com que a fase universitária fosse muito mais do que simplesmente adquirir o conhecimento. Muito obrigado a todos vocês.

A grande amiga Cláudia Sofia Garcia Cardoso, pelos momentos de alegria, descontração e pelos incentivos ao longo deste projeto que foram fundamentais para o término do projeto.

A Ricardo Finger Morales, pelo incentivo e companheirismo, que muito contribuíram ao longo do projeto.

A Camila da Silveira Machado pela amizade e pelos auxílios prestados na formatação, que muito ajudaram.

Aos colegas do Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre, pelos ensinamentos a mim transmitidos, pelos incentivos ao longo do trabalho e por toda a cooperação que foram fundamentais para a conclusão deste projeto.

A Carlos Chagas pelas fotos gentilmente cedidas.

A Carlos Alberto Fortes Sant’anna pelos auxílios prestados nos dimensionamentos da rede coletora.

A Sandra Elisa Gieseler pelos auxílios prestados na parte de orçamentação.

A equipe do Sistema de Água e Esgotos de Jurerê Internacional que disponibilizaram uma visita ao sistema a vácuo de Jurerê Internacional.

A toda a equipe da empresa SULCONSULT por todo o auxílio prestado, materiais disponibilizados além do incentivo e apoio em todas as etapas do projeto. Vocês foram fundamentais para o término deste projeto.

A empresa NORBRA por todo o auxílio prestado e materiais disponibilizados.

Imaginação é mais importante do que conhecimento.

Albert Einstein

RESUMO

CORREA, P. P. **Sistema de esgoto sanitário a vácuo: avaliação econômica da sua aplicação em regiões planas, litorâneas e com nível de lençol freático elevado** 2007. 123 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Este trabalho versa sobre a comparação, quanto aos custos de implantação, entre o sistema gravimétrico e o sistema a vácuo de esgotamento de efluentes. O estudo foi realizado em uma das bacias contribuintes do balneário Laranjal, no município de Pelotas, estado do Rio Grande do Sul, tomando por base o projeto executivo do sistema de esgotos sanitários do balneário Laranjal e admitindo que o sistema seja do tipo separador absoluto. A partir de uma revisão bibliográfica foi possível conhecer as principais características do sistema gravimétrico e do sistema a vácuo. Após a revisão bibliográfica, foi feito um levantamento de custos do sistema gravimétrico e do sistema a vácuo. Realizado o levantamento de custos, tomando por base os quantitativos da bacia de estudo, foi realizado o orçamento do sistema gravimétrico. Paralelamente foi realizado o projeto do sistema a vácuo e calculados os quantitativos. Concluído os quantitativos do sistema a vácuo, foi realizado o orçamento do mesmo. Após o término dos orçamentos, foi acrescentado ao sistema gravimétrico o custo estimado para a estação elevatória de esgotos da bacia de estudo, valor este estimado em R$ 79.521,51. Os resultados do estudo são portanto que o investimento global do sistema gravimétrico totalizou R$ 1.417.928,84 contra R$ 897.307,46 para o sistema a vácuo, considerando que a municipalidade não assuma os custos das caixas de válvula no sistema a vácuo, sendo neste caso o esgoto a vácuo a solução mais econômica. Entretanto, se a municipalidade assumir o custo das caixas de válvula, o sistema a vácuo se torna mais caro pelo alto custo desse elemento, sendo o sistema gravimétrico a alternativa mais econômica.

Palavras-chave: esgoto sanitário; vácuo; economia.

ABSTRACT

CORREA, P. P. **Vacuum sewerage system: economic evaluation of your application in flat terrain, coast regions and high ground water table** 2007. 123 p. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

This work is about the comparison, in what concerns the costs of implantation between the gravimetric system and the vacuum sewerage system. Such study was performed in one of the contributory basin of the Laranjal beach, in city of Pelotas, state of Rio Grande do Sul, taking as base the executive project of the sanitary sewers system of Laranjal beach, and admitting that the system is of the type absolute sifter. Starting from a bibliographical revision it was possible to know the main characteristics of the gravimetric system and of the vacuum system. After the bibliographical revision, it was made a rising of costs of the gravimetric system and of the vacuum system. Accomplished the rising of costs, taking for base the quantitative of the study basin, the budget of the gravimetric system was accomplished. Parallel the project of the vacuum system was accomplished and calculated the quantitative ones. Concluded the quantitative ones of the vacuum system, the budget was accomplished. After the end of the budgets, it was increased to the gravimetric system the dear cost for the sewer lifter station of the study basin, value this estimated in about R$ 79.521,51. The results of the study therefore indicate that the global investment of the gravimetric system totaled R$ 1.417.928,84 against R$ 897.307,46 for the vacuum system, considering that the municipality doesn't assume the costs of the collection chambers in the vacuum system, being in this case the vacuum system the most economical solution. However, if the municipality assumes the cost of the collection chambers, the vacuum system becomes more expensive because of the high cost of that element, being the gravimetric system the most economical alternative.

Key-words: sewer; vacuum; economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: organograma do projeto de pesquisa..... 16
Figura 2: remoção de pavimento com máquina escavadeira..... 27
Figura 3: escoramento metálico em obra de esgoto..... 34
Figura 4: situação onde há a necessidade de esgotamento..... 36
Figura 5: modelo típico de ligação predial..... 42
Figura 6: desobstrução de redes com o auxílio de varetas..... 47
Figura 7: caminhão jateador e sugador utilizado em desobstruções..... 47
Figura 8: sistema a vácuo de Amwaj Island/ Kingdom of Bahrain..... 50
Figura 9: sistema a vácuo de Sakuta-oka, Kujukuri Town, - Japão 50
Figura 10: sistema a vácuo de Jurerê Internacional, Florianópolis - Brasil..... 51
Figura 11: layout de um sistema de esgoto sanitário a vácuo 53
Figura 12: caixa de válvula 54
Figura 13: esquema de uma caixa de válvula típica 55
Figura 14: tanque buffer..... 56
Figura 15: esquema de uma estação a vácuo típica 57
Figura 16: bombas elevatórias..... 58
Figura 17: bombas de vácuo..... 58
Figura 18: esquema da rede de esgoto a vácuo 59
Figura 19: tanque de armazenagem 60
Figura 20: esquema geral de um sistema de esgoto a vácuo..... 61
Figura 21: perfil de uma rede de esgoto a vácuo..... 62
Figura 22: perfil da rede conforme a topografia..... 63
Figura 23: tubulação de PVC reforçado utilizada no esgoto a vácuo..... 66
Figura 24: esquema das ligações no sistema a vácuo 67
Figura 25: detalhamento das ligações no sistema a vácuo..... 67
Figura 26: distribuição percentual dos custos de uma obra de esgoto – Sist. Gravimétrico.... 89
Figura 27: distribuição percentual dos custos de uma obra de esgoto – Sist. a vácuo 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: custos percentuais das diversas partes de uma obra de esgoto 26
Tabela 2: largura da vala para obra de esgoto 31
Tabela 3: vazões máximas para os diâmetros de tubulação 64
Tabela 4: classificação dos problemas encontrados na operação 71
Tabela 5: esgoto gravimétrico - vazões de projeto 75
Tabela 6: esgoto a vácuo - vazões de projeto 77
Tabela 7: orçamento do sistema gravimétrico 81
Tabela 8: orçamento do sistema a vácuo 83
Tabela 9: componentes típicos da operação e manutenção de sistemas a vácuo. 84
Tabela 10: estimativa de custos pessoa-hora-ano/válvula 85
Tabela 11: custos anuais de energia (KWh/ano.usuário) 85
Tabela 12: custos anuais com operação e manutenção 87
Tabela 13: resumo dos custos do sistema gravimétrico 88
Tabela 14: resumo dos custos do sistema a vácuo 88
Tabela 15: economia de custos nas movimentações 88
Tabela 16: sistema a vácuo - alternativa a 91
Tabela 17: sistema a vácuo - alternativa b 91

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BDI – taxa de bonificação e despesas indiretas

CP – caixa de passagem

DN – diâmetro nominal

DOM – vazão doméstica

ELE – estação elevatória de esgotos

ETA – estação de tratamento de água

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul

GRC – glass reinforced concrete

INF – vazão de infiltração

PEAD – polietileno de alta densidade

PV – poço de visita

PVC – policloreto de vinila

SANEP – Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas

TIL – tubo de inspeção e limpeza

TOT – vazão total

TL – terminal de limpeza

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO 12
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO 12
2. METODOLOGIA DE PESQUISA 14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA 14
2.2 OBJETIVOS 15
2.2.1 Objetivo Principal 15
2.2.2 Objetivos Secundários 15
2.3 DELIMITAÇÃO 15
2.4 DELINEAMENTO 16
3. DADOS E CARACTERÍSTICAS DO BALNEÁRIO LARANJAL 17
3.1 INTRODUÇÃO 17
3.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE 18
3.3 ESGOTAMENTO PLUVIAL 19
3.4 ESGOTAMENTO SANITÁRIO 19
4. ESGOTO SANITÁRIO 20
4.1 ORIGEM DOS ESGOTOS 20
4.2 SISTEMA GRAVIMÉTRICO DE ESGOTAMENTO DE EFLUENTES 21
4.2.1 Breve descrição do sistema 21
4.2.2 Normatização 21
4.2.3 Partes integrantes do sistema 22
4.2.4 Critérios de dimensionamento 23
4.2.4.1 Vazão 23
4.2.4.2 Diâmetro mínimo 23
4.2.4.3 Declividade mínima 24
4.2.4.4 Declividade máxima 24
4.2.4.5 Lâminas d´água 25
4.2.4.6 Velocidade crítica 25
4.2.4.7 Condições de controle de remanso 25
4.2.5 Trabalhos em Terra 25
4.2.5.1 Remoção do pavimento 27

4.2.5.2 Escavação 28
4.2.5.3 Projeto e execução de valas 28
4.2.5.4 Escoramento 32
4.2.5.5 Esgotamento 34
4.2.5.6 Reaterro 36
4.2.5.7 Reposição da pavimentação 37
4.2.6 Material das tubulações de esgoto 38
4.2.6.1 Tubo cerâmico 39
4.2.6.2 Tubo de concreto 39
4.2.6.3 Tubo de PVC 40
4.2.6.4 Tubo de PEAD 40
4.2.6.5 Tubo de ferro fundido 41
4.2.6.6 Tubo de aço 41
4.2.7 Ligações prediais 41
4.2.8 Testes e verificações 43
4.2.9 Manutenção e operação do sistema 43
4.2.9.1 Operação 44
4.2.9.2 Manutenção 44
4.2.9.3 Principais anormalidades 45
4.2.9.4 Equipamentos de manutenção 46
4.3 SISTEMAS A VÁCUO DE ESGOTAMENTO DE EFLUENTES 48
4.3.1 Esgoto a vácuo 48
4.3.1.1 Histórico 48
4.3.1.2 Condições em que o sistema a vácuo é recomendado 49
4.3.1.3 Condições em que o sistema a vácuo não é recomendado 49
4.3.1.4 Locais onde o esgoto a vácuo está presente 49
4.3.1.4.1 Amwaj Island / Kingdom of Bahrain *50*
4.3.1.4.2 Sakuta-oka, Kujukuri Town / Japão *50*
4.3.1.4.3 Jurerê Internacional, Florianópolis / Brasil *51*
4.3.1.5 Breve descrição do sistema 51
4.3.1.6 Normatização 52
4.3.1.7 Partes integrantes do sistema 52
4.3.1.7.1 Caixa de válvula *53*
4.3.1.7.2 Tanque buffer *55*

4.3.1.7.3 Estação de vácuo *56*
4.3.1.7.4 Válvula de manobra *59*
4.3.1.7.5 Rede a vácuo *59*
4.3.1.7.6 Tanque de armazenagem *59*
4.3.2 Critérios de dimensionamento 60
4.3.2.1 Velocidade 61
4.3.2.2 Perfil da rede 62
4.3.2.3 Razão ar/líquido recomendada 63
4.3.2.4 Diâmetros 64
4.3.2.5 Comprimento máximo de rede 64
4.3.2.6 Localização da estação de vácuo 65
4.3.2.7 Distribuição das linhas de vácuo 65
4.3.3 Material das tubulações de esgoto a vácuo 65
4.3.4 Ligações Prediais 66
4.3.5 Testes e verificações 68
4.3.6 Manutenção e Operação do Sistema 68
4.3.6.1 Manutenção 69
4.3.6.2 Operação 70
5.DADOS DE PROJETO 72
5.1 SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS 72
5.2 HORIZONTE DE PROJETO 73
5.3 POPULAÇÃO DE PROJETO 73
5.4 ÁREA DA BACIA CONTRIBUINTE 73
5.5 COMPRIMENTO DE REDE COLETORA LANÇADA 73
5.6 VAZÕES DE PROJETO 73
5.6.1 Vazões de Projeto do Esgoto Gravimétrico 73
5.6.2 Vazões de Projeto do Esgoto Vácuo 75
5.7 REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO 77
5.7.1 Sistema Gravimétrico 77
5.7.2 Sistema a Vácuo 77
5.7.2.1 Número de Caixas de Válvula 78
6. ANÁLISE ECONÔMICA 79
6.1 SISTEMA GRAVIMÉTRICO 79
6.1.1 Custos unitários de materiais e mão-de-obra 79

6.1.2 Quantitativos 79
6.1.3 Orçamento 79
6.2 SISTEMA A VÁCUO 82
6.2.1 Custos unitários de materiais e mão-de-obra 82
6.2.2 Quantitativos 82
6.2.3 Orçamento 82
6.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO 84
6.3.1 Custos com Equipe de manutenção 85
6.3.2 Custos com Energia 85
6.3.3 Custos com utilitários 86
6.3.4 Custos de transporte 86
6.3.5 Custos com despesas diversas 86
6.4 RESUMO DE CUSTOS 87
7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 92
7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 93
REFERÊNCIAS 95
APÊNDICE A – Esgoto Gravimétrico: rede coletora 98
APÊNDICE B – Esgoto a Vácuo: rede coletora 102
APÊNDICE C – Esgoto Gravimétrico: custos unitários de materiais e mão-de-obra 106
APÊNDICE D – Esgoto a Vácuo: custos unitários de materiais e mão-de-obra 108
APÊNDICE E – Esgoto Gravimétrico: quantitativos 110
APÊNDICE F – Esgoto a Vácuo: quantitativos 112
ANEXO A – Balneário do Laranjal: bacias contribuintes do Sistema 114
ANEXO B – Balneário do Laranjal: bacia de estudo 116
ANEXO C – Esgoto Gravimétrico: itens acessórios 118
ANEXO D – Esgoto a Vácuo: ítens acessórios 121

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

No projeto e execução de obras de esgoto sanitário existem muitas variáveis a serem levadas em consideração. Entre elas pode-se referir: análise econômica, impacto ao meio ambiente, facilidades construtivas, interferências com outras redes já existentes.

Em regiões litorâneas, planas e com nível de lençol freático elevado, em virtude do sistema gravimétrico trabalhar por gravidade, há a necessidade de se escavar grandes valas, utilizar escoramentos em solos instáveis e de rebaixar o lençol freático, o que pode se tornar antieconômico, ser de difícil execução e apresentar um grande impacto ambiental.

Aliados a esses aspectos técnicos a situação do esgotamento sanitário em regiões litorâneas é bem aquém da desejada, apresentando baixíssimos índices de serviços de esgoto. Este é então mais um fator para que se estudem alternativas de esgotamento mais econômicas e mais fáceis de serem executadas.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

O esgotamento sanitário de uma cidade é uma das obras de infra-estrutura básica, sendo que é imprescindível para o seu desenvolvimento. No estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, vários aspectos interferem na tomada de decisão da alternativa a ser adotada.

O sistema adotado na maioria das cidades brasileiras é o gravimétrico, o qual utiliza a gravidade para realizar o escoamento dos efluentes. Em regiões com alta densidade populacional, topografia com declives e lençol freático não muito elevado, este sistema funciona bem.

Entretanto em regiões planas, litorâneas e com nível de lençol freático elevado, muitas vezes a alternativa por gravidade parece não ser a melhor solução. Algumas das alternativas ao sistema gravimétrico são os sistemas pressurizados e por vácuo, que é a alternativa a ser estudada.

Esta pesquisa pretende estudar a alternativa a vácuo para uma das bacias contribuintes (Anexo B) do balneário Laranjal, no município de Pelotas, localizado no estado do Rio Grande do Sul. O estudo é específico para este Município, entretanto, o objetivo da pesquisa é estudar a alternativa como solução de esgotamento sanitário de condomínios e loteamentos que apresentam as mesmas características que a bacia de estudo.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Metodologicamente a pesquisa estudou duas alternativas para o esgotamento sanitário de uma das bacias (Anexo B) contribuintes do balneário Laranjal, em Pelotas - RS. A primeira alternativa de esgotamento é o sistema gravimétrico que é a solução tradicional, mas que pode se tornar antieconômica em determinadas circunstâncias. Para a primeira alternativa, tomando por base o projeto executivo do balneário Laranjal, realizou-se o orçamento do sistema pelo método gravimétrico.

Para a segunda alternativa, estudou-se o sistema de esgotamento a vácuo, tecnologia possivelmente adequada para situações como a que encontramos nessa bacia, mas que, no entanto não se sabia, até a realização deste estudo, nem o custo nem o desempenho operacional do sistema para a realidade brasileira.

Concluídos os orçamentos para as duas alternativas de esgotamento sanitário, realizou-se uma análise econômica.

Por fim, tomando por base a análise econômica de ambos os sistemas, foi feita uma análise da possibilidade de se utilizar o sistema a vácuo como solução em condomínios e loteamentos com características topográficas e de freático semelhantes às encontradas nesse trabalho.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: o sistema de esgotamento sanitário a vácuo é uma alternativa economicamente viável em regiões planas, litorâneas e com nível de lençol freático elevado?

2.2 OBJETIVOS

Seguem os objetivos desse trabalho divididos em principais e específicos.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a análise da viabilidade econômica do sistema a vácuo para regiões planas, litorâneas e com nível de lençol freático elevado.

2.2.2 Objetivos Secundários

A partir da pesquisa pretende-se atingir os seguintes objetivos secundários:

a) identificação de facilidades construtivas;
b) identificação de situações onde se deva dar preferência ao sistema a vácuo;
c) comparativo de custo com o sistema por gravidade;
d) restrições de utilização;

2.3 DELIMITAÇÃO

O estudo foi realizado em uma das bacias contribuintes (Anexo B) do balneário Laranjal no município de Pelotas, localizado no estado do Rio Grande do Sul, considerando que o sistema de esgotos seja do tipo separador absoluto.

Para o estudo em virtude do coletor tronco que cortava a bacia de estudo ter sido dimensionado levando em consideração a vazão de praticamente toda a praia, não haveria lógica em adotar uma única bacia contribuinte e o coletor tronco de toda a praia. Então, foram calculadas as vazões contribuintes a um novo coletor tronco no mesmo local, mas com as

vazões unicamente da bacia elevatória número 4 (ELE-4) e realizado o dimensionamento hidráulico do mesmo (Apêndice A).

2.4 DELINEAMENTO

O esquema do delineamento do trabalho está representado na figura 1, onde o ponto de partida foi uma revisão bibliográfica dos dois sistemas, o gravitacional e o a vácuo. No último, a inexistência de bibliografia de qualidade no Brasil levou à busca de bibliografia estrangeira.

Após a pesquisa bibliográfica, realizou-se um levantamento de dados que inclui custos relativos à mão-de-obra e de materiais.

Com este levantamento de dados procedeu-se a realização dos orçamentos. No caso da alternativa por gravidade partiu-se de um orçamento já realizado, bastando atualizar os valores (mão-de-obra, materiais) para o período de referência agosto/setembro de 2007. Já para o sistema a vácuo foi realizado o orçamento para o período de referência agosto/setembro de 2007.

Concluídos os orçamentos, procedeu-se a análise econômica.

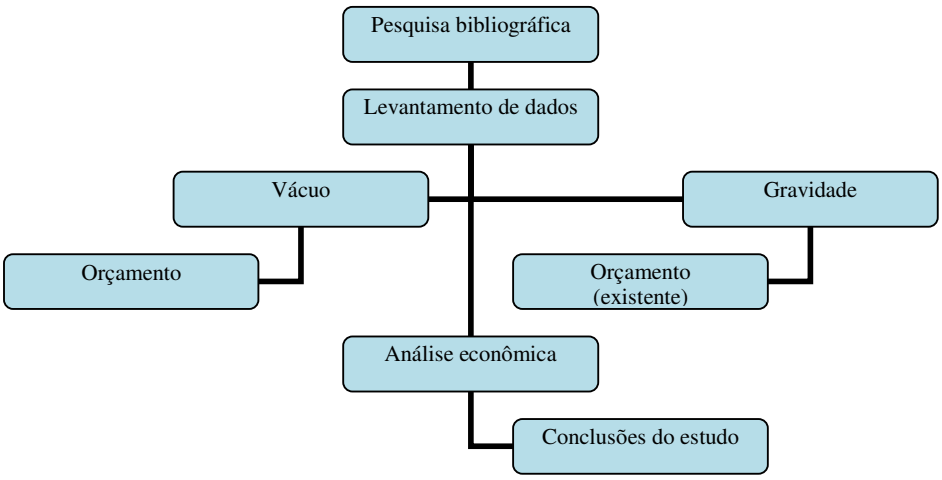


Figura 1: organograma do projeto de pesquisa

3. DADOS E CARACTERÍSTICAS DO BALNEÁRIO LARANJAL

3.1 INTRODUÇÃO

O distrito do Laranjal, no qual situam-se os balneários Valverde, Santo Antônio e Barro Duro, tem por limites ao leste a Lagoa dos Patos, a oeste o arroio Pelotas, ao sul o canal de São Gonçalo e ao norte a colônia Z-3. Os balneários Valverde e Santo Antônio, com maior densidade populacional, caracterizam o centro físico mais importante, distando cerca de 12 km da praça Coronel Pedro Osório, considerado o marco central da cidade de Pelotas.

O Laranjal é privilegiado por um notável sistema hídrico, com potencial de aproveitamento com relação à agricultura, pecuária, pesca desportiva e profissional, bem como atividades de lazer e recreação, não somente em época de veraneio, como ao longo do restante do ano.

O distrito do Laranjal apresentava no ano de 2000 um total de 5.414 moradias, sendo 3.074 de ocupação permanente e 2.340 de ocupação temporária. Os setores censitários correspondentes à zona urbanizada dos balneários Valverde, Santo Antônio e Barro Duro, contam com significativo número de estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, especialmente durante períodos de veraneio. No balneário Barro Duro há um centro de saúde, o que permite que pessoas que necessitem de seus serviços não precisem deslocar-se à sede do município.

O Barro Duro tem grande porte de suas necessidades de água de abastecimento suprida por um sistema de poços artesianos implantados no próprio balneário, que abastecem o reservatório elevado do SANEP na avenida Amazonas.

3.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE

Os balneários Valverde e Santo Antônio já apresentaram problemas sérios no abastecimento de água. Esta situação adversa foi recentemente superada com a implantação de um "booster" na avenida São Joaquim.

O abastecimento dos balneários é realizado a partir da ETA do Sinott. A partir desta, uma adutora de 500 mm conduz por recalque a água até o reservatório R8, localizado na rua Mário Peiruque, na Vila Bom Jesus. A partir deste reservatório, uma adutora de 400 mm de diâmetro abastece um complexo de reservatórios existentes na avenida José Maria da Fontoura. Estes reservatórios, que abastecem os balneários Valverde e Santo Antônio, são constituídos por um semi-enterrado de 2.000 m³ de capacidade, e uma torre de concreto armado com reservação de 1.000 m³.

A ETA Sinott foi um dos fatores determinantes do progresso de Pelotas, no início do século XX. Sua construção foi iniciada pela Prefeitura Municipal de Pelotas em 1908. Foi construída para melhorar o abastecimento de água da cidade, que nesta época já se tornava deficitário, pois a única ETA existente então era a ETA Moreira, de reduzida capacidade. A ETA Sinott recebe água dos arroios Quilombo e Pelotas, e sua capacidade é de 36 milhões de litros de água tratada por dia.

A captação de água do arroio Quilombo para a ETA Sinott, que destina parte de sua produção para os balneários Valverde e Santo Antônio, é efetuada mediante a utilização de uma barragem. A partir desta, desenvolve-se uma linha de tubos de ferro fundido de 500 mm com 21 mil metros de extensão até a ETA Sinott, onde a água é tratada. O arroio que mais fornece água bruta para o SANEP é o arroio Pelotas que tem suas nascentes na Serra dos Tapes, no vizinho município de Canguçu, e vem desaguar no canal de São Gonçalo a 4 Km do porto de Pelotas. O local de captação de água é situado logo após a embocadura do arroio Pilão.

O atual nível de atendimento da população dos balneários, pelo abastecimento de água supera 90%.

3.3 ESGOTAMENTO PLUVIAL

O sistema de esgotamento pluvial existente é formado por sarjetas, tubos e valas de grandes dimensões como a da avenida Espírito Santo e a que está implantada em rua paralela à rua Paulo de Souza Lobo, uma quadra ao norte da mesma, efetuando a chegada das águas pluviais ao sistema de bombeamento que descarrega no canal de macrodrenagem da rua Nova Prata. O sistema de drenagem pluvial foi implantado em parte pela municipalidade, e em alguns casos pelos próprios moradores do balneário que com freqüência canalizam sarjetas em frente a suas residências.

Nota-se com relação ao sistema de drenagem pluvial que nada segue a um projeto global. Observam-se em alguns casos tubulações de grande diâmetro que não oferecem solução a problemas de alagamentos, porque trabalham afogadas mesmo sem ocorrência de chuvas.

