

SUMÁRIO

1	INFORMAÇÕES CADASTRAIS:	4
1.1	<i>Entidade Responsável:</i>	4
1.2	<i>Responsável técnico:</i>	4
1.3	<i>Aspectos gerais do município</i>	4
1.4	<i>Aspectos gerais da localidade Santa Lúcia</i>	5
1.5	<i>Metodologia</i>	5
1.6	<i>Dados Gerais da Área da obra</i>	5
2	PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE OURO	7
3	CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO:	8
3.1	<i>Concepção do Sistema de Esgotamento Sanitário</i>	8
3.1.1	<i>Introdução</i>	8
4	MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO	9
4.1	<i>Dados Gerais do Empreendimento</i>	9
4.1.1	<i>Da Área:</i>	9
4.1.2	<i>Titulação da Área</i>	9
4.1.3	<i>Características Ambientais e Licenciamento</i>	10
4.2	<i>Critérios e Parâmetros de Projeto</i>	11
4.2.1	<i>Rede de esgoto</i>	11
4.2.1.1	<i>Material usado na tubulação</i>	11
4.2.1.2	<i>Coeficiente de rugosidade</i>	12
4.2.1.3	<i>Diâmetro mínimo da rede coletora</i>	12
4.2.1.4	<i>Escavação das valas</i>	13
4.2.1.5	<i>Assentamento da tubulação</i>	13
4.2.1.6	<i>Posicionamento e Escoramento das valas</i>	14
4.2.1.7	<i>Reaterro</i>	15
4.2.1.8	<i>Profundidade mínima e máxima dos coletores</i>	15
4.2.1.9	<i>Tensão Trativa</i>	16
4.2.1.10	<i>Declividade mínima e máxima</i>	16
4.2.1.11	<i>Velocidade crítica</i>	17
4.2.1.12	<i>Poço de visita</i>	17
4.2.2	<i>Ligações Prediais (Domiciliares)</i>	18
4.2.3	<i>Métodos e Processo de Tratamento de Esgoto</i>	18
4.2.3.1	<i>Alternativa a ser implementada</i>	19
4.2.3.2	<i>Método de Tratamento de esgotos por Fossa Séptica</i>	20
4.2.3.3	<i>Método de Tratamento de esgotos por Filtro Anaeróbio</i>	20
4.2.3.4	<i>Método de tratamento biológico de esgoto com zona de raízes</i>	21
4.2.4	<i>Destinação Final do Lodo</i>	23
4.3	<i>PROJETO DO SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO</i>	24
4.3.1	<i>Descrição e Especificação dos Elementos do Projeto</i>	24
4.3.1.1	<i>Diretrizes Técnicas:</i>	24
4.3.1.2	<i>Delimitação e Compartimentação da Área do Empreendimento:</i>	27
4.3.2	<i>Obras de Terra</i>	27

4.3.2.1	Diretrizes Gerais.....	27
4.3.2.2	Etapas de trabalho.....	27
4.3.3	Obras Civis	29
4.3.3.1	Diretrizes Gerais.....	29
4.3.3.2	Rede Coletora de Esgoto e Ligações domiciliares.....	29
4.3.3.3	Construção das ETE e Drenagem	30
4.3.4	Ajardinamento	34
4.3.4.1	Aspectos Gerais:	34
4.3.4.2	Revegetação:	35
4.3.5	Controle e Monitoramento da Sistema de tratamento utilizado	36
4.3.5.1	Monitoramento Geotécnico:	36
4.3.5.2	Monitoramento Ambiental:.....	36
4.3.5.3	Monitoramento Biológico:.....	37
5	MEMORIAL DE CÁLCULO	38
5.1	<i>INTRODUÇÃO.....</i>	38
5.2	<i>CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA REDE COLETORA.....</i>	38
5.2.1	Rede de esgoto	38
5.2.2	Cálculo das vazões totais	39
5.2.3	Determinação das taxas de contribuição linear para cálculo das redes coletoras de esgoto	40
5.2.4	Material usado na tubulação	41
5.2.5	Coeficiente de rugosidade	41
5.2.6	Diâmetro mínimo da rede coletora	41
5.2.7	Escavação das valas e limpeza	42
5.2.7.1	Assentamento da tubulação.....	43
5.2.7.2	Posicionamento e Escoramento das valas.....	43
5.2.7.3	Reaterro.....	44
5.2.8	Profundidade mínima e máxima dos coletores	45
5.2.9	Tensão Trativa	45
5.2.10	Declividade mínima e máxima	46
5.2.11	Velocidade crítica	46
5.2.12	Poço de visita	47
5.3	<i>CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA ETE.....</i>	47
5.3.1	Cálculo do Dimensionamento do Tanque Séptico.....	47
5.3.2	Cálculo do Dimensionamento do Filtro Anaeróbio	49
5.3.3	Dimensionamento da ETE por zona de raízes do Distrito de Santa Lúcia:.....	50
5.4	<i>Sistema de Drenagem Superficial:</i>	53
5.4.1.1	Introdução:	53
5.4.2	<i>Cálculo da Drenagem Interna:</i>	53
5.4.2.1	Cálculo da Vazão Máxima da área do STE	53
5.4.2.2	Valetas Drenantes:.....	53
6	MANUAL DE OPERAÇÃO DA ETE.....	56
6.1	<i>Aspectos Iniciais.....</i>	56
6.2	<i>Métodos e Processo de Tratamento de Esgoto</i>	56
6.3	<i>Manual de Operação e Manutenção do STE</i>	56
6.3.1	Tanque Séptico	57
6.3.2	Filtro Anaeróbio	57
6.3.3	Zona de Raízes	58

6.4	<i>Monitoramento da Qualidade do Efluente e do STE</i>	58
6.4.1	Duração.....	59
6.4.1.1	Características Do Esgoto Sanitário	59
6.4.1.2	Eficiência do Sistema de Tratamento de Efluentes	59
6.4.1.3	Parâmetros e Padrões para Lançamento do Efluente	60
6.4.1.4	Plano de Análises Laboratoriais para manutenção e controle da eficiência do Sistema de Tratamento de Efluente	61
	NORMAS TÉCNICAS	62
	BIBLIOGRAFIAS	63

1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS:

1.1 Entidade Responsável:

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO/SC
Rua Governador Jorge Lacerda, 1209.
Centro – Ouro – SC

1.2 Responsável técnico:

Cristina da Silva
Eng^a Sanitarista e Ambiental
CREA 106.180-6

1.3 Aspectos gerais do município

- Área do município: 206,229 km²;
- População: 7.231 habitantes;
- Microrregião: Microrregião do Meio Oeste Catarinense;
- Secretária Regional: Joaçaba/SC;
- Lei de criação: 870 - 23.01.1963;
- Altitude: 485 m
- Localização geográfica:
 - Latitude: 27° 20' 29"
 - Longitude: 51° 37' 05"
- Prefeito: Neri Luiz Miqueloto;
- Vice-Prefeito: Danilo Deitos;
- Endereço: Rua Governador Lacerda, 1209- Centro – CEP 89663-000;
- CNPJ: 82.777.228/0001-57;
- Contato:

- Email: administração@ouro.sc.gov.br
- Website: www.ouro.sc.gov.br
- Telefone/FAX: (49) 3555 - 1300

1.4 Aspectos gerais da localidade Santa Lúcia

- Área: 971.439,35 m²;
- População a ser atendida:
 - No início do plano: 200 habitantes
 - No final do plano: 360 habitantes
 - A população foi estimada para início e final do plano, sendo o aumento deste número somente com a transformação de área rural para urbana.

1.5 Metodologia

Este refere-se a elaboração da primeira etapa relacionada ao projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário da localidade rural do município de Ouro está calcado em preceitos e técnicas indicadas para projetos de sistemas de esgotamento sanitário, considerando os padrões da Autarquia Intermunicipal (SIMAE Capinzal/Ouro), prestadora dos serviços local e nas seguintes normas técnicas brasileiras (NBR): NBR 9.648 - Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário; NBR 9.800 - Critério para o lançamento de Efluentes Líquidos Industriais no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário; NBR 9.649 - Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário; NBR 12.207 - Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário; NBR 12.208 - Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário e NBR 12.209 - Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário.

1.6 Dados Gerais da Área da obra

O Distrito de Santa Lúcia localiza-se em zona rural, no limite norte do município de Ouro – SC, cortado pela SC-458, estrada de chão e sem pavimentação. A área onde se localiza o sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito de Santa Lúcia que é uma ZEIS (Zona Especial de Interesse Social) criada no ano de 2010, e tem prioridade no recebimento de investimentos públicos.

A atividade predominante é a agro-pecuária, com destaque para a indústria ervateira da região (Empresa Charrua), um comércio incipiente, e aviários e chiqueiros com destaque na a pecuária, e milho, mandioca e erva-mate na agricultura.

Sócioeconomicamente a população tem baixo poder aquisitivo, e péssimas condições sanitárias, sem banheiros em vários domicílios de baixa renda, sem pavimentação e drenagem pluvial recebe os dejetos dos sanitários. Foto 01.



Foto 01

Detalhe do esgoto sendo jogado na drenagem pluvial, Santa Lúcia – Ouro - SC

2 PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE OURO

A população rural de Ouro nos últimos 30 anos teve um decréscimo constante, tendo hoje a população urbana mais de 60 %. Os dados do Censo de 2010 evidenciam uma redução da população em relação à 2000, devido fundamentalmente à redução da população rural, pois a urbana continua crescendo.

A população atual, dados de 2010 IBGE é de 7.348 habitantes e em 2000 era de 7.419, havendo uma decréscimo de sua população, sendo o maior contribuinte a redução da população rural, devido principalmente pelo êxodo rural da zona rural para o centro urbano e para outros municípios, principalmente Capinzal e vinho à Ouro devido à Perdígão e outras indústrias que atraem mão de obra.

No Distrito de Santa Lúcia, nos últimos anos, houve um grande aumento das habitações clandestinas nas áreas periféricas, formando aglomerados, com grande concentração de pessoas, sem as mínimas condições de higiene e saúde. Onde o índice de infestação do “bicho-de-pé” e diarreias, é elevadíssima. O esgoto corre à céu aberto, contaminando as drenagens abaixo e o sub-solo, escorrendo a céu aberto pelas vias públicas, gerando um grande foco de doenças.

Além disso a localidade é cortada pela SC-458, e liga pela zona rural ao município vizinho de Jaborá que tem em comum a indústria ervateira como principal eixo de sua economia local.

A localidade apresenta sítio urbano em áreas argilosas fazendo correr à céu aberto e sub-superfície o esgoto, cujas áreas de avanço urbano predominam sub-habitações e população de baixa renda, tornando-se necessário ações concretas de saneamento, educação e prevenção, no sentido de erradicar áreas de riscos à saúde pública, além da participação efetiva da comunidade nestas ações e na melhoria de sua qualidade de vida.

A localidade de Santa Lúcia foi construída numa área elevada, porém com o aumento populacional, avançou por sobre as áreas de drenagens no perímetro urbano central, sendo a área central-baixa a que mais sofre com isso, durante as chuvas, quando as drenagens transbordam e alagando-a, aliado a impermeabilidade do solo argiloso, que retém a água, formando áreas alagadas que aumentam a concentração fecal em sub-superfície, aumentando os riscos de epidemias.

3 CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO:

3.1 *Concepção do Sistema de Esgotamento Sanitário*

3.1.1 Introdução

O Projeto a ser desenvolvido trata-se de um Sistema de Esgotamento Sanitário, que será implementado no Distrito de Santa Lúcia, interior do município de Ouro – SC, composto por rede coletora e estação de tratamento, com o objetivo de reduzir a morbi-mortalidade, principalmente a infantil devido às doenças e outros agravos ocasionados pela falta das condições de esgotamento sanitário.

O Projeto de Sistema de Esgotamento Sanitário do ***Distrito de Santa Lúcia*** atenderá inicialmente 50 economias e uma população de 200 pessoas, que serão ligados inicialmente à rede coletora, que terá tratamento abaixo, através de uma rede coletora que será ligada a uma Estação de Tratamento de Esgoto, pelo método de tratamento biológico.

O projeto do Sistema Público de Esgotamento Sanitário é dividido em estudo técnico preliminar e projeto básico de engenharia.

O estudo técnico preliminar refere-se aos levantamentos de dados, estudos demográficos, planejamento da área, critérios e parâmetros de projetos, determinação das vazões de contribuição e das cargas, estudo do corpo receptor, estudo do processo de tratamento, propositura de alternativas, estudo comparativo entre as alternativas, estudo de impacto ambiental e de vizinhança, conforme o Termo de Referência Específico.

O projeto básico de engenharia será composto por memorial descritivo e justificativo, memorial de cálculo do projeto, especificações detalhadas das obras civis, dos equipamentos e materiais, orçamento detalhado, revisão da otimização das etapas de implantação, elaboração de desenhos e demais peças gráficas, planejamento e controle da qualidade da operação do sistema de esgoto, manual de operação, licenciamento ambiental e ART do projeto, conforme o Termo de Referência Específico.

4 MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO

4.1 Dados Gerais do Empreendimento

4.1.1 Da Área:

A área onde será instalada a rede coletora de efluente e a ETE por Zonas de Raízes, a Fossa Séptica e o Filtro Anaeróbio, localiza-se na Zona Rural do município de Ouro, mais especificamente na zona urbanizada rural do Distrito de Santa Lúcia, no lado nordeste da via principal de acesso (SC-458), conforme planta de situação em anexo. Fig.4.1 - 01.

O principal acesso à área é a partir da SC-458, vindo da SC-135 pelo Bairro Caravágio em Ouro –SC, onde a aproximadamente 14 km no sentido norte temos o distrito de Santa Lúcia.



Figura 4.1 - 01
Situação da área do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito de Santa Lúcia-Ouro – SC

4.1.2 Titulação da Área

A rede de esgoto se fará em vias públicas e propriedades particulares, assim como a área do local onde será implantada a Estação de Tratamento de Esgoto. Encontra-se em processo de desapropriação pelo Município de Ouro, a área onde será instalada a ETE bem como as autorizações de passagem com termo de servidão pra a rede coletora, conforme documentação e planta em anexo.

4.1.3 Características Ambientais e Licenciamento

A área do Sistema de Esgotamento Sanitário situa-se sobre solos argilosos de cor vermelha, resultantes da alteração superficial do basalto da Formação Serra Geral, cujas rochas embasam as áreas.

O Distrito de Santa Lúcia já está instalado a mais de 80 anos. Estando portanto a região já contaminada por deposição de resíduos líquidos cloacais, principalmente em seu sub-solo e mananciais hídricos. Havendo atenuantes importantes para a região não estar tão poluída:

- vegetação natural, como cortinas vegetais;
- subsolo argiloso, que impermeabiliza a área;
- covas rasas das patentas (banheiros de madeira, com cavas), havendo possibilidade de decomposição aeróbicas, gerando húmus, que depois de cheios são trocados de lugar e tapadas as cavas.

