

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

JÚLIA DÁVILLA DE ALVARENGA

Destinação final do lodo de Estações de Tratamento de Esgoto no Estado de São Paulo:
estudo da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê

SÃO PAULO

2019

JÚLIA DÁVILLA DE ALVARENGA

Destinação final do lodo de Estações de Tratamento de Esgoto no Estado de São Paulo:
estudo da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê

Versão Original

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

São Paulo

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

D94d Dávilla de Alvarenga, Júlia
 Destinação final do lodo de Estações de
 Tratamento de Esgoto no Estado de São Paulo: estudo da
 bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê / Júlia
 Dávilla de Alvarenga; orientador Ronan Cleber Contrera.
 São Carlos, 2019.

 Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
 Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
 São Paulo, 2019.

1. Esgoto sanitário. 2. Lodo. 3. Destinação. I.
Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Júlia Dávilla de Alvarenga**

Data da Defesa: 07/11/2019

Comissão Julgadora:

Prof. Ronan Cleber Contrera (Orientador(a))

Resultado:

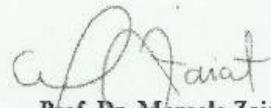
APROVADA.

Prof. Matheus Ribeiro Augusto

Aprovada

Prof. Theo Syrto Octavio de Souza

Aprovada



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

Dedico este trabalho àqueles que mantêm a perseverança em situações difíceis, quando a vontade de desistir dos próprios ideais e valores é alarmante. Dedico também aos amigos que permaneceram ao meu lado durante a graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao professor Ronan, que me orientou durante esta fase final da graduação e possibilitou que este trabalho fosse realizado.

Ao professor Marcelo Zaiat, que sempre foi além de um bom professor durante este meu período de graduação. Paciente e muito humano quando nós, alunos da Engenharia Ambiental, o procurávamos para pedir conselhos sobre alguma situação – seja ela da graduação ou não.

Aos amigos que permaneceram ao meu lado tanto nesta etapa final de estudos quanto em qualquer outra. Jorge, Gabriel, Alexandre e Matheus, a presença de vocês foi muito importante e bem-vinda.

Aos meus pais, Neide e José, que desde cedo investiram na minha educação, o que me possibilitou estudar na Universidade de São Paulo e a iniciar minha vida profissional. Agradeço também minha mãe pela ajuda com a correção e formatação deste trabalho.

Agradeço à Universidade de São Paulo e à Escola de Engenharia de São Carlos pela experiência proporcionada durante esses anos. Posso dizer que aprendi muito, não apenas no contexto de conhecimento científico. A perpetuidade desse espaço é de grande relevância para a sociedade.

Por fim, agradeço a todos que lutaram para manter a Universidade de São Paulo e garantir a permanência de alunos, docentes e funcionários como parte dela.

“Todo ponto de vista é a vista de um ponto.”

Leonardo Boff (1999)

RESUMO

ALVARENGA, J. D. Destinação final do lodo de Estações de Tratamento de Esgoto no Estado de São Paulo: estudo da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê. 2019. 87 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

O tratamento de esgoto é uma intervenção antrópica no meio e acelera a separação entre as partes sólida e líquida que compõem os esgotos sanitários, processo que costuma ocorrer de forma natural nos ecossistemas. Existem destinações finais ambientalmente corretas do lodo gerado e, neste trabalho, o objetivo principal foi avaliar o que está sendo feito com este resíduo semissólido nas ETEs pertencentes aos municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê. O método utilizado foi o levantamento de dados em sites (SigRH, prefeituras dos municípios que compõem a bacia e nas concessionárias que tratam seus esgotos) e por contato direto com as companhias de saneamento. Os resultados apontaram que a maioria dos municípios dessa bacia hidrográfica leva seu lodo, tratado ou não, aos aterros sanitários. Considera-se que outros meios de destinação final ou de minimização dos volumes de lodo depositados em aterro são essenciais para a sustentabilidade da gestão do resíduo semissólido e do próprio tratamento de esgoto.

Palavras-chave: Esgoto sanitário. Ecossistema. Lodo de estação de tratamento de esgoto. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Alvarenga, J. Dávila. **Final destination of Sewage Treatment Station's sludge in the state of São Paulo: study of Sorocaba e Médio Tietê watershed.** 2019. 87 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Sewage treatment is an anthropic intervention in the environment and accelerates separation between solid and liquid that composes sanitary sewage, a process that usually occurs in a natural form in ecosystems. There are environmentally correct destinations for the generated sludge and the main objective in this study is to evaluate what is being done with this semi-solid waste in the Sorocaba and Middle Tietê watershed. The method consisted in get data from websites (the watershed committee, SigRH; city halls that composes the watershed; sewage treatment responsible companies) and by direct contact with the involved companies. The results showed that mostly Sorocaba and Middle Tietê cities uses landfills to disposes its sludge, treated or not. It is considered that other ways to final destination volume minimization are crucial for the sustainable management of this semi-solid waste and sewage treatment its own.

Keywords: Sanitary sewage. Ecosystem. Sewage treatment plant sludge. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração de tratamento primário.....	16
Figura 2 – Fluxograma do processo de digestão anaeróbia.....	17
Figura 3 – Esquema de lagoa facultativa.....	19
Figura 4 – Esquema de lagoa facultativa precedida de anaeróbia.....	20
Figura 5 – Esquema de lodos ativados convencional.....	22
Figura 6 – Esquema de lodos ativados com aeração prolongada.....	23
Figura 7 – Esquema de reator UASB.....	24
Figura 8 – Esquema de reator UASB procedido por lodos ativados.....	25
Figura 9 - Esquema de filtro biológico percolador (aeróbio).....	26
Figura 10 - Esquema de tanque séptico procedido por filtro anaeróbio.....	27
Figura 11 – Ilustração de MBBR.....	28
Figura 12 – Esquema de tanque séptico com apenas uma câmara.....	29
Figura 13 – Esquema de leito de secagem.....	36
Figura 14 – Esquema de lagoa de secagem de lodo.....	36
Figura 15 – Filtro prensa.....	37
Figura 16 – Filtro de esteiras.....	37
Figura 17 – Centrífuga da ETE Mário Araldo Candello (Indaiatuba).....	38
Figura 18 – Bag filtrante horizontal.....	38
Figura 19 – Esquema de gaseificador de leito fluidizado borbulhante.....	49
Figura 20 – Mapa da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê.....	51
Figura 21 – Gráfico da representatividade dos métodos de tratamento de esgoto encontrados....	67
Figura 22 – Gráfico da representatividade das destinações finais de lodo encontradas.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – métodos de remoção de umidade do lodo e funcionamento.	35
Quadro 2 – vantagens e desvantagens dos métodos de remoção de umidade do lodo.	39
Quadro 3 – métodos de higienização do lodo e conceitos atrelados.	41
Quadro 4 – parâmetros a serem analisados para caracterizar lodo para uso agrícola.	42
Quadro 5 – percentuais de tratamento de esgoto de municípios com divergências no Atlas de Esgotos.	53
Quadro 6 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo	58
Quadro 7 – número de municípios e porcentagem de esgoto coletado e tratado por esfera de poder	64
Quadro 8 – métodos de tratamento de esgoto encontrados (agrupados).....	66
Quadro 9 – formas encontradas de destinação final de lodo (agrupadas).....	66
Quadro 10 – estimativa de quantidades de sólidos secos tratados e não tratados por concessionária.	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. ESGOTO SANITÁRIO	15
3.2. TRATAMENTO DE ESGOTO	15
3.3. LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	18
3.4. LODOS ATIVADOS	21
3.5. UASB (<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>).....	23
3.6. FILTROS BIOLÓGICOS	25
3.6.1 Filtros aeróbios	25
3.6.2 Filtros anaeróbios	26
3.7. REATOR DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME.....	27
3.8. TANQUES SÉPTICOS	29
3.9. LODO	30
3.9.1 Legislação – resíduos sólidos e semissólidos	31
3.10. TRATAMENTO DO LODO	33
3.10.1 Estabilização do lodo	34
3.10.2 Remoção da umidade do lodo	34
3.10.3 Higienização do lodo	40
3.11. DESTINAÇÃO FINAL DO LODO	42
3.11.1 Disposição no solo.....	42

3.11.2 Compostagem.....	44
3.11.3 Disposição oceânica.....	46
3.11.4 Disposição em aterro sanitário	46
3.11.5 Processos térmicos.....	47
4. MÉTODO	50
4.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS GERAIS	50
4.2. GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA SOROCABA E MÉDIO TIETÊ.....	51
4.3. INFORMAÇÕES SÓCIOECONÔMICAS	52
4.4 COLETA DE DADOS: ESGOTO E LODO	52
4.5. AGRUPAMENTO DE RESULTADOS	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1. DADOS RELATIVOS A TRATAMENTO DE ESGOTO.....	66
5.2. DADOS RELATIVOS A LODO	67
6. CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS.....	72
ANEXOS	82

1. INTRODUÇÃO

A produção de esgoto é inerente à humanidade e está presente desde grandes áreas urbanas até em pequenas comunidades isoladas. Nesses contextos ele pode ser originado por despejos domiciliares, resultante de atividades humanas como higiene e necessidades fisiológicas; industriais, sendo muito diverso e tendo sua composição dependente do tipo de atividade que o originou; ou ainda constituído por ambos e outras parcelas como água de infiltração e contribuição pluvial parasitária, segundo dados de Proença *et al.* (2016) e definições da ABNT NBR 9648.

Para garantir a qualidade de vida e a integridade do meio ambiente, o tratamento do esgoto gerado pela atividade humana tem como finalidade remover substâncias orgânicas e inorgânicas da fase líquida por meio de processos físicos e transformações químicas e biológicas, gerando um efluente que cause menos impactos nos corpos d'água, sendo estes representados por rios, lagos e mares. Para Proença *et al.* (2016), o tratamento de esgoto pode ser considerado uma intervenção antrópica no meio e acelera esse processo de separação e transformação, que costuma ocorrer de forma natural nos ecossistemas.

No último século, o Brasil passou por um célebre processo de urbanização, dado que no início do século XX a maioria da população do país era rural e, em pouco tempo, houve um grande processo de migração para as áreas urbanas, impulsionada pela industrialização. Assim sendo, o Brasil chegou ao fim do século XX como um país predominantemente urbano e, nos anos 2000, a população residente em áreas urbanas representava 80% da total. O saneamento básico não acompanhou o ritmo dessa rápida mudança de cenário e é insuficiente para atender à demanda populacional, tornando-se um dos principais problemas ambientais do país. (BRASIL, 2009b)

De acordo com Brasil (2009), a lei 11.445 assumiu como compromisso o acesso universal da população brasileira ao saneamento, orientando as três esferas do governo a melhorarem a prestação deste importante serviço, essencial à qualidade de vida e do meio ambiente. Além disso, essa mesma lei considera o saneamento básico como o conjunto de instalações operacionais e serviços que englobam o abastecimento de água potável, a coleta e tratamento de esgoto sanitário, a limpeza urbana, a gestão de resíduos sólidos e a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Apesar de o tratamento de esgoto ser uma atribuição do município, é comumente repassado a empresas concessionárias e é possível ao próprio gerador do esgoto (entidades comerciais ou industriais, condomínios e outras economias privadas) implantar sistemas de tratamento isolados visando atender necessidades locais – entende-se por sistema isolado o conjunto de rede coletora e instalação de tratamento independentes do sistema congêneres, geralmente de maior porte, sob gestão do município ou concessionária. Esses sistemas são adotados em áreas de difícil acesso, em locais não atendidos pelo sistema de maior porte e em outras situações que requerem independência na gestão do esgoto. (PROENÇA *et al*, 2016)

Dentro do contexto do tratamento de esgoto, Jordão e Pessôa (2011) consideram importante destacar que o conjunto de etapas que o constitui gera resíduos sólidos e semissólidos também sob responsabilidade da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), a começar pela etapa inicial de remoção de sólidos grosseiros por operações físicas como gradeamento e peneiramento – chegam à estação de tratamento por meio do uso inadequado dos coletores e instalações prediais no geral. Em seguida, remove-se também os diferentes tipos de areia que se encontram em suspensão no esgoto, que é comumente levada a aterros sanitários. Estas remoções iniciais têm como principais objetivos proteger os equipamentos subsequentes, facilitar a separação entre sólidos e líquido e minimizar possíveis obstruções nas canalizações de uma ETE.

Ainda considerando os resíduos produzidos numa ETE, em etapas seguintes à remoção de sólidos grosseiros e areia gera-se um resíduo semissólido chamado lodo, que faz parte do tema principal deste trabalho. É composto principalmente por água, porém contém grande concentração de matéria orgânica e minerais em relação ao afluente que chega às ETEs, podendo ser gerado em diferentes etapas do tratamento. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE em 2008 mostrou que dos 5.564 municípios brasileiros, apenas 1.513 contam com estação de tratamento de esgoto, o que representa menos de 30% do total. Já em relação à destinação final do lodo produzido pelas ETEs, de 1.091 municípios avaliados, 452 a faziam em aterros sanitários (representando 41%), 169 realizavam algum tipo de reaproveitamento, 163 despejavam o lodo em rios, 97 faziam o descarte em terrenos baldios, 19 incineravam e o restante utilizava alguma outra forma de destinação. (IBGE, 2008)

Tratamento de esgoto e destinação do lodo gerado são temas de aporte mundial que possuem inúmeras problemáticas. Como exemplificação da relevância do tema, o Programa da

Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), protagonista na definição da agenda ambiental mundial, divulgou um trabalho sobre o uso do lodo higienizado como adubo na agricultura do Paraná, iniciativa desenvolvida pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR, 2016). Existem destinações finais ambientalmente corretas do lodo e, neste trabalho, a bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê, pertencente ao Estado de São Paulo, foi estudada a fim de avaliar o que ocorre com esse resíduo semissólido nas ETEs pertencentes aos seus municípios.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Dentro do contexto apresentado, o objetivo geral desta monografia foi avaliar a destinação final do lodo gerado nas ETEs dos municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê, englobando a legislação vigente e também as alternativas ambientalmente corretas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dentro desse objetivo geral, decidiu-se por fazer um estudo dos seguintes tópicos:

- Avaliar quais municípios contam com coleta e tratamento de esgoto e qual a cobertura desses serviços;
- Comparar os dados da bacia com cenários estaduais e nacional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ESGOTO SANITÁRIO

Metcalf e Eddy (1991) consideram que o esgoto é, essencialmente, a água que abasteceu uma comunidade após ter sido utilizada para diversas finalidades. Esse líquido carrega, então, resíduos provindos de residências, comércio, indústrias etc.

O esgoto sanitário é definido pela norma ABNT NBR 9648 como o despejo líquido composto por esgotos doméstico e industrial, além de água de infiltração e contribuição pluvial parasitária. Neste despejo encontra-se fundamentalmente água, que representa uma parcela de 99,9% de sua composição, e sólidos, sendo representados pelos 0,1% restantes. Do total de sólidos, cerca de 70% são materiais orgânicos como proteínas, carboidratos e gorduras, sendo os outros 30% os materiais inorgânicos como areia, metais e sais diversos. (DAVID, 2002)

De acordo com Jordão e Pessôa (2011), a parcela correspondente aos esgotos domiciliares decorre principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou construções que contam com presença de encanamento no geral. Sua composição pode variar de um local para outro, a depender de parâmetros socioeconômicos e do tipo de edificação predominante.

3.2. TRATAMENTO DE ESGOTO

Há diversas formas que podem ser empregadas para tratar os esgotos gerados, visando atingir os parâmetros definidos pela legislação e preservar as características do meio ambiente. Apesar dessa diversidade de tratamentos, há uma sequência comum de operações e processos, segundo Von Sperling (2005):

- Tratamento preliminar: consiste na remoção de sólidos grosseiros por meio de grades e/ou peneiras, sendo o primeiro contato do efluente com o processo de tratamento em si. Inclui também a remoção de areia no desarenador e normalmente, um medidor de vazão, conforme Figura 1. Visa

proteger os equipamentos e unidades das etapas subsequentes, bem como os próprios corpos receptores;



Figura 1 – Ilustração de tratamento primário.

Fonte: Oliveira (2014, p. 12).

- Tratamento primário: objetiva remover sólidos sedimentáveis e flutuantes em decantadores. Os primeiros sedimentam e acumulam-se ao fundo da unidade, enquanto os segundos sobem para a superfície, podendo ser removidos. O material sedimentado constitui o lodo primário;
- Tratamento secundário: tem como principal objetivo a remoção de matéria orgânica do esgoto sanitário, reduzindo então a DBO por meio da biodegradação – etapa biológica realizada por microrganismos como bactérias, fungos etc.

Em relação a essa etapa que envolve microrganismos diversos, destaca-se que pode ser de natureza anaeróbia ou aeróbia. A primeira, afirma Pontes (2003), se dá nas seguintes etapas principais: hidrólise, em que bactérias diversas são responsáveis por transformar matéria orgânica complexa em compostos solúveis mais simples; produção de ácidos (acidogênese e acetogênese), em que bactérias fermentativas metabolizam os compostos solúveis produzidos na hidrólise; acetogênese, fase em que os ácidos formados na etapa anterior são transformados parte em acetato, parte em gases, sendo que o primeiro é utilizado pelas arqueias metanogênicas para gerar metano

e gás carbônico na fase final da digestão anaeróbia. A Figura 2 apresenta um esquema das fases descritas.