3.4 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O distrito do Laranjal não dispõe de um sistema público de esgotos sanitários, para coleta e tratamento de seus efluentes. Conta, sim com alguns sistemas implementados por loteamentos entre os quais podem ser referidos Las Acácias, Recanto de Portugal, São Conrado, Vila Bela, Colina Verde e Vila Assunção, representando soluções localizadas e estanques para tratamento dos esgotos destes núcleos habitacionais. Os referidos loteamentos não serão considerados, posto que já contam com sistema de coleta, tratamento e disposição final, mas serão referidos, com o objetivo de dispor-se de informações que possibilitem a sua integração futura ao sistema estudado.

O esgoto sanitário das residências dos balneários é atualmente submetido a tratamento primário domiciliar, em fossas sépticas, sendo o efluente das mesmas infiltrado no solo e também escoado para a rede de drenagem pluvial, constituída por tubos de concreto armado e sarjetas. O referido sistema de drenagem direciona as águas pluviais e os efluentes de fossas sépticas às margens das lagoas, onde o SANEP construiu filtros rápidos objetivando proporcionar um certo amortecimento na carga poluidora vertida à lagoa.

4. ESGOTO SANITÁRIO

4.1 ORIGEM DOS ESGOTOS

No processo natural de ocupação humana do espaço, a água sempre foi um bem necessário para o desempenho das diversas atividades diárias. Uma conseqüência natural de sua utilização é a geração de águas residuárias, ou seja, uma parcela dessa água retorna na forma de esgotos (FERNANDES, 2003, p. 29).

Os esgotos então, de acordo com a sua origem, podem se classificar em (FERNANDES, 2003, p. 31):

a) esgoto sanitário ou doméstico;
b) esgoto industrial;
c) esgoto pluvial.

O esgoto sanitário é toda a parcela originada das atividades domésticas, tais como lavagem de pisos, de roupas, consumos em pias de cozinha e da utilização de aparelhos sanitários tais como chuveiro, bacia sanitária e lavatórios.

O esgoto industrial é toda a parcela originada da atividade industrial onde é necessária a utilização da água em seu processo produtivo. É importante destacar que as características dessa parcela de esgoto dependerão da atividade da indústria em questão.

O esgoto pluvial é toda a contribuição gerada pelo escoamento superficial decorrente das precipitações e, em alguns casos, lavagem das ruas e de drenos subterrâneos.

Quanto à maneira dos esgotos serem coletados nas redes, existem dois sistemas básicos: o sistema unitário e o sistema separador absoluto.

No sistema unitário, em uma única rede se coleta o esgoto pluvial e o esgoto sanitário. Foi o sistema de esgoto pioneiro no mundo. Já no sistema separador absoluto, existe uma rede para transportar o esgoto sanitário e outra rede para conduzir o esgoto pluvial. É o sistema mais adotado atualmente.

4.2 SISTEMA GRAVIMÉTRICO DE ESGOTAMENTO DE EFLUENTES

4.2.1 Breve descrição do sistema

O princípio de funcionamento do sistema gravimétrico, como o próprio nome diz, é um sistema que trabalha por gravidade. O esgoto flui das residências para a rede coletora, que tem a função de coletar os efluentes, e nesta rede o esgoto flui de cotas mais elevadas para cotas menos elevadas.

4.2.2 Normatização

As normas brasileiras constantes para o desenvolvimento de estudos na área de sistemas de esgotos sanitários são as seguintes:

a) NBR 9648/1986 – estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário;
b) NBR 9649/1986 – projeto de redes coletoras de esgoto sanitário;
c) NBR 12207/1986 – projeto de interceptores de esgoto sanitário;
d) NBR 12208/1992 – projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário;
e) NBR 12209/1992 – projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário;
f) NBR 12266/1992 – projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana;
g) NBR 9061/1985 – segurança de escavação a céu aberto.

4.2.3 Partes integrantes do sistema

A norma NBR 9649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), apresenta conceitos e definições dos diversos elementos constituintes de um sistema de esgoto sanitário, que são os seguintes:

a) ligação predial: trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto;

b) coletor de esgoto: tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo do seu comprimento;

c) coletor principal: coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia;

d) coletor tronco: tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;

e) emissário: tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante;

f) rede coletora: conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgoto, e seus órgãos acessórios;

g) trecho: segmento de coletor, coletor tronco, interceptor ou emissário, compreendido entre singularidades sucessivas;

h) poço de visita (PV): câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção;

i) tubo de inspeção e limpeza (TIL): dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza;

j) terminal de limpeza (TL): dispositivo que permite introdução de equipamento de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor;

k) caixa de passagem (CP): câmara sem acesso localizada em pontos singulares por necessidade construtiva;

l) sifão invertido: trecho rebaixado com escoamento sob pressão, cuja finalidade é transpor obstáculos, depressões do terreno ou curso d´água;

m) passagem forçada: trecho com escoamento sob pressão, sem rebaixamento;

n) tubo de queda: dispositivo instalado no poço de visita, ligando um corpo afluente ao fundo do poço.

4.2.4 Critérios de dimensionamento

No dimensionamento de redes coletoras de esgoto sanitário, considera-se escoamento em conduto livre em regime permanente e uniforme, de modo que a declividade da linha de energia equivale à declividade da tubulação e é igual à perda de carga unitária (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 102).

Existe uma série de motivos contrários ao dimensionamento considerando regime permanente e uniforme, tais como: aumento da vazão para jusante em virtude dos acréscimos oriundos das ligações prediais, variação da vazão ao longo do dia, presença variável de sólidos, mudança de greide ou de cotas no poço de visita de jusante, etc. (FERNANDES, 2003, p. 143-145).

Embora, no Brasil, as redes sejam projetadas com as simplificações que não ocorrem na prática, a experiência tem mostrado que as redes, de um modo geral, tem funcionado adequadamente, tanto para pequenas vazões, quanto para as grandes vazões (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 102).

4.2.4.1 Vazão

A norma NBR 9649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), faz as seguintes recomendações quanto às vazões a serem utilizadas no dimensionamento hidráulico em redes coletoras:

> 5.1.1 Para todos os trechos da rede devem ser estimadas as vazões inicial e final (Qi e Qf) correspondente as vazões de início e fim de plano.
>
> 5.1.2 Inexistindo dados pesquisados e comprovados, com validade estatística, recomenda-se como menor valor de vazão 1,5 l/s em qualquer trecho.

4.2.4.2 Diâmetro mínimo

A norma NBR 9649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), faz as seguintes considerações com relação ao diâmetro mínimo em redes:

> 5.1.2 Os diâmetros a empregar devem ser os previstos nas normas e especificações brasileiras relativas aos diversos materiais, o menor não sendo inferior a DN 100 (diâmetro nominal de 100 mm).

4.2.4.3 Declividade mínima

A declividade mínima no projeto de uma rede coletora de esgotos está intimamente ligada a um dos critérios básicos a autolimpeza dos coletores. Para garantir a autolimpeza dos coletores deve-se trabalhar com uma tensão trativa mínima de 1,0 Pa, calculada para vazão inicial. A declividade mínima que satisfaz essa condição pode ser determinada pela expressão aproximada (equação 1) para coeficiente de Manning n = 0,013 (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 103).

$$I_{\min} = 0{,}0055 \cdot Q_i^{-0{,}147} \qquad \text{(equação 1)}$$

onde: Imin= declividade mínima, m/m;

Qi= vazão de jusante do trecho no início de plano, l/s.

A equação acima é válida para tubos cerâmicos (n=0,0013), mas por segurança adota-se a mesma também para redes coletoras em PVC.

4.2.4.4 Declividade máxima

A máxima declividade é aquela para qual se tenha uma velocidade na tubulação igual a 5,0 m/s, para a vazão de final de plano, e pode ser obtida pela expressão aproximada (equação 2) para coeficiente de Manning n=0,0013 (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 103).

$$I_{máx} = 0{,}0055 \cdot Q_f^{-0{,}67} \qquad \text{(equação 2)}$$

onde: Imáx = declividade máxima, m/m;

Qf = vazão de jusante do trecho no fim de plano, l/s.

4.2.4.5 Lâminas d´água

A norma NBR 9649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986) faz as seguintes orientações sobre as lâminas d´água nas tubulações:

> 5.1.6 As lâminas d´água devem ser sempre calculadas admitindo o escoamento em regime uniforme e permanente, sendo o seu valor máximo para vazão final (Qf), igual ou inferior a 75% do diâmetro do coletor.

4.2.4.6 Velocidade crítica

Com relação à velocidade crítica a norma NBR 9649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986) faz a seguinte orientação:

> 5.1.5.1 Quando a velocidade final vf é superior a velocidade crítica vc, a maior lâmina admissível deve ser 50% do diâmetro do coletor, assegurando-se a ventilação do trecho; a velocidade crítica é definida por:
>
> $$V_c = 6 \cdot (g \cdot R_h)^{1/2}$$
>
> onde g = aceleração da gravidade
> Rh = raio hidráulico (m)

4.2.4.7 Condições de controle de remanso

Sempre que a cota do nível de água na saída de qualquer PV ou TIL, ficar acima de qualquer das cotas dos níveis de água de entrada, deve ser verificada a influência do remanso no trecho de montante (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 104).

4.2.5 Trabalhos em Terra

Os trabalhos em terra constituem uma importante etapa na construção de redes de esgoto sanitário, isto se deve, pois a construção atravessa regiões onde uma paralisação prolongada do tráfego causa consideráveis inconvenientes ao público, podendo até inviabilizar o projeto. Outros fatores tais como: segurança na escavação, interferências e custos dos trabalhos em

terra sugerem que decisões precipitadas nessa etapa podem gerar obras mais caras, demoradas e onerosas para a população (DELLA NINA, 1975, p.23).

O custo percentual das valas conforme mostra a tabela 1 é de aproximadamente 60% do custo total de uma obra de esgoto, mostrando que o custo dessa etapa é parte considerável do custo total. Ou seja, na etapa do projeto a alternativa escolhida deve minimizar sempre que possível o volume de escavação nas valas, trazendo como conseqüência menores custos e maior rapidez nas escavações.

Os métodos construtivos dependem fundamentalmente da geotecnia local, ou seja, do tipo e natureza do solo, da existência ou não de água no subsolo, determinando a necessidade ou não de escoramento e esgotamento. No caso dos balneários, objeto de estudo deste trabalho, quase sempre há água superficial, exigindo o rebaixamento de lençol freático e conseqüentemente encarecendo a obra.

Etapa da Obra	**Item**	**Custo (%)**
Implantação da obra (3,8%)	Canteiro e localização	0,6
	Tapumes e sinalização	2,1
	Passadiços	1,1
Valas (61,2%)	Remoção de pavimento	1,3
	Escavação	10,6
	Escoramento	38,8
	Reaterro	10,5
Assentamento de tubulações (25,1%)	Transporte	0,4
	Assentamento	4,1
	Poços de visita	15,5
	Ligações Prediais	4,6
	Cadastro	0,5
Serviços complementares (9,9%)	Lastros e bases adicionais	0,7
	Reposição de pavimento	9,2
	Reposição de galerias de águas Pluviais	0,1

Tabela 1: custos percentuais das diversas partes de uma obra de esgoto (SOBRINHO, 2000, p. 66)

4.2.5.1 Remoção do pavimento

É a primeira etapa dos trabalhos em terra, sendo que o método executivo depende fundamentalmente do tipo de pavimento, que pode ser: asfalto, paralelepípedo, concreto, terra etc. Um dos métodos de remoção de pavimento está ilustrado na figura 2.

A norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) faz as seguintes recomendações quanto à remoção do pavimento em obras de esgoto sanitário:

> 4.2.4.1 A largura da faixa de pavimentação a ser removida ao longo da vala deve ser a mínima necessária, de acordo com o tipo de pavimentação. Em pavimento articulado e asfalto, a largura dessa faixa deve ser a largura da vala mais 0,30 m; em passeio, a largura da vala mais 0,20 m.
>
> 4.2.4.2 A pavimentação asfáltica deve ser removida, mecanicamente, através de rompedores pneumáticos ou outro equipamento apropriado.
>
> 4.2.4.3 A pavimentação articulada deve ser removida com alavancas ou outras ferramentas.
>
> 4.2.4.4 O piso dos passeios, geralmente em concreto ou ladrilhos hidráulicos (cerâmicos), pode ser removido mecanicamente ou manualmente.
>
> 4.2.4.5 Os materiais reaproveitáveis (como paralelepípedos) devem ser empilhados em local conveniente para futuro reaproveitamento.

Figura 2: remoção de pavimento com máquina escavadeira (cedido por Carlos Chagas/DMAE)

4.2.5.2 Escavação

O objetivo das escavações é a remoção de material, para que possam ser abertas as valas nas dimensões especificadas em projeto, garantindo sempre a segurança dos trabalhadores. O método construtivo a ser adotado depende fundamentalmente da natureza do solo, da topografia e do volume a ser escavado.

A norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) faz as seguintes recomendações quanto às escavações em obras de esgoto sanitário:

> 4.1.5.1 O memorial descritivo do projeto deve sugerir ou indicar, entre outros, os seguintes itens:
>
> a) métodos e equipamentos a serem utilizados;
>
> b) alternativas para a superação das interferências que serão encontradas durante a escavação;
>
> c) locais mais adequados para a deposição do material proveniente da escavação.
>
> 4.2.5.1 A abertura das valas e travessias em vias ou logradouros públicos só poderá ser iniciada após comunicação ao órgão municipal.
>
> 4.2.5.2 As escavações sob ferrovias, rodovias ou em faixa de domínio de concessionárias de serviços públicos só poderão ser iniciadas após cumpridas as exigências feitas por elas.
>
> 4.2.5.5 Se a escavação vier a colocar em risco galerias de águas pluviais, canalizações de água, gás e outras, deve ser executado um escoramento adequado para sustentação desta.
>
> 4.2.5.6 A escavação em rocha pode ser:
>
> a) a frio, quando se tratar de rocha fraturada, ou branda, quando colocar em risco as edificações e serviços existentes nas proximidades ou quando for desaconselhável ou inconveniente o uso de explosivos por razões construtivas ou de segurança;
>
> b) a fogo, quando se tratar de rocha sã, maciça, e desde que não apresente riscos às construções vizinhas.

4.2.5.3 Projeto e execução de valas

Vala é toda abertura feita no solo, com a finalidade de receber tubulações. A norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992), faz as seguintes recomendações quanto ao posicionamento da vala:

> O posicionamento deve ser feito no projeto de acordo com as normas municipais de ocupação das várias faixas da via pública. Quando o posicionamento não estiver bem definido ou for inexeqüível, deve ser observado o seguinte:
>
> a) as valas devem ser localizadas no leito carroçável quando:
>
> - os passeios laterais não tiverem a largura mínima necessária ou existirem interferências de difícil remoção;
>
> - resultar em vantagem técnica ou econômica;
>
> - a vala no passeio oferecer risco às edificações adjacentes;
>
> - os regulamentos oficiais impedirem sua execução no passeio;
>
> b) as valas devem ser localizadas no passeio quando:
>
> - o projeto previr rede dupla;
>
> - os passeios tiverem espaço disponível;
>
> - houver vantagem técnica e econômica;
>
> - a rua for de tráfego intenso e pesado;
>
> - regulamentos municipais impedirem sua execução no leito carroçável da rua.
>
> 4.1.3.1 Para as valas localizadas no leito carroçável da rua, devem ser cumpridas as seguintes condições:
>
> - a distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 1,00 m, e a tubulação de água deve ficar, no mínimo, 0,20 m acima da tubulação de esgoto;
>
> - nas redes simples, as tubulações devem ser localizadas em um dos terços laterais do leito, ficando a de esgoto no terço mais favorável às ligações prediais;
>
> Nas redes duplas, as tubulações devem ser localizadas o mais próximo possível dos meios-fios, uma em cada terço lateral do leito.
>
> 4.1.3.2 Para as valas localizadas nos passeios, devem ser cumpridas as seguintes condições:
>
> - o eixo das tubulações de água deve ser localizado a uma distância mínima de 0,50 m do alinhamento dos lotes;
>
> - o eixo das tubulações de esgoto deve ser localizado a uma distância mínima de 0,80 m do alinhamento dos lotes;
>
> - a distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 0,60 m, e a tubulação de água deve ficar, no mínimo, 0,20 m acima da tubulação de esgoto.

A norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992), define a largura das valas para obras de esgoto sanitário conforme o diâmetro nominal da tubulação, da cota de corte e do tipo de escoramento adotado, conforme a tabela 2.

A profundidade da vala é determinada a partir das cotas do projeto hidráulico (cobrimento da tubulação acrescido do diâmetro nominal da tubulação) acrescida da espessura dos elementos necessários ao apoio da tubulação, conforme o item 4.1.4.3 da norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

Diâmetro nominal	Cota do corte (m)	Largura da vala em função do tipo de escoramento e cota de corte			
		Pontaletes (m)	Contínuo e descontínuo (m)	Especial (m)	Metálico - madeira (m)
100 e 150	0 a 2	0,65	0,65	0,75	-
	2 a 4	0,75	0,85	1,05	-
	4 a 6	0,85	1,05	1,35	-
	6 a 8	0,95	1,25	1,65	-
200	0 a 2	0,70	0,70	0,80	-
	2 a 4	0,80	0,90	1,10	1,75
	4 a 6	0,90	1,10	1,40	1,90
	6 a 8	1,00	1,30	1,70	2,05
250 e 300	0 a 2	0,80	0,80	0,90	-
	2 a 4	0,90	1,00	1,20	1,85
	4 a 6	1,00	1,20	1,50	2,00
	6 a 8	1,10	1,40	1,80	2,15
350 e 400	0 a 2	0,90	1,10	1,20	-
	2 a 4	1,00	1,30	1,50	2,15
	4 a 6	1,10	1,50	1,80	2,30
	6 a 8	1,20	1,70	2,10	2,45
450	0 a 2	1,00	1,15	1,25	-
	2 a 4	1,10	1,35	1,55	2,25
	4 a 6	1,20	1,55	1,85	2,40
	6 a 8	1,30	1,75	2,15	2,55
500	0 a 2	1,10	1,30	1,40	-
	2 a 4	1,20	1,50	1,70	2,35
	4 a 6	1,30	1,70	2,00	2,50
	6 a 8	1,40	1,90	2,30	2,65
600	0 a 2	1,20	1,40	1,50	-
	2 a 4	1,30	1,60	1,80	2,45
	4 a 6	1,40	1,80	2,10	2,60
	6 a 8	1,50	2,00	2,40	2,75
700	0 a 2	1,30	1,50	1,60	-
	2 a 4	1,40	1,70	1,90	2,55
	4 a 6	1,50	1,90	2,20	2,70
	6 a 8	1,60	2,10	2,50	2,85
800	0 a 2	1,40	1,60	1,70	-
	2 a 4	1,50	1,80	2,00	2,65
	4 a 6	1,60	2,00	2,30	2,80
	6 a 8	1,70	2,20	2,60	2,90
900	0 a 2	1,50	1,70	1,80	-
	2 a 4	1,60	1,90	2,10	2,75
	4 a 6	1,70	2,10	2,40	2,90
	6 a 8	1,80	2,30	2,70	3,05
1000	0 a 2	1,60	1,80	1,90	-
	2 a 4	1,70	2,00	2,10	2,85
	4 a 6	1,80	2,20	2,50	3,00
	6 a 8	1,90	2,40	2,80	3,15

Tabela 2: largura da vala para obra de esgoto segundo a NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992)

Com relação ao preparo do fundo da vala, a norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) faz as seguintes considerações:

> 4.1.8.1 O projeto deve indicar o preparo mais adequado a ser dado ao fundo da vala, que pode ser:
>
> a) acerto de solo natural;
>
> b) substituição de solo;
>
> c) lastro de material granular;
>
> d) laje de concreto simples ou armado;
>
> e) estanqueamento.
>
> 4.1.8.3 O cálculo das cargas verticais, devidas ao reenchimento da vala e das sobrecargas verticais devidas às cargas móveis, pode ser feito por qualquer método consagrado na prática.
>
> 4.1.8.4 Quando da consideração das cargas móveis acidentais, não havendo dados reais, deve-se considerar o peso do veículo tipo 12 da NBR 7188, para as valas situadas no leito da rua.
>
> 4.1.8.5 O projeto deve prevê, nos locais onde o fundo da vala for regularizado com areia ou brita, um selo de argila com a mesma espessura da camada de regularização, intercalada, no mínimo, a cada 100 m.
>
> 4.2.8.2 Nas escavações em rocha, deve ser feito um rebaixo no "greide" do fundo da vala, a fim de possibilitar a regularização do fundo com areia e melhorar as condições de assentamento.

4.2.5.4 Escoramento

Escoramento é toda a estrutura projetada com o objetivo de garantir a estabilidade dos taludes nas escavações. Sempre que as paredes laterais de uma vala forem constituídas de solo passível de desmoronamento, deverá ser previsto escoramento.

Qualquer tipo de escoramento poderá ser utilizado, desde que atenda às condições mínimas de segurança quanto (DELLA NINA, 1975, p. 57-59):

a) ao fator psicológico do trabalhador;
b) às estruturas vizinhas (a vala pode não derruir, porém ceder levemente, o que será suficiente para acarretar recalques em estruturas próximas);

c) às flutuações do nível d´água do terreno que, diminuindo a coesão, acarretam rupturas do mesmo;

d) à ocorrência de veios friáveis, em terrenos excepcionalmente compactos;

e) à ocorrência de sobrecargas eventuais de máquinas ou da própria terra escavada sobre o topo do talude.

A norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) faz as seguintes recomendações quanto ao escoramento em obras de esgoto sanitário:

> 4.1.6.2 Na travessia de faixas de servidão ou de domínio, o escoramento deve ser projetado de acordo com as exigências das concessionárias.
>
> 4.1.6.3 A necessidade ou não de escoramento nas valas e a determinação das dimensões e posições das peças a serem utilizadas devem basear-se no cálculo das pressões máximas sobre esses escoramentos.
>
> 4.1.6.4 O cálculo das pressões máximas sobre o escoramento a céu aberto pode ser feito através de qualquer método de cálculo devidamente consagrado pela técnica, devendo a memória de cálculo acompanhar o projeto.
>
> 4.1.6.5 Quando nenhum dos tipos comuns de escoramento satisfizer às exigências dos cálculos, o projeto deve apresentar detalhadamente o escoramento a ser utilizado.
>
> 4.2.6.3 As dimensões mínimas das peças e os espaçamentos máximos usuais dos escoramentos mais comuns, quando não especificados no projeto, devem ser os seguintes:
>
> a) pontaleteamento:
>
> - tábuas de 0,027 m x 0,30 m, espaçadas de 1,35 m, travadas horizontalmente com estroncas de ø 0,20 m, espaçadas verticalmente de 1,00 m;
>
> b) escoramento descontínuo:
>
> - tábuas de 0,027 m x 0,30 m, espaçadas de 0,30 m, travadas horizontalmente por longarinas de 0,06 m x 0,16 m em toda sua extensão, espaçadas verticalmente de 1,00 m com estroncas de ø 0,20 m, espaçadas de 1,35 m, sendo que a primeira estronca está colocada a 0,40 m da estremidade da longarina;
>
> c) escoramento contínuo:
>
> - tábuas de 0,027 m x 0,30 m, de modo a cobrir toda a superfície lateral da vala, travadas umas às outras horizontalmente por longarinas de 0,06 m x 0,16 m em toda sua extensão, espaçadas verticalmente de 1,00 m com estroncas de ø 0,20 m, espaçadas de 1,35 m a menos das extremidades das longarinas, de onde as estroncas devem estar a 0,40 m;
>
> d) escoramento especial:
>
> - estacas-pranchas de 0,06 m x 0,16 m, do tipo macho e fêmea, travadas horizontalmente por longarinas de ø 0,08 m x 0,18 m em toda sua extensão, com

> estroncas de ø 0,20 m, espaçadas de 1,35 m a menos das extremidades das longarinas, de onde as estroncas devem estar a 0,40 m. As longarinas devem ser espaçadas verticalmente de 1,00 m.
>
> 4.2.6.4 As estacas-pranchas e tábuas podem ser cravadas por bate-estacas apropriado ou por marreta. O topo da peça a cravar deve ser protegido para evitar o lascamento.
>
> 4.2.6.5 Para evitar sobrecarga no escoramento, o material escavado deve ser colocado a uma distância mínima de 1,00 m da borda ou conforme determinado em projeto.
>
> 4.2.6.6 Quando a vala for aberta em solos saturados, as fendas entre as tábuas e pranchas do escoramento devem ser calafetadas, a fim de impedir que o material do solo seja carreado para dentro da vala.

A figura 3 ilustra o escoramento metálico em obras de esgoto sanitário.

Figura 3: escoramento metálico em obra de esgoto (cedido por Carlos Chagas/DMAE)

4.2.5.5 Esgotamento

Durante a realização da escavação, quando constatar-se a presença de água no fundo da vala, que indica que se atingiu o nível do lençol freático, há a necessidade de drenagem da mesma para evitar desmoronamentos e para garantir a segurança dos trabalhadores (DELLA NINA, 1975, p. 46).

A norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) faz as seguintes recomendações quanto ao esgotamento em obras de esgoto sanitário:

> 4.1.7.1 O projeto deve sugerir ou indicar o processo de esgotamento a ser adotado.
>
> 4.1.7.2 Quando for indicada a utilização de dispositivos de bombeamento, devem ser previstos as obras necessárias para a drenagem superficial das águas e também o equipamento de esgotamento mais adequado.
>
> 4.1.7.3 Quando for indicado rebaixamento do lençol freático por ponteiras filtrantes, deve ser apresentado o projeto detalhado, sugerindo o equipamento mais conveniente.
>
> 4.1.7.4 Quando for indicado rebaixamento do lençol freático através de poços filtrantes, deve ser apresentado o projeto do sistema global de rebaixamento, sugerindo inclusive o equipamento mais adequado.
>
> 4.2.7.1 O esgotamento das valas deve ser feito pelo processo indicado 4.1.7, de preferência no sentido jusante-montante.
>
> 4.2.7.2 Não havendo especificação no projeto, deve ser dada preferência às bombas para esgotamento do tipo auto-escorvante ou submerso.
>
> 4.2.7.3 Deve ser previsto, a jusante do trecho em construção, um pequeno poço de sucção para onde a água infiltrada é conduzida. Drenos laterais, junto ao escoramento da vala, são usados para dirigir a água até o poço;
>
> 4.2.7.4 Os crivos das bombas devem ser cobertos com brita, a fim de se evitar erosão por carreamento de solo.

