

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO
SUL – UNIJUÍ**

ALINE GNOATTO DE ABREU

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS PARA
IMÓVEIS COM SOLEIRA NEGATIVA EM RELAÇÃO À REDE DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO**

Ijuí

2018

ALINE GNOATTO DE ABREU

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS PARA IMÓVEIS COM SOLEIRA NEGATIVA EM RELAÇÃO À REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof. Me Joice Viviane de Oliveira

Ijuí /RS

2018

ALINE GNOATTO DE ABREU

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS PARA
IMÓVEIS EM SOLEIRA NEGATIVA EM RELAÇÃO À REDE DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora.

Ijuí, 12 de julho de 2018

Prof. Me. Joice Viviane de Oliveira

Mestre pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - Orientadora

Prof. Lia Geovana Sala

Coordenador do Curso de Engenharia Civil/UNIJUÍ

BANCA EXAMINADORA

Prof. Giuliano Crauss Daronco (UNIJUÍ)

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, irmã, avós e demais familiares e amigos que sempre me apoiaram para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Cada pedaço desta caminhada até aqui não pertence apenas a mim, mas também a pessoas especiais, como meus pais, Vanderlei e Luciana. Agradeço a vocês pelo esforço para que tudo isso fosse possível e agradeço à minha irmã Alice, por estar ao meu lado em todas as situações. Também ao meu namorado Maicon, pela paciência e incentivo.

Aos meus avós maternos, Vera e Lourenço, por investirem e acreditarem em mim, aos meus avós paternos, Altair e Miguel, meu agradecimento por sempre me impulsionarem a seguir em frente e à minha bisavó e madrinha Elza, que deve estar muito feliz, onde quer que esteja. Obrigada a todos meus familiares pela torcida, alguns mais de perto e até mesmo aqueles de longe.

Aos meus amigos que fizeram com que a graduação fosse mais leve nos momentos bons e ruins, e aos professores que deram o melhor de si para transmitir seu conhecimento.

Por fim, um agradecimento especial a minha orientadora e professora, Me. Joice Viviane de Oliveira, pela sua confiança, apoio e disponibilidade para que este trabalho fosse o melhor possível. Por teu caráter e dedicação, és um exemplo de profissional e de ser humano para mim.

O presente não é um passado em potência, ele é o momento
da escolha e da ação.

Simone de Beauvoir

RESUMO

DE ABREU, A. G. **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica Para Imóveis com Soleira Negativa em Relação à Rede de Esgotamento Sanitário**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2018.

Grande parte da população brasileira não tem acesso a sistemas de saneamento básico adequados. Maior ainda é a parcela que é privada de ter afastamento e/ou tratamento de seus esgotos sanitários. Como tentativa de reduzir esses números, o poder público faz investimentos onerosos para implantação das redes de coleta, possibilitando a universalização do acesso ao serviço. No entanto, percebe-se que há um problema que ocorre em muitos municípios, impedindo que os cidadãos liguem suas residências à canalização coletora, que é a diferença de nível entre elas. As águas residuais possuem características patogênicas que, se dispostas *in natura*, podem causar muitos danos à saúde dos indivíduos. Assim sendo, é de suma importância que seja realizado um tratamento dos efluentes após seu uso, evitando assim, a poluição dos corpos receptores. Diante desse contexto, a presente pesquisa aborda duas propostas que visam apresentar a possibilidade, para os imóveis que possuem essa diferença topográfica com a rede pública de esgoto, receber o devido tratamento de seus efluentes. A partir da referência da literatura apresenta-se o cenário atual do saneamento básico, bem como do esgotamento sanitário no Brasil. Também se apresentam os tipos de tratamento que podem ser realizados nas águas residuais de forma individual, o que justifica o projeto e abre parênteses para a exposição das propostas. Será apresentado o sistema de fossa séptica e sumidouro como uma solução individual, que permite um tratamento no local. A proposta da estação elevatória também será abordada como uma alternativa de conduzir o efluente até a rede coletora, onde poderá ter o tratamento em estações coletivas. Posteriormente apresenta-se uma análise, comparando os custos e os impactos ambientais de cada proposta.

Palavras-chave: Saneamento Básico. Esgoto Sanitário. Redes de Esgoto. Fossa Séptica. Estação Elevatória.

ABSTRACT

DE ABREU, A. G. **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica Para Imóveis com Soleira Negativa em Relação à Rede de Esgotamento Sanitário**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2018.

Most of the Brazilian population does not have access to adequate basic sanitation systems. Greater still is the portion that is deprived of having removed and / or treated its sanitary sewers. As an attempt to reduce these numbers, public authorities make costly investments to implement the collection networks, making it possible to universalize access to the service. However, it is perceived that there is a problem that occurs in many municipalities, preventing citizens from connecting their homes to the collecting channel, which is the difference in level between them. Wastewater has pathogenic characteristics that, if arranged *in natura*, can cause many damages to the health of the individuals. Therefore, it is extremely important that a treatment of the effluents be carried out after their use, thus avoiding the contamination of the receiving bodies. In view of this context, the present research approaches two proposals that aim to present the possibility, for the properties that have this topographic difference with the public sewage network, to receive due treatment of their effluents. From the literature reference, presents the current scenario of basic sanitation, as well as sanitary sewage in Brazil. It also presents the types of treatment that can be performed in the wastewater individually, which justifies the project and opens parentheses for the exposure of the proposals. The septic cesspool and sinkhole system will be presented as an individual solution, allowing on-site treatment. The elevation station proposal will also be approached as an alternative to conduct the effluent to the collection network, where it may have treatment at collective stations. Subsequently an analysis is presented, comparing the environmental costs and impacts of each proposal.

Keywords: Basic Sanitation. Sanitary Sewage. Sewer Networks. Cesspool septic. Lift Station.

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura 1: Acesso aos Serviços de Água e Esgoto</u>	17
<u>Figura 2: Crescimento do Acesso ao Saneamento Básico por Região</u>	23
<u>Figura 3: Tipos de Tratamento de Esgoto</u>	25
<u>Figura 4: Sistema Fossa séptica + Filtro + Sumidouro</u>	26
<u>Figura 5: Funcionamento de um tanque séptico</u>	28
<u>Figura 6: Estrutura de um sumidouro</u>	30
<u>Figura 7: Sistema Unitário ou Combinado</u>	33
<u>Figura 8: Sistema Separador Absoluto</u>	34
<u>Figura 9: Exemplo de delineamento de pesquisa</u>	41
<u>Figura 10: Planta Baixa do imóvel</u>	43
<u>Figura 11: Fachada da lateral do imóvel</u>	44
<u>Figura 12: Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio</u>	48
<u>Figura 13: Permeabilidade do solo indicada para cada tipo de dispositivo</u>	49
<u>Figura 14: Sumidouro</u>	51
<u>Figura 15: Imagem Ilustrativa da Estação Elevatória Sanifos 110</u>	54
<u>Figura 16: Vista Lateral da Estação Elevatória Sanifos 110</u>	55
<u>Figura 17: Vista do topo da Estação Elevatória Sanifos 110</u>	55
<u>Figura 18: Ligação da estação elevatória à caixa de ligação</u>	56
<u>Figura 19: Gráfico da curva de potência da bomba</u>	60

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 1: Contribuição Diária e Lodo Fresco</u>	45
<u>Tabela 2: Tempo de Retenção</u>	46
<u>Tabela 3: Taxa de acumulação total de Lodo</u>	46
<u>Tabela 4: Tabela 3 NBR 7229</u>	47
<u>Tabela 5: Tabela de Custos da Fossa Séptica</u>	51
<u>Tabela 6: Tabela de Custos Para o Sumidouro</u>	51
<u>Tabela 7: Tabela de Custos Para a Brita nº2</u>	52
<u>Tabela 8: Custos Totais do Sistema de Fossa Séptica e Sumidouro</u>	52
<u>Tabela 9: Quadro de custos de funcionamento do sistema</u>	62
<u>Tabela 10: Quadro de custos de implantação</u>	63
<u>Tabela 11: Quadro de custos anual de operação</u>	64
<u>Tabela 12: Quadro de custos de manutenção</u>	65
<u>Tabela 12: Demonstrativo da quantidade de espaço utilizado</u>	67

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área de infiltração (m^3)
Af	Área do fundo do círculo (m^2)
Ap	Área das paredes do poço (m^2)
C	Coefficiente que depende da natureza do material empregado na fabricação dos tubos e das condições de suas paredes internas.
Cd	Contribuição diária de esgoto por pessoa (litros/dia)
Ci	Coefficiente de infiltração do solo (litros/ m^3 /dia)
ΔHr	Perda de carga na tubulação de recalque (m)
ΔHs	Perda de carga na tubulação de sucção (m)
D	Diâmetro (m)
DN	Diâmetro Nominal
hr1	Perda de carga distribuída (m)
hr2	Perda de carga individual (m)
Hm	Altura manométrica (m)
Hr	Altura manométrica de recalque (m)
Hs	Altura manométrica de sucção (m)
J	Perda de carga unitária (m/m)
K	Taxa de acumulação total de lodo (dias)
Lf	Lodo Fresco (litros)
Lreal	Comprimento real da tubulação (m)

Lvirtual	Comprimento equivalente por peça especial (m)
N	Número de habitantes
Q	Vazão (litros/dia)
Qbomba	Vazão da bomba (m ³ /hora)
T	Tempo de detenção dos despejos (dias)
t	Tempo de utilização da bomba (horas)

SUMÁRIO

<u>1</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	16
<u>1.1</u>	<u>CONTEXTO</u>	16
<u>1.2</u>	<u>PROBLEMA</u>	17
<u>1.2.1</u>	<u>Questões de Pesquisa</u>	18
<u>1.2.2</u>	<u>Objetivos de Pesquisa</u>	18
<u>1.3</u>	<u>DELIMITAÇÃO DA PESQUISA</u>	19
<u>1.4</u>	<u>ESTRUTURA DO TRABALHO</u>	19
<u>2</u>	<u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	21
<u>2.1</u>	<u>SANEAMENTO BÁSICO</u>	21
<u>2.2</u>	<u>ESGOTO SANITÁRIO</u>	23
<u>2.3</u>	<u>TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO</u>	24
<u>2.4</u>	<u>TRATAMENTOS INDIVIDUAIS DE ESGOTO SANITÁRIO</u>	25
<u>2.4.1</u>	<u>Fossa Séptica</u>	27
<u>2.4.2</u>	<u>Sumidouro</u>	29
<u>2.5</u>	<u>TRATAMENTOS COLETIVOS DE ESGOTO SANITÁRIO</u>	31
<u>2.6</u>	<u>IMPOSSIBILIDADE TÉCNICA DE LIGAÇÃO ÀS REDES DE ESGOTO</u>	34
<u>2.7</u>	<u>SISTEMAS DE BOMBEAMENTO</u>	35
<u>2.8</u>	<u>IMPACTOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DA MÁ DESTINAÇÃO FINAL DOS ESGOTOS</u>	37
<u>3</u>	<u>MÉTODO DE PESQUISA</u>	41
<u>3.1</u>	<u>ESTRATÉGIA DE PESQUISA</u>	41
<u>3.2</u>	<u>DELINEAMENTO</u>	41
<u>4</u>	<u>APRESENTAÇÃO DO IMÓVEL</u>	43
<u>5</u>	<u>PROPOSTA DO SISTEMA DE FOSSA SÉPTICA E SUMIDOURO</u>	45
<u>5.1</u>	<u>DIMENSIONAMENTO DA FOSSA SÉPTICA</u>	45
<u>5.2</u>	<u>ESCOLHA DA FOSSA</u>	48
<u>5.3</u>	<u>DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO</u>	48
<u>5.4</u>	<u>CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA</u>	51
<u>5.5</u>	<u>CUSTOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA</u>	53
<u>6</u>	<u>PROPOSTA DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO</u>	54
<u>6.1</u>	<u>ESCOLHA DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA</u>	54
<u>6.2</u>	<u>DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO</u>	56

<u>6.3</u>	<u>CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA</u>	61
<u>6.4</u>	<u>CUSTOS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</u>	61
<u>6.5</u>	<u>CUSTOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA</u>	62
7	<u>ANÁLISE DOS RESULTADOS</u>	63
<u>7.1</u>	<u>CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO</u>	63
<u>7.2</u>	<u>CUSTOS DE OPERAÇÃO DOS SISTEMAS</u>	64
<u>7.3</u>	<u>CUSTO DE MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS</u>	64
<u>7.4</u>	<u>IMPACTOS AMBIENTAIS DOS SISTEMAS PROPOSTOS</u>	65
<u>7.5</u>	<u>ESPAÇO UTILIZADO PELOS SISTEMAS</u>	66
8	<u>CONCLUSÃO</u>	68
	<u>REFERÊNCIAS</u>	70

1 INTRODUÇÃO

O crescimento significativo da população e o êxodo rural para as cidades, levou o poder público à necessidade de propor medidas para que o impacto gerado por esse processo não trouxesse a degradação do meio ambiente e da saúde dos habitantes.

Partindo dessa premissa, a seguinte pesquisa se baseou na necessidade de propor uma solução para a universalização do acesso ao esgotamento sanitário de qualidade para imóveis com impossibilidade de ligação às redes de coleta de esgoto. O estudo ocorreu por meio de uma análise de situações, tendo em vista o desenvolvimento do saneamento básico dos municípios em questão.

Sendo assim, a seguir serão apresentadas as diretrizes voltadas ao contexto, problema de pesquisa, questões de pesquisa, objetivos, delimitação e estrutura deste trabalho.

1.1 CONTEXTO

No ano de 2015 a Organização das Nações Unidas lançou a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, contendo 17 objetivos e 169 metas, dentre os quais há a intenção de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos os cidadãos.

Além disso, o Ministério das Cidades, por meio do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), define que o acesso a esses serviços é uma questão essencialmente de saúde pública, devendo ser tratado como um direito do cidadão, fundamental para a melhoria de sua qualidade de vida. (BRASIL, 2017).

