

**FACULDADE DOCTUM  
VICTORIA FERNANDES ROSA ROCHA**

**GUIA PARA TOMADA DE DECISÃO DO MÉTODO DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO SEGUNDO AS NORMAS ABNT 7229/93 E ABNT 13969/97**

Juiz de Fora  
2019

**VICTORIA FERNANDES ROSA ROCHA**

**GUIA PARA TOMADA DE DECISÃO DO MÉTODO DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO SEGUNDO AS NORMAS ABNT 7229/93 E ABNT 13969/97**

Monografia de Conclusão de Curso,  
apresentada ao curso de Engenharia  
Ambiental e Sanitária, Faculdade Doctum  
de Juiz de Fora, como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador (a): Prof. Ms. Ricardo  
Stahlschmidt Pinto Silva

Juiz de Fora  
2019

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF**

Rocha, Victoria Fernandes Rosa.

Guia para Tomada de Decisão do Método de  
Tratamento de Esgoto Segundo as Normas ABNT 7229/93 e  
ABNT 13969/97 / Victoria Fernandes Rosa Rocha - 2019.  
47 folhas.

Monografia (Curso de Engenharia Ambiental e  
Sanitária) – Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Esgoto Doméstico. 2. Saneamento  
I. Título. II Faculdade Doctum Juiz de  
Fora

**VICTORIA FERNANDES ROSA ROCHA**

**GUIA PARA TOMADA DE DECISÃO DO MÉTODO DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO SEGUNDO AS NORMAS ABNT 7229/93 E ABNT 13969/97**

Monografia de Conclusão de Curso,  
submetida à Faculdade Doctum de Juiz de  
Fora, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia  
Ambiental e Sanitária e aprovada pela  
seguinte banca examinadora.

---

Prof. Ms. Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva  
Orientador e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. Ms. Flávio Rocha Azevedo  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof<sup>a</sup>. Ms. Valquíria Silva Machado  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Examinada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha família, por proporcionar toda a estrutura necessária para esta minha caminhada. Por todo o suporte emocional e compreensão. Principalmente aos meus irmãos Gabriel, Sophia e Laura, e ao Biel por sempre acreditarem em mim e por todas as palavras de carinho e incentivo quando eu mais precisei.

Ao meu pai, que apesar das dificuldades que encontramos no caminho nunca se deixou abalar. Sempre me motivando com palavras confortantes, se tornando essencial na minha caminhada. Obrigada por me ensinar a nunca desistir dos meus sonhos, obrigada por tudo pai!

Ao meu orientador e mestre Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva, pelos ensinamentos, paciência, por todo o suporte, e por proporcionar as ferramentas necessárias para tornar esse trabalho possível.

Aos meus professores durante esses 5 anos de faculdade pelos ensinamentos que me qualificaram para estar aqui hoje.

Aos colegas de turma, por todo o companheirismo.

E principalmente a Deus, por iluminar meu caminho e me transmitir a serenidade e capacitação necessária para tornar esse sonho realidade. Sem Ele, nada disso seria possível.

## RESUMO

ROCHA, VICTORIA FERNANDES ROSA. **Guia Para Tomada de Decisão do Método de Tratamento de Esgoto Segundo as Normas ABNT 7229/93 e ABNT 13969/97**.47f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019.

A precariedade dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil traz inúmeras consequências para a saúde e segurança da população, como também para o meio ambiente. O lançamento indiscriminado de efluentes nos corpos receptores implicam na alteração das condições sanitárias dos ecossistemas, o que acaba resultando na deterioração da qualidade da água e, conseqüentemente, do solo e da atmosfera. O lançamento de efluentes em corpos hídricos transcorre comumente em áreas rurais e regiões periféricas. Sendo por vezes possível relacionar a carência dos serviços de coleta e tratamento de esgoto à pobreza desses locais. O pioneirismo das tecnologias de tratamento de efluentes no Brasil datam de 1892 e, com seus avanços tecnológicos, até os dias atuais, é possível promover um sistema de tratamento e disposição final seguro à população. Para o presente trabalho, foram pesquisados os sistemas de tratamento de esgoto do tipo: tanque séptico seguido por filtro anaeróbio, e vala de filtração e os métodos de disposição final de efluentes do tipo: sumidouro e vala de infiltração. O objetivo deste trabalho é a elaboração de um guia, contendo informações acerca dos sistemas de tratamento e disposição final de efluentes domésticos, adquiridos através da revisão bibliográfica. Seu intuito é reunir as informações de forma clara e sucinta, para que possa auxiliar profissionais da área de saneamento na seleção do sistema mais viável para determinado local e situação.

**Palavras-chave:** Esgoto Doméstico. Tratamento. Saneamento.  
Disposição Final. Meio Ambiente.

## **ABSTRACT**

Brazil's scarce sanitary services, presents itself as a threat to both the population and the environment, affecting its health and safety. The indiscriminate disposal of wastewater on water bodies lead to an alteration to the ecosystem's natural sanitary conditions. This activity usually results in the water quality deterioration, and therefore the decline in atmosphere and soil conditions. The effluent discharge commonly occurs in rural communities or slums. Occasionally, it is possible to link the lack of wastewater services to communities in poverty. The pioneering of sewage treatment technologies in Brazil dates back to 1892, however with its technological advances to the present day it is possible to provide safe treatment and disposal systems. For the present study, the treatment systems, which were researched, are: the septic tank, followed by the anaerobic filter and the overland flow method. In addition, the wastewater disposal techniques are: sumidouro and the rapid infiltration system. The greatest purpose of this study consists on formulating a guide, containing information about wastewater treatment and final disposal, obtained through literature review. Its main goal is to gather information in a clear and succinct way, so that it can assist sanitation professionals in appointing the most feasible system for a given location and situation.

**KEYWORDS:** Domestic Wastewater. Treatment. Sanitation. Final Disposal. Environment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Formas de afastamento dos esgotos sanitários no Brasil (proporção da população), 2010.....	18
Figura 2 – Funcionamento de um tanque séptico .....	23
Figura 3 – Filtro anaeróbio de fluxo ascendente .....	29
Figura 4 – Vala de filtração (corte longitudinal) .....	31
Figura 5 – Sumidouro (instalação conforme nível do aquífero) .....	33
Figura 6 – Vala de infiltração.....	34
Figura 7 - Parte 1 Fluxograma: Disposição no corpo receptor .....	40
Figura 8 – Parte 2 Fluxograma: Disposição final no solo .....	41
Figura 9 – Fluxograma para tomada de decisão do método de tratamento e disposição de efluentes domésticos .....	42



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de Tratamento de Esgoto .....	21
Tabela 2 - Distâncias mínimas a serem obedecidas .....	24
Tabela 3 - Medidas internas de um tanque séptico .....	25
Tabela 4 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil (m) .....	25
Tabela 5 - Contribuição diária de esgoto e de lodo fresco por tipo de prédio e ocupante.....	26
Tabela 6 - Período de detenção dos despejos, .....	27
Tabela 7 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ANA	AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
CNRH	CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE
DBO	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO
DQO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
NBR	NORMA TÉCNICA BRASILEIRA
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PLANSAB	PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.1 Objetivos</b> .....	14
1.1.1 Objetivo geral .....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>3.1 Saneamento no Brasil</b> .....	17
<b>3.2 Esgoto Sanitário</b> .....	19
<b>3.3 Tratamento do esgoto sanitário</b> .....	20
<b>3.4 Tanque Séptico</b> .....	22
3.4.1 Dimensionamento do tanque séptico .....	24
<b>3.5 Filtro Anaeróbio</b> .....	27
<b>3.6 Vala de Filtração</b> .....	30
<b>3.7 Sumidouro</b> .....	32
<b>3.8 Vala de Infiltração</b> .....	33
<b>3.9 Disposição final no corpo hídrico e reúso</b> .....	35
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	38
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	39
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	45

## 1 INTRODUÇÃO

Os serviços públicos de saneamento básico previstos pela Lei nº 11.445/07 (BRASIL, 2007) são essenciais para a manutenção da saúde pública e da segurança do meio ambiente. Tais serviços, são: esgotamento sanitário, abastecimento de água, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

Os serviços de esgotamento sanitário são considerados primordiais para garantir uma qualidade de vida ao ser humano. Ainda assim não atendem a totalidade da população, apresentando uma discrepância entre as regiões brasileiras. Segundo a ANA (2017), 27% da população brasileira não tem acesso a coleta e nem ao tratamento de esgoto, e 18% tem seu esgoto coletado, mas não tratado. A pesquisa revela que no Norte e no Nordeste do Brasil os dados são alarmantes, apresentando respectivamente 63% e 41% da população sem coleta e sem tratamento de esgoto. O Sudeste é a região que apresenta a melhor cobertura, com 13% da população sem coleta e tratamento. Segundo o PLANSAB (2013), o uso dos tanques sépticos é uma solução de atendimento adequado ao esgotamento sanitário, se apresentando como uma alternativa para atenuar a carência desse serviço.