Vários são os métodos utilizados para rebaixamento do nível do lençol freático (DELLA NINA, 1975, p. 46):

a) drenagem a céu aberto;
b) rebaixamento de lençol freático por ponteiras filtrantes;
c) rebaixamento do lençol freático por poços profundos;
d) rebaixamento do lençol freático por eletro-osmose.

A figura 4 mostra uma situação onde fica evidente a necessidade de rebaixamento do lençol freático.

Figura 4: situação onde há a necessidade de esgotamento (cedido por Carlos Chagas/DMAE)

4.2.5.6 Reaterro

O objetivo desta etapa é recompor o solo desde o fundo da vala até a superfície do terreno. Esta etapa é de fundamental importância, não só porque influirá diretamente na qualidade de reposição do pavimento mas, principalmente, pela influência que exercerá sobre as cargas verticais que atuam sobre as tubulações (DELLA NINA, 1975, p. 84).

O reaterro deverá ser compactado, por método manual ou mecânico com a finalidade de reduzir o volume de vazios e aumentar o peso específico. Para compactar um solo, primeiro deve-se construir a sua curva de compactação que relaciona para cada umidade um determinado peso específico. Como se espera o maior peso específico, a umidade de compactação, também chamada de umidade ótima é a umidade para qual o solo apresenta o maior peso específico.

A compactação consiste em (DELLA NINA, 1975, p. 86):

a) espalhamento do material depositado nos reaterros, de modo que se obtenha uma camada de espessura praticamente uniforme;
b) irrigação do solo para corrigir seu teor de umidade, ou seja, para obter um teor próximo do ótimo;

c) compactação propriamente dita, mediante o emprego de equipamento adequado.

A norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) faz as seguintes recomendações quanto ao reaterro em obras de esgoto sanitário:

> 4.1.9 No projeto, devem constar no mínimo:
>
> a) especificação do material do reaterro e a área de empréstimo, se for o caso;
>
> b) espessura da camada a ser compactada, grau de compactação, desvio de umidade ótima e ensaio específico, além do equipamento mais adequado para alcançar a condição de compactação desejada;
>
> c) processo de retirada do escoramento à medida que o reaterro é executado;
>
> d) especificação e detalhamento do tipo de acabamento a ser dado à superfície do terreno, atendendo às disposições específicas dos órgãos municipais.
>
> 4.2.9.2 O reaterro da vala só poderá ser executado após a realização dos testes de estanqueidade da tubulação, conforme os procedimentos pertinentes.
>
> 4.2.9.3 O material para reaterro da vala deve ser o especificado em projeto.
>
> 4.2.9.4 O reenchimento é obrigatoriamente manual até 0,50 m acima da geratriz superior da tubulação, executado em camadas, utilizando-se soquete manual, mecânico ou outro, cumpridas as condições estipuladas em projeto.
>
> 4.2.9.5 O reenchimento e adensamento acima de 0,50 m da geratriz superior da tubulação podem ser executados por processos mecânicos.
>
> 4.2.9.6 Em ruas pavimentadas, no processo de reaterro da vala, devem ser restabelecidas as condições anteriores de compactação da base e sub-base do pavimento, de modo a conferir a mesma capacidade de suporte anterior à abertura da vala.

4.2.5.7 Reposição da pavimentação

Para finalizar a obra, a última etapa consiste na reposição da pavimentação, ou seja, manter as condições originais na região atingida pela obra. Quanto ao tipo de pavimento utilizado, sempre que possível deve-se procurar repavimentar com o pavimento antigo.

A norma NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) faz as seguintes recomendações quanto à reposição de pavimentação em obras de esgoto sanitário:

> 4.2.11.1 A reposição da pavimentação em vias públicas deve objetivar o restabelecimento das condições anteriores à abertura da vala, obedecendo às recomendações de projeto constantes de 4.1.9, no que couber, bem como as exigências municipais.
>
> 4.2.11.2 A regularização das ruas de terra deve ser executada com motoniveladoras.
>
> 4.2.11.3 A reposição do pavimento nos passeios deve:
>
> a) em passeio cimentado:
>
> - compor-se de um lastro de brita n.2, com 0,05 m de espessura, de uma camada de concreto de 210 kg de cimento por m³, na espessura mínima de 0,05 m, e acabamento de 0,02 m de espessura, com argamassa de cimento e areia 1:3;
>
> b) em passeio revestido:
>
> - obedecer às características dos materiais existentes, de forma a reconstituir as condições anteriores.

4.2.6 Material das tubulações de esgoto

Os materiais usualmente utilizados em redes coletoras de esgotos sanitários têm sido o tubo cerâmico (manilha de grês), concreto, plástico, ferro fundido ou tubos de aço. De um modo geral as características do esgoto, os métodos construtivos e as condições locais condicionam o material a ser escolhido. Os seguintes fatores devem ser levados em consideração na escolha do material da tubulação (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 112):

a) resistência a cargas externas;
b) resistência à abrasão e ao ataque químico;
c) facilidade de transporte;
d) disponibilidade de diâmetros necessários;
e) custo do material;
f) custo do transporte;
g) custo do assentamento.

4.2.6.1 Tubo cerâmico

Os tubos cerâmicos (manilhas de grês) são muito utilizados na construção de redes de esgoto sanitário, pois possuem alta resistência a meios ácidos e à corrosão, não sendo atacado pelo ácido sulfúrico, entretanto, é mais frágil com maior facilidade de quebra.

Os diâmetros nominais (DN) normalizados são os seguintes: 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 375, 400, 450, 500 e 600 mm; e os comprimentos nominais normalizados são os seguintes: 600, 800, 1.000, 1.250, 1.500 e 2.000 mm.

A norma NBR 5645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990) fixa as condições exigíveis para aceitação e/ou recebimento de tubos cerâmicos de juntas não elásticas empregados na canalização de águas pluviais, de esgotos sanitários e de despejos industriais, que operam sob a ação da gravidade e, normalmente, sob pressão atmosférica.

As juntas das tubulações devem atender aos seguintes requisitos (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 112):

a) impermeabilidade;
b) facilidade de execução;
c) resistência aos ataques de agentes químicos e bacterianos;
d) disponibilidade;
e) menor custo.

As juntas disponíveis no mercado para tubos cerâmicos são as seguintes:

a) junta de argamassa de cimento e areia;
b) junta composta de betume;
c) junta elástica.

4.2.6.2 Tubo de concreto

A sua utilização geralmente têm sido em coletores de esgoto com diâmetro igual ou maior que 400 mm, principalmente para coletores-tronco, interceptores e emissários.

A norma NBR 8890 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) padroniza os diâmetros dos tubos de concreto para diâmetro nominal (DN) igual a 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.500, 1.750 e 2.000 mm.

As tubulações devem ser submetidas, por amostragem, aos ensaios de recebimento quanto à determinação da resistência à compressão diametral, verificação de permeabilidade, estanqueidade e índice de absorção de água. Os anéis de borracha para junta elástica devem ser submetidos também aos ensaios de dureza, tração, deformação, envelhecimento e determinação da absorção de água (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 113-114).

4.2.6.3 Tubo de PVC

Com o desenvolvimento de novos materiais, tendo como base o plástico, o PVC (policloreto de vinila) é um dos primeiros materiais a competir com o tubo cerâmico em redes coletoras. Apresenta alta resistência à corrosão e em regiões com lençol freático acima dos coletores de esgoto (regiões litorâneas) constitui como principal alternativa de utilização (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 114).

Os diâmetros nominais de tubos de PVC são de 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 mm, todos com comprimento total de 6,0 m.

A norma NBR 7362 - 1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) fixa as condições exigíveis para tubos de PVC, destinados a rede coletora e ramais prediais enterrados para a construção de esgoto sanitário e despejos industriais, cuja temperatura do fluido não exceda 40°C. Os requisitos específicos para os diversos tipos de PVC são estabelecidos na NBR 7362 – 2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) e NBR 7362 – 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

4.2.6.4 Tubo de PEAD

O polietileno de alta densidade tem sido muito utilizado em adutoras de água, em ligações prediais de água e em emissários submarinos de esgoto.

4.2.6.5 Tubo de ferro fundido

A sua grande utilização é em linhas de recalque de elevatórias. Para escoamento livre são utilizadas em travessias aéreas, passagem sob rios, ou em situações que necessitem de tubos que suportem cargas extremamente altas (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 115).

Os diâmetros comerciais existentes são os com diâmetro nominal de 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000 e 1.200 mm, com comprimento de 6 m.

A sua desvantagem é a sensibilidade a corrosão pelos esgotos ácidos ou em estado séptico, e por solos ácidos. Quando ocorrem essas condições desfavoráveis devem ser previstos revestimentos internos e/ou externos.

4.2.6.6 Tubo de aço

Os tubos de aço são especificados para situações onde ocorrerem esforços elevados sobre a linha, como no caso de travessias diretas de grande vãos, cruzamentos subaquáticos, ou ainda quando se deseja uma tubulação com pequeno peso, com ótima estanqueidade e com grande resistência a pressões de ruptura. Devido a sua grande flexibilidade os tubos de aço resistem aos efeitos de choques, deslocamentos e pressões externas (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 115).

Os diâmetros disponíveis no mercado, com junta elástica, são os de diâmetro nominal de 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100 e 1.200 mm.

Os itens acessórios do sistema de esgoto sanitário gravimétrico constam no anexo C.

4.2.7 Ligações prediais

A ligação ou ramal predial é a tubulação que partindo do coletor, alcança o alinhamento da rua. A partir desse ponto, começa a instalação predial, já portanto, dentro dos limites da propriedade beneficiada. Esse serviço geralmente é realizado mediante solicitação junto à empresa de saneamento local, portanto, os padrões das ligações variam de um lugar para outro (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 115).

O tipo de ligação depende basicamente da posição da rede na via pública, da sua profundidade, do tipo de terreno, do tipo de pavimentação, da época da execução da rede em relação à ocupação dos lotes, do conhecimento das testadas dos lotes não identificados, bem como de razões de ordem econômica, podem ser previstos os seguintes tipos de ligações (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000, p. 116):

a) sistema ortogonal – ligações simples;
b) sistema ortogonal – ligações múltiplas;
c) sistema radial – ligações múltiplas.

O modelo típico de ligação predial está representado na figura 5.

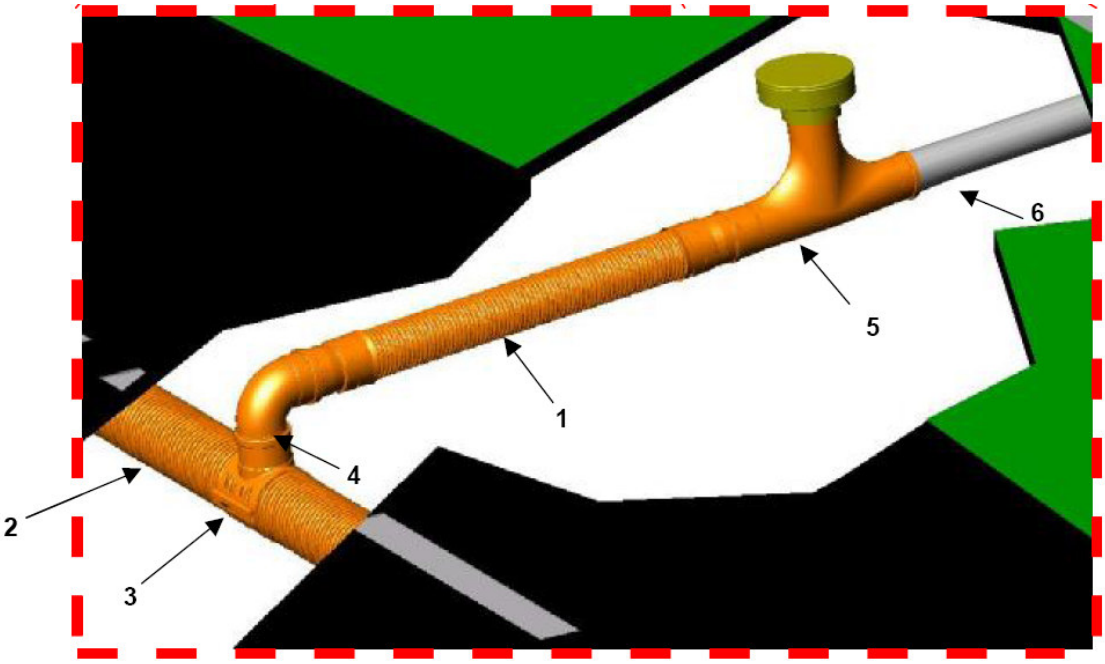


Figura 5: modelo típico de ligação predial (KANAFLEX, 2007, p. 20)

onde:

1. tubo ramal de esgoto;
2. tubo coletor de esgoto;
3. selim, “tê” ou “tê” de correr;
4. curva de 90°;

5. caixa de inspeção ou TIL predial;
6. instalação residencial.

4.2.8 Testes e verificações

Com a crescente preocupação com a poluição ambiental, aliado aos elevados custos relativos ao tratamento de esgotos, julga-se necessário ensaios da rede quanto a vazamentos e infiltrações.

Juntamente com esses ensaios de recebimento, a empresa executora deve atentar aos seguintes aspectos para um bom funcionamento das redes (DELLA NINA, 1975, p. 347):

a) métodos construtivos que garantam um ótimo alinhamento horizontal e vertical;
b) controle cuidadoso da largura da vala;
c) boas fundações;
d) reaterro e compactação adequados;
e) tubos de boa qualidade;
f) métodos adequados quanto à repavimentação.

Basicamente, são dois os ensaios de recebimento de redes coletoras (DELLA NINA, 1975, p. 348):

a) teste de vazamento;
b) teste de infiltração.

4.2.9 Manutenção e operação do sistema

A manutenção e a operação de um sistema de esgoto sanitário são fundamentais para garantir um bom desempenho do sistema. Basicamente a manutenção de um sistema se subdivide em três partes (FERNANDES, 2003, p. 377):

a) administração: conjunto de princípios, normas e funções que têm por fim ordenar os fatores de produção e controlar a sua produtividade e eficiência para alcançar os objetivos determinados;

b) operação: execução das medidas consideradas necessárias para consecução dos objetivos;

c) manutenção: medidas necessárias para a conservação ou a permanência do sistema em funcionamento.

4.2.9.1 Operação

O objetivo de um sistema de esgoto do ponto de vista operacional é atender continuamente em qualquer ponto de serviço, de acordo com a demanda e com o menor custo possível. Entretanto esse objetivo só será plenamente alcançado a partir da eficiência da operação e dos serviços de manutenção (FERNANDES, 2003, p. 377-378).

Na rede coletora a operação é a própria manutenção, mas nas unidades de bombeamento e nas unidades de tratamento, a operação deve obedecer a manuais próprios preparados para cada situação, bem como orientações específicas de projeto. O desempenho operacional de um sistema de esgoto está também diretamente correlacionado com a sistemática e eficiência da manutenção (FERNANDES, 2003, p. 378).

4.2.9.2 Manutenção

A manutenção de um sistema de esgotos consiste, fundamentalmente, na prevenção e remoção de desobstruções, limpeza dos coletores e trabalhos de reparação e conservação das instalações de recalque e demais unidades acessórias do sistema. Dois fatores, aparentemente não evidentes, estão intimamente relacionados com a manutenção de um sistema, são eles a correta utilização da rede e um dimensionamento hidráulico correto, garantindo a tensão trativa mínima, para garantir a autolimpeza dos coletores (FERNANDES, 2003, p. 378).

Com relação à incorreta utilização das redes, fica evidente que nesse caso a freqüência na manutenção e os gastos despendidos com esse componente do sistema serão onerosos para a

empresa local de saneamento, como ocorre geralmente em comunidades de baixa renda. Já quanto ao dimensionamento hidráulico, devem-se atender os critérios da tensão trativa mínima e das velocidades estipuladas na norma NBR 9649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986). Caso contrário, não se assegurará a auto-limpeza dos coletores e possíveis manutenções excessivas serão despendidas devido a erros de projeto.

Um perfeito conhecimento do sistema e uma completa equipe de trabalho, preparada adequadamente e pronta para atendimento a qualquer tipo de situação previsível na formação da equipe, a qualquer hora solicitada, são pré-requisitos de uma boa manutenção (FERNANDES, 2003, p. 378).

Os sistemas de manutenção são classificados da seguinte maneira (FERNANDES, 2003, p. 379):

a) preventivo: que se antecipa às interrupções previstas e ao desgaste limite das partes do sistema (exemplo: lavagens de coletores);
b) corretivo: visa adaptar as instalações a novas solicitações ou corrigir defeitos construtivos de erros de projeto (exemplos: substituições, reformas, remanejamentos e melhoramentos das características funcionais, aumento da capacidade das unidades, substituição de equipamentos, etc.);
c) emergencial: é o atendimento a reparos decorrentes de acidentes ocorridos inesperadamente (exemplos: remoção de obstruções, conserto de rupturas, substituição de equipamentos, danificados ou inutilizados, etc.).

Geralmente, os defeitos de construção, as deficiências nas instalações e a inexistência ou falhas da manutenção preventiva ou corretiva implicam em maior volume das ocorrências que requeiram manutenção de emergência o que contribuirá, certamente, para elevação dos custos operacionais do sistema e insatisfação dos usuários, além de dificultar o alcance dos objetivos sanitários pretendidos em projeto (FERNANDES, 2003, p. 380).

4.2.9.3 Principais anormalidades

Uma das principais causas que requerem trabalhos contínuos de manutenção, principalmente nos coletores é o mau uso das instalações internas, decorrentes normalmente da falta de educação dos usuários (70 a 80% das ocorrências). Pedaços de madeira, folhas secas, trapos, plásticos, vidros, areia e outros objetos inadequados ao meio, além de gorduras e materiais

similares, são freqüentes razões para originarem problemas e complicações ao funcionamento contínuo do sistema (FERNANDES, 2003, p. 381).

Em cerca de 20 a 30% as anormalidades são decorrentes de recalque de fundações ou do próprio tubo, de rupturas da tubulação por esforços externos não previstos em projeto, ou pela ação danosa e progressiva desenvolvida pela agressividade do líquido transportado, além da penetração e desenvolvimento das raízes que entram na tubulação através de juntas defeituosas ou de trincas provocadas pelas mesmas raízes quando se desenvolvem próximas aos tubos e, neles penetrando, encontram ambiente propício ao seu desenvolvimento (FERNANDES, 2003, p. 381).

4.2.9.4 Equipamentos de manutenção

Os equipamentos utilizados dependem fundamentalmente do tamanho do sistema, dos diâmetros e da presença de elevatórias e de unidades de tratamento, mas via de regra, quanto menor o sistema, menor será o volume e a sofisticação dos equipamentos (FERNANDES, 2003, p. 381).

Basicamente os equipamentos se subdividem em três grupos (FERNANDES, 2003, p. 382):

> a) principais: são os caminhões de mangueira de pressão para lavagem interna dos condutos com jatos d´água, carros de sucção, retroescavadeiras, guinchos, cabos de aço flexíveis e varetas de acoplamento, máquinas de desentupimento com eixo giratório, cortadores de raízes, escovas de aço, caçambas e colheres de tamanhos variados;
>
> b) acessórios: são as pás, picaretas, enxadões e alavancas, chaves diversas, lanternas apropriadas, baldes e cordas;
>
> c) segurança: detectores de gases e lâmpadas de segurança, máscaras e cintos de segurança, botas, capas e luvas de borracha, grades de proteção para poços de visita, sinais de tráfego, cavaletes, lampiões e tochas para sinalização e caixas de primeiros socorros.

As ferramentas utilizadas para a limpeza dos coletores de esgoto são: goiva para corte, colher para remoção, garfo para remoção de trapos e papéis, espiral para remoção de papel, trapos e raízes, raspador e escova de aço para remoção de gorduras sofisticadas (FERNANDES, 2003, p. 383). A referida bibliografia apresenta representação gráfica de todos estes equipamentos.

A desobstrução com a utilização de varetas está apresentada na figura 6.

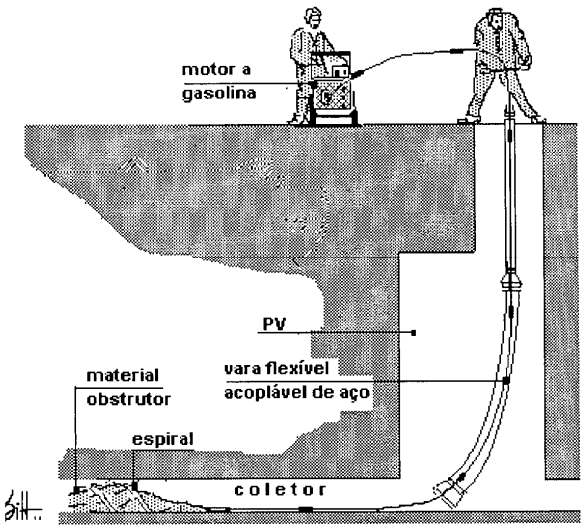


Figura 6: desobstrução de redes com o auxílio de varetas (FERNANDES, 2003, p. 383)

O modelo-tipo de um caminhão jateador e sugador utilizado na manutenção de coletores está ilustrado na figura 7.

Figura 7: caminhão jateador e sugador utilizado em desobstruções (cedido por Carlos Chagas/DMAE)

4.3 SISTEMAS A VÁCUO DE ESGOTAMENTO DE EFLUENTES

O sistema gravimétrico de transporte de efluentes, na maioria das situações atende satisfatoriamente as necessidades de esgotamento sanitário de uma comunidade. Entretanto em determinadas situações, verificou-se que os custos de transporte dos efluentes eram muito elevados em comparação com os custos de tratamento e disposição dos efluentes, fazendo com que os projetos se tornassem antieconômicos e de grande impacto ambiental (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p. 1).

Com o intuito de solucionar essa dificuldade, os engenheiros concentraram esforços no estudo de sistemas alternativos de transporte de efluentes. Cabe destacar o sistema a vácuo abordado neste trabalho.

4.3.1 Esgoto a vácuo

4.3.1.1 Histórico

O sistema de coleta de esgoto a vácuo foi patenteado nos Estados Unidos em 1888, quando Adrian LeMarquand inventou um sistema de coleta de esgoto por depressão barométrica. Entretanto, somente em 1960 foi descoberta aplicação comercial para esse sistema. Desde então, quase 200 sistemas vêm sendo construídos e operados nos Estados Unidos, e quase 100 sistemas no resto do Mundo. O sistema a vácuo tem tido um crescimento excepcional nos últimos 30 anos. A experiência na operação do sistema tem obtido avanços nas técnicas de projeto, construção e operação. Esses fatores têm contribuído para que o sistema a vácuo seja considerado alternativa confiável e competitiva para transporte de esgoto. Atualmente, existem sistemas a vácuo em 23 diferentes estados dos Estados Unidos, em locais que vão desde o clima da Flórida até o ambiente gélido do Alaska (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p. 7).

4.3.1.2 Condições em que o sistema a vácuo é recomendado

Conforme a norma BS EN 1091 (BRITISH STANDARD, 1997, p.27), o sistema a vácuo deve ser considerado como alternativa no transporte de efluentes nas seguintes condições:

1) regiões planas;
2) baixa densidade populacional;
3) nível de lençol freático elevado;
4) regiões litorâneas, lagunares, ilhas etc.
5) solos instáveis, moles, ou extremamente rochosos;
6) regiões com grande flutuação populacional;
7) em zonas de proteção de aqüíferos;
8) locais onde existem muitos obstáculos a serem vencidos, em função de interferências: água, telefone, esgoto pluvial, gás;
9) onde é necessário minimizar o impacto da obra.

4.3.1.3 Condições em que o sistema a vácuo não é recomendado

O sistema de esgoto a vácuo, em virtude de algumas características próprias do sistema não é recomendado em algumas situações. Em regiões com elevada densidade populacional, a tecnologia não é uma alternativa mais econômica em relação ao sistema gravimétrico em razão do elevado volume de efluente e o grande tempo de operação das bombas a vácuo. O sistema também não é recomendado em locais onde o efluente tenha que ser transportado por mais do que 4 km (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT, 2005, p. 3).

4.3.1.4 Locais onde o esgoto a vácuo está presente

O esgoto a vácuo está presente em situações onde a construção é severa como em regiões lagunares, ilhas, regiões rochosas, ou onde existem muitas interferências. A seguir serão expostos alguns locais onde o esgoto a vácuo foi a solução de esgotamento sanitário.

4.3.1.4.1 Amwaj Island / Kingdom of Bahrain

O projeto está localizado ao norte de Bahrain (figura 8) perto do aeroporto internacional de Bahrain.

Figura 8: sistema a vácuo de Amwaj Island/ Kingdom of Bahrain (QUA VAC)

4.3.1.4.2 Sakuta-oka, Kujukuri Town / Japão

Neste projeto de esgoto no Japão (figura 9), foram dois os grandes motivos para a adoção do esgoto a vácuo:

a) a área é próxima a praia, ou seja, o solo é arenoso e o nível do lençol freático fica a aproximadamente 1,0 m de profundidade, situação semelhante a praia do Laranjal;
b) o terreno é plano e com várias interferências o que justificou tal solução.

Figura 9: sistema a vácuo de Sakuta-oka, Kujukuri Town, - Japão (QUA VAC)

4.3.1.4.3 Jurerê Internacional, Florianópolis / Brasil

Em Jurerê Internacional o esgoto a vácuo está presente conforme a figura 10.

Figura 10: sistema a vácuo de Jurerê Internacional, Florianópolis - Brasil

4.3.1.5 Breve descrição do sistema

Diferentemente do escoamento por gravidade, o esgoto a vácuo utiliza diferencial de pressão para transportar o esgoto. Isto requer uma fonte central de energia, para mover as bombas a vácuo, que mantém o vácuo ao longo da rede coletora (SULLIVAN et al., 2003, p. 148).