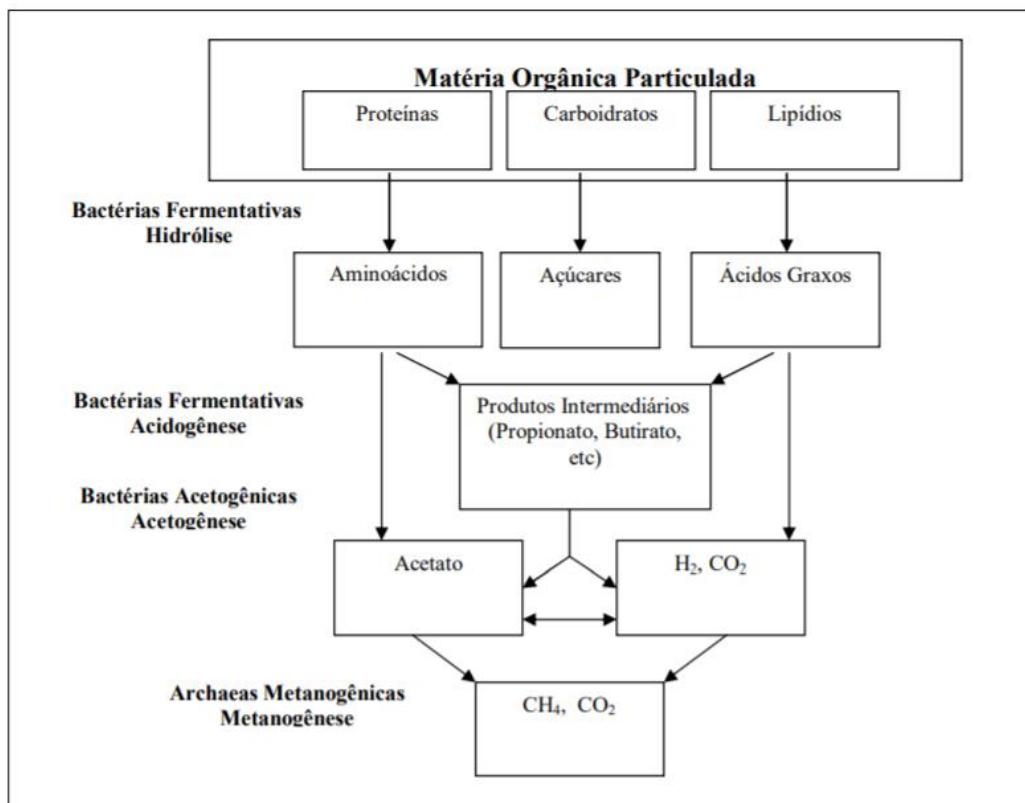


Figura 2 – Fluxograma do processo de digestão anaeróbia.

Fonte: Pontes (2003, p.6).

Já a segunda, de natureza aeróbia, se dá pela oxidação da matéria orgânica. Parte dos produtos formados é utilizada pelos microrganismos para síntese e locomoção celular; outra parte é convertida em novas células que, em condições de matéria orgânica insuficiente, passam a metabolizar suas próprias reservas celulares (processo chamado de respiração endógena), formando produtos como água e gás carbônico. Processos aeróbios são encontrados em tratamentos como lodos ativados e filtros biológicos. (LIMA, 2006)

Além de se conhecer as etapas do tratamento, a vazão e as flutuações do efluente a ser tratado, para a elaboração de um projeto é fundamental que se conheça suas características qualitativas. Dentro desse contexto, Jordão e Pessôa (2011) afirmam que é importante basear-se

em grandezas que indicam as características desse efluente para que se defina a metodologia de tratamento, dentre outros fatores que compõem essa escolha. Alguns dos parâmetros comumente utilizados para se obter informações a respeito do esgoto a ser tratado são cor e turbidez; pH; temperatura; Oxigênio Dissolvido (OD); Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), medida da quantidade de oxigênio necessário para se estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente no esgoto – costuma ter valores entre 100 e 400 mg/L no efluente bruto; Demanda Química de Oxigênio (DQO), correspondente à quantidade de oxigênio necessário para oxidar, em solução ácida de permanganato ou dicromato de potássio, a parcela orgânica de uma amostra – os valores de DQO do esgoto bruto variam entre 200 e 800 mg/L.

A seguir, são apresentadas as características gerais dos tipos de tratamento de esgoto encontrados nos municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê. Cada um deles possui níveis de eficiência e fatores de influência diferentes, atingindo seus próprios níveis de remoção de DBO e DQO, por exemplo.

3.3. LAGOAS DE TRATAMENTO

De acordo com Jordão e Pessôa (2011), as lagoas são sistemas de tratamento biológico em que ocorre a oxidação bacteriológica (aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas. Consistem, então, segundo Von Sperling (1996), num método de tratamento em que o afluente fica retido por um período de tempo suficiente para que os processos de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam, resultando num efluente que esteja de acordo com a legislação ambiental do local.

As principais vantagens do uso das lagoas são sua simplicidade de operação, eficiência do tratamento e menores custos de construção e operação. Para Jordão e Pessôa (2011), elas operam melhor em países de clima quente e necessitam de grandes áreas para serem construídas. São classificadas de acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada.

As lagoas facultativas possuem, basicamente, três zonas, como pode ser visto na Figura 3: uma aeróbia superior, na qual a fotossíntese das algas e as trocas com a atmosfera garantem a presença do oxigênio; uma intermediária, chamada facultativa, na qual ocorrem processos de

oxigenação aeróbia e fotossintética; uma inferior, em que ocorre a digestão anaeróbia. (JORDÃO; PESSÔA, 2011)

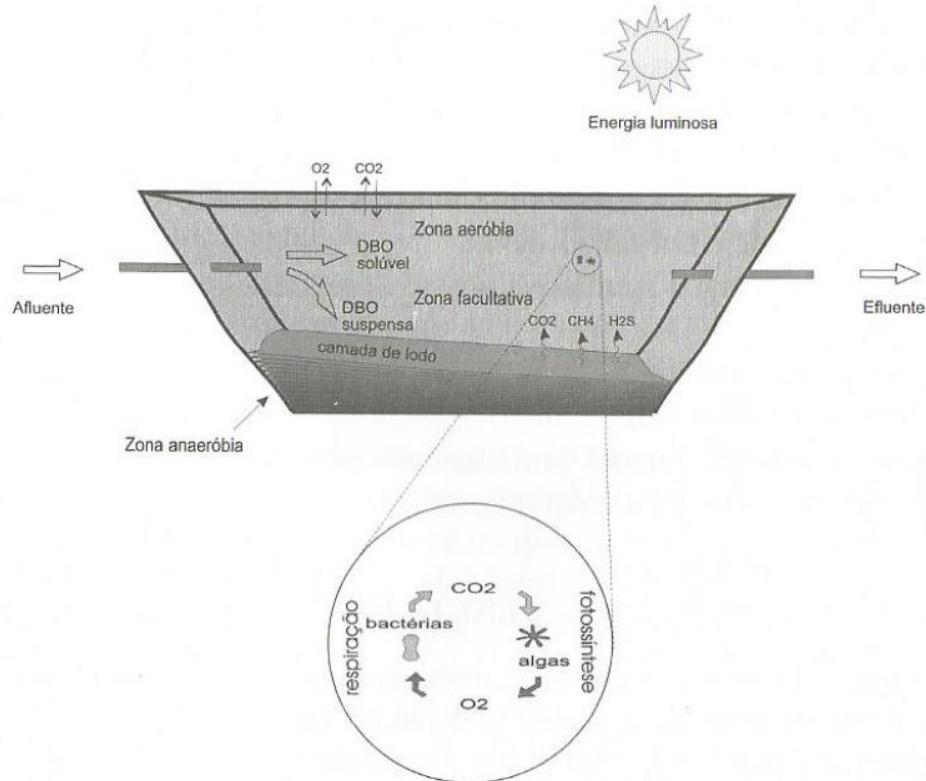


Figura 3 – Esquema de lagoa facultativa.

Fonte: Von Sperling (1986, p, 21).

Von Sperling (1986) afirma que as lagoas facultativas podem operar sozinhas ou serem precedidas por uma lagoa anaeróbia (sistema australiano), conforme esquema simplificado da Figura 4. Essa última opera a partir dos processos de digestão ácida e fermentação metanogênica, sendo essencial a ausência de oxigênio. Esse cenário pode ser alcançado por meio do lançamento de grandes quantidades de DBO por unidade de volume da lagoa, fazendo com que o consumo de oxigênio seja muito superior a sua produção. Além disso, as lagoas anaeróbias devem ser mais profundas que as facultativas ou as aeróbias para garantir que o oxigênio produzido na superfície não alcance camadas inferiores.



Figura 4 – Esquema de lagoa facultativa precedida de anaeróbia.

Fonte: Von Sperling (1986, p. 13).

Conforme explicitado anteriormente, as lagoas de tratamento demandam grandes áreas para operarem. No caso de disponibilidade de área menor, dentre outros fatores de escolha, há a alternativa de se optar pelas lagoas aeradas, que têm sua demanda de oxigênio suprida através de aeradores – esta forma de obtenção de oxigênio é, inclusive, a principal diferença entre as lagoas aeradas e as facultativas, já que estas são supridas pela fotossíntese e trocas com a atmosfera. (VON SPERLING, 1986)

Ainda de acordo com o autor, pode-se dizer que as lagoas de tratamento descritas anteriormente têm como objetivo maior a remoção de DBO dos esgotos nelas despejados – chegam a remover entre 75 e 85% da DBO. Há ainda outra modalidade de lagoa, cujo papel principal é a remoção de organismos patogênicos: são as chamadas lagoas de maturação. Elas dão um polimento ao efluente que sai dos outros tipos de lagoa e podem vir na sequência de outros tipos de tratamento também.

As modalidades de lagoas citadas têm suas particularidades relacionadas à construção, operação e à produção de lodo. Quanto a essa última, Von Sperling (1986) explica que as lagoas possuem a vantagem de acumularem esse resíduo semissólido em seu fundo, não necessitando de remoção frequente. As características do lodo produzido nas lagoas variam em função do tempo em que fica retido nelas, sendo este período da ordem de alguns anos. De acordo com o autor, durante essa retenção, o lodo passa por adensamento e digestão anaeróbia, resultando num produto com alto teor de sólidos totais e baixo teor de sólidos voláteis.

As principais técnicas de remoção do lodo de lagoas de tratamento, afirma Von Sperling (1986), podem ser divididas em: mecanizadas ou não mecanizadas; com interrupção ou não das atividades da lagoa. Há diversos fatores que determinam qual é o melhor método a ser utilizado,

dentre eles a quantidade de material a ser removido, a capacidade de suporte do solo sobre o qual a lagoa se localiza – no caso de se utilizar equipamentos como tratores –, densidade do lodo etc. É importante destacar que após sua remoção, o lodo pode passar por processos de tratamento como secagem natural ou utilizando leitos de secagem.

3.4. LODOS ATIVADOS

Dentre as opções de sistemas de tratamento biológico de esgoto, o sistema de lodos ativados é amplamente empregado no Brasil por apresentar alta eficiência de tratamento atrelada à reduzida área de implantação requerida quando comparado às lagoas de tratamento, por exemplo. O princípio do sistema de lodos ativados é baseado na oxidação bioquímica dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes nos esgotos, processo realizado por uma população microbiana diversa, a qual é mantida em suspensão num meio aeróbio. A eficiência do tratamento depende, dentre outros fatores, da capacidade de formação de flocos da biomassa em questão e de sua composição, a qual requer condições específicas para a estabilidade do flocos (BENTO *et al.*, 2005).

Segundo esses autores, os flocos biológicos constituem um microssistema complexo formado majoritariamente por bactérias, mas também por fungos, protozoários e outros microrganismos. As bactérias são os principais agentes responsáveis pela depuração da matéria carbonácea e pela estruturação dos flocos, embora outros componentes desta microfauna diversificada também sejam essenciais para manter equilibrada a comunidade bacteriana, além de contribuírem para a floculação e para a remoção de DBO.

Por mais que o método dos lodos ativados atue para aumentar a qualidade do efluente e apresente reduzidos requisitos de áreas, este sistema também conta com um índice de mecanização superior a outros modos de tratamento, envolvendo uma operação mais sofisticada bem como maior consumo de energia elétrica. Geralmente, como pontua Von Sperling (1997), o sistema de lodos ativados apresenta tanque de aeração (reator), onde ocorrem as reações bioquímicas de remoção de matéria orgânica; tanque de decantação (decantador secundário), onde ocorre a sedimentação dos sólidos no intuito de clarificar o efluente final; e recirculação de lodo, de modo a aumentar a concentração de biomassa no reator e, consequentemente, a eficiência do sistema, já

que a biomassa possui tempo suficiente para metabolizar praticamente toda a matéria orgânica dos esgotos.

Existem duas principais variações dentro do contexto de sistemas de lodos ativados: o sistema convencional e o com aeração prolongada. O primeiro, representado pela Figura 5, com o intuito de economizar energia e reduzir o volume do reator biológico, remove parte da matéria orgânica (sedimentável) no decantador primário, fase que precede a etapa biológica. Além disso, a biomassa retirada nesses sistemas armazena um elevado teor de matéria orgânica em sua estrutura, tornando necessária uma etapa posterior de estabilização do lodo em digestores após um processo de adensamento.

Já no segundo, ilustrado na Figura 6, com aeração prolongada, a biomassa permanece no sistema por um tempo superior e, portanto, a concentração de biomassa e o volume do reator também deverão ser superiores. As bactérias presentes no sistema utilizam a matéria orgânica biodegradável de suas próprias células em seus processos metabólicos frente à menor quantidade de matéria orgânica por volume de reator e por unidade de biomassa. Consequentemente, há um consumo significativo de oxigênio nos processos celulares, não havendo a necessidade de se estabilizar o lodo posteriormente, já que este processo ocorre no próprio reator; portanto, não é necessário o uso de decantadores primários (VON SPERLING, 1997).

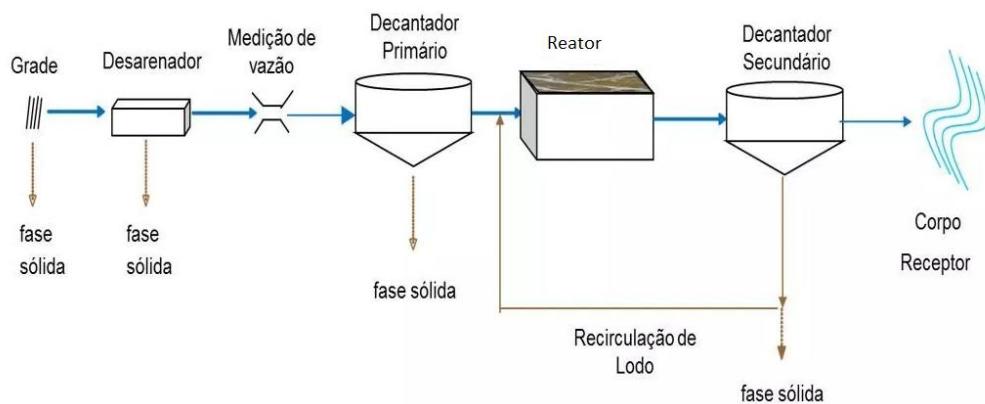


Figura 5 – Esquema de lodos ativados convencional.

Fonte: Lervolino (2019, adaptado).

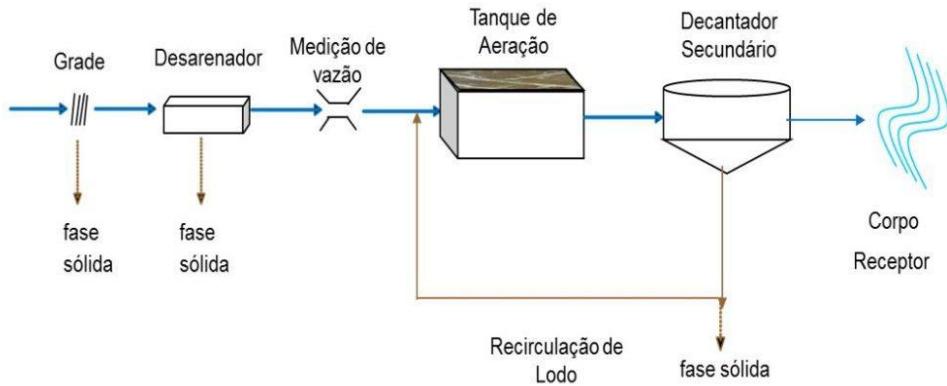


Figura 6 – Esquema de lodos ativados com aeração prolongada.

Fonte: Lervolino (2019).

3.5. UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)

Chernicharo (1997) relata que a aplicabilidade de métodos anaeróbios como o reator UASB para o tratamento de esgotos domésticos depende, principalmente, da temperatura do efluente, dado que a atividade das bactérias anaeróbias é reduzida em temperaturas inferiores a 20°C. Dessa forma, esse tipo de tratamento torna-se mais atrativo em países de clima tropical como o Brasil, Colômbia, Equador, México, Índia entre outros.

Os reatores anaeróbios de manta de lodo foram primariamente projetados para tratar efluentes industriais, normalmente possuindo formato cilíndrico (mais recomendado para populações menores) ou prismático-retangular (mais indicados para populações maiores pois uma parede pode servir a dois módulos adjacentes), de acordo com Versiani (2005). A adaptação do UASB para efluentes mais diluídos como os esgotos domésticos geraram alterações como dimensionamento em função da carga hidráulica e não da orgânica, fazendo com que a velocidade ascensional seja de fundamental importância pois velocidades elevadas resultam na perda de biomassa do sistema, consequentemente reduzindo a estabilidade do processo. Outro fator físico a ser considerado é a altura do reator, que deve ser reduzida para aumentar a seção transversal e garantir a manutenção da velocidade ascensional adequada.

Ainda segundo a autora, um bom projeto de reator UASB costuma obter uma eficiência média de 65% de remoção de DQO e 70% de remoção de DBO. Quando tratando esgotos

domésticos, o efluente costuma apresentar concentrações inferiores a 120 mg/L e 80 mg/L de DBO e SST, respectivamente, valores que são influenciados pelo tempo de detenção hidráulica. Os reatores de manta de lodo são delineados por três parâmetros básicos: taxa de aplicação volumétrica, velocidade ascensional e altura do reator.

Considerando o processo de tratamento pelo reator UASB, Chernicharo (1997) diz que a inoculação com lodo anaeróbio deve preceder as outras etapas. Sequencialmente, aumenta-se gradativamente a taxa de alimentação do reator para que em alguns meses se obtenha um leito de lodo concentrado, com boa capacidade de sedimentação, podendo inclusive ocorrer formação de grânulos de lodo com diâmetros de 1 a 5 mm. Acima do leito de lodo, parte hachurada mais escura e inferior exibida na Figura 7, forma-se a manta de lodo, camada com microrganismos mais dispersos e com velocidade de sedimentação mais baixa. É importante atentar que no funcionamento normal do reator de manta de lodo, ocorre homogeneização do seu conteúdo pelo movimento ascendente do afluente e das bolhas de gás produzido, sendo que esse último gera necessidade da implantação de separador trifásico (sólido, líquido e gás) na parte superior do reator por conta do carreamento do lodo.

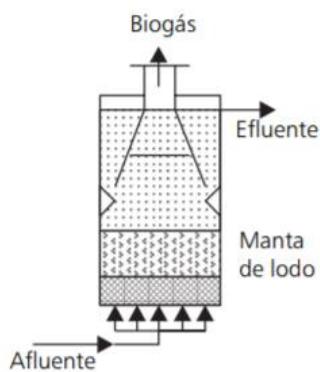


Figura 7 – Esquema de reator UASB.

Fonte: Campos (1999, p.58).

