

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO DE
EFLUENTES GERADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO
DE ÁGUA DO TIPO CONVENCIONAL EM SANTA CATARINA**

Fernando Chiodelli Salum

Orientador: Prof. Dr. Maurício Luiz Sens

2016/1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO DE
EFLUENTES GERADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO
DE ÁGUA DO TIPO CONVENCIONAL EM SANTA CATARINA**

FERNANDO CHIODELLI SALUM

Trabalho submetido à banca examinadora como
parte dos requisitos para Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental
– TCC II

Florianópolis – SC
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Salum, Fernando

Estudo de alternativas para o tratamento de efluentes gerados em Estações de Tratamento de Água do tipo convencional em Santa Catarina / Fernando Salum ; orientador, Maurício Sens - Florianópolis, SC, 2016.

92 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Tratamento de Lodo. 3. Tratamento de Água. 4. Lodo de Estação de Tratamento de Água. 5. Efluente de Estação de Tratamento de Água. I. Sens, Maurício. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO DE
EFLUENTES GERADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO
DE ÁGUA DO TIPO CONVENCIONAL EM SANTA CATARINA**


FERNANDO CHIODELLI SALUM

Trabalho submetido à banca examinadora como
parte dos requisitos para Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental
– TCC II


BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Maurício Luiz Sens
(Orientador)



Msc. Fernando Hymnô de Souza
(Membro da Banca)



Msc. Thyara Campos Martins Nonato
(Membro da Banca)

Florianópolis – SC
2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ronaldo e Nádia, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha graduação e por não medirem esforços para que eu chegasse a essa etapa de minha vida. Sem dúvida esta conquista não seria possível sem a participação deles.

Ao meu irmão, Guilherme, pela parceria e por estar sempre presente em todos os momentos.

Ao meu orientador, Maurício, pelo direcionamento ao longo de todo essa etapa e por suas sugestões de grande valia para a conclusão do trabalho.

Aos membros da empresa MPB Engenharia, por partilharem conhecimentos e experiências e por todo o apoio no trabalho de campo.

A Universidade Federal de Santa Catarina, representada pelo corpo docente e vários colegas, pelo ambiente amigável e oportunidades de grandes aprendizados que proporcionou.

A todos os amigos que sempre me apoiaram pela amizade e todos os momentos de descontração durante toda essa caminhada.

RESUMO

O setor de saneamento brasileiro enfrenta grandes dificuldades no gerenciamento dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água e sua disposição final adequada. Há muito tempo, o destino desses resíduos gerados vem sendo o curso d'água mais próximo, o que causa significativo impacto ambiental e pode comprometer a saúde dos indivíduos que fazem uso dessa água. O objetivo desse trabalho é analisar e propor alternativas de tratamento e gerenciamento do lodo para 14 Estações de Tratamento de Água do tipo Convencional no Estado de Santa Catarina. O estudo a reutilização da água da lavagem dos filtros no próprio tratamento, o melhor aproveitamento das unidades de tratamento de lodo existentes em algumas estações, a não contaminação dos cursos d'água, a destinação adequada do lodo e a adequação à legislação como benefícios do tratamento proposto para os resíduos gerados nas unidades das estações. A coleta de dados, foi organizada em 3 etapas: análise documental, visitas técnicas e coleta de efluentes. As visitas técnicas foram realizadas visando analisar os processos de tratamento de cada Estação de Tratamento de Água, bem como caracterizá-la. Para conhecer as características dos lodos das estações de tratamento foram realizadas coletas de amostras de lodo nas retrolavagens dos filtros e purga dos decantadores durante as visitas técnicas. As alternativas sugeridas para o tratamento dos efluentes das Estações de Tratamento de Água foram a implantação de tanques de pré-sedimentação e equalização para os lodo gerados com posterior etapa de desaguamento do lodo, através de métodos mecânicos e naturais. O lodo subproduto do desaguamento poderá ser aplicado em situações controladas para recuperação de solos degradados, disposto em aterros sanitários industriais e utilizado na confecção de materiais cerâmicos e concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Água, Lodo de Estação de Tratamento de Água, Efluente de Estação de Tratamento de Água, Tratamento de Lodo.