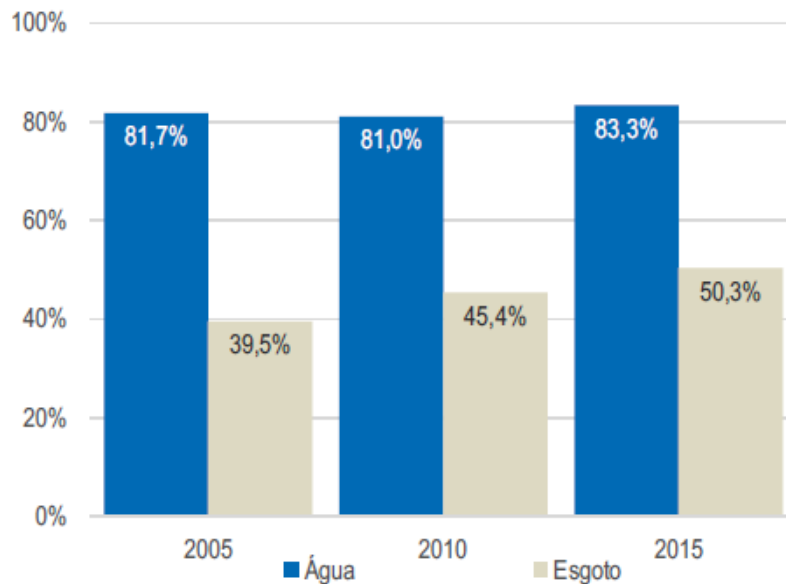
A Lei Federal 11.45, promulgada no ano de 2007, foi o marco regulatório para o saneamento básico no Brasil. A partir dela, a questão começou a ser vista como parte integrante de outros serviços de políticas públicas, como desenvolvimento urbano e regional, proteção ambiental e sustentabilidade econômica.

1.2 PROBLEMA

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Instituto Trata Brasil (2017), apenas 50,3% da população brasileira tinha acesso aos serviços adequados de coleta de esgoto sanitário em 2015. Em um período de 11 anos anteriores a realização deste levantamento de dados, foram gastos cerca de R\$ 9,264 bilhões por ano pelas empresas que prestam serviços de saneamento e pelos governos estaduais e municipais para a realização de obras de manutenção e expansão das redes de água e esgoto, totalizando R\$101,9 bilhões em serviços como construção e renovação das redes de distribuição de água e de coleta de esgoto e nas estações de tratamento de água e de efluentes.

Entretanto, apesar de todos os investimentos realizados em esgotamento sanitário, ainda existe uma diferença entre o déficit desse serviço em relação ao de abastecimento de água. Na Figura 01 a seguir, verifica-se essa disparidade entre o acesso aos serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água.

Figura 1: Acesso aos Serviços de Água e Esgoto



Fonte: Instituto Trata Brasil (2017)

O déficit nos serviços de saneamento básico é causado por uma união de aspectos históricos, políticos, econômicos e sociais. Para que esse problema seja combatido, é necessário

que haja uma integração dos serviços para que a população tenha uma melhora nas condições de salubridade do ambiente, de moradia e de saúde da população e do País. (BRASIL, 2011).

Nesse sentido, o problema que será abordado nesta pesquisa se refere aos imóveis que apresentam diferença de cota em relação à rede coletora de esgoto, tornando inviável a sua conexão e condução do esgoto sanitário por gravidade. Essa situação é um entrave para a universalização do acesso ao serviço de esgoto sanitário. Para Obraczka e Leal (2015), muitos quilômetros de redes de coleta estão sendo subutilizados pela falta de ligação das economias, responsabilidade essa vinculada ao usuário, que por muitas vezes não toma a iniciativa por causa dos custos de implantação de uma solução ou mesmo porque o seu esgoto já está destinado ao depósito em córregos, rios ou redes de águas pluviais.

1.2.1 Questões de Pesquisa

A questão principal que motivou a pesquisa é: qual a solução mais viável para a destinação final do esgoto para uma residência analisada?

A partir dela tomam-se como questões secundárias:

- Qual das soluções propostas é mais viável economicamente?
- Qual das soluções propostas causa menor impacto negativo no meio ambiente?

1.2.2 Objetivos de Pesquisa

A pesquisa apresenta como objetivo geral propor e analisar soluções para destinação de esgotos domésticos quando o imóvel não pode ser conectado diretamente à rede coletora devido à diferença de nível em relação ao ponto gerador de esgoto e a caixa de ligação

Além disso, o trabalho também teve como pressuposto os seguintes objetivos específicos:

- Apontar as alternativas para o esgoto sanitário em residências com soleira negativa em relação a caixa de ligação, quais sejam, fossa séptica e sumidouro e sistema de bombeamento;
- Dimensionar um sistema de fossa séptica e sumidouro para o imóvel estudado;

- Analisar a viabilidade econômica e ambiental do sistema de fossa séptica filtro e sumidouro;
- Dimensionar um sistema de bombeamento de efluentes para o imóvel estudado;
- Analisar a viabilidade econômica e ambiental do sistema de bombeamento;
- Comparar as vantagens e desvantagens das soluções apresentadas.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esse trabalho delimita-se ao estudo e análise de duas soluções, fossa séptica e sumidouro (ou estação de bombeamento), para o problema de uma residência com cota abaixo da rede coletora de esgoto. Para tanto, foi definida como base para a pesquisa, uma habitação familiar de quatro habitantes e de padrão médio, de acordo com a classificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela Norma Brasileira Regulamentadora NBR 7229 (ABNT, 1993).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em oito capítulos, dentre os quais estão:

Primeiro Capítulo: apresenta a introdução, onde há a descrição do tema da pesquisa, apresentação do contexto em que foi realizada, a problematização e as questões da mesma, os objetivos gerais e específicos e a justificativa.

Segundo capítulo: é a revisão da literatura, onde são expostos os temas pertinentes para a realização deste trabalho. Destacam-se os seguintes temas: saneamento básico, esgoto sanitário, tratamento de esgoto sanitário, tratamento individuais de esgoto sanitário, tratamentos coletivos de esgoto sanitário, impossibilidade técnica de ligação às redes de esgoto, sistemas de bombeamento e impactos ambientais da má destinação final dos esgotos.

Terceiro capítulo: define como foi realizada a pesquisa e a metodologia utilizada para realizá-la.

Quarto capítulo: apresenta o objeto da pesquisa, o imóvel que serviu de base para que o objetivo proposto fosse alcançado.

Quinto capítulo: explana sobre o dimensionamento e levantamento de custos para a proposta de um sistema de fossa séptica e sumidouro.

Sexto capítulo: explica sobre o dimensionamento e levantamento de custos para a proposta de um sistema de estação elevatória de esgoto.

Sétimo capítulo: relata a comparação dos resultados obtidos nos capítulos cinco e seis, para que seja feita a escolha do melhor sistema.

Oitavo capítulo: propõe-se a conclusão e o fechamento das ideias iniciais.

No final, apresentam-se as referências bibliográficas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SANEAMENTO BÁSICO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou que podem exercer, efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. Assim sendo, é o conjunto de medidas que o poder público pode adotar, em um local, de forma que melhore o meio ambiente e a qualidade de vida e a saúde dos habitantes.

A Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 institui como saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais. Além disso, define que os serviços prestados devem obedecer aos seguintes pressupostos:

1. Universalização do acesso;
2. Integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso a conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;
3. Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;
4. Disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;
5. Adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;
6. Articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da

saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

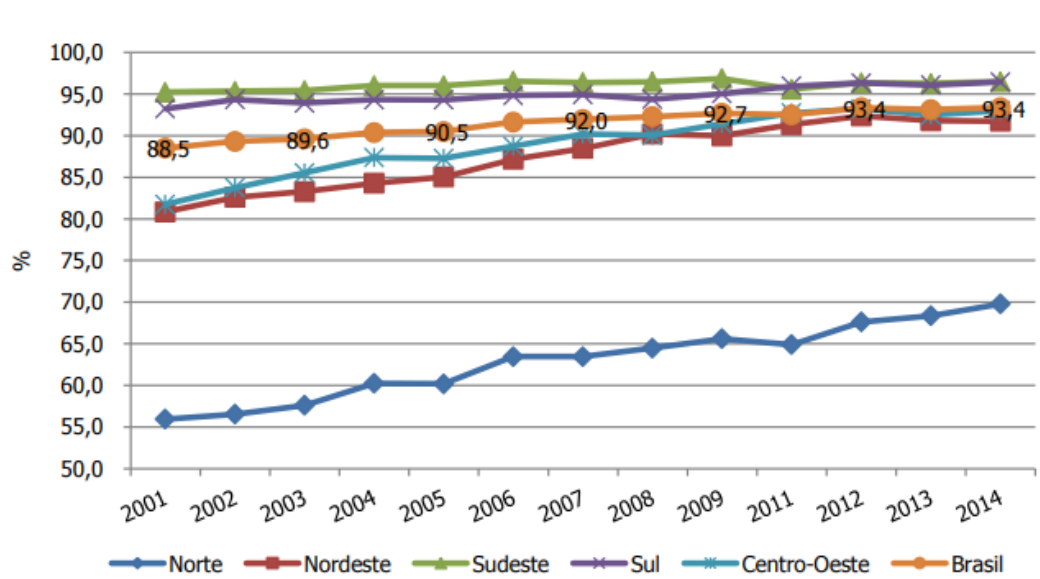
7. Eficiência e sustentabilidade econômica;
8. Utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;
9. Transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;
10. Controle social;
11. Segurança, qualidade e regularidade;
12. Integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídrico;
13. Adoção de medidas de fomento à moderação do consumo de água.

O desenvolvimento urbano no Brasil teve um aumento significativo depois da metade do século XX. Esse processo ocorreu em todo o mundo, porém, pode-se observar algumas diferenças quanto ao tipo de ocupação e suas conseqüências nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A migração da população do campo para a cidade fez com que as pessoas se aglomerassem em espaços pequenos, sem um planejamento prévio de urbanização, trazendo consigo problemas como a falta de instalações apropriadas de abastecimento de água e tratamento de esgoto. (TUCCI, 2005).

De acordo com dados do Instituto Trata Brasil (2017), 83,3% da população brasileira foi atendida pelo sistema de abastecimento de água tratada até o ano de 2015, enquanto apenas 50,3% têm acesso à coleta de esgoto, sendo que menos de 75% do mesmo é tratado antes de ser devolvido aos corpos hídricos.

Entretanto, devido à extensão do território brasileiro e a diferença significativa de renda entre os estados, há muita discrepância entre as porcentagens de cobertura do acesso de saneamento básico nas regiões. Na Figura 02, observa-se essa diferença, bem como o crescimento do acesso ao saneamento básico, de 2001 a 2014, mostrado a seguir:

Figura 2: Crescimento do Acesso ao Saneamento Básico por Região



Fonte: Brasil (2016)

2.2 ESGOTO SANITÁRIO

Na sociedade moderna, a urbanização e a saturação da população trouxeram o aumento desenfreado da geração de efluentes líquidos e sólidos, a impermeabilização dos solos dentre outros fatores, que resultaram em novas situações de perigo à saúde humana e ao meio ambiente. (FUNASA, 2015).

Segundo a NBR 9648 (ABNT, 1986), o esgoto sanitário pode ser definido como despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. A mesma norma também o caracteriza como esgoto doméstico de despejo líquido, vindos da água utilizada para higiene e necessidades fisiológicas humanas e, esgoto industrial como os despejos líquidos resultantes dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos.

Os esgotos domésticos são provenientes de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo de utilização da água para fins domésticos. Fazem parte dele as águas de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes, águas de lavagem. (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

São compostos de aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, a parcela do efluente que demanda o tratamento é essa pequena fração de 0,1%. (VON SPERLING, 2005).

Para a FUNASA (2015), os esgotos podem ser caracterizados a partir de valores de alguns parâmetros que levam em conta substâncias presentes no mesmo:

- a) Físicos: teor de matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez;
- b) Químicos: matéria orgânica, matéria inorgânica, nitrogênio e fósforo;
- c) Biológicos: bactérias, fungos, protozoários, vírus e algas.

2.3 TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

De acordo com a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), a água é utilizada de diversas maneiras no dia-a-dia: para tomar banho, na descarga do vaso sanitário, lavar a louça etc. Depois de eliminada, ela passa a ser chamada de esgoto. A origem do esgoto pode ser, além de doméstica, pluvial (água das chuvas) e industrial (água utilizada nos processos industriais). Se não passar por processos de tratamento adequados, o esgoto pode causar enormes prejuízos à saúde pública por meio de transmissão de doenças. Estes resíduos podem, ainda, poluir rios e fontes, afetando os recursos hídricos e a vida vegetal e animal.

A NBR 7229 (ABNT, 1993) define sistema de esgotamento sanitário como conjunto de instalações que reúne coleta, tratamento e disposição das águas residuárias. O tratamento de esgotos consiste na remoção de poluentes e o método a ser utilizado depende das características físicas, químicas e biológicas (SABESP, 2017).