Os reatores UASB oferecem como vantagens a baixa produção de sólidos (5 a 10 vezes menor quando comparada a tratamentos aeróbios); baixo consumo energético; não necessitam de

grandes áreas para implantação e operação; produção de gás metano, que pode ser energeticamente reaproveitado; toleram cargas orgânicas elevadas. Em relação às desvantagens, pode-se citar a produção de maus odores no caso do sistema não ser bem projetado e operado; a baixa tolerância a cargas tóxicas; o tempo necessário elevado para o início das operações, dado o crescimento mais lento dos organismos (pode-se utilizar inóculos para minimizar este período de espera); a necessidade de um pós-tratamento para que o efluente atenda aos padrões da legislação ambiental, que pode ser uma lagoa de polimento, filtro anaeróbio ou mesmo lodos ativados, conforme Figura 8. (CHERNICHARO, 2017)



Figura 8 – Esquema de reator UASB procedido por lodos ativados.

Fonte: Reda *et al.* (2017, p. 52).

3.6. FILTROS BIOLÓGICOS

3.6.1 Filtros aeróbios

Segundo Campos (1999), os filtros biológicos percoladores têm como principal característica a utilização de biomassa aderida. Parte do volume do filtro é preenchido por um material suporte (brita ou material plástico, por exemplo) sobre o qual os microrganismos crescem e formam um biofilme, havendo então elevada retenção de biomassa. O esgoto a ser tratado é lançado sobre o leito do filtro por meio de braços rotativos, passando por esse conjunto de material inerte e biomassa de forma ascendente ou descendente, conforme Figura 9. Para que essa filtração ocorra de forma eficiente, o afluente deve estar bem distribuído na unidade de tratamento e a área superficial do meio suporte deve ser ideal, garantindo que o esgoto passe pelos interstícios.

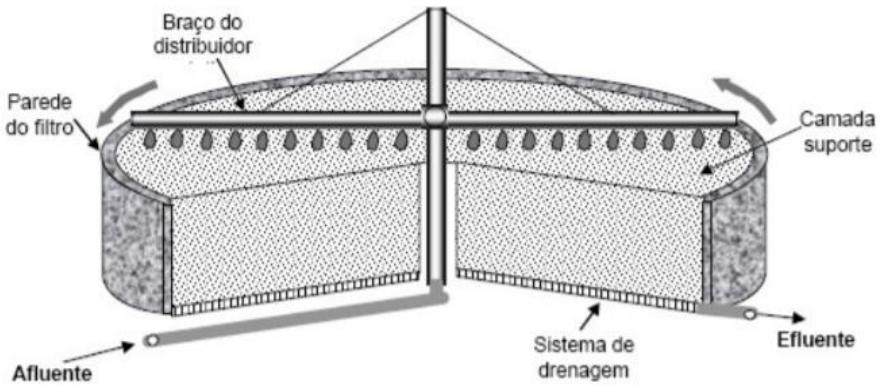


Figura 9 - Esquema de filtro biológico percolador (aeróbio).

Fonte: Fonseca (2009, p. 8).

Considerando esses espaçamentos, o autor afirma que os filtros percoladores são sistemas aeróbios e mais adequados para tratar esgotos mais solúveis ou que tenham passado por uma etapa anterior de retenção de sólidos, de forma a evitar o entupimento ou colmatação nas unidades de filtração. Como vantagens, esses filtros funcionam a partir de uma tecnologia simples, apresentam baixo consumo energético e custos operacionais reduzidos, segundo Duda e Oliveira (2011).

No contexto de resíduos, os filtros biológicos percoladores são usualmente procedidos por decantadores secundários, que têm como finalidade clarificar o efluente que sai dos filtros. Logo, o lodo gerado pelo processo de tratamento pode ser retirado no decantador. (FONSECA, 2009)

3.6.2 Filtros anaeróbios

Chernicharo (1997) diz que, simplificadamente, os filtros anaeróbios constituem uma unidade de tratamento de esgotos de contato, em que o efluente ascende por um tanque retangular ou cilíndrico contendo materiais suporte com biomassa retida. Esses materiais costumam ser de diferentes tipos de plástico e com formatos que variam de anéis corrugados a placas, ocupando desde a base do filtro até 50 a 70% de seu volume. Em relação a parâmetros dimensionais, a largura ou diâmetro dos tanques varia de 6 a 26 metros e a altura, de 3 a 13 metros, constituindo volumes de 100 a 10.000 m³. Logo, a escolha do material suporte e o dimensionamentos dos filtros

anaeróbios dependem de fatores econômicos, operacionais, de demanda e de recomendações locais. No Brasil, a norma ABNT NBR 13969 recomenda que a altura do meio suporte seja de 1,20 metros para filtros anaeróbios, que normalmente tratam efluentes de tanques sépticos, dado que a maior parte da remoção da matéria orgânica ocorre principalmente na parte inferior do filtro.

O autor também argumenta que as mais recentes instalações de filtros anaeróbios são do tipo híbrido, em que existe uma zona de empacotamento abaixo da camada de material suporte, onde o lodo é acumulado. Há também a possibilidade de se fazer dois filtros em série, forma que aumenta a remoção de DQO do esgoto. A Figura 10 representa um esquema de fossa procedido por um único filtro, modalidade que foi encontrada em municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê.

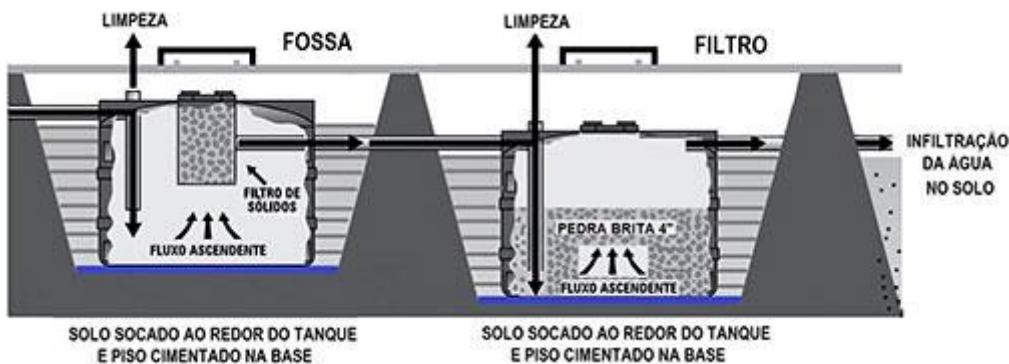


Figura 10 - Esquema de tanque séptico procedido por filtro anaeróbio.

Fonte: Naturaltec (2019).

3.7. REATOR DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME

O reator em questão, do inglês *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), foi desenvolvido na Noruega na década de 1990, afirma Zilli (2013). Consiste numa tecnologia de tratamento de esgoto que combina uma fração da biomassa em suspensão, como ocorre nos lodos ativados, com outra fração de biomassa aderida, com formação de biofilme em material suporte, como nos filtros biológicos. Um sistema de tratamento que se utiliza do MBBR pode ser composto de um ou vários reatores em série, além dos componentes básicos do tratamento como o meio suporte sobre o qual se formará o biofilme, peneiras para reter os elementos suportes, sistema de aeração difusa e

sistema de agitação para sistemas anóxicos (condição em que há ausência de oxigênio). A Figura 11 apresenta um esquema simplificado deste tipo de reator.

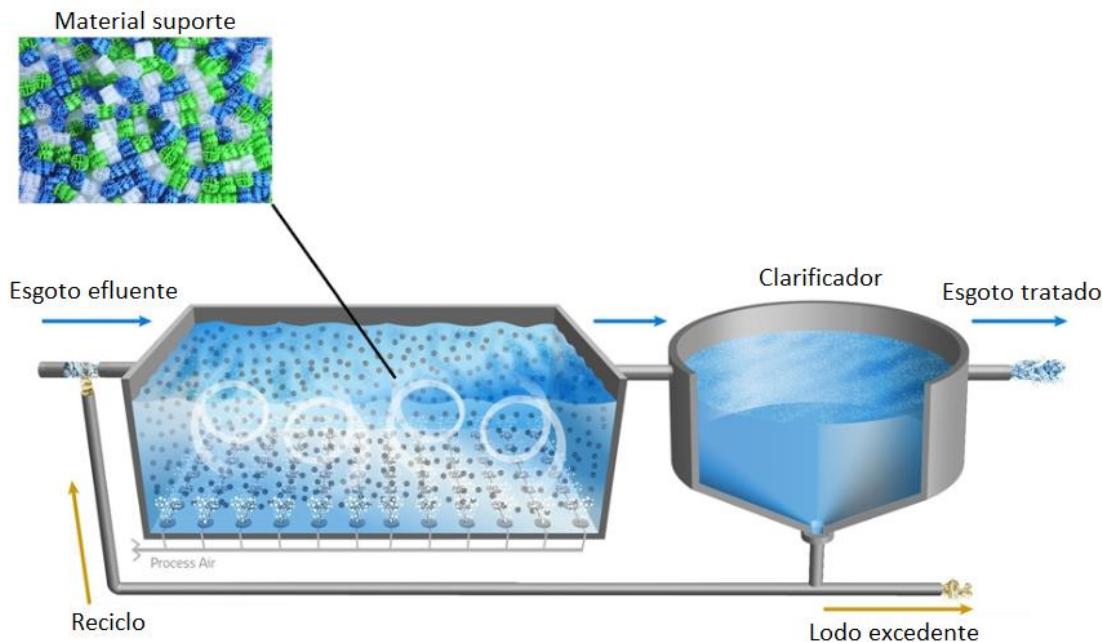


Figura 11 – Ilustração de MBBR.

Fonte: Gustawater Treatment (2019, adaptado).

Ainda segundo a autora, ao se utilizar de meios suporte com elevada superfície de adesão para os microrganismos, o MBBR garante elevada concentração de biomassa e tempo de retenção celular no reator. Consequentemente, o sistema em questão apresenta boa capacidade de depuração da matéria orgânica, bem como conversão de compostos do nitrogênio. Além disso, o MBBR apresenta reatores com volumes menores, os quais são todo utilizados para o crescimento da biomassa, já que o meio suporte permanece imerso no meio reacional e se movimenta constantemente, ficando retido pelo uso de grades ou peneiras. Estas costumam ser instaladas em pelo menos uma das paredes do reator, deixando somente a fase líquida passar para a etapa seguinte de tratamento.

Como desvantagens, o reator de leito móvel com biofilme apresenta elevados custo operacional e consumo energético, além de exigir maior grau de qualificação para sua operação. O MBBR é comumente utilizado em associação com outros métodos de tratamento de esgoto, dando maior polimento ao efluente a ser tratado. (ZILLI, 2013)

Em relação à produção de resíduos, Oliveira, Junior e Piveli (2013) constatam que o excesso de biofilme que se desprende naturalmente do suporte pode ser facilmente separado da fase líquida em etapa seguinte, por meio da sedimentação. Esse processo faz com que haja superfície disponível para outros microrganismos ocuparem.

3.8. TANQUES SÉPTICOS

Também conhecidos como decanto-digestores, os tanques sépticos podem ser constituídos por uma ou mais câmaras, conforme Figura 12, sendo que neste último caso as unidades podem estar em série (horizontal) ou sobrepostas (vertical). São unidades simples de tratamento de esgoto que removem sólidos do esgoto afluente por meio da decantação e realizam a degradação biológica da matéria orgânica pela digestão anaeróbia. (CAMPOS, 1999)

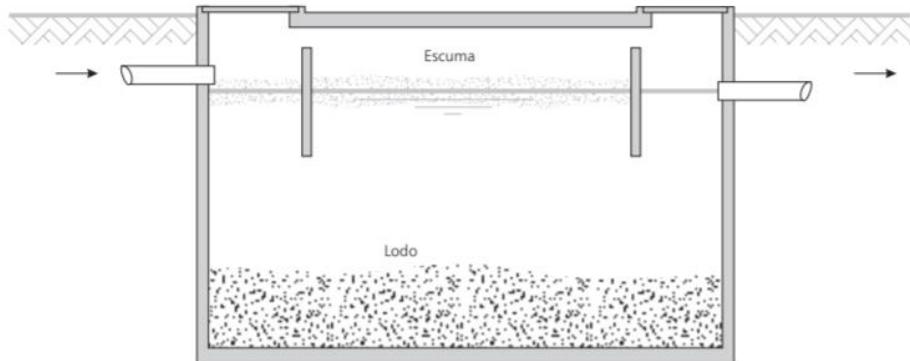


Figura 12 – Esquema de tanque séptico com apenas uma câmara.

Fonte: Campos (1999, p. 120).

Ainda de acordo com o autor, este sistema de tratamento de esgoto não exige elevado grau de instrução do operador e apresenta baixos custos de construção e operação, podendo ser implantado em comunidades menores. Nesse contexto construtivo, pode-se citar duas normas relativas aos tanques sépticos: NBR 7.229:1993, que trata do projeto e construção dos tanques, e NBR 13.969:1997, que dá diretrizes sobre unidades de tratamento complementares aos decantodigestores e disposição final dos efluentes.

Em contrapartida, os tanques sépticos apresentam baixa remoção de matéria orgânica quando comparados a outros métodos anaeróbios, mesmo com um tempo de detenção hidráulica

da ordem de meses ou anos. Além disso, seu efluente apresenta elevado grau de patogenicidade, podendo ser necessária uma unidade subsequente de tratamento, a depender da destinação que será dada a ele.

3.9. LODO

Carvalho *et al.* (2015) definem o lodo originado a partir do tratamento de esgotos como um resíduo semissólido predominantemente orgânico e com teores variáveis de substâncias inorgânicas. A composição geral do lodo varia principalmente com o tipo de esgoto tratado (se é domiciliar, industrial ou composto pelos dois tipos), com a época do ano, com o processo de tratamento utilizado na estação e pelos métodos de estabilização e condicionamento final empregados.

Além das diversidades citadas, dentro dos próprios processos de tratamento de esgoto o lodo é gerado em diferentes fases, o que os caracteriza, de acordo com Andreoli, Fernandes e Von Sperling (2001), em:

- Lodo primário: gerado em processos que recebem esgoto bruto de decantadores primários (como em lodos ativados) e composto pelos sólidos sedimentáveis do esgoto bruto;
- Lodo secundário ou biológico: composto pela biomassa presente no sistema de tratamento. Caso esses microrganismos se tornem muito numerosos por não serem retirados parcialmente do processo, acumulam-se e prejudicam a qualidade do efluente final. Esse tipo de lodo é gerado em todos os tipos de tratamento biológico de esgotos;
- Lodo misto: quando o tipo de tratamento de esgoto empregado permite que o lodo primário seja enviado para tratamento juntamente ao secundário, forma-se o lodo misto;
- Lodo químico: gerado a partir de etapa físico-química do tratamento de esgoto – etapa que pode ter como finalidade dar polimento ao efluente secundário ou dar melhor desempenho ao decantador primário.

Andreoli, Fernandes e Von Sperling (2001) argumentam que outro fator relacionado ao lodo que é variável é a quantidade de resíduo semissólido gerada nos tratamentos e que deve ser

retirada. Enquanto nas lagoas de estabilização a remoção de lodo é da ordem de anos, em processos como lodos ativados ou filtros biológicos a remoção ocorre em horas. O autor destaca também que o lodo gerado pelas ETEs representa cerca de 1 a 2% do volume do esgoto tratado, porém seu gerenciamento é complexo e representa entre 20 e 60% dos custos operacionais totais da ETE.

Entre os produtos resultantes do tratamento de esgoto, afirma Hirata *et al.* (2015), o lodo é apresenta volume significativo e, consequentemente, difíceis tratamento e disposição final. Buscar formas de tornar este resíduo mais estável e menos volumoso contribuem, então, para se ter mais facilidade de manuseio e transporte e custos reduzidos atrelados a esses fatores.

Considerando que o resíduo do tema principal do trabalho, o lodo, enquadra-se dentro da categoria de sólidos e semissólidos, é importante destacar quais são as leis vigentes em território nacional que se referem a sua definição quanto conceito e ao seu manejo e disposição final. Nesse sentido, o próximo tópico trata desse assunto.

3.9.1 Legislação – resíduos sólidos e semissólidos

Em âmbito federal, uma das Legislações existentes para manejá-los de forma correta os resíduos sólidos é a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, que altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 2010), dando também mais providências específicas aos resíduos em questão. A PNRS prevê a redução da geração de resíduos por meio de práticas sustentáveis como o reuso e a reciclagem, disposição final adequada dos resíduos sólidos e semissólidos, gestão compartilhada – responsabiliza todos os envolvidos na produção e uso de dado produto, utilizando-se da Logística Reversa – entre outros. Logo, o lodo é enquadrado na busca de soluções que foquem em recuperar a matéria orgânica (biossólidos) nele presente.

Em relação a conceito e manejo, pode-se citar também a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), definiu os resíduos sólidos e semissólidos por meio da Norma Brasileira (NBR) 10.004 do ano de 2004 como sendo

resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição,

bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A norma também classifica os resíduos em perigosos (Classe I) e não perigosos (Classe II); não inertes (Classe II-A) ou inertes (Classe II-B) – há ensaios físico-químicos para esta determinação. A depender da classificação, o manejo e a destinação final dados ao resíduo mudam. No caso do lodo, sua classificação dependerá dos níveis de patogenicidade alcançados pelo tratamento.

Ainda em âmbito federal, mais especificamente para o uso de fertilizantes no solo, assunto que será abordado no capítulo 3, tem-se a Instrução Normativa SDA nº 25, do MAPA, que no capítulo II define 4 classes para os fertilizantes tendo como base sua matéria-prima, sendo elas

I – Classe “A”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

II – Classe “B”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

III – Classe “C”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura; e

IV – Classe “D”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Conclui-se, a partir dessa Instrução, que o fertilizante produzido a partir do lodo dos esgotos domésticos se enquadra na Classe D. (BRASIL, 2009a)

Considerando que a bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê está localizada no estado de São Paulo, cabe também enquadrá-la na legislação estadual, dada pela Lei nº 12.300/2006 – SÃO PAULO (2006). Ela cita, dentre outros fatores, a gestão integrada envolvendo as outras esferas do Poder Público, a iniciativa privada e outros segmentos civis; linhas de crédito para

implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; medidas de sustentabilidade como na PNRS; a obrigação do gerador do resíduo de fazer sua destinação correta etc.

Dado que os serviços de saneamento são prestados pelos estados e/ou municípios e contemplam o tratamento de esgoto e o manejo de resíduos sólidos, pode-se citar também a Política Nacional de Saneamento – Lei nº 11.445/2007 – BRASIL (2007) neste contexto. Contempla o uso dos recursos hídricos para diluição de esgotos por meio de outorga de direito, padrões de efluente a serem alcançados pela concessionária de tratamento de esgoto e inclusive diz que

Na ausência de redes públicas de saneamento básico, serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários.