Segundo Jordão e Pessôa (2005), o tanque séptico foi criado em 1860 na França, por Jean Louis Mouras e patenteado em 1881. Campos (1999) afirma que seu pioneirismo no Brasil ocorreu em 1892, na cidade de Campinas, São Paulo, empregado no tratamento de esgotos urbanos. O sistema concebido por Mouras consistia em um tanque de alvenaria por onde o esgoto entrava e saía através de tubos imersos no efluente, cujo intuito era de reter os sólidos presentes no esgoto. Mouras constatou que o volume de sólidos acumulados no tanque era menor do que ele havia idealizado.

De acordo com Ávila (2005), o sistema de tanque séptico, seguido por unidade de tratamento complementar e disposição final de efluentes pode ser utilizado em áreas rurais e periféricas desprovidas de rede pública coletora de esgoto. Apresentando-se como uma alternativa eficaz e segura para o tratamento dos resíduos domésticos, prevenindo a poluição das águas e do solo, concomitantemente garantindo segurança à população.

Existem diversos modelos de unidade de tratamento complementar e disposição final de efluentes domésticos. A escolha do método mais adequado pode ser diferenciada de acordo com as variantes ambientais, como a área disponível, o tipo de solo e sua capacidade de infiltração de água, presença de corpo hídrico, altura do nível freático, dentre outros. Outro fator que interfere nessa escolha, é a vazão a ser tratada. Os métodos de tratamento complementar que aqui serão abordados, são do tipo: tanque séptico seguido por filtro anaeróbio, e vala de filtração. E os métodos de disposição final de efluentes são do tipo: sumidouro e vala de infiltração.

A Norma ABNT 7229/93 aborda os aspectos relativos ao projeto, construção e operação dos sistemas de tanques sépticos. Já ABNT 13969/97 vem como complemento a primeira, pois ela trata dos aspectos relativos ao projeto, construção e operação das unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. As informações encontradas em ambas as normas referidas, podem causar uma certa confusão ao leitor, fazendo com que cada profissional acabe executando os projetos de modo distinto.

Nem sempre fica explícita a correlação entre as Normas. Somente quem as analisa a fundo compreende a interdependência, de que a ABNT 13969/97 traz soluções que complementam a ABNT 7229/93. Ainda é possível evidenciar uma carência nessa área de atuação por um guia adaptado para profissionais da área de saneamento, que reúna as informações pertinentes de ambas as Normas, agregada a publicações científicas, para melhor entendimento e execução dos sistemas. Esta é a proposta do presente trabalho: propor um guia que auxilie profissionais da área na tomada de decisão do melhor método de tratamento e disposição do esgoto, à luz das normas acima citadas.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

O propósito do presente estudo é desenvolver um guia, a partir de textos científicos adaptados para profissionais da área de saneamento, abrangendo informações pertinentes no desenvolvimento e dimensionamento de um tanque séptico, unidades de tratamento complementar (filtro anaeróbio ou vala de filtração) e disposição final de efluentes líquidos (sumidouro ou vala de infiltração).

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar revisão bibliográfica relativa ao conteúdo pertinente a este trabalho;
- Definir informações para dimensionar um sistema de tanque séptico;
- Definir informações para a escolha da unidade de tratamento complementar dos efluentes líquidos;
- Definir informações para a escolha da disposição final dos efluentes líquidos;
- Estruturar um fluxograma para melhor entendimento e auxílio na escolha do tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos.

## **2 JUSTIFICATIVA**

A inspiração para o presente trabalho surgiu através de uma experiência na DocWay Empresa Júnior no segundo semestre de 2018, onde foi solicitada a revisão de uma instrução técnica acerca do desenvolvimento de um projeto para tratamento de esgoto em áreas afastadas. A instrução técnica abrangia apenas informações a respeito do tanque séptico, ou seja, informações insuficientes para a escolha da sugestão. Foi a partir deste momento que foram estudados meios para compreender como realmente funciona o processo. E foi através desta necessidade, oriunda da falta de informação a respeito do assunto, que se tornou possível desenvolver a metodologia dos três questionamentos, que deram origem ao fluxograma para tomada de decisão do processo de tratamento e disposição final de efluentes domésticos em áreas afastadas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um recurso primordial a existência dos seres vivos no planeta. Segundo dados da ANA (2018), 97,5% da água existente no mundo é salgada, compondo os oceanos e mares. Dos 2,5% de água doce, 69% está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas e apenas 1% são águas superficiais. Tais dados revelam a extrema necessidade da preservação dos recursos hídricos. Mesmo com a evidente discrepância da distribuição de água na superfície terrestre, apontando a água doce em menor quantidade, o ser humano ainda age com negligência quanto ao seu aproveitamento.

Von Sperling (1996) afirma que a forma como o homem se relaciona com o meio ambiente, seja no uso dos seus recursos ou na ocupação do solo, implicam diretamente na qualidade da água. Ainda segundo Von Sperling (1996), a interferência do homem, através do lançamento de efluentes domésticos, contribui na introdução de compostos nas águas, impactando tanto a sua qualidade quanto a quantidade.

Inúmeras são as consequências da disposição de águas residuais nos corpos hídricos, dentre elas a poluição e eutrofização dos corpos receptores e proliferação de doenças como disenteria, cólera, hepatite, leptospirose e giardíase (BELI; HUSSAR; PERES, 2009). Campos (1999) afirma que dependendo da carga orgânica lançada, o meio demonstra ter condições de decompor os contaminantes até alcançar um nível seguro, sem causar alterações significativas.

Para Ávila (2005) existem duas classificações para o tratamento de efluentes domésticos: naturais e artificiais. O processo natural, é quando há ação das forças da natureza para realizar a autodepuração, como por exemplo a insolação, aeração, diluição, dispersão, sedimentação, dentre outros. Já o processo artificial, ocorre quando há a ação de energia elétrica e mecânica visando reproduzir os processos de autodepuração natural.



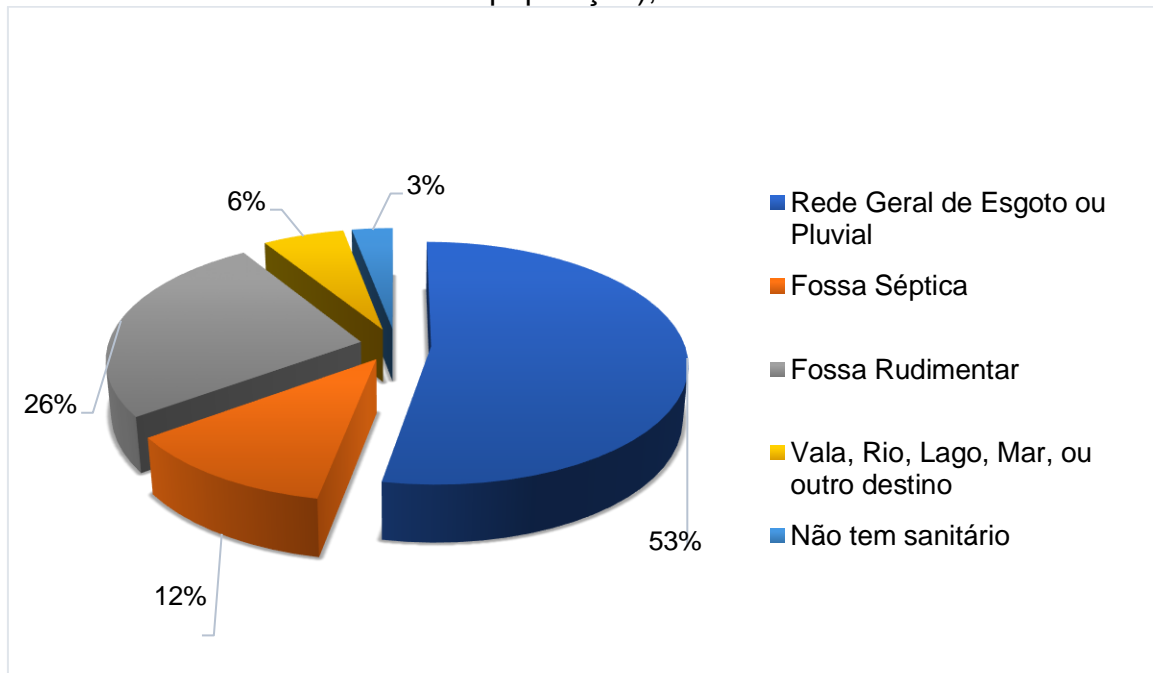
### 3.1 Saneamento no Brasil

Por ser um país em desenvolvimento, o Brasil ainda enfrenta significativos desafios na área de saneamento básico, apresentando carências não só nos serviços de esgotamento sanitário, como também nos serviços de abastecimento de água potável, manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana. Tais serviços, considerados básicos e essenciais para a saúde e para o bem-estar público, como também para a segurança do meio ambiente, não atendem a totalidade da população, apresentando uma discrepância entre as regiões brasileiras. A Lei nº 11.445/07 (BRASIL, 2007), prevê como princípio fundamental a universalização desse acesso. Ou seja, toda a população tem direito de usufruir deste conjunto de serviços de saneamento básico previstos na Lei. O que infelizmente, não é compatível ao cenário atual.