Tornando-se assim a área atual como propícia a se instalar os sistema de tratamento e coleta de esgotos cloacais, dentro das normas da NBR-7229 e 13.969, e maneira ambientalmente satisfatória.

A vegetação da cidade está inserida, dentro da região fisiográfica do tipo Floresta com Pinheiros (Floresta Ombrófila Mista), com vegetação arbórea dominante do tipo pinheiro-do-paraná (*Araucária angustifolia*) e acompanhada por um estrato arbóreo dominado pela imbuia (*Ocotea porosa*), a canela-lajeana (*Ocotea pulchella*) e o camboatá vermelho (*Cupania vernalis*), bem como outros representantes das famílias das Mirtáceas, Compostas, Meliáceas e outras. No estrato de pequenas árvores predomina em algumas áreas a erva-mate (*Ilex paraguariensis*).

A região sofre forte influência das altitudes (acima de 800 metros) e do clima sem período seco, ocorrência de 4 a 6 meses de frio, com temperaturas médias de 15°C e até 3 meses quentes com temperatura média de 20°C durante o ano, além de ocorrência anuais de geadas e até de neve.

Porém a área sofreu ao longo dos anos, grande alteração pela ação antrópica (agricultura, pecuária, reflorestamento e pastoreio), o que provocou modificações no equilíbrio do ambiente, favorecendo certas espécies e eliminando outros.

Destacamos também a presença de espécies introduzidas na região como reflorestamento de *Pinus sp.* em pontos isolados na área região.

O Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito de Santa Lúcia em Ouro - SC, referente à ETE, está sendo devidamente Licenciada pela FATMA (Fundação do Meio Ambiente de SC), pelo presente trabalho.

4.2 Critérios e Parâmetros de Projeto

4.2.1 Rede de esgoto

Para o dimensionamento hidráulico da rede coletora esgoto que será implementado no Distrito, adotou-se como base os critérios estabelecidos na NBR 9.649 (1986), relacionados a seguir:

- Escoamento em regime uniforme e permanente;
- Diâmetro mínimo igual a 150 mm;
- Tensão trativa média para vazão inicial mínima igual a 1,0 Pa;
- A declividade de cada trecho da rede coletora não deve ser inferior à mínima admissível calculada;
- A declividade tem que ser inferior à declividade que resulta na velocidade final $v_f = 5$ m/s;
- A lâmina d'água máxima para vazão final é igual a 75 % do diâmetro do coletor.

4.2.1.1 Material usado na tubulação

Para uma escolha criteriosa do material das tubulações devem ser estudados os seguintes fatores:

- Facilidade de transporte;
- Disponibilidade de diâmetros necessários;
- Custo do material, transporte e assentamento;
- Resistência a cargas externas;
- Resistência à abrasão e ao ataque químico.

Segundo TSUTIYA (2000), os materiais mais utilizados em sistemas de coleta e transporte de esgoto têm sido o tubo cerâmico, concreto, plástico, ferro fundido e aço; para linhas de recalque tubos de ferro fundido e aço. Os diâmetros e comprimentos disponíveis são apresentados na

Tabela .

Tabela - Materiais de tubulações de esgoto

Aplicação	Diâmetro nominal em mm	Comprimento nominal em mm
------------------	-------------------------------	----------------------------------

Tubo cerâmico	Rede coletora	75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 375, 400, 450, 500 e 600	600, 800, 1.000, 1.250, 1.500 e 2.000
Tubo de Concreto (NBR 8.890)	Coletor-tronco, interceptor, emissário	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.500, 1.750 e 2.000	-
Tubo de Concreto (NBR 8.889)	Rede coletora	200 a 1.000 (simples) e 400 a 2.000 (armado)	-
Tubo de PVC	Rede coletora, Ramal predial	100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 mm	6.000
Tubo de ferro fundido	Linha de recalque, travessias aéreas, passagem sob rios, cargas extremamente altas	100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000 e 1.200	6.000
Tubo de aço	Esforços elevados sobre a linha	150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100 e 1.200	-

Fonte: TSUTIYA (2000)

Analisando todos os materiais utilizados na produção dos tubos, será empregado tubo de PVC com junta elástica e parede maciça para toda rede. Na ligação dos ramais prediais, será feita com tubo de PVC 100mm.

4.2.1.2 Coeficiente de rugosidade

O coeficiente de rugosidade afeta de maneira direta o dimensionamento das redes coletoras de esgoto, dependendo do diâmetro, da forma e do material da tubulação, da altura da lâmina da água e das características de esgoto [TSUTIYA, 2000]. Tem sido normalmente utilizado em escoamento de esgoto o valor de 0,013.

Tabela - Rugosidade e dos tubos em metros

Material	Tubos novos
Cerâmico	0,013
Concreto	0,013
Ferro fundido com revestimento	0,012
Ferro fundido sem revestimento	0,013
PVC	0,010

Fonte: TSUTIYA (2000)

4.2.1.3 Diâmetro mínimo da rede coletora

A norma ABNT 9.649 estabelece, devido às condições específicas para o dimensionamento hidráulico, que os diâmetros devem ser os previstos nas normas e especificações brasileiras relativas aos diversos materiais, não sendo inferior a 100 mm.

4.2.1.4 Escavação das valas

As escavações das valas devem obedecer às regras da boa técnica, abertas de jusante para montante, devendo-se utilizar escoramento (para conter as paredes laterais da vala), sempre que necessário.

A largura da vala deverá ser uniforme e no mínimo de 80 cm para tubulações DN 150. Será necessário escavar 1.507,09 m³, já incluso os PVS, para assentar os 1700 mL de rede.

4.2.1.5 Assentamento da tubulação

A empresa contratada para execução da obra deverá apresentar em seu quadro, profissionais com experiência na realização dos serviços, observando e tomando cuidados como:

- Impedir o arrasto dos tubos no chão, durante o transporte de descida dos tubos na vala;
- Os tubos devem ser assentados com a sua geratriz inferior coincidindo com o eixo do berço, de modo que as bolsas fiquem nas escavações previamente preparadas, assegurando um apoio contínuo do corpo do tubo;
- Verificar se o chanfro da ponta do tubo não foi danificado (ou o tubo foi cortado). Caso necessário, corrigi-lo com uma grosa;
- Devem-se limpar os anéis dos tubos e conexões, aplicar Pasta Lubrificante nas pontas dos tubos e na parte aparente do anel. Não utilizar, em hipóteses nenhuma, graxas ou óleos minerais, que podem afetar as características da borracha;
- Após o posicionamento correto da ponta do tubo junto à bolsa do tubo já assentado, realizar o encaixe, empurrando manualmente o tubo. Para os diâmetros maiores, pode-se utilizar uma alavanca junto à bolsa do tubo a ser encaixado, com o cuidado de se colocar uma tábua entre a bolsa e alavanca, a fim de evitar danos;
- O sentido de montagem dos trechos deve ser de preferência caminhando-se das pontas dos tubos para as bolsas, ou seja, cada tubo assentado deve ter como extremidade livre uma bolsa, onde deve ser acoplada a ponta do tubo subsequente. A montagem da tubulação entre dois pontos fixos deve ser feita utilizando-se Luvas de PVC;
- Os tubos são fornecidos em barras de 6,0 m. Entretanto, na especificação e instalação em campo deve ser considerado o comprimento de montagem dos tubos (CM), conforme tabela extraída da Norma NBR 7362-1, que leva em consideração o comprimento útil de cada barra quando os tubos estão conectados, descontando-se o segmento de tubo que está dentro da bolsa do outro tubo;

- Se necessário, podem ser instalados piquetes ou calços nas laterais, para assegurar o alinhamento da tubulação, especialmente em trechos curvos.

4.2.1.6 Posicionamento e Escoramento das valas

O posicionamento das valas deve ser feito de acordo com as normas municipais de ocupação das faixas da via pública.

Para as valas localizadas no leito carroçável da rua, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- Distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 1,00m, e a tubulação de água deve ficar no mínimo 0,20m acima da tubulação de esgoto.

O escoramento deve ser montado conforme a norma da ABNT NBR 12266/92. Seguindo as seguintes recomendações de acordo com o tipo de escoramento utilizado:

Escoramento tipo pontalete:

- Tábuas de 0,027 m x 0,30m, espaçadas de 1,35 m, travadas horizontalmente com estroncas de Φ 0,20 m, espaçadas verticalmente de 1,00m.

Escoramento tipo 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 Φ 0,20 m, espaçadas de 1,35 m a menos das extremidades das longarinas, de onde as estroncas devem estar a 0,40 m.

Escoramento contínuo:

- Tábuas de 0,027 m x 0,30 m, de modo a cobrir toda a superfície lateral da vala, travadas umas às horizontalmente por longarinas de 0,06 m x 0,16 m em toda sua extensão, espaçadas verticalmente de 1,00 m com estroncas de Φ 0,20 m, espaçadas de 1,35 m a menos das extremidades das longarinas, de onde as estroncas devem estar a 0,40 m.

Escoramento especial:

- Estacas pranchas de 0,06 m x 0,16m, do tipo macho e fêmea, travadas horizontalmente por longarinas de Φ 0,08m x 0,18 m em toda sua extensão, com estroncas de Φ 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 1,00m.

Detalhes construtivos do escoramento, estar na norma 12266/92, sendo adotado para este projeto o padrão da ABNT.

A relação dos trechos que receberão escoramento ou não, podem ser verificadas na tabela de dimensionamento em anexo, onde estabelece a necessidade de escoramento para valas com profundidade maior que 1,30 m. Segundo valor obtido pelo programa de cálculo (SANCAD) se faz necessário, a utilização de escoramento para 1.025 m² incluindo rede e PVs.

De acordo com levantamento topográfico e cálculos realizados pelo programas, os trechos onde se faz necessário escoramento, será necessário apenas a utilização de escoramento tipo pontalete.

4.2.1.7 Reaterro

Os tubos de PVC rígido JE devem ser envolvidos com solo de boa qualidade sem a presença de pedras, para o reaterro da rede será utilizado o material escavado para abertura das valas, após selecionado e retirado materiais como galhos, pedras... objetos que possam danificar a rede.

O reaterro deverá ser realizado em três etapas distintas: lateral, superior e final;

No reaterro lateral, o solo deverá ser colocado em volta da tubulação e compactado manualmente em ambos os lados simultaneamente, em camadas não inferiores a 0,10m, sem deixar vazios sob a tubulação. Se houver escoramento na vala, este deve ser retirado progressivamente, procurando-se preencher todos os vazios;

O reaterro superior deve ser feito com material selecionado, sem pedras ou matacões, em camadas de 0,10m a 0,15m, compactando-se manualmente apenas as regiões compreendidas entre o plano vertical tangente as tubulação e a parede da vala (laterais). A região diretamente acima da tubulação não deve ser compactada, para evitarem-se deformações nos tubos. Não se admite despejar o solo de reaterro da vala nesta etapa;

O restante do material de reaterro da vala deve ser lançado em camadas sucessivas e compactadas (reaterro final), de tal forma a se obter o mesmo estado do terreno das laterais da vala.

As exigências devido à profundidade mínima ocorrem tendo em vista as condições de recobrimento mínimo, que é necessário para a proteção da tubulação. Assentado no leito no passeio, o recobrimento da tubulação não deve ser inferior a 0,60 m, já no leito da via de tráfego não inferior a 0,90 m (TSUTIYA, 2000).

Volume do reaterro necessário para rede a ser executada será de 1.176,16 m³.

4.2.1.8 Profundidade mínima e máxima dos coletores

A determinação do subsolo é indispensável, para reconhecer maiores dificuldades pela presença de rochas, solos de baixa resistência ou de lençol freático, que poderiam limitar as profundidades máximas.

Segundo TSUTIYA (2000), as profundidades máximas dos coletores, quando assentadas nos passeios não devem ultrapassar o limite de 2,0 a 2,5 m, dependendo do tipo de solo. TSUTIYA (2000) consta que as profundidades máximas das redes de esgotos normalmente não ultrapassam 3,0 a 4,0 metros.

A norma ABNT 9.649 estabelece que a rede coletora não deva ser aprofundada para atendimento de economia com cota de soleira abaixo do nível da rua. Se o atendimento for considerado necessário, devem ser estudadas a conveniência do aprofundamento dos trechos a jusante e outras soluções.

No caso em questão será utilizado uma profundidade mínima, que respeita um recobrimento igual a 0,90 m para ruas e 0,60 para passeios. E a profundidade máxima, determinada na rede não ultrapassou, 2,0 m. A profundidade de cada trecho pode ser visualizada na planilha de dimensionamento da rede em anexo.

4.2.1.9 Tensão Trativa

A tensão trativa crítica é definida como uma tensão mínima necessária que evita a deposição de materiais sólidos nos condutos e permite, assim, a autolimpeza.

Segundo a norma ABNT 9.649, a tensão trativa de cada trecho da rede coletora deve ser verificado para a vazão inicial e um coeficiente de Manning igual a 0,013, sendo o valor mínimo admissível igual a 1,0 Pa. Para que a tensão trativa seja maior, deve ser garantida a declividade mínima.

Para interceptores, a norma ABNT 12.207 recomenda a tensão trativa de 1,5 Pa, tendo em vista a proteção contra ácido sulfúrico, que poderia ser gerado no caso de tempos de detenção elevados (TSUTIYA, 2000).

Na localidade de santa Lúcia tendo só coletores, adotaremos uma tensão trativa de 1,0 Pa.

4.2.1.10 Declividade mínima e máxima

Segundo a norma ABNT 9.649, a declividade de cada trecho da rede coletora não deve ser inferior à mínima admissível, calculada através da seguinte equação:

$$I_{\min} = 0,0055 \cdot Q_i^{-0,47},$$

Onde:

- I_{\min} : declividade mínima em m/m;
- Q_i : Vazão inicial em l/s

A máxima declividade é definido através da norma ABNT 9.649, por apresentar uma velocidade de escoamento igual a 5 m/s. Ela pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$I_{\max} = 4,65 \cdot Q_f^{-0,67},$$

Onde:

- I_{\max} : declividade máxima em m/m;
- Q_f : Vazão final em l/s

4.2.1.11 Velocidade crítica

Segundo TSUTIYA (2000), a velocidade crítica V_c em redes coletoras é calculada por:

$$V_c = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H},$$

Onde:

- g : aceleração da gravidade em m^2/s
- R_H : Raio Hidráulico para vazão final em m

4.2.1.12 Poço de visita

Como poço de visita entende-se o órgão que permite acesso de pessoas e equipamentos para manutenção. Utilizam-se poços na ligação de dois coletores, nas mudanças de direção, de declividade, de diâmetro e de material, na reunião de coletores e onde há degraus e tubos de queda (TSUTIYA, 2000).

No início da rede coletora, serão implantados terminais de limpezas.

A distância entre os poços de visita não deve ultrapassar 120 metros, para que se possa alcançar a rede coletora com instrumentos de limpeza.

Será utilizados ao longo dos 1700 metros de rede 37 PVs e 01 TL.

4.2.1.12.1 Materiais usados para PVs e TL

A construção dos poços de Visitas (PV) na rede coletora pode ser de três tipos, conforme o método construtivo utilizado. No projeto em questão serão adotados poços de visitas com anéis pré-moldados de concreto.

