

Universidade Brasil

Campus Itaquera

RODRIGO PARMEZANO LOPES

ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM UM CLUBE
ESPORTIVO NA CIDADE DE SÃO PAULO

SEWAGE TREATMENT ALTERNATIVES IN A SPORTS CLUB IN THE CITY OF
SÃO PAULO

São Paulo, SP

2020

Rodrigo Parmezano Lopes

ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM UM CLUBE ESPORTIVO NA
CIDADE DE SÃO PAULO

Orientador: Prof. Dr. Roberto Andreani Júnior

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos
necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

São Paulo, SP

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

L85a Lopes, Rodrigo Parmezano.
 Alternativas de Tratamento de Esgoto em um clube
 Esportivo na Cidade de São Paulo/ Rodrigo Parmezano Lopes.
 São Paulo – SP: [s.n.], 2020.
 52 p.: il.; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, co-
mo complementação dos créditos necessários para obtenção
do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Andreani Júnior.

1.Águas Servidas. 2.Saneamento Básico. 3.Reator
Anaeróbico de fluxo Ascendente. 4.Tratamento de Efluentes
I. Título.

CDD 628.4

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **"ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM UM CLUBE ESPORTIVO NA CIDADE DE SÃO PAULO"**

Autor(es):

Discente: Rodrigo Parmezano Lopes

Assinatura: Rodrigo Parmezano Lopes

Orientador: Roberto Andreani Junior

Assinatura: RAJ

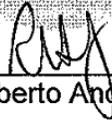
Data: 27/fevereiro/2020

TERMO DE APROVAÇÃO

RODRIGO PARMEZANO LOPES

**“ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM UM CLUBE
ESPORTIVO NA CIDADE DE SÃO PAULO”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Roberto Andreani Junior (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Evandro Roberto Tagliaferro (Universidade Brasil)



Prof(a). Dr(a). Edy Carlos Santos de Lima (Faculdade de Tecnologia de Jales)

Fernandópolis, 27 de fevereiro de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação a todos profissionais da área, e também às pessoas que tenham curiosidade de buscar conhecimento para solucionar os diversos problemas existentes em nossas trajetórias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus por me fortalecer e a me encorajar na elaborar e na conclusão dessa pesquisa. Dedico este trabalho à minha família em especial a minha esposa Isabela Gomes Facioli Lopes e aos meus filhos Olivia Facioli Parmezano Lopes e Breno Facioli Parmezano Lopes, por disponibilizarem suas atenções proporcionando um ambiente propício para elaboração deste trabalho.

Ao Professor Dr. Roberto Andreani Junior por, aceitar e orientar-me neste desafio, contribuindo com seu conhecimento e diretrizes valiosas para a conclusão desta obra.

À todos os professores do curso que ajudaram nas importantes disciplinas com conhecimento necessário.

À instituição Esporte Clube Pinheiros por disponibilizar as informações necessárias para realização desta pesquisa.

À Universidade Brasil que permitiu através da bolsa auxílio, a concretização deste trabalho

EPÍGRAFE

“Seja curioso. Leia de tudo. Tente coisas novas. O que as pessoas chamam de inteligência se resume a curiosidade.”

(Aaron Swartz)

ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM UM CLUBE ESPORTIVO NA CIDADE DE SÃO PAULO

RESUMO

O saneamento básico de água e esgoto é fundamental para qualidade de vida da população tanto da região urbana quanto da região rural. Este trabalho apresenta uma análise técnica, econômica e ambiental do cenário atual de um efluente gerado em um clube esportivo localizado no município de São Paulo. Foi analisado o seu sistema de tratamento de esgoto atual e conhecendo-se a infraestrutura disponível para ele, foram interpretados os resultados obtidos de amostras de água e de efluentes submetidos aos ensaios laboratoriais realizados na instalação do clube por meio de relatórios de análises técnicas do efluente realizados em 2017. A emissão de um efluente proveniente de um local ou estabelecimento para descarte ao meio ambiente é considerada satisfatória quando atende parâmetros do Decreto nº 8.468, de setembro de 1976 – Art. 19 A, que tratam dos padrões de emissão de efluentes para lançamento no sistema público de esgotos (SABESP). Através da revisão da literatura referente aos tipos de tratamento de efluentes disponíveis no Brasil, este trabalho apresenta por meio de um estudo de caso sugestões de melhorias técnicas, ambientais e econômicas em relação à operação e instalação de tratamento de efluentes do clube em questão, utilizando-se para o tratamento de efluente o reator anaeróbico de fluxo ascendente, ou *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), tendo como principais vantagens técnicas o uso reduzido de área física para tal processo e a satisfatória eficiência de remoção de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) que contribui para a redução de contaminantes no efluente quando devolvidos ao meio ambiente. Como conclusão o estudo elaborado apresentou possibilidades de continuidade depois da estação de tratamento construída, através de um monitoramento para análise da sua ecoeficiência relacionada ao reaproveitamento da água.

Palavras-chave: Águas servidas, Saneamento básico, Reator anaeróbico de fluxo ascendente, Tratamento de efluentes.

SEWAGE TREATMENT ALTERNATIVES IN A SPORTS CLUB IN THE CITY OF SÃO PAULO

ABSTRACT

Basic sanitation of water and sewage is fundamental for the quality of life of the population in both the urban and rural regions. This work presents a technical, economic and environmental analysis of the current scenario of an effluent generated in a sports club located in the city of São Paulo. Its current sewage treatment system was analyzed and, knowing the infrastructure available for it, the results obtained from water and effluent samples submitted to laboratory tests performed at the club's facility were interpreted through technical analysis reports from the club effluent carried out in 2017. The emission of an effluent from a place or establishment for disposal to the environment is considered satisfactory when it meets the parameters of Decree No. 8,468, of September 1976 - Art. 19 A, which deal with the effluent emission standards for launch in the public sewer system (SABESP). Through a literature review on types of effluent treatment available in Brazil this work presents, through a case study, suggestions for technical, environmental and economic improvements related to the operation and installation of effluent treatment in the club in question using Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) for effluent treatment. The main technical advantages are the reduced use of physical area for this process and the satisfactory efficiency of BOD removal (biochemical oxygen demand) that contributes to the reduction of contaminants in the effluent when returned to the environment. As a conclusion, the elaborated study presented possibilities of continuity after the built treatment station, through a monitoring to analyze its eco-efficiency related to the reuse of water.

Key-words: Wastewater, Basic sanitation, Effluent, Upflow Anaerobic Sludge Blanket, Effluent treatment

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das etapas de tratamento de efluentes.	22
Figura 2: Fluxograma da lagoa facultativa.....	23
Figura 3: Fluxograma da lagoa anaeróbia facultativa.....	24
Figura 4: Fluxograma da Lagoa aerada facultativa.	24
Figura 5: Fluxograma da Lagoa aerada de mistura completa e lagoa de decantação	25
Figura 6: Fluxograma dos Lodos ativados no sistema convencional (fluxo contínuo).	25
Figura 7: Fluxograma dos lodos ativados por aeração prolongada.....	26
Figura 8: Fluxograma dos lodos ativados – fluxo intermitente.....	27
Figura 9: Fluxograma do filtro biológico de baixa carga.	28
Figura 10: Fluxograma do filtro biológico de alta carga.....	28
Figura 11: Fluxograma Biodiscos	29
Figura 12: Fluxograma de um Reator Anaeróbio de Manta de Lodo.....	30
Figura 13: Fluxograma de um sistema de fossa séptica – Filtro anaeróbio.....	30
Figura 14: Esquema do reator tipo UASB.	32
Figura 15: Distribuição das tecnologias de tratamento em países representativos da América Latina,	34
Figura 16: Representação esquemática do sistema proposto.....	37
Figura 17: Fluxograma esquemático das etapas relacionadas com o sistema de gerenciamento do lodo e do biogás na estação de esgoto Laboreaux.	40
Figura 18: Cenários para a recuperação energética dos subprodutos do biogás e lodo de reatores UASB.....	41
Figura 19: Vista geral das unidades da estação de tratamento de esgoto Laboreaux	42
Figura 20: Fotografia das unidades UASB na ETE Aracapé.....	45
Figura 21: Fotografia dos decanto-digestores da ETE Pequeno Mondubim.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões de um reator UASB.....	32
Tabela 2: Resultados de relatório de ensaio de testes de efluentes realizado em um edifício Poli-esportivo no Esporte Clube Pinheiros.	38
Tabela 3: Valores médios e os desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos do afluente e elfuente do decantador e reator UASB durante o período experimental. .	43
Tabela 4: Valores das eficiências médias de remoção de DBO, DQO, SST e SSV do decantador e reator UASB durante o período experimental.....	44
Tabela 5: Dados de concepção de projeto para as ETE estudadas.....	45
Tabela 6: Resultados médios obtidos para parâmetros físicos e químicos na ETE1.	46
Tabela 7: Resultados médios obtidos para os parâmetros físicos e químicos na ETE2.	47

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AT	Amônia total
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
COD	Carbono orgânico dissolvido
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COT	Carbono orgânico total
CRC	Cloro residual livre
DAFA	Digestor anaeróbio de fluxo ascendente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
DDFA	Decantador-digestor seguido de filtro anaeróbio
ETE	Estação de tratamento de esgoto
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
pH	Potencial hidrogeniônico, medida da acidez ou alcalinidade de um líquido
RAFAALL	Reator anaeróbio de fluxo ascendente através de leito de lodo
RAFA	Reator anaeróbio de fluxo ascendente
RAFAMAL	Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo
RALF	Reator anaeróbio de leito fluidizado
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SLE	Sistemas de lagoas de estabilização
SPD	Subprodutos da desinfecção
SST	Sólidos suspensos totais
TDH	Tempo de detenção hidráulica
THM	Trihalometanos
TRS	Tempo de retenção de sólidos
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket ou Reator anaeróbio de fluxo ascendente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Relevância do tema e estado atual da arte.....	17
1.2	Objetivo.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Níveis de tratamento de esgoto.....	18
2.1.1	Tratamento preliminar.....	20
2.1.2	Tratamento primário	20
2.1.3	Tratamento secundário.....	21
2.1.4	Tratamento terciário.....	21
2.2	Principais tipos de tratamento de esgotos a nível secundário.....	22
2.2.1	Lagoas de estabilização	23
2.2.2	Lodos ativados.....	25
2.2.3	Sistemas aeróbicos com biofilmes.....	27
2.2.4	Sistemas Anaeróbicos	29
2.3	Reatores UASB, reator anaeróbico de fluxo ascendente	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
6	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água e do tratamento de efluentes são fundamentais para a saúde e bem-estar, além de sobrevivência da população. Uma nascente de um rio com água potável, por exemplo, deve ter disponibilidade adequada a todos que habitam em seu ecossistema.

Mananciais são reservas hídricas ou fontes de água para abastecimento público e podem ser superficiais ou subterrâneas. As represas utilizadas para fins de abastecimento público tem a finalidade de acumular água no período chuvoso ou úmido para ser utilizada no período seco ou de estiagem, permitindo o seu fornecimento para a população ao longo do ano. As represas também possuem um papel fundamental no controle das cheias, pois, no período de fortes chuvas, retêm parte da vazão que chegaria aos rios, córregos e centros urbanos, armazenando ou liberando os volumes de água aos poucos, de forma controlada, evitando ou reduzindo o impacto de inundações. Na Região Metropolitana de São Paulo a fonte principal utilizada para abastecimento público é a água armazenada em barragens ou represas. No Interior de São Paulo é comum o uso da água de poços profundos provenientes de mananciais subterrâneos que também inspiram proteção e cuidados. Já no litoral, há mananciais na serra e rios imprescindíveis ao desenvolvimento das regiões (SABESP 1, 2020).