Segundo a ANA (2017), 9,1 mil toneladas de esgoto são geradas por dia no Brasil. Sendo que 27% da população brasileira não tem acesso a coleta e nem ao tratamento de esgoto, e 18% da população tem seu esgoto coletado, mas não tratado. A região Sudeste é responsável pela maior quantidade de carga orgânica gerada (4,2 mil t DBO/dia), mas em contrapartida possui a maior parcela dessa carga coletada e tratada. O Norte e o Nordeste do país revelam os dados mais alarmantes, apresentando respectivamente 63% e 41% da população sem coleta e sem tratamento de esgoto.

Ao analisar as formas de afastamento dos esgotos sanitários no Brasil (Figura 1), pode-se observar que apenas 53% do volume de esgoto coletado recebia algum tipo de tratamento. O PLANSAB (2013) apresenta que, 35% da população brasileira utilizava de alternativas inadequadas para a destinação dos efluentes domésticos, como o lançamento em valas, rios, mares, lançamento em fossa rudimentar ou, simplesmente, não possuíam sanitário.

Figura 1 - Formas de afastamento dos esgotos sanitários no Brasil (proporção da população), 2010



Fonte: Censo Demográfico (IBGE, 2011)

Esse *déficit* acaba refletindo na qualidade da água e na saúde pública, principalmente na popula o de baixa renda, através da prolifera o de doenças, como as infec es gastrointestinais. Segundo dados da ONU (2017), todos os anos cerca de 361 mil crianças com menos de 5 anos vêm a óbito devido a doenças diarreicas, provocadas em grande parte pela falta de saneamento básico adequado.

Mais uma vez, as regiões Norte e Nordeste do país de destacam como zonas de alerta, segundo a TRATA Brasil (2010), entre 2003 e 2008 essas regiões apresentaram as taxas mais elevadas de internac es por diarreia. O que   um reflexo da precariedade dos serviços de esgotamento sanitário. Através do estudo realizado pela TRATA Brasil (2010),   possível concluir que há uma evidente rela o entre a precariedade dos serviços de esgotamento sanitário,   pobreza desses locais e os índices de interna o por diarreia.

De acordo com o ANA (2017), o investimento estimado para suprir essa carência e propagar os serviços de esgotamento sanitário pelo Brasil para o ano de 2035   da ordem de R\$149,5 bilhões. Já no PLANSAB (2013), a estimativa de

investimento para o período de 2014 - 2033 eram de R\$ 181,9 bilhões. A maior parte dos investimentos destinam-se as áreas urbanas, sendo 94,5% dos investimentos totais. Para as áreas rurais, os investimentos serão direcionados para as regiões Nordeste e Sudeste.

### **3.2 Esgoto Sanitário**

Esgoto sanitário pode ser descrito como água residuária composta de despejo doméstico ou industrial, no qual esgoto doméstico é o líquido proveniente de atividades humanas, higiênicas e/ou de limpeza (ABNT 7229, 1993). O esgoto doméstico é constituído basicamente por excretas, papel higiênico, resíduos alimentícios, materiais de limpeza e águas de lavagem. Segundo Jordão e Pessôa (2005), as características do efluente variam de acordo com o seu uso, tanto em quantidade, quanto em qualidade.

Ávila (2005) afirma que o esgoto doméstico é composto por aproximadamente 99,9% de água, e em climas quentes, somente 0,1% é constituído por sólidos. Para Jordão e Pessôa (2005), o teor de matéria sólida presente no esgoto é a característica física mais importante para o dimensionamento e controle das operações de uma unidade de tratamento. Tais sólidos podem ser classificados em orgânicos e inorgânicos. Jordão e Pessôa (2005) afirmam que, 70% dos sólidos presentes nos esgotos domésticos são de origem orgânica. Dentre as substâncias orgânicas, verifica-se a presença de proteínas, carboidratos, gordura e óleos (essas em menor quantidade). Já dentre os compostos inorgânicos, é possível perceber a presença de areia, sais e metais.

Metcalf e Eddy (2016), afirmam que para realizar a caracterização dos esgotos, são utilizadas determinações físicas, químicas e biológicas. De acordo com Ercole (2003) através dessas grandezas é possível conhecer o grau de poluição das águas. Segundo Von Sperling (1996), as principais características físicas do esgoto são: matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez. Dentre os parâmetros químicos, Jordão e Pessôa (2005) evidenciam a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) como sendo a forma mais empregada para medir a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto. Visto que, a DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica. Ainda segundo Jordão e Pessôa

(2005), através da medição da DBO, é possível quantificar indiretamente o grau de poluição de uma água residuária. De acordo com Eddy e Metcalf (2016), os principais organismos encontrados no esgoto são: as bactérias, fungos, protozoários helmintos, vírus, as algas e outras plantas e animais microscópicos. Conhecer tais características biológicas do esgoto é fundamental para a prevenção e controle de doenças causadas por patógenos.

### **3.3 Tratamento do esgoto sanitário**

O tratamento de esgoto é uma questão preocupante, principalmente na esfera ambiental. O lançamento do esgoto bruto no corpo receptor pode apresentar-se como uma ameaça a disponibilidade e qualidade hídrica. Jordão e Pessôa (2005) afirmam que, dependendo da carga lançada o corpo receptor pode apresentar capacidade de autodepuração, ele é capaz de decompor os contaminantes até atingirem níveis seguros que não causam impactos no meio em que foi lançado. Segundo Ávila (2018), isso demonstra que a natureza tem a capacidade de promover o “tratamento” do efluente, desde que haja uma condição ambiental favorável e que não ocorra uma sobrecarga.

Conforme Jordão e Pessôa (2005), um sistema de tratamento de esgoto pode ser classificado em função da eficiência das unidades, como: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário. Já Eddy e Metcalf (2016), como ilustrado na Tabela 1 a seguir, defendem além desses quatro níveis de tratamento citados por Jordão e Pessôa, os níveis: primário avançado, secundário com remoção de nutrientes e nível avançado.

**Tabela 1 – Níveis de Tratamento de Esgoto**

<b>Níveis de Tratamento</b>	<b>Descrição</b>
<b>Preliminar</b>	Remoção de constituintes, como trapos, galhos, flotáveis, areia e graxa, que possam causar problemas operacionais ou de manutenção as operações e aos processos de tratamento e sistemas auxiliares.
<b>Primário</b>	Remoção de parte dos sólidos suspensos e matéria orgânica do esgoto.
<b>Primário Avançado</b>	Remoção melhorada de sólidos suspensos e de matéria orgânica do esgoto. Tipicamente efetuada pela adição de compostos químicos ou filtração.
<b>Secundário</b>	Remoção de matéria orgânica biodegradável (em solução ou em suspensão) e sólidos suspensos. A desinfecção é, também, tipicamente incluída na definição de tratamento secundário convencional.
<b>Secundário com Remoção de Nutrientes</b>	Remoção de compostos orgânicos biodegradáveis, sólidos suspensos, e nutrientes (nitrogênio, fósforo ou ambos)
<b>Terciário</b>	Remoção de sólidos suspensos residuais (após tratamento secundário), usualmente por filtros granulares, filtros de pano ou microtelas. A desinfecção é, também, um componente típico do tratamento terciário. Remoção de nutrientes, é, geralmente, incluído nessa definição.
<b>Avançado</b>	Remoção de materiais suspenso ou dissolvidos, que permanecem após tratamento biológico, quando requerido para aplicações diversas de reúso.

**Fonte: Metcalf e Eddy (2016)**

Inúmeras são as técnicas de tratamento e disposição final de esgoto utilizados no Brasil. Cada sistema possui um nível de eficiência, custos e requisitos distintos. De acordo com Jordão e Pessôa (2014), antes de adotar um sistema é crucial considerar alguns fatores, como: a natureza e utilização do solo; profundidade do lençol freático; grau de permeabilidade do solo; utilização e localização da fonte de água de subsolo utilizada para consumo humano; e o volume e taxa de renovação das águas superficiais.

Aqui serão tratados os sistemas comumente utilizados em áreas rurais e periféricas, são eles: tanque séptico seguido por filtro anaeróbio, vala de filtração, vala de infiltração e sumidouro.

### 3.4 Tanque Séptico

Segundo Jordão e Pessôa (2005), o tanque séptico, ou decanto-digestor é comumente empregado em áreas desprovidas de rede coletora pública de esgoto, como áreas rurais e periféricas. O decanto-digestor pode ter forma retangular ou cilíndrica, e dependendo da vazão a ser tratada, ele pode ser de câmara única, câmaras em série ou de câmaras sobrepostas. Conforme Campos (1999), o sistema de tanque séptico não apresenta alta eficiência de tratamento, por isso se faz necessário realizar o tratamento complementar.