Sobre a laje do fundo deverão ser colocadas formas ou gabaritos para as canaletas, em concordância com os coletores de entrada e saída e obediência às indicações do projeto para todos os PV.

As banquetas, área do fundo não ocupado pelas canalizações, deverão ser executadas com declividade de 10% no sentido das certas.

Detalhes construtivos:

Algumas particularidades deverão ser observadas na execução dos poços de visitas com anéis de concreto.

O fundo da vala deverá ser bem compactado para receber o primeiro anel de concreto. Em seguida, deverá ser lançada uma camada de 0,10 m de espessura, de concreto simples $f_{ck} = 8,0$ Mpa, convenientemente nivelado para recebimento do primeiro anel.

O rejuntamento entre os anéis deverá ser feito com argamassa traço 1:3 de cimento e areia, bem plástica.

A verticalidade dos anéis deverá ser rigorosamente mantida.

Os anéis rompidos para receber tubulação terão sua armadura recomposta em torno do tubo, com ferros do mesmo diâmetro, soldados com superposição. A chumbeação dos tubos no PV deverá ser feita com argamassa também no traço 1:3 de cimento e areia

O tampão dos PVs e TLs deverá ser fabricado em ferro fundido e diâmetro DN 600 mm, sendo capaz de suportar as cargas do trânsito do local

4.2.2 Ligações Prediais (Domiciliares)

Serão contempladas 57 economias (residências), sendo projetado 97 ligações prediais, porém, em alguns casos uma caixa de inspeção ligará 02 até 03 residências.

Para as regiões de maior concentração, onde as residências encontram-se mais próximas uma caixa atenderá mais do que uma residência. Para primeira etapa do projeto será atendido 57 residências, porém serão executadas para início de plano 45 caixas de inspeção.

Estas ligações prediais deverão ter uma declividade mínima de 2%.

Para ligações prediais serão utilizados tubos de PVC para esgoto série-R com DN 100 mm, esses serão ligados as caixas de inspeção e desta ligados ate a rede coletora .

4.2.3 Métodos e Processo de Tratamento de Esgoto

A simplicidade funcional é sem dúvida uma característica desejável para qualquer sistema de tratamento de esgoto, onde nas condições da realidade brasileira atual, a adoção de sistemas simples de tratamento de esgoto sanitário, mais do que desejável, é uma necessidade.

Os benefícios que um sistema de tratamento de esgoto podem proporcionar, em decorrência de sua eficiência, dependem diretamente da simplicidade da construção e operação, pois qualquer que seja o sistema, ele terá baixa eficiência se for mal construído e operado. Por outro lado, os custos de implantação dependem fortemente do grau de dificuldade construtivas e operacionais. Portanto, sistema simples geralmente propiciam alta relação benefício/custo.

É necessário também que se entenda a simplicidade como meio de se alcançar uma maior adequação à realidade e a maior relação benefício/custo possível, não podendo confundir simplicidade com descaso da eficiência devido a técnicas e processos construtivos descuidados e negligência na operação.

A adequação à realidade deve levar em considerações os fatores socioculturais e econômicos e também as condições ambientais (clima, disponibilidade de área, etc...).

Em face às condições ambientais, socioculturais e econômicas do Brasil, sistemas simples para tratamento de esgoto são os que utilizam processos mais naturais e os reatores menos mecanizados e mais fáceis de construir e operar.

Os processos anaeróbios são eficientes na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos. Não removendo satisfatoriamente microrganismo patogênicos nem nutrientes eutrofizantes, contudo o nível de tratamento primário, apresenta grandes vantagens em relação a ocupação de pequenas áreas, produzem pouco lodo estabilizado, não consomem energia, não necessitam de equipamentos eletrônicos e requerem processo construtivo e operacional simples.

O local selecionado para construção do sistema ficar na parte mais baixa da localidade, possível de canalizar a maior parte das residências, ficando a mais próxima, mais de 60 metros de distância.

Para seleção de um sistema de tratamento e os recursos disponíveis para implantação do sistema, selecionamos sistemas anaeróbios por apresentarem menores custos para serem construídos e operados.

4.2.3.1 Alternativa a ser implementada

Em conversas e consultas nas bibliografias na área, adotemos um sistema de tratamento simples de construção e operação, utilizando uma combinação de níveis de tratamento primário (tanque séptico), tratamento secundário (filtro anaeróbio) e um terciário (zona de raízes). A localidade de Santa Lúcia receberá um tratamento formado por tanque séptico e filtro anaeróbio normatizados.

Será atendido inicialmente o Distrito de Santa Lúcia utilizando um processo consolidado de tratamento de esgoto em Santa Catarina, já utilizado pela EPAGRI-SC no meio rural, sendo adicionado ao sistema inicialmente uma Fossa Séptica, logo em seguida um Filtro anaeróbio e como processo final de tratamento das águas residuais o sistema de raízes, levando-se em conta as características sanitárias de cada local, bem como o número da população atendida e o tipo de tratamento primário utilizado. Abaixo se descreverá o processo utilizado no distrito, que receberá o sistema de esgotamento sanitário.

4.2.3.2 Método de Tratamento de esgotos por Fossa Séptica

Este método faz parte do tratamento primário e será usado no Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito de Santa Lúcia, atendendo inicialmente 57 economias e 200 pessoas, porém com capacidade para atender até 97 famílias e 360 pessoas.

Através de uma rede coletora que será implementada no distrito, o efluente bruto será coletado e encaminhado ao sistema de tratamento, iniciado sua decomposição pelo sistema de fossa séptica.

O sistema de fossa séptica trata-se de um tratamento biológico, que decompõem a matéria orgânica através de ação de microorganismos anaeróbicos. O projeto foi elaborado com base nas recomendações da NBR-7229/93, que o define como uma unidade de fluxo horizontal, destinado ao tratamento de esgoto, por processo de sedimentação, flotação e digestão dos esgotos domésticos.

O tanque projetado será de câmara única, onde em sua área superior ocorrem os processos de sedimentação e flotação e digestão da espuma, e no seu inferior acúmulo e digestão do lodo sedimentado (NBR-7229/93).

A através de estudo do local onde será implementado o sistema, e com base no volume de efluente gerado, projetou-se um tanque séptico, cujas dimensões internas são de 4,30 x 8,60 m e 2,00 de profundidade, este será de concreto e as paredes e o fundo terão 20 cm de espessura e a tampa 15 cm, e estão representadas no memorial descritivo e de cálculos.

O sistema de tanque séptico se utilizado sozinho não se torna efetivo na degradação do efluente, fazendo-se necessário a utilização de outros métodos de tratamento em conjunto a este sistema, portanto para garantir e assegurar a qualidade, tornando o efluente dentro dos padrões legais, que não causam danos ao meio, após passar pelo tanque o efluente seguirá a um filtro anaeróbio e este a um sistema de Zona de Raízes, garantindo ao meio ambiente água limpa e descontaminada, depois de passar por 3 estágios de tratamento com redução de carga acima de 90%.

4.2.3.3 Método de Tratamento de esgotos por Filtro Anaeróbio

Trata-se de um tratamento secundário baseado na NBR-13.969/97 feito por filtro anaeróbio de câmara única, tratando-se de um tratamento biológico do efluente líquido vindo da fossa séptica de fluxo ascendente em condições anaeróbicas, cujo meio filtrante formado por brita nº 4 mantém-se afogado.

Sendo um processo complementar e economicamente viável, com baixos custos de obras civis, além de não agredir o meio ambiente, já usado em sistemas de tratamento de esgoto cloacal, sendo o mesmo sistema já aprovado pela FUNASA para o Município de São José do Cerrito/SC, onde o filtro foi usado como processo secundário de tratamento, servido o sistema de raízes como tratamento final, realizando um polimento das águas residuárias.

O Filtro Anaeróbio, cujas dimensões internas úteis de 4,85 x 9,70m e profundidade de 1,20 m de profundidade, este será de concreto e a espessura das paredes e fundo é de 20 cm e tampa 15 cm e estão representadas no memorial descritivo e de cálculos, trata com eficiência e segurança os efluentes líquidos de fontes orgânicas, passando por um filtro anaeróbio e posteriormente a uma ETE por Zona de Raízes, garantindo ao meio ambiente água limpa e descontaminada, depois de passar por 1 estágio de tratamento preliminar com redução de carga acima de 80%.

4.2.3.4 Método de tratamento biológico de esgoto com zona de raízes

O Sistema de Zona de Raízes trata os efluentes domésticos pós-tanque séptico e filtro de areia, utilizando a planta da família das juncáceas do tipo *Zizania bonariensis*, conhecida como junco brasileiro. E terá dimensões internas, de 8,90 x 17,80 m e 1 m de profundidade.

O tratamento do esgoto ocorre através da associação solo/planta da seguinte forma:

✚ As raízes retiram os nutrientes para o crescimento da planta, fixam o nitrogênio, os metais pesados e os fenóis. Criam um ambiente biológico e químico favorável ao consumo das bactérias coliformes fecais, facilitando a aeração do solo. No sistema de tratamento ocorre a filtração e a retirada de materiais em suspensão ou dissolvidos na água cinza do esgoto, tanto no sentido horizontal ou vertical, que percola todo o leito filtrante do tanque de tratamento.

✚ O Solo onde serão plantadas as mudas de junco será constituído de uma mistura (substrato) que também ajuda na fixação dos nutrientes e na filtração do efluente. Este substrato do leito filtrante é constituído de materiais do tipo brita nº 2 ou seixo rolado, areia grossa. Estes últimos são necessários tanto para filtração, quanto para facilitar o processo do desenvolvimento do junco.



Foto 03
Detalhe do tanque com junco



Foto 04
Detalhe em primeiro plano da fossa, seguido do filtro e ao fundo o sistema de raízes em pleno funcionamento no Bairro Dom Daniel em São José do Cerrito - SC em 2002.
Primeiro sistema de tratamento de esgoto aprovado e implementado pela FUNASA no Brasil

4.2.4 Destinação Final do Lodo

O lodo obtido nos estágios de tratamento do sistema de tratamento por Fossa Séptica, Filtro Anaeróbio e ETE por Zona de Raízes, será recolhido pela empresa terceirizada Chapada Verde Agroindustrial Ltda e levada para o pátio de compostagem, localizado na cidade vizinha de Capinzal –SC. Foto 3.2 - 01

A fração orgânica dos resíduos orgânicos recolhidos (cama de aviário, restos de comida) sofre decomposição microbiológica, transformando-se em composto.

O local de Compostagem é devidamente impermeabilizado por manta PEAD 2 mm, e tem cobertura, bem como todo um sistema de tratamento de seus resíduos líquidos (inclusive com um sistema de raízes).

Nesta área, a fração orgânica é disposta em pilhas ou leiras de geometria variável, que são revolvidas periodicamente até obter-se a cura do composto, e no qual será misturado o lodo como inoculador na compostagem, melhorando o processo em sua qualidade e tempo de compostagem.

O beneficiamento do composto curado consiste em triturá-lo e peneirá-lo, dando-lhe menor granulometria e tornando-o mais manuseável para o agricultor.



Foto 3.2 – 01 – Detalhe do Local da área de compostagem
Chapada Verde- Capinzal – SC

4.3 PROJETO DO SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

4.3.1 Descrição e Especificação dos Elementos do Projeto

4.3.1.1 Diretrizes Técnicas:

A partir do Diagnóstico e Estudos do local e da identificação dos problemas existentes, detalhando as providências técnicas a serem tomadas, priorizando a solução dos problemas Sanitários, Ambientais e Operacionais, balizados nas Normas Técnicas de Saneamento Sanitário (NBR-9648; 9649, 7229 e 13.969), Normas Técnicas da FATMA e FUNASA/SC (Fundação Nacional de Saúde), precede-se ao detalhamento do Projeto as seguintes etapas:

- Obras de Terra;
- Obras Civis;
- Cercas e Ajardinamento;
- Operação da ETE, Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio + sistema de raízes;
- Monitoramento.

Estas etapas de projeto, também indicam a seqüência de implementação das obras nos locais do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito de Santa Lúcia, segundo uma melhor relação entre benefícios sanitários, ambientais e investimentos.

As normas técnicas brasileiras devem ser consideradas como especificações a serem seguidas (NBR-9648; 9649; 7229 e 13.969), bem como todos os dados da área e do município, descritos nos capítulos anteriores.

4.3.1.1.1 Justificativa da Concepção de Tratamento Adotado

A localidade de Santa Lucia onde será implantado o sistema de tratamento de efluentes trata-se uma localidade rural do município, e que vai tratar apenas efluentes de origem domiciliar, compõe-se basicamente de resíduos gerados pelo homem (fezes e urina, papel).

O projeto em questão, no distrito de Santa Lucia refere-se à rede coletora de efluentes que terá 1.700 mL de extensão, que foi projetada seguindo especificações da NBR 9649/1986, contemplando também ligações dos ramais prediais a rede coletora, beneficiando em início de plano, 57 economias, que corresponde a 200 pessoas. O efluente coletado pela rede será encaminhado ao sistema de tratamento biológico composto por Fossa Séptica, Filtro Anaeróbio e Zona de Raízes e o depois de tratado o líquido será despejado em um lajeado da comunidade, respeitado os padrões de lançamento.

Por ser uma comunidade rural, formada por um pequeno aglomerado populacional, recomenda-se um sistema estático de tratamento, que não se faz necessária operação, apenas medidas de controle e manutenção, pois devido à

distância desta com a zona urbana torna-se difícil ter frequentemente, pessoal operacional a trabalhar exclusivamente numa pequena estação de tratamento; sendo viável ter apenas, pessoal com formação adequada, que realizem visitas regulares.

De acordo com o CETEC (1985), uma solução apropriada para localidades do meio rural é o sistema de Tratamento de Esgoto Sanitário por Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio seguido de Zona de Raízes. Esse sistema tem base em solos filtrantes e é uma tecnologia auto-sustentável, pode ser utilizado de forma a atender pequenas comunidades, escolas e residências unifamiliares, ocupa pequeno espaço na área da ETE, que a municipalidade não disporia, e ainda pode ser integrado de forma não agressiva ao ambiente.

Outra vantagem desse sistema é que o efluente resultante do tratamento apresenta uma redução quase total de matéria orgânica e sólidos sedimentáveis, evitando, assim, a contaminação do corpo d'água ao qual o efluente será lançado. Outro aspecto positivo do sistema é ausência da produção de lodo no sistema de raízes, o que muitas vezes provoca mau cheiro (secagem lenta) com alto custo (secagem mecânica); na zona de raízes, o mau cheiro é evitado porque as próprias raízes funcionam como um filtro, eliminando-o (VAN KAICK, 2002).

O tanque séptico é um sistema simples e com baixos custos de construção e operação. É a solução individualizada de tratamento de esgotos, utilizada por comunidades que geram pequenas vazões e empregada em áreas desprovidas de sistema público de esgoto sanitário.

