



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

GABRIEL PEREIRA CORDEIRO

SISTEMA FOSSA-FILTRO PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

UBÁ/MG

2021

GABRIEL PEREIRA CORDEIRO

SISTEMA FOSSA-FILTRO PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Fundação Presidente Antônio Carlos – FUPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Professora Doutora Suymara Toledo de Miranda

UBÁ/MG

2021

RESUMO

O lançamento de esgoto doméstico nos corpos hídricos é de grande preocupação para a saúde e qualidade de vida da população, visto que é possível desencadear diversos problemas relacionados à surtos de infecções e impacto na economia devido aos gastos públicos investidos na decorrência do fato. Um dos sistemas simplificados de tratamento de efluentes, é relatado o sistema fossa-filtro. Dessa forma, objetiva-se nesse trabalho, a partir de uma revisão bibliográfica, reunir um levantamento de eficiências sobre os sistemas em conjuntos, a fim de informar e conceber possíveis projetos para implementação de sistemas do tipo fossa-filtro em atendimento à população desprovida de tratamento sanitário devido ao baixo custo de implantação e operacional. A fossa séptica (tanque séptico), instalado isoladamente não apresenta eficiência considerável no tratamento de efluentes, assim como o filtro anaeróbio também não apresenta bons resultados isoladamente. No entanto, aliando os dois tipos de sistema, atentamente observando a construção e execução, apresentam eficiências consideráveis no âmbito de padrões de lançamentos de efluentes previstos pelos órgãos competentes brasileiros.

Palavras-chave: Fossa séptica. Tanque séptico. Filtro anaeróbio. Tratamento de dejetos. Lançamentos de efluentes.

ABSTRACT

The release of domestic sewage into water bodies is of great concern to the health and quality of life of the population, since it is possible to trigger several problems related to outbreaks of infections and impact on the economy due to public spending invested in the fact. One of the simplified effluent treatment systems is reported the fossa-filter system. Thus, this work aims to gather a survey of efficiencies on the systems together, in order to inform and design possible projects for the implementation of fossa-filter systems in service to the population without sanitary treatment due to the low cost of implementation and operational. The septic tank (septic tank), installed alone, does not present considerable efficiency in the treatment of effluents, and the anaerobic filter also does not present good results alone. However, combining the two types of system, carefully observing the construction and execution, they present considerable efficiencies within the scope of effluent release standards predicted by the competent Brazilian agencies.

Keywords: Septic tank. Domestic sewage. Anaerobic filter. Waste treatment. Effluent releases.

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 6 |
| 2 DESENVOLVIMENTO | 8 |
| 2.1 Esgotamento sanitário no Brasil | 8 |
| 2.2 Composição dos esgotos domésticos | 9 |
| 2.3 Captação e tratamentos preliminares | 12 |
| 2.4 Lançamentos de efluentes | 16 |
| 2.5 Reatores anaeróbios de tratamento | 17 |
| 2.5.1 <i>Tipo fossa</i> | <i>18</i> |
| 2.5.1.1 <i>Dimensionamento do tanque séptico</i> | <i>19</i> |
| 2.5.2 <i>Filtro anaeróbio</i> | <i>22</i> |
| 2.5.2.1 <i>Dimensionamento do filtro anaeróbio.....</i> | <i>25</i> |
| 2.6 Exemplo de dimensionamento dos sistemas | 27 |
| 2.6.1 <i>Tanque Séptico.....</i> | <i>27</i> |
| 2.6.2 <i>Filtro anaeróbio.....</i> | <i>27</i> |
| 2.7 Estudos com os sistemas fossa-filtro | 27 |
| 3 CONCLUSÃO | 29 |
| REFERÊNCIAS | 30 |

1 INTRODUÇÃO

No Brasil são mais de 210 000 000 milhões de habitantes, no mundo mais de sete (7) bilhões de habitantes. Tomando-se apenas por proporção o Brasil, mais de 40% das cidades sequer possui um tratamento de esgoto doméstico (FUNASA, 2017).

Com o avanço tecnológico, a qualidade de vida tende a melhorar, no entanto, a ocupação e utilização das fontes de água também deveriam ser desenvolvidos à mesma medida. O crescimento exponencial da população contribui a um uso e descarte desordenado, contribuição considerável no quesito consumo e produção, contribuindo para o aumento do número de dejetos.

A difusão de meios de tratamento de esgoto doméstico é de suma importância para o despertar da população em si para a conscientização e contribuição para um meio ambiente limpo e sustentável. Cuidando assim, de várias formas, para um mantimento prolongado dos recursos fornecidos pela natureza, garantindo um futuro de qualidade e atendimento aos requisitos mínimos de tratamento e lançamento ao meio ambiente.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) (2018), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. Pode-se dizer que saneamento descreve o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar a salubridade ambiental, ou seja, condição natural no que tange a vivência da população, prevenir e tratar.

Em virtude de uma cultura sem educação sanitária e medidas práticas, grande parte da população é propiciada a lançar dejetos no meio ambiente, diretamente em corpos hídricos ou no solo. Criando ambientes propícios à criação de organismos patogênicos e situações favoráveis à transmissão.

Contudo, a importância do tratamento do esgoto baseia-se em um desenvolvimento socioeconômico contribuindo para o controle de doenças a eles relacionados e para a economia pública.

De acordo com a FUNASA (2003), a solução se resume à destinação adequada através de um sistema público de esgotos. Essa solução é, no entanto, impraticável no meio rural e às vezes difícil, por razões econômicas, em muitas comunidades

urbanas e suburbanas. Casos que se enquadram em soluções individuais como os sistemas anaeróbios do tipo fossa séptica seguido do sistema filtro anaeróbio.

A fossa séptica é um compartimento biológico anaeróbio onde há reações químicas com presença de microrganismos atuando no decréscimo de matéria orgânica, gerando lodo e biogás. O filtro anaeróbio além de possuir reações químicas atuando na decomposição da matéria orgânica, ele a retém através de um biofilme gerado no meio suporte do dispositivo, gerando uma quantidade menor de lodo e biogás.