De acordo com Coutinho (1966), o tanque séptico é uma unidade estanque onde ocorrem reações químicas e ações bacterianas que agem como tratamento primário na separação e decomposição da matéria sólida. Ávila (2005) afirma que, pelo fato de o esgoto ser tratado em ambiente anaeróbio (ausência de oxigênio livre), acaba ocasionando a formação de lodo anaeróbio e a formação do biogás, que é composto primordialmente por metano e gás carbônico.

O funcionamento do tanque séptico pode ser explicado por Jordão e Pessôa (2005, p. 387) de acordo com as seguintes fases:

Retenção do esgoto: o esgoto é detido na fossa por um período racionalmente estabelecido, que pode variar de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições do afluente.

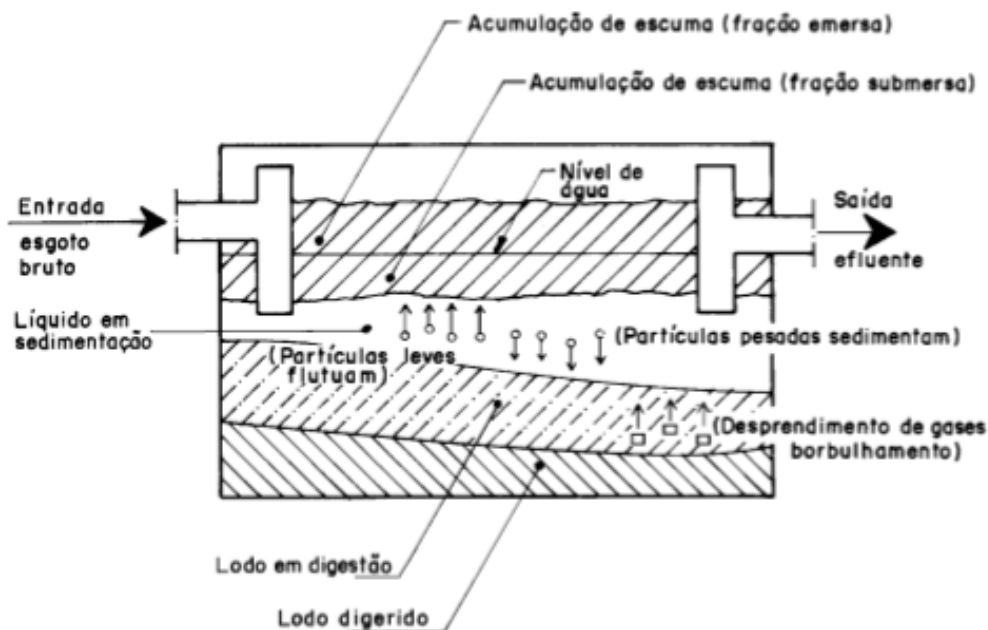
Decantação do esgoto: simultaneamente a fase anterior, processa-se uma sedimentação de 60% a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos esgotos, formando-se uma substância semilíquida, denominada lodo. Parte dos sólidos não sedimentados, formados por óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases, emerge e é retida na superfície livre do líquido, no interior da fossa séptica; estes sólidos são comumente denominados de espuma.

Digestão anaeróbia do lodo: ambos, lodo e espuma, são degradados por bactérias anaeróbias, provocando destruição total ou parcial do material volátil e organismos patogênicos.

Redução de volume do lodo: do fenômeno anterior, digestão anaeróbia,

resultam gases, líquidos e acentuada redução de volume dos sólidos retidos e digeridos, que adquirem características estáveis capazes de permitir que o efluente líquido das fossas sépticas possa ser disposto em melhores condições de segurança.

Figura 2 – Funcionamento de um tanque séptico



Fonte: NBR 7229 (1993)

Campos et al. (1999), afirmam que a eficiência do sistema depende não só da competência do projeto, mas como também de inúmeros outros fatores, como: carga orgânica volumétrica, carga hidráulica, geometria, compartimento e arranjo das câmaras, dispositivos de entrada e saída, temperatura e condições de operação. A taxa de remoção de DBO ou DQO varia entre 40% a 70%, e 50% a 80% na remoção de sólidos.

Segundo Ávila (2005), as vantagens do uso do decanto-digestor, são:

- Pode ser utilizado para tratar vazões pequenas, médias e grandes;
- Tecnologia compacta e de simples operação;
- Baixo custo;

- Removem a maior parte de matéria orgânica e dos sólidos suspensos;
- Produção de lodo relativamente baixa;
- Resistente as variações quantitativas e qualitativas do afluente;

Apesar das vantagens, Jordão e Pêsoa (2005) apontam algumas das desvantagens do sistema de tanque séptico como: efluente escuro e de odor forte, baixa eficiência (principalmente na remoção de patogênicos). Tais características não permitem a disposição direta no solo.

A implementação do sistema de tanque séptico deve ser criteriosa, pois ela exige algumas distâncias mínimas a serem obedecidas, como podem ser observadas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Distâncias mínimas a serem obedecidas**

Local	Distância mínima
Construções, limite de terreno, sumidouro, vala de infiltração e ramal predial de água;	1, 50 m
Árvores e qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água;	3,0 m
Poços freáticos, e corpos d'água de qualquer natureza.	15, 0 m

Fonte: NBR 7229/1993

### 3.4.1 Dimensionamento do tanque séptico

A ABNT 7229/1993 é responsável por estabelecer as condições exigíveis para o projeto, construção e operação do sistema de tanque séptico. As unidades de tanque séptico podem ser cilíndricas ou prismáticas retangulares. Os tanques cilíndricos são empregados geralmente em situações onde haja a necessidade de diminuir a área



útil. Já os tanques prismáticos retangulares são empregados em casos onde seja necessária uma maior área horizontal, e menor área vertical. As medidas internas das unidades variam de acordo com a sua geometria, e devem ser as apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Medidas internas de um tanque séptico**

Geometria do Tanque	Diâmetro interno mínimo	Largura interna mínima	Relação comprimento/largura
Cilíndrico	1, 10 m	-	-
Prismático retangular	-	0, 80 m	Mínimo 2:1; Máximo 4:1

Fonte: NBR 7229/1993

A profundidade útil da unidade varia conforme a tabela 4

**Tabela 4 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil (m)**

Volume útil	Profundidade útil mínima	Profundidade útil máxima
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: NBR 7229/1993

O seu dimensionamento se dá através da seguinte expressão (prevista na ABNT 7229):

$$V = 1000 + N (C.T + K.Lf) \quad (1)$$

Onde:

V = volume útil, em litros;

N = número de pessoas ou unidades de contribuição;

C = contribuição de despejos, em litros por pessoa por dia (Tabela 5);

T = período de detenção em dias (Tabela 6);

K = taxa de acumulação do lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Tabela 7);

Lf = contribuição de lodo fresco em litros por pessoa e por dia (Tabela 5).

**Tabela 5 - Contribuição diária de esgoto e de lodo fresco por tipo de prédio e ocupante**

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto (C)	Lodo Fresco (Lf)
<b>1- Ocupantes Permanentes</b>			
- Residência padrão alto	Pessoa	160	1,00
- Residência padrão médio	Pessoa	130	1,00
- Residência padrão baixo	Pessoa	100	1,00
- Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	1,00
- Alojamento provisório	Pessoa	80	1,00
<b>2- Ocupantes temporários</b>			
- Fábricas em geral	Operário	70	0,30
- Escritórios	Pessoa	50	0,20
- Edifícios públicos/ comerciais	Pessoa	50	0,20
- Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	0,20
- Bares	Pessoa	6	0,10
- Restaurantes e similares	Refeição	25	0,10
- Cinemas, teatros, locais de curta permanência	Lugar	2	0,02
- Sanitários públicos	Bacia sanitária	480	4,00

Fonte: NBR 7229/1993

**Tabela 6 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária**

Contribuição diária	Tempo de Detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,0	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: NBR 7229/1993

**Tabela 7 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio**

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

Fonte: NBR 7229/1993

### 3.5 Filtro Anaeróbio

Os filtros anaeróbios são empregados posteriormente ao sistema de tanque séptico, agindo como um pós-tratamento do efluente derivado do decanto-digestor. O sistema do filtro consiste em basicamente tanques, contendo um leito de pedras, ou outro material suporte inerte que servem para aderência e desenvolvimento de microrganismos. Campos et al. (1999) afirmam que o filtro anaeróbio pode ter fluxo ascendente, horizontal ou descendente. De acordo com Tonetti (2008), no tanque de fluxo ascendente o líquido é introduzido pela sua base e flui no meio suporte, saindo pela região superior. E no tanque de fluxo descendente, o esgoto é distribuído na região superior do tanque e recolhe-se na base.