Depois do processo de captação da água pela companhia de saneamento para o consumo dos seres humanos e para diversos outros fins, sejam comerciais, industriais e estabelecimentos públicos, a água recebe cargas de impurezas que a tornam não mais adequada para o consumo humano, passando a ser denominada de esgoto (SABESP 1, 2020).

Saneamento é um conjunto de ações que preservam as condições do meio ambiente e ajudam a evitar doenças, melhorando as condições da saúde pública (SABESP 2, 2020).

Diversas são as comunidades geradoras de esgoto e que eliminam os mesmos em corpos hídricos, no solo ou para uma estação de tratamento (ETE), tais como as indústrias químicas, casas e moradias das grandes cidades (VON SPERLING, 2014).

A Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) é uma sociedade anônima de economia mista, fundada em 1973, responsável pelos serviços públicos de saneamento básico do Estado de São Paulo e aproximadamente 371 municípios dependem do fornecimento de água e coleta e tratamento de esgoto e conseqüentemente, 27,9 milhões de pessoas também. É uma das maiores empresas de saneamento do mundo em população atendida. A empresa é responsável por aproximadamente 27% do investimento em saneamento básico no Brasil (SABESP 1, 2020).

Quando e quem precisa de uma ETE em um clube para devolver ao meio ambiente um efluente de acordo com as normas brasileiras de saneamento vigentes? As respostas são discutíveis, pois, teoricamente nas regiões onde não se tem coleta de esgoto, os estabelecimentos comerciais e industriais deveriam tratá-lo para não poluírem e contaminarem o subsolo, os lagos e entornos de seus locais. O esgoto despejado nos rios e lagos é o principal contribuinte de disseminação de doenças de saúde na população (SABESP 1, 2020). Visto isso, o ECP decidiu escolher um de seus edifícios poliesportivos, considerado o maior de práticas esportivas da cidade e conseqüentemente gerador de águas cinza de chuveiros e lavatórios, e contratou uma empresa especializada na análise e no tratamento de efluentes.

As ETEs antigamente eram construídas em regiões sem coleta de esgoto, mas nos grandes centros urbanos, com a conscientização da população, está se verificando as suas instalações com a finalidade não só tratar e dar condições do esgoto ser lançado nos rios, mas de gerar água de reuso também. Assim, pode-se utilizar a água menos nobre, não potável, para os serviços de irrigação, lavagem de piso, água para descarga dos vasos sanitários, lavagem de coberturas, toldos, etc. Existem diversos serviços que podem utilizar água de reuso ao invés de água potável fornecida pela concessionária Sabesp.

As vantagens com investimentos em uma ETE são diversas, diante das tarifas de uso de água nos centros urbanos, pois em poucos anos se alcança o retorno financeiro investido, além de se contribuir com a diminuição dos impactos ambientais.

No Brasil adota-se o “sistema separador de esgotamento sanitário” onde existe uma rede coletora separada para águas pluviais, chuvas, e outra para os esgotos. Já que existe a separação, a contribuição das águas pluviais não contribui

no dimensionamento da ETE, isto é, não são tratadas. Em outros países existe o sistema combinado. O esgoto dos centros urbanos que contribuem para a ETE é basicamente originado de três fontes diferentes (VON SPERLING, 2014):

- Esgotos domésticos (residências, instituições e comércio);
- Águas de infiltração;
- Despejos industriais.

Os esgotos domésticos são aqueles vindos das residências, comércios e instituições da mesma região, sendo calculados através da população existente e também de projetos onde é atribuído um valor de consumo médio de água de um indivíduo, denominado “quota per capita – QPC”.

As águas de infiltração seriam aquelas que se infiltram na extensa rede coletora de esgoto, existindo uma contribuição no volume de esgoto encaminhado à ETE. A infiltração ocorre devido à grande extensão da rede coletora e também pelos diversos tipos de solos, sendo a manutenção do sistema bem trabalhosa, não se conseguindo eliminar as infiltrações.

Os despejos industriais merecem atenção especial por serem os maiores responsáveis e contribuintes para o dimensionamento da Estação de Tratamento. A vazão de despejo e as características são particulares para cada indústria, e mesmo sendo do mesmo seguimento e desenvolvendo os mesmos produtos, despejam esgoto com parâmetros distintos.

Em projetos de tratamentos de esgotos frequentemente ficam em um plano secundário dois pontos importantes, ou seja, qual o objetivo do tratamento do esgoto e qual o nível que se deseja obter no processo adotado. São perguntas que norteiam o processo a ser desenvolvido em um determinado local específico, e quando não bem definidos, podem criar atrasos e prejuízos financeiros desnecessários.

Quando se planeja a remoção dos poluentes em um tratamento de esgoto, de forma a adequar o despejo do mesmo em um corpo hídrico, tem-se que definir o nível e a eficiência do tratamento.

1.1 Relevância do tema e estado atual da arte

A água torna-se cada vez mais escassa, principalmente em regiões urbanas onde o crescimento demográfico em conjunto com as mudanças de padrões de consumo e

a utilização de equipamentos eletrônicos que a recrutam em seu funcionamento, causam um contínuo aumento no seu uso.

1.2 Objetivo

Este trabalho objetiva a redução do consumo de água através do reaproveitamento após tratamento do esgoto gerado nas atividades esportivas, em um clube na cidade de São Paulo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Níveis de tratamento de esgoto

Os esgotos possuem características distintas e parâmetros para sua classificação e análise e há a obrigatoriedade de seguir os padrões de efluentes para lançamento no coletor e conseqüentemente na Estação de Tratamento de acordo com o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, pela sua Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011. Esses parâmetros são classificados em dois principais grupos (VON SPERLING, 2014):

- Parâmetros/características químicas:
 - Sólidos totais;
 - Indicadores de matéria orgânica;
 - Nitrogênio;
 - Fósforo;
 - Indicadores de contaminação fecal;
 - pH;
 - Alcalinidade;
 - Cloretos;
 - Óleos e graxas.
- Parâmetros/características físicas:
 - Temperatura;
 - Cor;
 - Odor;

- Turbidez.

A qualidade da água está relacionada com dois aspectos principais, seu uso e o lugar onde a mesma encontra-se, lugar esse chamado de bacia hidrográfica. A água tanto em condições naturais ou com interferência do homem acarreta impurezas, tornando-a não mais uma simples H₂O e sim uma substância complexa que merece ser analisada.

Analisa-se a qualidade da água junto com sua quantidade disponível no planeta, e se recomenda definir a qualidade da água antes e depois de sofrer a adição de impurezas.

A distribuição da água na Terra se encontra nas seguintes porcentagens (LEME, 2014):

- água do mar- 97%;
- geleiras - 2,2%;
- água doce- 0,8%:
- água subterrânea- 97%;
- água superficial- 3%.

Pode-se analisar as porcentagens acima demonstradas que apenas uma pequena parcela corresponde à água própria para utilização do homem, aproximadamente 0,024%, 3% de 0,8% (VON SPERLING, 2014). O ciclo hidrológico significa como a água se movimenta de um meio para o outro, já que, ela se distribui em nosso planeta.

Tem-se os seguintes mecanismos de transporte da água: precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação e transpiração. Cada uma tem sua característica, fazendo parte de um ciclo onde não existe perda, mas sim um transporte de um meio para outro mantendo um equilíbrio do sistema.

O ciclo do uso da água é fundamental para a garantia da sua qualidade, e a engenharia é responsável por gerenciar esse ciclo promovendo projetos, obras, melhorias e a manutenção de sua qualidade mantendo o equilíbrio da mesma.

O nível de um tratamento de esgoto usualmente está ligado as seguintes etapas: preliminar, primário, secundário e terciário. Recomenda-se sempre a verificação das legislações vigentes do lugar onde será recebido o benefício.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), criado pela Lei Federal nº 6.938/81, é o órgão responsável em estabelecer normas e critérios para o

licenciamento ambiental e fixar critérios e padrões de controle da poluição ambiental. A resolução nº 430 – art.21, de 13/05/2011, dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes (VON SPERLING, 2014).

A Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), órgão responsável pela normatização técnica no Brasil, fundada em 1940, é uma empresa privada e sem fins lucrativos de utilidade pública. A ABNT NBR 13.969:1997 é a norma técnica com o objetivo de oferecer alternativas de procedimentos técnicos para projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos de tanques sépticos para o tratamento local de esgotos. A ABNT NBR 7.229:1993 é a norma técnica que fixa as condições exigíveis para projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de afluentes e lodo sedimentado (CARVALHO et al., 2014).

2.1.1 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar utiliza-se de mecanismos básicos de remoção de sólidos grosseiros, normalmente por peneiras de diversas dimensões, peneiras também chamadas de grades, e o seu objetivo é a retenção de partículas sólidas grosseiras promovendo a proteção dos demais dispositivos, por exemplo, bombas e tubulações.

Dentro da etapa preliminar tem-se também a unidade chamada de desarenador, cujo funcionamento é através da sedimentação do material areia, evitando-se assim a abrasão e obstrução de equipamentos e tubulações.

Por último tem-se normalmente uma unidade de medição da vazão, vertedores, onde se relaciona a vazão com o nível do líquido (MARQUES, 2020).

2.1.2 Tratamento primário

O tratamento primário tem o objetivo de remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Utiliza-se decantadores primários ou uma fossa séptica. O processo consiste em o líquido fluir vagarosamente pelo equipamento, dando condições da sedimentação destes sólidos acontecerem.

Os materiais flutuantes, como graxas e óleos, tendo densidade menor que o líquido circulante, sobem para a superfície dos decantadores onde são coletados e removidos para posterior tratamento (MARQUES, 2020).

2.1.3 Tratamento secundário

O tratamento secundário tem como objetivo a remoção da matéria orgânica dissolvida ou em suspensão. São dimensionados de forma a acelerar os mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente em corpos receptores.

O segredo do tratamento secundário é a inclusão de uma etapa biológica, isto é, ocorrem reações bioquímicas realizadas por microrganismos. Utiliza-se de grande variedade destes (bactérias, protozoários, fungos etc.).

A base de raciocínio é promover o contato entre esses organismos e o material orgânico contido no esgoto, onde esse possa servir de alimento para o primeiro. Outros fatores influenciam nesta etapa, como a presença de oxigênio, temperatura, pH e tempo de contato. (MARQUES, 2020).

No tratamento de esgoto é essencial o tratamento dos subprodutos sólidos gerados nas diversas etapas. O principal produto é o lodo, que por sua vez é constituído em torno de 95% de água, mas designado sólido para distinção do fluxo normal no tratamento.

Outros subprodutos são gerados, tais como, materiais gradeados, areia, espuma, lodo primário e lodo secundário, mas o principal que é o lodo precisa ser tratado antes do seu descarte na natureza. Dependendo do tratamento escolhido, o lodo pode permanecer pouco ou muito tempo dentro do sistema, mas inerente a isso ele deve ser tratado para o descarte correto. (LEME, 2014).

2.1.4 Tratamento terciário

No tratamento terciário o objetivo é a remoção de poluentes específicos, usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis, metais pesados ou ainda a remoção complementar de poluentes não removidos no tratamento secundário. Muito raro sua aplicação devido ao alto custo de implantação e operação, e o mais importante é sua aplicação em específicos processos de acordo com a necessidade atual.

Exemplos de tratamento terciário são, adsorção em carvão ativado, osmose reversa, eletrodialise, troca iônica, filtros de areia, remoção de nutrientes, oxidação química, remoção de organismos patogênicos, cloração, ozonização (LEME, 2014).