ABSTRACT

The Brazilian sanitation sector faces great difficulties in the management of waste generated in Water Treatment Plants and its final disposal. For a long time, the fate of these waste generated has been the nearest watercourse, which causes significant environmental impact and can compromise the health of individuals who use this water. The aim of this study is to analyze and propose alternative treatment and sludge management for 14 conventional Water Treatment Plants in the state of Santa Catarina. The study sought to reduce sludge production and increase its concentration, the reuse of filter backwash water in their own treatment, the better use of existing sludge treatment units at some stations, not to contamination of water, the proper disposal of sludge and suitability to the legislation as the benefits of the proposed treatment of waste generated in Water Treatment Plants. Data collection was organized in three stages: document analysis, technical visits and collection of sludge. The technical visits were carried out in four steps in order to analyze the processes of treatment of each Water Treatment Plant, as well as to characterize it. To know the characteristics of sludge from treatment plants, sludge sample collections were held at backwashing of the filters and drainage of decanters at the technical visits. The alternatives suggested for the treatment of effluents from Water Treatment Plants were the implementation of pre-sedimentation and equalization tanks for sludge generated with subsequent sludge dewatering step, by mechanical and natural methods. The sludge by-product of dewatering can be applied in controlled conditions for recovery of degraded soils, disposed in industrial landfills and used in the manufacture of ceramics and concrete.

KEYWORDS: Water Treatment, Sludge of Water Treatment Plant, Effluent of Water Treatment Plant, Sludge Treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração das parcelas de água que constituem o lodo de ETA.	23
Figura 2. Fluxograma de uma ETA convencional com tratamento de lodo.....	29
Figura 3. Caixa de amortização e calha Parshall.....	38
Figura 4. Floculador, decantadores e filtros da estação de tratamento..	39
Figura 5. Área para instalação de possível tratamento de efluentes.	40
Figura 6. Caixa de sedimentação.....	41
Figura 7. Filtros da ETA.	42
Figura 8. Local de lançamento do efluente no terreno vizinho.	43
Figura 9. Área para instalação de possível tratamento de efluentes.	44
Figura 10. Local de lançamento do efluente na lagoa ao lado da ETA.	45
Figura 11. Lagoa de decantação da ETA.	46
Figura 12. Local de lançamento do lodo retirado da lagoa de decantação.	48
Figura 13. Unidades de tratamento da ETA.	49
Figura 14. Local de lançamento do efluente no rio.	50
Figura 15. Unidades de tratamento da ETA.	51
Figura 16. Unidades de tratamento da ETA.	52
Figura 17. Área para instalação de possível tratamento de efluentes. ...	53
Figura 18. Área para instalação de possível tratamento de efluentes. ...	54
Figura 19. Local de lançamento do efluente no rio.	55
Figura 20. Área para instalação de possível tratamento de efluentes. ...	56
Figura 21. Estrutura desativada de tratamento de efluente.....	57
Figura 22. Unidades de tratamento da ETA.	58
Figura 23. Área para instalação de possível tratamento de efluentes. ...	59
Figura 24. Local de lançamento do efluente no rio.	61
Figura 25. Tanques de sedimentação da ETA.....	62
Figura 26. Resultados de pH obtidos para os efluentes dos filtros.....	71
Figura 27. Resultados de pH obtidos para os efluentes dos decantadores.	71
Figura 28. Resultados de sólidos sedimentáveis obtidos para os efluentes dos filtros.....	72
Figura 29. Resultados de sólidos sedimentáveis obtidos para os efluentes dos decantadores.	73
Figura 30. Resultados de coliformes totais e <i>Escherichia Coli</i> obtidos para os efluentes dos filtros.....	74
Figura 31. Gráfico 6. Resultados de coliformes totais e <i>Escherichia Coli</i> obtidos para os efluentes dos decantadores.	74