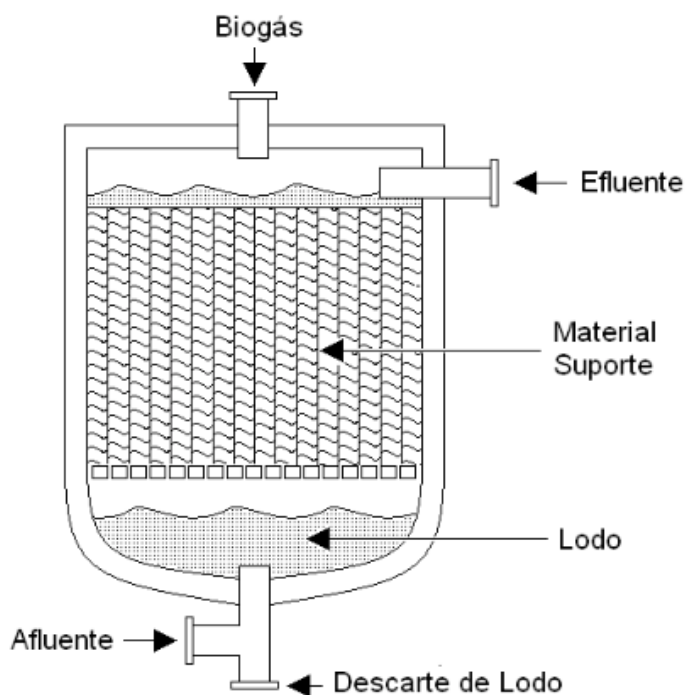
Ainda segundo Campos et al. (1999), em alguns casos o filtro anaeróbio pode ser utilizado como única forma de tratamento de esgoto. Porém são mais eficientes para o tratamento de águas com contaminantes já dissolvidos, já que quanto maior a quantidade de particulados, maior a chance de entupimento do leito filtrante. Portanto, para o tratamento do efluente doméstico o sistema do filtro anaeróbio torna-se mais eficiente quando precedido do tanque séptico, para que haja a retenção dos sólidos sedimentáveis.

O filtro anaeróbio contém uma camada de material inerte, que pode ser pedra britada ou qualquer material quimicamente inerte que seja eficiente e acessível. Tonetti (2008) afirma que, o material suporte deve ser resistente, de grande área específica, porosidade elevada e possibilitar a colonização acelerada dos microrganismos. De acordo com Ávila (2005), esse material serve de suporte para os microrganismos, os espaços vazios presentes no material inerte podem ser ocupados parcialmente por lodo na forma de flocos e grânulos. A depuração do esgoto ocorre ao percolar os vazios do meio suporte em contato com o lodo, que é responsável por converter os compostos orgânicos solúveis em metano e gás carbônico. O meio suporte tem a capacidade de reter sólidos de pequenas dimensões até partículas finas.

Segundo Campos et al. (1999), no filtro de fluxo ascendente ou horizontal o leito é submerso. Já no fluxo descendente o leito pode ser submerso, ou não. O autor ainda esclarece que, o sentido do fluxo através do leito filtrante influencia na sua funcionalidade, podendo apresentar vantagens ou desvantagens dependendo da situação. O sistema de fluxo ascendente apresenta maior eficiência na retenção do lodo, mas em contrapartida ocasiona maior probabilidade de entupimento dos interstícios do leito filtrante. Conforme Ávila (2005), os filtros com fluxo ascendente são propensos a alta eficiência devido a geração de grande quantidade de bactérias. Eles são indicados para o tratamento de efluentes com baixa concentração de sólidos suspensos. Campos et al. (1999) afirmam que os filtros de fluxo descendente apresentam eficiência na remoção de lodo em excesso, com menos risco de entupimento no leito, visto que parte do lodo é arrastado gradativamente pelo efluente. O sistema de fluxo descendente, é indicado para tratar efluentes com maior concentração de sólidos do que o sistema de fluxo ascendente. E tem a capacidade de tratar esgoto com baixa e alta carga orgânica. Já o filtro de fluxo horizontal,

apresenta baixa eficiência na remoção de lodo devido a sua má distribuição no leito. Esse sistema é indicado para tratamento de efluentes com baixa carga orgânica, e apresenta maior resistência na distribuição do fluxo fazendo com que o desempenho seja irregular ao longo do leito.

Figura 3 – Filtro anaeróbio de fluxo ascendente



Fonte: Tonetti (2008)

Campos et al. (1999) afirmam ainda que a eficiência do filtro anaeróbio na remoção da carga orgânica e dos sólidos está intrinsecamente ligada a atividade biológica, que é afetado diretamente pela variação de temperatura. A eficiência do filtro também está relacionada a duas variáveis do projeto: o tempo de retenção celular e o tempo de detenção hidráulica. Como definido pela ABNT 13969/97 (1997), o tempo de retenção é o tempo médio em que os sólidos biológicos permanecem dentro de um reator biológico. E o tempo de detenção hidráulica é definido como o tempo médio que a massa hidráulica permanece dentro de um tanque.

Ainda segundo a ABNT 13969/97 (1997), a taxa provável de remoção de poluentes do filtro anaeróbio em conjunto com o tanque séptico para DBO é de 40% a 75%, para DQO de 40% a 70%, para sólidos sedimentáveis de 70% para mais, e para fosfato de 20% a 50%.

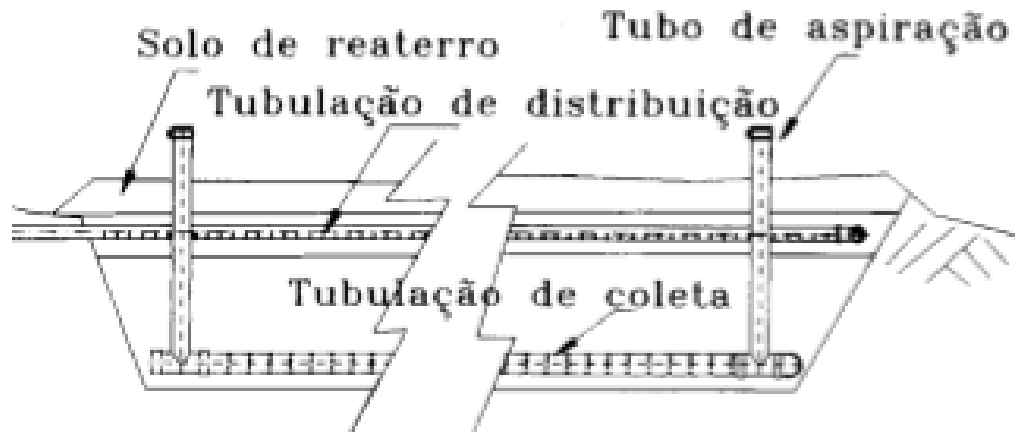
Segundo Cavalcante (2007), dentre as vantagens do filtro anaeróbio, estão: área necessária para projeto reduzida; não exige escavações profundas; propicia liberdade no dimensionamento do projeto; não demanda consumo de energia para sua operação; manutenção simples; sua construção e operação são relativamente simples; efluente com baixa concentração de carga orgânica; efluente com coloração clarificada e baixa produção de lodo. Porém, o sistema também apresenta algumas desvantagens, como: risco de entupimento dos interstícios do leito, o sistema é limitado ao tratamento de vazões pequenas e médias. Mesmo após o tratamento o efluente ainda apresenta elevada quantidade de microrganismos patogênicos, e dependendo da ocasião há necessidade de processo de desinfecção.

### **3.6 Vala de Filtração**

O sistema consiste em valas escavadas, contendo material filtrante, e um sistema de tubulações longitudinais para realizar a distribuição do esgoto e a coleta do mesmo após filtração. Segundo Chernicharo (2001), o efluente depurado pode ser encaminhado através das canalizações para os corpos d'água. Ainda de acordo com Chernicharo (2001), a vala de filtração tem o objetivo de remover os poluentes presentes no efluente, através do processo de filtração que ocorre na camada de areia, onde acontece a depuração por processos físicos (retenção) e químicos (oxidação). O material filtrante deve ser do tipo areia, pedregulho ou pedra britada.

Segundo a ABNT 13969/97 (1997), a vala de filtração deve funcionar em condições aeróbias. Portanto, prevê-se a necessidade de tubos de ventilação com proteção contra insetos. O funcionamento da vala deve ser intermitente, e com alternância de uso para garantir a digestão aeróbia do material e desobstrução dos poros do meio filtrante. Na figura a seguir é apresentado o corte longitudinal de um sistema de vala de filtração.

Figura 4 – Vala de filtração (corte longitudinal)



Fonte: ABNT 13969 (1997)

O sistema de vala de filtração promove a remoção dos poluentes presentes no esgoto através das camadas de areia e pedregulho, onde acontece a retenção dos sólidos e a depuração química. Para a operação do sistema de vala de filtração, a ABNT 13969/97 (1997) prevê os seguintes fatores determinantes:

- Os materiais filtrantes a serem utilizados são do tipo: areia, pedregulho ou brita. Estes podem ser utilizados conjuntamente ou isoladamente;
- A taxa de aplicação do efluente do tanque séptico na vala de filtração não deve exceder  $100\text{L}/\text{dia} \times \text{m}^2$ ;
- Os intervalos de aplicação do efluente não devem ser inferiores a 6 horas;
- O funcionamento da vala deve ser intermitente;
- A camada de material filtrante deve ser coberta por material permeável, tal como tela fina;

Segundo ABNT 13969/97 (1997), a vala de filtração possui as seguintes faixas de remoção de poluentes: DBO entre 50% a 80%, DQO entre 40% a 75%, sólidos sedimentáveis na faixa de 100%, nitrogênio amoniacal entre 50% a 80%, nitrato e fosfato ambos entre 30% a 70%, e coliformes fedas de 99,5% a mais.