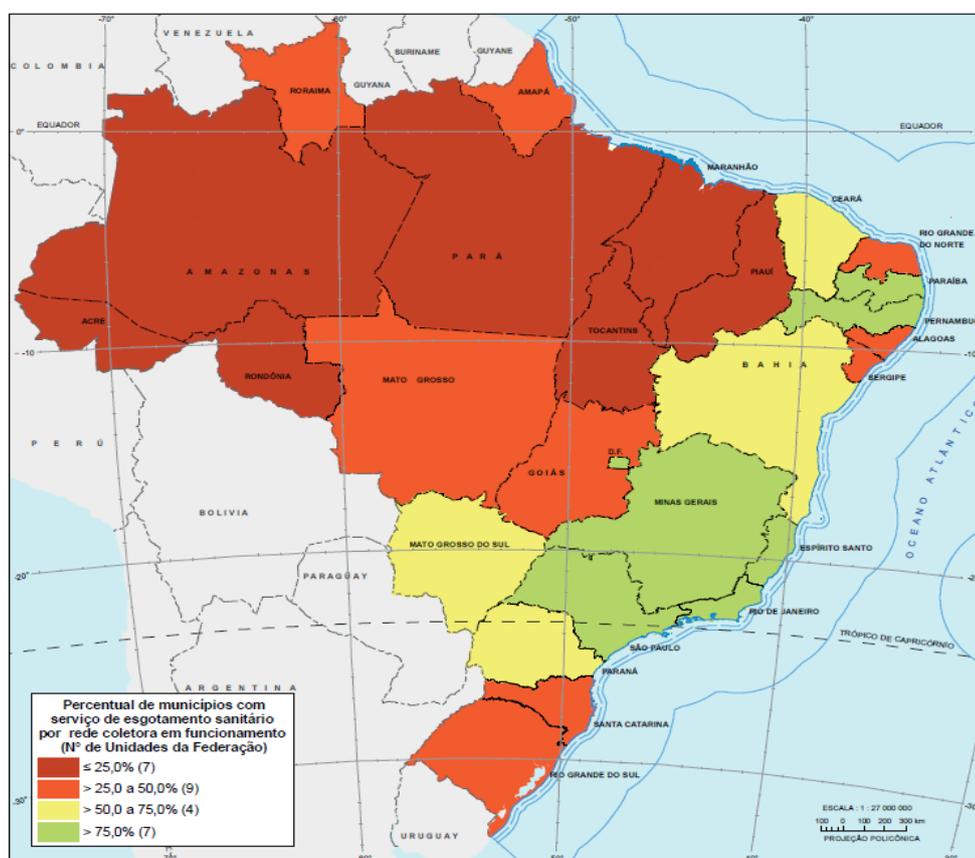
Partindo da ideia que os dois sistemas precisam de um pré-tratamento e outro um pós-tratamento para atendimento dos padrões de lançamentos, objetiva-se nesse trabalho, a partir de uma revisão bibliográfica, reunir um levantamento de eficiências sobre os sistemas em conjuntos, a fim de informar e conceber possíveis projetos para implementação de sistemas do tipo fossa-filtro em atendimento à população desprovida de tratamento sanitário devido ao baixo custo de implantação e operacional.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Esgotamento sanitário no Brasil

A situação agravante pode ser dimensionada pelo número de municípios existentes no Estado brasileiro sem qualquer tipo de serviço de esgoto sanitário. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), em 2017 apenas 3206 municípios (57,6%) existia pelo menos uma organização executora que possuía o serviço de esgotamento sanitário por rede coletora em funcionamento pelo menos em uma vez, em um dia, no ano de 2017 (FIG.1).

Figura 1 - Cartograma do serviço de esgotamento sanitário por rede coletora em funcionamento – 2017



Fonte: IBGE, 2017.

No Brasil, em 2017, existiam mais de 300 km de rede coletora de esgoto e 29 milhões de ligações ativas (IBGE, 2017). Vê-se na Tabela 1, a seguir, a extensão da rede coletora do tipo convencional e a quantidade de ligações ativas, segundo as

grandes regiões. Em vias públicas, as redes convencionais são instaladas e operadas pelas instituições executoras dos serviços.

Tabela 1 – Extensão da rede coletora de esgoto convencional e número de ligações ativas esgotadas, segundo as Grandes Regiões – 2017

| Grandes Regiões | Extensão da rede coletora de esgoto convencional (km) | Ligações ativas esgotadas |
|-----------------|-------------------------------------------------------|---------------------------|
| Brasil | 300 520 | 29 202 336 |
| Norte | 4 722 | 371 659 |
| Nordeste | 33 648 | 3 914 491 |
| Sudeste | 185 480 | 19 275 471 |
| Sul | 49 829 | 3 222 915 |
| Centro-Oeste | 26 841 | 2 420 800 |

Fonte: Adaptado pelo autor (IBGE, 2017)

A correta canalização e instalação de redes coletoras e interceptoras de esgoto sanitário visa a preservação dos corpos hídricos evitando a contaminação, mantendo a vida e possibilitando a reutilização dos recursos, após o tratamento necessário, reduzindo os riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Para o tratamento dos efluentes domésticos necessita-se da conciliação de diversos processos físicos, químicos e biológicos, conforme Jordão e Pessoa (2017, p. 79 *apud* IBGE, 2017 p.67) “o tratamento dos esgotos é formado, em última análise, por uma série de operações unitárias, empregadas para a remoção de substâncias indesejáveis, ou para a transformação dessas substâncias em outras de forma aceitável”.

2.2 Composição dos esgotos domésticos

O produto gerado pelo uso contínuo da água e a permanência de pessoas em suas residências, pontos comerciais, instituições - qualquer instalação que dispõe de banheiros, cozinhas, lavanderias - chamados de esgoto doméstico, podem ser poderosos meios de transmissão de germes patogênicos de várias doenças como esquistossomose, teníase, amebíase, ascaridíase, etc. No Quadro 1 abaixo, pode-se verificar a composição do esgoto doméstico.

Dessa forma, é imprescindível a correta canalização e afastamento deste do ambiente a fim de evitar o contato com o homem e contaminação de águas de abastecimento, alimentos, vetores (possíveis transmissores) (FUNASA, 2000).

Quadro 1 - Características do esgoto doméstico

| | | |
|-------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Características físicas | Matéria sólida | Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos. É devido a esse percentual de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de se tratar os esgotos |
| | Temperatura | A temperatura do esgoto é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento. A velocidade de decomposição do esgoto é proporcional ao aumento da temperatura |
| | Odor | Os odores característicos do esgoto são causados pelos gases formados no processo de decomposição, assim o odor de mofo, típico do esgoto fresco é razoavelmente suportável e o odor de ovo podre, insuportável, é típico do esgoto velho ou séptico, em virtude da presença de gás sulfídrico |
| | Cor e turbidez | A cor e turbidez indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada de alguma turbidez é típica do esgoto fresco e a cor preta é típica do esgoto velho |
| | Variação de vazão | A variação de vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico é em função dos costumes dos habitantes. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja 80% |

Quadro 1 - Características do esgoto doméstico - continuação

| | | |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Características químicas | Matéria orgânica | <p>Cerca de 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica, geralmente esses compostos orgânicos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio, e algumas vezes com nitrogênio.</p> <p>Definido pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), que se resume no quanto de oxigênio é preciso pelos microrganismos para decompor a matéria carbonácea.</p> |
| | Matéria inorgânica | <p>Nos esgotos é formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas</p> |
| Características biológicas | Microrganismos de águas residuais | <p>Os principais organismos encontrados nos esgotos são: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas.</p> <p>Deste grupo as bactérias são as mais importantes, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas estações de tratamento.</p> |
| | Indicadores de poluição | <p>Há vários organismos cuja presença num corpo d'água indica uma forma qualquer de poluição. Para indicar, no entanto, a poluição de origem humana usa-se adotar os organismos do grupo coliforme como indicadores.</p> <p>As bactérias coliformes são típicas do intestino do homem e de outros animais de sangue quente (mamíferos) e por estarem presentes nas fezes humanas (100 a 400 bilhões de coliformes/hab. Dia) e de simples determinação, são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da poluição. Seria por demais trabalhoso e antieconômico se realizar análises para determinar a presença de patogênicos no esgoto; ao invés disto se determina a presença de coliformes e, por segurança, se age como se os patogênicos também estivessem presentes.</p> |