Figura 32. Resultados de alumínio total obtidos para os efluentes dos filtros.....	76
Figura 33. Resultados de alumínio total obtidos para os efluentes dos decantadores.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características típicas dos lodos de sulfato de alumínio.	24
Tabela 2. Características típicas de lodos de sais de ferro.....	24
Tabela 3. Características de resíduos de tratamento de água.	25
Tabela 4. Organismos patogênicos encontrados em lodo de quatro ETAs da RMC.	25
Tabela 5. Micropropriedades e macropropriedades dos resíduos de ETA.	26
Tabela 6. Principais características dos processos de desaguamento de lodo.....	28
Tabela 7. Caracterização dos municípios em estudo por região.....	33
Tabela 8. Códigos das metodologias utilizadas para quantificação dos parâmetros adotados.....	35
Tabela 9. Resultados das análises das águas de lavagem dos filtros – Parte 1.....	64
Tabela 10. Resultados das análises das águas de lavagem dos filtros – Parte 2.....	65
Tabela 11. Resultados das análises das águas de lavagem dos filtros – Parte 3.....	66
Tabela 12. Resultados das análises do lodo das purgas dos decantadores – Parte 1.....	67
Tabela 13. Resultados das análises do lodo das purgas dos decantadores – Parte 2.....	68
Tabela 14. Resultados das análises do lodo das purgas dos decantadores – Parte 3.....	69
Tabela 15. Limites estabelecidos para lançamento de efluentes em corpos d'água.....	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	OBJETIVOS.....	19
2.1	Objetivo Geral.....	19
2.2	Objetivos Específicos.....	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3.1	Origem e Características de Lodo de ETA.....	22
3.2	Tratamento dos Lodos.....	27
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1	Formulação do Problema.....	31
4.2	Área de Estudo.....	31
4.3	Coleta de Dados.....	32
4.3.1	Caracterização dos Municípios.....	32
4.3.2	Visitas Técnicas e Caracterização das ETA.....	33
4.3.3	Coleta do Lodo e Análises Laboratoriais.....	34
4.4	Avaliação e Análise dos Dados.....	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1	Caracterização das Estações de Tratamento de Água.....	37
5.1.1	Sul Catarinense.....	37
5.1.2	Vale do Itajaí.....	45
5.1.3	Norte Catarinense.....	54
5.1.4	Oeste Catarinense.....	58
5.1.5	Caracterização dos Efluentes Gerados.....	62
5.2	Identificação de Alternativas de Tratamento de Lodo.....	77
5.2.1	Alternativas de Tratamento para Águas de Lavagem dos Filtros	77
5.2.2	Alternativas de Tratamento para o Lodo dos Decantadores	79

6	CONCLUSÕES.....	81
7	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	83
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	APÊNDICE A.....	91

1 INTRODUÇÃO

O setor de saneamento brasileiro enfrenta grandes dificuldades no gerenciamento dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) e sua disposição final adequada. Há muito tempo, segundo Richter (2001), o destino dos resíduos gerados em ETAs tem sido corpos de água receptores próximos a estação, e muitas vezes até a própria fonte que a estação processa.

Nas últimas décadas, esse panorama vem se alterando à medida que a legislação ambiental brasileira vem tornando-se mais restritiva com a promulgação de Leis Federais (CORDEIRO, 2001), como a Lei N° 9.433/97 e a Resolução CONAMA N° 430/11, e de Leis Estaduais, como a Lei N° 14.675/09. Destaca-se também o Art. 48 do Código Estadual do Meio Ambiente, que exige procedimentos de licenciamento ambiental para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos e de lançamento de efluentes, e por sua vez, exige o tratamento dos efluentes gerados (BRASIL, 2009), o que provoca mudanças na postura de gerentes e órgãos de fiscalização perante o problema.

Nesse contexto, os responsáveis pelos sistemas de tratamento de água se vêem enquadrados por essas legislações e obrigados a tomar as devidas providências. Para solucionar o problema, existem diversos métodos de gerenciamento de efluentes gerados em estações de tratamento de água que tratam e recuperam o lodo proveniente de lavagem dos filtros e purgas de decantadores, e buscam mitigar os impactos nos corpos d'água receptores.

Coelho *et al* (2011) afirmam que o gerenciamento adequado do lodo tem caráter especial por tratar a ideia de redução de geração de resíduos ligada a economia de matéria-prima, afetando diretamente os custos de operação. E seu gerenciamento de resíduos sólidos, deve passar pela minimização da geração dos resíduos, reutilização, reciclagem e disposição final.