### 3.7 Sumidouro

O sumidouro, ou poço absorvente, é definido por Jordão e Pessôa (2005) como tanques verticalizados, de formato cilíndrico ou prismático. As paredes do sistema devem ser permeáveis (pedras, tijolos e madeiras) para possibilitar a infiltração do efluente no solo. Sendo considerado, portanto, pela ABNT 13969/97, como um sistema tanto de depuração quanto de disposição final. Os efluentes são recebidos dos tanques sépticos, visto que não é recomendável a aplicação de esgoto bruto neste sistema. Ainda se tratando das recomendações de construção do sumidouro, Chernicharo (2001) afirma que, o uso de pedra britada ou cascalhos no interior do tanque é opcional, alertando para o fato de que não devem ser rejuntados para que não impossibilite a infiltração.

Segundo Jordão e Pessôa (2005), seu dimensionamento é determinado em função da capacidade de percolação do solo, pois é a taxa de percolação que vai definir a capacidade de receber e infiltrar o esgoto tratado. Conforme Chernicharo (2001), o solo possui diversas camadas, cada qual com suas características distintas, fazendo com que seja necessário determinar a capacidade de percolação de cada uma dessas camadas através da capacidade média de percolação ( $K_{\text{médio}}$ ). O ensaio completo para estimar a capacidade de percolação do solo pode ser encontrado no Anexo A da NBR 13969/ 1997

A ABNT 13969/97 define como deve ser calculado o valor do  $K_{\text{médio}}$ :

$$K_{\text{médio}} = \frac{\sum(K_i.H_i)}{\sum(H_i)} \quad (2)$$

Onde:

$K_{\text{médio}}$ : coeficiente médio de percolação

$K_i$ : coeficiente de infiltração da camada de solo

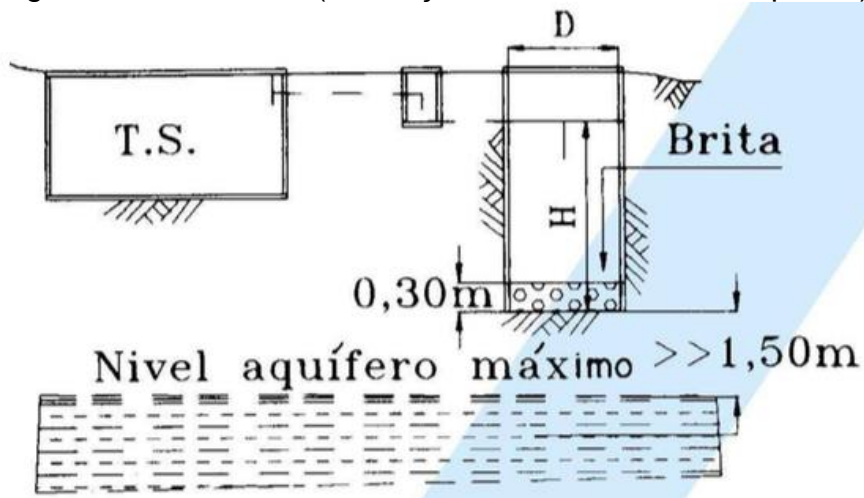
$H_i$ : altura da camada de solo

Chernicharo (2001), afirma ainda que, por ser uma unidade verticalizada, seu



uso é favorável somente em locais onde o lençol freático é profundo. A Norma ABNT 13969/97 estabelece então uma distância mínima de 1,50 m entre o fundo do dispositivo e o nível máximo do aquífero, garantindo uma menor probabilidade de contaminação do lençol freático. Sua instalação conforme o nível do aquífero é realizada da seguinte maneira:

Figura 5 – Sumidouro (instalação conforme nível do aquífero)

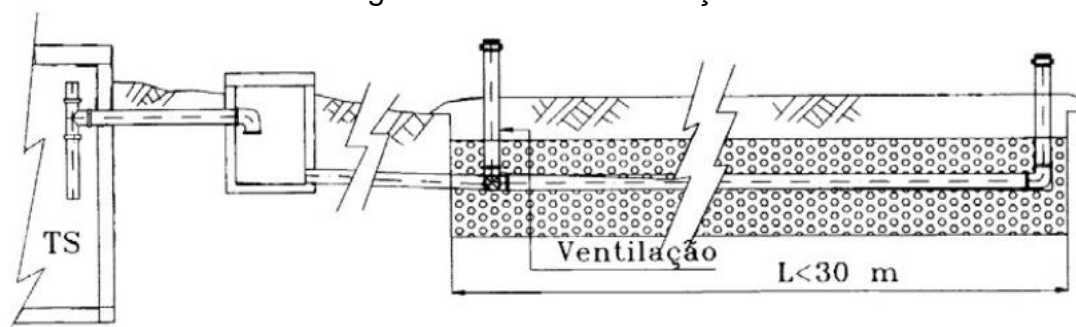


Fonte: ABNT 13969 (1997)

### 3.8 Vala de Infiltração

A vala de infiltração, como o nome sugere é uma vala escavada no solo, e que segundo a ABNT 13969/97 (1997), contém tubulações estratégicas para distribuir o efluente, e meios de filtração no seu interior. Elas possuem as dimensões longitudinais maiores que as transversais e podem receber revestimento vegetal. Seu detalhamento pode ser analisado na imagem 6.

Figura 6 – Vala de infiltração



Fonte: ABNT 13969 (1997)

Ercole (2003) define as valas de infiltração como um processo de tratamento e disposição final no solo, de um esgoto previamente tratado. O sistema consiste na percolação do efluente no solo onde ocorre a sua depuração natural. Segundo Jordão e Pessôa (2005) essa percolação permite a mineralização do esgoto antes que ele se transforme em fonte de contaminação. Chernicharo (2001) afirma que, o processo de depuração do efluente ocorre devido aos processos físicos (retenção dos sólidos), processos químicos (adsorção) e aos processos biológicos (oxidação).

Para garantir a eficiência do sistema, é necessário realizar a aplicação do esgoto de forma intermitente. De acordo com a ABNT 13969/97 (1997), são necessárias no mínimo duas valas de infiltração para que sejam utilizadas de modo alternado. Segundo Ercole (2003), isso é necessário para garantir a condição aeróbia no interior da vala e para desobstrução dos poros do solo.

Alguns fatores devem ser ponderados antes de dar início ao projeto de vala de infiltração, como:

- Área disponível para construção do sistema;
- Grau de permeabilidade do solo, para que garanta a eficiência do sistema ao realizar a percolação do esgoto;
- Nível do aquífero, para prevenir a contaminação do mesmo. A distância vertical mínima entre o fundo da vala e o nível máximo da superfície do aquífero deve ser de 1,5m;

- Distância horizontal mínima de poços de água;
- Índice pluviométrico.

A eficiência do sistema depende significativamente das características do solo e do seu grau de saturação por água, como afirma a ABNT 13969/97 (1997). Segundo Hahn (2007), o sistema possui melhor desempenho quando a camada superficial do solo tem maior capacidade de infiltração do que a camada inferior. Suas taxas de remoção de parâmetros físico e químicos são definidas por Loehr & Overcash (1985 apud Campos 1999) como: remoção de DBO maior que 95%, remoção de sólidos em suspensão maior que 99%, remoção de Nitrogênio entre 30% a 50%, remoção de Fósforo maior que 99% e remoção de metais maior que 90%.

Segundo Campos (1999) inúmeras são as vantagens do emprego de efluentes no solo, dentre elas estão: baixo investimento, operação simples, benefício agrícola, baixo consumo de energia, não há produção de lodo e DBO reduzido. O sistema também possui desvantagens, como: não podem ser implementados em qualquer lugar, pois exigem grandes áreas, solo e clima adequado. Necessitam de manutenção permanente e podem influenciar o lençol subterrâneo.

### **3.9 Disposição final no corpo hídrico e reúso**

Para que seja possível realizar a disposição final do esgoto tratado no corpo receptor (lagoas, rios, córregos), é fundamental que o esgoto atinja os parâmetros exigidos. Assim, o risco de causar impactos negativos ao corpo hídrico é menor. A Resolução CONAMA 430/2011, estabelece os critérios e padrões para o lançamento direto dos efluentes tratados, que devem obedecer às seguintes condições:

- a) pH entre 5 e 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
- e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- f) ausência de materiais flutuantes.

A opção de disposição final no corpo hídrico ainda depende do porte do mesmo. Segundo Brasil et al. (2018), para rios com grandes vazões o lançamento de esgoto tratado de até uma pequena comunidade não implica em impactos negativos ao corpo receptor. Quanto menor a vazão do rio, maior deve ser o cuidado referente ao lançamento do efluente. Brasil et al. (2018) ainda afirmam que em casos onde o corpo hídrico esteja próximo a nascente, o lançamento de esgoto mesmo que tratado se torna proibido.