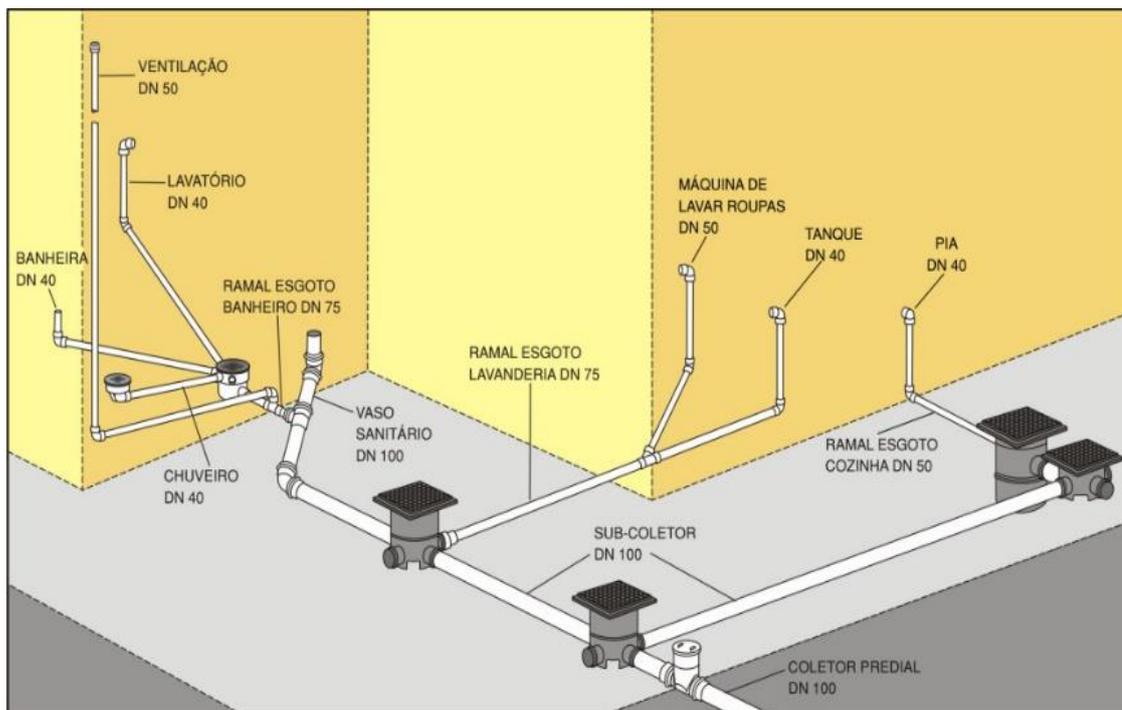
Fonte: Adaptado pelo Autor de FUNASA, 2000.

2.3 Captação e tratamentos preliminares

O esgoto sanitário é coletado basicamente a partir de águas residuais utilizadas por residências, empresas e instituições, sendo, portanto, produzido em residências, bares, restaurantes, aeroportos, rodoviárias, hotéis, farmácias, shopping centers, hospitais, postos de saúde, escolas e centros de detenção, instituições públicas, etc., (BORGES, 2008).

Além desses locais, onde são utilizados água, há geração de esgoto em instrumentos sanitários, como vasos sanitários, chuveiros, pias, mictórios, bidês, caixas d'água, máquinas de lavar roupas, canos de esgoto e demais aparelhos sanitários utilizados para coletar água de lavagem na área coberta, por exemplo a FIG.2, integrando-se à produção de esgoto sanitário produzido por um município. Além do produto sanitário gerado de indústrias previamente tratados e que atendem aos padrões de efluentes para adentrar na rede pública, também parte das águas pluviais e subterrâneas que entram na coleta e canalização do esgoto público calhando por locais singulares e pontos do sistema que não podem ser impermeabilizados, como tampas de caixas de passagem, por exemplo a FIG.3 abaixo, inspeção e pontos de visitas e conexões entre as diversas tubulações utilizadas no sistema de coleta e transporte do esgoto sanitário (ARCHELA, 2003).

Figura 2 – Demonstração de sistema de captação residencial de esgoto



Fonte: O percurso do esgoto: uma coleta que você não vê¹

Figura 3 - Exemplo de tampa de caixa de passagem



Fonte: O percurso do esgoto: uma coleta que você não vê.²

Contudo, em virtude dessa grande contribuição para a produção do esgoto, as características quantitativas e qualitativas do produto gerado pela comunidade pode

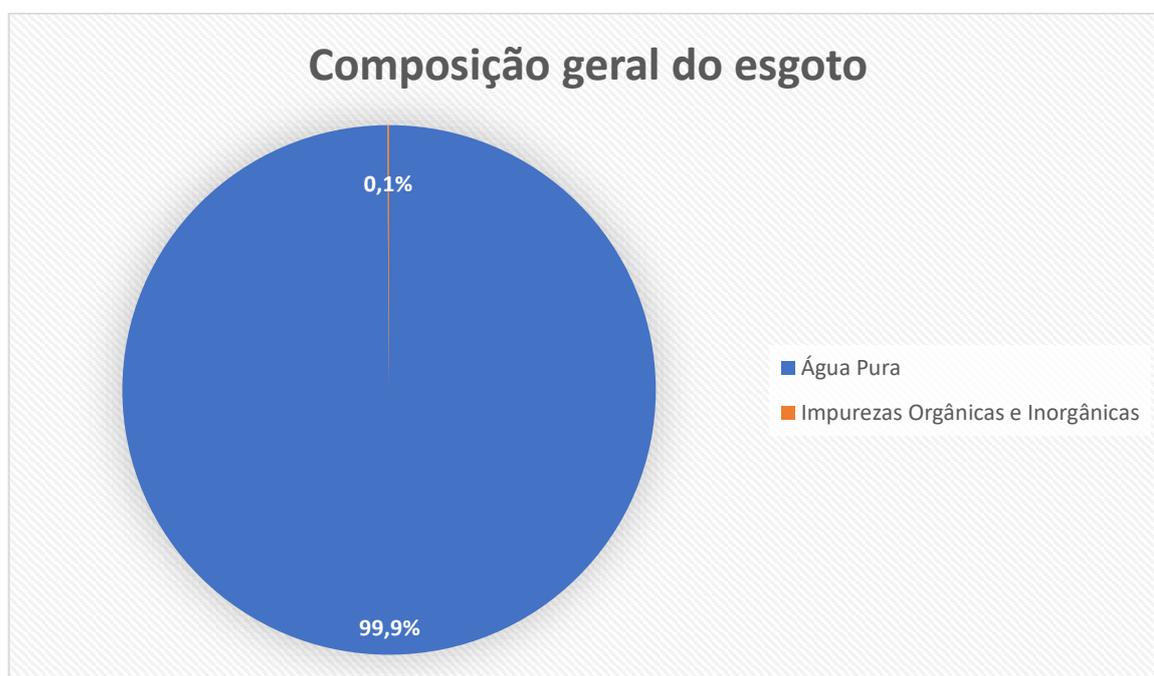
¹ <https://engenharia360.com/o-percurso-esgoto-uma-coleta-que-voce-nao-ve/>

² <https://engenharia360.com/o-percurso-esgoto-uma-coleta-que-voce-nao-ve/>

sofrer drásticas variações de cargas orgânicas (Kg/hab.dia de DBO), e vazões médias e instantâneas (L/hab.dia, L/s respectivamente), sendo por função dos hábitos da população; da renda per-capita local; do clima e sua variação; das diversas atividades comerciais e industriais da cidade; da população residente e migração pendular; entre outros fatores nada menos importantes como topografia e disponibilização/oferta de água potável para consumo (FUNASA, 2000).