A Figura 1 detalha as etapas principais de tratamento de efluentes incluindo a fase líquida e sólida. O fluxo de processos deste tratamento é caracterizado por uma etapa preliminar de remoção de sólidos grosseiros seguindo para etapa de tratamento primário, remoção de sólidos em suspensão, finalizando com o lançamento em corpo receptor, por exemplo um rio ou um sistema de coleta de esgoto.

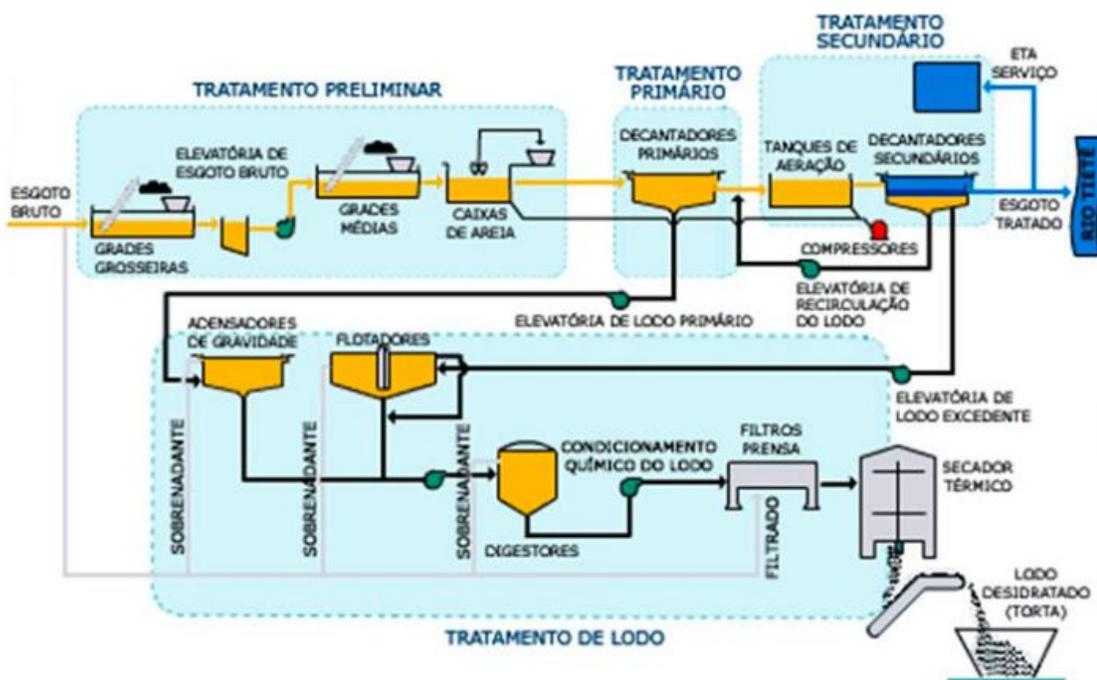


Figura 1: Fluxograma das etapas de tratamento de efluentes.

Fonte: Marques (2020)

2.2 Principais tipos de tratamento de esgotos a nível secundário.

Existem alguns sistemas de tratamento de esgoto que permitem a adequada remoção de poluentes das águas antes limpas, e depois de seu uso em clubes esportivos, se tornam impróprias para um reuso e tampouco para lançamentos em corpos hídricos. Os principais mecanismos utilizados no Brasil são: lagoas de estabilização, lodos ativados, sistemas aeróbios com filmes, sistemas anaeróbios e disposição no solo (MARQUES, 2014).

2.2.1 Lagoas de estabilização

2.2.1.1 Lagoa facultativa

O funcionamento deste sistema é simples, pois utiliza na sua construção movimentação de terra através de máquinas pesadas como tratores, escavadeiras e caminhões, obtendo um plano inclinado e um talude em todo seu perímetro

O nome facultativa justifica-se devido as bactérias facultativas serem capazes de sobreviverem no fundo da lagoa, ambiente anaeróbio, e na superfície, ambiente aeróbio (INACIO, 2017).

O processo utilizado para este tipo de tratamento consiste na DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) solúvel e finamente particulada estabilizar aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, onde a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa conforme apresentado na Figura 2. O oxigênio requerido pelas bactérias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.

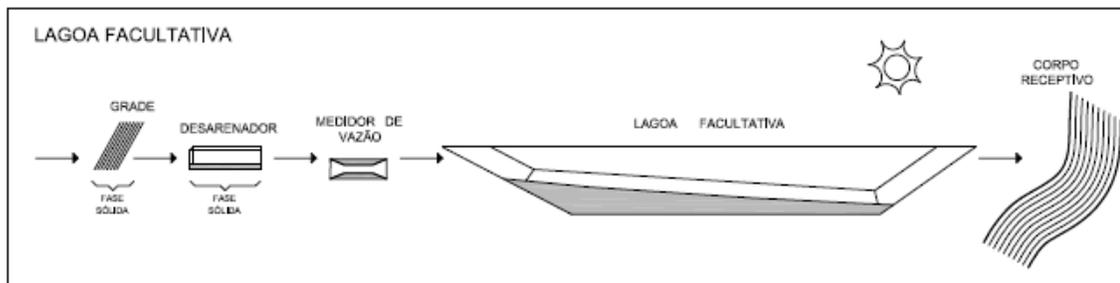


Figura 2: Fluxograma da lagoa facultativa.
Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014).

2.2.1.2 Lagoa anaeróbia facultativa

Processo semelhante a anterior com a observação de ocupar uma área física menor devido à lagoa anaeróbia ser mais profunda e com menor volume (Figura 3).

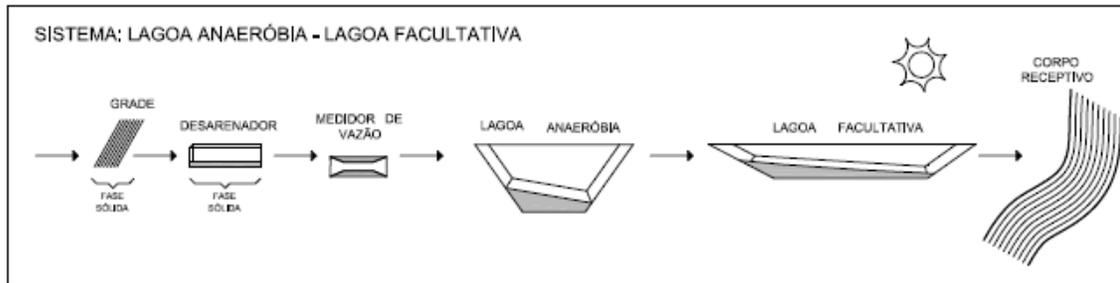


Figura 3: Fluxograma da lagoa anaeróbia facultativa.
Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014).

2.2.1.3 Lagoa aerada facultativa

Neste tipo se acrescenta aeradores mecânicos, ao invés da fotossíntese garantir o oxigênio necessário ao processo. A Figura 4 mostra as principais etapas e equipamentos.

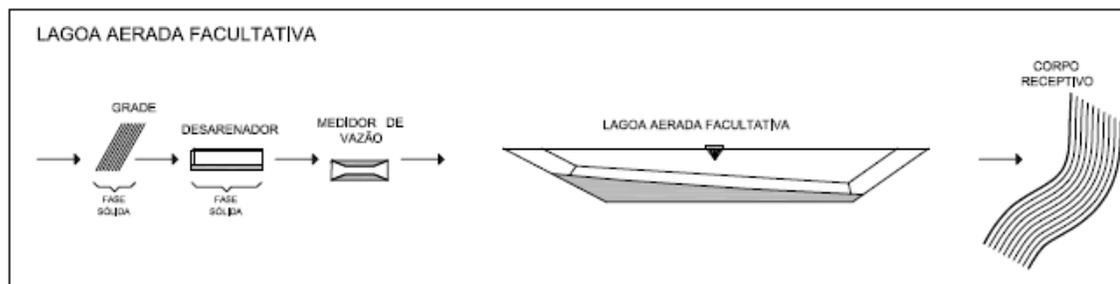


Figura 4: Fluxograma da Lagoa aerada facultativa.
Fonte: Adaptado de Freire (2020).

2.2.1.4 Lagoa aerada de mistura completa e lagoa de decantação

A energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada o que faz com que os sólidos permaneçam dispersos no meio líquido necessitando de uma lagoa de decantação para a devida remoção antes do lançamento no corpo receptor, conforme demonstrado na Figura 5.

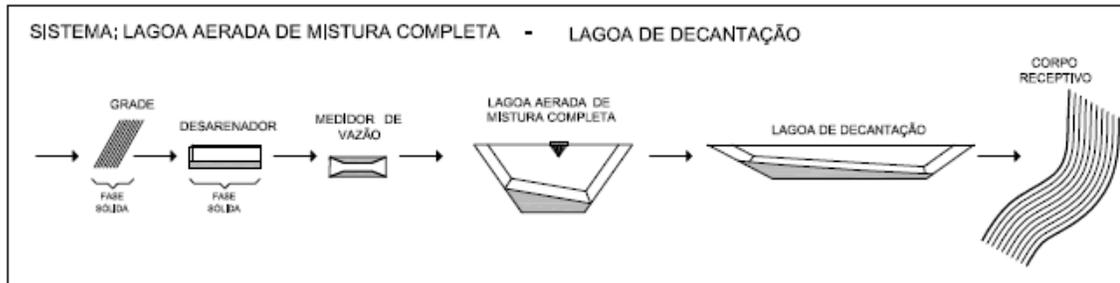


Figura 5: Fluxograma da Lagoa aerada de mistura completa e lagoa de decantação
Fonte: Adaptado de Freire (2020)

2.2.2 Lodos ativados

2.2.2.1 Lodo ativado convencional

A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentadas no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece mais tempo no sistema do que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção da DBO. Necessita de tratamento do lodo, e o fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou por ar difuso conforme exemplificado na Figura 6.

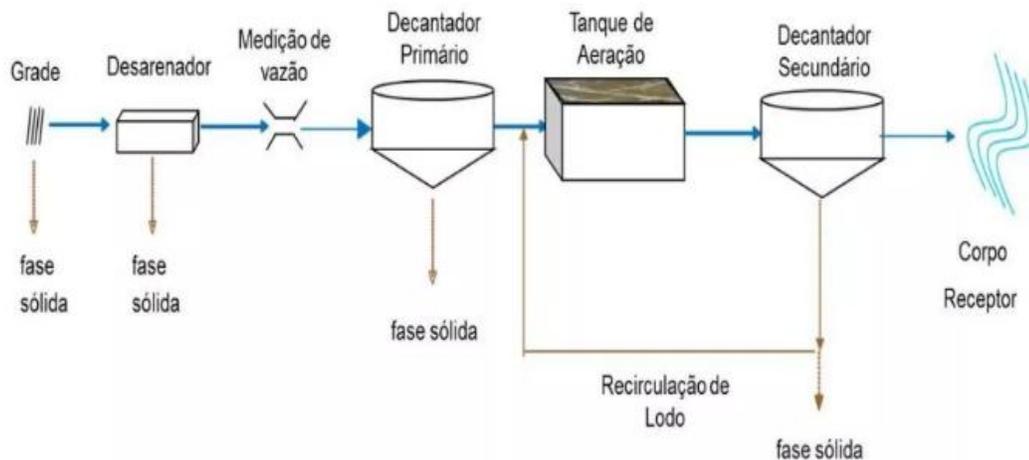


Figura 6: Fluxograma dos Lodos ativados no sistema convencional (fluxo contínuo).
Fonte: Von Sperling (2014).