Num contexto mais específico de disposição final do lodo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), por meio da P4.230/1999 (Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação – Manual técnico), dá diretrizes sobre a disposição do resíduo semissólido em questão sobre o solo ou em sua subsuperfície, que será discutida com mais detalhes em outro item deste trabalho.

3.10. TRATAMENTO DO LODO

Considerando que a composição do esgoto sanitário é variável dada sua origem diversa, cabe dizer que as características do lodo produzido nos tratamentos deste efluente também diferem. São muitos os fatores que podem determinar qual será o tratamento dado ao lodo antes de sua disposição final – e nem sempre há um tratamento, – dentre eles podemos citar aqueles ligados à composição, como as concentrações de metais pesados, poluentes orgânicos e microrganismos patogênicos determinam; disponibilidade orçamentária; legislações específicas etc. (ANDREOLI, FERNANDES, VON SPERLING, 2001)

Além das características diversas, a denominação do lodo propriamente dito também pode variar. Lopes (2011) explicita que a *Water Environment Federation* (WEF) sugere a denominação

“biossólido” para o resíduo estabilizado provindo de sistemas de tratamento biológicos; caso contrário usa-se lodo ou torta (essa para o caso dos sólidos resultantes).

A seguir serão apresentados alguns dos métodos de tratamento de lodo.

3.10.1 Estabilização do lodo

Conforme citado anteriormente, o lodo bruto contém microrganismos patogênicos, os quais, segundo Andreoli, Fernandes e Von Sperling (2001), geram putrefação e, consequentemente, maus odores. Por conta disso, deve-se realizar a estabilização do lodo com o objetivo principal de remover matéria orgânica (reduzir sólidos voláteis), o que pode ser feito por meio de processos biológicos (digestão bacteriana – aeróbia ou anaeróbia); químicos (adição de produtos oxidantes) ou térmicos (o resíduo é sujeito a elevadas temperaturas). Pode-se também citar a compostagem como alternativa, processo que também envolve bactérias e aumento de temperatura por conta do próprio processo – este é, inclusive, o processo mais antigo de estabilização de matéria orgânica.

3.10.2 Remoção da umidade do lodo

Segundo Jordão e Pessôa (2011), o tratamento da fase líquida e a estabilização do lodo geram um produto com umidade elevada. A remoção de umidade tem, portanto, o objetivo de reduzir o volume do lodo, deixando-o mais fácil de ser manuseado e também reduzindo custos de armazenagem e transporte. Além disso, Andreoli, Fernandes e Von Sperling (2001) relatam que a remoção de umidade aumenta o poder calorífico do lodo para o caso de se decidir pela incineração. Existem vários métodos de se reduzir o volume do lodo pela remoção da umidade, sendo que a fase sólida originada nesses processos é denominada torta – rejeito. O Quadro 1 mostra, de forma resumida, algumas dessas formas.

Quadro 1 – métodos de remoção de umidade do lodo e funcionamento.

Método de remoção de umidade	Funcionamento	Umidade restante e tempo de detenção
Leito de secagem (Figura 13)	Normalmente constituído de tanques de armazenamento, camada drenante e cobertura; em formato regular. Recebe o lodo dos digestores e remove umidade a partir de drenagem e evaporação.	Após um período de 12 – 20 dias, o lodo é retirado do leito com 60 – 70% de umidade.
Lagoa de secagem (Figura 14)	Forma mais simples de remoção de umidade, a lagoa é geralmente escavada no solo ou posicionada em depressões naturais. Recomendada para receber lodo previamente digerido. (VON SPERLING, 2001)	Após cerca de um ano, o lodo é retirado da lagoa com 65 – 75% de umidade (VON SPERLING, 2001)
Filtro prensa (Figura 15)	Consiste num conjunto de placas verticais revestidas por material filtrante, sendo estas mais grossas nas bordas para acumularem a torta na região central. Operam em regime de batelada e utilizam-se de coagulantes.	O operador retira a torta em cerca de 2 horas e meia, sendo que o lodo sai com 65% de umidade.
Filtro de esteiras (Figura 16)	Opera de forma contínua, combinando desaguamento por gravidade e compressão mecânica. (DAVID, 2002)	75 – 85% de umidade.
Centrífuga (Figura 17)	Opera de forma contínua. Os tipos mais comuns são: as fases sólida e líquida escoam em sentido contrário (os sólidos são levados ao interior do tambor e o líquido escoa para a extremidade oposta, na qual é retirado); as fases escoam no mesmo sentido (passam por toda a extensão da centrífuga, sendo retiradas na parte cônica).	65 – 75% de umidade.
Secagem térmica	Técnica que pode ser utilizada para lodo primário ou digerido – recomendável que o lodo tenha entre 15 e 30% de teor de sólidos (desaguamento prévio). Consiste em aquecer o lodo num ambiente hermeticamente fechado para que a água presente evapore. (VON SPERLING, 2001)	O tempo para retirada da torta depende do equipamento escolhido, podendo atingir até 10% de umidade. (VON SPERLING, 2001)
Bags/filtros sintéticos (Figura 18)	Mantas permeáveis, flexíveis e finais produzidas a partir de diversos polímeros (como geotêxteis). A porosidade das bags permite o desaguamento contínuo do lodo, retendo também contaminantes. (BOINA, 2012)	O material das bags está sujeito a deterioração e a retenção de contaminantes pode necessitar da adição de polieletrólitos. (BOINA, 2012)

Fonte: Jordão e Pessôa (2011).

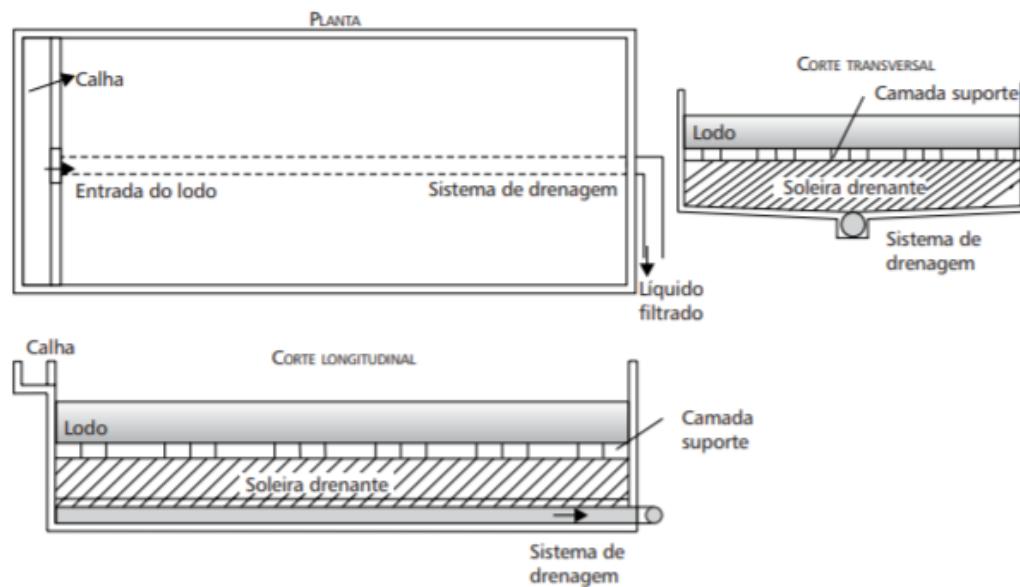


Figura 13 – Esquema de leito de secagem.

Fonte: Andreoli, Fernandes, Von Sperling (2001, p. 185).

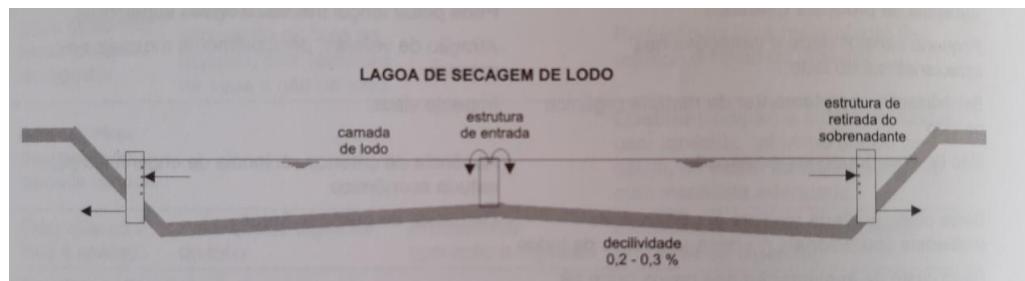


Figura 14 – Esquema de lagoa de secagem de lodo.

Fonte: Andreoli, Fernandes, Von Sperling (2001, p. 196).



Figura 15 – Filtro prensa.

Fonte: Águas Claras engenharia (2019).

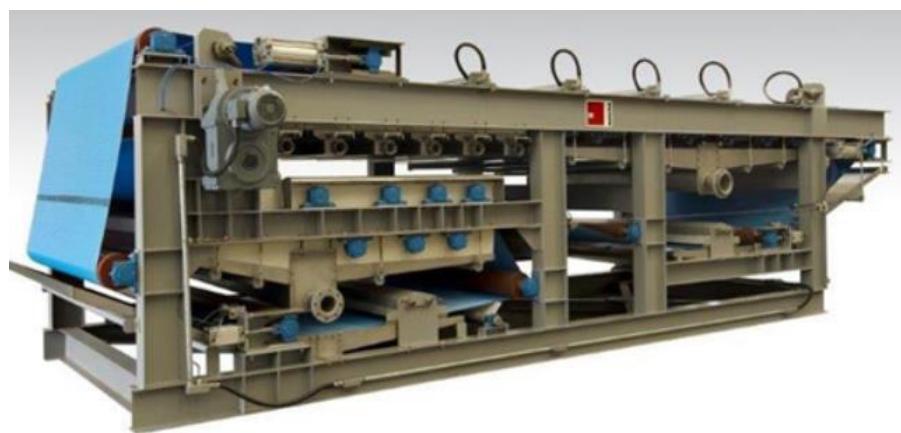


Figura 16 – Filtro de esteiras.

Fonte: Mausa (2019).



Figura 17 – Centrífuga da ETE Mário Araldo Candello (Indaiatuba).

Fonte: SAAE (2019).



Figura 18 – Bag filtrante horizontal.

Fonte: Portal Tratamento de Água (2019).

A escolha do método de remoção de umidade do lodo depende de vários fatores como tamanho da ETE em que será implantado – que é influenciado pelo número de habitantes atendidos;

disponibilidade de terreno; custo construtivo e operacional; teor de sólidos a ser alcançado na torta para disposição final, dentre outros. O Quadro 2 apresenta as principais vantagens e desvantagens de cada um dos métodos citados no Quadro 1.

Quadro 2 – vantagens e desvantagens dos métodos de remoção de umidade do lodo.

Método de remoção de umidade	Vantagens	Desvantagens
Leito de secagem	Simplicidade operacional, baixo custo, pouca ou nenhuma utilização de químicos e energia, torta com alto teor de sólidos	Requer grandes áreas, desempenho dependente do clima, torta lentamente removida, risco de contaminação do lençol freático
Lagoa de secagem	Vantagens muito semelhantes ao leito de secagem; a lagoa também pode ser utilizada como unidade reserva em ETEs com problemas de desaguamento de lodo	Geração de odores, atração de vetores, risco de contaminação do lençol freático, requer grandes áreas
Filtro prensa	Torta com alto teor de sólidos, efluente líquido clarificado, baixo consumo de químicos	Exige atenção do operador, deve-se lavar o equipamento ao fim de cada ciclo
Filtro de esteiras	Operação continua, baixo custo de aquisição, baixo consumo de energia	Menor remoção de umidade – torta com menor teor de sólidos
Centrífuga	Pode ser usada para adensamento e desaguamento do lodo, ocupa áreas menores, opera com alta taxa de carregamento, facilmente instalada, demanda poucos químicos	Gera ruídos, deve-se fazer manutenção das partes componentes, alto consumo de energia, custos maiores
Secagem térmica	Redução significativa de volume do lodo (reduzindo custos de transporte), produto final praticamente livre de patógenos, produto final pode ter diversas destinações (agricultura, incineração, aterro)	Elevado consumo de energia, depende de desaguamento mecânico prévio do lodo

Fonte: Andreoli, Fernandes, Von Sperling (2001).

3.10.3 Higienização do lodo

Segundo Andreoli, Fernandes e Von Sperling (2001), a composição do lodo está diretamente ligada ao esgoto que o originou e, portanto, às características da população que o originou. Esse resíduo semissólido reflete, então, os hábitos e condições dos habitantes atendidos por uma dada ETE, incluindo suas condições de saúde, que impactam diretamente na concentração de patógenos presentes no lodo – quanto mais saudável for a população, menor será a concentração de organismos patogênicos neste resíduo semissólido.

Sendo esses organismos causadores de danos à saúde e ao ambiente, uma etapa conjugada ao tratamento do lodo é sua higienização, em que ocorre inativação de parte dos patógenos presentes no lodo de esgotos – o nível a ser alcançado dependerá de qual será a disposição final do lodo higienizado. Caso esta seja a reciclagem na agricultura, deve-se atender a níveis mais elevados de redução de organismos patogênicos. (ANDREOLI, FERNANDES, VON SPERLING, 2001)

O Quadro 3 mostra, resumidamente, algumas das formas de se fazer a higienização do lodo.

Quadro 3 – métodos de higienização do lodo e conceitos atrelados.

Método de higienização	Conceitos gerais
Compostagem	Processo aeróbio de decomposição da matéria orgânica que pode ocorrer em leiras ou reatores. Necessita de condições controladas de temperatura, umidade, nutrientes e oxigênio. O produto resultante da compostagem pode ser utilizado na agricultura como melhorador de solos.
Digestão aeróbia autotérmica	Processo que segue os mesmos parâmetros da digestão aeróbia convencional, porém opera em condição termofílica (temperatura ótima entre 40 e 50°C). O sistema, que possui dois reatores operando em regime de semi batelada, é fechado e aquecido pelas próprias reações aeróbias de digestão do lodo.
Pasteurização	Por meio de trocadores de calor ou injeção de vapor, o lodo é aquecido a cerca de 70°C por 30 minutos, sendo posteriormente enviado a uma rápida refrigeração a 4°C.
Estabilização alcalina	Utiliza-se de compostos alcalinos como cal para, ao serem adicionados ao lodo primário, secundário ou digerido, aumentarem seu pH para 12 e, assim, reduzir a população de patógenos do resíduo semissólido. Este procedimento ocorre num tanque de mistura por cerca de 30 minutos e, após o contato entre as partes, o lodo deve ser desidratado ou enviado para aplicação no solo.
Secagem térmica	Consiste em aquecer o lodo com o objetivo de evaporar a água contida nele e, consequentemente inativar organismos patogênicos. Para a secagem térmica ser viável economicamente, o lodo a ser aquecido deve ser previamente digerido e desidratado (65 a 80% de umidade).
Hidrólise térmica (tecnologia CAMBI)	Processo composto por 3 unidades principais que podem processar tanto o lodo secundário quanto uma mistura de lodo primário e secundário, sendo elas: tanque de mistura com diluição, reator e tanque de despressurização rápida. Antes da hidrólise CAMBI se iniciar no tanque, onde é aquecido a 165°C e sujeito a uma pressão faixa de pressão entre 90 – 100 psi, o lodo deve ser gradeado e desaguado (cerca de 18% de teor de sólidos). O lodo que passa por esse método de hidrólise pode ser viável para uso agrícola. (MIKI, 2018)

Fonte: Andreoli, Fernandes e Von Sperling (2001).

3.11. DESTINAÇÃO FINAL DO LODO

3.11.1 Disposição no solo

Apesar de serem poucas as estações que utilizam a agricultura como destinação final para este resíduo semissólido, esse processo tem ganhado destaque nos últimos anos e estima-se que, a cada mês, cerca de 21.000 toneladas de lodo (base seca) sejam destinadas ao uso agrícola, sendo este produzido, em sua quase totalidade, em ETEs que utilizam processos de tratamento biológico aeróbios como lodos ativados e lagoas aeradas. (SAMPAIO, 2013)

Conforme explicitado anteriormente, a norma P4.230 da CETESB, juntamente à Instrução Técnica CEP/DTA n. 001/2002, foram os únicos respaldos legais e normativos referente à disposição de lodo sobre o solo até o ano de 2006, segundo o autor. Tendo em vista o contexto geográfico da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê, a Figura 18 mostra os parâmetros a serem analisados pela P4.230 para caracterização química e microbiológica do lodo, sendo importante citar que a origem do resíduo pode ser esgotos sanitário ou industrial.

Quadro 4 – parâmetros a serem analisados para caracterizar lodo para uso agrícola.

Carbono orgânico	Arsênio
Fósforo	Cádmio
Nitrogênio amoniacal	Chumbo
Nitrogênio nitrato/nitrito	Cobre
Nitrogênio total ou Nitrogênio Kjeldahl	Cromo total
pH	Mercúrio
Potássio	Molibdênio
Sódio	Níquel
Umidade	Selênio
Número Mais Provável (NMP) de <i>Salmonella sp</i>	Sólidos voláteis
Número Mais Provável (NMP) de coliformes fecais	Zinco

Fonte: CETESB (1999, p. 4).

Afirmou-se anteriormente que a classificação do lodo perante a NBR 10.004/2004 varia conforme a patogenicidade do resíduo. A norma da CETESB em questão diz que o lodo será classificado como Classe A se

- para coliformes fecais, densidade inferior a 10^3 NMP/g ST (Número Mais Provável por grama de Sólidos Totais) e
- para *Salmonella sp*, densidade inferior a 3 NMP/4g ST (Número Mais Provável por 4 g de Sólidos Totais).

Caso a densidade de coliformes fecais do lodo for inferior a 2×10^6 NMP/g ST, o lodo será então classificado como resíduo de Classe B.

Por fim, a P4.230 também dá exigências sobre a logística envolvida no processo, explicita a periodicidade do monitoramento do lodo destinado à agricultura, possui anexos relativos à parte técnica de análise, dentre outros.