O exemplo clássico de combinação de reatores anaeróbios é o sistema formado pelo tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, muito utilizado na prática no país. O tanque séptico tem por finalidade principal reter os sólidos inorgânicos e orgânicos por sedimentação. Estes últimos constituem parte da DBO total, a fração mais particulada, que com o tempo será digerida anaerobiamente no fundo do tanque. A fração mais solúvel da DBO total será posteriormente tratada no filtro anaeróbio, que pela sua configuração é mais adequado para o tratamento de esgoto com prévia remoção de sólidos suspensos.

Porém os filtros anaeróbios assim como o tanque séptico não removem satisfatoriamente sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo, tem-se então a necessidade da implantação de sistemas de Zona de Raízes. Os Tanques de Zona de Raízes constituem-se em um leito cultivado, no qual as águas residuárias entram em contato com as raízes de plantas que promovem a liberação de oxigênio e favorecem o desenvolvimento de bactérias que fixam nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) para a síntese vegetal, proporcionando redução quase que total da carga orgânica dos efluentes.

O sistema projetado para Santa Lucia além de evitar a poluição das águas superficiais e subterrâneas, são unidades de tratamento que tentam reproduzir sistemas biológicos naturais, dispensando o consumo de energia elétrica, reagentes químicos e equipamentos mecânicos, e não gerarem odores desagradáveis. Podemos listar as seguintes vantagens da aplicabilidade do sistema:

- Ideal para tratamento em comunidade de zona rural
- Construção e operação muito simples e de baixo custo: não requer a presença do operador;
- Resiste às variações do afluente;
- Adequado para o tratamento de esgoto fresco;
- Não necessita de consumo de energia;
- Não necessita de lodo inoculador;
- Absorve choques tóxicos e de sobrecarga com rápida recuperação;
- Não perde eficiência em longo prazo com o envelhecimento do lodo.
- Não exigem grandes alturas ou escavações profundas;
- Não necessita de recirculação de lodo.
- Liberdade de projeto em termos de configurações e dimensões.
- Efluente clarificado;
- Efluente com baixa concentração de matéria orgânica;
- Baixa produção de lodo;
- Remove quase totalmente (99%), matéria orgânica e sólidos suspensos,
- Considerável redução de patógenos
- Integra-se ao meio ambiente e não polui
- Respeita o equilíbrio ambiental, é seguro, econômico e eficaz

No que se refere a custos o de implantação de uma ETE convencional com lodos ativados situa-se entre R\$100,00 e R\$180,00 por habitante e o de uma ETE com reator UASB seguido de sistema de lodos ativados situa-se entre R\$70,00 e R\$110,00 por habitante, uma ETE com reator UASB seguido de filtro anaeróbio tem uma faixa usual de custo de implantação entre R\$40,00 e R\$60,00 por habitante atendido (ALEM SOBRINHO e JORDÃO, 2001). Sistemas compostos por decanto-digestor seguido de filtro anaeróbio, geralmente têm custo de implantação entre R\$20,00 e R\$50,00 por habitante. Ademais, os sistemas totalmente anaeróbios têm custo de operação baixíssimo.

Para garantir a eficiência do tratamento e correto funcionamento do sistema, se faz necessário apenas medidas de manutenção, que se referem praticamente à limpeza e monitoramento do sistema.

Para esse monitoramento devem seguir recomendações do projeto e o que este descrito no Programa de Gestão Ambiental e de Monitoramento do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito de Santa Lúcia.

Analisando a eficiência através de estudos de sistemas já existentes e com base em referências bibliográficas, sabe-se que individualmente cada sistema não apresenta eficiência adequada, porém em conjunto garantem uma eficiência bem maior. Para ter um sistema eficiente e que atenda os padrões de lançamento, evitando assim a poluição do meio (rios, lençóis, solo, ar...) optou-se pela junção do sistema de Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio e Zonas de raízes, pois um sistema complementa o outro, resultando então em um efluente tratado e com alta qualidade, além de juntar eficiência, custos baixos, pequeno espaço de instalação, ganho ambiental, além de harmoniza-se com a realidade da comunidade rural.

4.3.1.2 Delimitação e Compartimentação da Área do Empreendimento:

O Sistema Sanitário de Esgoto consiste do seguinte:

- Rede Coletora de Esgoto Sanitário (Distrito de Santa Lúcia) 1.700,00 ml
- Área do Sistema de Tratamento de Esgoto (ETE Distrito de Santa Lúcia) 756 m²
- 57 ligações domiciliares e 45 caixas de inspeção.

4.3.2 Obras de Terra

4.3.2.1 Diretrizes Gerais

Nesta fase, se realizará todas as obras de cortes e feitura dos taludes das áreas do Sistema de Tratamento de Esgoto, que será a escavação para a instalação da rede coletora de esgoto, bem como a escavação para a instalação da ETE (fossa séptica, filtro anaeróbio e ETE de Raízes), necessárias para a instalações de infra-estrutura e obras civis, além formar um embasamento de fundação estável. Estas 03 etapas prioritárias visam também evitar a contaminação das águas subterrâneas, através da impermeabilização da base do Sistema de Esgotamento Sanitário.

Nesta etapa inicial faremos , nesta ordem:

- 1ª Etapa: Escavação das valas para a instalação da rede coletora de esgoto sanitário e das ligações domiciliares do Distrito de Santa Lúcia
- 2ª Etapa: Execução da drenagem do embasamento da área da ETE;
- 3ª Etapa: Escavação dos locais da fossa séptica, filtro anaeróbio e sistema por Zona de Raízes (ETE).

4.3.2.2 Etapas de trabalho

1ª Etapa - Escavação das valas para a instalação da rede coletora de esgoto sanitário e das ligações residenciais do Distrito de Santa Lúcia

Será escavados em solos argiloso vermelho, para executar 1.700,0 mL de rede, valas com largura de 0,8 m onde será assentado tubo DN 150, com uma profundidade média de 1,5 metros, com base do próprio solo argiloso na base e compactados no topo da tubulação.

As 57 ligações nas caixas de inspeção, de distância média de 10 metros lineares da rede coletora principal, com 0,5 metros de profundidade média e 0,30 m de largura, serão feitas manualmente através de picareta e pá, em solo argiloso vermelho, para a instalação dos canos PVC 100 mm, que ligarão a caixa de inspeção á rede coletora.

Para assentamento da rede coletora será necessário a escavação com auxilio de retroescavadeira de 1.163,47 m³, escavação manual de 42,20 m³ e

escavação de rocha compacta a fogo 294,12 m³, ainda 7,30 m³ escavação em rocha compacta a frio.

Sendo escavado um volume médio de solo e solo com rocha, na ordem de 1.507,09 m³, obtidos pelo corte do embasamento da área para instalação da rede coletora.

A declividade da base da rede coletora e das ligações domiciliares deverá ser de no mínimo 2,0 %.

2ª Etapa: Execução da drenagem superficial do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito de Santa Lúcia

A área onde será instalada a ETE, terá uma área total de 756 m² (18 x 42 m), onde será instalado o Sistema, que receberá os dejetos cloacais para tratamento, e já está terraplenada e com cobertura vegetal do tipo gramínea em seus taludes e pátio.

A drenagem será feita no entorno da área com perímetro de 196,80 m, com valetas drenantes de 0,20 x 0,20 m, gerando um volume de escavação na ordem de 4,27 m³, obtidos pelo corte do embasamento da área da ETE.

A declividade da base da área e dos drenos será de 1,0 % para nordeste.

3ª Etapa: Escavação do local da fossa séptica, filtro anaeróbio e ETE por Zona de Raízes

O Sistema de tratamento de efluentes projetado para atender a população de Santa Lucia, constitui-se 02 tanques em concreto armado (tanque e filtro), e uma vala para zona de raiz que será executada no próprio terreno, sendo este impermeabilizado para evitar contaminação de solo e água.

As dimensões de cada unidade de tratamento esta descrita abaixo no memorial de calculo. De acordo com o dimensionamento das unidades de tratamento, bem como do levantamento planialtimetrico realizado no local onde será implementada a ETE, se faz necessário uma movimentação de terra igual a 558,75m³, sendo 288,15 m³ de aterro e 270,60 m³ de corte, isso deve-se as diferenças de nível existente no terreno. A mesma pode ser observada na planta de corte e aterro em anexo, juntamente com a quantidade de corte e aterro previsto para a instalação de cada unidade de tratamento. Que corresponde a tabela 4.3-01 abaixo:

Movimentação necessária	Tanque Sedimentação m ³	Zona de Raiz m ³	Filtro Anaeróbio m ³	Tanque Septico m ³	TOTAL m ³
ATERRO (m³)	25,8	250,264	11,667	0,415	288,146
CORTE (m³)	0	50,953	96,509	123,139	270,601
Total	25,8	301,217	108,176	123,554	558,747

Tabela 4.3-01: Movimentação de terra necessária para cada unidade de tratamento

Tendo em vista o custo elevado para movimentação, aterro/reaterro necessário para execução da ETE, a prefeitura municipal de Ouro (PMO), compromete-se em realizar todos os trabalhos, necessários que envolvem movimentação de terra, aterro/reaterro, na área onde será implementada a ETE, ficando sob responsabilidade da mesma a disponibilização de equipamentos, mão-de-obra e eventuais ações e gastos necessários, nesta etapa. A PMO, confirme e reconhece tal execução em declaração em anexo.

4.3.3 Obras Civis

4.3.3.1 Diretrizes Gerais

Nesta etapa, trataremos das obras civis que se realizarão no Sistema de Esgotamento, que serão em número de 04 e descritas nas plantas em anexo. As obras são as seguintes:

- Rede Coletora de Esgoto e Ligações Domiciliares;
- Construção da (ETE)
- Tanque de Sedimentação das drenagens.

4.3.3.2 Rede Coletora de Esgoto e Ligações domiciliares

A rede coletora atenderá o Distrito de Santa Lúcia, atenderá inicialmente 57 economias e 200 pessoas, tem capacidade de atender até 97 economias e 360 pessoas.

A rede coletora principal situada nas ruas e laterais SC-458, no Distrito de Santa Lúcia, terá extensão de 1.700,0 metros lineares, com canos PVC de bitola de 150, e no total 39 Poços de Visita, 2 terminais de limpeza e 45 caixas de ligação aos domicílios, com 41 tampão metálico de 600 mm.

Ainda ligados a esta rede coletora, serão instaladas 45 ligações prediais (caixas de inspeção) com tubo de PVC DN 100 para atender 57 economias, com uma distância média de 10 metros lineares.

Os ramais prediais nas ruas atendidas, também com canos PVC de bitola 100 mm, terão extensão de aproximadamente 450 metros lineares.

As obras de terra na instalação da rede coletora de esgoto, terá uma escavação de 0,80 m de largura para assentamento de tubo DN 150, com uma profundidade média de 1,50 m, sendo material de 1ª e 2ª categoria e escavação em solo rochoso .

As especificações da rede foram descritas anteriormente e o memorial de cálculo á seguir e na planilha de cálculo 01 em anexo.

4.3.3.3 Construção das ETE e Drenagem

Este método será usado como tratamento final dos líquidos residuais, tendo capacidade para atender até 97 moradias e 360 pessoas, com sistema de tanque séptico, filtro anaeróbio e zona de raízes.

4.3.3.3.1 Construção do Tanque Séptico

Será feito em concreto FCK 20 MPA e estrutura de Aço CA 50 e CA 60 mm, com dimensões úteis de 4,30 x 8,60 x 2,0 m. Antecedendo a fossa e depois teremos um cano de ligação DN-150. O Tanque Séptico será construídas com lados, tampa e fundo em concreto, com ligação de canos de 150 mm. Conforme plantas em anexo.

Para a obra de construção das fossas sépticas, deverão ser obedecidas as NORMAS BRASILEIRAS, em especial a NBR-7229/93 e a 13.969/97 para os serviços e as seguintes especificações técnicas:

GENERALIDADES: Deverá ser mantida na obra, em locais determinados pela fiscalização, placa da empreiteira e dos responsáveis técnicos. A construção deverá ser feita de acordo com o projeto.

Toda e qualquer alteração que por necessidade deva se introduzida no projeto ou nas especificações, visando melhorias, só será admitida com autorização do engenheiro autor dos projetos técnicos de engenharia ou arquitetura.

Poderá a fiscalização paralisar os serviços, ou mesmo mandar refazê-lo, quando os mesmos não se apresentarem de acordo com as especificações, detalhes ou normas de boa técnica.

Nos projetos apresentados, entre as medidas tomadas em escala e medidas determinadas por cotas, prevalecerão sempre as últimas.

Caberá à empreiteira proceder à instalação, da obra, dentro das normas gerais de construção, com previsão de depósitos de materiais, mantendo o canteiro de serviços sempre organizado e limpo. Deve também manter serviço ininterrupto de vigilância da obra, até sua entrega definitiva, responsabilizando-se por quaisquer danos decorrentes da execução da mesma. É de sua responsabilidade manter atualizados, no canteiro de obras, Alvará, Certidões e Licenças, evitando

interrupções por embargo, assim como ter um jogo completo, aprovado e atualizado dos projetos, especificações, orçamentos, cronogramas e demais elementos que interessam aos serviços.

Todo material empregado na obra, deverá receber aprovação da fiscalização antes de começar a ser utilizado. Deve permanecer no escritório uma amostra dos mesmos.

No caso da Empreiteira querer substituir materiais ou serviços que constam nesta especificação, deverá apresentar memorial descritivo, memorial justificativo para sua utilização e a composição orçamentária completa, que permita comparação com materiais e/ou semelhantes, além de catálogos e informações complementares.

OBJETIVO: Executar a construção de fossa séptica em concreto armado com A útil definidas acima, na planta e no memorial de cálculo.

4.3.3.3.2 Construção do Filtro Anaeróbio

Será construído um Filtro Anaeróbio em concreto armado FCK 20 MPA e estrutura de Aço CA 50 e CA 60 mm, com dimensões úteis de 4,85 x 9,70 x 1,20 m, e volume interno útil de 56,16 m³. Para a obra de construção do filtro anaeróbio, conforme plantas em anexo, onde deverão ser obedecidas as NORMAS BRASILEIRAS, em especial a NBR-7229/93 e a 13.969/97 para os serviços.

O filtro foi projetado respeitando-se a profundidade máxima entre o fundo falso e leito filtrante de 1,20m e para seu dimensionamento o qual foi realizado de acordo com o volume a ser tratado (ver memorial de calculo), respeitando-se a relação comprimento x largura de 2:1, obteve-se um filtro considerado extenso.

Caso a alimentação deste filtro anaeróbio, ocorra por um único ponto, o comportamento do escoamento no interior do filtro anaeróbio, ou seja, a sua hidrodinâmica poderá ser afetada pela ocorrência de três fenômenos que deve ser evitada para o bom funcionamento dos mesmos, visto que provocam redução do volume efetivo e curto-circuitagem; são eles: zonas mortas, canais preferenciais e recirculação.