Alguns dos mais recentes sistemas instalados usam a filosofia de projeto baseada no transporte de esgoto por bolsas (plugs). O movimento da bolsa através da rede é atribuído ao diferencial de pressão atrás e em frente à bolsa. Em decorrência da fricção na rede, a bolsa eventualmente pode ser desintegrada, um sifão foi concebido na rede principal para permitir que a bolsa se reintegre e então restabeleça o diferencial de pressão, princípio fundamental do sistema (SULLIVAN et al., 2003, p. 149).

O sistema divide-se basicamente em três partes: a caixa de válvula e/ou tanque *buffer* (*collection chamber / buffer tank*), rede coletora de esgoto a vácuo (*vacuum main*) e a estação coletora de esgoto a vácuo (*vacuum station*) (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p. 95).

O esgoto flui por gravidade das residências para a caixa de válvula ou para o tanque *buffer*, quando um determinado volume de efluente é alcançado no reservatório, a válvula de

interface abre. Um diferencial de pressão entre a rede a vácuo e a atmosfera força o esgoto da caixa de válvula para a rede a vácuo até que o reservatório da mesma seja completamente esvaziado, momento no qual a válvula fecha. Ar é incorporado ao efluente, pois o movimento se deve a forças gravitacionais e de fricção. As características do sistema a vácuo garantem que picos na vazão sejam rapidamente atenuados. Após, o esgoto chega a uma estação a vácuo, onde o esgoto é armazenado em um tanque de armazenagem. Da estação a vácuo, o efluente é encaminhado para tratamento e posteriormente é disposto em algum corpo receptor (BRITISH STANDARD, 1997, p. 4).

4.3.1.6 Normatização

Com relação à normatização do esgoto por vácuo, não existe no Brasil norma específica. Em 1997 foi compilada a norma inglesa de esgoto a vácuo BS EN 1091 (BRITISH STANDARD, 1997) intitulada *vacuum sewerage outside buidings*, no entanto essa norma faz ciência de que os critérios de dimensionamento são orientadores, e que a experiência acumulada na operação do sistema local requer ajuste no dimensionamento (SPAETH, 2004, p. 5).

4.3.1.7 Partes integrantes do sistema

As partes integrantes do sistema de coleta de esgoto a vácuo conforme ilustrado na figura 11, são as seguintes (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.95-98) :

a) caixa de válvula (*collection chamber*);
b) tanque “buffer” (*buffer tank*);
c) estação de vácuo (*vacuum station*);
d) válvula de manobra (*diversion valve*);
e) rede a vácuo (*vacuum main*);
f) tanque de armazenagem (*collection tank*).

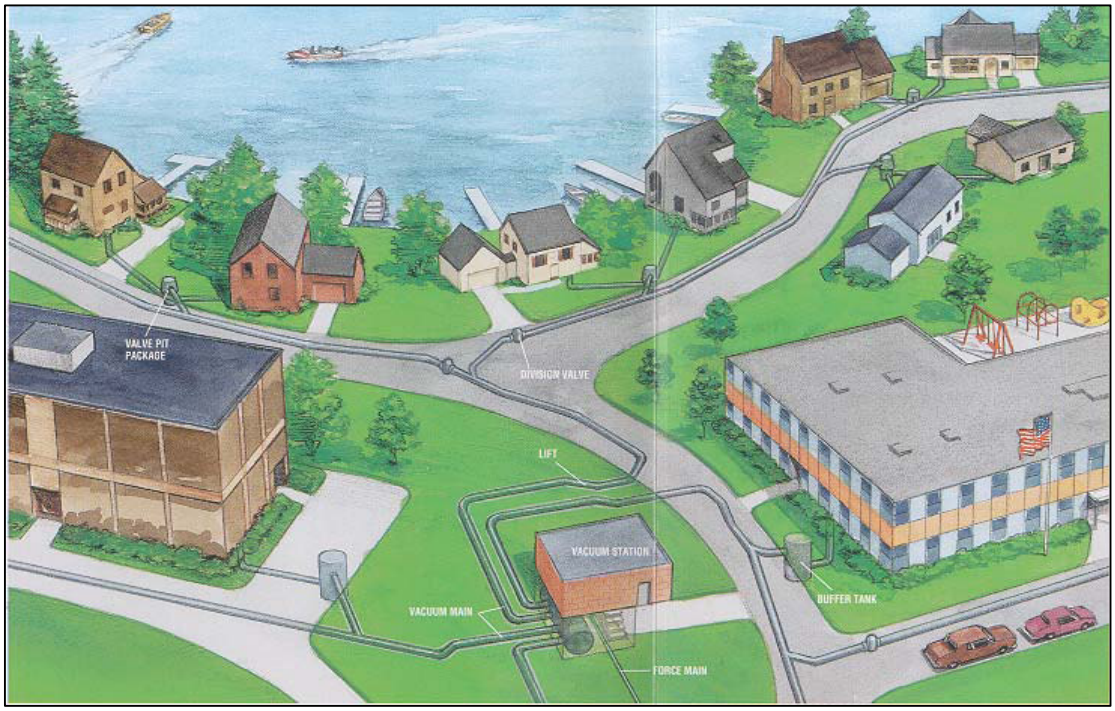


Figura 11: layout de um sistema de esgoto sanitário a vácuo (AIRVAC, 2001)

4.3.1.7.1 Caixa de válvula

A caixa de válvula, conforme a figura 12 é o elemento que faz a interface gravidade/vácuo, ou seja, o esgoto flui por gravidade das residências para a caixa de válvula e da caixa de válvula o esgoto entra na rede coletora a vácuo. A caixa de válvula abre quando um predeterminado volume de esgoto acumula na caixa coletora. O diferencial de pressão resultante entre a atmosfera e a linha de vácuo torna-se a força propulsora para propelir o esgoto até a estação de vácuo (SULLIVAN et al., 2003, p. 149).

A interface vácuo/gravidade na caixa de válvula é um componente chave para o sistema de esgoto a vácuo. Essa interface separa a pressão atmosférica da linha de gravidade de vácuo existente na linha a vácuo (SULLIVAN et al., 2003, p. 150).

Quanto à capacidade da caixa de válvula, por razões de segurança, é especificado pela norma européia que cada caixa de válvula deve ter uma capacidade mínima para reter, pelo menos 25% da vazão de esgoto diário, por habitação, para garantir a segurança em caso de falha de

eletricidade. Este volume representa a vazão recolhida por gravidade em cada habitação (SPAETH, 2004, p. 7).

Figura 12: caixa de válvula

As caixas de válvula usualmente são instaladas sobre jardins, estradas, passeio ou entrada de automóveis, dependendo das facilidades encontradas em cada caso (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT, 2005, p. 3).

O esquema de uma caixa de válvula usualmente utilizada está representada na figura 13.

Os materiais empregados na caixa de válvula são os polietilenos de alta densidade (PEAD) ou as fibras de vidro reforçadas (GRC) (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT, 2005, p. 3).

A pressão mínima requerida na rede para a abertura da válvula da caixa de válvula é de 25,4 mm Hg (SULLIVAN et al., 2003, p. 151).

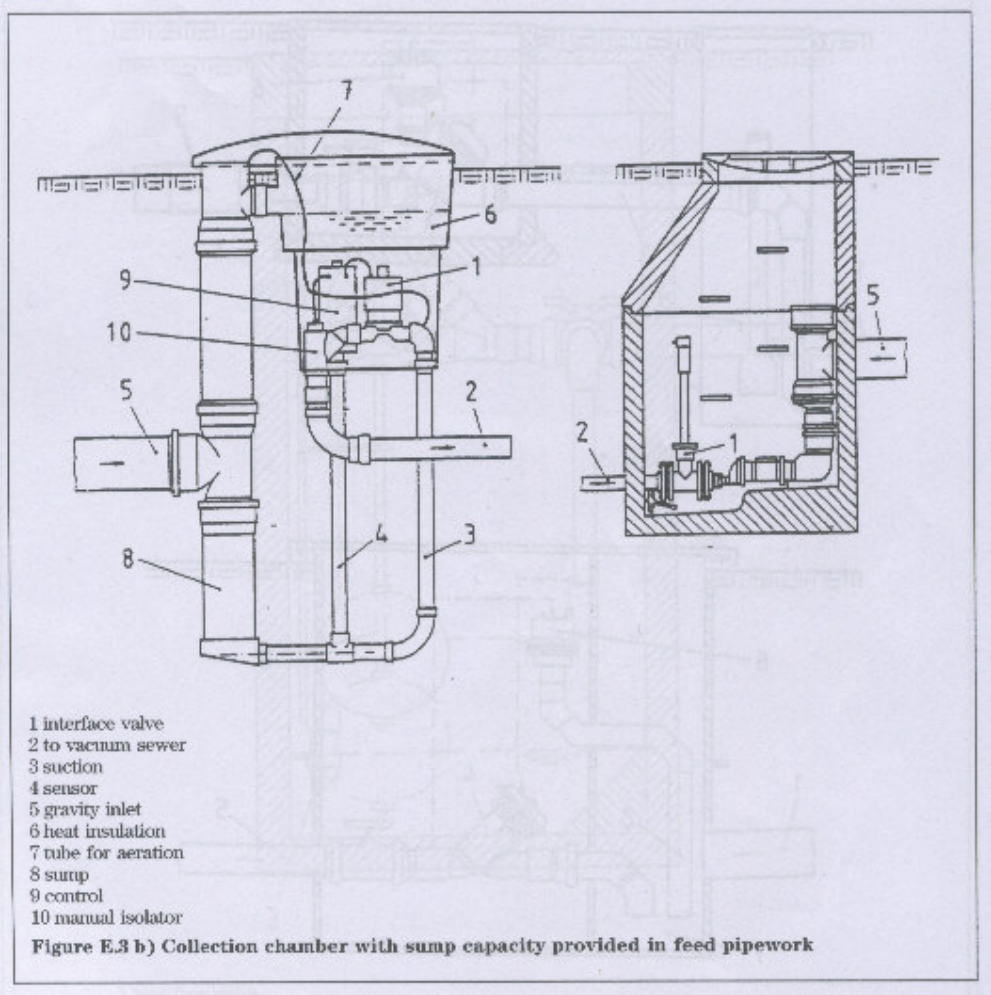


Figura 13: esquema de uma caixa de válvula típica (BRITISH STANDARD, 1997, p. 15)

4.3.1.7.2 Tanque buffer

O tanque *buffer* (*buffer tank*), conforme a figura 14 é utilizado para grandes vazões (escolas, hospitais, prédios privados ou públicos) ou quando a interface pressão/vácuo é desejada. Tanques *buffer* são projetados com seções de 1200 mm. É importante levar em consideração que em geral as redes a vácuo, para funcionarem corretamente devem ter uma razão ar/efluente de 3:1, ou seja, 3 partes de ar para cada parte de efluente. Outra consideração dos sistemas a vácuo operando nos Estados Unidos, é que no local onde está inserido o tanque *buffer*, há uma grande vazão e pouco ar causando turbulências naquele local. Portanto, o local

de implantação do tanque *buffer* deve ser escolhido criteriosamente, pois da localização do mesmo é que um sistema será ou não confiável (SULLIVAN et al., 2003, p. 152)

Figura 14: tanque buffer (buffer tank) (AIRVAC, 2001)

4.3.1.7.3 Estação de vácuo

A estação a vácuo é o coração do sistema de coleta a vácuo. A função primordial da estação é garantir a pressão negativa na rede e na caixa de válvula para que o sistema funcione corretamente. Um esquema de uma estação a vácuo usualmente utilizada está representada na figura 15. Estações a vácuo são localizadas no fim de todas as linhas de vácuo e transferem o esgoto coletado para uma linha pressurizada ligada diretamente ou indiretamente a um sistema de tratamento. O maquinário instalado é semelhante ao de uma estação elevatória de esgoto exceto o tanque de armazenagem que é selado. Os componentes de uma estação são: tanque de armazenagem, bombas elevatórias (figura 16), bombas a vácuo (figura 17) e painel de controle. Outros equipamentos tipicamente incluídos na estação são um gerador de emergência e um painel de controle de odor (SULLIVAN et al., 2003, p. 152).

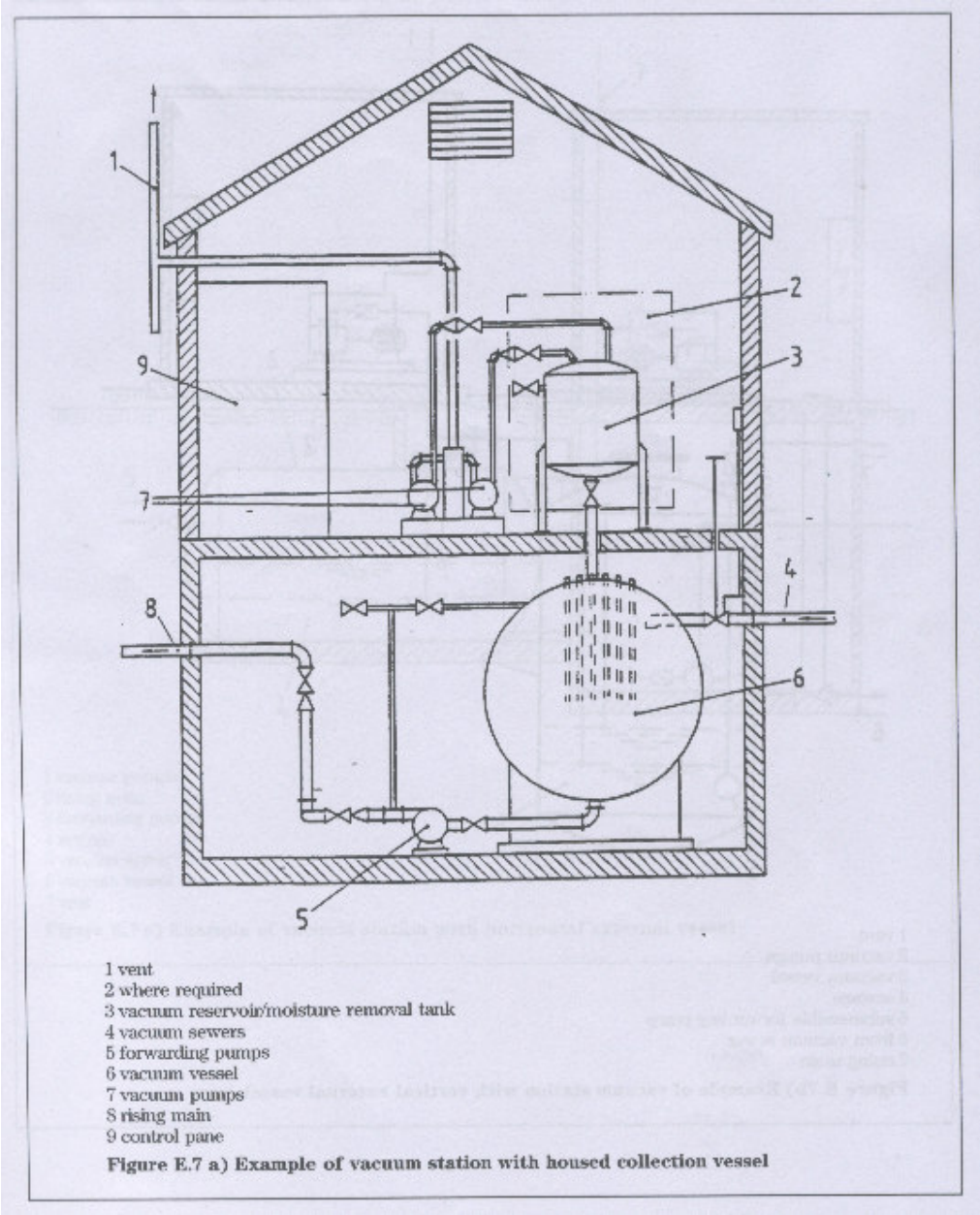


Figura 15: esquema de uma estação a vácuo típica (BRITISH STANDARD, 1997, p. 21)

Figura 16: bombas elevatórias

Figura 17: bombas de vácuo

4.3.1.7.4 Válvula de manobra

Em vários locais ao longo da rede coletora, válvulas (*diversion valves*) são instaladas para ajudar a isolar seções da rede para manutenções ou inspeções. Essas válvulas são localizadas a cada 300 m ao longo da rede. Com estas válvulas, a detecção de vazamentos torna-se um exercício rotineiro (SULLIVAN et al., 2003, p. 155).

4.3.1.7.5 Rede a vácuo

A rede a vácuo é o local por onde o efluente percorre desde a residência até a estação a vácuo. Como a força propulsora do esgoto dentro da rede é a pressão negativa, deve-se garantir um mínimo de pressão na rede. A pressão mínima exigida na rede coletora a vácuo é de 330 mmHg (SULLIVAN et al., 2003, p. 153).

Um esquema da rede de esgoto a vácuo está representada na figura 18.

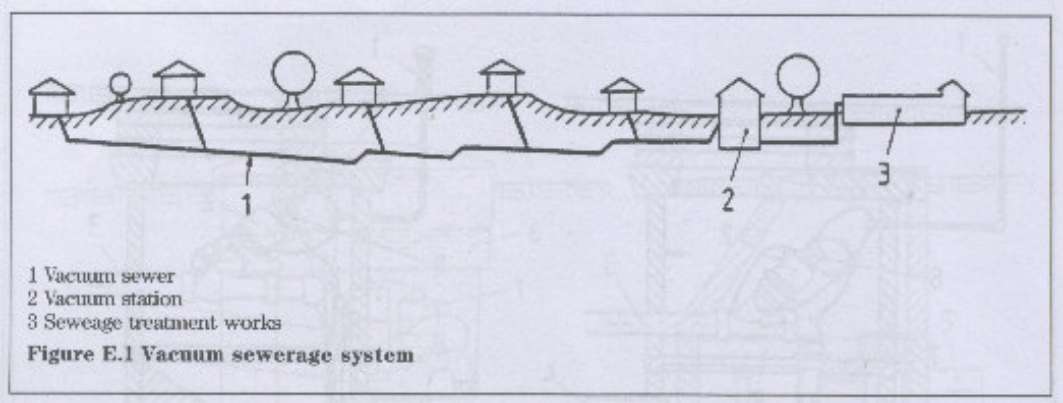


Figura 18: esquema da rede de esgoto a vácuo (BRITISH STANDARD, 1997, p. 13)

4.3.1.7.6 Tanque de armazenagem

A função do tanque de armazenagem (figura 19) é armazenar o efluente proveniente da rede coletora ao chegar na estação a vácuo. O volume do tanque ocupado pelo esgoto é cerca de 30% do volume total do tanque, o restante é ar, ou seja, quando o tanque tiver 30% do volume

ocupado por esgoto as bombas elevatórias bombeiam o esgoto para posterior tratamento. Com relação a pressão no tanque de armazenagem, as bombas a vácuo são projetadas para manter um vácuo mínimo de 406 mm Hg (SULLIVAN et al., 2003, p. 153).

Figura 19: tanque de armazenagem

4.3.2 Critérios de dimensionamento

O ponto de partida de um sistema de esgoto por vácuo parece ser em primeiro lugar, uma questão de concepção. Não existe uma solução geral, o sistema pode ser projetado de diversas maneiras (dependendo da zona de ligação, localização da central de vácuo, escolha do perfil e comprimento, etc). Uma boa concepção necessita de uma visão adequada dos parâmetros do sistema (SPAETH, 2004, p. 9).

Um critério muito importante durante a etapa de concepção do projeto é que o escoamento do esgoto de cada caixa de válvula viaja por um único caminho até a estação de vácuo, conforme ilustrado na figura 20. Este caminho único deve ser considerado durante o projeto (SULLIVAN et al., 2003, p. 153).

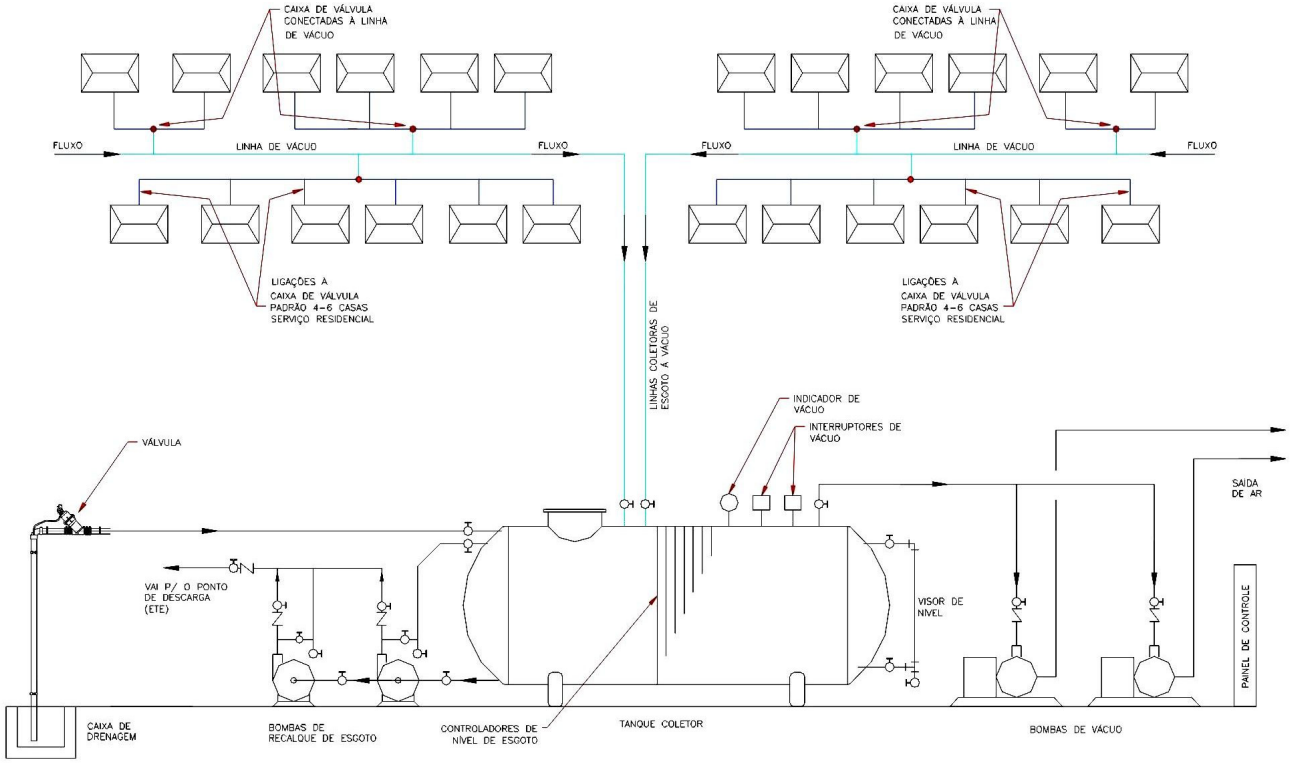


Figura 20: esquema geral de um sistema de esgoto a vácuo (AIRVAC, 2001)

4.3.2.1 Velocidade

A velocidade nos condutos a vácuo é bem superior as verificadas no esgoto gravimétrico, o que é vantajoso quanto a questão da autolimpeza dos coletores. As altas velocidades do fluxo, atingindo valores de até 5 m/s evitam a sedimentação uma vez que no momento da partida de uma bolsa de esgoto, o efeito deste movimento transportará todos os depósitos eventuais de esgoto (SPAETH, 2004, p. 7).

4.3.2.2 Perfil da rede

O perfil da rede é um critério que difere bastante em relação ao esgoto gravimétrico. No esgoto a vácuo, o perfil (figura 21) é do tipo dente de serra (*saw-tooh-pocket*). O caminhamento da rede coletora segue o contorno do chão similarmente a sistemas de baixa pressão. Não existe uma declividade máxima, mas a declividade mínima é de 0,2%. Quando a rede coletora tem um aclive, várias elevações e quedas são projetadas conforme um perfil serra dentada, distanciada de no mínimo 6,00 m. Entre cada elevação, linhas a vácuo são concebidas com uma declividade uniforme e uma queda mínima é obtida entre as elevações. A queda mínima é de 7,62 cm. Seguindo essas recomendações, riscos de entupimentos serão minimizados (SULLIVAN et al., 2003, p. 154).

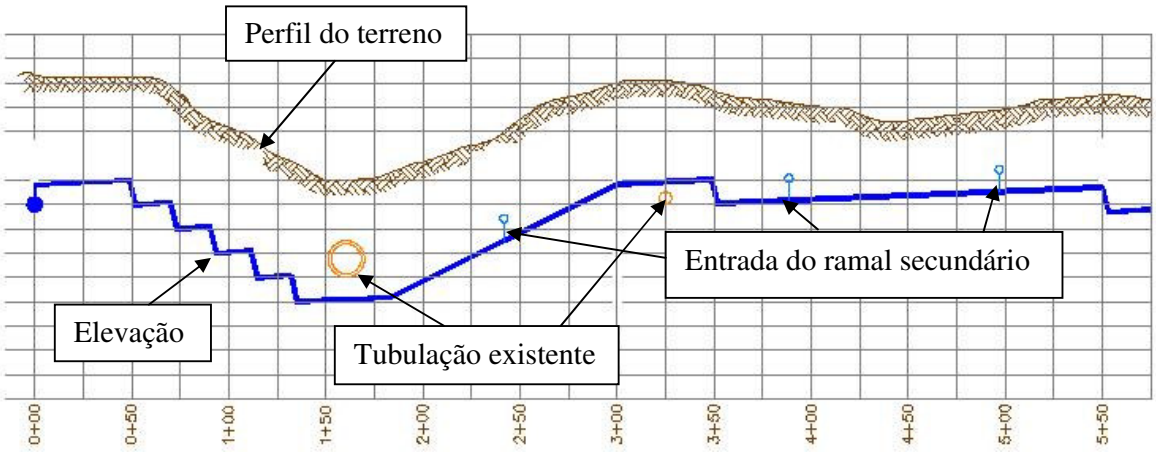


Figura 21: perfil de uma rede de esgoto a vácuo (AIRVAC, 2001)

As configurações do perfil da rede variam conforme a topografia. A configuração para topografia plana, em aclive e em declive está representada na figura 22.