Ao consultar o site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), também é possível acessar uma série de autorizações referentes ao uso do “*material secundário denominado Lodo de Esgoto Caleado*” provenientes de diferentes Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGL) – que serão explicadas em seguida, – como a UGL da ETE Shalon, localizada em Londrina/PR e pertencente à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) (autorização CFIC Nº 006/2007). Nestas autorizações, as companhias de saneamento comprometem-se a garantir padrões de qualidade relacionados a teores diversos como carbono orgânico, nitrogênio total, umidade, pH, sólidos voláteis e totais para cada lote de lodo de esgoto analisado, devendo ser informados em documentos que acompanhem o lodo. Além disso, são acordados controles de qualidade, abrangência, validade e outros parâmetros que variam caso a caso. (BRASIL, 2007)

Comparada às outras alternativas de disposição final, a aplicação do lodo de esgoto em áreas agrícolas apresenta condições especiais de logística que envolvem monitoramento do resíduo semissólido; presença de uma UGL na ETE, determinada pelo art. 19 da Resolução CONAMA 375 e responsável pelo carregamento e transporte do resíduo semissólido; aplicação do material em áreas previamente selecionadas, as quais devem viabilizar a disposição do lodo gerado pelas ETEs sem grandes períodos de interrupção. Além disso, deve-se levar em consideração fatores como as características inerentes ao processo de adubação de culturas agrícolas, que normalmente possuem períodos sazonais de suspensão; e novamente parâmetro da Resolução CONAMA 375 que, na

Seção IV, artigo 12, define restrições de periódicas a serem respeitadas entre duas aplicações de lodo sucessivas, de acordo com dados de Sampaio (2013) e Godoy (2013), bem como culturas que podem ou não receber a aplicação.

Como exemplo de aplicação de lodo em áreas agrícolas, pode-se citar a ETE principal de Franca/SP, regida pela SABESP. Fundada em 1997 e tratando 85% do esgoto coletado pelo sistema de lodos ativados convencional, a estação de tratamento remove a umidade do lodo por meio de filtros prensa de esteira, segundo o Uso de lodo na agricultura: estudo de caso (2019). O subproduto desidratado compõe o chamado “Sabesfértil”, enviado a agricultura para disposição no solo de culturas de café desde 2001. Essa iniciativa rendeu à ETE o certificado de “Produtora de Insumo Agrícola” do Ministério da Agricultura. (SABESP, 2012)

Sampaio (2013) afirma que além das áreas agrícolas, o lodo também pode ser disposto em áreas florestais, ideais para a ciclagem de nutrientes como o fósforo e nitrogênio. O primeiro, de obtenção restrita à exploração de jazidas de rochas fosfáticas, faz-se presente no lodo parte pela matéria orgânica ou inorgânica do próprio esgoto, parte pela matéria orgânica que constitui a biomassa produzida nos processos de tratamento. Já o nitrogênio, elemento essencial para a produção agrícola via fertilizantes nitrogenados, vem gerando grande preocupação pois mesmo sendo abundante no planeta, é produzido principalmente pela sintetização do N₂ atmosférico, procedimento que exige elevadas taxas energéticas.

3.11.2 Compostagem

Gregos, romanos e outros povos da antiguidade já tinham conhecimento que resíduos orgânicos podiam ser devolvidos ao solo, mas foi a partir de 1920 que o processo chamado compostagem passou a ser cientificamente estudado por Albert Howard, botânico inglês. Nas décadas que procederam, muitos trabalhos científicos foram produzidos, permitindo que a técnica possa, atualmente, ser utilizada em escala industrial. (FERNANDES, SILVA, 2019)

Para os autores, a compostagem pode ser definida como um processo aeróbio e exotérmico de oxidação feita por microrganismos (principalmente fungos e bactérias) a partir de um substrato orgânico, gerando como produtos gás carbônico, água, minerais e matéria orgânica estabilizada.

Os três fatores mais importantes para que a compostagem ocorra eficientemente são aeração, temperatura e disponibilidade de nutrientes – o carbono é a principal fonte de energia, o nitrogênio faz-se necessário para a síntese celular, outros micronutrientes como zinco, magnésio, cobre etc. são importantes para reações enzimáticas diversas.

O processo geral de compostagem pode ser dividido em três fases, afirma Fetti (2013):

- Mesofílica: durando aproximadamente 15 dias, possui maior atuação de bactérias que vivem em temperaturas de aproximadamente 40°C. Metabolizam os nutrientes formados por moléculas mais simples.
- Termofílica: é a fase mais longa da compostagem, podendo se estender por até 2 meses, e é caracterizada pela decomposição de moléculas mais complexas por fungos e bactérias que sobrevivem a temperaturas próximas de 65-70°C. Essa elevação da temperatura por um período maior de tempo é muito importante na inativação de microrganismos patógenos.
- De maturação: fase final do processo, pode durar até 2 meses. Ocorre diminuição da temperatura e também da acidez do composto, havendo então uma diminuição da atividade microbiana, com a temperatura baixando gradativamente e se aproximando da temperatura ambiental. Nesta fase ocorre também diminuição da acidez antes observada no composto, o que poderia ser prejudicial às culturas caso fosse aplicado diretamente na agricultura.

Em relação à estruturação da compostagem, Fernandes e Silva (2019) relatam que o processo pode ser dividido em 3 grandes grupos. O primeiro e mais simples é o de leiras revolvidas, que se constituem por longas pilhas de lodo e resíduo estruturante e que devem ser revolvidas periodicamente para que haja aeração do sistema. O segundo grupo, composto pelas leiras estáticas aeradas, é similar ao primeiro, porém o material a ser oxidado pelos microrganismos é colocado sobre uma tubulação perfurada para injecão de ar, não havendo necessidade do revolvimento mecânico. O terceiro e último grupo é o de reatores biológicos, sistemas fechados que permitem maior controle dos parâmetros que influem na compostagem. Em se tratando de desvantagens, o primeiro grupo necessita de maior área de implantação e dependência do clima, essa última compartilhada pelo segundo grupo. Já o terceiro grupo apresenta baixa adaptabilidade a variações de volume de lodo e custos mais elevados.

Quanto à legislação, pode-se citar a Resolução CONAMA 481, que dá diretrizes e providências para garantir a qualidade e o controle dos processos de compostagem. Na seção I, artigo 3, define-se que resíduos orgânicos podem ser utilizados in natura ou após passarem por alguma forma de tratamento, sendo os lodos de ETE citados no parágrafo 1, desde haja prévia autorização do órgão ambiental sejam respeitadas as legislações pertinentes. (BRASIL, 2017)

3.11.3 Disposição oceânica

O processo de descarga do lodo nos oceanos é definido pelo seu lançamento nos oceanos via tubulações, processo que reduz os custos ligados à disposição final principalmente nos casos em que o resíduo semissólido se encontra contaminado por produtos químicos, afirma Boina (2012). É uma prática em desuso na maioria dos países, porém no Brasil ainda é uma opção de disposição e em 2011, foi inaugurado o Sistema de Disposição Oceânica de Jaguaribe, na Bahia, para complementar os serviços de esgotamento sanitário.

Como principais desvantagens, Vieira *et al.* (2014) cita a poluição da água e do sedimento, alteração do equilíbrio da fauna marinha, transmissão de doenças e contaminação dos elementos da cadeia alimentar.

Conforme explicitado anteriormente, 163 municípios analisados pelo IBGE (2008) despejam o lodo em rios, gerando os impactos citados anteriormente de forma direta nesses corpos d'água, considerando suas particularidades, e indiretamente nos oceanos.

3.11.4 Disposição em aterro sanitário

Para Vieira *et al.* (2011), a destinação mais comum para o lodo de esgoto no Brasil são os aterros sanitários, sendo eles exclusivos para o resíduo semissólido ou compartilhados, havendo então disposição compartilhada com os resíduos sólidos urbanos. No primeiro caso, o lodo é depositado após secagem térmica ou como torta tratada – pode-se usar cal virgem e/ou desaguamento.

De acordo com dados do MMA (2019), os aspectos financeiros de um aterro sanitário não se mostram atraentes pois para um aterro com uma vida útil média de 20 anos, 85% do orçamento total destina-se a operação e manutenção e 10% ao encerramento das atividades. Ainda no aspecto das finanças, Moreira *et al.* (2019) afirmam que o aterro sanitário pode representar 50% dos custos operacionais de uma ETE – Vieira *et al.* (2011), em 2001 a SABESP divulgou um custo de aproximadamente R\$ 20.000.000,00 para dispor lodo do interior do Estado de São Paulo em aterro sanitário, sendo a região interiorana responsável por 5% do volume total de lodo produzido no estado. Além da desvantagem financeira, tem-se que o lodo é rico em carga orgânica, o que piora o quadro já problemático do manejo de resíduos urbanos no Brasil; aumenta a geração de lixiviado pois mesmo após a desidratação, o biossólido ainda apresenta elevados graus de umidade – fator de atenção pois a PNRS prevê a redução de resíduos sólidos úmidos em aterros; incrementa a geração de gases, que devem ser controlados e tratados; insere necessidades operacionais no caso dos aterros compartilhados, pois deve-se misturar o lodo aos outros rejeitos antes das células do aterro sanitário serem compactadas afim de evitar pontos de acúmulo.

No contexto de aspectos ambientais, Vieira *et al.* (2011) afirmam que se o aterro ao qual o lodo é enviado não for bem projetado e monitorado, pode haver poluição de águas subterrâneas (inclusive a área em que o aterro se encontra deve estar longe de áreas de recarga de aquíferos e de centros urbanos); lixiviação; emissão de gás metano e contaminação dos solos. Esses últimos dois produtos, principalmente, geram risco de desestabilização do aterro e risco de colapso futuro, de acordo com Obladen, Obladen e Barros (2016). Para que isso não ocorra, deve-se prever um sistema interligado de drenagem, sendo verticais os tubos de coleta de gases e horizontais os de coleta de líquidos. Exemplos de sistemas drenantes são tubos de concreto perfurados, valas preenchidas com brita e termoplásticos como PVC e PEAD perfurados.

Uma alternativa para minimizar os danos de se dispor o lodo em aterros sanitários é realizar a compostagem da parcela orgânica desse resíduo semissólido, afirmam Vieira *et al.* (2011). Assim, reduz-se o volume desse resíduo semissólido que é enviado aos aterros, ajudando a prolongar a vida útil dessas áreas.

3.11.5 Processos térmicos

Os principais processos térmicos aplicados ao lodo como tratativa final são a incineração, a gaseificação e a pirólise, afirmam Rosa, Chernicharo e Melo (2014). Os aspectos mais problemáticos que envolvem as três metodologias são os custos elevados e o maior grau de tecnológico envolvido.

Boina (2012) afirma que a incineração do lodo é o processo de combustão controlada do resíduo que libera gases, materiais inertes (cinzas) e calor como produtos, sendo que esse último pode ser reaproveitado energeticamente na própria incineração. Andreoli, Fernandes e Von Sperling (2001) complementam que os incineradores são normalmente projetados para atender populações superiores a 500.000 habitantes e para processarem 1 tonelada por hora de lodo, o qual pode vir de mais de uma estação de tratamento de esgoto.

Estima-se que a incineração do lodo produz uma quantidade de cinzas próxima a 4% do volume total desaguado, havendo então uma redução de cerca de 90% do parâmetro, enfatizam Andreoli, Fernandes e Von Sperling (2001). É o processo térmico mais difundido e consolidado, de acordo com Rosa, Chernicharo e Melo (2014), apresentando simplicidade operacional, menores exigências em relação ao preparo do lodo para a incineração de fato e se aplica a ETEs de diferentes portes. Todavia, deve haver rigoroso controle ambiental nas unidades incineradoras dada a geração de gases poluentes como dioxina, furanos policlorados, derivados do enxofre e nitrogênio e metais pesados.

Em relação a aspectos técnicos do processo, os autores afirmam que a incineração ocorre entre 850-950°C a pressão ambiente e é necessário que o teor de sólidos do lodo seja superior a 35%. Os sólidos resultantes do processo podem ter aplicação na agricultura ou serem dispostos em aterros sanitários, sendo importante analisar as substâncias e suas respectivas quantidades presentes nas cinzas para se fazer esta escolha.

A gaseificação, segunda metodologia citada, é um processo endotérmico que pode ocorrer em leito fixo, de arraste ou fluidizado, sendo este último ilustrado pela Figura 19 em uma de suas variações (entre elas borbulhante, intermitente, rápida etc.). Para o caso do lodo e outras biomassas, a forma mais utilizada é a de leito fluidizado por proporcionar alto grau de mistura quando comparado aos outros dois modelos, além de permitir uso de partículas maiores e construção em grande escala. O leito pré-aquecido age como uma superfície de transferência de calor por condução e convecção, levando a biomassa a temperaturas mais elevadas (faixa de 800 a

900°C) e ocasionando a quebra de suas moléculas, processo que pode ser chamado de craqueamento térmico, segundo Parodi e Sánchez (2002).

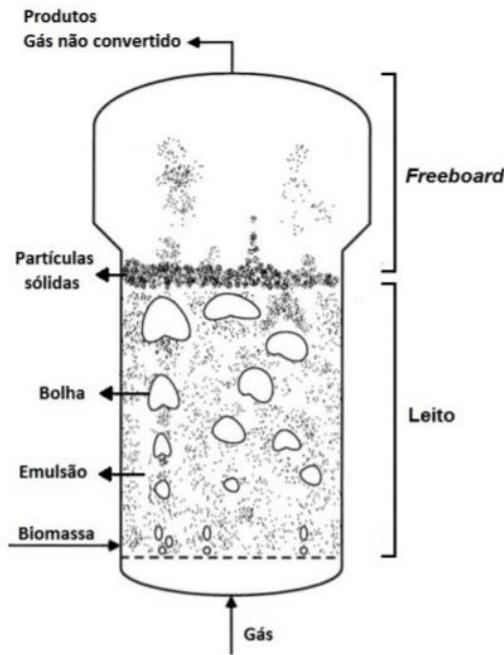


Figura 19 – Esquema de gaseificador de leito fluidizado borbulhante.

Fonte: Miranda (2014, p. 27).

Parodi e Sánchez (2002) enfatizam que o gás produzido pela gaseificação possui alto poder calorífico e pode alimentar uma turbina a gás, por exemplo, combinando então o tratamento de um resíduo com geração mais limpa de energia. Para Miranda (2014), a principal desvantagem do uso de gaseificadores para tratamento do lodo, especialmente os de leito fluidizado, é o seu funcionamento mais complexo.

O terceiro e último método listado é a pirólise, definida por Miranda (2014) como um processo termoquímico que gera o rompimento das ligações químicas da biomassa, produzindo compostos de menor massa molar na presença ou ausência de agentes oxidantes com o oxigênio. Vieira *et al.* (2011) afirmam que a pirólise geralmente ocorre numa faixa de temperatura que varia dos 400°C até o início da gaseificação e apresenta como vantagem a geração de produtos como óleo, gases e carvão, que podem ser reaproveitados no ramo energético, por exemplo. Existem dois

tipos de processos de pirólise: convencional ou lenta e pirólise rápida. Essa diferenciação se deve a fatores como taxa de aquecimento, temperatura, tempo de residência das fases sólida e gasosa e produtos desejados – a pirólise lenta dirige-se a produção exclusiva de carvão e a rápida permite obtenção de óleo.

4. MÉTODO

Para o desenvolvimento desta monografia, os meios utilizados foram a literatura que abrange os conceitos de tratamento de esgoto, de resíduos sólidos e semissólidos, do lodo propriamente dito e informações a respeito da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê, estas últimas sendo obtidas em sites (SigRH, prefeituras dos municípios que compõem a bacia e também nas concessionárias que tratam seus esgotos) e entrando em contato direto com as companhias de saneamento.

4.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS GERAIS

A bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê possui uma área total de aproximadamente 12.247,14 km², de acordo com a somatória obtida a partir dos dados do IBGE, dos quais cerca de 2.100 km² correspondem a vegetação nativa segundo o SigRH (2019), a qual ocupa aproximadamente 17% da área da bacia. Além disso, a região conta também com mais de 10 Unidades de Conservação, estando entre elas modalidades como Áreas de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Em relação às condições de drenagem da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê, o SigRH (2019) sua área corresponde a 11.829 km² e os principais rios que correm pela região são: Sorocaba, Tietê, Sorocabuçu, Sorocamirim, Pirajibu, Jundiuvira, Murundu, Sarapuí, Tatuí, Guarapó, Macacos, Ribeirão do Peixe, Alambari, Capivara e Araqua. Possui dois reservatórios, sendo eles as represas Barra Bonita e Itupararanga.



Figura 20 – Mapa da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: Portal SigRH (2019).

4.2. GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA SOROCABA E MÉDIO TIETÊ

O Comitê da Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT) foi concebido no dia 2 de agosto de 1995 no município de Itu, no interior de São Paulo, e contou com o apoio dos prefeitos das cidades constituintes, bem como da sociedade civil. As principais motivações para o

surgimento do CBH-SMT foram a poluição das águas do rio Tietê e do reservatório Itupararanga, principal manancial da bacia do rio Sorocaba. (SigRH, 2019)

Ainda de acordo com o SigRH (2019), atualmente o CBH-SMT é constituído por órgãos estaduais, representantes da sociedade civil e 34 municípios, sendo eles: Alambari, Alumínio, Anhembi, Araçariguama, Araçoiaba da Serra, Bofete, Boituva, Botucatu, Cabreúva, Capela do Alto, Cerquilho, Cesário Lange, Conchas, Ibiúna, Iperó, Itu, Jumirim, Laranjal Paulista, Mairinque, Pereiras, Piedade, Porangaba, Porto Feliz, Quadra, Salto, Salto de Pirapora, São Roque, Sarapuí, Sorocaba, Tatuí, Tietê, Torre de Pedra, Vargem Grande Paulista e Votorantim.

Além do CBH-SMT propriamente dito, foi criada em 2003 a Fundação Agência da Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê (FABH-SMT) para dar suporte técnico, administrativo e financeiro ao Comitê. Em setembro de 2014, a FABH-SMT assumiu a cobrança pelo uso da água na bacia, que até então era realizada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), sendo que este órgão continua dando suporte à FABH-SMT.

4.3. INFORMAÇÕES SÓCIOECONÔMICAS

No que tange às características socioeconômicas, a bacia hidrográfica em questão engloba uma população de 1.869.685 habitantes de acordo com os dados obtidos no Atlas de Esgotos (ANA, 2017) e as atividades predominantes da região são as industriais, nas regiões metropolitanas, e o cultivo da cana-de-açúcar e da laranja, além da pecuária, segundo o SigRH (2019).

4.4 COLETA DE DADOS: ESGOTO E LODO

Em relação à obtenção de dados relacionados aos municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê, todos foram obtidos de forma virtual:

- O IBGE (2018) forneceu os dados de área para cada município referentes ao ano de 2018; O Atlas de Esgotos (ANA, 2013) proved os dados populacionais de cada município; o número de municípios do Estado de São Paulo; porcentagens de coleta e tratamento de

esgoto do Brasil, do estado de São Paulo e dos municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê. Para as porcentagens municipais, adotou-se os valores de índice de atendimento referentes a “com coleta e com tratamento”. Para os municípios que o Atlas reportou “apenas coleta”, mas que tiveram tratamento de esgoto reportado por outras fontes, como sites das companhias de saneamento ou os próprios Anexos, utilizou-se os valores percentuais fornecidos pelo SNIS (2017) a partir de *download*. O site permite que se faça um relatório com os filtros desejados a partir do campo “Água e Esgotos”, então selecionou-se as cidades com divergências e a partir das 4 primeiras colunas, fornecidas pelo SNIS, calculou-se o percentual municipal dividindo-se o volume de esgotos tratado pelo volume de esgotos coletado. Houve exceções a esta metodologia, explicitadas em seguida;

Quadro 5 – percentuais de tratamento de esgoto de municípios com divergências no Atlas de Esgotos.