A opção de reúso vem sendo difundida gradativamente com o passar dos anos, se apresentando também como uma alternativa para a disposição final dos efluentes domésticos tratados. Podendo ser considerado como uma forma de gestão dos recursos hídricos. No Brasil, a primeira resolução a tratar das questões de reúso de águas residuárias foi a Resolução CNRH nº 54 de 2005, que estabelece diretrizes e critérios gerais para a sua prática. Segundo a resolução acima referida, água de reúso pode ser definida como “água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas”.

Em 2010, foi criada a Resolução CNRH nº 121, que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal. A referida Resolução ressalta ainda uma diretriz da ONU, que afirma que “a

não ser que haja grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior”, evidenciando ainda mais a importância da prática do gerenciamento de recursos hídricos por meio do reúso. Com isso, as águas consideradas de melhor qualidade podem ser destinadas para uso mais exigente.

Jordão e Pessôa (2014), afirmam que a prática do reúso pode ser destinada a diversos fins, como já mencionado, para irrigação na agricultura. E outras destinações como: reúso industrial, uso domiciliar e comercial (fins não potáveis), uso na construção civil, dentre outros. Apesar das diferentes possibilidades de reúso, é importante salientar que a prática requer manejo adequado para que não implique em impactos negativos ao meio ambiente e a saúde da população.

## 4 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foi feita uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa e caráter exploratório, acerca dos sistemas de esgotamento sanitário. Objetivando com isso, traçar um panorama do contexto do saneamento básico no Brasil. Foi realizado o levantamento de informações para a seleção do tratamento complementar e para a seleção da unidade de disposição final. A revisão bibliográfica foi fundamentada nas Normas referentes ao dimensionamento, funcionamento e particularidades de cada sistema de tratamento (tanque séptico, filtro anaeróbio e vala de filtração) e disposição final (sumidouro e vala de infiltração), para que ao final do trabalho fosse elaborado um fluxograma com base nas Normas ABNT 7229/93 “Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos”, e ABNT 13969/97 “Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação”.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rebouças (2009), conceitua fluxograma como uma representação gráfica (através de simbologia) que apresenta a sequência de um processo de forma analítica, permitindo uma visualização integrada e uma leitura simplificada e lógica. O fluxograma também pode ser definido como um instrumento que busca apresentar um processo sequencial. De acordo com Prêve (2011), os fluxos localizam dados para a produção de informações necessárias e tratam as informações e seus requisitos para a tomada de decisão.

O fluxograma será utilizado como ferramenta base para a tomada de decisão, visando adotar o sistema de tratamento e disposição de esgoto mais adequados. A ferramenta apresentará as alternativas possíveis de acordo com as características e condições do local em que se deseja realizar a implementação dos sistemas. Visto que, para cada sistema há uma exigência distinta, o fluxograma apresentará então sugestões diferentes. Existem três questionamentos básicos e cruciais que devem ser respondidos antes mesmo da seleção e implementação do sistema, eles são:

1. Há presença de corpo hídrico no local?

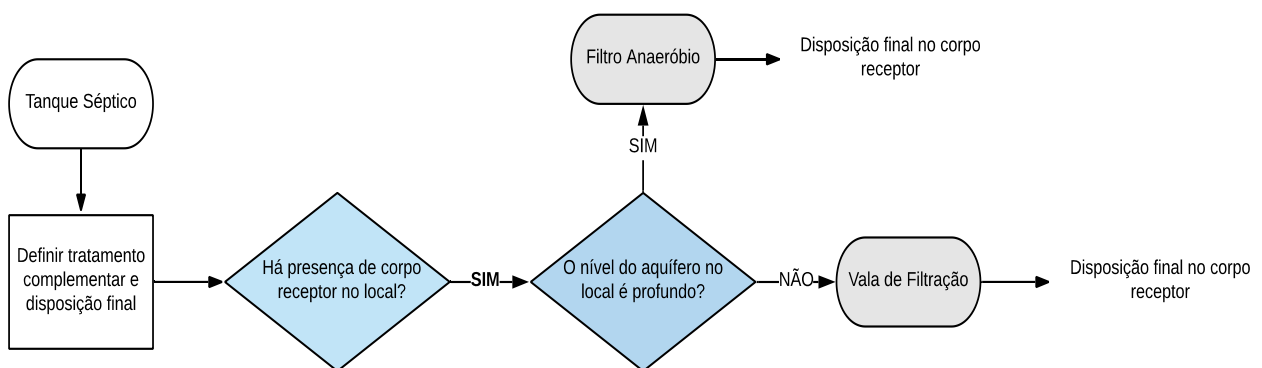
Caso o local em que se deseja implementar as unidades disponha de um corpo hídrico torna-se possível realizar a disposição final no mesmo. Porém, é de grande importância advertir que o efluente deve atender aos parâmetros para lançamento exigidos pela Resolução CONAMA 430/2011 para que não venha a comprometer a qualidade das águas, uma vez que o Art. 5º da Seção I reitera que “Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento”. Dependendo da classe de enquadramento do corpo receptor definidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005, o lançamento de efluentes pode tornar-se proibido ou submetido a certas restrições.

## 2. Qual o nível do aquífero no local?

Através da NBR 13969/97 é estabelecida uma distância mínima de 1,50 m entre o fundo do dispositivo e o nível máximo do aquífero. Tal Norma foi implementada para que haja uma redução na probabilidade de ocorrer a percolação de poluentes oriundos do efluente, visando prevenir a contaminação, garantindo assim a segurança do aquífero. Caso o aquífero no local seja profundo, torna-se possível o emprego de unidades verticalizadas, como no caso do sumidouro e do filtro anaeróbio. Caso contrário, o mais prudente é optar por unidades com maior área horizontal e menor área vertical.

A partir do questionamento 1 e 2 previamente apresentados, torna-se possível dar início ao esboço do fluxograma, exposto abaixo:

Figura 7 - Parte 1 Fluxograma: Disposição no corpo receptor



Fonte: Rocha (2019)

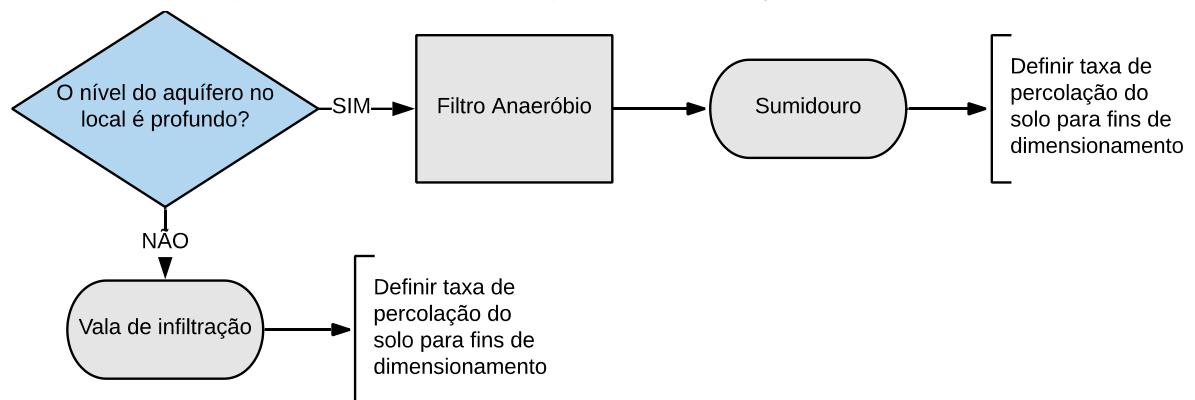
## 3. Qual a taxa de percolação do solo?

O cálculo do nível de permeabilidade do solo é essencial para determinação do dimensionamento de sistemas que tem seu funcionamento fundado basicamente na percolação do efluente nas camadas do solo, como no caso do sumidouro, vala de filtração e vala de infiltração. A capacidade do solo de realizar a percolação está diretamente associado ao êxito dos sistemas previamente referidos, pois é através dela que se torna possível definir a capacidade de receber, tratar e infiltrar o efluente



de modo eficiente. Ao implementar um sistema que dependa fundamentalmente da ação da percolação do esgoto no solo para fins de tratamento e/ou disposição final, em um solo onde a taxa de percolação não vai ao encontro da sua real necessidade, naturalmente o sistema está fadado ao colapso. Nem sempre é possível constatar-se a curto prazo, no entanto certamente a longo prazo o sistema começa a mostrar sinais de falha. Acarretando em gastos que poderiam ter sido evitados, provocados pela não contemplação das particularidades do local e dos critérios essenciais para seleção das unidades.