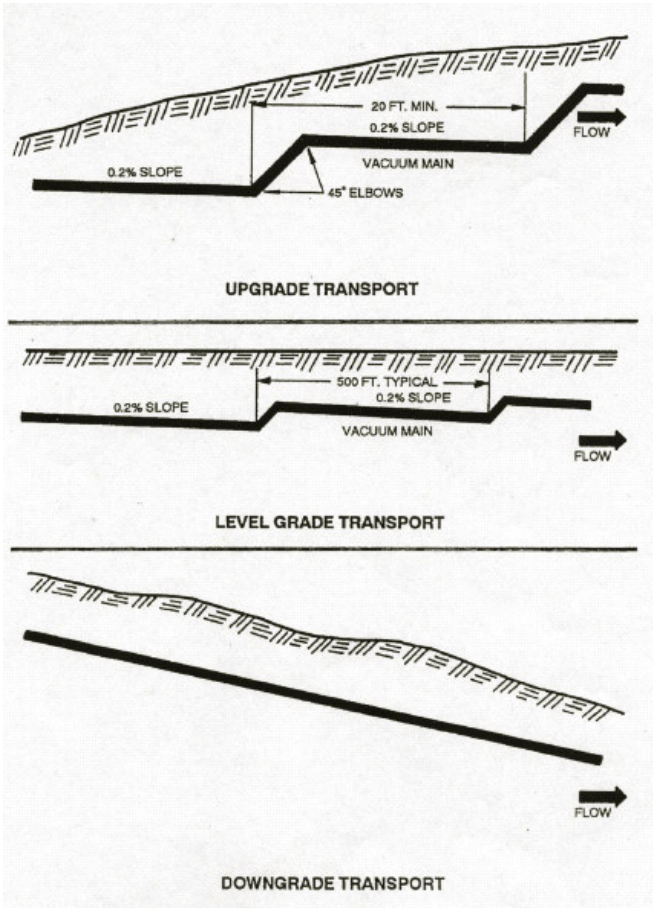


Figura 22: perfil da rede conforme a topografia (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZUSAMMENARBEIT, 2005)

4.3.2.3 Razão ar/líquido recomendada

A razão ar/líquido é um fator fundamental para garantir as condições hidráulicas necessárias do sistema a vácuo, que parte do princípio do transporte de efluentes por bolsas (*plugs*). No geral, o volume de ar deveria ser reduzido para evitar o funcionamento inútil das bombas. Por outro lado, as razões ar/líquido suficientes, deveriam ser garantidas para criar as condições de transporte seguro. Normalmente estes sistemas funcionam com razões ar/líquido entre 4:1 a 15:1 (SPAETH, 2004, p. 6).

Outro fator que justifica uma especificação de uma razão ar/líquido dentro da faixa é em razão de que, a aeração contínua evita depósitos de sedimentos e odores (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT, 2005, p. 2).

4.3.2.4 Diâmetros

Os diâmetros normalmente utilizados na tubulação de vácuo situam-se entre 75 a 300 mm. Normalmente, para um sistema de esgoto por vácuo, utilizam-se tubulações em polietileno de alta densidade (PEAD) ou cloreto de polivinila (PVC), devido não só ao baixo custo de instalação, mas também a flexibilidade e estanqueidade deste material (SPAETH, 2004, p. 8).

Não existe ainda nenhuma metodologia normatizada para a determinação do diâmetro da tubulação ao longo das linhas que partem da estação de vácuo. A metodologia utilizada é praticamente baseada na experiência na operação de sistemas de vácuo, principalmente nos Estados Unidos e na Europa. A tabela 3, utilizada no dimensionamento do diâmetro da tubulação, é proposto por AIRVAC (2001) e é apenas indicativa, sendo que a experiência de operação do sistema pode requerer ajustes nesse dimensionamento.

Diâmetro do Tubo (mm)	**Vazão Máx. Recomendável (l/s)**	**Vazão Máxima Admissível (l/s)**
75	1,26	1,77
100	2,40	3,47
150	6,62	9,59
200	13,25	19,24
250	23,60	34,32

Tabela 3: vazões máximas para os diâmetros de tubulação (AIRVAC, 2001)

É importante observar que no cálculo das vazões em cada trecho da linha, para determinação do diâmetro de cada trecho de rede, deve-se acumular as economias gradativamente do final da linha principal até a estação a vácuo.

4.3.2.5 Comprimento máximo de rede

O comprimento máximo de rede é estabelecido, para que se atinja o vácuo necessário no ponto mais distante da estação de vácuo. O valor do comprimento máximo varia de 2 a 5 km (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT, 2005, p. 3).

4.3.2.6 Localização da estação de vácuo

A localização da estação de vácuo deve seguir as seguintes orientações (AIRVAC, 2001):

a) em terreno com área não inferior a 200 m²,
b) em local o menos elevado possível;
c) o mais próximo possível da estação de tratamento de esgotos.

4.3.2.7 Distribuição das linhas de vácuo

As recomendações quanto à distribuição das linhas de vácuo são as seguintes (AIRVAC, 2001):

a) buscar proximidade quanto às vazões por linha;
b) buscar igualdade quanto aos comprimentos das linhas;
c) evitar locais com desnível superior a 4,5 m;
d) nomear as linhas principais, ramais secundários e terciários.

4.3.3 Material das tubulações de esgoto a vácuo

O material usualmente utilizado nas tubulações de redes coletoras de esgotos sanitários a vácuo, conforme a figura 23 é o PVC reforçado (TIGRE, 2005, p. 1).

Figura 23: tubulação de PVC reforçado utilizada no esgoto a vácuo (TIGRE, 2005, p. 1)

Os itens acessórios do sistema a vácuo constam no anexo D.

4.3.4 Ligações Prediais

O esquema das ligações prediais no sistema a vácuo, difere um pouco do sistema gravimétrico. A diferença ocorre, pois no sistema a vácuo haverá uma interface gravidade/vácuo. O escoamento do efluente ocorre normalmente por gravidade das residências até a caixa de válvula, no entanto da caixa de válvula até a rede a vácuo o efluente segue por pressão negativa. O esquema da ligação predial do sistema a vácuo está representado na figura 24 (BRITISH STANDARD, 1997, p.13).

Uma caixa de válvula atende até 4 casas. O detalhamento das ligações das casas a caixa de válvula está representado na figura 25 (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.110).

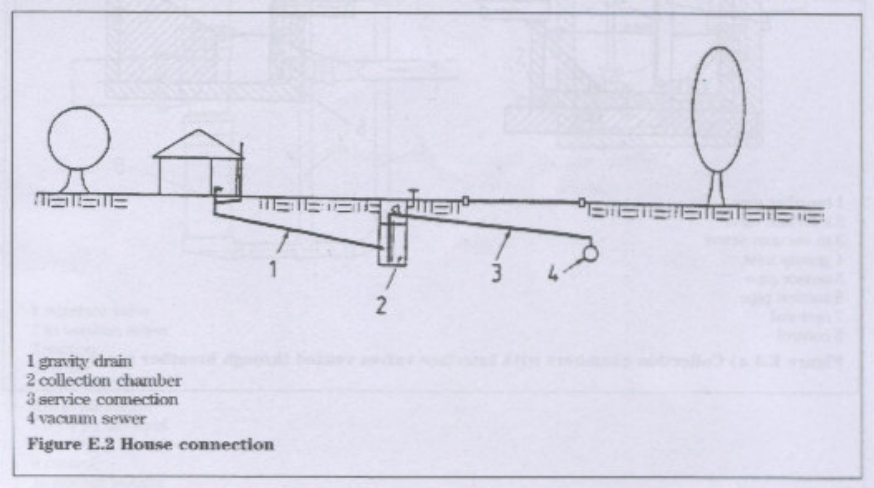


Figura 24: esquema das ligações no sistema a vácuo (BRITISH STANDARD, 1997, p. 13)

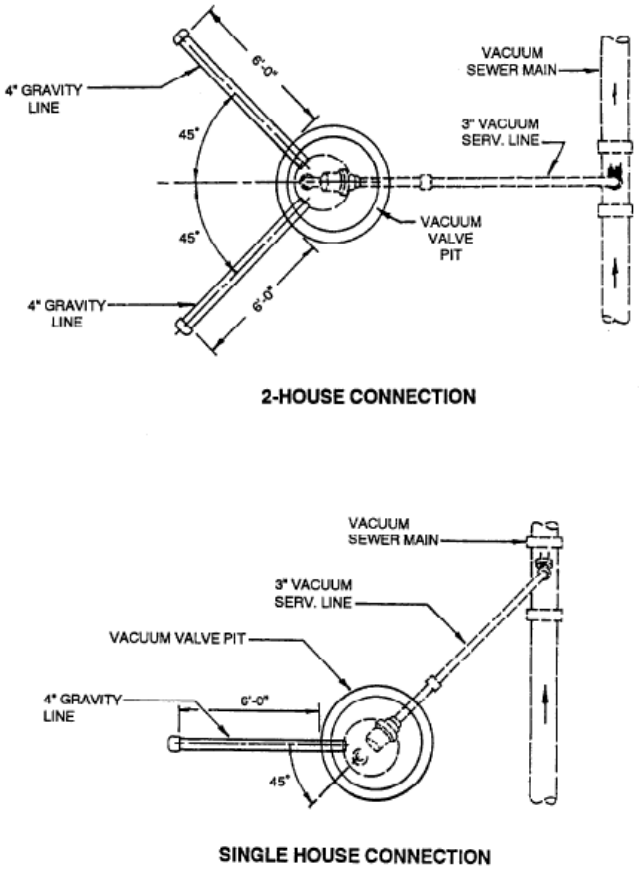


Figura 25: detalhamento das ligações no sistema a vácuo (U.S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p. 10)

4.3.5 Testes e verificações

Para assegurar um bom desempenho do sistema a vácuo, alguns testes e verificações devem ser feitos. Os seguintes testes e verificações são recomendados (BRITISH STANDARD, 1997, p. 9):

a) teste na unidade de interface gravidade/vácuo: para garantir que a interface gravidade/vácuo está funcionando adequadamente;

b) teste de infiltração na caixa de válvula: para garantir que não há ingresso de água pela caixa de válvula, o que poderia causar colapso no sistema;

c) teste de ruído: para que o sistema opere dentro de uma faixa razoável de ruído;

d) teste de vácuo mínimo em extremidade de rede: para garantir que há uma pressão mínima de vácuo em extremidade de rede;

e) teste de razão ar/líquido: para assegurar de que o sistema está operando na razão ar/líquido recomendada;

f) teste de operação da estação a vácuo: para verificar se a operação da estação a vácuo está ocorrendo normalmente e se os alarmes funcionam adequadamente;

g) verificação de odores: para assegurar que os odores liberados não atingiram patamares indesejáveis.

4.3.6 Manutenção e Operação do Sistema

Para uma operação satisfatória de um sistema a vácuo, deve-se treinar a equipe de manutenção. Manuais de operação e manutenção são uma parte fundamental deste processo de treinamento. Problemas verificados na operação de sistemas novos podem ter sido ocasionados em função da falta de treinamento da equipe. O manual de operação e manutenção de sistemas é uma ferramenta poderosa, mas ela não deve ser vista como a única fonte de solução dos problemas. O grau de eficiência de um sistema depende da iniciativa, perspicácia, experiência e senso de responsabilidade do operador do sistema. Portanto, o manual deve ser constantemente atualizado para refletir a experiência atual de operação do

sistema, de problemas constatados e da solução de problemas (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.136).

O manual de operação e manutenção deve conter no mínimo as seguintes informações (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.136):

a) dados do projeto do sistema;
b) manuais dos equipamentos;
c) informações das garantias dos equipamentos;
d) escala das manutenções programadas dos equipamentos segundo uma lógica.

Sistemas a vácuo são mecanizados, e, portanto requerem maiores manutenções que sistemas gravimétricos, portanto a operação e manutenção é ponto chave do sistema a vácuo. É aconselhável que um dos operadores acompanhe a construção do sistema, para que se familiarize desde já com o sistema. O melhor treinamento é obtido através da experiência de operação. Muitas vezes, entretanto, o conhecimento é obtido através de erros cometidos (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.137).

4.3.6.1 Manutenção

A manutenção normal é feita mediante a visita diária das estações a vácuo. Além disso, inclui a anotação do número de horas de operação das bombas e a temperatura do óleo. Uma vez que o operador se tornar familiar com o sistema, um simples teste visual da estação irá fornecer o alerta de todos os problemas. Esta verificação visual não leva mais do que 30 minutos. As verificações semanais incluem teste das baterias e verificação das condições das baterias. As verificações mensais incluem a limpeza do tanque de armazenagem e verificações de pressões no sistema apenas (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.138).

A escala da manutenção preventiva para a maior parte dos equipamentos deve ser estipulada. Para começar a manutenção preventiva, um estudo da ordem da manutenção deve ser estabelecida para verificar as tarefas mais prioritárias. Uma manutenção programada da rede

coletora se faz necessário. Pelo menos duas vezes por ano, as válvulas de manobra devem ser vistoriadas. Esta operação vai fazer com que as válvulas trabalhem em boas condições. Uma vez por ano, todas as válvulas de vácuo devem ser inspecionadas. Estas válvulas devem ser acionadas manualmente para verificar se estão operando corretamente. O tempo de ciclo deve ser anotado e comparado com o tempo de ciclo esperado. Se necessário este tempo deverá ser readequado. Este procedimento não deve levar mais do que 15 minutos (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.139).

A cada dez anos, cada válvula de vácuo deve ser removida e substituída O sistema do sensor e do controlador deve ser substituído a cada cinco anos. Esta operação leva 45 minutos por válvula e uma hora para o controlador (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.139).

4.3.6.2 Operação

Sistemas a vácuo novos costumam apresentar problemas operacionais em função da falta de conhecimentos técnicos, operacionais e de manutenção. Outros problemas verificados são redes de pequeno diâmetro, elevados volumes a serem escoados e baixa razão ar/líquido resultam em problemas no transporte (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.139).

Mesmo com as melhorias adquiridas nas novas gerações dos sistemas, alguns problemas persistem, conforme a tabela 4. Melhorias significativas ocorreram nos últimos dez anos na unidade de controle da válvula. Isto pode ser atribuído aos esforços no projeto dos equipamentos e dos sistemas.

Problema	Responsável	%
Defeito de componente	Fabricante	40
Problemas de projeto	Engenheiro	10
Erros de operação	Operador	5
Problemas de construção	Construtor	25
Disfunção do equipamento	Fabricante	5
Ingresso de água de infiltração	Usuários	15

Tabela 4: classificação dos problemas encontrados na operação (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.145)

5.DADOS DE PROJETO

Neste capítulo estão descritos as bases do estudo de ambos os sistemas de esgotamento de uma das bacias contribuintes do Balneário Laranjal, citada anteriormente, denominada bacia da elevatória número 4 (ELE-4).

Como em todo projeto de esgoto as bases do estudo se apoiaram na população atual e na projeção populacional futura. Depois de registradas as bases de estudo, foram estimadas as vazões de projeto e depois de realizados os dimensionamentos da rede coletora para o sistema gravimétrico e a vácuo.

5.1 SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os balneários Valverde e Santo Antônio, que juntos constituem a praia do Laranjal, experimentaram na última década um crescimento pequeno, tanto em termos sociais como econômicos. Esta circunstância é função principalmente da vocação do distrito, direcionada para as atividades de lazer.

A distância do balneário à capital do Estado e aos pólos mais densamente ocupados, embora de sua proximidade com Pelotas, dificulta o acesso às regiões mais desenvolvidas, restringindo iniciativas que contemplem o favorecimento de atividades nos setores secundário e terciário.

Nos anos noventa, como de resto em praticamente a totalidade dos municípios gaúchos, transparece a estabilização aludida no crescimento econômico, com receitas e despesas no mesmo patamar dependentes e atreladas ao município sede, Pelotas, o que permite antever uma evolução populacional pequena nos próximos anos, com progressão à taxas decrescentes, seguindo a tendência que será observada para Pelotas.

5.2 HORIZONTE DE PROJETO

O horizonte de projeto foi definido em 30 anos. Assim, o período global de projeto fica compreendido entre 2005 e 2034.

5.3 POPULAÇÃO DE PROJETO

A população de projeto da bacia contribuinte da elevatória número 4 (ELE–4) foi tomada por base no projeto executivo do balneário Laranjal e foi fixada para fim de plano em 4.698 habitantes.

5.4 ÁREA DA BACIA CONTRIBUINTE

A área da bacia contribuinte da elevatória número 4 (ELE–4) é de 352.744 m².

5.5 COMPRIMENTO DE REDE COLETORA LANÇADA

O comprimento total de rede coletora lançada foi de 3.532,93 m, sendo 2.818,96 m de rede coletora primária e 713,93 m de coletor tronco.

5.6 VAZÕES DE PROJETO

Com relação às vazões de projeto, para o dimensionamento, foram consideradas duas contribuições a doméstica e a de infiltração, as contribuições industriais foram eliminadas em virtude de tratar-se de balneário com vocação voltada estritamente para o lazer.

5.6.1 Vazões de Projeto do Esgoto Gravimétrico

As vazões de projeto adotadas no projeto estão na tabela 5, onde as vazões da rede primária foram retiradas do projeto executivo do balneário Laranjal e as do coletor tronco determinadas a partir da rede primária.

Coletor trecho	Vazão (l/s)					
	Início			Final		
	DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT
560-561	0,066	0,035	1,500	0,361	0,035	1,500
561-933	0,069	0,036	1,500	0,373	0,036	1,500
563-565	0,073	0,039	1,500	0,398	0,039	1,500
564-565	0,073	0,039	1,500	0,398	0,039	1,500
565-567	0,066	0,035	1,500	0,359	0,035	1,500
566-567	0,073	0,039	1,500	0,398	0,039	1,500
567-935	0,067	0,036	1,500	0,366	0,036	2,106
568-570	0,075	0,040	1,500	0,409	0,040	1,500
569-570	0,041	0,022	1,500	0,225	0,022	1,500
570-571	0,039	0,021	1,500	0,211	0,021	1,500
571-935	0,039	0,021	1,500	0,210	0,021	1,500
573-574	0,066	0,035	1,500	0,357	0,035	1,500
574-937	0,066	0,035	1,500	0,361	0,035	1,500
575-576	0,070	0,037	1,500	0,379	0,037	1,500
576-577	0,041	0,022	1,500	0,225	0,022	1,500
577-937	0,041	0,022	1,500	0,225	0,022	1,500
579-580	0,068	0,036	1,500	0,367	0,036	1,500
580-938	0,067	0,036	1,500	0,363	0,036	1,500
581-582	0,052	0,027	1,500	0,281	0,027	1,500
582-583	0,050	0,027	1,500	0,271	0,027	1,500
583-938	0,050	0,027	1,500	0,271	0,027	1,500
585-586	0,069	0,037	1,500	0,375	0,037	1,500
586-939	0,069	0,037	1,500	0,373	0,037	1,500
587-588	0,075	0,040	1,500	0,406	0,040	1,500
588-939	0,073	0,039	1,500	0,399	0,039	1,500
590-591	0,070	0,037	1,500	0,378	0,037	1,500
591-940	0,068	0,036	1,500	0,368	0,036	1,500
592-593	0,059	0,031	1,500	0,322	0,031	1,500
593-596	0,057	0,031	1,500	0,312	0,031	1,500
594-595	0,049	0,026	1,500	0,269	0,026	1,500
595-596	0,075	0,040	1,500	0,405	0,040	1,500
596-597	0,051	0,027	1,500	0,276	0,027	1,739
597-598	0,050	0,027	1,500	0,271	0,027	2,036
598-940	0,050	0,027	1,500	0,271	0,027	2,333
599-600	0,069	0,037	1,500	0,375	0,037	1,500
600-941	0,068	0,036	1,500	0,368	0,036	1,500
601-602	0,069	0,037	1,500	0,377	0,037	1,500
602-942	0,069	0,037	1,500	0,373	0,037	1,500
603-604	0,065	0,035	1,500	0,355	0,035	1,500
604-608	0,065	0,035	1,500	0,353	0,035	1,500

Coletor trecho	Vazão (l/s)					
	Início			Final		
	DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT
605-606	0,063	0,034	1,500	0,345	0,034	1,500
606-607	0,062	0,033	1,500	0,337	0,033	1,500
607-608	0,035	0,019	1,500	0,191	0,019	1,500
608-943	0,019	0,010	1,500	0,102	0,010	1,848
933-934	0,000	0,040	1,500	0,000	0,040	1,500
934-935	0,000	0,039	1,500	0,000	0,039	1,500
935-936	0,000	0,026	1,500	0,000	0,026	4,176
936-937	0,000	0,025	1,500	0,000	0,025	4,201
937-938	0,000	0,040	1,649	0,000	0,040	5,939
938-939	0,000	0,038	2,127	0,000	0,038	7,683
939-940	0,000	0,039	2,605	0,000	0,039	9,428
940-941	0,000	0,040	3,456	0,000	0,040	12,622
941-942	0,000	0,040	3,706	0,000	0,040	13,478
942-943	0,000	0,031	3,949	0,000	0,031	14,333

Tabela 5: esgoto gravimétrico - vazões de projeto

5.6.2 Vazões de Projeto do Esgoto Vácuo

As vazões do projeto a vácuo foram tomadas por base no esgoto gravimétrico (tabela 5), no entanto foram desprezadas as vazões de infiltração, pois se admite que o sistema a vácuo é totalmente estanque. As vazões de projeto do esgoto a vácuo constam na tabela 6.

Coletor trecho	Vazão (l/s)					
	Início			Final		
	DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT
560-561	0,066	0,000	1,500	0,361	0,000	1,500
561-933	0,069	0,000	1,500	0,373	0,000	1,500
563-565	0,073	0,000	1,500	0,398	0,000	1,500
564-565	0,073	0,000	1,500	0,398	0,000	1,500
565-567	0,066	0,000	1,500	0,359	0,000	1,500
566-567	0,073	0,000	1,500	0,398	0,000	1,500
567-935	0,067	0,000	1,500	0,366	0,000	1,919
568-570	0,075	0,000	1,500	0,409	0,000	1,500
569-570	0,041	0,000	1,500	0,225	0,000	1,500
570-571	0,039	0,000	1,500	0,211	0,000	1,500

Coletor trecho	Vazão (l/s)					
	Início			Final		
	DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT
571-935	0,039	0,000	1,500	0,210	0,000	1,500
573-574	0,066	0,000	1,500	0,357	0,000	1,500
574-937	0,066	0,000	1,500	0,361	0,000	1,500
575-576	0,070	0,000	1,500	0,379	0,000	1,500
576-577	0,041	0,000	1,500	0,225	0,000	1,500
577-937	0,041	0,000	1,500	0,225	0,000	1,500
579-580	0,068	0,000	1,500	0,367	0,000	1,500
580-938	0,067	0,000	1,500	0,363	0,000	1,500
581-582	0,052	0,000	1,500	0,281	0,000	1,500
582-583	0,050	0,000	1,500	0,271	0,000	1,500
583-938	0,050	0,000	1,500	0,271	0,000	1,500
585-586	0,069	0,000	1,500	0,375	0,000	1,500
586-939	0,069	0,000	1,500	0,373	0,000	1,500
587-588	0,075	0,000	1,500	0,406	0,000	1,500
588-939	0,073	0,000	1,500	0,399	0,000	1,500
590-591	0,070	0,000	1,500	0,378	0,000	1,500
591-940	0,068	0,000	1,500	0,368	0,000	1,500
592-593	0,059	0,000	1,500	0,322	0,000	1,500
593-596	0,057	0,000	1,500	0,312	0,000	1,500
594-595	0,049	0,000	1,500	0,269	0,000	1,500
595-596	0,075	0,000	1,500	0,405	0,000	1,500
596-597	0,051	0,000	1,500	0,276	0,000	1,584
597-598	0,050	0,000	1,500	0,271	0,000	1,855
598-940	0,050	0,000	1,500	0,271	0,000	2,126
599-600	0,069	0,000	1,500	0,375	0,000	1,500
600-941	0,068	0,000	1,500	0,368	0,000	1,500
601-602	0,069	0,000	1,500	0,377	0,000	1,500
602-942	0,069	0,000	1,500	0,373	0,000	1,500
603-604	0,065	0,000	1,500	0,355	0,000	1,500
604-608	0,065	0,000	1,500	0,353	0,000	1,500
605-606	0,063	0,000	1,500	0,345	0,000	1,500
606-607	0,062	0,000	1,500	0,337	0,000	1,500
607-608	0,035	0,000	1,500	0,191	0,000	1,500
608-943	0,019	0,000	1,500	0,102	0,000	1,683
933-934	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	1,500
934-935	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	1,500
935-936	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	3,708
936-937	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	3,708
937-938	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	5,255
938-939	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	6,808

Coletor trecho	Vazão (l/s)					
	Início			Final		
	DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT
939-940	0,000	0,000	1,538	0,000	0,000	8,361
940-941	0,000	0,000	2,067	0,000	0,000	11,233
941-942	0,000	0,000	2,204	0,000	0,000	11,976
942-943	0,000	0,000	2,342	0,000	0,000	12,726

Tabela 6: esgoto a vácuo - vazões de projeto

5.7 REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO

5.7.1 Sistema Gravimétrico

O dimensionamento hidráulico da rede coletora primária já havia sido realizado no projeto executivo do balneário Laranjal, sendo tomados por base neste estudo os dados deste projeto. No entanto, como o coletor tronco foi redimensionado, este coletor foi dimensionado pelo método consagrado da tensão trativa, considerando as vazões constantes na tabela 5 e adotando um recobrimento mínimo de 1,10 m.

A tabela do dimensionamento hidráulico consta no apêndice A.