Município	População total atendida com esgotamento sanitário	Volume de esgotos coletado (1.000 m ³ /ano)	Volume de esgotos tratado (1.000 m ³ /ano)	Percentual municipal
Alumínio	10.757	498,79	233,3	47%
Araçariguama	8.252	452,12	130,71	29%
São Roque	39.533	2.541,44	1.222,95	48%
Vargem Grande Paulista	16.922	523,11	167,42	32%

Fonte: SNIS (2017, adaptado).

- Município de Mairinque: tanto o Atlas de Esgotos (ANA, 2013) quanto o Quadro 6 reportaram que há apenas coleta de esgoto, o que se confirma pelo site da companhia de saneamento correspondente (SANEQUA, 2019). Para este caso, utilizou-se então a informação do Atlas;
- Município de Sarapuí: tanto para o Atlas quanto para o SNIS (2017), não há tratamento de esgotos. Porém, a Sabesp (Anexo I) reportou sistema de lagoas. Buscou-se, então, o percentual de coleta e tratamento no site da concessionária de esgotos (SABESP, 2019);
- Jumirim: as informações de tratamento de esgoto e destinação final do lodo foram obtidas via telefonema para Eliane de Sousa Felício Ragni, responsável pela secretaria da Agricultura, Abastecimento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (30/09/2019 às 13h58);

- População de Quadra: o Atlas de Esgotos forneceu uma população de 893 habitantes para o ano de 2013, número muito baixo. O site do IBGE foi verificado e a população do Censo de 2010, igual a 3.236 habitantes, foi escolhida para compor o Quadro 6;
- O Apêndice C – Dados do saneamento básico dos municípios paulistas (CETESB, 2018), forneceu a concessão do tratamento de esgoto, apesar de que alguns municípios estavam com informações desatualizadas e foram necessárias pesquisas para encontrar a concessionária atual;
- O tipo de tratamento de esgoto e a destinação final do lodo que contam com a Sabesp como concessionária foram obtidos por meio da Lei nº 12.527/2011 – Lei de Acesso à Informação, que regulamenta o direito constitucional de acesso às informações públicas, criando mecanismos que possibilitam a pessoa física ou jurídica o recebimento de informações públicas dos órgãos e entidades. A companhia enviou um arquivo PDF com os dados solicitados, sendo representado pelo Anexo I;
- Em relação aos municípios que possuem outras concessionárias de tratamento de esgotos, parte das informações foi encontrada nos sites das próprias companhias, parte teve que ser solicitada por meio da Lei de Acesso à Informação.

Para o presente trabalho, em relação às divergências nas porcentagens de coleta e tratamento de esgoto dos municípios, adotou-se as informações do Atlas de Esgotos por ser uma fonte oficial de dados governamentais. Ressalta-se que foram escolhidas as porcentagens que se enquadravam nas categorias de coleta e tratamento e apenas coleta, dado que havia outras categorias não padronizadas para alguns dos municípios estudados. Além disso, para os municípios de Alumínio, Araçariguama, São Roque, Sarapuí e Vargem Grande Paulista, há divergência de informações pois a ANA relata que há apenas coleta de esgoto, enquanto as companhias de saneamento informam que há também tratamento do esgoto coletado. Para os casos destes municípios, considerou-se que as porcentagens obtidas no site da ANA representam, além de coleta, tratamento de esgoto.

Por meio dos dados e metodologias acima, montou-se uma tabela com os principais resultados e características de cada município em relação ao tema principal do trabalho. O próximo capítulo traz esses resultados e sua discussão.

4.5. AGRUPAMENTO DE RESULTADOS

Para se fazer análises dos tipos de tratamento de esgoto encontrados nas 57 ETEs da bacia hidrográfica deste trabalho e também das formas de disposição de lodo, fez-se três agrupamentos de resultados. O primeiro, referente aos métodos de tratamento de esgoto, consiste nos seguintes tópicos:

- Lagoas de tratamento: fez-se uma contabilização de todas as ETEs que utilizam as lagoas como método de tratamento de esgoto, seja ele constituído por uma ou mais lagoas;
- Métodos combinados: esta categoria engloba as ETEs que tratam os esgotos afluentes por meio de uma combinação de metodologias, exceto pelo caso explicitado das lagoas;
- Lodos ativados convencional: ETEs que utilizam apenas esta modalidade para tratar esgoto;
- Lodos ativados com aeração prolongada: ETEs que possuem apenas esta forma de tratamento de esgotos;
- Outros métodos: engloba fossas sépticas e reator em regime de batelada;
- Não se aplica: refere-se a municípios que não possuem tratamento de esgoto, apenas coleta e afastamento.

O segundo agrupamento, referente às destinações finais do lodo, é composto por:

- Desidratação em bags e posterior envio a aterro sanitário: solução numericamente mais significativa explicitada no Quadro 5;
- Diretamente para aterro sanitário: engloba as ETEs que não fazem um tratamento prévio do lodo antes de seu envio aos aterros;
- Mais de um método antes de envio a aterro sanitário: grupo composto pelas ETEs que fazem a gestão do lodo de forma mais completa, utilizando-se de mais de um tipo de tratamento de lodo antes de fazer sua disposição final nos aterros;
- Não se aplica: engloba o caso da ETE de Sorocaba que está em reforma, ETEs que não fazem tratamento do esgoto coletado e também aquelas que se utilizam de lagoas de estabilização

das quais não foi removido lodo até o momento (e também não foi informado qual será o destino quando ocorrer essa remoção);

- Sem dados: refere-se às duas estações de tratamento de esgotos de Cerquilho para as quais não foi obtido retorno da solicitação de informação via e-SIC e também telefonema (houve transferências da ligação entre departamentos e ninguém dar a informação requerida; também foi dito no primeiro dos dois telefonemas que a pessoa responsável encontrava-se em férias).

O terceiro e último agrupamento foi feito para se estimar a quantidades de sólidos lançada nas redes coletoras na bacia, de acordo com Godoy (2013), apresentado no próximo capítulo. Foram feitos, então, 4 grupos de concessionárias de tratamento de esgoto, conforme segue, dando origem ao Quadro 10:

- Sabesp: maior agrupamento em número – a concessionária em questão trata esgoto de 25 dos 34 municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê. Somou-se a quantidade de habitantes dos municípios atendidos pela Sabesp, fez-se uma média de coleta e tratamento de esgoto com base nas porcentagens individuais apresentadas no Quadro 6 e, a partir disso, estimouse, com base em Godoy (2013), a quantidade de lodo produzida por habitante, tratada e não tratada;

- SAAE: responsável pela concessão de 3 dos 34 municípios da bacia de estudo. Para os valores correspondentes de habitantes e percentuais de coleta e tratamento de esgoto, repetiu-se os mesmos passos de cálculos que para a Sabesp;

- Grupo Águas do Brasil: atende a 2 dos 34 municípios da bacia hidrográfica estudada e repetiu-se os passos de cálculo já apresentados;

- Outros: engloba a Cia. Ituana de Saneamento, a Samae e a Prefeitura Municipal de Jumirim. Somou-se os valores correspondentes a estas concessionárias e repetiu-se os cálculos apresentados acima.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 6 apresenta o compilado das principais informações e resultados obtidos para o presente estudo, fundamentando as análises que vêm em sequência. Os distritos dos municípios que os possuem foram listados, conforme Anexo I fornecido pela Sabesp. Não foi possível encontrar, entretanto, quantos habitantes do total discriminado vivem em cada distrito, bem como os percentuais de tratamento e coleta de esgoto para as ETEs distritais. Logo, os valores referentes a essas métricas foram agrupados numa única célula para o caso em que se aplicam.

Quadro 6 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo (primeira parte).

Município/Distrito (Portal SigRH, 2019)	Área (km ²) (IBGE, 2018)	População (ANA, 2013)	Concessão (CETESB, 2016)	Coleta e tratamento de esgoto	Tipo de tratamento	Destino final do lodo
Alambari	159,6	4.027	Sabesp	80,24 % (ANA, 2013)	Lagoa facultativa (ANA, 2017)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Alumínio	83,66	14.556	Sabesp	47% (SNIS, 2017)	UASB, filtro aerado submerso e decantador (Anexo I)	Aterro sanitário (Anexo I)
Anhembi (sede)	736,557	4.624	Sabesp	74,04% (ANA, 2013)	Lagoa aerada, lagoa de decantação, desinfecção e aeração (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Dist. Piramboia (Anhembi)					Lagoa facultativa (Anexo I)	
Araçariguama	145,204	19.144	Sabesp	29% (SNIS, 2017)	Lagoa aerada (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Araçoiaba da Serra	255,327	20.681	Águas de Araçoiaba	25% (ANA, 2013)	Lagoas anaeróbia e facultativa (Águas de Araçoiaba, 2019)	Todo sólido de tratamento é direcionado ao aterro controlado de Iperó (Nerli Peres em 12/07/2019 via e-mail; responsável pela Assessoria de Imprensa)
Bofete (sede)	653,541	6.697	Sabesp	89,42% (ANA, 2013)	Lagoas anaeróbia e facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
São Roque Novo (Bofete)					Fossa-filtro (Anexo I)	A limpeza da fossa gera rejeitos dispostos em aterro sanitário (Anexo I)

Fonte: autora.

Quadro 6 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo (continuação).

Município/distrito (Portal SigRH, 2019)	Área (km ²) (IBGE, 2018)	População (ANA, 2013)	Concessão (CETESB, 2016)	Coleta e tratamento de esgoto	Tipo de tratamento	Destino final do lodo
Boituva (Bacia 1: Campos de Boituva)	248,954	50.261	Sabesp	39,37% (ANA, 2013)	Lagoas aerada e de decantação (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Boituva (Bacia 2: Pau D’Alho)						
Botucatu (sede)					UASB, lodos ativados e decantação (Anexo I)	Biosecagem e produção de fertilizante orgânico na ETE Botucatu (Anexo I)
Dist. Cesar Neto (Botucatu)					Fossa-filtro (Anexo I)	Os rejeitos da limpeza das fossas são dispostos em aterro sanitário (Anexo I)
Dist. Rio Bonito (Botucatu)	1.482,642	131.292	Sabesp	98,77% (ANA, 2013)	Lagoas anaeróbia e facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Dist. Rubião Júnior (Botucatu)					Lagoas anaeróbia, facultativa e de maturação (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Vitoriana (Botucatu)					Fossa-filtro (Anexo I)	Os rejeitos da limpeza das fossas são dispostos em aterro sanitário (Anexo I)
Cabreúva	260,234	38.234	Sabesp	80,74% (ANA, 2013)	Lagoa facultativa com aeração superficial (Anexo I)	Dragagem e desidratação com bags, posteriormente enviadas para disposição em local devidamente licenciado pelo órgão ambiental (aterro, etc) (Anexo I)

Fonte: autora.

Quadro 6 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo (continuação).

Município/distrito (Portal SigRH, 2019)	Área (km ²) (IBGE, 2018)	População (ANA, 2013)	Concessão (CETESB, 2016)	Coleta e tratamento de esgoto	Tipo de tratamento	Destino final do lodo
Capela do Alto (sede)	169,89	15.682	Sabesp	74% (ANA, 2013)	Lagoas anaeróbia e facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Bairro do Porto (Capela do Alto)					ETE compacta (aeróbio e anaeróbio) (Anexo I)	Aterro sanitário (Anexo I)
Cerquilho	127,803	41.223	SAAEC	98% (ANA, 2013)	ETEs Aliança e Rio Sorocaba: 1 lagoa anaeróbia + 2 facultativas; ETE Taquaral: lagoa anaeróbia + filtro aeróbio; ETE Capuava: lodos ativados com aeração prolongada (SAAEC, 2019)	ETEs Taquaral e Capuava: possuem leitos de secagem para fase sólida (SAAEC, 2019); não houve retorno de informação a respeito das outras 2 ETEs
Cesário Lange (sede)	190,392	11.287	Sabesp	84,95% (ANA, 2013)	UASB e filtros anaeróbio e aerado (Anexo I)	Aterro sanitário (Anexo I)
Dist. Fazenda Velha (Cesário Lange)					Lagoa facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Conchas	466,120	13.905	Sabesp	81,19% (ANA, 2013)	UASB e filtros anaeróbio e aerado (Anexo I)	Biosecagem e produção de fertilizante orgânico na ETE Botucatu (Anexo I)

Fonte: autora.

Quadro 6 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo (continuação).

Município/Distrito (Portal SigRH, 2019)	Área (km ²) (IBGE, 2018)	População (ANA, 2013)	Concessão (CETESB, 2016)	Coleta e tratamento de esgoto	Tipo de tratamento	Destino final do lodo
Ibiúna	1.058,082	26.342	Sabesp	33,14% (ANA, 2013)	Lagoas anaeróbia e facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Iperó (sede)	170,289	19.589	Sabesp	61,18% (ANA, 2013)	Lagoa facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
George Oetterer (Iperó)					Lagoas anaeróbia e facultativa (Anexo I)	
Itu	670,719	153.380	Cia Ituana de Saneamento (CIS)	100% (ANA, 2013)	Lodos ativados (CIS, 2019)	Adensamento, digestão anaeróbia, coagulação e desidratação, passagem por filtro prensa e secagem térmica. Parte do lodo é utilizado como adubo e o restante é enviado a um aterro sanitário em Paulínia
Jumirim	56,685	1.765	Prefeitura Municipal	85,09% (ANA, 2013)	Lagoa facultativa (telefonema)	O lodo, coletado em bags, passa por processo de secagem térmica e quando chega a 35% de umidade, é levado ao aterro sanitário de Cesário Lange (telefonema)
Laranjal Paulista (sede)	384,274	24.047	Sabesp	90,24% (ANA, 2013)	Lagoas anaeróbia e facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Dist. Laras (Laranjal Paulista)					Lagoa facultativa (Anexo I)	
Mairinque	210,149	34.466	Sanequa	76,06% (ANA, 2013)	Não possui tratamento, apenas coleta e afastamento do esgoto (Sanequa, 2019)	Não se aplica

Fonte: autora.

Quadro 6 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo (continuação).

Município/Distrito (Portal SigRH, 2019)	Área (km ²) (IBGE, 2018)	População (ANA, 2013)	Concessão (CETESB, 2016)	Coleta e tratamento de esgoto	Tipo de tratamento	Destino final do lodo
Pereiras	223,136	5.347	Sabesp	100% (ANA, 2013)	Lagoas anaeróbia e facultativa (solicitação respondida pela SABESP via e-mail em 27/06/2019)	Necessária a retirada de lodo a cada 10 anos aproximadamente, o qual é destinado a aterro sanitário (solicitação respondida pela SABESP via e-mail em 27/06/2019)
Piedade	746,868	24.753	Sabesp	53,61% (ANA, 2013)	Lodos ativados em regime de batelada (Anexo I)	Aterro sanitário (Anexo I)
Porangaba	265,689	4.356	Sabesp	77,65% (ANA, 2013)	Fossa séptica e lagoa facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Porto Feliz	556,706	43.136	SAAE	96,04% (ANA, 2013)	Reator anaeróbio + filtro biológico + decantador secundário (SAAE Porto Feliz, 2019)	O lodo é adensado, centrifugado e utilizado como adubo ou enviado ao aterro sanitário. A parte líquida que resta do esgoto é tratada com cloro e lançada no rio Tietê (SAAE Porto Feliz, 2019)
Quadra	205,672	3.236 (IBGE, 2010)	Sabesp	68,21% (ANA, 2013)	UASB, filtro biológico e decantador secundário (Anexo I)	Aterro sanitário (Anexo I)
Salto	133,057	111.264	Sanesalto	69,08% (ANA, 2013)	UASB e filtro anaeróbio (Prefeitura de Salto, 2019)	Lodo biológico excedente dos reatores anaeróbios: segue para as centrífugas. A parte líquida retorna ao Tanque de Equalização e a fase sólida é encaminhada ao aterro. (Sanesalto, 2019)

Fonte: autora.

Quadro 6 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo (continuação).

Município/Distrito (Portal SigRH, 2019)	Área (km ²) (IBGE, 2018)	População (ANA, 2013)	Concessão (CETESB, 2016)	Coleta e tratamento de esgoto	Tipo de tratamento	Destino final do lodo
Salto de Pirapora	280,509	33.484	Sabesp	86,83 (ANA, 2013)	Lagoas aerada e de decantação (solicitação respondida pela SABESP via e-mail em 15/05/2019)	O lodo é disposto nos leitos de secagem e, posteriormente, levado ao aterro sanitário (solicitação respondida pela SABESP via e-mail em 15/05/2019)
São Roque (sede)	306,908	76.602	Sabesp	48% (SNIS, 2017)	UASB, aeração e decantação (Anexo I)	Aterro sanitário (Anexo I)
Bairro do Carmo (São Roque)					ETE compacta e sistema terciário (Anexo I)	
Sarapuí	352,592	7.088	Sabesp	72% (SABESP, 2019)	Lagoas facultativa e de maturação (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)

Fonte: autora.

Quadro 7 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo (continuação).

Município/Distrito (Portal SigRH, 2019)	Área (km ²) (IBGE, 2018)	População (ANA, 2013)	Concessão (CETESB, 2016)	Coleta e tratamento de esgoto	Tipo de tratamento	Destino final do lodo
Sorocaba	450,382	622.827	SAAE	84,60% (ANA, 2013)	ETE S1: lodo ativado convencional; ETE S2, Pitico, Itanguá e Carandá: lodos ativados com aeração prolongada; ETE Aparecidinha: reator UASB + filtros biológicos aerados; ETE Ipaneminha do meio: fossa séptica + filtro biológico; ETE Quintais do Imperador: em reforma (adotará o MBBR + decantador) (Prefeitura de Sorocaba via login próprio, 2019)	ETEs S1, S2, Pitico, Itanguá, Aparecidinha e Carandá fazem a desidratação do lodo antes de enviá-lo ao aterro sanitário (Prefeitura de Sorocaba via login próprio, 2019)
Tatuí – Bacia 1 (Ceagesp)	523,749	108.914	Sabesp	75,72% (ANA, 2013)	Lagoas aerada e de decantação (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Tatuí – Bacia 2 (Incoop)					Lagoa facultativa (Anexo I)	
Tatuí – Bacia 4 (Bassi)				38% (ANA, 2013)	Lodos ativados com aeração prolongada em regime de batelada (Anexo II)	Desidratação, secagem e disposição em aterro sanitário (Anexo II)
Tietê	404,396	35.752	Samae			

Fonte: autora.