A Constituição Federal de 1988 especifica em seu art. 225 que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Com esta perspectiva, o tratamento de efluentes de ETAs e sua destinação adequada visa assegurar esses direitos e defender o meio

ambiente de impactos ambientais irreversíveis. Gonçalves (1999) alerta para os danos causados ao meio ambiente e aos seres humanos pelo conteúdo elevado de metais e sólidos devido à disposição do lodo sem tratamento.

No presente estudo se buscou a redução da produção de lodo e aumento de sua concentração, a reutilização da água da lavagem dos filtros na própria ETA, o melhor aproveitamento das unidades de tratamento de lodo existentes em algumas estações, a não contaminação dos cursos d'água, a destinação adequada do lodo e a adequação à legislação como benefícios do tratamento proposto para os resíduos gerados na unidades das ETAs.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar e propor alternativas de tratamento e gerenciamento do lodo para 14 Estações de Tratamento de Água do tipo convencional no Estado de Santa Catarina, apresentando opções de tratamento e disposição final do lodo de modo a reutilizá-lo ao máximo no processo de tratamento de águas de abastecimento.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar 14 Estações de Tratamento de Água do tipo Convencional no Estado de Santa Catarina e descrever seu modo de funcionamento;
- Analisar os parâmetros físico-químicos dos efluentes gerados pelas estações em descargas de fundo e lavagens de filtros e decantadores;
- Identificar possíveis métodos de tratamento de efluentes para as estações de tratamento de água adequando às suas características;
- Propor um tratamento adequado aos lodos das 14 Estações de Tratamento de Água, visando recircular o efluente, de modo a minimizar impactos ambientais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os sistemas públicos de abastecimento de água têm como sua finalidade tornar a água bruta captada no corpo d'água em água potável e distribuí-la à população dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação, através de operações que envolvem a adição de produtos químicos e processos físicos (ANDREOLI *et al*, 2006).

Segundo a Pesquisa Nacional do Saneamento Básico feita pela IBGE em 2008, as companhias de saneamento no Brasil produzem cerca de 56 milhões de metros cúbicos de água tratada por dia através de estações de tratamento de água convencionais, não convencionais ou que aplicam somente uma desinfecção simples (IBGE, 2008).

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), existem aproximadamente 7.500 ETAs de ciclo completo ou convencional que empregam a coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção como processo de tratamento de água (CORDEIRO, 2001). Esse tratamento da água é realizado através da aplicação de sais de ferro ou alumínio que são removidos na sedimentação e filtração formando resíduos do tratamento da água, sendo esses resíduos conhecidos como lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) (TSUTIYA e HIRATA, 2001).

Saron (2001); Tsutiya e Hirata (2001) e Sabogal-Paz (2005), afirmam que as características e a quantidade dos resíduos gerados nos decantadores (ou flotores) e lavagem dos filtros variam, entre outros fatores, de acordo com a tecnologia de tratamento, as dosagens e produtos químicos utilizados, a qualidade da água bruta e a forma de limpeza dos decantadores.

Há muito tempo, segundo Richter (2001), o destino dos resíduos gerados em ETAs tem sido corpos de água receptores próximos a estação, e muitas vezes até a própria fonte que a estação processa.

Andreoli *et al* (2006) ressaltam que a disposição final inadequada desse lodo causa significativo impacto ambiental, como assoreamento dos rios e alteração das propriedades físico-químico da água, e pode comprometer a saúde dos indivíduos que fazem uso dessa água. Assis (2014) confirma em seus estudos que o lançamento da água de lavagem de filtros de ETA sem tratamento prévio altera as características do corpo d'água receptor.

Nas últimas décadas esse panorama vem se alterando, Cordeiro (2001) afirma que a legislação ambiental se tornou mais restritiva no final dos anos 90 com a promulgação de Leis Federais, como a Lei de Recursos Hídricos N° 9.433/97 (BRASIL, 1997), Lei de Crimes Ambientais N° 9.605/98 (BRASIL, 1998), a Resolução CONAMA N° 430/11 (BRASIL, 2011), que complementa e altera a antiga Resolução N° 357/05 (BRASIL, 2005), Leis Estaduais, como a Lei N° 14.675/09 (BRASIL, 2009) e também o Art. 48 do Código Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina, que exige procedimentos de licenciamento ambiental para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos e de lançamento de efluentes, e por sua vez, exige o tratamento dos efluentes gerados, provocando mudanças na postura de gerentes e órgãos de fiscalização diante do problema.