5.7.2 Sistema a Vácuo

O dimensionamento hidráulico da rede coletora primária e do coletor tronco foi baseado nas vazões constantes na tabela 6 e na capacidade das tubulações a vácuo constante no tabela 3. No sistema a vácuo foi considerado o mesmo traçado da rede coletora, mesmo recobrimento e mesmo comprimento das ligações prediais.

O perfil da rede coletora foi realizado seguindo as recomendações preconizadas no item 4.3.2.2 deste trabalho.

A tabela do dimensionamento hidráulico consta no apêndice B.

5.7.2.1 Número de Caixas de Válvula

Para determinação do número de caixas de válvula foi fixado que uma caixa de válvula atende 4 residências. Segundo o projeto executivo do sistema de esgotos do balneário Laranjal, a população da bacia de estudo (ELE-4) para fim de plano é de 4.698 habitantes e o número de habitantes por domicílio é de 3,167 habitantes por domicílio.

Fazendo uma simples divisão do número de habitantes pelo número de habitantes/domicílio obteve-se o número de 1484 domicílios. Tomando por base que uma caixa de válvula atende quatro domicílios obteve-se o número de 371 caixas de válvula necessárias para ligar as casas ao sistema.

6. ANÁLISE ECONÔMICA

6.1 SISTEMA GRAVIMÉTRICO

6.1.1 Custos unitários de materiais e mão-de-obra

No estudo para que pudesse ser efetuada a cotação final do sistema gravimétrico, foi efetuado um levantamento de custos referentes a materiais e mão-de-obra (apêndice C), no período de referência (Agosto/Setembro de 2007). Os valores de BDI adotados foram os seguintes:

36% para o material nas movimentações;
36% para a mão-de-obra nas movimentações;
16% para materiais (tubulações, conexões e concreto);
36% para mão-de-obra de assentamento de tubulações, conexões etc.

6.1.2 Quantitativos

Os quantitativos do sistema gravimétrico (apêndice E) foram retirados do projeto executivo do balneário do Laranjal, com exceção do coletor tronco que foi redimensionado e foram recalculadas as movimentações, tubulações, conexões e acessórios.

6.1.3 Orçamento

Com base nos custos de materiais e mão-de-obra (apêndice C) e nos quantitativos (apêndice E), elaborou-se o orçamento do sistema gravimétrico (tabela 7).

Orçamento Esgoto Gravimétrico = R$ 1.338.407,33 (Ago/Set 2007)													
Item	**Descrição**	**Un.**	**Quant.**	**Custo unitário (R$)**			**Custo unitário com BDI (R$)**				**Custo total do ítem (R$)**	**Database material**	**Database M.O.**
				Material	**M.O.**	**Total**	**Material**	**M.O.**	**M.O. c/encargos**	**Total**			
1.	**Movimentação**												
1.1	Escavação até 2,5 m	m³	4.922,79	4,10	0,29	4,39	5,58	0,39	1,09	6,66	32.799,80	set/07	set/07
1.2	Escavação de 2,5 - 4,5 m	m³	847,03	5,85	0,42	6,27	7,96	0,57	1,57	9,53	8.072,24	set/07	set/07
1.3	Escavação de 4,5 - 6,0 m	m³	1.310,00	14,85	0,42	15,27	20,20	0,57	1,57	21,77	28.518,77	set/07	set/07
1.4	Escavação de 6,0 - 8,0 m	m³	1.103,00	18,15	0,52	18,67	24,68	0,71	1,95	26,63	29.376,01	set/07	set/07
1.5	Rebaixamento com ponteira (coletor via pública)	m	2.819,00	20,08	5,69	25,77	27,31	7,74	21,32	48,63	137.097,86	set/07	set/07
1.6	Rebaixamento com ponteira (coletores passeio)	m	3.677,97	20,08	5,69	25,77	27,31	7,74	21,32	48,63	178.872,59	set/07	set/07
1.7	Escoramento descontínuo	m²	6.782,00	7,53	3,29	10,82	10,24	4,47	12,33	22,57	153.075,87	set/07	set/07
1.8	Estaca prancha	m²	7.012,16	40,75	4,59	45,34	55,42	6,24	17,20	72,62	509.238,36	set/07	set/07
1.9	Reaterro com material escavado	m³	8.183,00	1,50	1,88	3,38	2,04	2,56	7,05	9,09	74.348,89	set/07	set/07
2.	**Materiais utilizados**												
2.1	Tubulação PVC DN 150 (coletor passeio)	m	2.665,00	15,23	1,26	16,49	17,67	1,71	4,72	22,39	59.671,75	ago/07	set/07
2.2	Tubulação PVC DN 150 (ligação passeio/coletor)	m	299,00	15,23	1,26	16,49	17,67	1,71	4,72	22,39	6.694,30	ago/07	set/07
2.3	Tubulação PVC DN 150	m	3.370,42	15,23	1,26	16,49	17,67	1,71	4,72	22,39	75.460,22	ago/07	set/07
2.4	Tubulação PVC DN 200	m	221,55	23,41	1,29	24,70	27,16	1,75	4,83	31,99	7.087,43	ago/07	set/07
2.5	Tubulação PVC DN 250	m	10,00	40,88	1,70	42,58	47,42	2,31	6,37	53,79	537,94	ago/07	set/07
2.6	Curva 90° DN 150	pç	19,00	61,26	-	61,26	71,06	-	-	71,06	1.350,17	ago/07	-
2.7	Redução DN 150 x 200	pç	1,00	45,15	-	45,15	52,37	-	-	52,37	52,37	ago/07	
2.8	Til pass rede DN 150 x 150	pç	20,00	220,46	40,80	261,26	255,73	55,49	152,91	408,64	8.172,84	ago/07	set/07
2.9	Til radial DN 150	pç	5,00	378,55	40,80	419,35	439,12	55,49	152,91	592,03	2.960,13	ago/07	set/07
2.10	Tampão para Til DN 150	pç	39,00	46,47	-	46,47	53,91	-	-	53,91	2.102,30	ago/07	-
2.11	Tampão para Til DN 200	pç	5,00	59,30	-	59,30	68,79	-	-	68,79	343,94	ago/07	-

Item	Descrição	Un.	Quant.	Custo unitário (R$)			Custo unitário com BDI (R$)				Custo total do ítem (R$)	Database material	Database M.O.
				Material	M.O.	Total	Material	M.O.	M.O. c/encargos	Total			
2.12	Selim DN 150	pç	144,00	10,15	6,00	16,15	11,77	8,16	22,49	34,26	4.933,51	ago/07	set/07
2.13	Selim DN 250	pç	1,00	36,92	6,00	42,92	42,83	8,16	22,49	65,31	65,31	ago/07	set/07
2.14	Anel borracha para Til DN 150	pç	15,00	20,64	-	20,64	23,94	-	-	23,94	359,14	ago/07	-
2.15	Anel borracha para Til DN 250	pç	1,00	5,90	-	5,90	6,84	-	-	6,84	6,84	ago/07	-
2.16	Caixa de ligação da calçada	pç	70,00	65,00	40,00	105,00	75,40	54,40	149,91	225,31	15.771,71	set/07	set/07
2.17	Cap DN 150	pç	19,00	26,43	-	26,43	30,66	-	-	30,66	582,52	ago/07	-
2.18	Concreto magro p/fixação curva p/ visita	m³	1,20	140,30	39,44	179,74	162,75	53,64	147,81	310,56	372,67	set/07	set/07
2.19	Concreto estrut caixa e tampa de proteção	m³	1,27	184,46	44,14	228,60	213,97	60,03	165,43	379,40	481,84	set/07	set/07
CUSTO TOTAL PARA O SISTEMA DE ESGOTAMENTO GRAVIMÉTRICO: R$ 1.338.407,33 (Ago/Set/07)													

Tabela 7: orçamento do sistema gravimétrico

6.2 SISTEMA A VÁCUO

6.2.1 Custos unitários de materiais e mão-de-obra

No estudo para que pudesse ser efetuada a cotação final do sistema a vácuo, foi efetuado um levantamento de custos referentes a materiais e mão-de-obra (apêndice D), no período de referência (Agosto/Setembro de 2007). Os valores de BDI utilizados adotados foram os seguintes:

36% para o material nas movimentações;
36% para a mão-de-obra nas movimentações;
16% para materiais (tubulações, conexões e concreto);
36% para mão-de-obra de assentamento de tubulações, conexões etc.

6.2.2 Quantitativos

Os quantitativos do sistema a vácuo, diferentemente do sistema gravimétrico, onde os mesmos foram retirados do projeto executivo do balneário Laranjal, foram calculados e constam no apêndice F.

6.2.3 Orçamento

Com base nos custos de materiais e mão-de-obra (apêndice D) e nos quantitativos (apêndice F), elaborou-se o orçamento do sistema a vácuo (tabela 8).

Orçamento Esgoto Vácuo = R$ 897.307,46 (Ago/Set 07)													
Item	**Descrição**	**Un.**	**Quant.**	**Custo unitário (R$)**			**Custo unitário com BDI (R$)**				**Custo total do ítem (R$)**	**Database material**	**Database M.O.**
				Material	**M.O.**	**Total**	**Material**	**M.O.**	**M.O. c/ encargos**	**Total**			
1.	**Movimentação**												
1.1	Escavação até 2,5 m	m³	3.541,73	4,10	0,29	4,39	5,58	0,39	1,09	6,66	23.598,01	set/07	set/07
1.2	Rebaixamento com ponteira	m	3.523,93	20,08	5,69	25,77	27,31	7,74	21,32	48,63	171.381,08	set/07	set/07
1.3	Escoramento descontínuo	m²	10.844,05	7,53	3,29	10,82	10,24	4,47	12,33	22,57	244.760,01	set/07	set/07
1.4	Reaterro com material escavado	m³	3.541,73	1,50	1,88	3,38	2,04	2,56	7,05	9,09	32.179,36	set/07	set/07
2.	**Materiais utilizados**												
2.1	Tubulação esgoto a vácuo DN 75	m	1.002,11	13,70	1,26	14,96	15,89	1,71	4,72	20,61	20.651,85	ago/07	set/07
2.2	Tubulação esgoto a vácuo DN 75 (ligação c. válvula/rede)	m	299,00	13,70	1,26	14,96	15,89	1,71	4,72	20,61	6.161,90	ago/07	set/07
2.3	Tubulação esgoto a vácuo DN 100 (ligação passeio/col.)	m	299,00	23,32	1,26	24,58	27,06	1,71	4,72	31,78	9.501,39	ago/07	set/07
2.4	Tubulação esgoto a vácuo DN 100	m	1.974,66	23,32	1,26	24,58	27,06	1,71	4,72	31,78	62.749,23	ago/07	set/07
2.5	Tubulação esgoto a vácuo DN 150	m	256,58	35,06	1,26	36,32	40,67	1,71	4,72	45,39	11.645,63	ago/07	set/07
2.6	Tubulação esgoto a vácuo DN 200	m	299,58	54,85	1,29	56,14	63,62	1,75	4,83	68,46	20.508,27	ago/07	set/07
2.7	Estação a vácuo (com instalação)	pç	1,00	250.000,00	-	250.000,00	290.000,00	-	-	290.000,00	290.000,00	ago/07	-
2.8	Cap esgoto a vácuo DN 75	pç	11,00	6,26	-	6,26	7,26	-	-	7,26	79,88	ago/07	-
2.9	Cap esgoto a vácuo DN 100	pç	8,00	18,42	-	18,42	21,37	-	-	21,37	170,94	ago/07	-
2.10	Junção esgoto a vácuo DN100	pç	6,00	142,62	-	142,62	165,44	-	-	165,44	992,64	ago/07	-
2.11	Junção/Redução esgoto a vácuo DN150X100	pç	4,00	200,36	-	200,36	232,42	-	-	232,42	929,67	ago/07	-
2.12	Junção/Redução esgoto a vácuo DN200X100	pç	4,00	332,55	-	332,55	385,76	-	-	385,76	1.543,03	ago/07	-
2.13	Bucha/Redução esgoto a vácuo DN100X 75	pç	10,00	16,49	-	16,49	19,13	-	-	19,13	191,28	ago/07	-
2.14	Bucha/Redução esgoto a vácuo DN200X150	pç	1,00	226,97	-	226,97	263,29	-	-	263,29	263,29	ago/07	-
	CUSTO TOTAL PARA O SISTEMA DE ESGOTAMENTO A VÁCUO: R$ 897.307,46 (Ago/Set/07)												

Tabela 8: orçamento do sistema a vácuo

6.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

A grande vantagem de se utilizar um sistema a vácuo é a economia de recursos financeiros iniciais. Esta economia, entretanto pode não valer a pena em virtude dos altos custos operacionais. Um questão surge então: "os recursos financeiros economizados na fase de implantação são suficientemente maiores que o aumento de gastos com a operação e manutenção?" (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.150).

Em virtude do sistema ser novo, a base de dados de custos de operação e manutenção é muito pequena. Esta lacuna de dados, têm levado muitas pessoas a concluir que os custos de operação e manutenção não iriam atrair novos adeptos ao sistema pelos altos custos deste componente. Entretanto, uma análise crítica dos sistemas já operantes sugere que esse valores antigos não se apliquem mais em pouco tempo. Um dos motivos para que isso ocorra, é que esses dados são baseados em uma pequena base de dados de operação de novos sistemas. Outro motivo, é que os melhoramentos na concepção do sistema sugerem uma redução nos custos de operação e manutenção. Portanto, estes valores de dados de operação e manutenção previamente publicados, podem ser utilizados apenas como uma estimativa conservadora dos custos de operação e manutenção (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.150).

Os componentes de custos de operação e manutenção estão representados na tabela 9.

Componente	**Ítem**
equipe de manutenção	manutenção normal, preventiva e emergencial
setor de compras	ordens de pagamento
energia	bombas elevatórias e a vácuo
utilitários	telefone, água, energia
transporte	amortização de veículos, combustível
manutenção	contratos de manutenção
despesas diversas	Seguros, taxas e impostos
equipamentos	custos renovação e manutenção

Tabela 9: componentes típicos da operação e manutenção de sistemas a vácuo (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.150**).**

6.3.1 Custos com Equipe de manutenção

Os custos com equipes de manutenção são estimados, multiplicando o número de pessoas-hora requeridos pelo custo da hora de cada operário mais encargos. Para levantar os custos hora-pessoa deve ser levada em conta uma equipe normal, preventiva e de urgência. Uma estimativa de custos pessoa-hora-ano/válvula consta na tabela 10 (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.150).

Tipo evento	Baixo	Alto	Média
Normal	0,4	3,9	1,7
Preventivo	0,5	1,1	0,7
Emergência	0,2	1,2	0,8
Total	**1,6**	**4,8**	**3,2**

Tabela 10: estimativa de custos pessoa-hora-ano/válvula (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.150)

6.3.2 Custos com Energia

Energia é requerida nas bombas elevatórias, nas bombas a vácuo e na estação a vácuo. Tendo o projeto em mãos, é possível estimar os custos de consumo energético anual. Uma estimativa dos custos anuais com energia consta na tabela 11 (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.151).

Fatores de estimativa dos custos energéticos anuais na estação a vácuo		
Baixo	**Alto**	**Médio**
160	460	250

Tabela 11: custos anuais de energia (KWh/ano.usuário) (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.151)

6.3.3 Custos com utilitários

Os custos com utilitários como água, luz, telefone e energia na estação a vácuo geralmente são menores que U$ 50,00 por mês (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.152).

6.3.4 Custos de transporte

Os custos de tranporte são calculados através do número de quilômetros anuais mais custos de amortização dos veículos, depreciação, taxas e outras despesas (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.152).

6.3.5 Custos com despesas diversas

Os custos com despesas diversas incluem custos com seguros, manutenção e custo dos profissionais envolvidos e devem ser calculados para um ano (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.152).

Um exemplo dos custos anuais de operação e manutenção para o sistema a vácuo e para o sistema gravimétrico para um sistema instalado em West Virgínia, Estados Unidos, constam na tabela 12 (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.153).

Componente	Custo (US$/ano)	
	Vácuo	**Gravimétrico**
equipe de manutenção	3.500,00	2.000,00
setor de compras	460,00	540,00
energia	2.200,00	2.000,00
utilitários	750,00	500,00
transporte	1.400,00	200,00
manutenção	1.500,00	200,00
despesas diversas	1.000,00	500,00
equipamentos	1.600,00	3.100,00
futuras ligações	700,00	65,00
Custo total em (US$)	**13.110,00**	**9.105,00**

Tabela 12: custos anuais com operação e manutenção de um sistema de West Virgínia, EUA (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1991, p.153)

6.4 RESUMO DE CUSTOS

Abaixo consta um resumo de custos para a mesma bacia contribuinte pelo sistema gravimétrico (tabela 13), incluindo os custos da estação elevatória e pelo sistema a vácuo (tabela 14), onde não são levados em consideração os custos da estação elevatória, já que no sistema a vácuo dispensa-se a utilização de estação elevatória pela existência da estação a vácuo.

Como era de esperar, no sistema a vácuo em razão das valas mais rasas e estreitas, os custos de escavação, rebaixamento de lençol freático, de escoramentos e de reaterro foram mais baixos do que no esgoto gravimétrico.

Sistema Gravimétrico		
Ítem	**Descrição**	**Custo do ítem (R$)**
1	Escavação	98.766,83
2	Rebaixamento do lençol freático	315.970,45
3	Escoramentos	662.314,23
4	Reaterro	74.348,89
5	Tubos, conexões e acessórios	187.006,94
6	Estação Elevatória	79.521,51
	TOTAL (R$)	**1.417.928,84**

Tabela 13: resumo dos custos do sistema gravimétrico

Sistema a Vácuo		
Ítem	**Descrição**	**Custo do ítem (R$)**
1	Escavação	23.598,01
2	Rebaixamento do lençol freático	171.381,08
3	Escoramentos	244.760,01
4	Reaterro	32.179,36
5	Estação a Vácuo	290.000,00
6	Tubos, conexões e acessórios	135.389,00
	TOTAL (R$)	**897.307,46**

Tabela 14: resumo dos custos do sistema a vácuo

Portanto, a maior economia de custos foi verificada nas movimentações (escavação, rebaixamento do lençol freático, escoramentos e reaterro). A economia verificada nestes itens consta na tabela 15.

Economia de custos nas movimentações	
Ítem	**Economia de custos (%)**
Escavação	76,11
Rebaixamento do lençol freático	45,76
Escoramentos	63,04
Reaterro	56,72

Tabela 15: economia de custos nas movimentações

Uma análise da tabela 15 indica que a economia de custos nas movimentações realmente é grande. No custo de tubulações, conexões e acessórios houve economia, mas como esse item representa pouco no custo total de obra de esgoto essa economia não será sensível na redução global da obra.

A distribuição percentual dos custos da obra de esgoto (sistema gravimétrico) deste estudo está representada na figura 26, onde se verifica que o custo preponderante é o custo de escoramentos, seguido do rebaixamento de lençol freático, tubos e acessórios, escavações e reaterro.

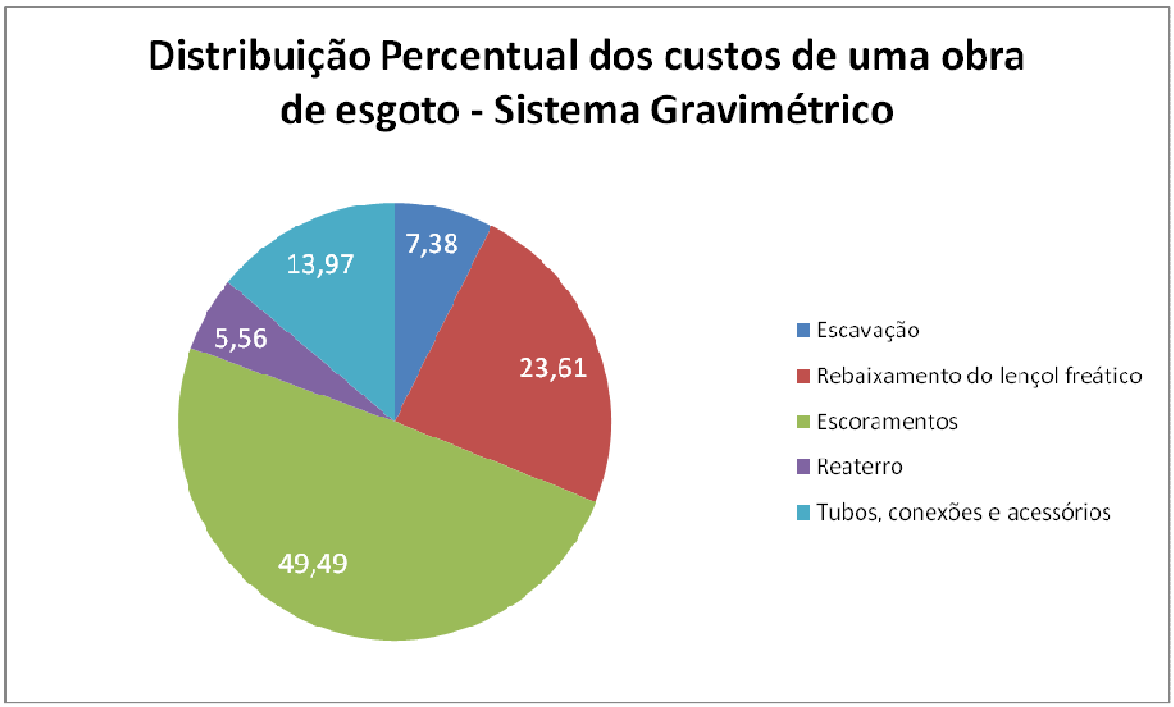


Figura 26: distribuição percentual dos custos de uma obra de esgoto - Sistema Gravimétrico

A distribuição percentual dos custos da obra de esgoto (sistema a vácuo) deste estudo está representada na figura 27, onde se verifica que o custo preponderante é o custo da estação a vácuo, seguido dos escoramentos, rebaixamento do lençol freático, tubos e acessórios, reaterro e por último o custo de escavações.

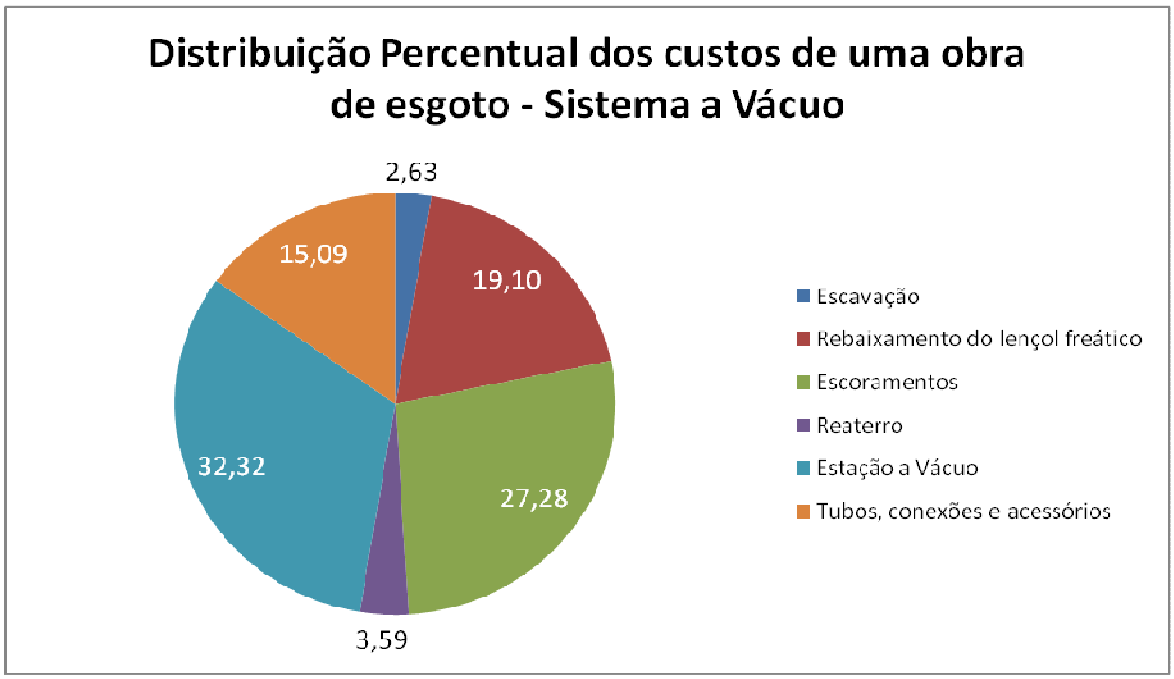


Figura 27: distribuição percentual dos custos de uma obra de esgoto - Sistema a vácuo

Um item não incluído na orçamentação, mas que faz parte do sistema é o custo das caixas de válvula, elemento que liga as residências ao sistema a vácuo. O número necessário de caixas de válvula é de 371. O custo estimado de cada caixa de válvula foi estimado em R$ 5.500,00, portanto o custo com esse componente seria de R$2.040.500,00. Como esse custo é relativamente complexo, para fins desse estudo existem duas possibilidades:

a) a municipalidade não assumir esse custo, resultando então o sistema a vácuo mais econômico que o sistema gravimétrico (tabela 16);
b) a municipalidade assumir esse custo, resultando então que o sistema a vácuo ficaria inviável em função deste custo das caixas de válvula (tabela 17).

Sistema a Vácuo – alternativa a	
Unidade do Sistema	**Investimento Global (R$)**
Rede coletora	897.307,46
Total	**897.307,46**

Tabela 16: sistema a vácuo - alternativa a (municipalidade não assume o custo das caixas de válvula)

Sistema a Vácuo – alternativa b	
Unidade do Sistema	**Investimento Global (R$)**
Rede coletora	897.307,46
Caixas de válvula	2.040.500,00
Total	**2.937.807,46**

Tabela 17: sistema a vácuo - alternativa b (municipalidade assume o custo das caixas de válvula)

Algumas observações ainda devem ser feitas com relação a custos de manutenção e operação do sistema a vácuo, visto que estes custos são custos dispendidos ao longo de toda a vida do sistema. Verificou-se que em alguns sistemas operados nos Estados Unidos no sistema a vácuo os custos de operação foram mais elevados do que no sistema gravimétrico, o que indica que deve existir uma base de dados operacionais maior para verificar se com o passar dos anos haveria um aprimoramento do projeto, construção e operação dos mesmos, o que resultaria em diminuição desses custos, resultando em vantagem em adotar-se o sistema a vácuo.