Para garantir a eficiência do filtro anaeróbio que será implementado, deverá ser promovida a distribuição homogênea do efluente o mesmo entrará no filtro por um único local de distribuição e deste, no interior do filtro se distribuído. Essa distribuição será pela utilização de tubos de PVC, com diâmetros variados distribuídos no fundo falso. Permitindo assim que os diferentes pontos do filtro recebam de maneira adequada o efluente. Evitando a ocorrência de zonas mortas, canais preferenciais e recirculação. Garantindo assim a eficiência do mesmo. (Ver detalhes em desenho em anexo).

GENERALIDADES: Deverá ser mantida na obra, em locais determinados pela fiscalização, placa da empreiteira e dos responsáveis técnicos. A construção deverá ser feita de acordo com o projeto. Toda e qualquer alteração que por necessidade deva se introduzida no projeto ou nas especificações, visando

melhorias, só será admitida com autorização do engenheiro autor dos projetos técnicos de engenharia e arquitetura.

Poderá a fiscalização paralisar os serviços, ou mesmo mandar refazê-lo, quando os mesmos não se apresentarem de acordo com as especificações, detalhes ou normas de boa técnica. Nos projetos apresentados, entre as medidas tomadas em escala e medidas determinadas por cotas, prevalecerão sempre as últimas.

Caberá à empreiteira proceder à instalação, da obra, dentro das normas gerais de construção, com previsão de depósitos de materiais, mantendo o canteiro de serviços sempre organizado e limpo. Deve também manter serviço ininterrupto de vigilância da obra, até sua entrega definitiva, responsabilizando-se por quaisquer danos decorrentes da execução da mesma. É de sua responsabilidade manter atualizados, no canteiro de obras, Alvará, Certidões e Licenças, evitando interrupções por embargo, assim como ter um jogo completo, aprovado e atualizado dos projetos, especificações, orçamentos, cronogramas e demais elementos que interessam aos serviços.

Todo material empregado na obra, deverá receber aprovação da fiscalização antes de começar a ser utilizado. Deve permanecer no escritório uma amostra dos mesmos.

No caso da Empreiteira querer substituir materiais ou serviços que constam nesta especificação, deverá apresentar memorial descritivo, memorial justificativo para sua utilização e a composição orçamentária completa, que permita comparação com materiais e/ou semelhantes, além de catálogos e informações complementares.

OBJETIVO: Executar filtro anaeróbio em concreto armado com A útil definidas acima e dimensões constantes no memorial de cálculo.

4.3.3.3 Construção da Zona de Raiz

A configuração do sistema foi baseada nos seguintes critérios: i) remoção de sólidos suspensos; ii) evitar problemas de odor e entupimento e; iii) propor um sistema compacto. Para obter o desempenho esperado, o sistema projetado será de fluxo vertical, onde o efluente a ser tratado será distribuído ao longo da superfície do filtro projetado, através de tubos de PVC perfurados, semi-enterrados em pedrisco.

O efluente então, percorrerá, verticalmente pelo filtro, passo pela zona onde irá percolar vagarosamente através do material filtrante até atingir a poção final, composta por brita e chamada de zona de saída, localizada no fundo do sistema.

A zona de raiz será executada no próprio solo do local, através da escavação de uma vala com as seguinte dimensões calculadas: 8,90 m X 17,80 m X 1,00 m.

Após escavado 159 m³ de área para implementação do sistema, o solo deverá ser impermeabilizado por lona preta, após por uma Geomembrana PEAD 2mm e esta por manta de Bidin, a qual confere proteção mecânica, evitando que a

brita e pedrisco utilizados provoquem rasgos no sistema de impermeabilização, evitando consequentemente a contaminação do solo.

Para implementação do sistema de impermeabilização, o solo da vala, deve estar homogêneo, sem a presença de pedras ou irregularidades que possam danificar as mantas.

Após a abertura da vala e impermeabilização do solo o sistema construtivo deverá ocorrer da seguinte forma:

1º Passo: Preenchimento do fundo da vala com 25 cm de pedra brita nº 02, e sobre esta deverá ser colocado as tubulações de PVC DN 150 mm, para coleta do efluente tratado. Serão utilizados 04 tubos, dispostos ao longo do comprimento, interligados a um tubo coletor, o qual encaminhará o líquido para câmara reguladora de nível. Tubos de PVC serão perfurados, e seus furos terão $\varnothing = 1$ cm; alinhados e espaçados 5 cm.

2º Passo: colocação de uma camada de 5cm de pedrisco, com a finalidade de isolar a camada de areia grossa, evitando que essa adentre sobre a camada de brita.

3º Passo: colocação de uma camada de 65 cm de areia grossa, a qual ter a será suporte físico par as plantas; meio para aderência de biofilme proporcionando os seguintes mecanismos de remoção

FÍSICOS: filtração e sedimentação

QUÍMICOS: adsorção, troca iônica

BIOLÓGICOS: degradação microbiológica aeróbia e anaeróbia

4º Passo: Colocação das mudas de Juncos, no sistema. (plantar as mudas)

5º Passo: 2º Passo: colocação de uma camada de 5cm de pedrisco, com a finalidade de isolar a camada de areia grossa, evitando que essa seja carregada com a chuva e semi-enterrado aos pedriscos, deve estar inserida as tubulações de PVC que irão promover a distribuição do efluente sobre o sistema, de maneira homogênea. Serão utilizados 04 tubos perfurados, dispostos ao longo do comprimento, interligados a um tubo coletor. Os tubos de PVC terão furos com $\varnothing = 1$ cm e estes alinhados e espaçados 5 cm .

Após passar pela zona de raiz, o efluente já tratado, será encaminhado uma caixa reguladora de nível, esta fabricada em alvenaria, onde será possível fazer a coletas necessárias do efluente final, tratado para análises laboratoriais, bem como controlar a vazão que dever passar pelo sistema. Após passar pela caixa reguladora de vazão o efluente passa pela caixa de sedimentação onde junta-se na caixa de sedimentação, com a as águas de drenagem pluvial e posterior é encaminhado ao riacho.

4.3.3.3.4 Sistema de Drenagens

O Sistema de Tratamento de Esgoto prevê a captação das águas pluviais e sedimentos carregados, provenientes do local do STE, objetivando a preservação

das condições ambientais adjacentes prevenindo possíveis contaminações dos cursos d'água e lençol freático, bem como dos processos erosivos.

Composto por um grupo de drenos que compõem o sistema de drenagem superficial, pelo sistema de drenos subterrâneos do local da área de tratamento e por um tanque de sedimentação. Os sistemas foram projetados para dar vazão a chuvas com intensidade de até 47 mm/h.

O tanque de sedimentação possui a função de retenção de materiais grosseiro, areias, argilas, silte e partículas orgânicas em suspensão nas águas superficiais.

As águas superficiais terão o sentido de escoamento para oeste, e declividade mínima de 1,0 %.

O Controle de qualidade dos recursos hídricos superficiais tem por objetivo principal minimizar e evitar a alteração da qualidade dos mananciais naturais vizinhos da área da ETE, de modo que as águas superficiais, tendam a escoar para dentro da área do empreendimento. Estas medidas também visam corrigir os processos erosivos desencadeados pela instalação da ETE, principalmente nos taludes e cortes.

Para a condução das águas de escoamento superficial das áreas até o tanque de sedimentação, propõem-se a construção de valetas drenantes, no entorno da ETE. As valetas, terão 20 cm de largura, por 20 cm de profundidade, e terão comprimento e forma conforme descritos abaixo. O comprimento total do sistema de valetas é igual a 106,8 mL.

Para o cálculo das dimensões do tanque de sedimentação, empregou-se o método racional, aplicado a pequenas áreas, no qual buscam-se vazões superficiais máximas que por sua vez são função de dados de precipitação da região e da área a ser controlada. Os cálculos estão descritos no memorial técnico e sua delimitação representada na Figura abaixo.

O material para sua construção de tijolo maciço e cimento, com saída em forma de "V", para a drenagem pluvial, com cano PVC 150 mm

Os valores obtidos para a definição da dimensão do tanque são descritos abaixo:

4.3.4 Ajardinamento

4.3.4.1 Aspectos Gerais:

A área do STE deverá ser revegetadas com gramíneas, formando o ajardinamento, que servirá como anti-erosivo e função paisagística, diminuindo o impacto visual do STE no local.

O ajardinamento será constituído de vegetação rasteira do tipo gramíneas, que se colocará em toda a área ociosa da STE e nos taludes, que servirão para proteger a área da erosão superficial e do percolamento das águas pluviais, perfazendo uma área total de aproximadamente 258 m².

4.3.4.2 Revegetação:

A revegetação é uma etapa do processo de recuperação da área em que são adotadas as medidas para implantação de uma cobertura vegetal, visando não somente a recuperação paisagística, mas também o controle de processos erosivos e recuperação das propriedades do solo. A escolha adequada das espécies vegetais que devem ser utilizadas é importante, pois dos resultados do desenvolvimento dessa vegetação depende a obtenção de um novo nível de equilíbrio naquele ecossistema.

As fases de revegetação descritas nesse item tem o objetivo de satisfazer as medidas gerais propostas neste projeto, sendo estas apresentadas a seguir:

4.3.4.2.1 Colocação da Camada de Solo

A camada de solo superficial deverá ser reaproveitada da própria área, ou de áreas próximas, ou comprada, para a revegetação.

O solo deverá ser utilizado no recapeamento de taludes, pátio do STE, após a recomposição topográfica. A camada mínima necessária é de aproximadamente 0,05 metros. Os 258 m² de ajardinamento serão feitos com leivas de grama.

4.3.4.2.2 Escolha das espécies

As espécies vegetais propostas para a revegetação da área em estudo são escolhidas levando em consideração os seguintes aspectos:

- aptidão à formação de uma cobertura rápida do solo das áreas sujeitas à erosão;
- capacidade de auxiliar na reestruturação do solo através de sistema radicular e formação de matéria-orgânica;
- ocorrência das espécies nativas da área e da região;
- hábitos, ciclos e portes das diversas espécies visando à recuperação paisagística da área conforme descrição do projeto específico do item Aspectos Biológicos da área.

À partir dessas referências, são propostas, a seguir, diversas espécies que têm condições de atender aos objetivos desejados para recuperação.

4.3.4.2.2.1 Espécies Auxiliares ao Controle de Erosão

Já é comprovado que para áreas de solos já alterados e desnudos, as espécies de gramíneas, que apresentam um rápido desenvolvimento e rusticidade, são as mais indicadas. Pôr isso propõe-se, que sejam usados nos locais suscetíveis à erosão (taludes), gramíneas exóticas para revegetação imediata,

permitindo o surgimento do processo sucessório com aparecimento das espécies herbáceas pioneiras.

4.3.4.2.3 Métodos de Plantio

4.3.4.2.3.1 Espécies Rasteiras

A vegetação rasteira pode ser implantada pôr dois métodos: pôr sementeira ou pôr mudas (leivas). O método a ser utilizado será por leivas de grama, previamente cortadas para colocação imediata na área de 258 m² da área á ser revegetação com gramíneas.

4.3.5 Controle e Monitoramento da Sistema de tratamento utilizado

Tem por objetivo apresentar um plano de inspeção da área de influência do STE, com vistas ao controle da poluição ambiental, através de um sistema de monitoramento, que tem a função de conhecer e avaliar o impacto causado pelo empreendimento, através de monitoramento contínuo e sistemático, sendo composto de monitoramento geotécnico, ambiental e biológico.

4.3.5.1 Monitoramento Geotécnico:

O sistema de monitoramento geotécnico consiste em:

- controle de deslocamentos horizontais e verticais;
- focos de erosão nos taludes e cobertura.

O monitoramento será feito através de inspeções periódicas ao local, por Profissional Habilitado (geólogo, geotécnico, etc.), trimestralmente, e efetuar a construção de poços de monitoramento, instalação de piezômetros (poços de pequeno diâmetro utilizados para medição da profundidade do nível d'água subterrâneo), marcadores de deslocamentos horizontais e verticais e medidores de vazão.

4.3.5.2 Monitoramento Ambiental:

O sistema de monitoramento ambiental consiste em:

- controle de qualidade das águas subterrâneas e superficiais;
- controle da qualidade do ar;
- controle da poluição do solo;

- controle dos vetores propagadores de doenças.

Igualmente ao monitoramento geotécnico, será feito inspeções periódicas, onde se farão coletas de amostras para análises físico-químicas das águas superficiais e subterrâneas. A frequência de coleta das amostras para análises, assim como a técnica e os métodos utilizados na coleta serão indicados pela FATMA (Fundação do meio Ambiente de SC).

4.3.5.3 Monitoramento Biológico:

Será feito por técnico habilitado, do desenvolvimento e crescimento das vegetações, que serão instaladas na área do STE, durante sua instalação, cortina vegetal, contenção de erosão e projeto paisagístico final, através da análise biológica, numa periodicidade mensal, nos primeiros 3 anos de instalação das espécies vegetais, utilizadas na revegetação das áreas.

5 MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 INTRODUÇÃO

O presente memorial de cálculo visa balizar através de cálculos os dados e parâmetros usados no Projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito de Santa Lúcia em Ouro - SC, onde constará:

- o cálculo dos elementos do projeto;
- o cálculo dos movimentos de terra do projeto;
- o cálculo do sistema de drenagem superficial.

5.2 CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA REDE COLETORA

5.2.1 Rede de esgoto

Para o dimensionamento hidráulico da rede coletora adotou-se como base os critérios estabelecidos na NBR 9.649 (1986), relacionados a seguir:

- Escoamento em regime uniforme e permanente;
- Diâmetro mínimo igual a 150 mm;
- Tensão trativa média para vazão inicial mínima igual a 1,0 Pa;
- A declividade de cada trecho da rede coletora não deve ser inferior à mínima admissível calculada;
- A declividade tem que ser inferior à declividade que resulta na velocidade final $v_f = 5$ m/s;
- A lâmina d'água máxima para vazão final é igual a 75 % do diâmetro do coletor.
- A rede foi dimensionada com auxílio de um software SANCAD e verificado o dimensionamento manualmente.

5.2.2 Cálculo das vazões totais

Segundo TSUTIYA (1999), para o dimensionamento da rede coletora pública de esgoto, são necessárias as vazões máximas de final de plano, que define a capacidade que deve atender o coletor, e a vazão máxima horária de um dia qualquer (não inclui K_1 , porque não se refere ao dia de maior contribuição) do início do plano, que é utilizado para se verificar as condições de autolimpeza do coletor, que deve ocorrer pelo menos uma vez ao dia.

Conforme a NBR 9.649 as vazões nas redes de esgoto podem ser dimensionadas por meio dos seguintes critérios:

- Inexistindo medições de vazão utilizáveis de projeto;
- Existindo hidrogramas utilizáveis no projeto.

Sendo assim, na inexistência de dados locais oriundos de pesquisas com a medição das vazões utilizáveis de projeto, adotou-se o método tradicional para a determinação das vazões na rede de esgoto, onde segundo TSUTIYA (1999), vem sendo adotado para determinar vazões, na grande maioria dos projetos, pela sua simplicidade e, principalmente, pela deficiência de dados que permitam a determinação por outros processos.