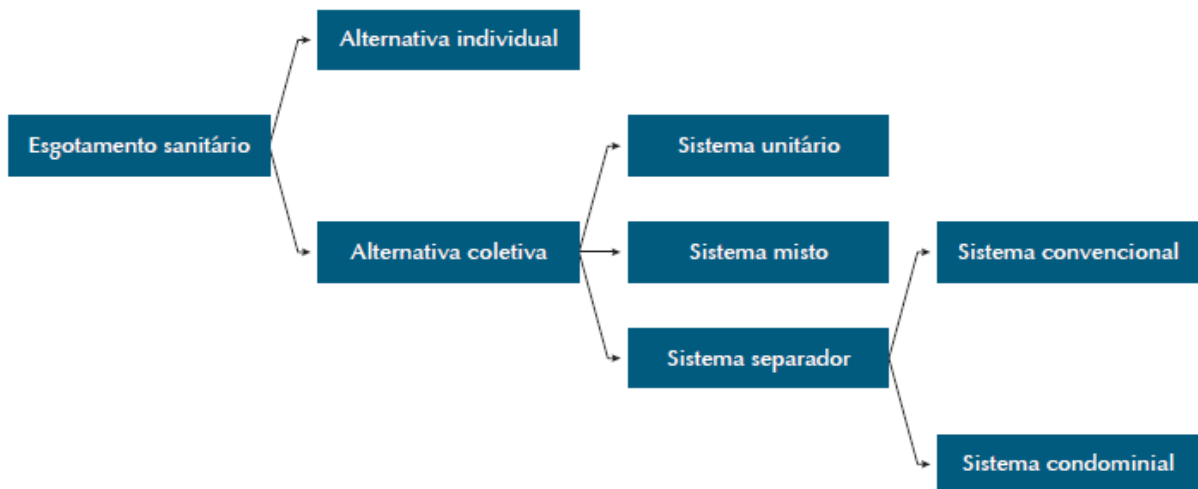
Os sistemas de tratamento de esgotos são formados por unidades de tratamento que são escolhidas de acordo com os poluentes presentes no efluente, afim de que se chegue a um grau de eficiência desejado. Esses processos são responsáveis pela remoção das substâncias indesejadas ou, na transformação dessas em substâncias mais simples. (FUNASA, 2015).

De acordo com Von Sperling (2005), é muito importante que na concepção do sistema de tratamento, ou seja, na definição de suas unidades, sejam levados em conta os seguintes aspectos:

- Impacto ambiental do lançamento no corpo receptor: definidos pela legislação vigente, no local utilizado;
- Objetivos do tratamento: os principais constituintes a serem removidos;
- Nível do tratamento: a remoção dos poluentes a fim de chegar a qualidade desejada;
- Eficiências de remoção desejadas: padrão de qualidade.

O tratamento pode ser do tipo coletivo ou individual, dependendo da localização do imóvel e da existência de redes coletoras na proximidade. A Figura 03 abaixo exposta demonstra os tipos de tratamentos possíveis.

Figura 3: Tipos de Tratamento de Esgoto



Fonte: Adaptado de Funasa (2015)

2.4 TRATAMENTOS INDIVIDUAIS DE ESGOTO SANITÁRIO

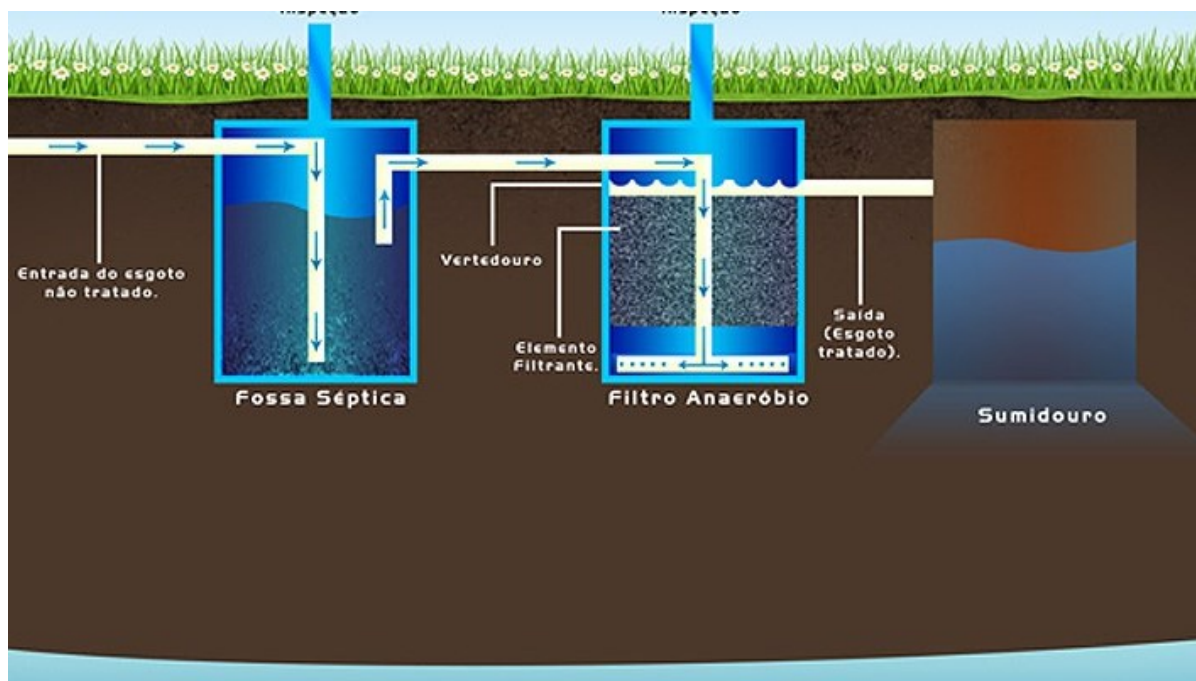
Os sistemas individuais são aqueles que têm a solução no local, geralmente adotados no atendimento unifamiliar, ou até em certo número de residências próximas entre si. Pode-se definir, então, como o lançamento das excretas (em privadas higiênicas, solução unifamiliar), ou dos esgotos (em fossas, podendo ser uni ou multifamiliar), de acordo com a capacidade de infiltração do solo. No entanto, é interessante salientar que as soluções individuais podem conduzir à poluição da água superficial no caso de extravasamentos e da própria incorporação da água subterrânea à água superficial. (VON SPERLING, 2005).

Jordão e Pessoa (2011) definem que a demora na implantação das redes públicas de coleta de esgoto, em relação ao crescimento populacional, principalmente nos países em desenvolvimento, abre o precedente para que as soluções individuais para o destino de esgotos continuem a ser amplas e permanentemente adotadas.

Para as soluções individuais ou descentralizadas, em domicílios e estabelecimentos providos de instalações prediais de água, a alternativa tecnológica de tratamento dos esgotos domésticos estabelecida pela norma brasileira é um conjunto composto por uma unidade chamada de tanque séptico, seguido de unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes. (FUNASA, 2015).

Pode-se observar um sistema composto por fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro na Figura 04. Nesta pesquisa, não será dimensionado o filtro anaeróbio, pois não é uma etapa obrigatoriamente necessária.

Figura 4: Sistema Fossa séptica + Filtro + Sumidouro



Fonte: Adaptado de Ecocasa (2016)

O sistema individual mais popular utilizado é o conjunto de fossa séptica, sumidouro e filtro anaeróbio (quando solicitado), por ser uma alternativa economicamente satisfatória e de fácil acesso.

São unidades simples e econômicas de tratamento em nível primário nos quais ocorre simultaneamente, em câmara única ou em série, a sedimentação dos sólidos sedimentáveis e a digestão anaeróbia do lodo que permanece acumulado no fundo durante alguns meses, tempo suficiente para sua estabilização. Na superfície ficam retidos os sólidos não sedimentados como óleos, graxas, gorduras e outros materiais que formam a espuma, também decomposta anaerobiamente (FUNASA, 2015, p. 199).

A NBR 7229 (ABNT, 1993) define os sistemas de tanques sépticos como o conjunto de unidades destinadas ao tratamento e à disposição de esgotos, mediante utilização de tanque séptico e unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes e lodo.

A mesma norma também fixa as condições de projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado, tendo como objetivo preservar a saúde pública e ambiental, a higiene, o conforto e a segurança dos habitantes de áreas servidas por estes sistemas.

2.4.1 Fossa Séptica

A fossa ou tanque séptico são dispositivos cilíndricos, prismáticos ou retangulares, referentes à primeira parte do tratamento individual, onde as unidades de tratamento do esgoto são sedimentação, flotação e digestão. (ABNT, 1993).

Jordão e Pessoa (2011) caracterizam o processo utilizado para o tratamento do efluente em fases de funcionamento, sendo elas:

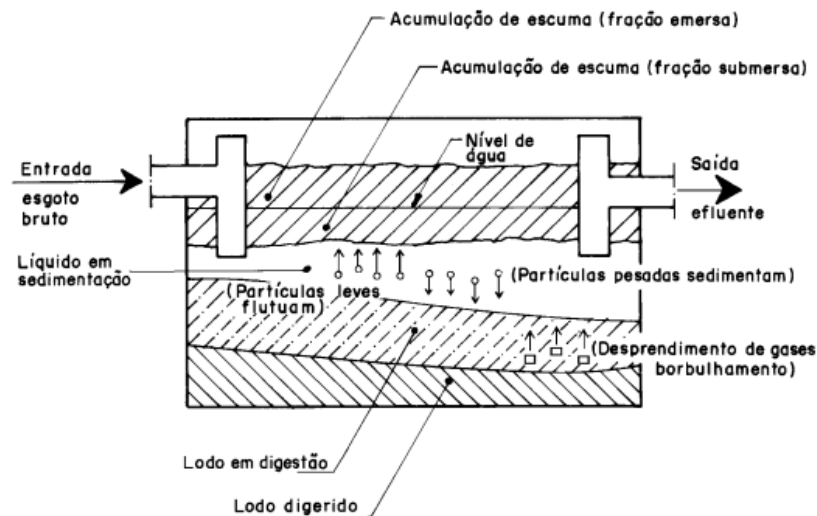
- Retenção do esgoto: o esgoto é detido na fossa por um período racionalmente estabelecido, que pode variar de 24 a 12 horas, dependendo das contribuições afluentes.
- Decantação do esgoto: sedimentação simultânea à fase anterior de 60 a 70% dos sólidos em suspensão, formando uma substância semilíquida denominada lodo.

Parte dos sólidos não sedimentados emerge e é retida na superfície livre do líquido, comumente chamado de espuma.

- Digestão anaeróbia do lodo: lodo e espuma são degradados por bactérias anaeróbias, provocando destruição total ou parcial do material volátil e dos organismos patogênicos.
- Redução do volume de lodo: os gases e líquidos formados no fenômeno anterior, tem seu volume reduzido e adquirem características que permitem que o efluente líquido da fossa séptica possa ser disposto em segurança.

A Figura 05 refere-se a um exemplo de como funciona este dispositivo.

Figura 5: Funcionamento de um tanque séptico



Fonte: adaptado da NBR 7229 (ABNT, 1993)

Segundo Nuvolari (2003), conforme a NBR 7229, o cálculo do volume total da fossa é o somatório dos volumes de sedimentação, digestão e acumulação do lodo, sendo obtido a partir da fórmula:

)

Onde:

V: Volume total;

N: Número de pessoas que irão contribuir;

C: contribuição por pessoa;

Td: tempo de detenção;

K: taxa de acumulação do lodo;

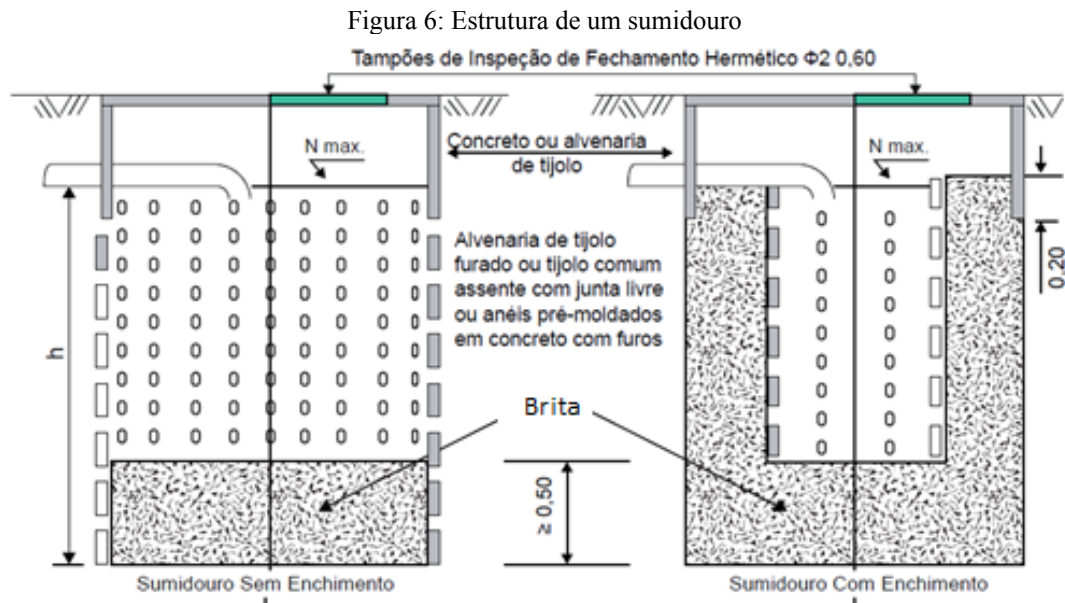
Lf: Contribuição do lodo fresco.

2.4.2 Sumidouro

O sumidouro é a alternativa mais simples para a disposição final dos efluentes que saem da fossa séptica. Seu uso é mais indicado em locais onde a capacidade de percolação do solo é elevada e onde o lençol freático é profundo, com uma distância mínima de 1,5 m do fundo do poço até o aquífero. (FUNASA, 2015).

São dispositivos de vida útil longa, devido à facilidade de infiltração do líquido praticamente sem resíduos sólidos. O seu dimensionamento deve ser determinado pelo índice de infiltração do solo, que pode ser calculado por meio de ensaios ou de acordo com sua provável constituição. (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

A Figura 06 representa a estrutura de um sumidouro:



Fonte: adaptado de FUNASA (2015)

Este sistema é usualmente utilizado em lugares em que a densidade de ocupação é baixa e que o solo possui boa capacidade de infiltração. No entanto, deve-se ter um cuidado especial com o afastamento do nível da água subterrânea, para que não ocorra o risco de contaminação da mesma, principalmente por microrganismos patogênicos. (VON SPERLING, 2005).

Para o cálculo do dimensionamento a área de infiltração, Jordão e Pessoa (2011) definem que o dimensionamento deve ser feito de acordo com as características de absorção do terreno e deve ser utilizada a seguinte fórmula para o cálculo da área de infiltração:

Onde:

A: área total de infiltração que é a soma da área do fundo do tanque mais a área das paredes;

Q: vazão do afluente em litros por dia, ou seja, o número de contribuintes, multiplicado pela contribuição diária;

Ci: coeficiente de infiltração do solo em litros por m^2 por dia.