Com relação a restrições de utilização do esgoto a vácuo são feitas algumas advertências. O esgoto a vácuo jamais deve ser instalado quando se tratar do sistema unitário, visto que o ingresso de águas de chuva, no caso de chuvas intensas pode causar colapso no sistema. Outra ressalva de utilização do sistema seria em situações onde haja grande vazões, como em regiões muito populosas, visto que os tempos de funcionamento das bombas seria muito grande e os custos energéticos tornariam o sistema anti-econômico.

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluído o estudo sobre o sistema de esgoto a vácuo algumas considerações são feitas com relação a: facilidades construtivas, identificação de situações onde se deva dar preferência ao sistema a vácuo, comparativo de custos e as restrições de utilização deste sistema.
No sistema a vácuo foram encontradas as seguintes facilidades construtivas:

a) escavações simples – valas rasas e estreitas;
b) conclusão dos trabalhos de construção em menor espaço de tempo;
c) menor impacto no tráfego local;
d) é possível passar as redes em conjunto com outras redes como por exemplo redes de água;
e) não há a necessidade de poços de visita nem de estações elevatórias;
f) diâmetro de tubulações bem menores do que no sistema gravimétrico;
g) não há perigo de exfiltrações (contaminação do solo por esgoto, pois o sistema é estanque);
h) menores interferências com redes de serviços já existentes (água, telefone, gás etc.).

O sistema a vácuo é recomendado nas seguintes situações:

a) regiões planas;
b) baixa densidade populacional;
c) nível de lençol freático elevado;
d) regiões litorâneas, lacunares, ilhas;
e) solos instáveis, moles ou extremamente rochosos;
f) zonas de proteção de aqüíferos;
g) locais onde as obras de construção são severas, onde é necessário minimizar o impacto da obra;
h) locais onde existem muitos obstáculos a serem vencidos, em função de interferências;
i) locais em que cortes de energia elétrica sejam pouco freqüentes.

Por fim, em razão dos elevados investimentos dispendidos com as caixas de válvula, esse sistema só seria vantajoso, em implantação de empreendimentos imobiliários, onde os custos dessas caixas estivessem embutidos nos custos de venda dos terrenos ou casas. Para que a municipalidade assuma os custos das caixas de válvula, é necessário um estudo prévio cuidadoso, para que se confirme que os elevados custos serão compensados por economias em movimentações de terra (escavações, escoramentos, rebaixamento do lençol freático, reaterro).

Um item a ser considerado é a terceirização dos serviços, visto que nesse caso a empresa contratada é responsável pela implantação, manutenção e operação do sistema. Caso contrário, é necessário treinar as equipes de manutenção, para que se habituem com a nova tecnologia no caso do esgoto a vácuo.

Por fim, uma possível aplicação do sistema a vácuo seria na região das ilhas (ilha da Pintada, ilha dos Marinheiros etc.) da cidade de Porto Alegre. Alguns dos motivos estão assentes no programa sócio-ambiental, onde uma das metas é recuperar a qualidade das águas do Lago Guaíba. Esse sistema, por ser estanque, não contamina as águas nem o solo, sendo vantajoso sob o ponto de vista ambiental.

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Visto que a tecnologia a vácuo é relativamente nova, são feitas algumas considerações para trabalhos futuros. É necessário adquirir conhecimento científico para as etapas de projeto, construção e operação. Ainda há uma certa deficiência com relação a como determinar as vazões de projeto no sistema a vácuo, devido a não concomitância da geração dos esgotos nas residências e o escoamento nas tubulações. Este escoamento ocorre por “batelada”.

Outra consideração é quanto a um levantamento de custos mais detalhado de todos os elementos do esgoto a vácuo, que neste trabalho foram estimados pela literatura, como foi feito para a caixa de válvula.

Com relação aos custos de manutenção e operação do sistema a vácuo, sugere-se que se levantem dados referentes ao Brasil, visto que as condições de operação dos sistemas em nosso país apresentam peculiaridades, em função da falta de educação ambiental e uso incorreto das redes. Essa base de dados de manutenção e operação deve ser representativa, para que se possam computar esses custos. O curto período de existência de sistemas a vácuo no Brasil ainda é insuficiente para que se tenham identificado todas as possíveis necessidades de manutenção. Assim, alguns problemas foram apenas citados, mas não tiveram o custo declarado.

É interessante que no caso desse balneário se faça um cotejo dos custos pelos sistemas gravimétrico e a vácuo, para toda a área de projeto, visto que nesse trabalho foi considerada apenas uma das bacias contribuintes.

REFERÊNCIAS

AIRVAC Inc. Airvac Desing Manual. [SI], 2001. Cortesia cedida pela empresa.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 9649**: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 8890**: tubo de concreto de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 5645**: tubo cerâmico para canalizações. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 12266**: projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 7362 - 2**: sistemas enterrados para condução de esgoto – parte 2: requisitos para tubos de PVC com parede maciça. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **NBR 7362 - 1**: sistemas enterrados para condução de esgoto – parte 1: requisitos para tubos de PVC com junta elástica. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 7362 - 3**: sistemas enterrados para condução de esgoto – parte 3: requisitos para tubos de PVC com dupla parede. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 7362 - 4**: sistemas enterrados para condução de esgoto – parte 4: requisitos para tubos de PVC com parede de núcleo celular. Rio de Janeiro, 2005c.

BRITISH STANDARD. **BS EN 1091**: Vacuum sewerage systems outside buildings. London, 1997.

DELLA NINA, A. **Construção de redes de esgotos sanitários**. São Paulo: CETESB, 1975.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT. **Technical data sheets for ecosan components**: vacuum technology – general description. 2005a. Disponível em: <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-tds-04-a-vacuum-technology-general-description-2005.pdf>. Acesso em 14 out. 2007.

_____. **Technical data sheets for ecosan components**: vacuum technology – vacuum sewer systems. 2005b. Disponível em: <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-tds-04-b1-vacuum-technology-sewer-systems-2005.pdf>. Acesso em 14 out. 2007.

FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários.** Paraíba: UFPB, 2003.

KANAFLEX. **Ficha Técnica de Tubulação para Esgoto Sanitário**, jan. 2007. Disponível em: <www.kanaflex.com.br/manuais/kanasan.pdf> Acesso em 26 nov. 2007.

PASSAVANTE PORTUGUESA. **Apresentação do sistema de vácuo Roediger-Passavante**, out. 2007. Disponível em: <www.passavante-portuguesa.com/index.php?option=com_remository&Itemid=69&func=download&id=78&chk=d7457a22998daa9d30bf2620868e5205> Acesso em 28 nov. 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. **Projeto Executivo do Sistema de Esgotos Sanitários do Balneário Laranjal**, Pelotas: SANEP, 2004.

QUA VAC. **Aplications of Vacuum Sewer Systems**. Disponível em: <www.quavac.com> Acesso em 27 nov. 2007.

SPAETH, L. **Sistema de esgoto por vácuo**: um sistema moderno que ajuda a reduzir os custos na recolha de água residuárias. 2004. Disponível em: <www.apda.pt/apda_resources/APDA.Biblioteca/eneg%5C2001%5Cresumos%20alargados%5Ctema%2004%5Cspaeth,%20lars.pdf >. Acesso em 14 out. 2007.

SULLIVAN, J.F.; HARRINGTON, B.; JOHNSON, S.; BERGMANN, K.A. Advent of vacuum sewers in new england. **Journal of the New England Water Environment Association,** v. 12, n. 2, p. 145-162, nov. 2003. Disponível em: <www.newea.org/jour11_03.pdf> Acesso em 14 out. 2007.

TIGRE. **Ficha Técnica Vinilfort**, jan 2007. Disponível em: <www.tigre.com.br/content.aspx?rcr_id=5&cpr_id=19&cpr_id_pai=5&lnh_id=52#> Acesso em 26 nov. 2007.

TIGRE. **Ficha Técnica de Tubulação para Esgoto a Vácuo**, jan. 2005. Disponível em: <www.tigre.com.br/content.aspx?rcr_id=5&cpr_id=19&cpr_id_pai=5&lnh_id=53#> Acesso em 26 nov. 2007.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário.** 2 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **EPA/625/1-91/024:** alternative wastewater collection systems. Washington, 1991.

APÊNDICE A – Esgoto Gravimétrico: rede coletora

Esgoto Gravimétrico - Rede Coletora de Esgoto Sanitário																								
Coletor trecho	PV		Cota do Terreno (m)		Cota do Greide (m)		Comp (m)	I (m/m)	D (mm)	Vazão (l/s)						Lâminas (%)		Velocidade (m/s)		σ (Pa)		Profundidade (m)	
										Início			Final										
	A	B	A	B	A	B				DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT	I	F	I	F	I	F	A	B
933-934	933	934	1,498	1,607	-0,534	-1,013	79,81	0,006	150	0,000	0,040	1,500	0,000	0,040	1,500	21,00	21,00	0,55	0,55	1,13	1,13	2,032	2,620
934-935	934	935	1,607	1,560	-1,013	-1,481	78,00	0,006	150	0,000	0,039	1,500	0,000	0,039	1,500	21,00	21,00	0,55	0,55	1,13	1,13	2,620	3,041
935-936	935	936	1,560	1,602	-1,481	-1,789	51,37	0,006	150	0,000	0,026	1,500	0,000	0,026	4,176	21,00	35,00	0,55	0,73	1,13	1,74	3,041	3,391
936-937	936	937	1,602	1,615	-1,789	-2,089	50,00	0,006	150	0,000	0,025	1,500	0,000	0,025	4,201	21,00	36,00	0,55	0,74	1,13	1,78	3,391	3,704
937-938	937	938	1,615	1,973	-2,089	-2,566	79,53	0,006	150	0,000	0,040	1,649	0,000	0,040	5,939	22,00	43,00	0,56	0,81	1,18	2,03	3,704	4,539
938-939	938	939	1,973	2,143	-2,566	-3,020	75,68	0,006	150	0,000	0,038	2,127	0,000	0,038	7,683	25,00	50,00	0,61	0,87	1,32	2,25	4,539	5,163
939-940	939	940	2,143	2,170	-3,020	-3,488	78,03	0,006	150	0,000	0,039	2,605	0,000	0,039	9,428	28,00	57,00	0,65	0,91	1,45	2,43	5,163	5,658
940-941	940	941	2,170	1,873	-3,488	-3,966	79,66	0,006	200	0,000	0,040	3,456	0,000	0,040	12,622	22,00	43,00	0,68	0,98	1,57	2,71	5,658	5,839
941-942	941	942	1,873	1,800	-3,966	-4,448	80,35	0,006	200	0,000	0,040	3,706	0,000	0,040	13,478	23,00	45,00	0,70	1,00	1,64	2,80	5,839	6,248
942-943	942	943	1,800	1,820	-4,448	-4,817	61,54	0,006	200	0,000	0,031	3,949	0,000	0,031	14,333	24,00	46,00	0,72	1,01	1,70	2,84	6,248	6,637
560-561	560	561	1,445	1,401	0,195	-0,164	70,73	0,005	150	0,066	0,035	1,500	0,361	0,035	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,565
561-933	561	933	1,401	1,498	-0,164	-0,534	72,90	0,005	150	0,069	0,036	1,500	0,373	0,036	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,565	2,032
563-565	563	565	1,313	1,455	0,063	-0,332	77,83	0,005	150	0,073	0,039	1,500	0,398	0,039	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,787
564-565	564	565	1,506	1,455	0,256	-0,332	77,85	0,007	150	0,073	0,039	1,500	0,398	0,039	1,500	19,96	19,96	0,60	0,60	1,36	1,36	1,250	1,787
565-567	565	567	1,455	1,553	-0,332	-0,689	70,24	0,005	150	0,066	0,035	1,500	0,359	0,035	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,787	2,242
566-567	566	567	1,494	1,553	0,244	-0,689	77,83	0,011	150	0,073	0,039	1,500	0,398	0,039	1,500	17,81	17,81	0,70	0,70	1,95	1,95	1,250	2,242
567-935	567	935	1,553	1,560	-0,689	-1,053	71,57	0,005	150	0,067	0,036	1,500	0,366	0,036	2,106	22,01	26,09	0,52	0,57	1,00	1,16	2,242	2,613
568-570	568	570	1,786	1,640	0,536	0,130	80,00	0,005	150	0,075	0,040	1,500	0,409	0,040	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,510
569-570	569	570	1,810	1,640	0,560	0,130	43,95	0,009	150	0,041	0,022	1,500	0,225	0,022	1,500	18,73	18,73	0,66	0,66	1,67	1,67	1,250	1,510
570-571	570	571	1,640	1,631	0,130	-0,080	41,33	0,005	150	0,039	0,021	1,500	0,211	0,021	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,510	1,711
571-935	571	935	1,631	1,560	-0,080	-1,053	41,00	0,023	150	0,039	0,021	1,500	0,210	0,021	1,500	15,09	15,09	0,90	0,90	3,32	3,32	1,711	2,613
573-574	573	574	1,432	1,406	0,182	-0,173	69,93	0,005	150	0,066	0,035	1,500	0,357	0,035	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,579
574-937	574	937	1,406	1,615	-0,173	-1,164	70,71	0,014	150	0,066	0,035	1,500	0,361	0,035	1,500	17,15	17,15	0,74	0,74	2,21	2,21	1,579	2,779
575-576	575	576	1,757	1,562	0,507	0,130	74,15	0,005	150	0,070	0,037	1,500	0,379	0,037	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,432

Esgoto Gravimétrico - Rede Coletora de Esgoto Sanitário

Coletor trecho	PV		Cota do Terreno (m)		Cota do Greide (m)		Comp (m)	I (m/m)	D (mm)	Vazão (l/s)						Lâminas (%)		Velocidade (m/s)		σ (Pa)		Profundidade (m)	
										Início			Final											
	A	B	A	B	A	B				DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT	I	F	I	F	I	F	A	B
576-577	576	577	1,562	1,548	0,130	-0,094	44,05	0,005	150	0,041	0,022	1,500	0,225	0,022	1,500	22,01	22,01	0,52	0,52	1,00	1,00	1,432	1,642
577-937	577	937	1,548	1,615	-0,094	-1,164	44,00	0,024	150	0,041	0,022	1,500	0,225	0,022	1,500	15,00	15,00	0,90	0,90	3,39	3,39	1,642	2,779
579-580	579	580	1,599	1,692	0,349	-0,016	71,83	0,005	150	0,068	0,036	1,500	0,367	0,036	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,708
580-938	580	938	1,692	1,973	-0,016	-1,251	71,00	0,017	150	0,067	0,036	1,500	0,363	0,036	1,500	16,27	16,27	0,80	0,80	2,61	2,61	1,708	3,224
581-582	581	582	2,201	2,156	0,951	0,671	54,99	0,005	150	0,052	0,027	1,500	0,281	0,027	1,500	22,01	22,01	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,485
582-583	582	583	2,156	2,005	0,671	0,402	53,00	0,005	150	0,050	0,027	1,500	0,271	0,027	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,485	1,603
583-938	583	938	2,005	1,973	0,402	-1,251	53,00	0,031	150	0,050	0,027	1,500	0,271	0,027	1,500	14,12	14,12	0,99	0,99	4,11	4,11	1,603	3,224
585-586	585	586	1,886	2,016	0,636	0,263	73,32	0,005	150	0,069	0,037	1,500	0,375	0,037	1,500	22,01	22,01	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,753
586-939	586	939	2,016	2,143	0,263	-0,108	73,00	0,005	150	0,069	0,037	1,500	0,373	0,037	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,753	2,251
587-588	587	588	2,354	2,312	1,104	0,701	79,37	0,005	150	0,075	0,040	1,500	0,406	0,040	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,611
588-939	588	939	2,312	2,143	0,701	-0,108	78,00	0,01	150	0,073	0,039	1,500	0,399	0,039	1,500	18,46	18,46	0,67	0,67	1,75	1,75	1,611	2,251
590-591	590	591	1,981	2,080	0,731	0,355	73,95	0,005	150	0,070	0,037	1,500	0,378	0,037	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,725
591-940	591	940	2,080	2,170	0,355	-0,011	72,00	0,005	150	0,068	0,036	1,500	0,368	0,036	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,725	2,181
592-593	592	593	2,175	2,053	0,925	0,605	62,95	0,005	150	0,059	0,031	1,500	0,322	0,031	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,448
593-596	593	596	2,053	2,209	0,605	0,044	61,00	0,009	150	0,057	0,031	1,500	0,312	0,031	1,500	19,01	19,01	0,64	0,64	1,59	1,59	1,448	2,165
594-595	594	595	1,965	1,984	0,715	0,447	52,63	0,005	150	0,049	0,026	1,500	0,269	0,026	1,500	22,01	22,01	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,537
595-596	595	596	1,984	2,209	0,447	0,044	79,29	0,005	150	0,075	0,040	1,500	0,405	0,040	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,537	2,165
596-597	596	597	2,209	2,190	0,044	-0,231	54,04	0,005	150	0,051	0,027	1,500	0,276	0,027	1,739	22,01	23,69	0,52	0,54	1,00	1,07	2,165	2,421
597-598	597	598	2,190	2,155	-0,231	-0,500	53,00	0,005	150	0,050	0,027	1,500	0,271	0,027	2,036	22,02	25,66	0,52	0,57	1,00	1,14	2,421	2,655
598-940	598	940	2,155	2,170	-0,500	-1,417	53,00	0,017	150	0,050	0,027	1,500	0,271	0,027	2,333	16,29	20,23	0,80	0,91	2,60	3,16	2,655	3,587
599-600	599	600	1,846	1,849	0,596	0,223	73,38	0,005	150	0,069	0,037	1,500	0,375	0,037	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,626
600-941	600	941	1,849	1,873	0,223	-0,143	72,00	0,005	150	0,068	0,036	1,500	0,368	0,036	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,626	2,016
601-602	601	602	1,854	1,945	0,604	0,229	73,75	0,005	150	0,069	0,037	1,500	0,377	0,037	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,725
602-942	602	942	1,954	1,800	0,229	-0,142	73,00	0,005	150	0,069	0,037	1,500	0,373	0,037	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,725	1,942

Esgoto Gravimétrico - Rede Coletora de Esgoto Sanitário																						
Coletor trecho	PV		Cota do Terreno (m)		Cota do Greide (m)		Comp (m)	I (m/m)	D (mm)	Vazão (l/s)						Lâminas (%)		Velocidade (m/s)		σ (Pa)		Profundidade (m)	
										Início			Final										
	A	B	A	B	A	B				DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT	I	F	I	F	I	F	A	B
603-604	603	604	1,837	1,976	0,587	0,234	69,45	0,005	150	0,065	0,035	1,500	0,355	0,035	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,742
604-608	604	608	1,976	1,877	0,234	-0,396	69,00	0,009	150	0,065	0,035	1,500	0,353	0,035	1,500	19,04	19,04	0,64	0,64	1,58	1,58	1,742	2,273
605-606	605	606	1,723	1,776	0,473	0,130	67,49	0,005	150	0,063	0,034	1,500	0,345	0,034	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,250	1,646
606-607	606	607	1,776	2,195	0,130	-0,205	66,00	0,005	150	0,062	0,033	1,500	0,337	0,033	1,500	22,02	22,02	0,52	0,52	1,00	1,00	1,646	2,400
607-608	607	608	2,195	1,877	-0,205	-0,396	37,47	0,005	150	0,035	0,019	1,500	0,191	0,019	1,500	22,00	22,00	0,52	0,52	1,00	1,00	2,400	2,273
608-943	608	943	1,877	1,820	-0,396	-0,498	19,98	0,005	150	0,019	0,010	1,500	0,102	0,010	1,848	21,99	24,40	0,52	0,55	1,01	1,10	2,273	2,318

APÊNDICE B – Esgoto a Vácuo: rede coletora

Esgoto a Vácuo - Rede Coletora de Esgoto Sanitário																		
Coletor trecho	PV		Cota do Terreno (m)		Cota do Greide (m)		Comp (m)	I (m/m)	D(mm)	Vazão (l/s)						Profundidade (m)	
										Início			Final				
	A	B	A	B	A	B				DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT	A	B
933-934	933	934	1,498	1,607	0,228	0,177	79,81	0,002	100	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	1,500	1,270	1,430
934-935	934	935	1,607	1,560	0,177	0,164	78,00	0,002	100	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	1,500	1,430	1,396
935-936	935	936	1,560	1,602	0,164	0,152	51,37	0,002	150	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	3,708	1,396	1,450
936-937	936	937	1,602	1,615	0,152	0,145	50,00	0,002	150	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	3,708	1,450	1,470
937-938	937	938	1,615	1,973	0,145	0,253	79,53	0,002	150	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	5,255	1,470	1,720
938-939	938	939	1,973	2,143	0,253	0,353	75,68	0,002	150	0,000	0,000	1,500	0,000	0,000	6,808	1,720	1,790
939-940	939	940	2,143	2,170	0,353	0,460	78,03	0,002	200	0,000	0,000	1,538	0,000	0,000	8,361	1,790	1,710
940-941	940	941	2,170	1,873	0,460	0,303	79,66	0,002	200	0,000	0,000	2,067	0,000	0,000	11,233	1,710	1,570
941-942	941	942	1,873	1,800	0,303	0,290	80,35	0,002	200	0,000	0,000	2,204	0,000	0,000	11,976	1,570	1,510
942-943	942	943	1,800	1,820	0,290	0,280	61,54	0,002	200	0,000	0,000	2,342	0,000	0,000	12,726	1,510	1,540
560-561	560	561	1,445	1,401	0,245	0,241	70,73	0,002	100	0,066	0,000	1,500	0,361	0,000	1,500	1,200	1,160
561-933	561	933	1,401	1,498	0,241	0,228	72,90	0,002	100	0,069	0,000	1,500	0,373	0,000	1,500	1,160	1,270
563-565	563	565	1,313	1,455	-0,277	-0,185	77,83	0,002	100	0,073	0,000	1,500	0,398	0,000	1,500	1,590	1,640
564-565	564	565	1,506	1,455	-0,234	-0,185	77,85	0,002	100	0,073	0,000	1,500	0,398	0,000	1,500	1,740	1,640
565-567	565	567	1,455	1,553	-0,185	-0,097	70,24	0,002	100	0,066	0,000	1,500	0,359	0,000	1,500	1,640	1,650
566-567	566	567	1,494	1,553	-0,206	-0,097	77,83	0,002	100	0,073	0,000	1,500	0,398	0,000	1,500	1,700	1,650
567-935	567	935	1,553	1,560	-0,097	0,164	71,57	0,002	100	0,067	0,000	1,500	0,366	0,000	1,919	1,650	1,396
568-570	568	570	1,786	1,640	0,296	0,150	80,00	0,002	100	0,075	0,000	1,500	0,409	0,000	1,500	1,490	1,490
569-570	569	570	1,810	1,640	0,230	0,150	43,95	0,002	100	0,041	0,000	1,500	0,225	0,000	1,500	1,580	1,490
570-571	570	571	1,640	1,631	0,150	0,151	41,33	0,002	100	0,039	0,000	1,500	0,211	0,000	1,500	1,490	1,480
571-935	571	935	1,631	1,560	0,151	0,164	41,00	0,002	100	0,039	0,000	1,500	0,210	0,000	1,500	1,480	1,396
573-574	573	574	1,432	1,406	0,042	0,046	69,93	0,002	75	0,066	0,000	1,500	0,357	0,000	1,500	1,390	1,360
574-937	574	937	1,406	1,615	0,046	0,145	70,71	0,002	100	0,066	0,000	1,500	0,361	0,000	1,500	1,360	1,470
575-576	575	576	1,757	1,562	0,217	0,112	74,15	0,002	75	0,070	0,000	1,500	0,379	0,000	1,500	1,540	1,450