Conforme o Manual do Saneamento Básico (FUNASA, 2000), cerca de 99,9% do esgoto sanitário consiste em água pura, entretanto, 0,1% de impureza orgânicas e inorgânica, constituídas de sólidos suspensos e dissolvidos, inclusive microrganismos. Porcentagens estas quando não há contribuição industrial, mantendo uma composição média razoavelmente constante como descrito acima (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Composição geral do esgoto



Fonte: Autor

Devido aos 0,1% é necessário o tratamento e deve-se a utilização de processos e parâmetros que mitigam o caráter poluidor do efluente nos corpos hídricos. O tratamento do efluente é dividido em níveis e parâmetros de acordo com o grau de tratamento e remoção de potenciais poluidores que se deseja objetivar.

Os níveis são descritos como tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário (Quadro 2), que de acordo com a composição se enquadram nos níveis de tratamento (Quadro 3).

Quadro 2 - Especificação das funções de níveis de tratamento

| | |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tratamento Preliminar | Remoção dos sólidos por sedimentação, que podem obstruir e danificar e dificultar os próximos tratamentos |
| Tratamento Primário | Objetiva a remoção de sólidos sedimentáveis e início da remoção de matéria orgânica |
| Tratamento Secundário | Objetiva a remoção de matéria orgânica e possíveis nutrientes dependendo do processo |
| Tratamento Terciário | Remoção de poluentes específicos ou complementar ao tratamento secundário para remoção de matéria orgânica. |

Fonte: Adaptado pelo autor de METCALF (2015).

Quadro 3 - Resumo de identificação para nível e processo de tratamento por poluente.

| Poluente | Nível | Processo |
|---------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Sólido em suspensão | Preliminar | Gradeamento, caixa de areia, tanque de sedimentação. |
| Matéria orgânica biodegradável | Secundário Parcialmente no primário | Fossa, lagoa de estabilização, filtro biológico, tratamento anaeróbio. |
| Patogênicos | Terciário Início no secundário | Lagoa de maturação, desinfecção com produtos e radiação ultravioleta. |
| Nitrogênio | Secundário Terciário | Nitrificação e desnitrificação biológica, processos físico-químicos. |
| Fósforo | Secundário Terciário | Remoção biológica, processos físico-químicos. |

Fonte: BORGES (2008), adaptado pelo autor

Divididos em três categorias, como citados no tópico anterior, os parâmetros de constituintes se classificam como físicos, biológicos e químicos.

Enquadram-se no nível preliminar a primário os constituintes físicos que são formados por substâncias cuja presença afeta as características da água, partículas

sólidas suspensas ou em estado viscoso (orgânicas ou inorgânicas) que modificam a transparência (turbidez) e cor da água, podendo apresentar-se na forma de lodo.

O tratamento dos constituintes biológicos começa no primário e continuam no secundário. São basicamente formados pelos seres vivos liberados junto com os dejetos humanos: bactérias, vírus, fungos e protozoários. Alguns desses microrganismos estão contidos normalmente na flora intestinal do homem e não causam danos à saúde, mas os patogênicos podem causar problemas de saúde.

A mitigação dos constituintes de natureza química parte do secundário e continuam seu processo no terciário. Constituem-se de substâncias orgânicas e inorgânicas. A fração orgânica é representada por uma série de substâncias artificiais fabricadas pelo homem, como detergentes e defensivos agrícolas. As substâncias minerais mais importantes são nutrientes (nitrogênio e fósforo), enxofre, metais pesados e compostos tóxicos (METCALF (2015)).

2.4 Lançamentos de efluentes

Pela regência da resolução nº430 de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre os padrões de lançamentos de efluentes, parâmetros, condições e diretrizes para lançamento dos efluentes em corpos hídricos receptores define a capacidade de suporte do corpo receptor e os níveis aceitáveis para que não comprometa a qualidade da água. A resolução CONAMA 430/2011 traz as seguintes condições:

- I - Condições de lançamento de efluentes:
 - 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.

2.5 Reatores anaeróbios de tratamento

O sistema anaeróbio de tratamento compõe-se em unidades de tratamento em que as reações bioquímicas de estabilização da matéria orgânica contida na água residuária são realizadas na ausência de oxigênio molecular. Ocorrem quando apresentam organismos bacterianos anaeróbios aderidos às suas superfícies do meio filtrante, além de biomassa bacteriana anaeróbia dispersa meio efluente. Os microrganismos devem estar aclimatados ao afluente para manter-se a estabilidade do processo e da própria biomassa (FLECK, 2003).

Por um longo tempo, o processo anaeróbio é utilizado no tratamento de efluentes. A degradação da matéria orgânica biodegradável ocorre pela ausência de oxidante externo, gerando biogás, por meio de bactérias anaeróbias (SOUSA, 2017).

Von Sperling (1996) aponta que na seleção de sistemas de tratamento de esgoto deve ser analisado cada um individualmente, adotando-se a melhor alternativa técnica e econômica, referenciando-se em eficiência, confiabilidade, lodo, área, impactos ambientais, custos de implantação e operação, sustentabilidade e simplicidade.

Os processos de decomposição acontecem através de diferenças de potenciais de oxirredução entre os constituintes do esgoto, proporcionando reações por enzimas celulares até o limite da equalização dos potenciais do meio, ou em função da capacidade de depuração de certos compostos remanescentes pelos organismos constituintes (FLECK, 2003).

De acordo com ÁVILA (2005), os reatores são as principais unidades de uma ETE, mesmo que separadamente não atendem aos parâmetros para remoção de todos os constituintes. Mas, no entanto, são necessárias combinações de reatores biológicos com diferentes processos para atendimento dos requisitos de qualidade do efluente.