Neste método o dimensionamento da rede coletora de esgotos deveram ser consideradas as seguintes vazões:

- Para o início de plano: $Q_i = K_2 \cdot Q_{d,i} + Q_{inf,i} + \sum Q_{ci}$ (não inclui K_1 , pois não se refere especificamente ao dia de maior contribuição);
- Para o final de plano: $Q_f = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_{d,f} + Q_{inf,f} + \sum Q_{cf}$ (com $Q_{d,f}$ igual a vazão média de saturação)

Onde: Q_i ; Q_f = vazão máxima inicial e final, l/s;

K_1 = coeficiente de máxima vazão diária;

K_2 = coeficiente de máxima vazão horária;

$Q_{d,i}$; $Q_{d,f}$ = vazão média inicial e final de esgoto doméstico, l/s

$Q_{inf,i}$; = vazão de infiltração inicial e final, l/s

$Q_{inf,f}$

Q_{ci} ; Q_{cf} = vazão concentrada ou singular inicial e final, l/s

A contribuição singular ou vazão concentradas são provenientes de indústrias, hospitais, escolas, edifícios, etc.

A contribuição de esgoto doméstico (Q_d) é aquela parcela vinculada à população servida, cuja contribuição média inicial de esgoto doméstico ($Q_{d,i}$) pode ser calculada pela expressão a seguir:

$$Q_{d,i} = \frac{C \cdot P_i \cdot q_i}{86.400}$$

E a vazão média final de esgoto doméstico ($Q_{d,f}$) pode ser calculada pela expressão a seguir:

$$Q_{d,f} = \frac{C \cdot P_f \cdot q_f}{86.400}$$

Onde: C = coeficiente de retorno;
 P_i ; = população inicial e final, hab;
 P_f
 Q_i ; = consumo de água efetivo per capita inicial e final, l/hab.dia.
 q_f

Resultados do dimensionamento em Planilha 01 de cálculo em anexo e prancha 01 da rede em anexo.

5.2.3 Determinação das taxas de contribuição linear para cálculo das redes coletoras de esgoto

Para determinar as taxas de contribuição linear (l/s.m) para o cálculo das redes de esgoto, definiu-se uma taxa para cada sub-bacia de esgotamento, tendo como base a vazão máxima de final de plano (População de Saturação) e a vazão de início de plano (2006). Destaca-se que para o caso em que a sub-bacia apresenta apenas rede simples de coleta, as taxas de contribuição linear foram calculadas segundo a metodologia apresentada a seguir:

- Taxa de contribuição linear para o início do plano – T_{xi} (l/s.m);

$$T_{xi} = \frac{K_2 \cdot Q_{d,i}}{L_i} + T_{inf}$$

- Taxa de contribuição linear para o final do plano – T_{xf} (l/s.m);

$$T_{xf} = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot Q_{d,f}}{L_f} + T_{inf}$$

Onde: L_i ; L_f = comprimento da rede de esgoto inicial e final (m);
 T_{inf} = taxa de contribuição de infiltração (l/s.m)

5.2.4 Material usado na tubulação

Para uma escolha criteriosa do material das tubulações adotou-se tubo PVC com junta elástica, sendo 1.700,00 de tubo com DN 150. Toda rede será feita em tubo de PVC com junta elástica e parede maciça, Na ligação dos ramais prediais, será feita com tubo de PVC 100mm.

5.2.5 Coeficiente de rugosidade

O coeficiente de rugosidade afeta de maneira direta o dimensionamento das redes coletoras de esgoto, dependendo do diâmetro, da forma e do material da tubulação, da altura da lâmina da água e das características de esgoto [TSUTIYA, 2000]. Tem sido normalmente utilizado em escoamento de esgoto o valor de 0,013.

5.2.6 Diâmetro mínimo da rede coletora

A norma ABNT 9.649 estabelece, devido às condições específicas para o dimensionamento hidráulico, que os diâmetros devem ser os previstos nas normas e especificações brasileiras relativas aos diversos materiais, não sendo inferior a 100 mm.

No software o diâmetro é calculado automaticamente, cabendo o projetista a verificação, onde se necessário calculo manualmente para conferir, sendo usada uma planilha de cálculo para auxiliar, com auxílio de uma tabela para dimensionamento e verificação de tubulações de esgoto. (Fonte: TSUTIYA, 2000).

Procedimento:

Tendo a vazão do trecho, divide pela raiz quadrada da declividade:

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} \Rightarrow \text{Tabela 4.3 em anexo}$$

Ex.

Coletor 001- 019:

Declividade: 0,05456m/m

Vazão: $1,060 \text{ l/s} = 1,060 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$$\frac{1.060 \times 10^{-3}}{\sqrt{0,05456}} = 4,538 \times 10^{-3}$$

Na tabela, este valor não foi exato, ficando entre os valores de 0,003 e 0,007, resultando num y/d entre os valores de 0,10 e 0,15, indicado o diâmetro de 0,15 m ou 150mm.

O software calculou para y/D, início e final do plano, 0,11 e um diâmetro de 0,150m, Ok, trecho verificado e aprovado.

Este mesmo procedimento foi realizado para todos os trechos.

5.2.7 Escavação das valas e limpeza

As escavações das valas devem obedecer às regras da boa técnica, abertas de jusante para montante, devendo-se utilizar escoramento (para conter as paredes laterais da vala), sempre que necessário, conforme indicado na tabela do item "5.2.1.6." abaixo. A largura da vala será variável, 0,80 m para assentamento de tubo DN 150

Para assentamento da rede coletora, poços de visita e terminais de limpeza será necessário a escavação com auxílio de retroescavadeira de $1.163,47 \text{ m}^3$, escavação manual de $42,20 \text{ m}^3$ e escavação de rocha compacta a fogo $294,12 \text{ m}^3$, ainda $7,30 \text{ m}^3$ escavação em rocha compacta a frio.

Sendo escavado um volume médio de solo e solo com rocha, na ordem de $1.507,09 \text{ m}^3$, obtidos pelo corte do embasamento da área para instalação da rede coletora.

O fundo da vala deve ser regular e uniforme, obedecendo à declividade prevista no projeto, isento de saliências e reentrâncias. As eventuais reentrâncias devem ser preenchidas com material adequado, convenientemente compactado, de modo a se obter as mesmas condições de suporte do fundo da vala normal;

Quando o fundo da vala for constituído de argila saturada ou lodo, deve ser executada uma fundação (camada de brita ou cascalho, de no mínimo 15 cm, compactada adequadamente ou concreto estaqueado). A tubulação sobre a fundação deve ser apoiada sobre berço de material adequado.

Procedimento de cálculo:

O volume da escavação foi calculado pelo software SANCAD, levando em consideração a largura e profundidade de cada trecho. A largura terá dimensões, 0,80 m, e cada trecho apresenta uma profundidade de acordo com as características do mesmo. A profundidade de cada trecho pode ser observada na planilha de dimensionamento em anexo.

O cálculo do volume escavado para cada trecho foi calculado da seguinte maneira:

Largura da vala x profundidade da vala x comprimento = volume escavado m^3

O total do volume escavado foi calculado em torno de 1.507,09 m³, considerado já os poços de visitas.

5.2.7.1 Assentamento da tubulação

A empresa contratada para execução da obra deverá apresentar em seu quadro, profissionais com experiência na realização dos serviços, observando e tomando cuidados como:

- Impedir o arrasto dos tubos no chão, durante o transporte e descida dos tubos na vala;
- Os tubos devem ser assentados com a sua geratriz inferior coincidindo com o eixo do berço, de modo que as bolsas fiquem nas escavações previamente preparadas, assegurando um apoio contínuo do corpo do tubo;
- Verificar se o chanfro da ponta do tubo não foi danificado (ou o tubo foi cortado). Caso necessário, corrigi-lo com uma grosa;
- Devem-se limpar os anéis dos tubos e conexões, aplicar Pasta Lubrificante nas pontas dos tubos e na parte aparente do anel. Não utilizar, em hipóteses nenhuma, graxas ou óleos minerais, que podem afetar as características da borracha;
- Após o posicionamento correto da ponta do tubo junto à bolsa do tubo já assentado, realizar o encaixe, empurrando manualmente o tubo. Para os diâmetros maiores, pode-se utilizar uma alavanca junto à bolsa do tubo a ser encaixado, com o cuidado de se colocar uma tábua entre a bolsa e alavanca, a fim de evitar danos;
- O sentido de montagem dos trechos deve ser de preferência caminhando-se das pontas dos tubos para as bolsas, ou seja, cada tubo assentado deve ter como extremidade livre uma bolsa, onde deve ser acoplada a ponta do tubo subsequente. A montagem da tubulação entre dois pontos fixos deve ser feita utilizando-se Luvas de Correr PVC;
- Os tubos são fornecidos em barras de 6,0 m. Entretanto, na especificação e instalação em campo deve ser considerado o comprimento de montagem dos tubos (CM), conforme tabela extraída da Norma NBR 7362-1, que leva em consideração o comprimento útil de cada barra quando os tubos estão conectados, descontando-se o segmento de tubo que está dentro da bolsa do outro tubo;
- Se necessário, podem ser instalados piquetes ou calços nas laterais, para assegurar o alinhamento da tubulação, especialmente em trechos curvos.

5.2.7.2 Posicionamento e Escoramento das valas

O posicionamento das valas deve ser feito de acordo com as normas municipais de ocupação das faixas da via pública.

Para as valas localizadas no leito carroçável da rua, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- Distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 1,00m, e a tubulação de água deve ficar no mínimo 0,20m acima da tubulação de esgoto.

O escoramento deve ser feito conforme a norma da ABNT NBR 12266/92, sendo obrigatório o uso desta na execução das obras. As dimensões mínimas das peças e os espaçamentos máximos usuais dos escoramentos mais comuns devem ser os seguintes:

Escoramento tipo pontalete:

- Tábuas de 0,027 m x 0,30m, espaçadas de 1,35 m, travadas horizontalmente com estroncas de Φ 0,20 m, espaçadas verticalmente de 1,00m.

O escoramento se faz necessário para todos os trechos que apresentam profundidade maior que 1,30 metros. Esses podem ser observados na planilha de dimensionamento em anexo.

Para obter a quantidade de escoramento necessário multiplica-se a profundidade do trecho, quando este maior que 1,30 m pelo comprimento do mesmo.

Segundo cálculos obtidos pelo programa SANCAD, serão necessários 1.025m² de escoramento.

5.2.7.3 Reaterro

Os tubos de PVC rígido JE devem ser envolvidos com solo de boa qualidade do próprio local da escavação, sem a presença de pedregulho ou cascalho.

O reaterro deverá ser realizado em três etapas distintas: lateral, superior e final;

No reaterro lateral, o solo deverá ser colocado em volta da tubulação e compactado manualmente em ambos os lados simultaneamente, em camadas não inferiores a 0,10m, sem deixar vazios sob a tubulação. Se houver escoramento na vala, este deve ser retirado progressivamente, procurando-se preencher todos os vazios;

O reaterro superior deve ser feito com material selecionado, sem pedras ou matacões, em camadas de 0,10m a 0,15m, compactando-se manualmente apenas as regiões compreendidas entre o plano vertical tangente as tubulação e a parede da vala (laterais). A região diretamente acima da tubulação não deve ser compactada, para evitarem-se deformações nos tubos. Não se admite despejar o solo de reaterro da vala nesta etapa;

Determinou um recobrimento mínimo 0,90 m para locais onde a rede passa nas ruas e 0,60 m para redes localizadas nos passeios.

O restante do material de reaterro da vala deve ser lançado em camadas sucessivas e compactadas (reaterro final), de tal forma a se obter o mesmo estado do terreno das laterais da vala.

O volume total escavado para a colocação da rede será na ordem de 1.507,09 m³, e a maior parte deste material será usado no reaterro, e o excedente será doado á comunidade para aterramento de lotes nas proximidades, ou em obras públicas.

Para o cálculo do volume do reaterro, foi usado o mesmo cálculo para a escavação, sendo diminuindo o volume da tubulação. O volume a ser diminuindo para tubulação de DN 150 é de aproximadamente 1,7% do volume escavado.

Este volume foi calculado pelo software SANCAD e verificado manualmente por planilha eletrônica, já sendo considerados os volumes dos poços de visitas.

5.2.8 Profundidade mínima e máxima dos coletores

A norma ABNT 9.649 estabelece que a rede coletora não deva ser aprofundada para atendimento de economia com cota de soleira abaixo do nível da rua. Se o atendimento for considerado necessário, devem ser estudadas a conveniência do aprofundamento dos trechos a jusante e outras soluções.

No caso em questão será utilizado uma profundidade mínima, que respeita um recobrimento igual a 0,90 m para ruas e 0,60 para passeios. E a profundidade máxima, determinada na rede não ultrapassou, 2,0 m. A profundidade de cada trecho pode ser visualizada na planilha de dimensionamento da rede em anexo. . Sendo que quase que a totalidade da rede e poços de visita ficaram com profundidade ente 1,05 e 1,30 metros.

Estes limites de profundidade foram colocados no software, onde ele dimensionou todos os trechos, delimitando a profundidade.

5.2.9 Tensão Trativa

Segundo a norma ABNT 9.649, a tensão trativa de cada trecho da rede coletora deve ser verificado para a vazão inicial e um coeficiente de Manning igual a 0,013, sendo o valor mínimo admissível igual a 1,0 Pa. Para que a tensão trativa seja maior, deve ser garantida a declividade mínima.

Para interceptores, a norma ABNT 12.207 recomenda a tensão trativa de 1,5 Pa, tendo em vista a proteção contra ácido sulfúrico, que poderia ser gerado no caso de tempos de detenção elevados (TSUTIYA, 2000).

Como só teremos redes coletoras, adotaremos a tensão trativa de 1,0 Pa, sendo fixa no do programa para realização do dimensionamento, tensão esta mínima para a tubulação ser auto limpante.

Planilha 01de cálculo em anexo.

5.2.10 Declividade mínima e máxima

Segundo a norma ABNT 9.649, a declividade de cada trecho da rede coletora não deve ser inferior à mínima admissível, calculada através da seguinte equação:

$$I_{\min} = 0,0055 \cdot Q_i^{-0,47}, \text{Onde:}$$

- I_{\min} : declividade mínima em m/m;
- Q_i : Vazão inicial em l/s

A máxima declividade é definido através da norma ABNT 9.649, por apresentar uma velocidade de escoamento igual a 5 m/s. Ela pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$I_{\max} = 4,65 \cdot Q_f^{-0,67}, \text{Onde:}$$

- I_{\max} : declividade máxima em m/m;
- Q_f : Vazão final em l/s

Procedimento:

Os cálculos foram realizados automaticamente pelo software, sendo verificado manualmente conforme procedimento abaixo, mostrado para o trecho 19.