Esgoto a Vácuo - Rede Coletora de Esgoto Sanitário																		
Coletor trecho	PV		Cota do Terreno (m)		Cota do Greide (m)		Comp (m)	I (m/m)	D(mm)	Vazão (l/s)						Profundidade (m)	
										Início			Final				
	A	B	A	B	A	B				DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT	A	B
576-577	576	577	1,562	1,548	0,112	0,128	44,05	0,002	75	0,041	0,000	1,500	0,225	0,000	1,500	1,450	1,420
577-937	577	937	1,548	1,615	0,128	0,145	44,00	0,002	100	0,041	0,000	1,500	0,225	0,000	1,500	1,420	1,470
579-580	579	580	1,599	1,692	0,399	0,492	71,83	0,002	75	0,068	0,000	1,500	0,367	0,000	1,500	1,200	1,200
580-938	580	938	1,692	1,973	0,492	0,593	71,00	0,002	100	0,067	0,000	1,500	0,363	0,000	1,500	1,200	1,380
581-582	581	582	2,201	2,156	0,911	0,796	54,99	0,002	75	0,052	0,000	1,500	0,281	0,000	1,500	1,290	1,360
582-583	582	583	2,156	2,005	0,796	0,695	53,00	0,002	75	0,050	0,000	1,500	0,271	0,000	1,500	1,360	1,310
583-938	583	938	2,005	1,973	0,695	0,593	53,00	0,002	100	0,050	0,000	1,500	0,271	0,000	1,500	1,310	1,380
585-586	585	586	1,886	2,016	0,156	0,256	73,32	0,002	75	0,069	0,000	1,500	0,375	0,000	1,500	1,730	1,760
586-939	586	939	2,016	2,143	0,256	0,353	73,00	0,002	100	0,069	0,000	1,500	0,373	0,000	1,500	1,760	1,790
587-588	587	588	2,354	2,312	0,664	0,512	79,37	0,002	75	0,075	0,000	1,500	0,406	0,000	1,500	1,690	1,800
588-939	588	939	2,312	2,143	0,512	0,353	78,00	0,002	100	0,073	0,000	1,500	0,399	0,000	1,500	1,800	1,790
590-591	590	591	1,981	2,080	0,261	0,360	73,95	0,002	75	0,070	0,000	1,500	0,378	0,000	1,500	1,720	1,720
591-940	591	940	2,080	2,170	0,360	0,460	72,00	0,002	100	0,068	0,000	1,500	0,368	0,000	1,500	1,720	1,710
592-593	592	593	2,175	2,053	0,495	0,363	62,95	0,002	100	0,059	0,000	1,500	0,322	0,000	1,500	1,680	1,690
593-596	593	596	2,053	2,209	0,363	0,439	61,00	0,002	100	0,057	0,000	1,500	0,312	0,000	1,500	1,690	1,770
594-595	594	595	1,965	1,984	0,265	0,324	52,63	0,002	100	0,049	0,000	1,500	0,269	0,000	1,500	1,700	1,660
595-596	595	596	1,984	2,209	0,324	0,439	79,29	0,002	100	0,075	0,000	1,500	0,405	0,000	1,500	1,660	1,770
596-597	596	597	2,209	2,190	0,439	0,440	54,04	0,002	100	0,051	0,000	1,500	0,276	0,000	1,584	1,770	1,750
597-598	597	598	2,190	2,155	0,440	0,455	53,00	0,002	100	0,050	0,000	1,500	0,271	0,000	1,855	1,750	1,700
598-940	598	940	2,155	2,170	0,455	0,460	53,00	0,002	100	0,050	0,000	1,500	0,271	0,000	2,126	1,700	1,710
599-600	599	600	1,846	1,849	0,286	0,289	73,38	0,002	75	0,069	0,000	1,500	0,375	0,000	1,500	1,560	1,560
600-941	600	941	1,849	1,873	0,289	0,303	72,00	0,002	100	0,068	0,000	1,500	0,368	0,000	1,500	1,560	1,570
601-602	601	602	1,854	1,945	0,194	0,325	73,75	0,002	75	0,069	0,000	1,500	0,377	0,000	1,500	1,660	1,620
602-942	602	942	1,954	1,800	0,325	0,290	73,00	0,002	100	0,069	0,000	1,500	0,373	0,000	1,500	1,629	1,510

Esgoto a Vácuo - Rede Coletora de Esgoto Sanitário																		
Coletor trecho	PV		Cota do Terreno (m)		Cota do Greide (m)		Comp (m)	I (m/m)	D(mm)	Vazão (l/s)						Profundidade (m)	
										Início			Final				
	A	B	A	B	A	B				DOM	INF	TOT	DOM	INF	TOT	A	B
603-604	603	604	1,837	1,976	0,637	0,716	69,45	0,002	75	0,065	0,000	1,500	0,355	0,000	1,500	1,200	1,260
604-608	604	608	1,976	1,877	0,716	0,587	69,00	0,002	100	0,065	0,000	1,500	0,353	0,000	1,500	1,260	1,290
605-606	605	606	1,723	1,776	0,523	0,506	67,49	0,002	75	0,063	0,000	1,500	0,345	0,000	1,500	1,200	1,270
606-607	606	607	1,776	2,195	0,506	0,595	66,00	0,002	75	0,062	0,000	1,500	0,337	0,000	1,500	1,270	1,600
607-608	607	608	2,195	1,877	0,595	0,517	37,47	0,002	75	0,035	0,000	1,500	0,191	0,000	1,500	1,600	1,360
608-943	608	943	1,877	1,820	0,517	0,520	19,98	0,002	75	0,019	0,000	1,500	0,102	0,000	1,683	1,360	1,300

APÊNDICE C – Esgoto Gravimétrico: custos unitários de materiais e mão-de-obra

Item	Descrição	Un.	Custo unitário (R$)			Custo unitário com BDI (R$)				Database material	Database M.O.
			Material	M.O.	Total	Material	M.O	M.O. c/encargos	Total		
1.	**Movimentação**										
1.1	Escavação até 2,5 m	m³	4,10	0,29	4,39	5,58	0,39	1,09	6,66	set/07	set/07
1.2	Escavação de 2,5 - 4,5 m	m³	5,85	0,42	6,27	7,96	0,57	1,57	9,53	set/07	set/07
1.3	Escavação de 4,5 - 6,0 m	m³	14,85	0,42	15,27	20,20	0,57	1,57	21,77	set/07	set/07
1.4	Escavação de 6,0 - 8,0 m	m³	18,15	0,52	18,67	24,68	0,71	1,95	26,63	set/07	set/07
1.5	Rebaixamento com ponteira	m	20,08	5,69	25,77	27,31	7,74	21,32	48,63	set/07	set/07
1.6	Escoramento descontínuo	m²	7,53	3,29	10,82	10,24	4,47	12,33	22,57	set/07	set/07
1.7	Estaca prancha	m²	40,75	4,59	45,34	55,42	6,24	17,20	72,62	set/07	set/07
1.8	Reaterro com material escavado	m³	1,50	1,88	3,38	2,04	2,56	7,05	9,09	set/07	set/07
2.	**Materiais utilizados**										
2.1	Tubulação PVC DN 150	m	15,23	1,26	16,49	17,67	1,71	4,72	22,39	ago/07	set/07
2.2	Tubulação PVC DN 200	m	23,41	1,29	24,70	27,16	1,75	4,83	31,99	ago/07	set/07
2.3	Tubulação PVC DN 250	m	40,88	1,70	42,58	47,42	2,31	6,37	53,79	ago/07	set/07
2.4	Curva 90° DN 150	pç	61,26	-	61,26	71,06	-	-	71,06	ago/07	-
2.5	Redução DN 150 x 200	pç	45,15	-	45,15	52,37	-	-	52,37	ago/07	
2.6	Til pass rede DN 150 x 150	pç	220,46	40,80	261,26	255,73	55,49	152,91	408,64	ago/07	set/07
2.7	Til radial DN 150	pç	378,55	40,80	419,35	439,12	55,49	152,91	592,03	ago/07	set/07
2.8	Tampão para Til DN 150	pç	46,47	-	46,47	53,91	-	-	53,91	ago/07	-
2.9	Tampão para Til DN 200	pç	59,30	-	59,30	68,79	-	-	68,79	ago/07	-
2.10	Selim DN 150	pç	10,15	6,00	16,15	11,77	8,16	22,49	34,26	ago/07	set/07
2.11	Selim DN 250	pç	36,92	6,00	42,92	42,83	8,16	22,49	65,31	ago/07	set/07
2.12	Anel borracha para Til DN 150	pç	20,64	-	20,64	23,94	-	-	23,94	ago/07	-
2.13	Anel borracha para Til DN 250	pç	5,90	-	5,90	6,84	-	-	6,84	ago/07	-
2.14	Caixa de ligação da calçada	pç	65,00	40,00	105,00	75,40	54,40	149,91	225,31	set/07	set/07
2.15	Cap DN 150	pç	26,43	-	26,43	30,66	-	-	30,66	ago/07	-
2.16	Concreto magro	m³	140,30	39,44	179,74	162,75	53,64	147,81	310,56	set/07	set/07
2.17	Concreto estrutural	m³	184,46	44,14	228,60	213,97	60,03	165,43	379,40	set/07	set/07

APÊNDICE D – Esgoto a Vácuo: custos unitários de materiais e mão-de-obra

Item	Descrição	Un.	Custo unitário (R$)			Custo unitário com BDI (R$)				Database material	Database M.O.
			Material	M.O.	Total	Material	M.O.	M.O. c/encargos	Total		
1.	**Movimentação**										
1.1	Escavação até 2,5 m	m³	4,10	0,29	4,39	5,58	0,39	1,09	6,66	set/07	set/07
1.2	Rebaixamento com ponteira	m	20,08	5,69	25,77	27,31	7,74	21,32	48,63	set/07	set/07
1.3	Escoramento descontínuo	m²	7,53	3,29	10,82	10,24	4,47	12,33	22,57	set/07	set/07
1.4	Reaterro com material escavado	m³	1,50	1,88	3,38	2,04	2,56	7,05	9,09	set/07	set/07
2.	**Materiais utilizados**										
2.1	Tubulação esgoto a vácuo DN 75	m	13,70	1,26	14,96	15,89	1,71	4,72	20,61	ago/07	set/07
2.2	Tubulação esgoto a vácuo DN 100	m	23,32	1,26	24,58	27,06	1,71	4,72	31,78	ago/07	set/07
2.3	Tubulação esgoto a vácuo DN 150	m	35,06	1,26	36,32	40,67	1,71	4,72	45,39	ago/07	set/07
2.4	Tubulação esgoto a vácuo DN 200	m	54,85	1,29	56,14	63,62	1,75	4,83	68,46	ago/07	set/07
2.5	Estação a vácuo (com instalação)	pç	250.000,00	-	250.000,00	290.000,00	-	-	290.000,00	ago/07	-
2.6	Cap esgoto a vácuo DN 75	pç	6,26	-	6,26	7,26	-	-	7,26	ago/07	-
2.7	Cap esgoto a vácuo DN 100	pç	18,42	-	18,42	21,37	-	-	21,37	ago/07	-
2.8	Junção esgoto a vácuo DN100	pç	142,62	-	142,62	165,44	-	-	165,44	ago/07	-
2.9	Junção/Redução esgoto a vácuo DN150X100	pç	200,36	-	200,36	232,42	-	-	232,42	ago/07	-
2.10	Junção/Redução esgoto a vácuo DN200X100	pç	332,55	-	332,55	385,76	-	-	385,76	ago/07	-
2.11	Bucha/Redução esgoto a vácuo DN100X 75	pç	16,49	-	16,49	19,13	-	-	19,13	ago/07	-
2.12	Bucha/Redução esgoto a vácuo DN200X150	pç	226,97	-	226,97	263,29	-	-	263,29	ago/07	-

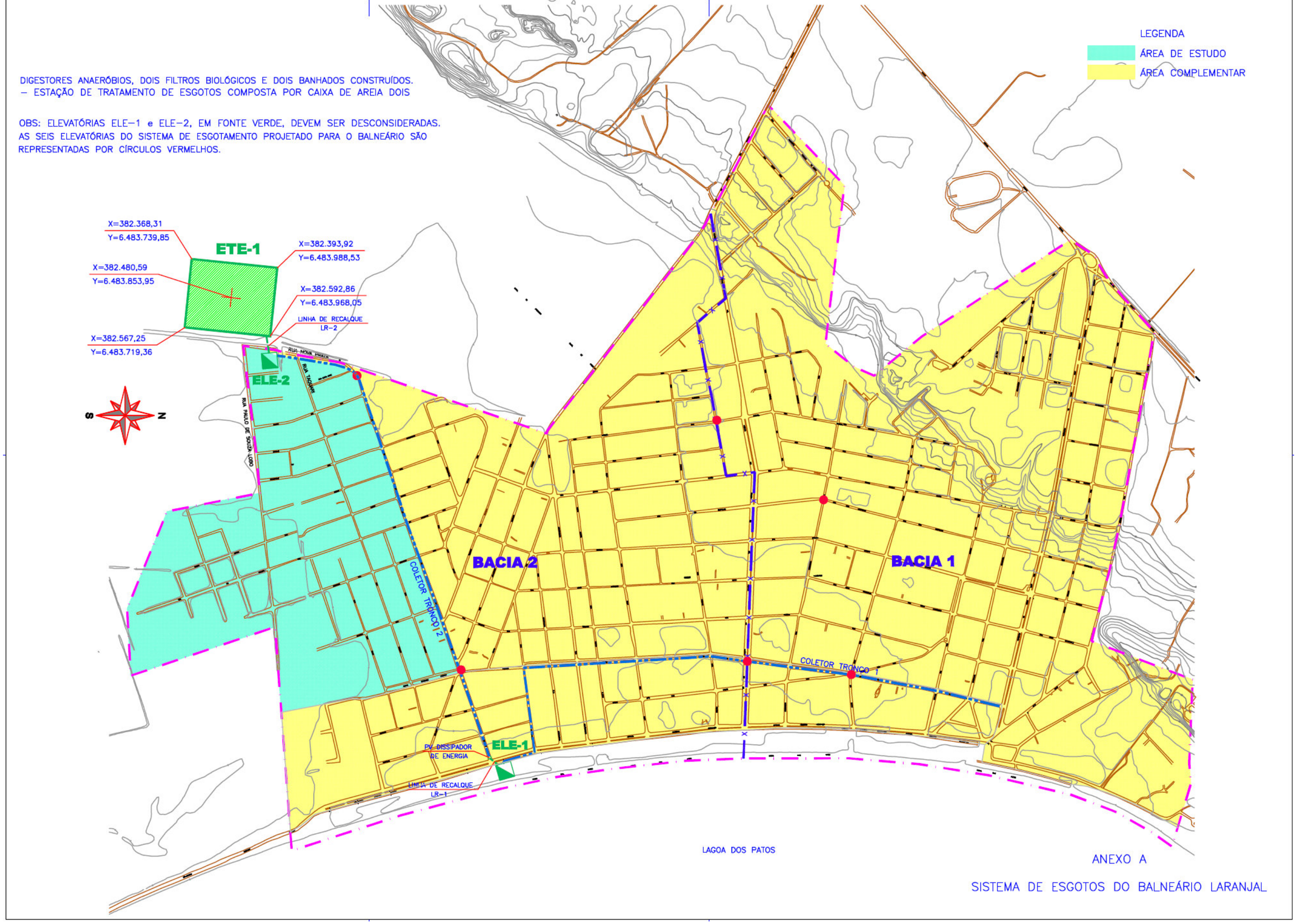
APÊNDICE E – Esgoto Gravimétrico: quantitativos

Item	Descrição	Un.	Quant.
1.	**Movimentação**		
1.1	Escavação até 2,5 m	m³	4.922,79
1.2	Escavação de 2,5 - 4,5 m	m³	847,03
1.3	Escavação de 4,5 - 6,0 m	m³	1.310,00
1.4	Escavação de 6,0 - 8,0 m	m³	1.103,00
1.5	Rebaixamento com ponteira (coletor via pública)	m	2.819,00
1.6	Rebaixamento com ponteira (coletores passeio)	m	3.677,97
1.7	Escoramento descontínuo	m²	6.782,00
1.8	Estaca prancha	m²	7.012,16
1.9	Reaterro com material escavado	m³	8.183,00
2.	**Materiais utilizados**		
2.1	Tubulação PVC DN 150 (coletor passeio)	m	2.665,00
2.2	Tubulação PVC DN 150 (ligação passeio/coletor)	m	299,00
2.3	Tubulação PVC DN 150	m	3.370,42
2.4	Tubulação PVC DN 200	m	221,55
2.5	Tubulação PVC DN 250	m	10,00
2.6	Curva 90° DN 150	pç	19,00
2.7	Redução DN 150 x 200	pç	1,00
2.8	Til pass rede DN 150 x 150	pç	20,00
2.9	Til radial DN 150	pç	5,00
2.10	Tampão para Til DN 150	pç	39,00
2.11	Tampão para Til DN 200	pç	5,00
2.12	Selim DN 150	pç	144,00
2.13	Selim DN 250	pç	1,00
2.14	Anel borracha para Til DN 150	pç	15,00
2.15	Anel borracha para Til DN 250	pç	1,00
2.16	Caixa de ligação da calçada	pç	70,00
2.17	Cap DN 150	pç	19,00
2.18	Concreto magro p/fixação curva p/ visita em cabeceira	m³	1,20
2.19	Concreto estrutural caixa e tampa de proteção cap cabeceira	m³	1,27

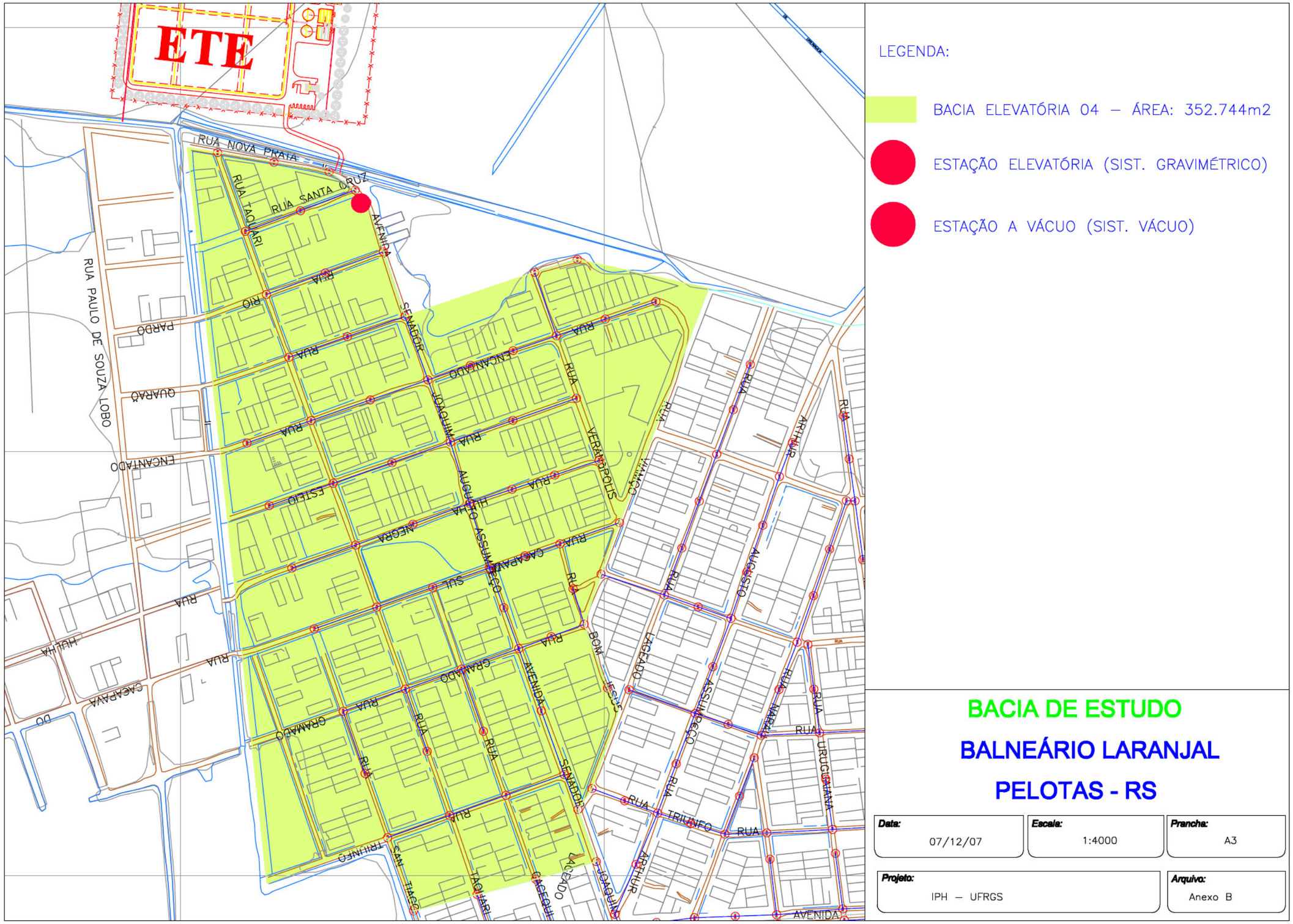
APÊNDICE F – Esgoto a Vácuo: quantitativos

Item	Descrição	Un.	Quant.
1.	**Movimentação**		
1.1	Escavação até 2,5 m	m³	3.541,73
1.2	Rebaixamento com ponteira	m	3.523,93
1.3	Escoramento descontínuo	m²	10.844,05
1.4	Reaterro com material escavado	m³	3.541,73
2.	**Materiais utilizados**		
2.1	Tubulação esgoto a vácuo DN 75	M	1.002,11
2.2	Tubulação esgoto a vácuo DN 75 (ligação caixa válvula/rede)	M	299,00
2.3	Tubulação esgoto a vácuo DN 100 (ligação passeio/coletor)	M	299,00
2.4	Tubulação esgoto a vácuo DN 100	M	1.974,66
2.5	Tubulação esgoto a vácuo DN 150	M	256,58
2.6	Tubulação esgoto a vácuo DN 200	M	299,58
2.7	Estação a vácuo (com instalação)	PC	1,00
2.8	Cap esgoto a vácuo DN 75	PC	11,00
2.9	Cap esgoto a vácuo DN 100	PC	8,00
2.10	Junção esgoto a vácuo DN100	PC	6,00
2.11	Junção/Redução esgoto a vácuo DN150X100	PC	4,00
2.12	Junção/Redução esgoto a vácuo DN200X100	PC	4,00
2.13	Bucha/Redução esgoto a vácuo DN100X 75	PC	10,00
2.14	Bucha/Redução esgoto a vácuo DN200X150	Pç	1,00

ANEXO A – Balneário do Laranjal: bacias contribuintes do Sistema

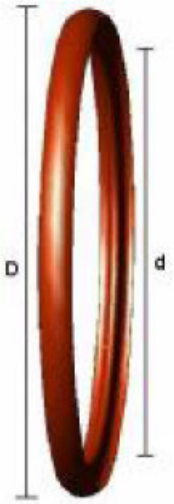

DIGESTORES ANAERÓBIOS, DOIS FILTROS BIOLÓGICOS E DOIS BANHADOS CONSTRUÍDOS.
– ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS COMPOSTA POR CAIXA DE AREIA DOIS
OBS: ELEVATÓRIAS ELE–1 e ELE–2, EM FONTE VERDE, DEVEM SER DESCONSIDERADAS.
AS SEIS ELEVATÓRIAS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO PROJETADO PARA O BALNEÁRIO SÃO
REPRESENTADAS POR CÍRCULOS VERMELHOS.
LEGENDA
ÁREA DE ESTUDO
ÁREA COMPLEMENTAR
X=382.368,31
Y=6.483.739,85
ETE-1
X=382.393,92
Y=6.483.988,53
X=382.480,59
Y=6.483.853,95
X=382.592,86
Y=6.483.968,05
LINHA DE RECALQUE
LR–2
X=382.567,25
Y=6.483.719,36
ELE-2
RUA NOVA PRAIA
RUA TAQUARI
RUA PAULO DE SOUZA LOBO
S
N
BACIA 2
BACIA 1
COLETOR TRONCO 2.1
COLETOR TRONCO 1
PV DISSIPADOR DE ENERGIA
ELE-1
LINHA DE RECALQUE
LR–1
LAGOA DOS PATOS
ANEXO A
SISTEMA DE ESGOTOS DO BALNEÁRIO LARANJAL

ANEXO B – Balneário do Laranjal: bacia de estudo


ETE
RUA NOVA PRATA
RUA SANTA CRUZ
RUA TAQUARI
AVENIDA
RUA PAULO DE SOUZA LOBO
RUA RIO PARDO
RUA QUARAÚ
RUA ENCANTADO
RUA ESTEIO
RUA HULHA NEGRA
RUA CACAPAVA
RUA GRAMADO
RUA SENADOR
RUA JOAQUIM
RUA VERÂNDPOLIS
RUA AUGUSTO ASSUMPÇÃO
RUA BOM JESUS
RUA LAGEADO
RUA ARTHUR
RUA URUGUAIANA
RUA TRIUNFO
RUA SAN TIAGO
RUA TAQUARI
RUA GACEQUI
RUA LAGEADO
RUA JOAQUIM
RUA ARTHUR
RUA AUGUSTO
RUA ASSUMPÇÃO
RUA NARAI
RUA URUGUAIANA
RUA TRIUNFO
RUA AVENIDA
LEGENDA:
BACIA ELEVATÓRIA 04 – ÁREA: 352.744m2
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA (SIST. GRAVIMÉTRICO)
ESTAÇÃO A VÁCUO (SIST. VÁCUO)
BACIA DE ESTUDO
BALNEÁRIO LARANJAL
PELOTAS - RS
Data: 07/12/07
Escala: 1:4000
Prancha: A3
Projeto: IPH – UFRGS
Arquivo: Anexo B

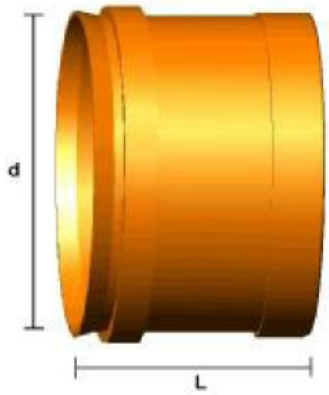
ANEXO C – Esgoto Gravimétrico: itens acessórios

Anel de Borracha



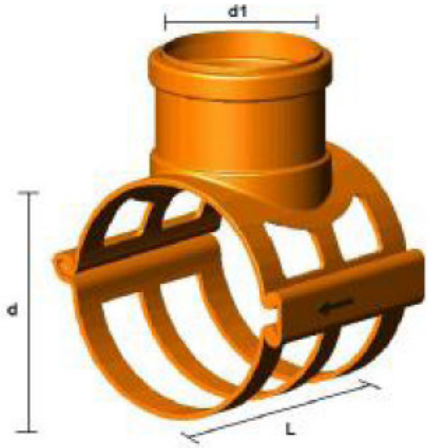
(KANAFLEX, 2007, p. 5)

Cap Esgoto Sanitário



(KANAFLEX, 2007, p. 5)

Selim



(KANAFLEX, 2007, p. 5)

TIL radial rede

(TIGRE, 2007, p. 8)

Til predial

(TIGRE, 2007, p. 8)

Til passagem de rede

(TIGRE, 2007, p. 8)

ANEXO D – Esgoto a Vácuo: ítens acessórios

Bucha de Redução Esgoto a Vácuo

(TIGRE, 2005, p. 2)

Joelho 45° Esgoto a Vácuo

(TIGRE, 2005, p. 3)

Cap Esgoto a Vácuo

(TIGRE, 2005, p. 2)

Joelho 90° Esgoto a Vácuo

(TIGRE, 2005, p. 3)

Junção Esgoto a Vácuo

(TIGRE, 2005, p. 3)

Junção Redução Esgoto a Vácuo

(TIGRE, 2005, p. 3)