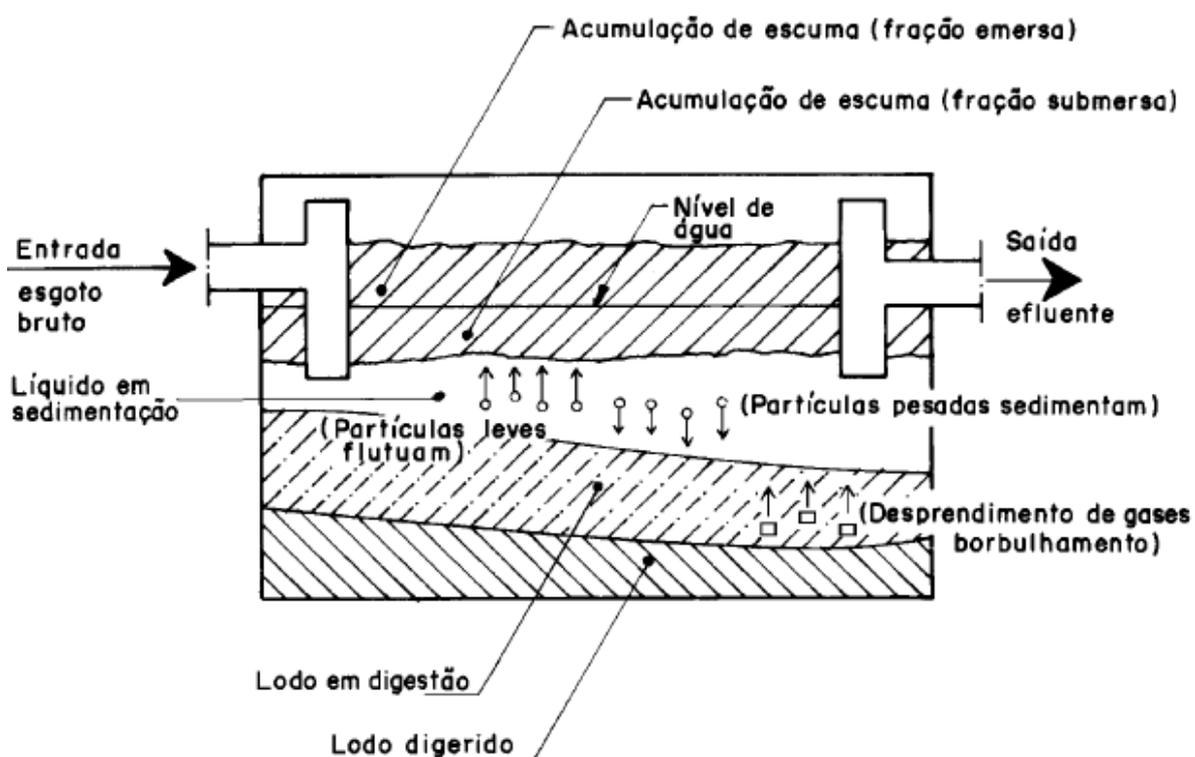
O exemplo comum de combinação de reatores anaeróbios é formação da fossa seguido de filtro anaeróbio, muito utilizado na prática no país. O tanque séptico tem por alvo principal reter os sólidos inorgânicos e orgânicos por sedimentação. Os sólidos orgânicos constituem parte da DBO total, que com o tempo de retenção do lodo será digerido anaerobiamente no fundo do tanque. A fração mais solúvel da DBO total será em seguida tratada no filtro anaeróbio, que pela sua especificação é preciso um tratamento com prévia remoção de sólidos suspensos para melhor eficaz. A

excessiva presença destes constituintes provocaria em curto tempo a colmatção do leito, o que poderia causar um mau desempenho e até o seu colapso (DE MENEZES, 2017).

2.5.1 Tipo fossa

As fossas ou tanques sépticos são compartimentos biológicos anaeróbios, reatores onde há reações químicas com presença de microrganismos, que interagem ativamente no decréscimo da matéria orgânica. Nesses tanques, o esgoto é tratado de forma livre de oxigênio (ambiente anaeróbio), calhando o desenvolvimento de uma biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio) e gerando biogás, que é composto principalmente de metano e gás carbônico, mostrado na FIG.4 a seguir (ÁVILA, 2005).

Figura 4 – Funcionamento geral de um tanque séptico.



Fonte: ABNT-NBR, N°7229/1993.

São câmaras fechadas que objetivam deter os despejos domésticos, por algum período de tempo definido pelo dimensionamento, de modo a permitir a sedimentação dos sólidos e fixação do material graxo contido nos esgotos decompondo-os

bioquimicamente, em substâncias e compostos mais simples e estáveis (FUNASA, 2005).

Segundo ÀVILA (2005), os tanques sépticos apresentam múltiplas funções:

- Decantação - sólida, líquida e gasosa.
- Sedimentação – acúmulo de sólidos mais pesados que a água pela ação da gravidade;
- Flotação dos sólidos - pequenas bolhas de gases, produzidas na digestão anaeróbia, aceleram a ascensão de partículas menos densas, formando a espuma.
- Decomposição e digestão do material sedimentado (lodo, biomassa) e do material flutuante (espuma) – a atividade biológica principal ocorre no lodo sedimentado;
- Tratamento anaeróbio da fase líquida em passagem, provindo da mistura natural do lodo com os dejetos e ao período de detenção hidráulica maior que nos decantadores usuais. A ação biológica na fase líquida pode ser expressiva, principalmente em climas quentes.

2.5.1.1 Dimensionamento do tanque séptico

De acordo com a NBR 7229/1993 o volume total do tanque séptico deve ser calculado pela equação 1:

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

Onde:

V = volume útil, em litros;

N = número de pessoas ou unidades de contribuição;

C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (ver FIG. 5);

T = período de detenção, em dias (ver FIG. 6);

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (ver FIG.7);

Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (ver FIG.5).

Figura 5 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante.

| Prédio | Unidade | Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf) | |
|------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|------|
| | | C | Lf |
| Unid.: L | | | |
| 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 |
| 2. Ocupantes temporários | | | |
| - fábrica em geral | pessoa | 70 | 0,30 |
| - escritório | pessoa | 50 | 0,20 |
| - edifícios públicos ou 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 e locais de curta permanência | lugar | 2 | 0,02 |
| - sanitários públicos ^(A) | bacia sanitária | 480 | 4,0 |

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Fonte: NBR 7229/1993

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

| 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: NBR 7229/1993

Figura 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 | | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|----------|
| | $t \leq 10$ | $10 \leq t \leq 20$ | $t > 20$ |
| 1 | 94 | 65 | 57 |
| 2 | 134 | 105 | 97 |
| 3 | 174 | 145 | 137 |
| 4 | 214 | 185 | 177 |
| 5 | 254 | 225 | 217 |

Fonte: NBR 7229/1993

No entanto, a NBR 7229/1993, define que os tanques sépticos podem ser cilíndricos ou prismáticos retangulares. Os cilíndricos servem para situações onde se pretende diminuir a área útil em função da profundidade; os retangulares em casos que sejam desejáveis maior área horizontal e menor profundidade. Respeitando as medidas mínimas:

- Profundidade útil: varia entre os valores mínimos e máximos recomendados na FIG.8, de acordo com o volume útil obtido pela equação 1;
- Diâmetro interno mínimo 1,10 m;
- Largura interna mínima 0,80 m;
- Relação comprimento/largura (para tanques prismáticos retangulares) mínimo 2:1; máximo 4:1.

Figura 8 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

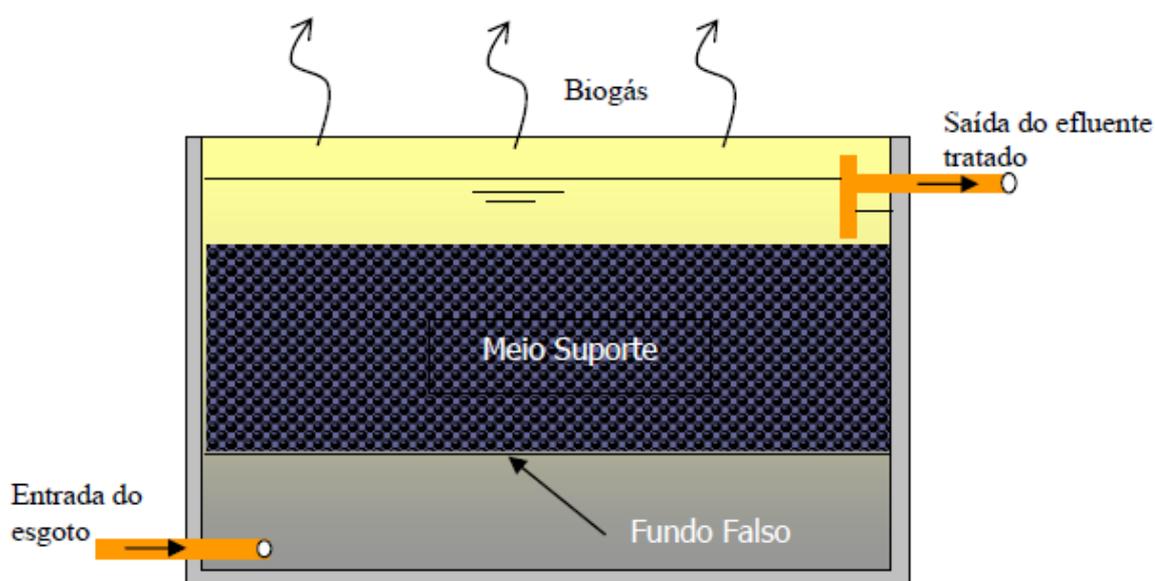
| Volume útil (m ³) | Profundidade útil mínima (m) | Profundidade útil máxima (m) |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Até 6,0 | 1,20 | 2,20 |
| De 6,0 a 10,0 | 1,50 | 2,50 |
| Mais que 10,0 | 1,80 | 2,80 |