2.5 TRATAMENTOS COLETIVOS DE ESGOTO SANITÁRIO

Os sistemas coletivos são indicados para os locais com elevada densidade populacional, como no meio urbano. Essa solução consiste em canalizações que recebem o lançamento dos esgotos, transportando-os até o local onde será realizado o tratamento e posteriormente feita a disposição final, de forma sanitariamente adequada.

São implantados com a finalidade de melhorar o bem-estar higiênico, social e econômico de uma população, por meio da erradicação de doenças ligadas aos recursos hídricos, há a melhoria da qualidade de vida e o aumento da produtividade geral. Fazem parte desse sistema as redes coletoras, os órgãos acessórios, a estação de tratamento de esgoto e o corpo receptor. (NUVOLARI, 2003).

Segundo Jordão e Pessoa (2011), os processos de tratamento dos esgotos são formados, em última análise, por uma série de operações unitárias, empregadas para a remoção de substâncias indesejáveis ou para a transformação destas substâncias em outras de forma aceitável.

O tratamento é feito na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que tem como função reduzir a carga poluidora do esgoto sanitário e a disposição final da matéria residual resultante do processo, conforme a NBR 12209 (ABNT, 1992).

De acordo com a FUNASA (2015), os tratamentos unitários podem ser divididos em:

- Preliminar: passagem do esgoto que chega a ETE por grades de ferro ou aço e pelo desarenador, sendo um processo exclusivamente físico para a remoção de sólidos grosseiros em suspensão e de materiais inertes e pesados, detritos (especialmente areia), que provêm de lavagem, enxurradas, infiltrações, águas residuárias das indústrias e outros.
- Primário: visa remover os sólidos em suspensão sedimentáveis, incluindo a parte da matéria orgânica em suspensão grossa, sendo predominante o mecanismo físico de sedimentação e a fase de digestão e estabilização da matéria orgânica sedimentada pela via anaeróbia.

- Secundário: o tratamento secundário, objetiva, principalmente, a remoção da matéria orgânica, eventualmente de micro-organismos e nutrientes como nitrogênio e fósforo, com predominância dos mecanismos biológicos (reações bioquímicas) nesses processos.
- Terciário: o tratamento terciário é utilizado para completar a remoção de poluentes não suficientemente reduzidos no nível secundário de tratamento e/ou a remoção de compostos não biodegradáveis, de nutrientes, de poluentes tóxicos e/ou específicos, de metais pesados, de sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes, e de micro-organismos patogênicos. Apenas em condições muito específicas no tratamento de esgotos domésticos ou quando se pretende utilizar o efluente do tratamento em algumas das formas de reuso de água, o grau de eficiência terciário é exigido.

Através da rede coletora pública, o esgoto sai das residências e chega à ETE, escoando normalmente com a ajuda da gravidade. O sistema de coleta é longo, pois o esgoto é recolhido por ramais prediais e conduzido para interceptores até chegar ao destino final, o que exige a realização de grandes obras subterrâneas ao longo das ruas. (CORSAN, s/d).

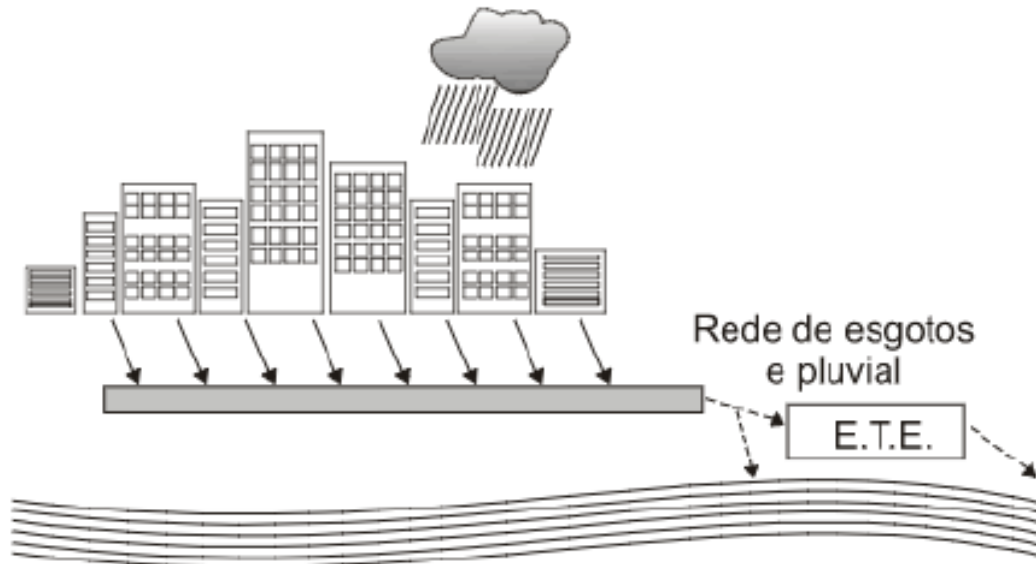
A ABNT (1986) regulamenta a construção das redes de esgoto por meio da NBR 9649, que fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto hidráulico de redes coletoras de esgoto, funcionando em lâmina livre, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário.

Quanto ao tipo de canalização, existem duas variantes: sistema unitário ou combinado e o sistema separador absoluto.

De acordo com Von Sperling (2005), no sistema unitário ou combinado, os esgotos sanitários e os efluentes pluviais são conduzidos ao seu destino final dentro da mesma canalização. Nesse sistema, as dimensões dos condutos são muito grandes, pois no dimensionamento da rede coletora deve ser prevista a precipitação máxima somada com a vazão dos esgotos sanitários.

Apesar do diâmetro das canalizações implicar em um custo de implantação elevado, ao comparar a construção desta com o custo de duas redes distintas o valor pode ser inferior (FUNASA, 2015). A Figura 07 representa um sistema combinado.

Figura 7: Sistema Unitário ou Combinado



Fonte: Tsutiya; Além Sobrinho (2000)

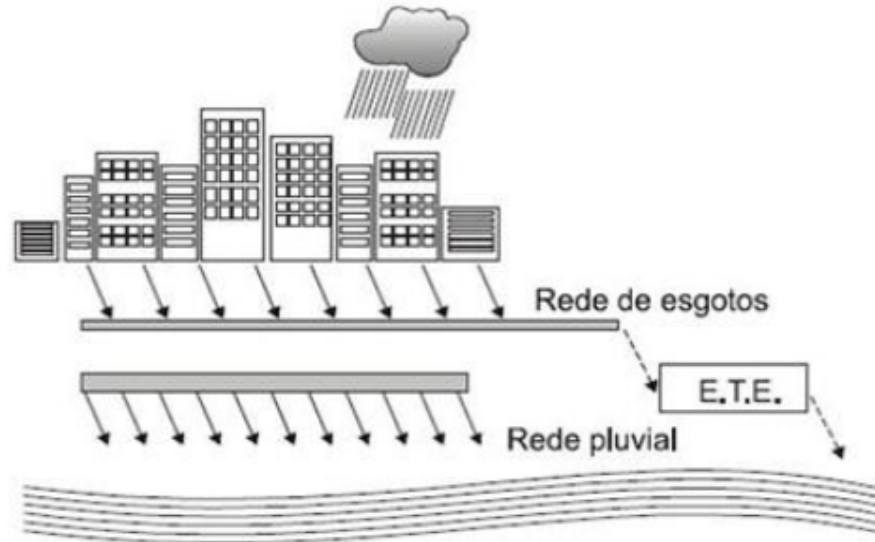
No sistema separador absoluto, os esgotos sanitários e as águas da chuva são conduzidos ao seu destino final em canalizações separadas (VON SPERLING, 2005). O custo de sua implantação é bastante reduzido, em virtude das seguintes razões (FUNASA, 2005):

- As águas pluviais não oferecem o mesmo perigo que o esgoto doméstico, podendo ser encaminhadas diretamente aos corpos receptores (rios, lagos e outros) sem tratamento, portanto, a canalização será projetada apenas para o esgoto doméstico.
- Nem todas as ruas de uma cidade necessitam de rede de drenagem pluvial. De acordo com a declividade das ruas, a própria sarjeta se encarregará do escoamento, reduzindo assim, a extensão da rede pluvial;
- O esgoto doméstico deve ter prioridade por representar um problema de saúde pública;
- O diâmetro dos coletores é reduzido, sendo estes de fabricação industrial e mais baratos;

- A ausência de águas pluviais permite a redução das dimensões das unidades de tratamento dos esgotos sanitários.

O funcionamento do sistema separador absoluto pode ser observado de acordo com a Figura 08.

Figura 8: Sistema Separador Absoluto



Fonte: Tsutiya; Além Sobrinho (2000)

Quanto à responsabilidade das obras, o município é o titular do serviço, no entanto, pode delegá-lo a uma empresa terceirizada por meio de concessão. Nesse caso, as empresas se tornam responsáveis pela instalação da rede e o proprietário é quem deve fazer a ligação da mesma com o imóvel. Para que o sistema funcione e que o investimento não seja em vão, é imprescindível que a população adira à rede.

2.6 IMPOSSIBILIDADE TÉCNICA DE LIGAÇÃO ÀS REDES DE EGOTO

Um dos principais obstáculos para a efetivação da universalização dos serviços de coleta de esgotos sanitários são as ligações domiciliares. Diversas situações podem ser responsáveis por essa dificuldade de conexão com a rede pública, por exemplo, a diferença topográfica de cota entre o imóvel e os coletores. Além disso, na concepção de projetos de redes de esgotos não são levados em conta situações específicas como essa. (OBRACZKA; LEAL, 2015).

A SABESP (2006), pela Norma técnica 025 que regulamenta os projetos de redes coletoras de esgoto no Estado de São Paulo, define que soleira negativa ocorre quando a cota de implantação do imóvel é inferior ao greide da via, no ponto de interligação do ramal à rede. Além disso, define que a cota da rede não deve ser aprofundada com a intenção de atender as economias abaixo do greide. Fator esse que poderia aumentar o valor das obras, por conta da altura de escavação e da necessidade da instalação de estações elevatórias.

Ainda, para Obraczka e Leal (2015), usualmente as concessionárias não se responsabilizam pelo atendimento destas economias com situações particulares, pois sua responsabilidade acaba na caixa de inspeção na calçada. No entanto, o não atendimento destes imóveis leva a consequências como o lançamento errôneo dos efluentes, principalmente direto aos corpos hídricos ou através dos sistemas de drenagem, poluindo o solo e os lençóis freáticos.

Com vistas a solucionar esse problema técnico, há alternativas que podem ser úteis, como o sistema de bombeamento, interligando a residência à rede coletora.

2.7 SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

Todas as vezes que, por algum motivo, não seja possível, sob o ponto de vista técnico ou econômico, o escoamento dos esgotos pela ação da gravidade, é necessário o uso de instalações que transmitam ao líquido, energia suficiente para garantir tal escoamento, como as estações elevatórias de esgoto. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000).

Esta situação pode ocorrer no sistema público de coleta, vinculado às redes coletoras, sendo necessário um sistema de bombeamento coletivo. E no caso de imóveis que apresentam impossibilidade técnica de conexão às caixas de ligação, demanda-se a implantação de estações de bombeamento individuais, ou seja, por lote.

O projeto de uma estação elevatória de esgotos coletiva, que atende certo número de residências, caracteriza-se por posicionar, na sala de bombas, os diversos componentes do sistema: as bombas, os motores, as tubulações, as válvulas, os registros e as peças especiais. Dele fazem parte um sistema de entrada com gradeamento para retirada de sólidos grosseiros e, preferencialmente, um desarenador para a proteção dos conjuntos moto bombas. Por este fato,

este tipo de instalação demanda mais custos do que aqueles que atendem a apenas uma residência. (FUNASA, 2015).

Tsutiya e Alem Sobrinho (2000) definem que os seguintes fatores limitantes devem ser considerados no projeto da estação:

- Vida útil das instalações, equipamentos e rapidez com que se tornam obsoletos;
- Maior ou menor dificuldade de ampliação das instalações;
- População futura e características de crescimento;
- Taxas de juros e amortização do financiamento;
- Nível econômico da população atendida;
- Facilidades ou dificuldades na obtenção de financiamento;
- Funcionamento da instalação nos primeiros anos, quando trabalha com folga.

Para uma residência, onde a vazão de esgoto não é muito grande, podem-se utilizar micro elevatórias de esgoto. Delas fazem parte um poço de coleta, tubulação interna, válvulas e controle de nível. (CESAN, 2016).

Atualmente existem diversos tipos de bomba no mercado, porém para os sistemas de esgoto sanitário, de acordo com a FUNASA (2015), usualmente são utilizadas:

- a) Bombas centrífugas: podendo ser convencionais, de rotor recuado, submersíveis autoescorvantes;
- b) Bombas de deslocamento positivo: podendo ser parafuso, de cavidade progressiva, de pistão e outros tipos de bombas, como as bombas tipo turbina ou tipo hélice. São utilizadas nas estações de tratamento de esgoto, porém limitadas ao bombeamento de água.

A bomba centrífuga é o modelo mais simples e mais utilizado. Seu nome é dado porque a energia centrífuga é a maior responsável pela energia que o líquido ganha ao passar pela bomba, transformando a energia mecânica da rotação das pás do rotor em energia cinética, ou seja, de movimento. (MACINTYRE, 2013).

Para imóveis de pequeno e médio porte é comum o uso de estações elevatórias onde o conjunto motor-bomba esteja submerso. Assim sendo, são instalações mais simplificadas, que requerem menor área para instalação e não exalam odores sensíveis. O custo global destas instalações é reduzido, quando comparado com outros tipos de bomba. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000).

A potência de uma estação elevatória é calculada de acordo com a altura manométrica (Hm) do sistema. Essa representa o trabalho total realizado pelo conjunto para elevar o líquido ao nível desejado. (NUVOLARI, 2003).