2.2.2.2 Lodos ativados por aeração prolongada

Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a biomassa permanece mais tempo no sistema, conforme a Figura 7.

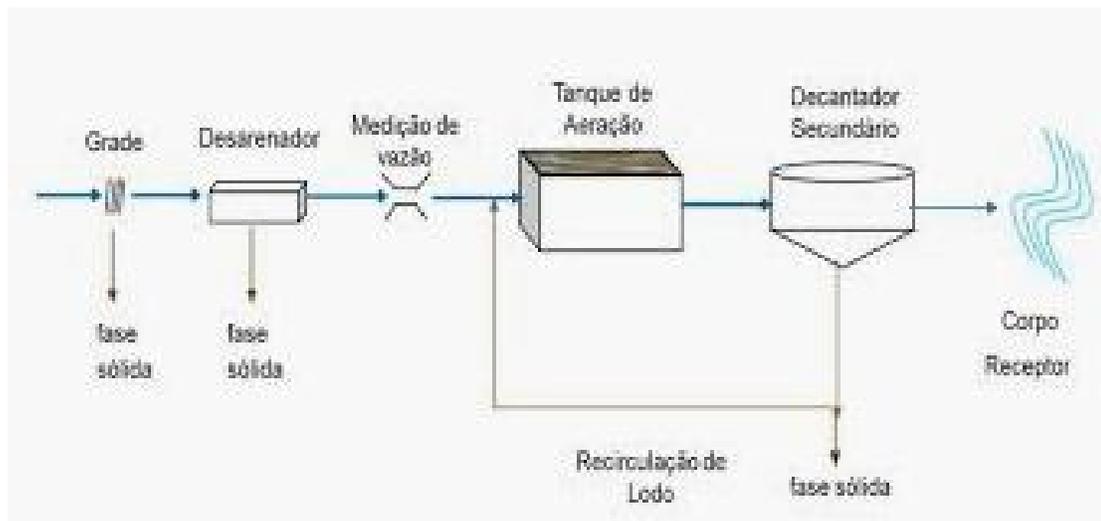


Figura 7: Fluxograma dos lodos ativados por aeração prolongada.

Fonte: Von Sperling (2014).

2.2.2.3 Lodos ativados de fluxo intermitente

Na Figura 8, tem-se um sistema de lodo ativado de fluxo intermitente que se resume em uma operação descontínua utilizando o mesmo tanque para fases diferentes, etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados).

LODOS ATIVADOS - FLUXO INTERMITENTE

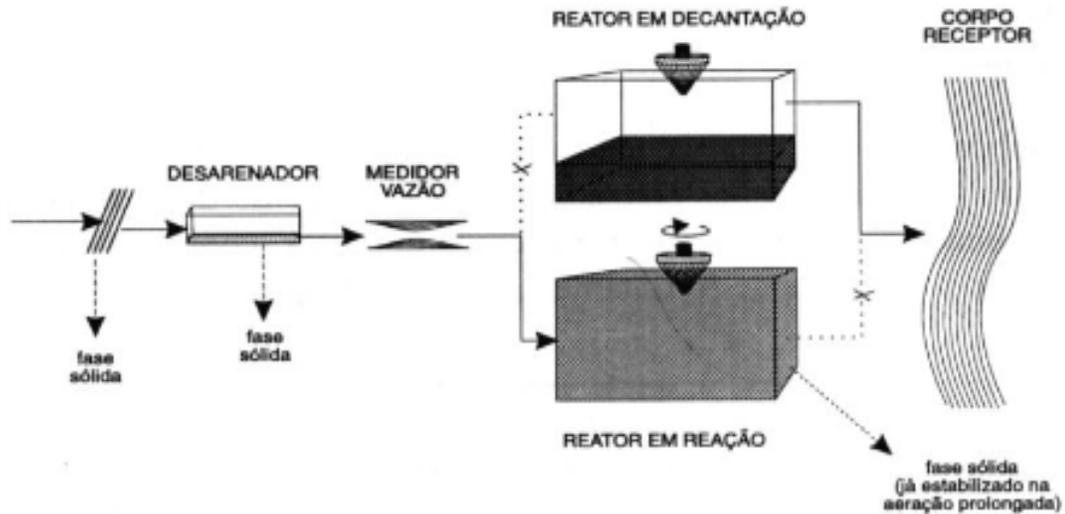


Figura 8: Fluxograma dos lodos ativados – fluxo intermitente.
Fonte: Von Sperling (2014).

2.2.3. Sistemas aeróbicos com biofilmes

2.2.2.4 Filtro de baixa carga

Neste sistema a DBO é estabilizada aerobiamente por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte (comumente pedras). O esgoto é aplicado na superfície do tanque através de distribuidores rotativos. O líquido percola pelo tanque através de distribuidores rotativos, saindo pelo fundo, ao passo que a matéria fica retida pelas bactérias. Ocorre uma autodigestão devido a disponibilidade baixa de DBO (Figura 9).

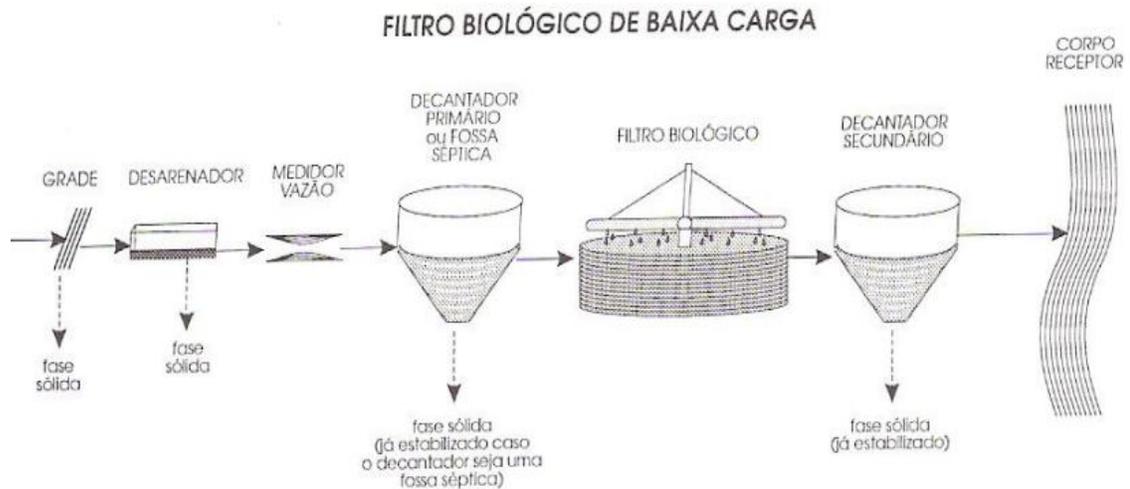


Figura 9: Fluxograma do filtro biológico de baixa carga.
Fonte: Von Sperling (2014).

2.2.2.5 Filtro de alta carga

Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a carga de DBO aplicada é maior, conseqüentemente, o requisito área física é menor acarretando uma ligeira redução da eficiência de remoção da matéria orgânica e a não estabilização do lodo conforme Figura 10.

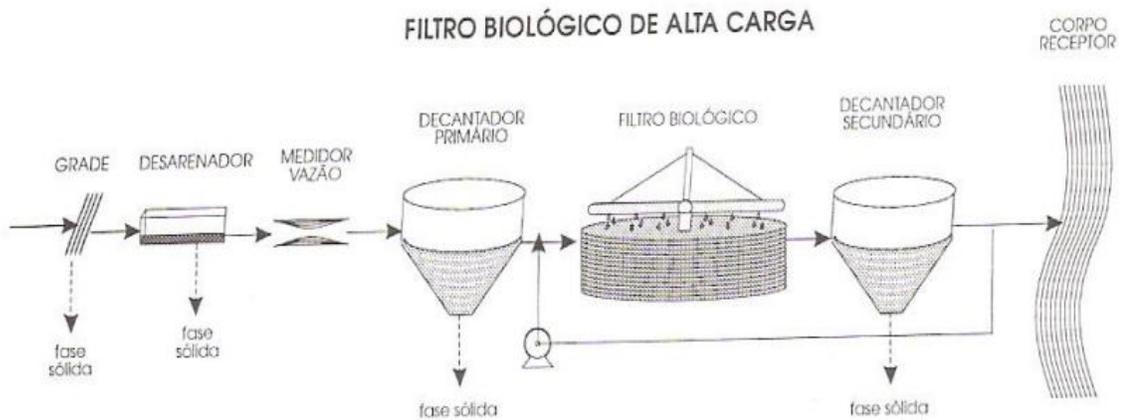


Figura 10: Fluxograma do filtro biológico de alta carga.
Fonte: Von Sperling (2014).

2.2.2.6 Biodiscos

Sistema que se caracteriza por ter um meio físico de suporte para aderência das bactérias, onde a biomassa cresce aderida a um meio físico conforme apresentado na Figura 11. Os discos giram sendo expostos ao meio líquido e ao ar alternadamente.

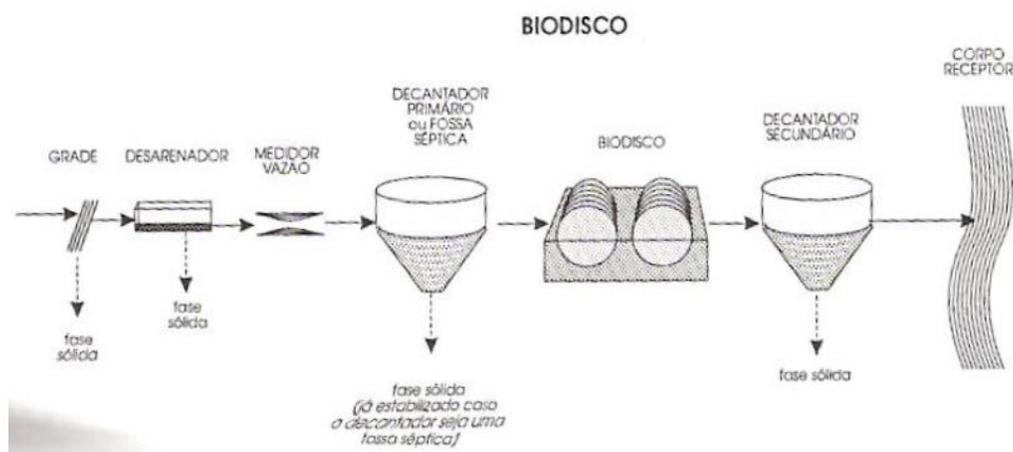


Figura 11: Fluxograma Biodiscos
Fonte: Von Sperling (2014)

2.2.3 Sistemas Anaeróbicos

2.2.3.1 Reator anaeróbico de manta de lodo

Neste sistema, a DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente como demonstrado na Figura 12. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e coleta de gás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária. A produção de lodo é baixa e o mesmo já sai estabilizado (MAY, 2009).