Nesse contexto, os responsáveis pelos sistemas de tratamento de água se veem enquadrados por essas legislações e obrigados a tomar as devidas providências para modernizar suas estações e tratar os efluentes gerados por elas. Barroso (2009) assegura que menos de 0,5% das ETAs no Brasil possuem sistemas de remoção de água do lodo de decantador e recuperação de água de lavagem de filtro.

A NBR 10.004/04 classifica o lodo proveniente de ETA como resíduo sólido Classe II A, não inerte, em função de sua biodegradabilidade e solubilidade em água (ABNT, 2004). O resíduo gerado deve ser disposto em aterro sanitário, e para isso, Richter (2001) diz que o lodo deve ser desidratado, de modo a obter teores de sólidos inferiores a 20%, por meio de sistemas de desidratação de lodos, que levam em consideração os seguintes aspectos para o seu dimensionamento:

- a. Característica do lodo;
- b. Estimativa da quantidade de lodo produzida;
- c. Métodos para minimizar a quantidade de lodo produzida;
- d. Métodos de desidratação.

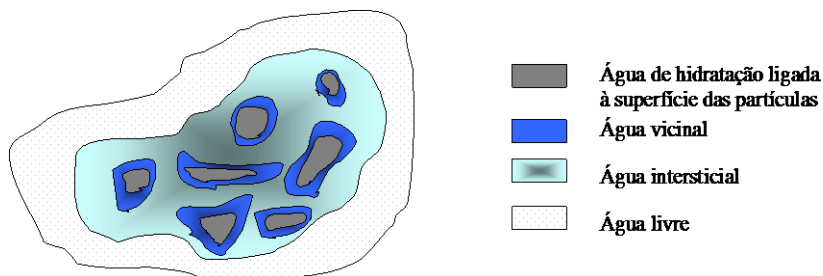
3.1 Origem e Características de Lodo de ETA

Para Hsieh & Raghu (1997) *apud* Cordeiro (2001) a água presente nos efluentes de ETAs pode ser classificadas em 4 categorias, descritas a seguir e ilustradas na Figura 1:

- Água livre: parcela não associada aos sólidos e que pode ser removida facilmente por meios mecânicos ou naturais, como a evaporação;

- Água do floco: parcela intimamente ligada à partícula floculada. Essa água pode ser liberada por meio de aplicação de força mecânica, como em centrífugas, e gasto de energia maior;
- Água capilar: parcela ligada fortemente à partícula sólida por meio de pontes de hidrogênio;
- Água adsorvida: parcela ligada quimicamente à partícula. Somente é retirada com aplicação de elevadas temperaturas ou quantidade elevada de energia elétrica.

Figura 1. Ilustração das parcelas de água que constituem o lodo de ETA.



Fonte: Barroso (2009).

Reali (1999) *apud* Barroso (2001) diz que a aplicação de produtos químicos no tratamento da água contribui para o desempenho dos sistemas de remoção de impurezas e produção de sólidos e metais em uma ETA. Barroso (2001) ainda afirma que a produção de sólidos e metais em uma ETA se dá em função de outros aspectos, como a qualidade e características da água bruta, pH de coagulação e o tipo de tecnologia de tratamento.

Os lodos de sulfato de alumínio são líquidos não-newtonianos, gelatinosos, cuja fração de sólidos é constituída de hidróxidos de alumínio, partículas inorgânicas e orgânicas removidas no processo de coagulação. Sendo que normalmente de 75 a 90% do volume desse lodo representam sólidos suspensos e de 20 a 30% compostos voláteis (RICHTER, 2001). Características típicas dos lodos de sulfato de alumínio podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características típicas dos lodos de sulfato de alumínio.

Sólidos Totais (%)	Al ₂ SO ₃ .5,5H ₂ O (%)	Inorgânicos (%)	Matéria Orgânica (%)	pH	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
0,1 - 4	15 - 40	35 - 70	15 - 25	8-Jun	30 - 300	30 - 5000

Fonte: Richter(2001).