Para Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), a altura manométrica de um sistema que possui uma bomba centrífuga é dada por uma expressão que leva em consideração os seguintes parâmetros:

- Capacidade ou vazão de bombeamento: volume de líquido bombeado por unidade de tempo;
- Altura manométrica de sucção (Hs): altura geométrica de sucção (H_{g,s}), que é a diferença de altura entre o nível de água do poço de sucção e a linha de centro da bomba menos o somatório das perdas de carga na tubulação de sucção (ΔH_s);
- Altura manométrica de recalque (Hr): altura geométrica de recalque (H_{g,r}), que é diferença de altura entre a linha de centro da bomba e o nível do líquido superior menos o somatório das perdas de carga na tubulação de recalque (ΔH_r);
- Carga de velocidade ou carga cinética: é a energia cinética contida no líquido bombeado.

2.8 IMPACTOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DA MÁ DESTINAÇÃO FINAL DOS ESGOTOS

O instinto e a necessidade que levam o homem a se fixar próximo às fontes de energia e muitas vezes transportá-la de longas distâncias, não lhe figuram igualmente importantes no momento de medir a necessidade de afastar ou condicionar os resíduos refugados pelo organismo e pela própria comunidade. (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

As definições de saúde, saneamento e meio ambiente estão intimamente vinculadas, sendo o esgoto um dos resíduos geradores de poluição que deve ser controlado, visando evitar ou minimizar os efeitos deletérios sobre a saúde, o ambiente e o desenvolvimento econômico e social de uma localidade, região ou país. Portanto, a importância dos cuidados no afastamento seguro, no tratamento e na disposição final dos esgotos abrange aspectos sanitários, econômicos e ambientais. (FUNASA, 2015).

A Lei Federal 6.938 de 1981, que dispõe a Política Nacional do Meio Ambiente, define como poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Para Jordão e Pessoa (2011), o lançamento indiscriminado dos esgotos nos corpos d'água, sem tratamento, pode causar vários inconvenientes, que se apresentam com maior ou menor importância de acordo com os efeitos adversos que podem causar aos usos benéficos das águas. Eles são citados como:

- 1- Matérias orgânicas solúveis: causam a depleção do oxigênio contido nos rios e estuários.
- 2- Matérias orgânicas solúveis: produzem gostos e odores às fontes de abastecimento de água.
- 3- Matérias tóxicas e íons de metais pesados: apresentam problemas de toxidez e transferência através da cadeia alimentar.
- 4- Cor e turbidez: indesejáveis do ponto de vista estético.
- 5- Elementos nutritivos (nitrogênio e fósforo): aumentam a eutrofização dos lagos e dos pântanos.

- 6- Materiais refratários: formam espumas nos rios e não são removidos nos tratamentos convencionais.
- 7- Óleo e materiais flutuantes: indesejáveis esteticamente, interferem na decomposição biológica.
- 8- Ácidos e álcalis: interferem na decomposição biológica e com a vida aquática.
- 9- Substancias que produzem odores na atmosfera: produção de sulfeto e gás sulfídrico.
- 10- Matérias em suspensão: formam bancos de lama nos rios e nas canalizações de esgoto.
- 11- Temperatura: poluição térmica conduzindo ao esgotamento do oxigênio dissolvido.

A FUNASA (2015, p.178) discorre sobre os benefícios da disposição final adequada dos esgotos:

No aspecto sanitário, o destino adequado dos esgotos é essencial para a saúde pública, objetivando o controle e a prevenção de doenças relacionadas, por meio de soluções que busquem eliminar focos de contaminação e poluição. Desta maneira seriam evitadas a poluição do solo e a degradação dos mananciais de abastecimento de água e o contato de vetores com as fezes; seriam melhoradas as condições sanitárias locais e reduzidos os gastos públicos com campanhas de imunização e/ou erradicação de moléstias endêmicas ou epidêmicas.

No aspecto do desenvolvimento econômico e social, os fatores relacionados ao saneamento interferem no aumento da vida média do homem, pela redução da mortalidade em consequência da redução dos casos de doenças; na diminuição das despesas com o tratamento de doenças evitáveis; na redução do custo do tratamento da água de abastecimento, devido à melhor qualidade da água bruta, pela prevenção da poluição dos mananciais; no controle da poluição das praias e dos locais de recreação com o objetivo de promover o turismo; na preservação da biota aquática, especialmente os criadouros de peixes; com a obtenção de maior disponibilidade hídrica para a instalação de indústrias devido à conservação dos recursos naturais.

No aspecto ambiental, as soluções sustentáveis para o tratamento e disposição final dos esgotos são importantes para evitar que:

- Substâncias presentes nos esgotos exerçam ação deletéria nos corpos de água. A matéria orgânica pode causar a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água, provocando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e exalação de odores desagradáveis;
- Detergentes presentes nos esgotos provoquem a formação de espumas em locais de maior turbulência da massa líquida;
- Defensivos agrícolas determinem a morte de peixes e outros animais;
- Nutrientes presentes possibilitem a aceleração da eutrofização dos corpos de água, pelo crescimento excessivo de algas, que conferem odor, gosto e introduzem biotoxinas ao meio;
- Inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas (areias) presentes na água produzam assoreamento e tragam problemas estéticos desagradáveis pela degradação da paisagem.

Sobre o modelo de esgotamento individual, apesar de ser altamente utilizado e ter custo reduzido, percebe-se que o sistema individual pode acarretar alguns problemas de salubridade ambiental. O efluente gerado pelo imóvel pode ter a tendência de contaminar os lençóis de água subterrânea por meio da percolação ou até da escavação inadequada de poços artesianos. (TUCCI, 2005).

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos (GIL, 2002, p. 17). Assim, a pesquisa é necessária de ser elaborada quando os conhecimentos e informações disponíveis não atendem adequadamente um problema.

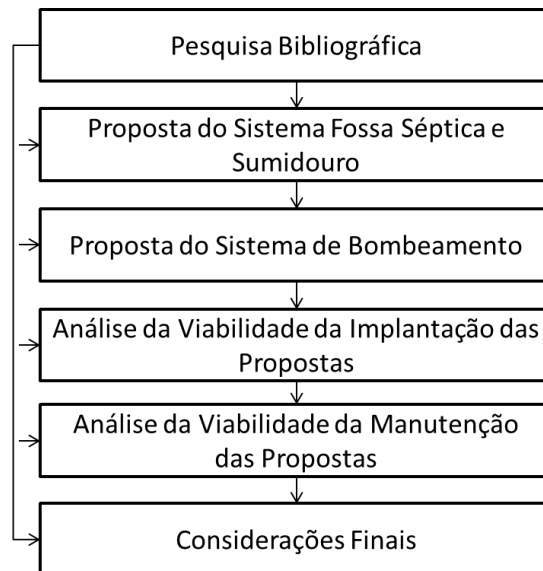
Para Gil (2002), a pesquisa pode ser classificada como razões de prática, onde se busca encontrar o conhecimento para realizar algum processo de forma mais eficiente ou eficaz.

Desse modo, esse trabalho se trata de uma pesquisa sobre o conhecimento já existente sobre o assunto, apresentando duas propostas distintas como solução de um problema. Por fim, será realizada uma análise racional da viabilidade das mesmas, levando em conta aspectos econômicos e ambientais.

3.2 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado seguindo o caminho apresentado na Figura 09:

Figura 9: Exemplo de delineamento de pesquisa



Fonte: Autoria própria

A pesquisa bibliográfica foi realizada de forma mais intensiva durante os primeiros meses da elaboração do projeto, porém seguiu sendo revisada simultaneamente nas demais etapas. Foram utilizados conceitos retirados de livros, normas, manuais, dissertações e artigos científicos. Nessa parte são introduzidos assuntos relevantes que ressaltam a importância da necessidade de propor a solução para o problema em questão, bem como considerações sobre os modelos que serão apresentados.

A proposta do sistema de Fossa Séptica e Sumidouro usa como base o dimensionamento das unidades exigido em norma e apresenta uma alternativa no local para a solução do problema. A proposta do sistema de Bombeamento também utiliza o dimensionamento previsto em norma, porém apresenta uma solução de afastamento dos resíduos.

Seguidamente apresenta-se a análise dos custos de implantação e manutenção de cada proposta, em que se pretende identificar as vantagens e desvantagens de cada uma. Por fim, estão dispostas as considerações finais e a apresentação dos resultados.

4 APRESENTAÇÃO DO IMÓVEL

Para que possa ser feito o dimensionamento dos sistemas propostos, é necessário que seja apresentado um caso a ser estudado. Assim sendo, foi desenvolvido um projeto de uma residência de um pavimento, possuindo dois dormitórios, um banheiro, cozinha, área de serviço e sala de estar e jantar. A planta baixa cotada, com as dimensões de cada cômodo, está apresentada a seguir na figura 10.

Figura 10: Planta Baixa do imóvel



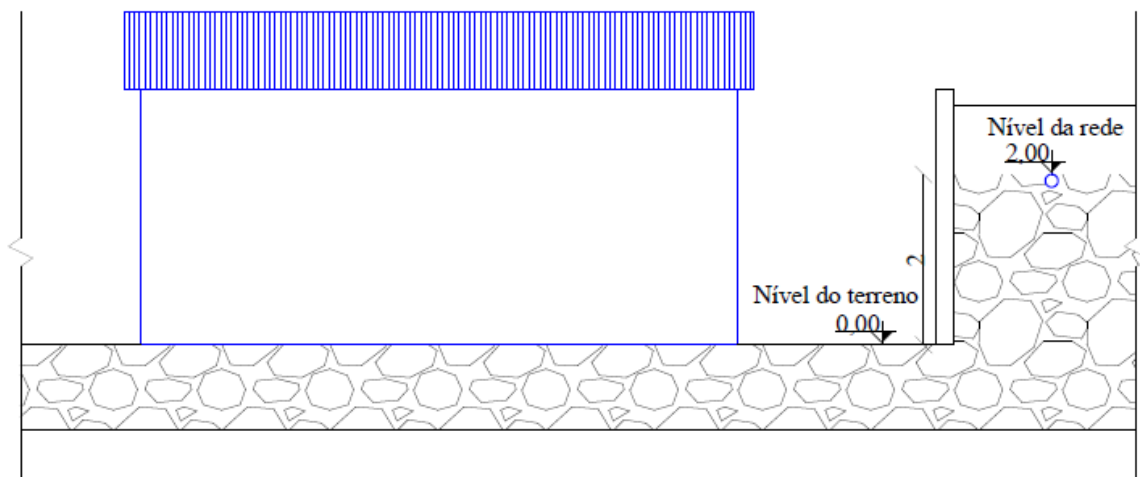
Fonte: Autoria própria

O dimensionamento do imóvel se deu por ser um formato muito comum no Brasil, tendo sido construídas muitas deste modelo nos últimos anos. Serão adotados cinco habitantes neste

imóvel para o cálculo da contribuição de despejos, sendo eles dois por dormitórios e um adotado para a sala.

Ainda, é necessária a apresentação de uma fachada esquemática que represente a diferença de nível entre o terreno e a rua, para o posterior dimensionamento da bomba. A Figura 11 a seguir representa a soleira negativa.

Figura 11: Fachada da lateral do imóvel



Fonte: Autoria própria

5 PROPOSTA DO SISTEMA DE FOSSA SÉPTICA E SUMIDOURO

5.1 DIMENSIONAMENTO DA FOSSA SÉPTICA

Para o dimensionamento da fossa séptica será utilizada como base a NBR 7229 (ABNT, 1993) que regulamenta os procedimentos de Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanque Séptico.

O cálculo do volume útil necessário para a fossa séptica, V , é calculado a partir da seguinte fórmula:

N é o Número de pessoas ou unidades de contribuição, no caso deste projeto o número de habitantes da residência, já mencionado anteriormente como sendo cinco pessoas.

C_d é a contribuição diária de esgoto em litros/dia por habitante, adotada de acordo com a tabela 1 da Norma utilizada para o dimensionamento.

L_f é a contribuição diária de lodo fresco e é estabelecida na mesma tabela, apresentada a seguir na Tabela 1.

Tabela 1: Contribuição Diária e Lodo Fresco

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (L _f)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1

Fonte: Adaptado de ABNT (1993)

T é o Tempo de detenção dos despejos, em dias, calculado de acordo com a tabela 2 da Norma que utiliza também o valor da contribuição diária que é $C_d \times N$, ou seja, 130×5 , que totaliza 650 l/dia. A Tabela 2 apresenta as informações da Norma quanto ao tempo de retenção.

Tabela 2: Tempo de Retenção

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: Adaptado de ABNT (1993)

K é a Taxa de acumulação total de lodo, em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio. Adotou-se um intervalo de limpeza de dois anos e a temperatura do mês mais frio entre 10 e 20 graus. O valor de K é encontrado na tabela 3 da NBR 7229, representado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Taxa de acumulação total de Lodo

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: Adaptado de ABNT (1993).

Para tanto, o Volume Útil da fossa séptica deve ser de:

N: 5 pessoas

Cd: 130l/dia

T: 1 dia

K:105 dias

Lf: 1

Ou

A ABNT (1993) ainda prevê na NBR 7229, a profundidade mínima e máxima para o tanque, de acordo com a tabela 4 apresentada a seguir:

Tabela 4: Tabela 3 NBR 7229

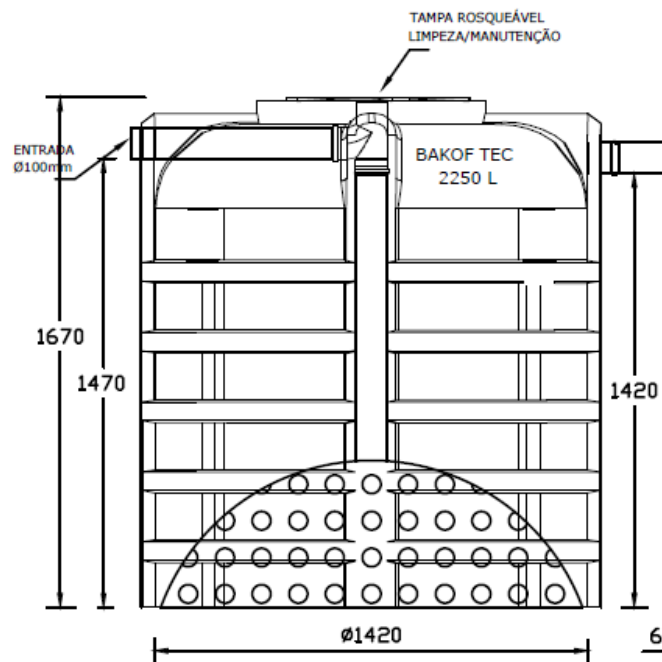
Volume útil (m ³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: Adaptado de ABNT (1993).