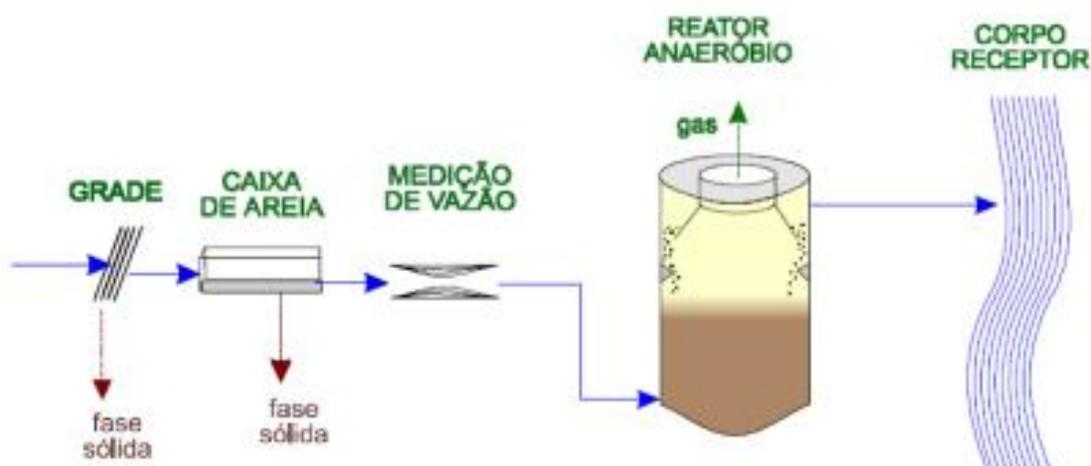


Figura 12: Fluxograma de um Reator Anaeróbio de Manta de Lodo
Fonte: Von Sperling (2014)

2.2.3.2 Filtro anaeróbico e fossa séptica

A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) no reator (Figura 13). O tanque trabalha submerso, e o fluxo é ascendente.

O sistema requer decantação primária (utilização frequente de fossas sépticas). A produção do lodo é baixa e já sai estabilizada (MAY, 2009).

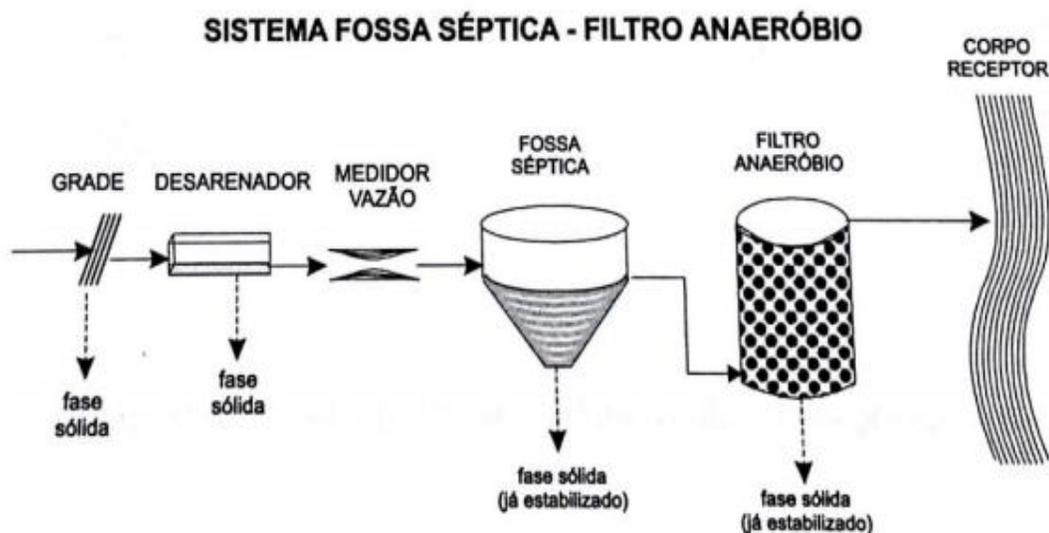


Figura 13: Fluxograma de um sistema de fossa séptica – Filtro anaeróbico
Fonte: Von Sperling (2014)

2.3 Reatores UASB, reator anaeróbico de fluxo ascendente

O Reator UASB é uma tecnologia de tratamento biológico de esgotos baseada na decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Consiste em uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, uma zona de sedimentação, e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido. O esgoto aflui ao reator e após ser distribuído pelo seu fundo, segue uma trajetória ascendente, desde a sua parte mais baixa, até encontrar a manta de lodo, onde ocorre a mistura, a biodegradação e a digestão anaeróbia do conteúdo orgânico, tendo como subproduto a geração de gases metano, carbônico e sulfídrico. Ainda em escoamento ascendente, e através de passagens definidas pela estrutura dos dispositivos de coleta de gases e de sedimentação, o esgoto alcança a zona de sedimentação. A manutenção de um leito de sólidos em suspensão constitui a manta de lodo, e em função do fluxo contínuo e ascendente de esgotos, nesta é que ocorre a decomposição do substrato orgânico pela ação de organismos anaeróbios (UFRJ, 2020).

Existem atualmente diversos fabricantes de reatores do tipo UASB no mercado nacional brasileiro. A Figura 14 mostra um esquema com as principais partes de um reator UASB, mas poucos consumidores sabem sua real utilidade, suas vantagens e desvantagens e até mesmo quando usar. O reator UASB vem da sigla em inglês “Upflow anaerobic sludge blanket” que significa “cobertor de lodo anaeróbico de fluxo ascendente”, sendo um dos tipos para ser usado no tratamento de esgoto (BARBOSA e AMORIN, 2019).

No Brasil ele pode ser conhecido através das siglas “RAFA”, reator anaeróbico de fluxo ascendente, “DAFA”, digestor anaeróbico de fluxo ascendente, “RALF”, reator anaeróbico de leito fluidizado, “RAFAMAL”, reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo e “RAFAALL”, reator anaeróbico de fluxo ascendente através de leito de lodo (BARBOSA e AMORIM, 2019). Foi desenvolvido na Holanda na Universidade de Wageningen, nos anos 70, que viabilizaram um tratamento de esgoto econômico e compacto (CHERNICHARO, 2016).

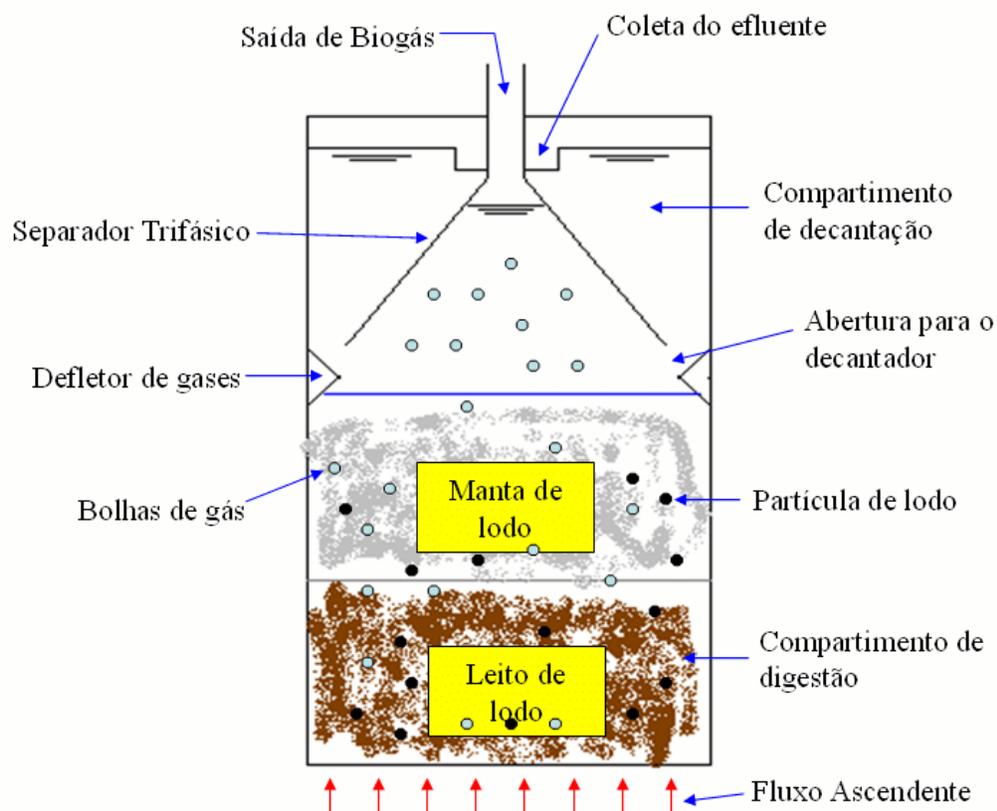


Figura 14: Esquema do reator tipo UASB.
Fonte: Barbosa e Amorim (2019).

O reator anaeróbico do tipo fluxo ascendente de acordo com os fabricantes tem como características físicas o que é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Dimensões de um reator UASB.

Dimensões	Reator UASB
Material	Plástico reforçado com fibra de vidro
Diâmetro interno (m)	2,5
Altura total (m)	5,0
Volume útil (m ³)	22,0
Área superficial (m ²)	4,9

Fonte: Versiani (2005).

O processo inicia-se por baixo do tanque, em sentido ascendente e sendo descartado pelo topo. O efluente percorre uma camada de sólidos densa, com partículas granuladas ou floculenta de elevada capacidade de sedimentação formando um leito de lodo. Na sequência passa pela manta de lodo, região onde este é mais disperso e menos denso. A degradação da matéria orgânica ocorre por processos anaeróbicos com produção de gás nas duas regiões de lodo. A mistura do sistema ocorre pelo fluxo ascensional juntamente com as bolhas de gás geradas pela decomposição. O biogás e o líquido seguem em direção ao separador trifásico, localizado acima da zona de digestão. Ocorre a sedimentação das partículas sólidas carregadas pelo biogás, que se desgarraram da manta de lodo, permitindo que as partículas retornem a câmara de digestão, ao invés de serem arrastadas para fora do sistema (CHERNICHARO, 2016).

O uso de UASB no Brasil teve início na década de 80, sendo o país que mais o utiliza. O estado do Paraná é líder com 200 unidades. O sistema consiste em uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, uma de sedimentação e um dispositivo separador das fases (sólido, líquido e gasoso). Inicia-se o processo com a entrada do esgoto pela parte mais inferior do equipamento, seguindo uma trajetória ascendente, passa por uma camada de leito de lodo, compartimento digestivo, depois pela manta de lodo já em forma de biogás, sendo a próxima etapa o separador trifásico junto com o limite inferior da zona de sedimentação/decantação (BARBOSA e AMORIM, 2019).

A escolha do processo a ser adotado para o tratamento de esgoto deriva fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com aspectos quantitativos e qualitativos de cada alternativa.

Pode-se elencar alguns aspectos importantes e críticos em países em desenvolvimento para uma tomada de decisão quanto à escolha do processo de tratamento: custos de construção, sustentabilidade, simplicidade, custos de operação e simplicidade, esta última entende-se como simplicidade de operação e manutenção (VON SPERLING, 2014).

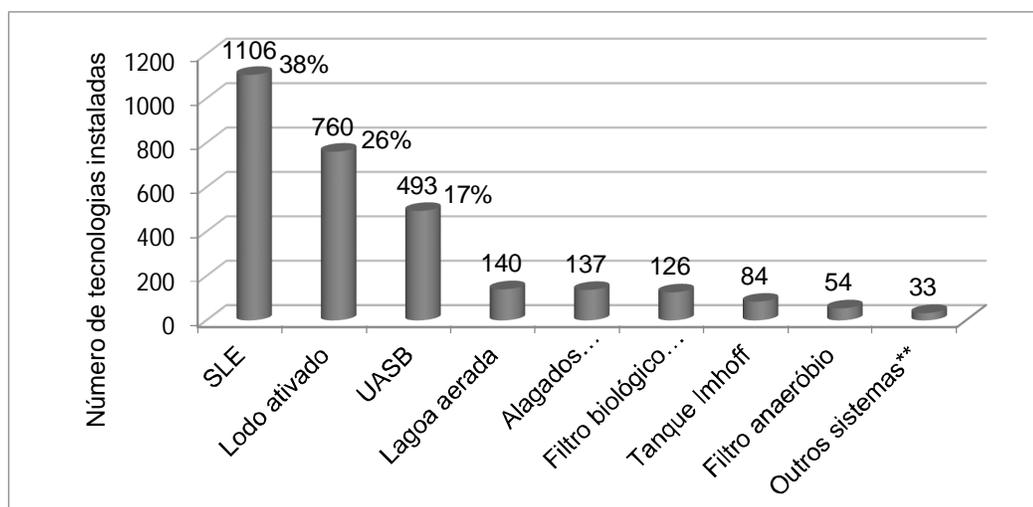
Em países desenvolvidos os aspectos são diferentes quando comparados aos países em desenvolvimento: eficiência, confiabilidade, aspectos de disposição do lodo e requisitos de área.