Richter (2001) afirma também que lodos provenientes de coagulações de sais de ferro apresentam características semelhantes aos lodos de sulfato de alumínio. Suas características típicas podem ser observadas na tabela a seguir.

Tabela 2. Características típicas de lodos de sais de ferro.

Sólidos Totais (%)	Fe (%)	Voláteis (%)	pH
0,25 – 3,5	4,6 – 20,6	5,1 – 14,1	7,4 – 9,5

Fonte: Richter (2001).

Os resíduos de ETAs tem características bastante variadas e significativas diferenças são observadas entre os resíduos oriundos de purgas de decantadores e de retrolavagem de filtros, principalmente em relação à concentração de sólidos. A tabela a seguir apresenta essas divergências entre resíduos de decantadores e filtros de 6 ETAs convencionais.

Tabela 3. Características de resíduos de tratamento de água.

Parâmetros	Decantador Convencional (Sulfato de Alumínio)	Decantador Convencional (Sulfato de Alumínio)	Decantador Convencional (Sulfato de Alumínio)	Decantador de Alta Taxa (Sulfato de Alumínio)	Água de Lavagem dos Filtros (Sulfato de Alumínio)	Decantador Convencional (Sulfato de Alumínio)	
DQO (mg/L)	5600	-	4800	640	35	-	
pH	6,4	-	7,2	7,9	6,9	-	
ST (mg/L)	30.275	3,5%	58.63	-	88	-	
SV (mg/L)	7.951	1,02	-	SSTV 4.025	23	-	
SST (mg/L)	27.891	-	26.52	22.005	59	-	
Sólidos Sed. (mg/L)	710	-	-	-	3,40	-	
Metais	Al	3.965	1,5	11.1	0,30	850	
	Zn	2,13	-	4,25	1,70	0,64	0,11
	Pb	2,32	-	1,60	0,88	Não detectado	0,50
	Cd	0,14	-	0,08	0,05	Não detectado	0,01
	Ni	2,70	-	1,80	1,06	Não detectado	-
	Fe	3.382	-	5	940	6,90	33
	Mn	1,86	-	60	10	0,10	0,34
	Cu	1,47	-	2,05	1,05	1,05	0,45
	Cr	3,82	-	1,58	0,42	0,42	0,35

Fonte: Barroso (2001).

Andreoli *et al* (2006) afirmam que algumas características do lodo de ETA são dependentes de condições socioambientais e economias regionais, e que não existem informações consistentes, tanto na bibliografia nacional quanto na internacional, sobre as características sanitárias e de agente patógenos nos lodos e ETA. A presença de organismos patógenos em lodos de 4 ETAs da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Organismos patogênicos encontrados em lodo de quatro ETAs da RMC.

Origem	Ovos de helmintos (ST)	Ovos viáveis de helmintos (ST)	Cisto de Protozoários (ST)	Coliforme Totais (NMP/gST)	<i>Salmonella</i> <i>sp</i> (25g ST)
ETA Iguaçu	0	0	0	< 3	Ausência
ETA Itaquí	1,67	0,68	0	< 3	Ausência
ETA Irai	0	0	0,4	< 3	Ausência
ETA Passaúna	0,48	0,05	0	1,5 x 10 ¹	Ausência

Fonte: Adaptado de Andreoli et al (2006).

Pode-se concluir que, para essas estações, o lodo apresenta baixos índices de contaminação ambiental para a vida humana e animal, considerando-se os baixos índices de contaminação sanitária (ANDREOLI *et al*, 2006).

Barroso (2009) indica que para as tomadas de decisões quanto ao processo de remoção de água e aproveitamento dos resíduos de ETA deve-se determinar e avaliar primeiramente as micropropriedades e macropropriedades desses resíduos e que tais estudos são importantes para reduzir o tempo necessário para realização de estudos de tratabilidade de resíduos. As propriedades a serem avaliadas são descritas na Tabela 5.

A alternativa de disposição do lodo de ETA está diretamente relacionada às suas características como a qualidade da água bruta, tipo e dosagens de produtos químicos aplicados e modo de operação da ETA. (WAGNER, 2014).

Tabela 5. Micropropriedades e macropropriedades dos resíduos de ETA.