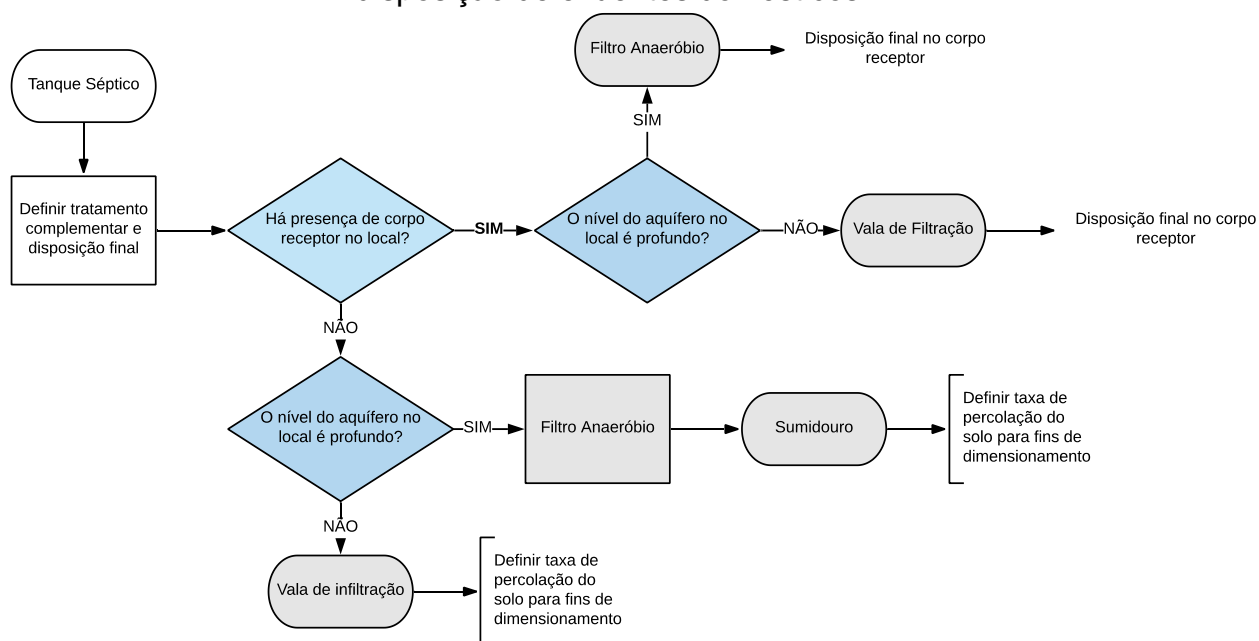
Figura 8 – Parte 2 Fluxograma: Disposição final no solo



Fonte: Rocha (2019)

Fundamentado nos três questionamentos previamente apresentados, foi possível elaborar o fluxograma (apresentado em sua forma íntegra) a seguir:

Figura 9 – Fluxograma para tomada de decisão do método de tratamento e disposição de efluentes domésticos



Fonte: Rocha (2019)

Recorrendo ao fluxograma desenvolvido, torna-se possível efetuar a tomada de decisão que será fundada nas informações primordiais para desempenhar um processo de estudo e posterior implementação das unidades, adequadas a determinada área, considerando as particularidades e respeitando os critérios e necessidades do local. Tornando o processo decisivo cada vez mais simples e acessível a profissionais da área.

Há uma gama de soluções disponíveis para o tratamento e para a disposição do efluente doméstico em áreas afastadas, que podem ser encontradas na NBR 13969/1997. Contudo, para o presente trabalho foram selecionados sistemas que apresentam vantagens na qual tornam sua implementação mais acessível, devido a questões como: tipo de efluente recebido, baixo a médio custo de construção, fácil operação, baixa frequência de manutenção, não exigem extensas áreas para construção, soluções unifamiliares ou semicoletivas e pelo fato de não exigirem mão de obra especializada para operação (BRASIL, 2018).

É conhecido que alguns dos sistemas trabalhados acima produzem uma quantidade de lodo significativa, como no caso do tanque séptico e do filtro anaeróbio, que de acordo com Brasil (2018), necessitam de remoção periódica para garantir seu pleno funcionamento. Este lodo demanda por uma destinação final apropriada que

contemple, segundo Jordão e Pessôa (2014), sua composição, quantidade, características especiais que possam interferir na sua disposição, dentre outros atributos. Segundo os autores, a destinação deste lodo se revela como um grande problema na cadeia de “coleta – tratamento – disposição final”. No entanto, a destinação do lodo não foi contemplada no presente trabalho, para que não dispersasse do seu real propósito.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As adversidades relacionadas a falta de saneamento básico no Brasil, merecem uma maior atenção. Comumente, a parcela mais carente da população é a que mais sofre com a escassez desses serviços básicos, que são considerados fundamentais para sustentar uma qualidade de vida digna. Tal circunstância, torna possível traçar uma relação entre saúde e saneamento. O meio ambiente do mesmo modo, vem sofrendo uma gradual degradação. Degradação essa que pode ser analisada na alteração da qualidade das águas, dos solos e da atmosfera.

Através do presente trabalho, pretendeu-se disponibilizar a profissionais da área de saneamento um material guia, sucinto e de fácil entendimento, que os auxilie na escolha de qual sistema implementar. Tornando o processo mais simples, para que sua eventual universalização disponha cada vez mais de meios para se realizar.

Questões acerca de reuso do efluente e disposição do lodo proveniente do tratamento, foram brevemente abordadas durante o trabalho uma vez que divergem do propósito principal do tema. Contudo, são temas que apresentam correlação e são de notável relevância, que poderiam ser apresentados com mais precisão e detalhamento em um futuro trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. 1997, 60p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229. Projeto, construção e operação de tanques sépticos. 1993, 15p.
- Agência Nacional das Águas; Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Atlas Esgotos - Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília, DF. 2017.
- ANA-Agência Nacional das Águas. Situação da Água no Mundo. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo/agua-no-mundo>>. Acesso em: 15 out 2018.
- ÁVILA, O. R. Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico- filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte. 2005. 166 f. Tese (Mestrado em ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.
- BELI, E; HUSSAR, J, G; PERES, S, J, L. Eficiência do Tratamento de Esgoto Doméstico de Comunidades Rurais por meio de Fossa Séptica Biodigestora. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 020-036, janeiro/março de 2010.
- BRASIL, A. L. *Tratamento de Esgotos Domésticos em Comunidades Isoladas: Referencial para Escolha de Soluções*. Campinas: UNICAMP, 2018. 152p.
- BRASIL. Lei No 11.445, de 04 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. Publicada no DOU - Seção 1 - 08/01/2007 e retificado em 11/1/2007, Página 1.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. Disponível em: < <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos/1414-resolucao-n-121-de-16-de-dezembro-de-2010/file>>. Acesso em: 9 abril 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos/37-resolucao-n-54-de-28-de-novembro-de-2005/file>>. Acesso em: 9 abril 2019.

CAMPOS, J.R. (coord.). Tratamento de esgotos domésticos por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999, 464p.

CAVALCANTE, L. F. Avaliação da Eficiência de Filtros Anaeróbios na Remoção de Coliformes Fecais e Ovos de Helmintos. 2007. 83 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Sanitária). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

CHERNICHARO, C. A. L. (coordenador). Pós Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, Projeto PROSAB, Belo Horizonte, FINEP, 2001. 544p.

CHERNICHARO, C.A.L; VON SPERLING, M. Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. Londres: IWA Publishing, 2005. v. 1, 857p.

COUTINHO, A. Estudo sobre o emprego de fossas sépticas. Tese apresentada à Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil para o concurso de Livre Docência da Cadeira XVI. Rio de Janeiro, 1966.

EDDY, H. P.; METCALF, L. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5. ed. Nova Iorque: Mc Graw Hill, 2016. 2008 p.

ERCOLE, S. A. L. Sistema Modular de Gestão de Águas Residuárias Domiciliares: Uma Opção Mais Sustentável Para a Gestão de Resíduos Líquidos. 2003. 174 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003

HAHN, B. C. Verificação do grau de comprometimento do lençol freático causado pelo lançamento de efluentes provenientes de um sistema de tratamento de águas negras. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental). UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=245351>>. Acesso em: 08 set. 2018.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005. 932p.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014. 1050p.

ONU - Organização das Nações Unidas. 4,5 bilhões de pessoas não dispõem de saneamento seguro no mundo. Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/onu-45-bilhoes-de-pessoas-nao-dispoem-de-saneamento-seguro-no-mundo/>> Acesso em: 117 out 2018.

PLANSAB- Plano Nacional de Saneamento Básico; Ministério das Cidades. Brasília. 2013.

PRÉVE, A, D. Organização, Sistemas e Métodos. 2ª ed. Florianópolis, Departamento de Ciências da Administração /UFSC, 2011. 164p.

REBOUÇAS, Djalma de Pinho. *Sistemas, Organização e Métodos: uma abordagem gerencial*. São Paulo: Atlas: 2009.

TONETTI, A. L. *Tratamento de Esgotos pelo Sistema Combinado Filtro Anaeróbio e Filtros de Areia*. 2008. 187p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na área de concentração em Saneamento e Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

Trata Brasil. Esgotamento Sanitário Inadequado e Impactos na Saúde da População. 2010.

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects. 2018. Acesso em: <<https://population.un.org/wup/Country-Profiles/>>. Acesso em: 16 set. 2018.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, vol. 1, 3a ed., Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.