Outros fatores relevantes na escolha do processo é a questão de estações de tratamento sejam, centralizadas ou descentralizadas. A primeira pode ter uma

extensão do interceptor principal maior, tubulação principal, ocasionando um custo maior de implantação, infraestrutura operacional centralizada, menor custo, porém tem a desvantagem de não permitir uma etapalização de tratamento recebendo assim contribuições de bacias hidrográficas na marcha urbana.

Em pesquisa recente realizada em seis países (Figura 15), demonstrou-se que a utilização do sistema UASB é promissora e em crescente aumento de unidades instaladas e em operação (FARIAS, 2016). É uma tecnologia bem estabelecida no tratamento de efluentes domésticos em diversas cidades da América Latina e no Brasil. Vale ressaltar que sistemas de lagoas de estabilização (SLE) e sistemas de lodos ativados podem apresentar diferentes configurações e fluxogramas dependendo do objetivo a ser alcançado na unidade onde o sistema é implantado, isto é, quais níveis de redução dos diversos elementos constituintes no efluente e também as legislações vigentes no local.

A Figura 15 apresenta a distribuição das tecnologias de tratamento em seis países representativos* da América Latina, de acordo com os seus tipos.



* os países selecionados foram: Brasil, Chile, Colômbia, Guatemala, México e República Dominicana;

** os outros sistemas considerados foram: tratamento primário avançado (18 unidades), biofiltro aerado submerso (10 unidades) e biodisco de contato (5 unidades);

*** o quantitativo de tecnologias de lodo ativado inclui diferentes variantes, principalmente a convencional e a com aeração prolongada;

**** tanques sépticos (204 unidades) não foram contabilizados, pois foram considerados nesse estudo como unidades de tratamento preliminar.

Figura 15: Distribuição das tecnologias de tratamento em países representativos da América Latina, **Fonte:** Farias (2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O local da pesquisa para a realização de uma proposta viável técnica e economicamente de uma ETE de um edifício poliesportivo do ECP, está localizado no município de São Paulo, SP, Brasil. São 118 anos de atividades sociais e esportivas aos sócios, estando entre os primeiros e melhores clubes esportivos da região. Com uma área de 170 mil metros quadrados, sendo 80 mil metros quadrados de área verde e aproximadamente 38 mil associados que frequentam as suas instalações.

Na primeira semana de 2018, o “Esporte Clube Pinheiros”, localizado no Município de São Paulo, zona oeste, próximo das margens do Rio Pinheiros, denominado como ECP, autorizou a coleta de dados para a pesquisa. O Clube possui um projeto de construção de uma ETE compacta, para tratar as águas classificadas como “cinzas”, provenientes de lavatórios e chuveiros, sendo uma parte do esgoto gerado no clube

A proposta de metodologia para início do trabalho foi do tipo exploratória, com o reconhecimento, sondagem e definição do problema, no caso, a sugestão de uma proposta de efetivação de ETE ao longo do município. A pesquisa foi baseada em bibliografia, documentos e evidências coletadas em campo. A técnica de coleta foi através de um estudo de caso, pois se tem como objetivo aprofundar e detalhar o assunto proposto em uma unidade específica que é um clube esportivo.

Existem diversas unidades geradoras de atividades esportivas e sociais dentro de um clube como academias, quadras poliesportivas, salas de ginástica, vestiários, restaurantes, quiosques de alimentação, campos de futebol com grama natural, aquários de peixes, lagos artificiais, praças, lavanderias, piscinas, áreas administrativas e áreas de circulação com ruas e calçadas.

O suprimento de água se dá através da exploração de poço artesiano profundo, abastecido pela concessionária responsável pelo abastecimento de água na região e eventual aquisições de caminhões tanques com água, denominados de “caminhões pipas”.

O primeiro aspecto é adequar os sistemas à legislação vigentes. Pode-se citar as principais legislações como o Decreto Estadual nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, respectivamente o Artigo 18 – análise de efluentes para lançamento em

coleções e mananciais de água (córregos, ribeirões, rios, etc.), ou o Artigo 19 A – análise de efluentes para lançamento no sistema público de esgotos (SABESP e/ou Outros), Resolução CONAMA 357 e 430, o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), etc.

O segundo é promover a reutilização destes despejos, após o tratamento adequado, utilização para irrigação das diversas áreas internas do clube, principalmente campos de futebol, ruas e calçadas de circulação, reduzindo o consumo de água e minimizando o despejo de efluente em corpos hídricos e tubulações da concessionária responsável pelo tratamento de esgoto.

Foi avaliada a conveniência técnica de unificação de todos estes efluentes (lavanderia, vestiários, sanitários e restaurantes) ou a necessidade de separação, visando o seu reaproveitamento e as técnicas existentes para o adequado tratamento. O fluxo resumido do processo proposto de tratamento de efluente de um estabelecimento comercial, no caso, do ECP, é apresentado na Figura 16.

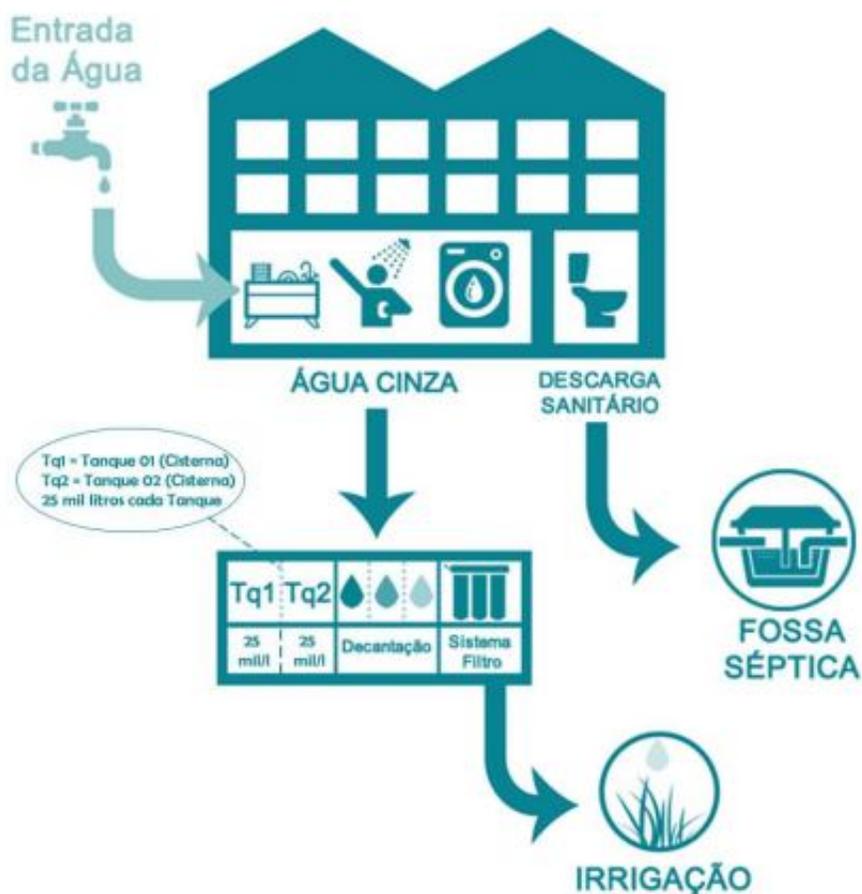


Figura 16: Representação esquemática do sistema proposto.

Fonte: Corcioli (2017).

Observando o fluxo da Figura 16 pode-se visualizar um fluxo resumido da entrada de água e consumo dos principais pontos de geração de águas residuárias e ao final a reutilização para irrigação e outra parte para a fossa séptica. A fossa séptica pode ser acoplada em conjunto com outros sistemas para possibilitar o seu reuso também.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização do esgoto em uma das saídas do clube esportivo foi elaborada e analisada por um laboratório terceirizado que gerou um relatório contendo dados referentes, assim como o preparo da amostra, dados referentes à coleta, ensaios realizados na instalação do clube e ensaios realizados nas instalações do laboratório terceirizado.

O relatório do ensaio foi realizado no ano de 2017 (Tabela 2) e pelos resultados obtidos observa-se que os parâmetros “Óleos e Graxas Visuais e Sustâncias Solúveis em hexano” estão em desacordo com os limites do decreto nº 8.468, mas os demais parâmetros analisados foram atendidos de forma satisfatória.

Tabela 2: Resultados de relatório de ensaio de testes de efluentes realizado em um edifício Poliesportivo no Esporte Clube Pinheiros.

CONTROLE ANALÍTICO		Relatório de Ensaio		ENSAIOS NBR ISO/IEC 17025		
ANÁLISES TÉCNICAS LTDA		20107/2017- Rev. 0 - A		CRL 0363		
Emissão: 05/06/2017						
Dados Referentes ao Contratante						
Nome/Razão Social	ESPORTE CLUBE PINHEIROS			CNPJ/CPF	60.854.205/0001-66	
Endereço	R. Angelina Maffei Vita, 493 -Jardim Europa-São Paulo/SP					
Contato	Lais Escudeiro de Oliveira	E-Mail	Laise@ecp.org.br	Tel:		
Dados Referentes à Amostra						
Número da Amostra	20107/2017	Data e Hora do Recebimento	18/05/2017 18:01			
Dados Referentes à Coleta						
Coletor	Luciano Evangelista de Oliveira		Data e Hora da Coleta	18/05/2017 12:05		
Identificação do Ponto	CCR Saida Tucumã					
Tipo de Amostra	Efluente (Água Residual)		Chuva	Não	Chuva nas últimas 24h	Não
Método de amostragem	Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras - 2011 Guia Nacional - CETESB; Preservação e técnicas de amostragem de efluentes - Jun/1987 NBR 9898 - ABNT; Collection and preservation of samples 1060 - SMEWW		Plano de amostragem		2669/2017	
Ensaio Realizados na Instalação do Cliente						
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método
Óleos e Graxas Visuais	Presente	Ausente	A/P	-	-	Guia Nacional CETESB 2011
pH	6,6	6,0 - 10,0	UpH	2	0,033	9251 ABNT 1986
Temperatura da Amostra	28,5	40,0	°C	-	-	2550 B SMEWW Ed. 22

Ensaio realizados nas instalações da Controle Analítico

Parâmetros Gerais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Cianeto Total	<LQ	0,200	mg/L	0,005	-	8027 HACH Ed. 9ª	31/05/17 - 15:11
Cromo Hexavalente	<LQ	1,50	mg/L	0,025	-	8023 HACH Ed. 9ª	19/05/17 - 08:38
Fenol	<LQ	5,00	mg/L	0,03	-	8047 HACH Ed. 8ª	01/06/17 - 13:41
Fluoreto	0,94	10,0	mg/L	0,1	0,12	067 POP Ed. 13	01/06/17 - 17:31
Sólidos Sedimentáveis	1,000	20,00	mL/L	0,0001	0,23	2540F SMEWW Ed. 22	19/05/17 - 09:00
Substâncias Solúveis em hexano	285	150	mg/L	10	18	5520 B,D,E e F SMEWW Ed. 22	01/06/17 - 08:53
Sulfato	40,7	1.000	mg/L	10	1,7	8051 HACH Ed. 8ª	26/05/17 - 14:19
Sulfeto	<LQ	1,00	mg/L	0,1	-	4500S2 SMEWW Ed. 22	20/05/17 - 12:55