Quadro 6 – municípios componentes da bacia de estudo; informações gerais, de tratamento de esgoto e destino final do lodo (continuação).

Município/Distrito (Portal SigRH, 2019)	Área (km ²) (IBGE, 2018)	População (ANA, 2013)	Concessão (CETESB, 2016)	Coleta e tratamento de esgoto	Tipo de tratamento	Destino final do lodo
Torre de Pedra	71,348	1.534	Sabesp	63,10% (ANA, 2013)	Lagoa facultativa (Anexo I)	A remoção do lodo é feita com desidratação em bags filtrantes, posteriormente dispostas em aterro sanitário (Anexo I)
Vargem Grande Paulista	42,489	47.013	Sabesp	32% (SNIS, 2017)	Lagoas anaeróbia e facultativa, flotação por ar difuso, pós aeração e desinfecção do efluente final (solicitação respondida pela SABESP via e-mail em 30/04/2019)	Tendo em vista que a ETE entrou em operação em 2016, ainda não houve a necessidade de limpeza e destinação dos lodos (solicitação respondida pela SABESP via e-mail em 30/04/2019)
Votorantim	183,517	111.177	Águas de Votorantim	88,20% (ANA, 2013)	ETE Guimarães: reator batelada sequencial aerado, ETE Novo Mundo: sistema de batelada aerada; ETE Votocel: lagoa aerada (Grupo Águas do Brasil, 2019)	ETE Guimarães: aterro sanitário; ETE Novo Mundo: estocado em geobags na própria estação até o momento; ETE Votocel: ainda não houve remoção de lodo (Anexo III)

Fonte: autora.

5.1. DADOS RELATIVOS A TRATAMENTO DE ESGOTO

No que tange o panorama de coleta e tratamento de esgoto, o Quadro 7 demonstra as porcentagens destes componentes do saneamento básico em ordem decrescente de esfera de poder.

Quadro 7 – número de municípios e porcentagem de esgoto coletado e tratado por esfera de poder.

	Número de municípios	Esgoto coletado e tratado (%)
Brasil	5.570	43,45
São Paulo	645	64,45
Bacia de estudo	34	70,46

Fonte: ANA (2017), adaptado.

Nota-se que o Brasil possui menos da metade de seu esgoto tratado e coletado, sendo que o tratamento empregado em muitos locais não é, ainda, o ambientalmente correto. Numa esfera estadual, Maurício (2018) declara que São Paulo é tido como o exemplo de saneamento básico do Brasil e que dos 11,5 bilhões de reais investidos nesse direito universal em 2016, quase metade veio do orçamento paulista.

O Quadro 8 apresenta os agrupamentos de métodos de tratamento de esgoto previamente explicitados e seus respectivos totais. Destaca-se que, de acordo com o Quadro 6, o município de Mairinque não possui tratamento de esgoto, correspondendo à última linha. Essa situação mostra que apesar do Estado de São Paulo ser o pioneiro em saneamento básico, há pontos a serem ajustados.

Quadro 8 – métodos de tratamento de esgoto encontrados (agrupados).

Métodos de tratamento (por ETE)	Número de ETEs que utilizam o método
Lagoas de tratamento	27
Métodos combinados	16
Lodos ativados convencional	4
Lodos ativados com aeração prolongada	5
Outros métodos	5
Sem tratamento	1

Fonte: autora.

De forma a ilustrar os dados do Quadro 8, o gráfico da Figura 21 foi feito para demonstrar a representatividade de cada agrupamento de tratamento de esgoto, ficando então perceptível que na bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê, o método predominante de tratamento é o que utiliza lagoas de tratamento, seguido pela combinação de um ou mais métodos.



Figura 21 – Gráfico da representatividade dos métodos de tratamento de esgoto encontrados.

Fonte: autora.

5.2. DADOS RELATIVOS A LODO

O Quadro 9 dá os números relativos ao tipo de destinação final dada ao lodo por cada ETE encontrada, ressaltando que para o município de Cerquilho, não foram obtidos dados para duas de suas estações de tratamento, representando a última linha do Quadro. É possível notar que a bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê possui 51 ETEs enviando o lodo produzido para aterros sanitários antes ou depois de alguma forma de redução de volume como desidratação.

Quadro 9 – formas encontradas de destinação final de lodo (agrupadas).

Métodos de tratamento (por ETE)	Número de ETEs que utilizam o método
Desidratação em bags + aterro sanitário	31
Diretamente para aterro sanitário	15
Mais de um método antes de ser levado ao aterro	5
Não se aplica	5
Sem dados	2

Fonte: autora.

Da mesma forma feita acima, o gráfico da Figura 22 ilustra as representatividades de cada agrupamento de destinação final do lodo. Fica explícito que o aterro sanitário é o destino final desse resíduo semissólido para a grande maioria das ETEs da bacia de estudo, que possui 53% delas reduzindo o volume do lodo pela desidratação antes de enviá-lo ao aterro; 26% fazendo o envio direto e uma parcela menor, de 9%, de ETEs que aplicam mais de um método de estabilização no lodo antes de fazer sua disposição como rejeito. Vale também frisar que apenas 4 estações de tratamento fazem reutilização do lodo como fertilizante, duas sob gestão da Sabesp (ETEs Botucatu e a de Conchas), uma sob a gestão da CIS (Itu) e a última sob gestão da SAAE (Porto Feliz), conforme Quadro 6.

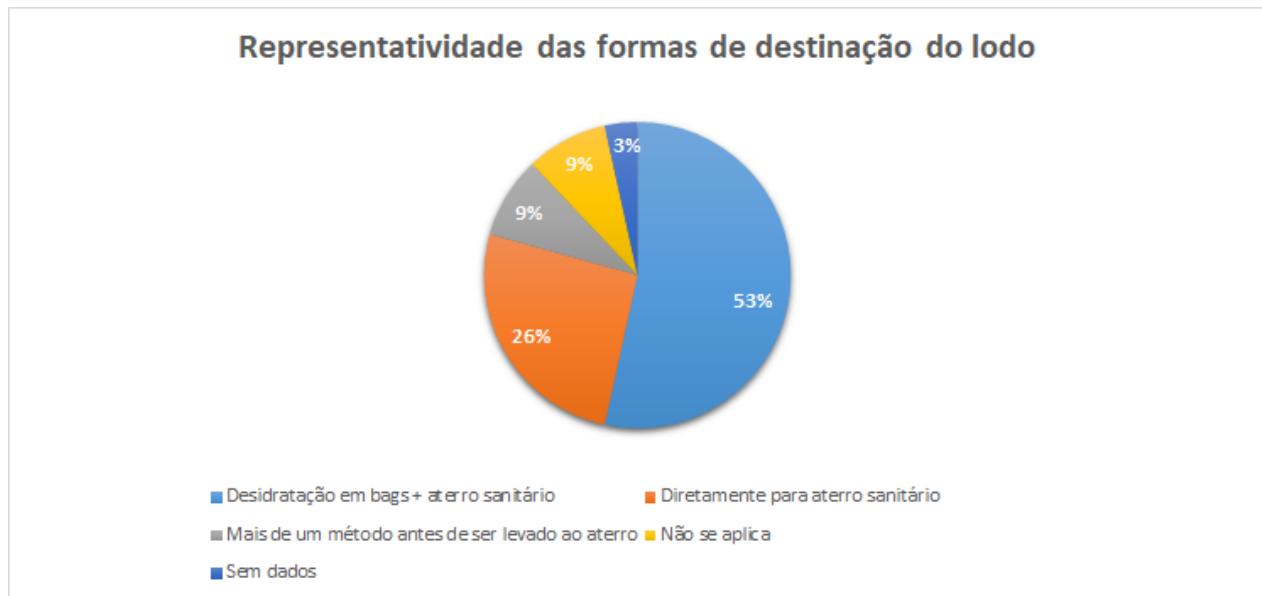


Figura 22 – Gráfico da representatividade das destinações finais de lodo encontradas.

Fonte: autora.

Foi explicitado anteriormente que de um total de 1.091 municípios brasileiros avaliados pelo IBGE no contexto da destinação final do lodo, 41% a faziam em aterros sanitários, porcentagem de nível nacional menor que a obtida na bacia de estudo. Foi também citado que 169 municípios realizavam algum tipo de reaproveitamento do lodo antes de fazer sua disposição, representando 15% do total e sendo uma porcentagem menor que a obtida para a bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê.

Godoy (2013) afirma em seus estudos que, em média, um ser humano produz cerca de 120g de sólidos secos diários, os quais são lançados nas redes de esgoto. Somados os habitantes atendidos por cada concessionária, feitas as médias de coleta e tratamento de esgoto a partir dos percentuais apresentados no Quadro 6 e multiplicando-se cada subtotal de habitantes por 0,120 kg, obteve-se as quantidades de sólidos secos tratado e não tratado. Para exemplificação, 96 toneladas de sólidos secos produzidos por dia pela Sabesp representam 100%, então as 65 toneladas da quinta coluna representam os 68% de sólidos que irão para as ETEs e, posteriormente, gerarão resíduos e efluentes – gases em modalidades de tratamentos anaeróbios, por exemplo; substâncias retiradas no tratamento preliminar; e, por fim, parte desses sólidos secos torna-se lodo. A quantidade de sólidos secos não tratados foi obtida pela subtração dos tratados pela tonelada total diária (quarta coluna).

Quadro 90 – estimativa de quantidades de sólidos secos tratados e não tratados por concessionária.

Agrupamentos de concessão	Habitantes	Coleta e tratamento	Toneladas de sólidos secos/dia	Sólidos secos tratados (Ton)	Sólidos secos não tratados (Ton)
Sabesp	803.278	68%	96	65	31
SAAE	707.186	93%	85	79	6
Grupo Águas do Brasil	131.858	57%	16	9	7
Outros	190.897	74%	23	17	6
Total geral	1.833.219	73%	220	170	50

Fonte: autora.

Ressalta-se que as quantidades de efluentes e resíduos gerados pelas estações de tratamento de esgoto e, consequentemente, a quantidade de lodo a ser tratada e disposta, variam com o tipo de tratamento empregado, com sua eficiência, operação etc.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no capítulo anterior explicitam que a grande maioria dos municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê acabam por levar seu lodo, tratado ou não, aos aterros sanitários, dado que reflete o panorama brasileiro de 2008, conforme pesquisa de saneamento do IBGE (2008). Levantamentos do MMA (2019) mostraram que, em 2015, 40% dos municípios brasileiros dispõe seus Resíduos Sólidos Urbanos em aterros sanitários. Os outros 60% enviam os RSU para aterros controlados ou lixões, dados alarmantes já que esses espaços, principalmente lixões, implicam em sérios danos ambientais como infiltração de contaminantes no solo e consequente contaminação de lençóis freáticos, transmissão de doenças a população que vive nas proximidades desses espaços etc. Também foi relatado que 58% dos municípios não possuem planos de gestão integrada de resíduos sólidos, estando em desacordo com as diretrizes da PNRS e outras legislações locais. Essa situação mostra que o Brasil padece de iniciativas gerais de melhoria, o que afeta a situação do lodo, resíduo semissólido que se enquadra nesse contexto de gestão e disposição.

O caso mais prejudicial a população e ao meio ambiente obtido nesse estudo foi o município de Mairinque, que lança esgoto in natura em corpos hídricos da bacia. O município e o estado têm como dever melhorar esse panorama, tendo como suporte legislações em todas as esferas de poder, o próprio comitê de bacias, a sociedade civil, entre outras partes que podem se envolver.

Caminhando para uma situação menos crítica, a Sabesp, concessionária da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê com maior número de ETEs, utiliza-se fortemente do desaguamento de lodo por bags filtrantes. Considerando o caso da ETE de Franca, que produz o Sabesfértil, e as 3 estações de tratamento de esgoto da bacia de estudo que reaproveitam parte do lodo na agricultura, vê-se que há potencial para aumentar a quantidade de lodo utilizada nessa finalidade e reduzir aquela que é levada aos aterros sanitários, ainda mais pela presença de culturas de laranja e cana-de-açúcar na bacia de estudo. Para municípios menores como Jumirim, Pereiras, Porangaba etc., que possuem menos de 10.000 habitantes, pode-se também considerar o processo de compostagem.

Considerando as problemáticas ambientais envolvidas com a disposição oceânica dos lodos, questões de logística (a bacia de estudo localiza-se no interior do Estado de São Paulo, não

estando próxima ao mar) e a própria tendência mundial de desuso deste método, essa não é uma alternativa considerada viável e ambientalmente correta para o lodo produzido.

Em relação aos métodos térmicos de tratamento de lodo, os municípios da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê não ultrapassam, em geral, os 100.000 habitantes, sendo Sorocaba o único município que poderia utilizar um incinerador de acordo com os critérios populacionais de Andreoli, Fernandes de Von Sperling, já que o município tem 622.827 habitantes (mais que a recomendação de 500.000 habitantes) e possui 8 ETEs. Considerando o panorama socioeconômico brasileiro e a pesquisa de saneamento básico realizada pelo IBGE em 2008, que diz que apenas 19 municípios do país incineram o lodo produzido por suas ETEs, outros métodos térmicos como gaseificação e pirólise não se mostram aptos a serem soluções para a bacia de estudo.

Silveira (2017) informa que em 2017, a população do Brasil era de 207.660.929 milhões de habitantes. Desse valor, Reda *et al.* (2017) afirmam que 14% dos brasileiros (aproximadamente 30 milhões de pessoas) ainda não têm acesso a água tratada e apenas 48,1% possuem rede coletora de esgoto, sendo que menos de 40% do que é coletado recebe algum tipo de tratamento. Considerando o percentual de 45,43% de esgoto coletado e tratado fornecido pela ANA (2013), vê-se que o país não apresentou uma melhoria desejável neste período.

Essas informações e os resultados obtidos nesse trabalho indicam que, apesar da bacia hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê e o Estado de São Paulo despontarem, no geral, com valores de saneamento melhores que o panorama nacional, o Brasil apresenta um quadro de poluição severa de seus corpos hídricos e também de falta de gestão de resíduos sólidos, não dando a questão do lodo sua devida importância. Esse posicionamento deixa o Brasil para trás de nações europeias e norte americanas, mostrando que o setor de saneamento básico, juntamente a índices como saúde e desenvolvimento humano (IDH), classificam-no como subdesenvolvido, conforme afirmam Reda *et al.* (2017). Torna-se crucial, então, que as esferas do governo brasileiro invistam em capital humano e monetário para melhorar os índices de saneamento básico, direito universal dos cidadãos e que minimiza impactos antrópicos sobre a sustentabilidade do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Esgotos:** despoluição de bacias hidrográficas. 2013. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>. Acesso em 12 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Esgotos:** despoluição de bacias hidrográficas – Alambari, SP. 2017. Disponível em: http://portall.snirh.gov.br/arquivos/Atlas_Esgoto/São_Paulo/Relatorio_Geral/Alambari.pdf. Acesso em: 14 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Saneamento.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/saiba-quem-regula/saneamento>. Acesso em: 27 jul. 2019.

ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. **Filtro prensa de placas.** Disponível em: <https://aguasclarasengenharia.com.br/filtro-prensa-de-placas/>. Acesso em 20 ago. 2019.

ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F.; VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:** Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: UFMG, 2001. 484 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 9648:** estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986. Disponível em: <https://www.docscopy.com/pt/nbr-9648-estudos-de-concepcao-de-sistemas-de-esgoto-sanitario-1/4860756/>. Acesso em 05 ago. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2019.

BENTO, A. P. *et al.* Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. **ABES**, v. 10, n. 14, p. 329-338, 2005.

BOINA, W. L. O. Análise das condições de desaguamento de lodo de ETEs em bag's: o caso da ETE Limoeiro – Presidente Prudente-SP. 2012. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

BRASIL. Governo Federal. **Lei de Acesso à Informação.** Disponível em: <http://www.acessoainformacao.gov.br/assuntos/conheca-seu-direito/a-lei-de-acesso-a-informacao>. Acesso em: 09 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Autorização CFIC nº 006 de 25 de maio de 2007.** Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/fiscaliz-e-qualid-dos-fertiliz/autorizacao-comercializacao/autorizacao-06_2007-lodo-de-esgoto.pdf/view. Acesso em: 06 out. 2019.

BRASIL (a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA de 28 de julho de 2009.** Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>. Acesso em: 06 out. 2019.

BRASIL (b). Ministério do Meio Ambiente. **Módulo específico licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários.** Brasília, 2009. 67 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/dai_pnc/_publicacao/76_publicacao1904201110356.pdf. Acesso em: 05 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006.** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 481 de 03 de outubro de 2017.** Disponível em: <http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-conama-481-17.pdf>. Acesso em: 06 out. 2019.

BRIGHENTI, J. R. et al. Codisposição de lodos de tratamento de esgotos em aterros sanitários brasileiros: aspectos técnicos e critérios mínimos de aplicação. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 891-899, 2018.

CAMPOS, J. R. (org.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: PROSAB. 1999. Disponível em:

<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosabcamposfinal.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2019.

CARVALHO, S. *et al.* Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 413-419, 2015.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: UFMG. 1997. 246 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice C – Dados do Saneamento Básico dos Municípios Paulistas**. 2016. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Ap%C3%A9ndice-C-Dados-do-saneamento-b%C3%A1sico...-munic%C3%ADpios-paulistas-2016_17-04.pdf. Acesso em: 14 abr. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Fundamentos do controle de poluição das águas**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/08/Aula-07-Tratamento-de-Lodo-Exemplos.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

COMPANHIA ITUANA DE SANEAMENTO (CIS). **Esgoto**. Disponível em: <https://cis-itu.com.br/servicos/esgoto/>. Acesso em: 08 out. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Aventura é com Boituva, cidade com índices de saneamento acima dos 95**. 2017. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalhe.aspx?secaoId=65&id=7436>. Acesso em: 14 abr. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Estação de Tratamento de esgoto de Franca é sinônimo de eficiência e qualidade**. 2012. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalhe.aspx?secaoId=65&id=4025>. Acesso em: 06 out. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Sabesp inicia obras que ampliam a coleta de esgoto em Sarapuí**. 2019. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/releases-Detalhes.aspx?secaoId=193&id=8081>. Acesso em 08 out. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Uso de lodo de esgoto na agricultura: estudo de caso – produzindo fertilizantes na estação de tratamento de Franca.** Disponível em: [http://www.sabesp.com.br/Sabesp/filesmng.nsf/DC466180BB9121BF8325760F006AEB08/\\$File/uso_lodo_esgoto_agricultura.pdf](http://www.sabesp.com.br/Sabesp/filesmng.nsf/DC466180BB9121BF8325760F006AEB08/$File/uso_lodo_esgoto_agricultura.pdf). Acesso em 06 out. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice C – Dados do saneamento básico dos municípios paulistas.** 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%A9ndice-C-Dados-de-saneamento-dos-munic%C3%ADpios-paulistas.pdf>. Acesso em 07 abr. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Norma Técnica P4.230:** aplicação de lodos sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação: manual técnico. São Paulo, 1999.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **ONU divulga trabalho da Sanepar sobre uso de lodo na agricultura.** 2016. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/noticias/onu-divulga-trabalho-da-sanepar-sobre-uso-de-lodo-na-agricultura>. Acesso em: 25 fev. 2019.