Fonte: NBR 7229/1993

2.5.2 Filtro anaeróbio

Conforme NBR 7229 (1993), os filtros anaeróbios podem ter diversas formas, configurações e dimensões, formatos que possibilitam fluxo bem distribuído pelo meio e bom desempenho funcional. A FIG.9 a seguir é mostrado um filtro anaeróbio retangular de fluxo ascendente.

Figura 9 - Corte esquemático de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente



Fonte: ÁVILA, 2005.

De acordo com Ávila (2005), o sentido do fluxo traz consigo grandes diferenças funcionais para outras formas de disposição e configuração do filtro anaeróbio, como é mostrado no Quadro 4 a seguir.

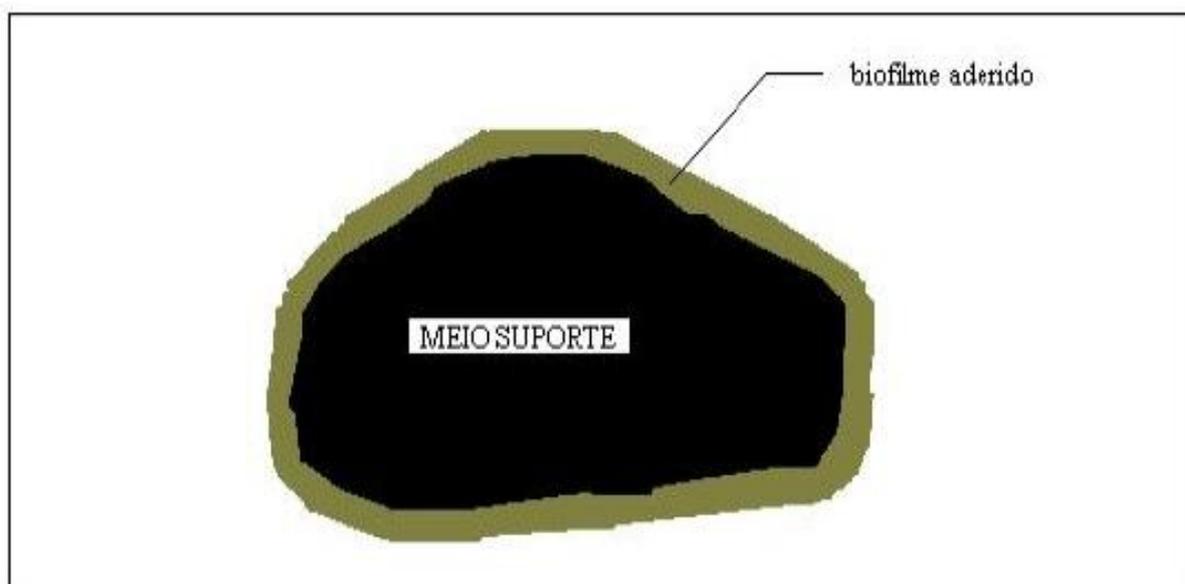
Quadro 4 - Características conforme a configuração do filtro

| Características gerais | | | |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Fluxo Ascendente | Fluxo Descendente | Fluxo Horizontal |
| <i>Vantagens</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Maior retenção de lodo em excesso; • Bom tempo de contato entre o esgoto e o biofilme devido aos lodos em sustentação hidráulica; • Propiciam alta eficiência e baixa perda dos sólidos que são arrastados no efluente. | <ul style="list-style-type: none"> • Apresentam facilidade para remoção de lodo em excesso; • Menor risco de entupimento no leito; • Podem receber esgotos com maior concentração de sólidos; • Indicado para altas e baixas cargas orgânicas. | <ul style="list-style-type: none"> • Funciona com características intermediárias entre fluxo ascendente e descendente. |
| <i>Desvantagens</i> | <ul style="list-style-type: none"> • São mais indicados para esgotos com baixa concentração; • Maiores riscos de entupimento das aberturas. | <ul style="list-style-type: none"> • Os filtros com fluxo não afogado apresentam baixa eficiência. | <ul style="list-style-type: none"> • Maior dificuldade na distribuição do fluxo; • Desempenho diferenciado ao longo do leito; • Concentração de lodo em excesso mal distribuída; • Remoção do lodo difícil; • Deve ser usado com baixas taxas de carga orgânica. |

Fonte: Adaptado pelo autor (ÁVILA, 2005).

A eficiência do sistema anaeróbio está sujeita ao meio suporte - material de enchimento que serve como suporte para os microrganismos, que formam película ou um biofilme na sua superfície (FIG.10), retendo a biomassa – e de alguns outros fatores como à atividade biológica (temperatura), tempo de retenção celular (tempo de retenção do biofilme) e tempo de detenção hidráulica (DAS NEVES, 2020).

Figura 10 - Retenção de biomassa por adesão



Fonte: FLECK, 2003.

A norma NBR-13969/97 informa a faixa de eficiência alcançada pelos filtros anaeróbios em conjunto com o tanque séptico em função da temperatura. Para a $DBO_{5,20}$, a eficiência pode variar de 40 a 75%, para DQO, de 40 a 70%, para sólidos suspensos, de 60 a 90% e para sólidos sedimentáveis, 70% ou mais. Os limites inferiores correspondem às temperaturas abaixo de 15°C e os limites superiores correspondem às temperaturas acima de 25°C.

De acordo com Ávila (2005), os filtros anaeróbios possui grandes vantagens como efluente clarificado, efluente com baixa concentração de matéria orgânica, não necessita de consumo de energia, remoção significativa da matéria orgânica dissolvida, baixa produção de lodo, presta-se para disposição no solo, resiste bem às variações de vazão afluente, não exigem grandes alturas ou escavações profundas, construção e operação simples, não necessita de lodo inoculador, não necessita de recirculação de lodo e liberdade de projeto em termos de dimensionamento. As

desvantagens se resumem em efluentes ricos em sais minerais, com quantidade considerável de microrganismos patogênicos, riscos de entupimento e volume do filtro relativo ao espaço ocupado pelo meio suporte.