Metais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Arsênico	<LQ	1,50	mg/L	0,005	-	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Cádmio	<LQ	1,50	mg/L	0,001	-	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Chumbo	0,006	1,50	mg/L	0,005	0,000034	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Cobre	0,040	1,50	mg/L	0,005	0,00024	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Cromo total	<LQ	5,00	mg/L	0,025	-	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Estanho	<LQ	4,00	mg/L	0,025	-	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Ferro Solúvel	0,070	15,0	mg/L	0,025	0,00035	3120B SMEWW Ed. 22	25/05/17 - 10:18
Mercurio	<LQ	1,50	mg/L	0,0001	-	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Níquel	<LQ	2,00	mg/L	0,005	-	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21

Metais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Prata	<LQ	1,50	mg/L	0,005	-	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Selênio	<LQ	1,50	mg/L	0,005	-	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21
Somatória de Metais Totais	0,111	5,00	mg/L	0,025	0,0012	3120B SMEWW Ed. 22	29/05/17 - 13:49
Zinco	0,066	5,00	mg/L	0,025	0,00030	3120B SMEWW Ed. 22	23/05/17 - 20:21

Preparo de Amostra		
Parâmetro	Método	Data de Realização
Preparo de Amostra - Metais Digeri	3030A,B,D,E,F e G SMEWW Ed. 22	22/05/2017 15:48
Preparo de Amostra - Metais Direta	3030A,B,D,E,F e G SMEWW Ed. 22	21/05/2017 14:40

Conclusão do Relatório	
As opiniões e interpretações expressas abaixo, não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.	
O(s) resultado(s) do(s) parâmetro(s) Óleos e Graxas Visuais, Substâncias Solúveis em hexano está(ão) em desacordo com o(s) limite(s) Decreto nº 8.468, de 08 de Setembro de 1976 - Art. 19 A. , mas atende aos demais parâmetros analisados.	

Legendas

(-): Não Aplicável.

VR: Valor de Referência - Decreto nº 8.468, de 08 de Setembro de 1976 - Art. 19 A.

L.Q.: Limite de Quantificação.

U: Incerteza expandida (U) baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência k = 2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas - 1986.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas - 1999.

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - 1993.

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - 2011.

HACH: HACH - 8ª.

HACH: HACH - 9ª.

POP: Procedimento Operacional Padrão - POP 067.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 2012.

Fonte: Dias (2017).

Alguns fatores importantes devem ser analisados conjuntamente com os diversos processos existentes de tratamento de esgoto e as características de um clube esportivo. Os aspectos importantes na seleção de sistema de tratamento de esgoto podem ser listados como: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, área

física necessária para a construção, impactos ambientais, custos de implantação, custos de operação, sustentabilidade e simplicidade.

Pela eficiência na remoção dos poluentes, considera-se o quanto o sistema removerá desde o início até o final do processo. Como por exemplo nutrientes nitrogênio, fósforo, DBO e coliformes.

A utilização de reatores UASB na Estação de tratamento de efluentes Laboreaux, Itabira, Minas Gerais, apresentou potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB. Foram estudados dois cenários, o primeiro priorizando o biogás para secagem térmica do lodo, conseqüentemente diminuindo seu descarte para o aterro e o segundo visando a geração de energia através do biogás que o sistema UASB disponibiliza (ROSA et al., 2016). As Figuras 17 e 18 demonstram o relatado.

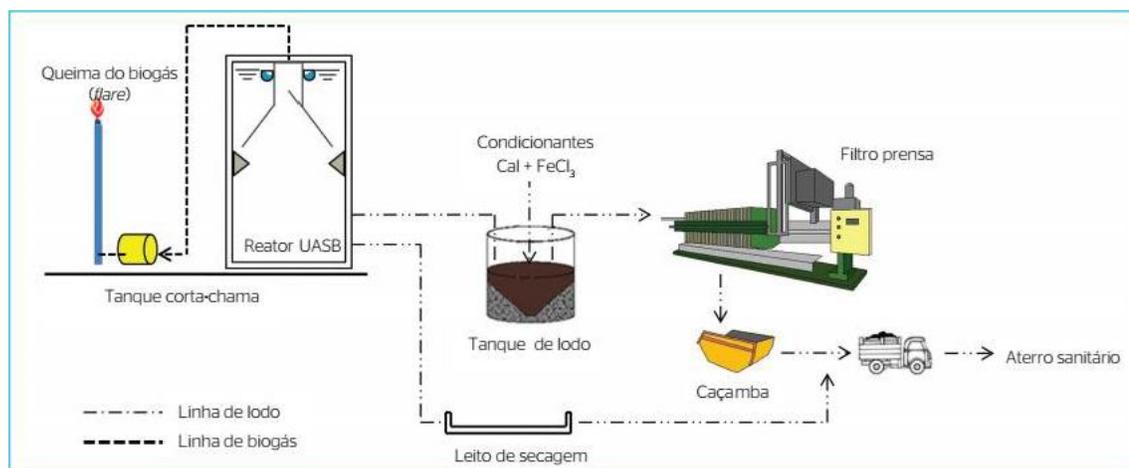


Figura 17: Fluxograma esquemático das etapas relacionadas com o sistema de gerenciamento do lodo e do biogás na estação de esgoto Laboreaux.

Fonte: Rosa et al. (2016)

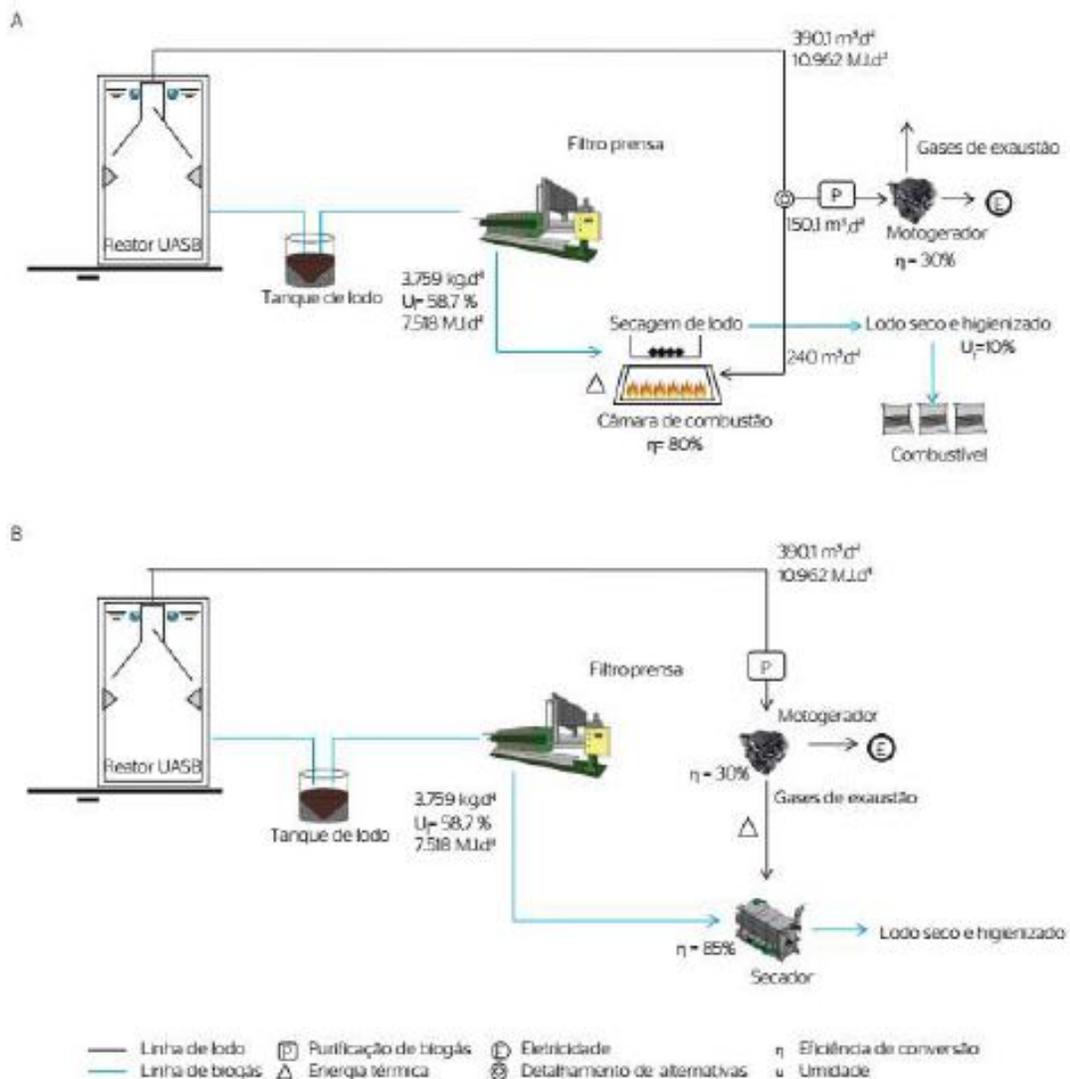


Figura 18: Cenários para a recuperação energética dos subprodutos do biogás e lodo de reatores UASB.

Fonte: Rosa et al. (2016)

A estação de tratamento de efluentes Laboreaux em Itabira é composta de reatores UASB, filtros biológicos percolados e unidade de desaguamento do lodo por filtro prensa (Figura 19).



Figura 19: Vista geral das unidades da estação de tratamento de esgoto Laboreaux
Fonte: Rosa et al. (2016).

A análise se limita aos subprodutos biogás e lodo gerados nas unidades UASB. O monitoramento durou 12 meses obtendo resultados satisfatórios quanto ao potencial de reaproveitamento do biogás para gerar energia e o lodo como combustível, em substituição da lenha e do carvão para a população local e também minimizando a contribuição do lodo em aterros sanitários.

Os estudos realizados pelo Laboratório Laboreaux possibilitaram o desenvolvimento de balanços de massa e de energia permitindo quantificar o potencial de aproveitamento dos subprodutos do sistema UASB como fonte de energia renovável para a própria ETE e confirmam as vantagens da utilização do sistema UASB (ROSA et al., 2016).

Também se realizou um estudo da utilização do sistema de tratamento anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) em escala real na suinocultura da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa, da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizada no município de Igarapé, Minas Gerais. O sistema possui dois volumes, respectivamente 7,4 e 11,5 metros cúbicos em um plantel de 400 animais. Construído no período de 2005 e 2006 através de aduelas de concreto e demais partes também em concreto armado (RODRIGUES et al., 2010).

Foi acoplado ao sistema um decantador antes do reator UASB, sendo realizadas coletas de amostras do esgoto antes da entrada no decantador, na saída do decantador e na saída do reator UASB. Foram monitorados os seguintes

parâmetros: temperatura, pH, alcalinidade, ácidos voláteis totais (AVT), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) (RODRIGUES et al., 2010).

Os resultados obtidos se encontram na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios e os desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos do afluente e efluente do decantador e reator UASB durante o período experimental.