DAVID, A. C. **Secagem térmica de lodos de esgoto.** Determinação da umidade de equilíbrio. 2002. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DUDA, R. M., OLIVEIRA, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbio em série seguidos de filtro biológico percolador. **Eng Sanit Ambient**, v. 16, n. 1, p. 91-100, 2011.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. (org.). **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB):** manual prático para a compostagem de biossólidos. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro_Compostagem.pdf. Acesso em: 06 out. 2019.

FONSECA, M. F. Remoção de nitrogênio amoniacal em filtro biológico percolador pós-tratando efluente de reator UASB. 2009. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

GODOY, L. C. A logística na destinação de lodo de esgoto. **Revista Científica On-line da Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá**, v. 2, n. 1, p. 80-90, 2013.

GRUPO ÁGUAS DO BRASIL – ÁGUAS DE ARAÇOIABA. **Estação de tratamento de esgoto**. Disponível em: <https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-aracoiaaba/agua-e-esgoto/estacao-de-tratamento-de-esgoto/>. Acesso em: 14 abr. 2019.

GRUPO ÁGUAS DO BRASIL – ÁGUAS DE VOTORANTIM. **Estação de tratamento de esgoto**. Disponível em: <https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-votorantim/agua-e-esgoto/estacao-de-tratamento-de-esgoto/>. Acesso em: 14 abr. 2019.

GUSTAWATER TREATMENT. **The Ultimate Guide to MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor)**. Disponível em: <https://www.gustawater.com/blog/mbbr.html>. Acesso em 20 ago. 2019.

HIRATA, D. *et al.* O uso de informações patentárias para a valorização de resíduos industriais: o caso do lodo de tratamento de esgoto doméstico. **Revista de Ciências da Administração**, v. 17, n. 43, p. 55-71, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2018. **Municípios**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 ago. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2008. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=resultados>. Acesso em: 25 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Quadra**. 2010 (Censo). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/quadra/panorama>. Acesso em 09 out. 2019.

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

LEAL, R.M.; VARGAS, R. R. Análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio e Nitrogênio Total do lago azul. **Revista Educação**, v. 11, n. 3, p. 70, 2016.

LERVOLINO, L. F. Sistema de lodos ativados. **Portal Tratamento de Água**. 2019. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/sistema-lodos-ativados/>. Acesso em: 20 ago. 2019.

LIMA, A. B. B. V. **Pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio em sistema sequencial constituído de ozonização em processo biológico aeróbio**. 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

LOPES, E. B. M. **Diversidade metabólica em solo tratado com biossólidos**. 2001. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MAURÍCIO. T. São Paulo não trata adequadamente quase 40% de seu esgoto. **Portal Tratamento de Água**, 2018. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/sao-paulo-esgoto/>. Acesso em: 09 out. 2019.

MAUSA. **Filtro horizontal de esteiras (prensa desaguadora)**. Disponível em: <http://www.mausa.com.br/?pagina=produtos-detalhes&id=15>. Acesso em: 20 ago. 2019.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 4. Ed. Nova York: McGraw Hill, 1991. 1819 p.

MIKI, M. K. Hidrólise do lodo em digestores anaeróbios mesofílicos: otimização global na recuperação de recursos. In: **29º CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE**, 2018, p. 1-20. São Paulo, 18 de setembro. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/04/9811.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resíduos sólidos**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/residuos-solidos>. Acesso em: 09 out. 2019.

MIRANDA, G. P. **Modelagem e simulação de reatores de leito fluidizado para gaseificação da biomassa**. 2014. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MOREIRA, S. F. *et al.* O lodo de ETE como alternativa para a recuperação do solo em áreas degradadas. **Brazilian Applied Science Review**, v.3, n. 3, p. 1564-1585, 2019.

OBLADEN, N. L., OBLADEN, N. T. R., BARROS, K. R. Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos. **Série de Publicações Temáticas do CREA-PR**, v. 2, 2016. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/Publicações-Temáticas-Guia-para-Elaboração-de-Projetos-de-Aterros-Sanitários-para-Resíduos-Sólidos-Urbanos-Volume-II.pdf>. Acesso em: 11 out. 2019.

OLIVEIRA, C. M. R. **Aplicabilidade de sistemas simplificados para estações de tratamento de esgoto de cidades de pequeno porte**. 2014. 80 p. Dissertação (Título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

OLIVEIRA, D. V. M., JUNIOR, I. V., PIVELI, R. P. Avaliação comparativa entre custos dos processos MBBR/IFAS e lodo ativado para o tratamento de esgoto sanitário. **Revista DAE**, n. 193, p. 46-55, 2013.

PARODI, F. A., SÁNCHEZ, C. G. Aspectos da co-gaseificação de resíduos agroindustriais e municipais. In: **ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**, 4., 2002, Campinas. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100023&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 06 out. 2019.

PONTES, P. P. **Reatores UASB aplicados ao tratamento combinado de esgotos sanitários e lodo excedente de filtro biológico percolador**. 2003. 175 p. Dissertação (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

PREFEITURA DE ALAMBARI. **Dados do município**. Disponível em: <http://www.alambari.sp.gov.br/dados/>. Acesso em: 14 abr. 2019.

PREFEITURA DE SALTO. **Perfil do setor de abastecimento**. Disponível em: https://salto.sp.gov.br/?page_id=2127. Acesso em: 14 abr. 2019.

PREFEITURA DE SOROCABA. **Lei de acesso (e-SIC)**. 2019. Disponível em: <http://leideacesso.etransparencia.com.br/sorocaba.prefeitura.sp/TDAPortalClient.aspx?413>. Acesso em 17 mai. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ANHEMBI. **Nossa cidade.** Disponível em: <https://www.anhembi.sp.gov.br/portal/cidade/7/Informacoes-Gerais-do-Municipio>. Acesso em: 14 abr. 2019.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Bag desidratador TECITEC.** Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/produto/bag-desidratador-tecitec/>. Acesso em: 09 out. 2019.

PROENÇA, H. C. *et al.* Inovação no tratamento de esgoto em sistema isolado: viabilidade da aplicação da tecnologia Cleartec® num condomínio privado. In: **XVI SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS**, 2016, p. 14-19. Salvador, 24-27 de julho. Disponível em: <https://copec.eu/congresses/shewc2016/proc/works/3.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2019.

REDA, A. L. L. *et al.* Tratamento de esgoto independente em comunidade isolada: desempenho sustentável de ETE com unidade ClearTec® em condomínio da Região Metropolitana de São Paulo, Brasil. In: **XVII SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS**, 2017, p. 50-54. Vila Real, Portugal, 9-12 julho. Disponível em: <http://copec.eu/shewc2017/proc/works/11.pdf>. Acesso em: 06 out. 2019.

ROSA, A. P., CHERNICHARO, C. A. L., MELO, G. C. B. Contribuição para o aproveitamento energético do lodo de ETEs em processos térmicos. **Revista DAE**, v. 63, n. 198, p. 55-62, 2015.

SAMPAIO, A. O. Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. **Revista DAE**, n. 193, p. 16-27, 2013.

SANEQUA. **O que fazemos.** Disponível em: <https://www.sanequa.com.br/seu-esgoto/>. Acesso em: 08 out. 2019.

SANESALTO. **Funcionamento da estação de tratamento de esgoto Santa Isabel.** Disponível em: <http://www.sanesalto.com.br/servicos/tratamento-de-esgoto>. Acesso em: 14 abr. 2019.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado De São Paulo. **Lei nº 12.300 de 16 de março de 2006.** Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006/lei-12300-16.03.2006.html>. Acesso em: 27 jul. 2019.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO (SAAE). **Equipamentos para obra de ampliação da ETE Mário Araldo Candello prontos para serem instalados.** Disponível em: <https://www.saae.sp.gov.br/template-noticias-gerais-161/>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO CERQUEIRAS (SAAEC). **Estações de tratamento.** Disponível em: <http://www.saaec.com.br/esgoto/estacoes-de-tratamento/>. Acesso em 27 jul. 2019.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO PORTO FELIZ (SAAE Porto Feliz). **Estação de tratamento de esgoto.** Disponível em: <https://www.saaepfz.com.br/SAAE/web/Institucional/Default.aspx?id=R13031508501898&t=2>. Acesso em 08 out. 2019.

SILVEIRA, D. Brasil tem mais de 207 milhões de habitantes, segundo IBGE. **G1**, 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/brasil-tem-mais-de-207-milhoes-de-habitantes-segundo-ibge.ghtml>. Acesso em: 09 out. 2019.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SigRH). **Apresentação.** Fundação Agência da Bacia Hidrográfica dos rios Sorocaba e Médio Tietê. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/fabhsmt/apresentacao>. Acesso em: 03 fev. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Série histórica.** 2017. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em 08 out. 2019.

VERSIANI, B. M. **Desempenho de um reator UASB submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do campus da UFRJ.** 2005. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

VIEIRA, G. E. G. *et al.* O processo de pirólise como alternativa para o aproveitamento do potencial energético de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, v. 12, n. 17, p. 01-106, 2011.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:** Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lagoas de estabilização.** 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1986. 196 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos ativados.** 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1997. 428 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: UFMG, 1996. 211 p.

ZILLI, R. P. **Influência do tempo de retenção hidráulica e da velocidade superficial do ar no desempenho de um reator de leito móvel com biofilme (MBBR).** 2013. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

ANEXO I

SIC - Sistema de Informações ao Cidadão

Protocolo 44280197551 de 14/04/2019

Solicitante: Júlia Dávila de Alvarenga

Comunidades	Tipo de Sistema de Tratamento	Destinação Final do Lodo
Alambari - RA		
Alambari	Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Alumínio - RM		
Alumínio (Sede)	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente + Filtro aerado submerso + Decantador	Aterro Sanitário
Anhembi - RM		
Anhembi (Sede)	Iagoa aerada + Lagoa de decantação + Desinfecção + Escada de aeração	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Dist. Pirambóia	Lagoa Facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Araçariguama - RM		
Araçariguama	Lagoa aerada	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Bofete - RM		
Bofete (Sede)	Sistema australiano (Lagoa anaerobia + Lagoa Facultativa)	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Dist. São Roque Novo	Fossa-filtro	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da fossa, faz-se a remoção do lodo e disposição em Aterro Sanitário.
Boituva - RM		
Bacia 1 - Campos de Boituva	Lagoa aerada + Lagoa de decantação	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Bacia 2 - Pau D'Alho	Lagoa aerada + Lagoa de decantação	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Botucatu - RM		
Botucatu (Sede)	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente + Lodo ativado + Decantação	Biosecagem e produção de fertilizante orgânico na ETE Botucatu (Sede)
Dist. Cesar Neto	Fossa-filtro	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da fossa, faz-se a remoção do lodo e disposição em Aterro Sanitário.
Dist. Rio Bonito	Lagoa anaerobia + Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Dist. Rubião Júnior	Sistema australiano (Lagoa anaerobia + Lagoa Facultativa) + Lagoa de maturação	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.

Comunidades	Tipo de Sistema de Tratamento	Destinação Final do Lodo
Vitoriana	Fossa-filtro	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da fossa, faz-se a remoção do lodo e disposição em Aterro Sanitário.
Cabreúva - RJ		
Cabreúva	Lagoa facultativa com aeração superficial	Por tratar-se de lagoa quando necessário é feito a dragagem e desidratação com BAGs e posteriormente encaminhado para disposição em local devidamente licenciado pelo órgão ambiental (aterro, etc).
Capela do Alto - RM		
Capela do Alto (Sede)	Sistema australiano (Lagoa anaerobia + Lagoa facultativa)	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Bairro do Porto	Estação compacta de tratamento de esgoto (Aeróbio + Anaeróbio)	Aterro Sanitário
Cesário Lange - RM		
Cesário Lange (Sede)	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente + Filtro anaerobio + Filtro aerado	Aterro Sanitário
Dist. Fazenda Velha	Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Conchas - RM		
Conchas	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente + Filtro anaerobio + Filtro aerado	Biosecagem e produção de fertilizante orgânico na ETE Botucatu (Sede)
Ibiúna - RM		
Ibiúna	Sistema australiano (Lagoa anaerobia + Lagoa facultativa)	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Iperó - RM		
Iperó	Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
George Oetterer	Lagoa anaerobia + Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Laranjal Paulista - RM		
Laranjal Paulista	Lagoa anaerobia + Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Dist. Laras	Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Piedade - RM		
Piedade	Lodos ativados por batelada	Aterro Sanitário
Porangaba - RM		
Porangaba	Fossa-séptica + Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita e posterior disposição em Aterro Sanitário.

Comunidades	Tipo de Sistema de Tratamento	Destinação Final do Lodo
Quadra - RM		
Quadra	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente + Filtro biológico + Decantador secundário	Aterro Sanitário
São Roque - RM		
São Roque	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente + Aeração + Decantação	Aterro Sanitário
Bairro do Carmo	Estação compacta de tratamento de esgoto + Terciário	Aterro Sanitário
Sarapuí - RA		
Sarapuí	Lagoa facultativa + Lagoa de maturação	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Tatuí - RM		
Bacia 1 - Ceagesp	Lagoa aerada + Lagoa de decantação	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Bacia 2 - Inocoop	Lagoa aerada + Lagoa de decantação	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Bacia 4 - Bassi	Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.
Torre de Pedra - RM		
Torre de Pedra	Lagoa facultativa	Não há geração contínua de lodo. Quando torna-se necessária a limpeza da lagoa, a remoção do lodo é feita com desidratação em Bags Filtrantes e posterior disposição em Aterro Sanitário.

ANEXO II



Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto - S.A.M.A.E.

Ofício nº 437/2019
Processo nº 1638/2019

Tietê, 04 de junho de 2019.

Em atenção ao protocolo nº 62349.01.05.2019, em nome de Julia Davilla, encaminhado pela Ouvidoria da Prefeitura Municipal, protocolizado nesta Autarquia sob o nº 1638/2019, e conforme informações do Departamento de Análises Químicas e Controle de Qualidade, segue:

O SAMAE utiliza o tratamento de efluentes de lodo ativado por aeração prolongada em regime de batelada, e quanto a destinação do lodo após desidratação e secagem é aterro sanitário.

Sem mais, aproveitamos a oportunidade para renovar nossos votos de elevada estima e consideração.

Atenciosamente,


JOSÉ ROBERTO DANTAS BORDENALE
DIRETOR SUPERINTENDENTE

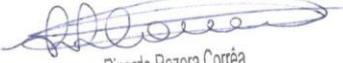
À
ILUSTRÍSSIMA SENHORA
MELISE C. SCOMPARIM - OUVIDORA
PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE TIETÊ
PRAÇA DR. J.A.CORREA, Nº 01 – CENTRO
TIETÊ/SP
CEP: 18530-000

SAMAE
RECEBIDO EM

04/06/19

Às 15:54 horas

Por: Ricardo


Ricardo Razera Corrêa
Agente de Apoio Administrativo

ANEXO III



Ofício nº 202/2019

Votorantim/SP, 16 de julho de 2019.

**À Universidade de São Paulo
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental**

A/C: Professor Doutor Ronan Cleber Contrera
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

Ref.: Resposta ao Ofício de Solicitação de Informações

ÁGUAS DE VOTORANTIM S/A, pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ sob nº 14.192.039/0001-62, sediada na Av. Reverendo José Manoel da Conceição, nº 1.593, Município de Votorantim, Estado de São Paulo, responsável pela captação, tratamento e distribuição de água potável, coleta e tratamento de esgoto sanitário da cidade de Votorantim-SP, vem por meio deste encaminhar dados (Anexo A) sobre a destinação final do lodo produzido nas três estações de tratamento de esgoto, sendo , ETE Salto do Guimarães, ETE Novo Mundo e ETE Votocel.

Sem mais para o momento, reiteramos os nossos protestos de consideração e apreço.

Respeitosamente,


AIRTON BRUN
 Gerente de Operações
 Águas de Votorantim S.A.


ALEX MACEDO
 Superintendente
 Águas de Votorantim S.A.



Anexo A

DADOS OPERACIONAIS DO ANO DE 2018 **ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SALTO DO GUIMARÃES, NOVO MUNDO E VOTOCEL**

➤ **Dados referentes a Estação de Tratamento de Esgoto Salto do Guimarães**

- Capacidade de Tratamento: 125 L/s;
- Vazão média em 2018: 105 L/s;
- Volume Tratado: 3.297.390 m³/ano;
- Tipo de Tratamento: Secundário;
- Quantidade dos resíduos gerados na ETE (gradeamento, caixa de areia e lodo): 2283 t;
- Local de destinação: Aterro Sanitário – Proactiva em Iperó;
- Porcentagem de população atendida: 50,43%.

➤ **Dados referentes a Estação de Tratamento de Esgoto Novo Mundo**

- Capacidade de Tratamento: 28 L/s;
- Vazão média em 2018: 25 L/s;
- Volume Tratado: 845.511 m³/ano;
- Tipo de Tratamento: Secundário;
- Quantidade dos resíduos gerados na ETE (gradeamento, caixa de areia e lodo): 200 t;
- Local de destinação: Estocado nos Geobags dentro da própria estação até o momento;
- Porcentagem de população atendida: 11,21%.

➤ **Dados referentes a Estação de Tratamento de Esgoto Votocel**

- Capacidade de Tratamento: 181 L/s;
- Vazão média em 2018: 80 L/s;
- Volume Tratado: 2.520.484 m³/ano;
- Tipo de Tratamento: Secundário (Lagoas);
- Quantidade dos resíduos gerados na ETE (gradeamento, caixa de areia e lodo): Atualmente, há geração apenas de resíduos no gradeamento neste sistema, que são destinados junto com os resíduos da ETE Guimarães;
- Local de destinação: Não há geração;
- Porcentagem de população atendida: 37,36%.