T18

$$I_{\min} = 0,0055 \cdot 0,602^{-0,47} = 0,007 \text{ m/m} \quad I_{\max} = 4,65 \cdot 1,060^{-0,67} = 4,471 \text{ m/m}$$

5.2.11 Velocidade crítica

Segundo TSUTIYA (2000), a velocidade crítica V_c em redes coletores é calculada por:

$$V_c = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H},$$

Onde:

- g : aceleração da gravidade em m²/s
- R_h : Raio Hidráulico para vazão final em m

Neste parâmetro, o software calculou, sendo também verificado. Abaixo calculo do trecho 19, para representar calculo efetuado pelos sistema e usado para conferencia:

R_h = é estimado conforme o valor de y/D que é 0,04, no software o cálculo é mais preciso, na verificação manual não, já que seu cálculo envolve algumas variáveis, utilizaremos a tabela 4.4 (TSUTIYA, 2000).

T18

$\beta = \frac{R_H}{D}$, sendo β estimado conforme o valor de $y/D = 0,064$

$$0,0262 = \frac{R_H}{0,150} \Rightarrow R_H = 0,0096 \quad V_c = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,00393} = 1,84 \text{ m/s}$$

V_c = calculada pelo Software 1,95 m/s, ok, seria preocupante ser o valor calculado manualmente desse maior, trecho verificado e aprovado.

A diferença entre o valor calculado pelo software e o valor calculado manualmente, é desprezível, pois o programa realiza todos os dados e parâmetros necessários, já no cálculo manual, dependemos de tabelas, que não tem todos os valores, sendo preciso quase sempre fazer uma média aritmética.

5.2.12 Poço de visita

No início da rede coletora, será implantados terminais de limpezas, com até 2 m de profundidade (padrão), em dois pontos conforme prancha em anexo.

A distância entre os poços de visita não deve ultrapassar 120 metros, para que se possa alcançar a rede coletora com instrumentos de limpeza, e pela rede coletora projetada temos 37 poços de visitas (PV), com 37 tampões de F°F° DN 600 mm para os PVs e 1 tampões para terminais de limpeza (TL), descritos na tabela abaixo.

Os 37 PVs que serão executados, serão formados por anéis de concretos, com diâmetro variando 60 cm a 110 cm e profundidade máxima de 2 metros. A quantidade de PVs esta relacionada a interligação necessária entre os diferentes rechos, bem como quebra de pressão, e mudança de direção da rede coletora.

5.3 CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA ETE

5.3.1 Cálculo do Dimensionamento do Tanque Séptico

Capacidade: População atendida: 360 pessoas
Nº de domicílios : 97

Segundo a NBR 7229, a quantidade de esgoto gerada por uma pessoa em domicilio residencial é de 130 litros/dia. E a relação de comprimento e largura é de 2:1.

Cálculos:

Pela NBR-7229/93 usa-se a seguinte fórmula para cálculo do Volume Útil do Tanque Séptico:

$$V = 1000 + N (CT + K Lf)$$

Onde:

V = volume útil em litros

N = número de pessoas ou unidades de contribuição = 360

C = contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia (Ver tabela 1 da NBR-7229) = 130

T = período de detenção, em dias (Ver tabela 2 da NBR-7229)

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Ver tabela 3 da NBR-7229)

Lf = contribuição de lodo fresco em litro/pessoa x dia (Ver tabela 1 da NBR-7229)

Volume de Útil de esgoto á ser tratado

130 l/dia

360 pessoas

$$V = 1000 + 360 (130 \times 0,50 + 134 \times 1)$$

$$V = 1000 + 360 (65 + 134)$$

$$V = 1000 + 360 (199)$$

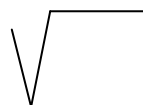
$$V = 1000 + 71640$$

$$V = 72640 \text{ l/dia} \quad \longrightarrow \quad V = 72,64 \text{ m}^3/\text{dia}$$

H = altura interna da água = 2,0 m

$$S = \text{área útil} = 72,64 / 2 = 36,32 \text{ m}^2$$

Dimensionamento do Tanque da Fossa Séptica



$$36,32 \text{ m}^2 = L \times 2L \quad \Rightarrow \quad 36,32 \text{ m}^2 = 2L^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{36,32}{2} = L$$

$$L = \sqrt{18,16} \quad \Rightarrow \quad L = 4,26 \text{ m} \quad \text{adota-se } 4,30 \text{ m,}$$

$$C = 2L \quad \Rightarrow \quad C = 2 \times 4,30 \text{ m}$$

$$C = 8,60 \text{ m}$$

Tendo o tanque de tratamento de esgoto por Fossa Séptica as seguintes dimensões internas:

4,30 m de largura e 8,60 de comprimento com 2 m de profundidade.

Planta 04 em anexo.

5.3.2 Cálculo do Dimensionamento do Filtro Anaeróbio

Capacidade: População atendida: 360 pessoas
Nº de domicílios : 97

Segundo a NBR 7229 e 13.969, a quantidade de esgoto gerada por uma pessoa em domicilio residencial é de 130 litros/dia. E a relação de comprimento e largura é de 2:1.

Cálculos:

Pela NBR-7229/93 e 13.969/97 usa-se a seguinte fórmula para cálculo do Volume Útil do Filtro Anaeróbio:

$$V = 1,6 + (N CT)$$

Onde:

V = volume útil em litros

N = número de pessoas ou unidades de contribuição = 720

C = contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia (Ver tabela 3 da NBR-13.969/97) = 130

T = período de detenção, em dias (Ver tabela 4 da NBR-13.969/97)

Volume de Útil de esgoto á ser tratado

130 l/dia

720 pessoas

$$V = 1,60 (360 \times 130 \times 0,75)$$

$$V = 1,60 \times 35100$$

$$V = 56.160 \text{ l/dia} \quad \Longrightarrow \quad V = 56,16 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$H = \text{altura} = 1,20 \text{ m}$$

$$S = \text{área útil} = 56,15 / 1,20 = 46,80 \text{ m}^2$$

Dimensionamento do Tanque do Filtro Anaeróbio

$$46,80 \text{ m}^2 = L \times 2L \quad \Longrightarrow \quad 46,80 \text{ m}^2 = 2L^2 \quad \Longrightarrow \quad \sqrt{\frac{46,80}{2}} = L$$

$$L = \sqrt{23,40} \quad \Longrightarrow \quad L = 4,83 \text{ m adota-se } 4,85 \text{ e,}$$

$$C = 2L \quad \Longrightarrow \quad C = 2 \times 4,85 \text{ m}$$

$$C = 9,70 \text{ m}$$

Tendo o tanque de tratamento de esgoto por Filtro Anaeróbio as seguintes dimensões internas:

Largura: 4,85 m

Comprimento: 9,70 m

Profundidade: 1,20

Detalhe construtivo em planta 4.1 em anexo.

5.3.3 Dimensionamento da ETE por zona de raízes do Distrito de Santa Lúcia:

Parâmetros do projeto:

- População a ser atendida no primeiro momento: 360 habitantes
- Vazão: 56,16 m³/dia
- Temperatura média: 18°C
- Contribuição de esgoto: 130 litros por dia
- Contribuição per capita de DBO por pessoa: 54g/hab dia
- Profundidade adotada para o sistema de raízes: 1,0 metro

Cálculo:

Carga de efluente (CE):

$$CE = \frac{\text{população}(\text{hab}) * \text{carga per capita} \left(\frac{\text{g}}{\text{hab} \cdot \text{dia}} \right)}{1000 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}} \right)} = \frac{360 * 54}{100} = 19,44 \text{ kg DBO/dia}$$

Concentração de DBO (CD)

$$CD = \frac{\text{carga} \left(\frac{\text{kg}}{\text{d}} \right) * 1000 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}} \right)}{\text{vazão} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right)} = \frac{19,44 * 1000}{56,16} = 346,15 \text{ g/m}^3 = 346,15 \text{ mg/l}$$

Eficiência estimada na remoção:

Unidades de tratamento	Eficiência	Efluente (mg/l)	Afluente (mg/l)
Tanque séptico	45%	346,15	190,38
Filtro anaeróbio	70%	190,38	57,11
Zona de raízes	80%	57,11	11,42

Fonte: NBR 13969/1997

A equação de cinética de primeira ordem (equação 1) tem sido muito utilizada para o dimensionamento de zona de raízes, sendo um sistema consolidado. Através desta equação, pode-se calcular a constante da reação para cada sistema.

$$\frac{C_e}{C_o} \exp(-k_T * t) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

C_e = concentração efluente em termos de DBO₅ (mg/L);

C_o = concentração afluente em termos de DBO₅ (mg/L);

K_T = constante de reação da cinética de primeira ordem dependente de T (d⁻¹);

t = tempo de retenção hidráulico (d).

O tempo de retenção hidráulico na equação 1 é função da porosidade do maciço filtrante, do volume do filtro e da vazão que se deseja tratar (equação 2).

$$t = n \frac{V}{Q} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

t = tempo de retenção hidráulico (d);

n = porosidade do material filtrante (m³ vazios / m³ material);

V = volume do filtro (m³);

Q = vazão a tratar (m³/d).

O efeito da temperatura sobre a taxa da reação K pode ser expressa pela equação 3, derivada da Lei de Van't Hoff-Arrhenius.

$$k_T = k_{20} * (1,06)^{T-20} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

K_T = constante de reação da cinética de primeira ordem dependente de T (d⁻¹);

K_{20} = constante de reação a 20° C (d⁻¹), utilizado 1,69

T = temperatura crítica (°C), 18°C.

Cálculo

$$k_T = 1,69 * (1,06)^{18-20} = 1,50$$

Aplicando-se logaritmo natural na equação 1 e depois substituindo a equação 2 na equação 1, obtém-se a equação 4, onde, através das concentrações de DBO₅ obtidas com o monitoramento dos sistemas, pode-se obter a constante de reação de cada zona de raízes.

$$A = \frac{Q(\ln Co - \ln Ce)}{k_T * p * n} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

A = área superficial requerida (m²);

Q = vazão afluyente (m³/d);

Co = concentração afluyente em termos de DBO₅ (mg/L = g/m³) – efluyente do tanque séptico;

Ce = concentração efluyente em termos de DBO₅ (mg/L = g/m³);

K_T = constante de reação (d⁻¹); n = porosidade do material filtrante (m³ vazios / m³ material);

p = profundidade média do filtro (m).

Aplicando a equação 4, dimensionaremos a zona de raízes, adotando parâmetros conhecidos e aplicados na região, como:

Porosidade(p): 0,38, utilizado para terrenos arenosos, nosso caso

Profundidade(p): 1,0 metros, adotado

K_T = 1,50, calculado pela equação 3

Ce = 11,42 mg/l

Co = 57,11 mg/l

$$A = \frac{Q(\ln Co - \ln Ce)}{k_T * p * n} = \frac{56,16(\ln 57,11 - \ln 11,42)}{1,50 * 1,0 * 0,38} = \frac{90,41}{0,57} = 158,61 \text{ m}^2$$

Comprimento = 2* largura

Largura: 8,90 metros

Comprimento: 17,80 metros

Profundidade: 1,00 metro

5.4 Sistema de Drenagem Superficial:

5.4.1.1 Introdução:

As águas superficiais terão o sentido de escoamento para nordeste.

Para o Sistema de Drenagem Superficial, a metodologia proposta é a construção de drenos, preenchidos com brita e pedra, que drenam para um tanque de sedimentação das águas superficiais, e daí para a drenagem pluvial até o Lajeado Pato Rôxo, que terá capacidade para receber as águas oriundas do processo de tratamento.

Para a condução das águas de escoamento superficial até o tanque de sedimentação, propõem-se a construção de valetas drenantes, no interior da área de aterro. As valetas terão 20 cm de largura, por 20 cm de profundidade, preenchidos com brita nº 01 e pedra basáltica irregular. Fig.04.

5.4.2 Cálculo da Drenagem Interna:

5.4.2.1 Cálculo da Vazão Máxima da área do STE

$Q \text{ máx} = \frac{(C \cdot I \cdot A)}{360}$, onde:

Q máx = vazão máxima na área (m³/s)

C = coeficiente de escoamento superficial

A = área da superfície drenada (ha)

I = intensidade de chuva (mm/h)

Sendo:

Consideramos C = 0,8, devido ao tipo de terreno, em solo argiloso, sua declividade (0,6%).

Área do STE Santa Lúcia = A = 18m x 42 m = 756 m² = 0,0756 ha

I = 47 mm/h

Temos:

$Q \text{ máx} = \frac{(0,8 \times 47 \times 0,0756)}{360}$

Q máx do STE Santa Lúcia = 0,007896 m³/s

5.4.2.2 Valetas Drenantes:

O comprimento total de drenos para o STE Distrito de Santa Lúcia = 106,80 ml. Possuindo seção de 0,20 m X 0,20 m das dimensões da valeta.

$$\text{STE Santa Lúcia: } 106,80 \text{ m} \times 0,04 = 4,27 \text{ m}^3 \text{ (volume dos drenos)}$$

5.4.2.2.1 Cálculo das Dimensões do Tanque de Sedimentação

O tanque de sedimentação terá a função de reter os materiais mais grosseiros provenientes da drenagem superficial. Para cálculo da capacidade do tanque utilizou-se a Vazão máxima de Q máx para cada área definidas abaixo.

Para os cálculos de dimensionamento do Tanque de Sedimentação, empregou-se o método racional no qual buscam-se razões superficiais máximas. Para a obtenção da intensidade de chuvas utilizou-se o valor de altura máxima (mm) das chuvas médias em 24 horas, de 47 mm, que considerou-se ocorrer um uma hora.

Calculou-se o volume do tanque de sedimentação, que é condicionado ao tempo de detenção da drenagem, utilizando-se a expressão:

$$\text{Vol.} = Td \cdot Q \text{ máx, onde:}$$

$$\text{Vol.} = \text{volume do tanque de sedimentação (m}^3\text{)}$$

$$Td = \text{tempo de detenção da drenagem (s)}$$

$$Q \text{ máx} = \text{Vazão máxima na área (m}^3\text{/s)}$$

O valor adotado para o tempo de detenção da drenagem no tanque (Td) foi de 10 minutos (600 segundos), considerado suficiente para da função do tanque de reter apenas os materiais mais grosseiros.

$$\text{Vol.} = 600 \times Q \text{ máx}$$

Admitindo-se a profundidade dos tanques de 1,4 m, obtém-se a superfície do mesmo, através da fórmula: $A = \text{Vol.}/h$, onde:

$$A = \text{área do tanque (m}^2\text{)}$$

$$h = \text{Altura do tanque (m}^2\text{)}$$

então:

$$\text{Volume do Tanque do STE Santa Lúcia} = \text{Vol.} = 600 \times Q \text{ máx}$$

$$\text{Vol.} = 600 \times 0,007896 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$\text{Vol.} = 4,74 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume do Tanque do STE Santa Lúcia} = 4,74 \text{ m}^3$$

$$A = 4,74 / 1,4 = 3,39 \text{ m}^2$$

$$A = 1,5 \text{ l} \times \text{l}$$

$$3,39 = 1,5 \text{ l}^2 \implies \text{l} = \sqrt{3,39/1,5} \implies \text{l} = 2,26 \text{ m}$$

$$L = 1,5 l \implies L = 1,5 \times 2,26 = 3,4 \text{ m}$$

O que define o tanque de sedimentação do STE da Santa Lúcia com as seguintes dimensões internas:

Comprimento é 3,40 m

Largura é 2,26 m

Profundidade é 1,40 m

Fig. 04.