Parâmetro	Afluente do Decantador	Efluente do Decantador	Efluente do UASB
Temperatura (°C)	20 ± 3	22 ± 3	22 ± 3
pH	7,0 ± 0,3	6,5 ± 0,3	7,1 ± 0,2
AT (g CaCO ₃ L ⁻¹)	3,1 ± 0,9	3,8 ± 0,8	3,7 ± 0,8
AVT (g HAc L ⁻¹)	2,9 ± 0,9	2,9 ± 0,6	0,9 ± 0,2
DBO (g L ⁻¹)	11,1 ± 4,2	6,4 ± 2,2	0,8 ± 0,5
DQO (g L ⁻¹)	31,3 ± 11,1	14,8 ± 7,2	1,8 ± 0,9
SST (g L ⁻¹)	8,6 ± 4,8	2,7 ± 1,4	0,9 ± 0,5
SSV (g L ⁻¹)	6,5 ± 3,9	2,3 ± 1,3	0,7 ± 0,4

Fonte: Rodrigues et al. (2010)

A temperatura média, predominantemente na faixa mesofílica (20 a 45°C) observada durante o experimento ficou abaixo da faixa ótima de crescimento dos microrganismos (30° a 35°C). O valor de pH acima de 7,0 mostra o funcionamento estável do reator UASB assim como os valores dos demais parâmetros mostrando um funcionamento estável e adequado para um reator deste tipo, desempenhando satisfatoriamente seu objetivo no tratamento de esgoto (Tabela 4). (RODRIGUES et al., 2010).

Tabela 4: Valores das eficiências médias de remoção de DBO, DQO, SST e SSV do decantador e reator UASB durante o período experimental.

Parâmetro	Eficiência em cada unidade (%)		Eficiência Global (%)
	Decantador	Reator UASB	
DBO	37	87	92
DQO	51	85	93
SST	63	63	88
SSV	55	62	85

Fonte: Rodrigues et al. (2010)

O reator UASB apresentou eficiências médias de DBO e DQO de 87% e 85%, mostrando ótima performance no tratamento de águas residuárias de suinocultura e demonstrando ser um sistema de tratamento de efluente que atende aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 (RODRIGUES et al., 2010).

Realizou-se um comparativo entre duas ETES no Estado do Ceará, município de Fortaleza, bairro “Mondubim”, com população estimada em 76 mil habitantes, visando analisar a eficiência da desinfecção de efluentes domésticos com hipoclorito de cálcio, na faixa de cloraminas, e quantificar a formação de THM. Utilizou-se efluentes provenientes de reatores UASB e decanto digestor seguido de filtro anaeróbio (DDFA).

No Estado do Ceará dados obtidos junto a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), em 2016, constatam que nas 278 unidades de ETE operadas atualmente pela empresa do Estado, mais de 60% delas possuem unidades DDFA e UASB (FARIAS, 2016). Assim fica evidente a consolidação do uso de sistemas anaeróbios tipo UASB com suas variações de acoplamento a montante e a jusante compondo o sistema total (Tabela 5 e Figuras 20 e 21). Além de confirmar também o uso deste sistema em outros países da América Latina (CHERMICHAO et al., 2015).

Tabela 5: Dados de concepção de projeto para as ETE estudadas.

Dados de projeto	ETE Aracapé III	ETE Pequeno Mondubim
Contribuição per capita ($L \text{ hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$):	150	150
População de projeto (hab.):	6.145	3.250
Carga orgânica per capita ($g \text{ hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$):	36	54
Contribuição média diária ($m^3 \text{ dia}^{-1}$):	737,4	-
Vazão mínima ($L \text{ s}^{-1}$):	4,69	3,95
Vazão média ($L \text{ s}^{-1}$):	8,96	6,20
Vazão máxima ($L \text{ s}^{-1}$):	15,79	9,82
DBO no afluente da ETE ($mg \text{ L}^{-1}$):	300	328
DBO após tratamento biológico ($mg \text{ L}^{-1}$):	60	-
CTT no afluente da ETE (CF/100 mL):	1×10^7	-
CTT após tratamento biológico (CF/100 mL):	2×10^6	-

Fonte: Farias (2016).

**Figura 20:** Fotografia das unidades UASB na ETE Aracapé.

Fonte: Farias (2016).



Figura 21: Fotografia dos decanto-digestores da ETE Pequeno Mondubim.
Fonte: Farias (2016)

Os valores de pH, nas duas ETE, estão em conformidade com o padrão legal. Os resultados obtidos para DQO na ETE1 (Tabelas 6 e 7) estão relativamente altos, sugerindo que possa haver problemas operacionais, enquanto a ETE2 constata satisfatório. Demais parâmetros analisados estão dentro dos limites estipulados por norma confirmando a regularidade do sistema UASB (FARIAS, 2016).

Tabela 6: Resultados médios obtidos para parâmetros físicos e químicos na ETE1.

DATA DE COLETA	pH	DQO (mg O ₂ /L)	ST (mg S ²⁻ /L)	COT (mg/L)	AT (mg N/L)
03/03/2015	7,1	268	2,05	63,68	150,00
05/03/2015	6,9	228	1,90	53,54	200,00
10/03/2015	6,9	200	1,90	33,14	188,52
12/03/2015	6,9	208	1,23	44,14	268,03
17/03/2015	7,0	164	1,60	42,50	82,50
24/03/2015	7,1	211	1,98	29,36	65,55
26/03/2015	7,0	140	1,83	29,60	100,04
31/03/2015	7,0	141	1,96	NA	102,44

Fonte: Farias (2016)

Tabela 7: Resultados médios obtidos para os parâmetros físicos e químicos na ETE2.

DATA DE COLETA	pH	DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	ST (mg S ² L ⁻¹)	COT (mg C L ⁻¹)	AT (mg N L ⁻¹)
03/03/2015	7,2	213	1,80	25,29	56,7
05/03/2015	7,1	85	1,94	26,51	72,4
10/03/2015	7,1	109	1,96	17,01	69,2
12/03/2015	7,1	104	1,87	26,89	107
17/03/2015	7,2	117	1,60	28,84	26,8
24/03/2015	7,0	70	1,91	21,03	27,4
26/03/2015	7,2	140	1,92	26,64	31,2
31/03/2015	7,0	117	2,00	NA	35,1

Fonte: Farias (2016)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período de estudo (janeiro de 2018 a janeiro de 2020), os resultados obtidos em relação aos parâmetros gerais (cianeto total, cromo hexavalente, fenol, fluoreto etc.) e metais (arsênio, cádmio, chumbo, cobre, etc.) dos testes de amostras de laboratório das águas provenientes dos lavatórios e chuveiros do edifício poliesportivo do ECP se mostraram satisfatórios em relação aos seguintes quesitos: Em função do arranjo físico do sistema de esgotamento líquido do edifício em estudo no ECP, este trabalho propôs a utilização do processo de tratamento secundário devido às razões técnicas relacionadas ao potencial poluidor e econômicas no que consiste nos custos de consumo de água, pois observou-se que o uso do Reator UASB para a referida situação foi considerado o mais adequado em termos ambientais e econômicos.

Além da solução proposta outras variáveis também foram ponderadas para as próximas etapas do processo de tratamento de efluentes, como por exemplo: a construção de uma estação compacta de tratamento de água cinza de um dos edifícios do clube e como outra opção, a construção de uma ETE abrangendo as outras instalações do clube. O Reator anaeróbio de manta de lodo UASB e acoplando uma fossa séptica é o sistema que mais atenderia as necessidades de um clube esportivo localizado na cidade de São Paulo, devido às seguintes razões técnicas:

- Atendimento às normas (CONAMA, resolução nº430 e Decreto nº 8.468,08/09/1976 – Art. 19A);
- Eficiência na remoção de DBO do efluente;
- Baixos requisitos de área, comparando com outros métodos de tratamento;
- Baixos custos de implantação e operação do reator em relação ao consumo de energia elétrica;
- Reduzido consumo de energia elétrica em relação aos outros tipos de tratamento de esgoto;
- Desnecessário uso de meio suporte para as bactérias se degradarem;
- Construção, operação e manutenção simples do reator não necessitando de equipamentos eletrônicos complexos;
- Baixa produção de lodo;

- Estabilização e desidratação do lodo, sendo reaproveitado como combustível;
 - Rápido reinício do sistema após períodos de paralisação inesperados;
 - Resistente às variações de carga (em kg) e tipos diferentes de esgoto;
- Entre as desvantagens do uso do reator, os principais fatores são:
- Possíveis maus odores;
 - Riscos de entupimento nas tubulações hidráulicas;
 - Dificuldade em satisfazer padrões, em relação a produtos tóxicos de lançamento bem restritivos (indústria e produtos químicos);
 - Remoção de nitrogênio (N) e fósforo (P) do lodo insatisfatório

6 CONCLUSÃO

O estudo elaborado neste trabalho apresenta possibilidades de continuidade depois da estação de tratamento concluída através de um monitoramento para análise da sua ecoeficiência, ações que levam empresas ao desenvolvimento sustentável, ou seja, fornece bens e serviços com preços competitivos e ao mesmo tempo atende gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, M. G.; AMORIM, E. L. C. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos através de Reatores do tipo UASB.** Net, Disponível em: ctec.ufal.br/professor/elca/Reatores. Acesso em 12/01/2019.

CARVALHO, N. L.; HENTZ, P.; SILVA, J. M.; BARCELLOS, A. L. Reutilização de águas residuárias –UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas.** Santa Maria, RS. página 1-8. fevereiro de 2014.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios.** 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016. 5 v. 379 p.

CORCIOLI, B. **Orçamento para tratamento e reuso de água.** São Paulo: empresa Idral soluções profissionais, 2017. 3 p.

DIAS, E. F. D. **Relatório de ensaio de água.** São Paulo: Empresa Controle Analítico, Análises Técnicas Ltda., 2017. 2 p.

FARIAS, G. E. P. **Eficiência da desinfecção e produção de THM na dosagem de hipoclorito de cálcio na faixa de cloraminas em dois sistemas anaeróbios de tratamento de efluentes domésticos.** Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Instituto Federal do Ceará. 2016. 75 p.

FREIRE, F. B. **Tratamento de esgoto por lagoas.** Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, disciplina saneamento, arquivo 11, 2020.

INACIO, T. **Proposta de projeto e análise de viabilidade de uma ETE compacta no CEULP/ULBRA.** Palmas: Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção de título de Engenheira Civil, 2017. 42 p.

LEME, E. J. A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias.** 2. ed. São Carlos: EduFSCar, 2014.

MARQUES, F. **Você conhece as etapas de tratamento de efluentes?** Disponível em: acquablog.acquasolution.com. Acesso em:29/01/2020.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** Tese de doutorado. São Paulo: 2009, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, EPUSP, 200 p.

RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J.; ZOCRATO, M. C. O.; PAPA, D.; VON SPERLING, M.; OLIVEIRA, P. R. Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v. 14, n. 1, Campina Grande, 2010.

ROSA, A. P.; LOBATO, L. C. S.; BORGES, J. M.; MELO, G. C. B.; CHERNICHARO, C. A. L. Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo

de reatores UASB: estudo de caso de Estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira, MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 21, n. 2, Rio de Janeiro, 2016.

SABESP (1). Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **O que são mananciais?** Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoid=31>. Acesso em 10/03/2020.

SABESP (2). Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Saneamento**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaoid=74>. Acesso em 10/03/2020.

VERSIANI, B M. **Desempenho de um Reator UASB Submetido a Diferentes Condições Operacionais Tratando Esgotos Sanitários do Campus da UFRJ**. 2005. Dissertação Mestrado (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro Experimental de Saneamento Ambiental. **Reator UASB**. Disponível em: <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/index.php/br/infraestrutura/reator-usab>. Acesso em 10/03/2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. vol.1.