5.2 ESCOLHA DA FOSSA

Para este projeto foi escolhido um modelo de fossa séptica pré-fabricado, feito do material Polietileno de Média Densidade (PMD) da marca Bakof Tec de 2250 litros por ser o modelo que mais se aproximava do volume calculado no item anterior. De acordo com as especificações de projeto do equipamento, as dimensões do mesmo são de 1,47m de diâmetro e 1,67m de altura. A figura 12 apresenta o dimensionamento de uma fossa séptica, denominada na imagem como reator anaeróbio, com filtro biodigestor anaeróbio. No caso desse projeto, o filtro será desprezado.

Figura 12: Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio



Fonte: Bakof Tec (s/d)

5.3 DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO

De acordo com Jordão e Pessôa (2011), o dimensionamento do sumidouro deve ser feito de acordo com as características de absorção do terreno e deve ser utilizada a seguinte fórmula para o cálculo da área de infiltração:

Onde:

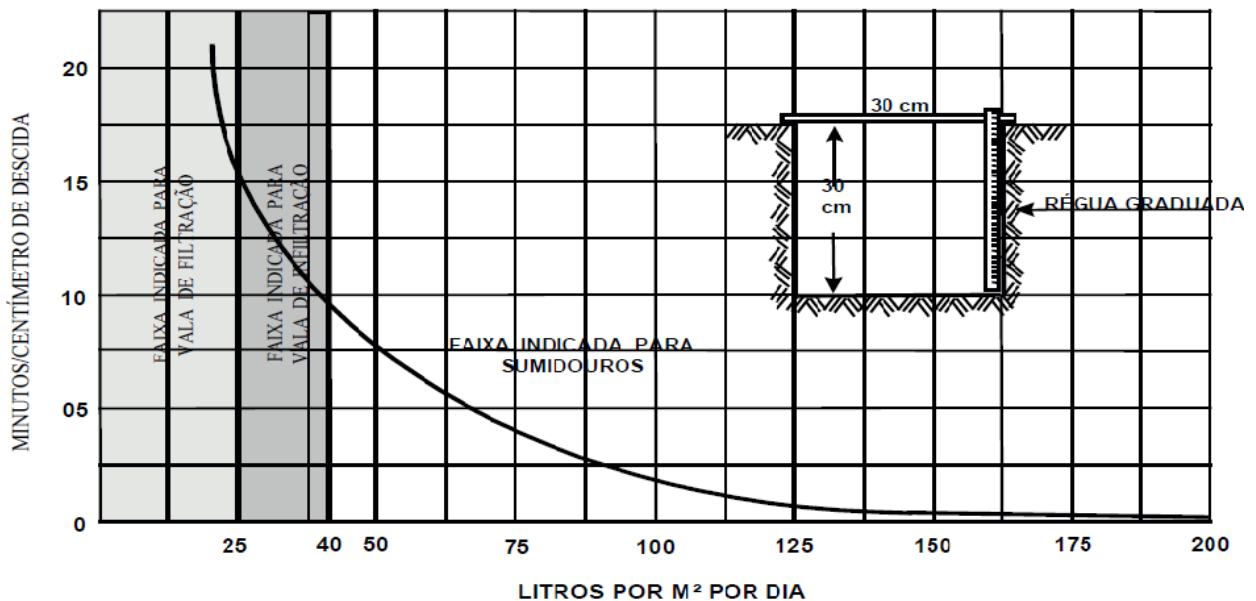
A é a área total de infiltração;

Q é a vazão do afluente em litros por dia, ou seja, o número de contribuintes, 5 pessoas, multiplicado pela contribuição diária, 130 litros.

Ci é o coeficiente de infiltração do solo em litros por m² por dia. No caso desse projeto adotou-se 40l/m²/dia, por ser o valor mínimo indicado para o uso do sumidouro. Valores abaixo deste indicam que é melhor o uso de outro tipo de disposição final.

De acordo com o gráfico a seguir, o valor do coeficiente de infiltração é dado em relação ao tempo de descida do líquido no ensaio de permeabilidade dos solos, que pode ser observado na Figura 13.

Figura 13: Permeabilidade do solo indicada para cada tipo de dispositivo



Fonte: FUNASA (2015).

Portanto resulta em:

O diâmetro adotado para o sumidouro é de 1,20 metros. Usar-se-á a área do fundo e das paredes como de infiltração. A área do fundo é A_f e a das paredes é A_p , portanto a área total é igual a soma das duas. O raio é 0,60m.

Para efeito de cálculo dos custos da construção do sumidouro será adotada a altura de 5 metros. Assim sendo, as dimensões do sumidouro serão de 1,20m de diâmetro e 5,0m de profundidade.

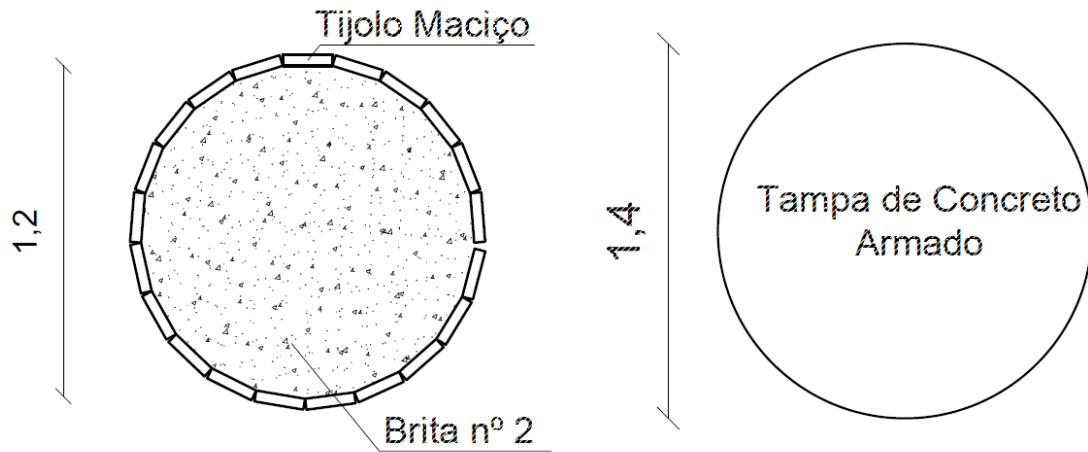
No fundo do mesmo, foi previsto 1,5 metros de brita nº2, que, multiplicado pela área de fundo, resulta em 1,70 m³ de brita.

Para a construção das paredes serão utilizados tijolos maciços, espaçados entre si com juntas secas, sem argamassa, dispostos radialmente na extensão do poço.

O fechamento será feito por uma tampa de concreto armado de 10 cm de espessura e 1,40 metros de diâmetro.

A vista de cima do sumidouro, com e sem tampa, pode ser observada na figura 14 a seguir.

Figura 14: Sumidouro



Fonte: Autoria Própria (2018).

5.4 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Para o cálculo dos custos de implantação da fossa séptica e do sumidouro foi feita uma tomada de preços dos materiais utilizados na cidade de Ijuí, Rio Grande do Sul e da tabela de composição de custos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), referente ao mês de março de 2018.

A Tabela 5 apresenta o orçamento para a compra da fossa séptica na cidade de Ijuí.

Tabela 5: Tabela de Custos da Fossa Séptica

Fossa Séptica Polietileno marca BakofTec	PREÇO
Empresa A	R\$ 1.590,00
Empresa B	R\$ 1.623,00
Empresa C	R\$ 1.623,00
PREÇO MÉDIO	RS 1.612,00

Fonte: Autoria própria

A Tabela 6 apresenta o orçamento dos custos necessário para a implantação do sumidouro de acordo com o SINAPI.

Tabela 6: Tabela de Custos Para o Sumidouro

Descrição	Unidade	Preço
Sumidouro h=5,0m com tijolos maciços a crivo argamassado de diâmetro 1,20m e tampa de concreto armado de 1,40m de diâmetro	1	R\$ 1.224,93

Fonte: Aatoria própria

A tabela 7 apresenta a pesquisa do preço médio necessário para a compra da brita nº2, que será colocada no fundo do poço.

Tabela 7: Tabela de Custos Para a Brita nº2

Brita nº2 – 2m³	PREÇO POR m³	PREÇO TOTAL
Empresa X	R\$ 77,98	R\$ 155,96
Empresa Y	RS 56,95	R\$ 113,90
Empresa Z	R\$ 58,00	R\$ 116,00
PREÇO MÉDIO	R\$ 64,31	R\$ 128,62

Fonte: Aatoria

Dessa forma, foi elaborada uma tabela final com a composição de todos os valores médios encontrados para cada insumo, contabilizando o valor total do custo de implantação do sistema, apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Custos Totais do Sistema de Fossa Séptica e Sumidouro

Insumo	Quantidade	Preço unitário	Preço Total
Fossa Séptica	1	RS 1.612,00	RS 1.612,00
Sumidouro	1	R\$ 1.224,93	R\$ 1.224,93
Brita nº2	2m ³	R\$ 64,31	R\$ 128,62
Total	-	-	R\$ 2.965,55

Fonte: Aatoria própria

5.5 CUSTOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Quanto à manutenção, o sistema apresentado necessita apenas que seja feita a limpeza da fossa séptica para a retirada do lodo acumulado no fundo em certo intervalo de tempo. De acordo com o que já foi decidido nos itens anteriores e de acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993), o intervalo de limpeza da fossa séptica adotado é de dois anos.

O custo do processo de limpeza será calculado de acordo com o que se pratica no município de Ijuí – RS, onde estão sendo calculados os valores de implantação do sistema. O serviço é realizado pela parceria entre o Poder Público Municipal e a CORSAN, concessionária de abastecimento de água e esgoto sanitário que atua no município. Assim, o valor para remoção de uma carga de volume 5 (cinco) m³ é de uma Unidade Fiscal, que no ano de 2018 é de R\$ 99,34.

Considerando isso, para fins de comparação com a outra proposta, o valor da limpeza da fossa será dividido por dois, chegando assim em um custo anual de R\$ 49,67.

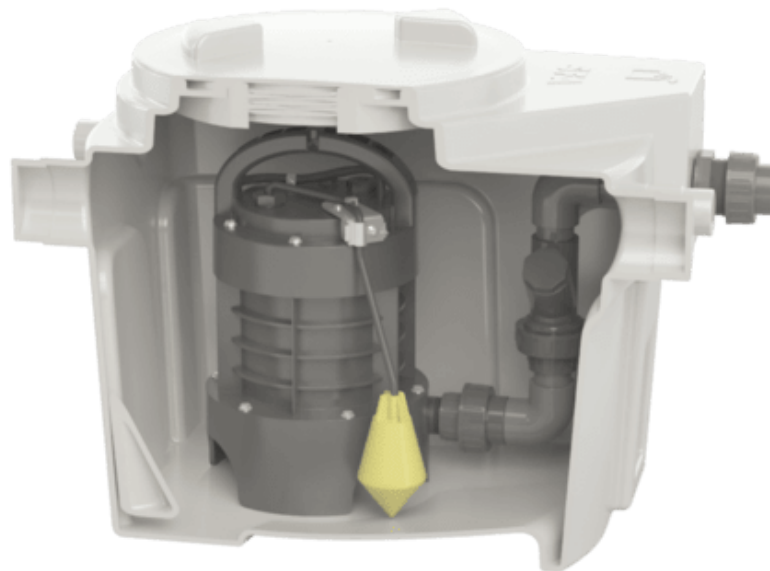
6 PROPOSTA DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO

De acordo com a NBR 7229, ABNT (1993), a contribuição de esgoto por pessoa em um dia, para uma residência de padrão médio é de 130 l/dia. O número de habitantes do imóvel analisado é de 5 pessoas, portanto o volume de esgoto V é:

6.1 ESCOLHA DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Para a seguinte proposta foi escolhida uma estação elevatória de águas residuais da marca Sanifos por ser a que apresentou menor valor de venda e por ser de pequeno porte. O modelo é o Sanifos 110, que possui um tanque de 110 litros, uma bomba submersa, responsável pelo bombeamento do líquido e chave-bóia para ligar e desligar o motor. Pode-se observar uma imagem ilustrativa de um corte transversal da estação na figura 15.

Figura 15: Imagem Ilustrativa da Estação Elevatória Sanifos 110



Fonte: Sanifos (s/d).

A Figura 16 apresenta a vista lateral do tanque e suas dimensões.