2.5.2.1 Dimensionamento do filtro anaeróbio

De acordo com a NBR 13969/1997 o volume útil do leito filtrante deve ser calculado pela equação 2:

$$V_u = 1,6 N \times C \times T \quad (2)$$

Onde:

N = número de contribuintes;

C = contribuição de despejos, em litros x habitantes / dia (FIG.11);

T = tempo de detenção hidráulica, em dias (conforme a FIG.12).

NOTA – O volume mínimo do leito filtrante deve ser de 1000L.

Figura 11 - Contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes

| Prédio | Unidade | Contribuição de esgoto L/d | Contribuição de carga orgânica gDBO _{5,20} /d |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. Ocupantes permanentes | | | |
| Residência | | | |
| Padrão alto | Pessoa | 160 | 50 |
| Padrão médio | Pessoa | 130 | 45 |
| Padrão baixo | Pessoa | 100 | 40 |
| Hotel (exceto lavanderia e cozinha) | Pessoa | 100 | 30 |
| Alojamento provisório | Pessoa | 80 | 30 |
| 2. Ocupantes temporários | | | |
| Fábrica em geral | Pessoa | 70 | 25 |
| Escritório | Pessoa | 50 | 25 |
| Edifício público ou comercial | Pessoa | 50 | 25 |
| Escolas (externatos) e locais de longa permanência | Pessoa | 50 | 20 |
| Bares | Pessoa | 6 | 6 |
| Restaurantes e similares | Pessoa | 25 | 25 |
| Cinemas, teatros e locais de curta permanência | Lugar | 2 | 1 |
| Sanitários públicos ¹⁾ | Bacia sanitária | 480 | 120 |
| ¹⁾ Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio de esportes, locais para eventos etc.). | | | |

Fonte: NBR 13969/1997.

Figura 12 - Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias)

| Vazão L/dia | Temperatura média do mês mais frio | | |
|------------------|------------------------------------|--------------------|----------------|
| | Abaixo de 15°C | Entre 15 °C e 25°C | Maior que 25°C |
| Até 1 500 | 1,17 | 1,0 | 0,92 |
| De 1 501 a 3 000 | 1,08 | 0,92 | 0,83 |
| De 3 001 a 4 500 | 1,00 | 0,83 | 0,75 |
| De 4 501 a 6 000 | 0,92 | 0,75 | 0,67 |
| De 6 001 a 7 500 | 0,83 | 0,67 | 0,58 |
| De 7 501 a 9 000 | 0,75 | 0,58 | 0,50 |
| Acima de 9 000 | 0,75 | 0,50 | 0,50 |

Fonte: NBR 13969/1997.

2.6 Exemplo de dimensionamento dos sistemas

2.6.1 *Tanque Séptico*

Para exemplo de dimensionamento de tanque séptico, utiliza-se a equação 1 e os padrões de ocupantes permanentes de 10 pessoas padrão alto e período de intervalo de limpeza de 2 anos.

Verifica-se dessa maneira o dimensionamento do volume útil:

- Fig. 5: Padrão alto - $C = 160$ e $L_f = 1$ em litros
- Fig. 6: Contribuição diária = 0,92
- Fig. 7: Acumulação em anos, período em anos: 105
- Fig. 8: Profundidade útil = 1,5 m

$$V = 1000 + 10 \times (160 \times 0,92 + 105 \times 1)$$

$$V = 3522 \text{ L} = 3,522\text{m}^3$$

2.6.2 *Filtro anaeróbio*

Para exemplo de dimensionamento de filtro anaeróbio, utiliza-se a equação 2 e também os padrões de ocupantes permanentes de 10 pessoas padrão alto e período de intervalo de limpeza de 2 anos para coincidir com o dimensionamento e a manutenção do tanque séptico.

Verifica-se dessa forma o dimensionamento do volume útil:

- Fig. 11: Padrão alto - $C = 160$
- Fig. 12: Contribuição diária = 0,92

$$V_u = 1,6 \times 10 \times 160 \times 0,92$$

$$V_u = 2355 \text{ L} = 2,355\text{m}^3$$

2.7 Estudos com os sistemas fossa-filtro

Em um trabalho realizado por Ávila (2005), no centro experimental de tratamento de esgotos da UFRJ, o CETE Poli/UFRJ, teve como objetivo analisar três tipos de meio filtrante para a combinação de tanque séptico e filtro anaeróbio por seis

meses, resultaram bons resultados, atendidos pelas normas. Obteve resultados de 69%, 73% e 68% na remoção de DQO, 68%, 67% e 62% na remoção de DBO, e 90%, 93% e 90% na remoção de SST nos filtros de anéis de plástico, brita nº4 e cubos de espuma respectivamente. Conclui também que o desempenho dos sistemas foi semelhante, e demonstrou viabilidade técnica do meio suporte formado pelos cubos de espuma, pouco experimentado.

Gedoz (2019), em loteamentos e condomínios que não são ligados às redes das grandes estações de tratamento de efluentes (ETE), necessitam de uma ETE local, onde foram feitos os estudos. No entanto, aponta que o sistema híbrido (sistema de fluxo ascendente incorporado de um dispositivo de retenção de sólidos) se apresentou viável somente financeiramente, pois sua eficiência é similar à do sistema tradicional de tanque séptico e filtro anaeróbio.

Para Das Neves (2020), uma das soluções a curto prazo para melhorar o problema da falta de tratamento do esgoto em Paty do Alferes, Rio de Janeiro, foi a instalação de tanques sépticos e filtros anaeróbios pois possui desempenhos dentro do que determina normas vigentes. Para os resultados usaram o meio suporte com brita nº4, cubos de espuma e anéis de plástico. Avaliando o custo benefício, a brita nº4 apresenta melhores resultados.

No estudo de Oliveira (2021), foram utilizados 30 artigos e 24 trabalhos monográficos, referentes ao tema proposto. Os resultados obtidos nesse estudo revisional mostraram que as maiores eficiências do tratamento biológico foram apresentadas pelos sistemas que os processos aeróbios e anaeróbios atuaram em conjunto.

Scottá (2015), a fim de melhorar o tratamento de efluentes da ETE, em um município de baixa renda da Serra Gaúcha, que não atendia os padrões mínimos estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128/2006, avaliou um dimensionamento de sistema de pós-tratamento fossa e filtro, composto por dois tanques sépticos interligados e seguidos de quatro filtros anaeróbios. Infelizmente, não se pôde afirmar que o projeto foi executado corretamente, devido a existência de inconsistência entre projeto e estrutura pronta. As avaliações foram feitas por base nas NBR 7229/1993 e 13969/1997. Mas que sugeriram melhorias nas operações, como retro lavagem nos filtros anaeróbios e instalação de um hidrômetro para estabelecer a vazão de lançamento.

3 CONCLUSÃO

Visto que o tratamento feito por fossa séptica não é consideravelmente eficiente atuando isoladamente, é conveniente adotar algum pós tratamento, como apresentado, o tratamento por filtro anaeróbio. Ambos necessitam do tratamento preliminar para evitar obstruções e entupimentos das redes condutoras pelo sistema, a combinação desses dois tipos de equipamentos pode obter bons resultados no tratamento de efluentes. Contudo, por mais que o correto dimensionamento seja de suma importância o acompanhamento das instalações e execuções dos projetos é de extrema significância, pois qualquer que seja o erro, pode-se comprometer a eficiência e a qualidade do tratamento.