6 MANUAL DE OPERAÇÃO DA ETE

6.1 Aspectos Iniciais

A ETE – Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Distrito de Santa Lúcia é composto por 3 tanques de concreto:

- Tanque séptico;
- Filtro Anaeróbico;
- Sistema de Tratamento por Raízes.

À seguir descreveremos os motivos da escolha deste método de tratamento, e como ele funciona, bem como um pequeno manual de sua operação e manutenção, quando do seu início de funcionamento.

6.2 Métodos e Processo de Tratamento de Esgoto

Como descrito anteriormente será o Distrito de Santa Lúcia, será atendido através da utilizando de um sistema de tratamento biológico, composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e zona de raiz. Essas unidades quando utilizadas em conjunto apresenta bom eficiência na remoção da matéria orgânica e clarificação da água residuárias, além de ser um sistema de baixo custo e que não exige sofisticadas técnicas de manutenção e monitoramento para seu adequado funcionamento.

Abaixo se descreverá o processo utilizado no distrito, bem como ações que devem ser utilizadas para manutenção das unidades e assim obter a eficiência desejada do sistema.

6.3 Manual de Operação e Manutenção do STE

Usaremos as instruções de operação e manutenção das seguintes normas técnicas;

NBR 7229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanque sépticos, que estabelece as condições para a elaboração de projeto de sistema de tratamentos de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado, promulgada em 1993, e

- NBR 13.969 – Tanques Sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição dos efluentes líquidos – Projeto, Construção e Operação, promulgada em setembro de 1997.

O sistema de tratamento de efluentes que será implantado para atender as comunidades de Santa Lucia trata-se de um sistema de esgotamento sanitário estático, constituído por tanque séptico seguido de filtro anaeróbio e um polimento final com tratamento por zona de raízes.

Trata-se de sistemas de tratamento por gravidade, sem a necessidade de operação efetiva, pois não exige demanda energética, e nem adição de compostos

químicos, ou outros métodos que necessitem de operação constante. Para garantir a eficiência do tratamento e correto funcionamento do sistema de tratamento biológico e ecológico, se faz necessário apenas medidas de manutenção, que se referem à limpeza do lodo do fundo dos tanques e monitoramento do sistema.

Como já mencionado anteriormente o sistema de tratamento utilizado não exige demanda energética, portanto não se faz necessário a existência de medidas e ou procedimentos a serem realizados caso falte energia elétrica.

6.3.1 Tanque Séptico

O tanque séptico foi projetado seguindo instruções da NBR 7229/93 e seguindo orientações da mesma estabelece que para manutenção do sistema é necessário seguir um programa de limpeza para o tanque.

Para que ocorra um bom funcionamento, o tanque séptico, antes de entrar em operação, deve ser enchido com água a fim de detectar possíveis vazamentos.

Segundo a NBR 7229/93 o lodo e a espuma acumulados no tanque devem ser removidos em intervalo equivalente ao período de limpeza estabelecido em projeto, ou seja, uma limpeza a cada dois (02) anos. Sempre que necessário esse intervalo pode ser alongado ou encurtado, de acordo com alterações nas vazões efetivas.

Para limpeza do tanque devem ser escolhidos dias e horas que o mesmo não receba despejos.

Quando for realizada a remoção do lodo digerido, para garantir a eficiência do tanque e permitir regeneração rápida das colônias de bactérias, deve-se deixar no tanque 10% do seu volume. A remoção deste material deve ser feita por profissionais especializados com técnicas e equipamentos adequados.

O material retirado deverá ser encaminhado para o Centro de Compostagem da Empresa Agroindustrial Chapada Verde Ltda, localizado na Rodovia SC-458, 6.905, Colônia Chapada Verde em Capinzal- SC, que tem seu funcionamento autorizado pela Licença Ambiental de Operação – LAO nº 506/2010.

Anteriormente a qualquer operação que venha a ser realizadas no interior dos tanques, as tampas devem ser mantidas abertas por tempo suficiente para remoção de gases tóxicos ou explosivos no mínimo 5 min.

6.3.2 Filtro Anaeróbio

O Filtro Anaeróbio foi projetado seguindo instruções da NBR 13969/97 e seguindo orientações da mesma estabelece que para manutenção do sistema seja necessário seguir alguns procedimentos para limpeza adequada do tanque, o filtro anaeróbio deve ser limpo quando for observado a obstrução do leito filtrante.

A limpeza do filtro deve ser feita por profissionais especializados com técnicas e equipamentos adequados, a limpeza deve ser feita com mangotes de sucção, se necessário desobstrução desejada do filtro deve-se lançar água sobre a superfície filtrante. Segundo a NBR 7229/93 o lodo e a espuma acumulados no

tanque devem ser removidos em intervalo equivalente ao período de limpeza estabelecido em projeto, ou seja, uma limpeza a cada dois (02) anos. Sempre que necessário esse intervalo pode ser alongado ou encurtado, de acordo com alterações nas vazões efetivas.

É importante assim como no tanque séptico, que durante a manutenção do filtro não se deve “lavar” completamente o filtro e assim não retardar a partida da operação após a limpeza.

O material retirado deverá ser encaminhado para o Centro de Compostagem da Empresa Agroindustrial Chapada Verde Ltda, localizado na Rodovia SC-458, 6.905, Colônia Chapada Verde em Capinzal- SC, que tem seu funcionamento autorizado pela Licença Ambiental de Operação – LAO nº 506/2010.

6.3.3 Zona de Raízes

A operação dos sistemas de zonas de raízes dispensa o uso de produtos químicos e consumo de energia elétrica. Adicionalmente, não requer pessoal especializado para seu funcionamento.

A manutenção do sistema é relativa a possíveis colheitas de vegetação, desentupimento e reparo de tubulações. Não há grande produção de lodo no sistema, eliminando a necessidade de uma etapa posterior de tratamento e destinação final desse material.

- Atenuação do aspecto visual desagradável do vazadouro de resíduos.
- Produção de biomassa que pode ser utilizada na produção de ração animal, energia e biofertilizantes (reciclagem de nutrientes), desde que comprovada sua qualidade para o fim determinado.

O manejo da vegetação refere-se a poda da vegetação, substituição das plantas velhas ou mortas e retirada do excesso de raízes que podem provocar colmatação do leito filtrante. É fundamental um monitoramento semanal do sistema, visando o cuidado e reparação das plantas que o constituem, para evitar colmatação, as quais podem acumular água na superfície do filtro causando o transbordo do esgoto e conseqüentemente mau cheiro e proliferação de moscas, mosquitos. As podas devem ser feitas a cada 6 (seis) meses.

O material retirado deverá ser encaminhado para o Centro de Compostagem da Empresa Agroindustrial Chapada Verde Ltda, localizado na Rodovia SC-458, 6.905, Colônia Chapada Verde em Capinzal- SC, que tem seu funcionamento autorizado pela Licença Ambiental de Operação – LAO nº 506/2010.

6.4 Monitoramento da Qualidade do Efluente e do STE

O monitoramento do nível da água se dará através de uma régua milimetrada a ser instalada na saída do emissário para o lajeado.

O monitoramento da qualidade da água do manancial será feito por coletas de amostras a montante e outra a jusante do local de emissão líquida da ETE anualmente, para avaliar a qualidade das águas nestes dois (02) pontos, e uma amostra da saída do sistema.

A coleta das águas residuais da ETE serão feitas na tubulação de saída do sistema de raízes, antes de chegar á caixa de passagem.

A eficiência do sistema será controlada através de análises física, químicas e biológicas em pontos distintos do sistema de tratamento.

6.4.1 Duração

O programa em questão possui duração indeterminada, pois se efetuará durante toda a operação da ETE, e serão trimestrais as medições do nível da água do lajeado e qualidade das águas residuais, no que se refere ao monitoramento da eficiência do sistema abaixo segue cronograma de coletas que serão realizados.

6.4.1.1 Características Do Esgoto Sanitário

O esgoto a ser tratado refere-se a rejeitos que provém de residências classificadas como padrão médio, e são originados das instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas, ou qualquer dispositivo de utilização da água para fins domésticos. Compõem-se essencialmente da água de banho, urina, fezes, águas de lavagem. Os principais parâmetros constituintes do esgoto doméstico e concentração pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 6.1 – 01
Características do esgoto Sanitário

Parâmetro	Contribuição per capita em g/hab.dia		Concentração em mg/l		
	Faixa	Adotado	Faixa	Adotado	
Sólidos Totais	120 - 220	180	700 – 1.350	1.100	
Matéria Orgânica	DBO5	40 - 60	50	250 - 400	300
	DQO	80 - 120	100	450 - 800	600
Nitrogênio	6 - 10	8	35 - 60	45	
Fósforo	0,7 - 2,5	1	4 - 15	7	
pH	-	-	6,7 - 8,0	7	
Alcalinidade *	20 - 40	30	100 - 250	200	
* em mgCaCO3/l					
Microorganismos		Concentração (org. /100 mL)			
Coliformes Totais		10 ⁶ – 10 ⁹			
Coliformes Fecais		10 ⁵ – 10 ⁸			

6.4.1.2 Eficiência do Sistema de Tratamento de Efluentes

No que refere-se a eficiência do sistema, segundo informações da NBR 13969/97, segue abaixo tabela com faixa de provável remoção de poluentes considerando o conjunto tanque séptico com filtro anaeróbio.

Tabela 6.1 – 02
Eficiência do conjunto de Tanque Séptico
Com Filtro Anaeróbio

Parâmetros	Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio
DBO _{5,20}	40 a 75 %
DQO	40 a 70 %
SNF	60 a 90 %
Sólidos Sedimentáveis	70% ou mais
Fosfato	20 a 50 %

De acordo com especificações do projeto, o sistema de tratamento como um todo, ou seja o sistema primário, juntamente com o secundário e terciário irão fornecer uma eficiência (% de remoção em carga orgânica) de 98 %.

6.4.1.3 Parâmetros e Padrões para Lançamento do Efluente

O sistema de tratamento de esgoto sanitário deverá apresentar uma eficiência de maneira e enquadrar os parâmetros de acordo com o estabelecido pela Resolução 357 de Março de 2005 referentes aos padrões de lançamento de efluentes.

A mesma estabelece que:

CAPITULO IV **DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES**

§ 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

CAPITULO VI **DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITORIAS**

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinara a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Segundo o Projeto de Gerenciamento de Recursos Hídricos de SC (Projeto FATMA/GTZ) de agosto de 2003, definiu o Lajeado Pato Rôxo, como o código 431500, e o classificou como de Classe II, de acordo com a Portaria 24/1979 da FATMA.

6.4.1.4 Plano de Análises Laboratoriais para manutenção e controle da eficiência do Sistema de Tratamento de Efluente

Sabendo da necessidade de um controle adequado, para garantir a eficiência do sistema, bem como assegurar seu funcionamento de modo e não causar danos ambientais segue abaixo tabela 4.5-03 a qual define, com base nos principais contribuintes de carga orgânica encontrados no esgoto doméstico, plano de monitoramento da qualidade do efluente tratado através de análises laboratoriais.

São definidos dois pontos de coleta para realização de todas as análises listadas na tabela 6.1 -03, sendo um referente ao efluente bruto e outro na saída final do sistema.

Tabela 6.1 – 03
Plano de Análises Laboratoriais Referente aos principais
Contribuintes do Esgoto Doméstico de acordo com CONAMA 357/ 2005.

Parâmetro	Frequência de análises	Resultado Ideal
Microorganismos	Concentração (org. /100 mL)	(org. /100 mL)
Coliformes Termotolerante	Trimestral	< 1.000/100 mililitros
Características Químicas	Concentração (mg/L)	(mg/L)
Matéria Orgânica DBO _{5,20}	Trimestral	ate 5 mg/L O ₂ ;
Nitrogênio Amoniacal Total	Trimestral	Ate 20 mg/L
Fósforo Total	Trimestral	ate 0,050 mg/L,
pH	Trimestral	6 - 9
Óleos e Graxas	Trimestral	virtualmente ausentes;
Características Físicas		
Temperatura	Trimestral	< 40 °C
Cor	Trimestral	Ausente
Odor	Trimestral	Ausente
Materiais Flutuantes	Trimestral	Ausente
Turbidez	Trimestral	100 UNT;

OBS.: Não há na resolução CONAMA 357/ 2005, parâmetros para sólidos totais, recomenda-se também a realização trimestral de análises para determinar a quantidade de STF e STD.

Segundo resolução CONAMA 357/ 2005 a análise de E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes.

Para se obter um resultado de eficiência de cada etapa do tratamento, estabelece também a realização trimestral de análises de DQO, Nitrogênio, fósforo, óleos e graxas, pH e temperatura, em dois outros pontos que são: na saída do tanque séptico e antes de entrar para o filtro anaeróbio e na saída do filtro anaeróbio antes de entrar no sistema de zonas de raízes.

NORMAS TÉCNICAS

Os parâmetros e faixas de recomendações usados para o dimensionamento de unidades componentes do Projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário do município de Ouro – SC foram baseados nas Normas Brasileiras editadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e nas diretrizes específicas elaboradas pela FUNASA.

As normas da ABNT usadas foram às relacionadas abaixo:

- a) NBR 9648 – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto sanitário, que estabelece terminologia e condições gerais para este tipo de estudo, promulgado em 1986.
- b) NBR 9649 – Projeto de Redes Coletoras de esgoto Sanitário, que estabelece terminologia e critérios de dimensionamento para elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário, promulgada em 1986.
- c) NB 568 – Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário, que estabelece condições de elaboração de projeto e dimensionamento de interceptores de grande porte, promulgada em 1989.
- d) NB 569 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário, que estabelece condições para a elaboração de projeto hidráulico sanitário de estações elevatórias de esgoto sanitário com emprego de bombas centrífugas, promulgada em 1989.
- e) NB 570 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário, que estabelece condições para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgotos, promulgada em 1990.
- f) NBR 7229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanque sépticos, que estabelece as condições para a elaboração de projeto de sistema de tratamentos de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado, promulgada em 1993.
- g) NBR 13.969 – Tanques Sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição dos efluentes líquidos – Projeto, Construção e Operação, promulgada em setembro de 1997.

7 Bibliografia

ALÉM SOBRINHO, P; JORDÃO, E.P. – **Uma Análise Crítica, in Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios recebendo esgotos sanitários**, editado por PROSAB/FINEP, 2001.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Prática de Implantação de Disseminação de Tecnologias Apropriadas ao meio Rural – Projeto Juramento**. Belo Horizonte, p. 191, 1985.

NUVOLARI ARIOVALDO. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, tratamento e reuso agrícola**. 1ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI. **Coleta e Transporte de esgoto Sanitário**. 1ª edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes: Uma Proposta de Tecnologia Apropriada para Saneamento Básico no Litoral do Paraná**. Curitiba, 2002. 128f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.