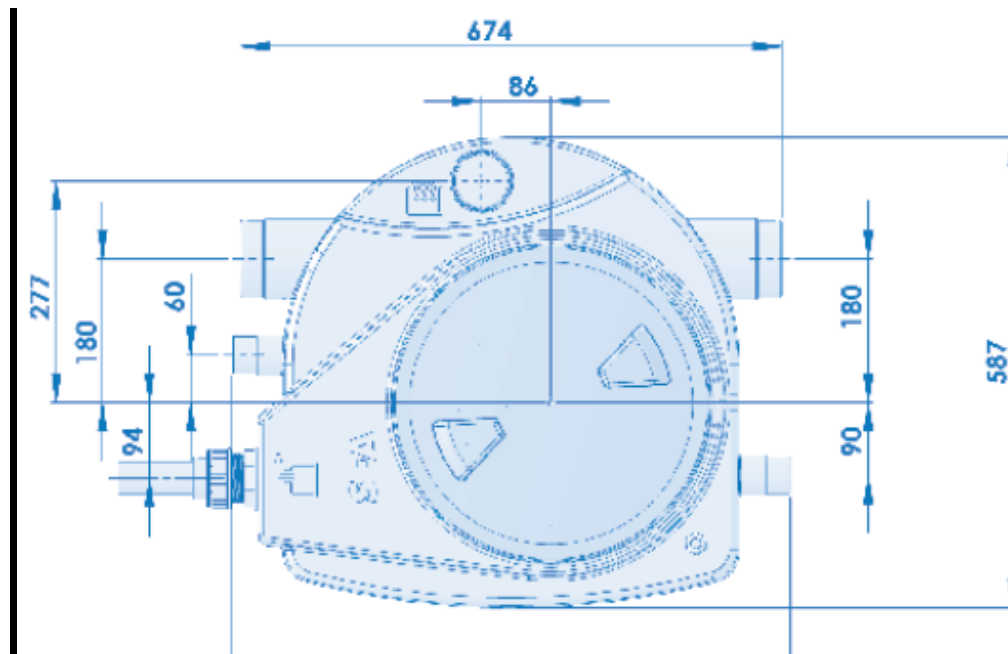
Figura 16: Vista Lateral da Estação Elevatória Sanifos 110



Fonte: Sanifos (s/d).

A Figura 17 apresenta a vista de cima do tanque e suas dimensões.

Figura 17: Vista do topo da Estação Elevatória Sanifos 110



Fonte: Sanifos (s/d).

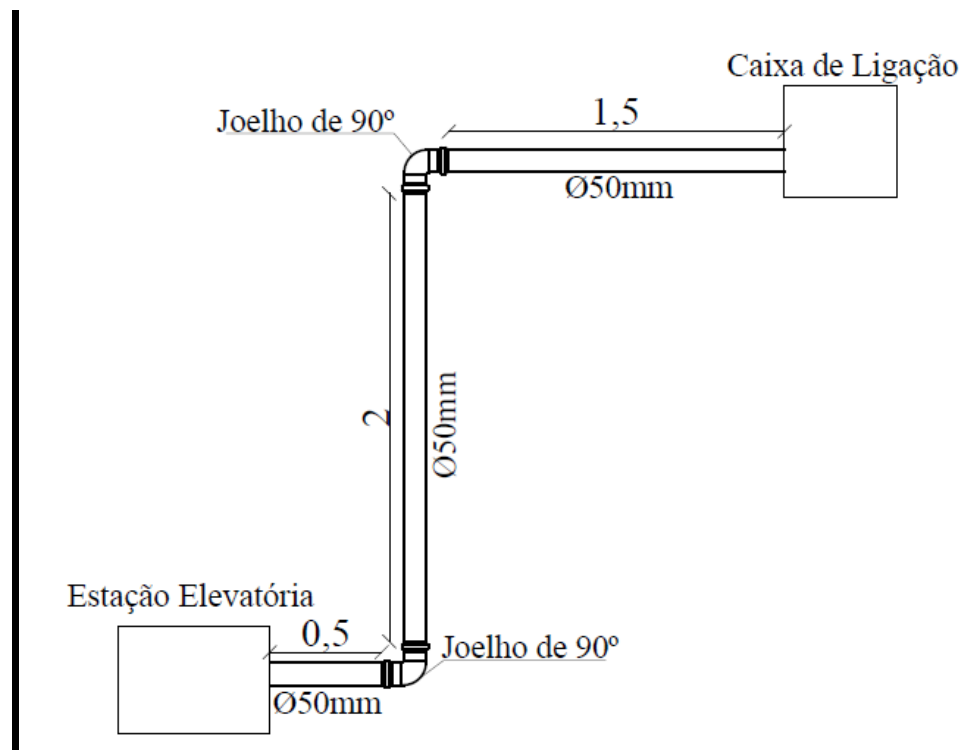
A escolha foi feita, pois o modelo foi desenvolvido justamente para bombear águas residuais em instalações abaixo do nível de coleta. Além disso, a bomba possui um sistema de trituração de sólidos de alto rendimento, evitando entupimento e bloqueio do fluxo.

A bomba presente na Estação Elevatória é monofásica, funcionando na voltagem de 220 Volts, e tem 2 CVs de potência. O funcionamento da bomba é ativado quando certo nível de água é detectado pela chave-boia, recalcando o efluente pela tubulação e assim que o nível mínimo de reservação for atingido, automaticamente é desligada. O intervalo de funcionamento da bomba se inicia quando atinge 32 centímetros de altura e encerra quando chega aos 12 cm, sendo esses, respectivamente, os níveis máximo e mínimo de operação do sistema.

6.2 DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO

Para o dimensionamento preliminar foi feito um desenho esquemático onde pode-se observar um esboço da ligação da bomba com a caixa de ligação com a rede de esgoto, representado na Figura 18.

Figura 18: Ligação da estação elevatória à caixa de ligação



Fonte: Autoria própria

Conforme sugestão observada em Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), a tubulação de recalque deve estar entre 25 e 50 mm para redes coletoras deste tipo. Além disso, de acordo com o indicado no manual da estação elevatória para a tubulação de recalque o diâmetro deve ser de 50mm.

Ao relevar que a rede pressurizada conduz o esgoto sanitário em seção cheia da tubulação, a adoção de diâmetros nominais (DN) menores do que 100 mm, considerado este o DN padrão mínimo para esgoto sanitário, é admissível, haja vista a necessidade de guardar proporção com a velocidade de recalque.

O material sugerido para a tubulação interna é o plástico, equivalente ao utilizado nas redes coletoras implantadas nas vias. A distâncias horizontal e vertical adotada é de 2 metros, apresentando também duas peças especiais que são os joelhos de 90°. Admite-se o passeio de vias locais de 1,5 m, totalizando a distância horizontal de 2 m.

Pelo fato de ser uma bomba submersa que não possui tubulação de sucção, o valor da altura manométrica de sucção (H_s) será nulo. Assim sendo, será calculada apenas a altura manométrica de recalque, que nada mais é do que a soma da altura geométrica de recalque adicionada da perda de carga nesta tubulação (ΔH_r).

A altura manométrica (H_m) deste projeto será calculada pela equação a seguir, apresentada por Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), que foi adaptada pois a altura manométrica de sucção é nula:

Para Azevedo Netto et al. (1998), as perdas de carga a serem consideradas são: unitária, perdas contínuas ao longo da tubulação; localizadas e calculadas de acordo com as peças especiais presentes no sistema.

A perda de carga unitária pode ser calculada pela fórmula de Hazen Willians (AZEVEDO NETTO et al., 1998).

Sendo:

J: perda de carga unitária, dada em m/m;

Q: vazão de esgoto que é $0,65\text{m}^3/\text{dia}$ ou m^3/s ;

C: coeficiente adimensional que depende da natureza do tubo, que para PVC é 140;

D: diâmetro da tubulação, em metros, ou seja, $0,05\text{m}$.

Portanto:

m/m

Além disso, é necessário multiplicar este valor pelo comprimento (L) da tubulação, que é 4 metros. Assim, obtemos:

h_{r1} : perda de carga distribuída;

L_{real} : é o comprimento real da tubulação;

J: perda de carga por metro.

m/m

m

Quanto à perda de carga, Azevedo Netto et al. (1998), apresentam uma tabela com valores de comprimentos equivalentes para perdas de carga por peça, baseado nas fórmulas de Darcy para cada diâmetro da tubulação. Como será utilizada a de 50 mm, cada cotovelo de 90° de raio médio possui comprimento equivalente de 1,4 metros, totalizando 2,8m.

Portanto, a perda de carga originada pelas peças especiais será:

Onde:

h_{r2} : perda de carga individual;

$L_{virtual}$: é o comprimento equivalente calculado para cada peça;

J : perda de carga por metro.

m/m

m

Para o cálculo da perda de carga total (ΔH_r), é necessário, então, que seja feita a soma da carga distribuída e da localizada.

m

Pelo fato de apresentar um valor desprezível, não será considerada a perda de carga. Por conseguinte, a altura manométrica total de recalque será simplesmente a diferença de nível entre a saída da bomba e a chegada à caixa de ligação. m

As cargas das velocidades ou cargas cinéticas, tanto de recalque como de sucção, que também fazem parte do cálculo da altura manométrica, são calculadas pelas fórmulas:

e

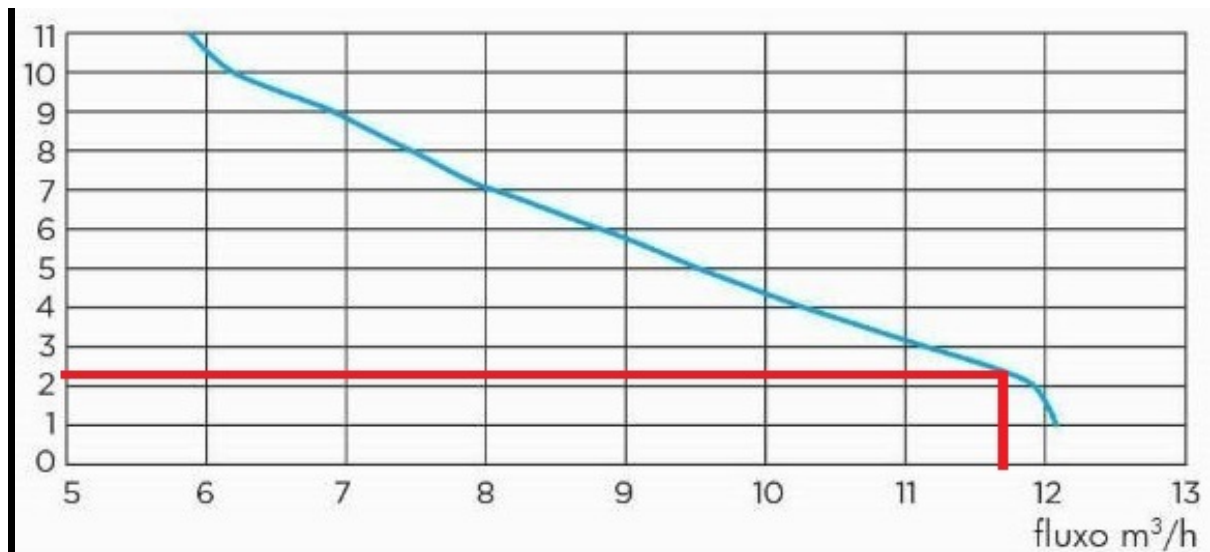
Onde g é o valor da aceleração da gravidade, adotado $9,81 \text{ m/s}^2$. V_r e V_s são as velocidades de recalque e sucção da tubulação e têm seus valores recomendados por Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), como:

- V_r : de 0,6 a 3,0 m/s, sendo utilizado o valor máximo;
- V_s : de 0,6 a 1,5 m/s, sendo utilizado o valor máximo.

Portanto, a altura manométrica total é:

De posse dessa informação, pode-se encontrar a vazão da bomba, a partir de um gráfico apresentado pelo fabricante que mostra a curva de potência da bomba. A altura manométrica está representada no eixo vertical, enquanto o fluxo é representado em m^3/h no eixo horizontal. O valor encontrado é de $11,7\text{m}^3/\text{h}$. A figura 19 apresenta o gráfico já marcado com a altura do projeto.

Figura 19: Gráfico da curva de potência da bomba



Fonte: Sanifos (s/d).

Como o volume (V) do imóvel é de $0,65 \text{ m}^3$ em um dia, o tempo (t) estimado de funcionamento da bomba será definido pela fórmula do cálculo da vazão (Q_{bomba}).

0,055 horas/dia

Portanto, a bomba irá trabalhar ao todo 0,055 hora por dia, para bombear 650 litros diariamente, representando 3,30 minutos de funcionamento.

A operação em curto espaço de tempo deve-se ao fato de que a bomba submersa adotada, bem como as semelhantes a essa ofertadas no mercado, tendem a operar com vazões maiores. Por isso, em se tratando de residências com poucos usuários de água, o sistema não necessita operar 24 horas todos os dias, ficando limitado a pequenos períodos diários.

6.3 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Para o cálculo dos custos de implantação do sistema, foi realizada uma pesquisa no site do próprio fabricante que apresenta um custo de R\$ 3.599,00 (três mil quinhentos e noventa e nove reais) para a compra da estação completa.

Pelo fato de ser comprada diretamente do fabricante e os modelos existentes no mercado não serem iguais ao estudado, houve dificuldade de realizar uma comparação direta entre fornecedores. O custo do frete para o transporte do local de fabricação do produto até o imóvel, é oferecido pela empresa sem custos adicionais.

Assim sendo, o custo total de implantação do sistema é de R\$ 3599,00.

6.4 CUSTOS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA

De acordo com o manual de instalação de Estações Elevatórias para águas residuais, a potência do motor é de 1500 W, ou seja, 1,5 kW. Além disso, já foi mencionado anteriormente que a bomba opera 0,055 horas por dia. Portanto, multiplicando a potência pela quantidade de horas ativas por dia, obtém-se o consumo diário de energia, que é 0,082 kWh.

Para o cálculo dos custos de funcionamento do sistema será utilizado o preço do kWh do município de Ijuí, referente ao mês de abril de 2018, que é R\$ 0,49732. Assim sendo, por dia de funcionamento da bomba, são gastos R\$ 0,41 (quarenta e um centavos).

O fato de o tanque da bomba possuir apenas 110 litros de volume e as águas residuais provenientes das necessidades fisiológica dos seres humanos gerarem um consumo diário de 650

litros, faz-se necessário que a bomba funcione durante todos os dias do ano, pois não é possível que todo esse consumo seja armazenado.

A Tabela 9 apresenta as informações e o valor final do custo anual.