Devido a sua facilidade de instalação e baixo custo, em locais onde não há concessionárias responsáveis pelo tratamento de efluentes, podem ser instalados conjuntamente a fossa séptica e o tratamento por filtro anaeróbio amenizando o impacto ambiental causado pelo lançamento direto de esgoto doméstico em corpos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C. V. Et Al. **A Gestão Dos Biossólidos Gerados Em Estações De Tratamento De Esgoto Doméstico**. Engenharia E Construção, V. 24, P. 18-22, 1998.
- ARCHELA, Edison Et Al. **Considerações Sobre A Geração De Efluentes Líquidos Em Centros Urbanos**. Geografia (Londrina), V. 12, N. 1, P. 517-526, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques Sépticos - Unidades De Tratamento Complementar E Disposição Final Dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção E Operação**. Rio De Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: Projeto, Construção E Operação De Sistemas De Tanques Sépticos**. Rio De Janeiro, 1993.
- ÁVILA, Renata De O. **Avaliação Do Desempenho De Sistemas Tanque Séptico-Filtro Anaeróbio Com Diferentes Tipos De Meio Suporte**. Originalmente Apresentada Como Dissertação De Mestrado, Programa De Pós-Graduação De Engenharia–Universidade Federal Do Rio De Janeiro, 2005.
- BORGES, Marisa Soares. **Tratamento De Água E Efluentes Industriais**. 2008.
- BRASIL, Mozart Da S. Et Al. **Qualidade Do Efluente De Sistemas Alagados Construídos, Utilizados No Tratamento De Esgoto Doméstico**. Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental, V. 9, P. 133-137, 2021.
- CARVALHO, Cornélio De Freitas; FERREIRA, Adalberto Luiz; STAPELFELDT, Frank. **Qualidade Das Águas Do Ribeirão Ubá-MG**. REM Revista Escola De Minas, V. 57, P. 165-172, 2004.
- CORNELLI, Renata Et Al. **Métodos De Tratamento De Esgotos Domésticos Uma Revisão Sistemática**. Revista De Estudos Ambientais, V. 16, N. 2, P. 20-36, 2015.
- DA SILVA, Gustavo HR; NOUR, Edson AA. **Reator Compartimentado Anaeróbio/Aeróbio: Sistema De Baixo Custo Para Tratamento De Esgotos De Pequenas Comunidades**. Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental, V. 9, P. 268-275, 2005.
- DAS NEVES, PATRICK RODRIGUES Et Al. **Sistema De Tanque Séptico E Filtro Anaeróbio Em Residências No Município De Paty Do Alferes-RJ**. Epitaya E-Books, V. 1, N. 15, P. 15-28, 2020.
- DE ARAÚJO ALMEIDA, Rogério; DA SILVA PITALUGA, Douglas Pereira; REIS, Ricardo Prado Abreu. **Tratamento De Esgoto Doméstico Por Zona De Raízes Precedida De Tanque Séptico Tanque Séptico**. Revista Biociências, V. 16, N. 1, 2010.
- DE MENEZES, Itamires Santos; MENDONÇA, Luciana Côelho. **Avaliação Do Tratamento Preliminar Da Estação De Tratamento De Efluentes Do Campus De**

São Cristóvão Da Universidade Federal De Sergipe. Scientia Plena, V. 13, N. 10, 2017.

Doenças Infecciosas E Parasitárias: Aspectos Clínicos, De Vigilância Epidemiológica E De Controle - Guia De Bolso / Elaborado Por Gerson Oliveira Pena [Et Al]. - Brasília: Ministério Da Saúde: Fundação Nacional De Saúde, 1998.

FLECK, Eduardo. Sistema Integrado Por Filtro Anaeróbio, Filtro Biológico De Baixa Taxa E Banhado Construído Aplicado Ao Tratamento De Lixiviado De Aterro Sanitário. 2003.

GEDOZ, LIA BARRETO; VANACÔR, ROMUALDO NUNES. Processos Alternativos De Tratamento De Esgoto Sanitário Em Condomínios E Loteamentos De Caxias Do Sul-Análise De Viabilidade. Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research, V. 2, N. 1, P. 580-592, 2019.

MANNARINO, Camille Ferreira Et Al. Avaliação De Impactos Do Efluente Do Tratamento Combinado De Lixiviado De Aterro De Resíduos Sólidos Urbanos E Esgoto Doméstico Sobre A Biota Aquática. Ciência & Saúde Coletiva, V. 18, P. 3235-3243, 2013.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. Tratamento De Efluentes E Recuperação De Recursos. McGraw Hill Brasil, 2015.

MORAIS, Naassom Wagner Sales; SANTOS, André Bezerra Dos. Análise Dos Padrões De Lançamento De Efluentes Em Corpos Hídricos E De Reuso De Águas Residuárias De Diversos Estados Do Brasil. 2019.

OLIVEIRA, Débora Carvalho Da Silva; AZEVEDO, Paulo Gabriel Ferreira De; CAVALCANTI, Luiz Antônio Pimentel. Processos Biológicos Para O Tratamento De Efluentes: Uma Revisão Integrativa. Revista Brasileira De Gestão Ambiental E Sustentabilidade, V. 8, N. 18, P. 397-415, 2021.

OLIVEIRA, Nayara Souto Dos Santos; SOUZA, Carina Siqueira De. Proposição De Sistema De Tratamento Complementar Ao Tanque Séptico Proposto Pela Nbr 13969/1997: Sistemas Alagados Construídos Uma Alternativa Viável. 2018.

PEREIRA, ERLON LOPES ET AL. Eficiência De Um Sistema De Reatores Anaeróbios No Tratamento De Efluentes Líquidos De Suinocultura. Acta Scientiarum. Technology, V. 33, N. 3, P. 287-293, 2011.

Pesquisa Nacional De Saneamento Básico 2017: Abastecimento De Água E Esgotamento Sanitário / IBGE, Coordenação De População E Indicadores Sociais. - Rio De Janeiro: IBGE, 2020.

SCOTTÁ, Jéssica. Avaliação E Otimização De Uma Estação De Tratamento De Esgoto Com Sistema Fossa E Filtro De Um Município Da Serra Gaúcha. 2016. Trabalho De Conclusão De Curso.

SOUSA, Weberton Dantas De Et Al. Tratamento De Efluentes: Uma Investigação De Filtros Anaeróbios Através Da Proposta Do Professor Cynamon. 2021.

TONETTI, Adriano L. Et Al. **Avaliação De Um Sistema Simplificado De Tratamento De Esgotos Visando A Utilização Em Áreas Rurais**. Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental, V. 14, P. 227-234, 2010.

TONETTI, Adriano Luiz Et Al. **Tratamento De Esgoto E Produção De Água De Reuso Com O Emprego De Filtros De Areia**. Engenharia Sanitária E Ambiental, V. 17, P. 287-294, 2012.

VERÓL, Aline Pires; VOLSCHAN JR, Isaac. **Inventário E Análise De Padrões De Lançamento De Esgotos Sanitários Visão Nacional E Internacional**. Anuais Do XVII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 2007.

VON SPERLING, Marcos. **Análise Dos Padrões Brasileiros De Qualidade De Corpos D'água E De Lançamento De Efluentes Líquidos**. Revista Brasileira De Recursos Hídricos, V. 3, N. 1, P. 111-132, 1998.