Tabela 9: Quadro de custos de funcionamento do sistema

kWh por dia	Preço do kWh	Valor gasto por dia	Valor gasto em um ano
0,082	RS 0,49732	R\$ 0,041	R\$ 14,98

Fonte: Aatoria própria

Assim sendo, deve-se multiplicar o custo, em reais, gasto por dia, pelos 365 dias. O valor total gasto anualmente em energia elétrica, então, é de R\$ 14,98.

6.5 CUSTOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA

O manual de instalação da Sanifos (s/d) pede que, para o melhor funcionamento e nível de desempenho duradouro do sistema, a manutenção seja feita uma vez por ano, com equipamento e pessoal qualificado.

Uma empresa que presta serviços de manutenção e consertos de bombas na cidade de Ijuí, foi contatada para que se chegasse a um orçamento médio dos serviços de manutenção. De acordo com a mesma, na manutenção preventiva geralmente é realizada a troca de algumas peças, borrachas e rolamentos, porém o valor é variável, mas geralmente os custos ficam em torno R\$ 250,00.

Para tanto, o custo anual de manutenção do sistema é de R\$ 250,00.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

A proposta do sistema de fossa séptica e sumidouro, que envolve a implantação dos dois tanques, apresentou um custo total de R\$ 2.965,55.

Enquanto isso, a proposta do sistema de bombeamento, que é uma estação elevatória, apresentou custo total de R\$ 3.599,00.

A Tabela 10 apresenta o quadro de custos de implantação.

Tabela 10: Quadro de custos de implantação

Proposta	Preço Total
Fossa Séptica e Sumidouro	RS 2.965,55
Estação Elevatória	R\$ 3.599,00

Fonte: Autoria própria

Após a apresentação das duas propostas pode-se observar que os valores de implantação, ou seja, o valor de custo para adquirir e colocar os sistemas em funcionamento, não apresentaram muita discrepância entre si. Portanto, levando em conta a análise apenas do investimento inicial, a primeira proposta se mostra mais atrativa.

Ressalta-se que em muitos municípios exige-se que os sistemas individuais de tratamento sejam compostos por fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro.

O custo do filtro pode aumentar consideravelmente o valor do sistema, após análise do valor do mesmo no mercado, pois o preço de compra do filtro assemelha-se com o da fossa séptica, que representa grande parte do investimento necessário.

Desconsiderou-se para ambas as propostas os custos com tubulações internas e acessórios.

7.2 CUSTOS DE OPERAÇÃO DOS SISTEMAS

A primeira proposta não utiliza energia elétrica, nem qualquer fonte de alimentação energética para seu funcionamento. Todos os processos ocorrem por meio do escoamento gravitacional e reações de degradação biológica que se realizam dentro da fossa séptica. Assim sendo, os custos operacionais não existem.

A segunda proposta necessita de energia elétrica para que a bomba de recalque transmita energia necessária ao líquido de forma que seja lançado na rede coletora. Como apresentado anteriormente, o custo por ano, em energia elétrica, é de R\$ 14,98.

A tabela 11 apresenta o quadro de custos de operação dos sistemas.

Tabela 11: Quadro de custos anual de operação

Proposta	Preço Total/ano
Fossa Séptica e Sumidouro	RS 0,00
Estação Elevatória	R\$ 14,98

Fonte: Autoria própria

Portanto, após a análise dos resultados, pode-se observar que a primeira proposta é mais atrativa em relação aos gastos de operação do sistema, pois esses são nulos.

7.3 CUSTO DE MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS

Ao dimensionar a fossa séptica, foi adotado um intervalo de limpeza de dois anos, em que cada limpeza apresentou um custo de R\$ 99,34. Como forma de poder comparar o valor com a outra proposta foi dividido em um custo anual, totalizando R\$ 49,67. O sumidouro, quando se mantém a operação adequada, não apresenta necessidade de limpeza, portanto o custo é nulo.

Já o sistema de bombeamento necessita de inspeção anual, por uma empresa especializada, apresenta um custo médio de R\$ 250,00.

A tabela 12 apresenta o quadro de custos de implantação.

Tabela 12: Quadro de custos de manutenção

Proposta	Preço Total por Ano
Fossa Séptica e Sumidouro	RS 49,67
Estação Elevatória	R\$ 250,00

Fonte: Autoria própria

Assim sendo, a manutenção apresenta custo mais elevado na segunda proposta, além do fato de ter que ser feita anualmente, enquanto que na primeira proposta, a manutenção pode ser realizada apenas uma vez a cada dois anos. A primeira proposta, nesse caso, mostra-se mais atrativa.

7.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DOS SISTEMAS PROPOSTOS

O sistema de fossa séptica e sumidouro apresenta riscos de contaminação do solo quando não funciona de forma eficaz ou quando recebe efluentes demasiadamente poluídos, e também pode contaminar o lençol freático se o sumidouro alcançar o nível da água ou algum corpo hídrico.

Além disso, o sumidouro somente pode ser utilizado em solos que apresentam permeabilidade compatível com esse tipo de disposição final. Em muitos locais, por exemplo, isso é inviável, devido a presença de rocha e/ou água em excesso, impossibilitando a instalação desse sistema.

Observa-se ainda que, nos casos de sistemas individuais de tratamento, pode-se incorrer no risco de que o usuário não realize a manutenção de limpeza de forma adequada, por falta de informação, recursos financeiros ou negligência. Assim, o tratamento perde a sua eficiência, provocando contaminação dos recursos naturais. Essa situação é fortalecida com a inexistência ou insuficiência de fiscalização do poder público quanto a manutenção desses sistemas por parte do usuário.

A estação elevatória é responsável por fazer com que o efluente alcance a rede coletora e em seguida seja levado até uma estação de tratamento de esgoto, onde será devidamente tratado e destinado de forma correta.

As Estações de Tratamento Esgoto (ETE) são fiscalizadas pelo órgão ambiental, como forma de garantir o cumprimento das exigências da licença ambiental de operação. A elaboração de relatórios de monitoramento da qualidade dos efluentes tratados, com análises diárias, mensais e trimestrais possibilitam o acompanhamento da ETE no que tange a sua eficiência e continuidade de tratamento.

Neste quesito, pode-se dizer que a estação de bombeamento apresenta vantagens em relação a outra proposta. O grau de tratamento recebido pelo esgoto na fossa séptica é inferior ao recebido na estação de tratamento.

Além disso, nos casos de tratamento individual faz-se a distribuição dos pontos de possíveis contaminação, pois cada imóvel apresenta uma possível fonte de poluição, em especial se não for realizada a manutenção adequada. Para tanto, sob o ponto de vista ambiental e de controle da contaminação, torna-se mais indicada a aplicação da segunda proposta.

Paralelo a questão ambiental, ressalta-se que grandes investimentos estão sendo realizados na implantação de redes de coleta de esgoto sanitário, os quais serão justificáveis se a população executar as devidas ligações. Caso contrário, a manutenção desta rede poderá ficar comprometida.

Neste contexto, observa-se que a legislação, bem como o fortalecimento da fiscalização, poderão ser aliados importantes na proposta de sistemas coletivos de esgoto, impulsionando a ligações às redes coletoras.

7.5 ESPAÇO UTILIZADO PELOS SISTEMAS

A proposta de implantação de fossa séptica e sumidouro ocupam respectivamente os volumes de 2,64m³ e 5,65 m³, totalizando 8,29 m³, que deve ser escavado para a colocação dos sistemas.

A estação elevatória tem seu volume reduzido, por possuir tanque de apenas 110 litros, sendo de apenas 0,20m³

A tabela 13 apresenta o quadro de custos de implantação.

Tabela 13: Demonstrativo da quantidade de espaço utilizado

Proposta	Volume de Escavação (m³)	Área Superficial (m²)
Fossa Séptica e Sumidouro	8,29	3,20
Estação Elevatória	0,2	0,40

Fonte: Autoria própria

Por ser mais compacta a segunda proposta apresenta vantagens em relação a primeira, sendo mais indicada para terrenos que possuem pouco espaço para a instalação dos sistemas. Ao relevar o valor/m² dos lotes urbanos, observa-se benefícios na proposta referente ao bombeamento, por ser mais compacta e ocupar menor área superficial.

8 CONCLUSÃO

Por meio do estudo dos assuntos explanados na pesquisa, foi possível observar que o sistema de saneamento básico no Brasil não contempla toda população com excelência da forma que supostamente deveria. Quanto à universalização dos serviços, pode-se perceber que ainda se esperam avanços.

Além disso, observa-se a necessidade que os efluentes têm de receber tratamento adequado, para que sejam devolvidos ao meio ambiente, evitando que contamine os corpos hídricos e promova a condição ambiental adequada.

Desse modo, o presente trabalho propôs soluções para o problema de tratamento de esgoto em imóveis com soleira negativa em relação à rede coletora, realizando uma análise quanto sua viabilidade de acordo com os objetivos da pesquisa.

Nesse sentido, a primeira proposta, de um sistema de fossa séptica e sumidouro, destacou-se em relação a outra, no que tange aos critérios monetários, mostrando-se mais atrativa em três dos cinco itens analisados. No entanto, apresenta desvantagens por ocupar um grande espaço no terreno e sob a análise ambiental, pois apresenta risco de contaminação, se não for realizada a manutenção adequada.

A segunda proposta, de uma estação elevatória de esgoto, destacou-se no quesito ambiental e ocupação de espaço. Além disso, quando ligado na rede coletora de esgoto, os efluentes recebem um grau de tratamento maior do que o individual. Porém, seus custos, em especial de operação e manutenção de sistema, prejudicam a viabilidade econômica da mesma.

Após a análise dos resultados percebe-se que as duas alternativas se mostraram viáveis tecnicamente, cada uma com suas particularidades, sendo que a definição pela adoção de qualquer das propostas depende de alguns fatores, como: tamanho do imóvel, coeficiente de permeabilidade do solo, legislação municipal, entre outros.

Com a progressão das redes coletoras de esgoto e, conseqüentemente, com o aumento de problemas relacionados a impossibilidade técnica de ligação a mesma, pode-se chegar a sistemas de bombeamentos mais ajustados em termos de potência e vazão, para unidades residências.

Assim, há que se prospectar a hipótese de que os custos para implantação e operação das elevatórias individuais reduzam no futuro, com o aumento da demanda.

Considerando isso, essa pesquisa pode auxiliar para que o processo de tomada de decisão seja mais assertivo, uma vez que a implantação das redes de esgoto está em execução em muitos municípios no Brasil.

O saneamento básico é uma área que está em constante evolução e progredindo quanto ao seu acesso. Há muito a ser feito e muito a ser estudado. A melhora desses serviços é de suma importância para o futuro das gerações seguintes, sendo que a boa condição ambiental está diretamente relacionada à qualidade de vida e saúde da população.

Assim sendo, conclui-se que a pesquisa foi um agregado valioso na formação profissional do autor, e também, no processo de estudo da área abordada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação – citações em documentos – apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7p.

_____. **NBR 12209**: Projeto de Estação de Tratamento de Esgotos. Rio de Janeiro, 1992. 12p.

_____. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos informação e documentação. Rio de Janeiro, 1993. 15p.

_____. **NBR 9648**: Estudos de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1986. 5p.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669p.

BAKOF TEC. Bakof Engenharia. **Sistemas Anaeróbios**. Disponível em: <<http://bakofengenharia.com.br/linhas/2/produto/5>>. Acessado em: 14 mai. 2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual do Saneamento**. Brasília, 2015. Disponível em:< <http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/>>. Acesso em: 23 out. 2017.

BRASIL. **Lei Federal n. 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 03 nov. 2017.

_____. **Lei Federal n. 6.938**, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 19 out.2017.

_____. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab_06-12-2013.pdf>. Acesso em: 03 nov.2017.

_____. Ministério Das cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. Brasília, 2011. (Volume II. Análise situacional do déficit em saneamento básico). Disponível em: <<http://bibspi.planejamento.gov.br/handle/iditem/271>>. Acesso em: 23 out. 2017

_____. Ministério Das cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Gastos Públicos em Saneamento Básico** - 2014. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/334/titulo/gasto-publico-em-saneamento-basico-2014>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

CESAN. **Ligações de Esgoto para Casas Abaixo do Nível da Rua ou Encostas**. Espírito Santo, 2016. Disponível em: <<https://www.cesan.com.br/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

CORSAN. **Tratamento de Esgotos**. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/tratamentodeesgoto>>. Acesso em: 19 out. 2017.

ECOCASA. **Fossa Negra**. Copyright, fev. 2016. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/fossa-negra>>. Acesso em: 01 set. 2017.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 184 p.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios Econômicos e Sociais do Saneamento para o Brasil**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/beneficios-economicos-e-sociais-do-saneamento-para-o-brasil/>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro, 2011. 969p.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. Rio de Janeiro, 2013. 579 p.

NUVOLARI, A. et al. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. Coordenador A. Nuvolari. 1.ed. São Paulo: Editora E. Blucher Ltda, 2003. 520p.

OBRACZKA, M.; LEAL, I. F. **Relação entre as Ligações Domiciliares de Esgoto e a Real Abrangência do Sistema de Coleta: O estudo de Caso de Barra do Piraí, RJ**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XXI. Brasília, 2015.

SABESP. **Norma Técnica Sabesp 025**. Projeto de Redes Coletoras de Esgoto. São Paulo, 2006. 26p.

SABESP. **Tratamento de Esgoto**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br>> Acesso em: 19 out. 2017.

SANIFOS. **Elevatória de Esgoto 110 Litros – Para 1 Casa**. Disponível em: <<https://www.sanifos.com.br/estacao-de-esgoto-para-enterrar/elevatoria-de-esgoto-110-litros-para-1-casa/>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

TSUTIYA, M.T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de São Paulo, 2000. 547p.

TUCCI, C. E. M. Gestão de águas pluviais urbanas. Brasília: Ministério das Cidades, out. 2005. **Saneamento para Todos, Programa de Modernização do Setor de Saneamento** v. 4. Disponível em: <<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao tratamento de Esgotos**. Volume 1. 3.ed. Belo Horizonte, 2005. 470p.

WARTCHOW, D. **Cooperação no Saneamento Básico**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013. 145p.