Micropropriedades	Macropropriedades
Distribuição e tamanho dos flocos	Velocidade de sedimentação
Estrutura/forma dos flocos	Flotabilidade
Tensão de cisalhamento do floco	Centrifugabilidade
Densidade	Velocidade de drenagem em lagoas
Concentração de sólidos	Resistência específica
Viscosidade e temperatura	Tempo de filtração
Tensão superficial	Velocidade de drenagem no solo
“Frações” de água	Tempo de sucção por capilaridade
Composição química*	Compressibilidade
Concentração de matéria orgânica*	Lixiviação
pH e alcalinidade*	Força cisalhante
Carga das partículas	

Fonte: Barroso (2009).

* Caracterização da avaliação do potencial poluidor de resíduos de ETAs.

3.2 Tratamento dos Lodos

Coelho *et al* (2011) afirmam que o gerenciamento adequado do lodo gerado tem caráter especial por tratar a ideia de redução de geração de resíduos ligada a economia de matéria-prima, afetando diretamente os custos de operação. Uma vez que a ETA é vista como uma indústria, seu efluente é tratado como resíduo industrial. Sendo assim, deve passar pelo mesmo conceito de gerenciamento de resíduos sólidos, passando pela minimização da geração dos resíduos, reutilização, reciclagem e disposição final.

O tratamento de lodo visa obter condições adequadas para a sua disposição final, processo que envolve a remoção de água para concentrar os sólidos e chegar a um estado final sólido ou semi-sólido (RICHTER, 2001).

Von Sperling (2005) mostra as principais etapas do gerenciamento de lodos:

- Adensamento: processo físico que visa reduzir sua umidade e, em decorrência, seu volume;
- Estabilização: processo de remoção da matéria orgânica e sólidos voláteis do lodo que visam atenuar os maus odores no seu processamento;
- Condicionamento: preparação para a desidratação;
- Desaguamento ou desidratação: remoção de água e redução ainda maior da umidade, deixando o lodo com comportamento mecânico próximo ao dos sólidos;
- Higienização: remoção de organismos patogênicos;
- Disposição final: destinação final aos subprodutos.

A etapa de adensamento é realizada para remover o máximo de água possível antes da desidratação final do lodo, sendo usualmente realizada por decantação (RICHTER, 2001).

Andreoli *et al* (2006) mostram que a principal etapa do tratamento de efluentes de ETAs é o desaguamento, etapa em que o lodo é reduzido facilitando seu manuseio, transporte e destinação final, e que pode ser realizado de duas formas:

- a. Sistema de secagem natural: lagoas de lodo e leitos de secagem;
- b. Sistema de desidratação mecânica: centrífuga, filtro a vácuo, filtro prensa e prensa desaguadora.

Grandin, Além Sobrinho e Garcia Jr. (1993) *apud* Andreoli *et al*(2006) ressaltam as vantagens de se usar o sistema mecânico: menor área de implantação, independências das condições meteorológicas e

minimização de certos impactos ambientais. Por outro lado, o método é mais sensível a alterações na qualidade e quantidade do lodo e necessita que o lodo seja condicionado com polímeros. Silveira *et al* (2015) comprovam a eficiência de leitos de secagem como técnica de desidratação de lodo e afirma a contribuição de fatores climáticos para a eficiência do estudo.

A Tabela 6 apresenta as principais características dos processos de desidratação de lodos de acordo com Von Sperling (2005):

Tabela 6. Principais características dos processos de desidratação de lodo.

Características	Processos Naturais		Processos Mecanizados	
	Leitos de Secagem	Centrífugas	Filtros Prensa	Prensas Desaguadoras
Demanda de área	+++	+	+	+
Demanda de energia	-	++	+++	++
Custo de implantação	+	+++	++	++
Complexidade operacional	+	++	+++	++
Demanda de manutenção	+	++	+++	+++
Complexidade de instalação	+	++	++	++
Influência do clima	+++	+	+	+
Sensibilidade à qualidade do lodo	+	+++	++	++
Produtos químicos	+	+++	+++	+++
Complexidade de remoção de lodo	++	+	+	+
Teor de sólidos totais no lodo desidratado	+++	++	+++	++
Odores e vetores	++	+	+	+
Ruídos e vibrações	-	+++	++	++
Contaminação do lençol freático	++	+	+	+

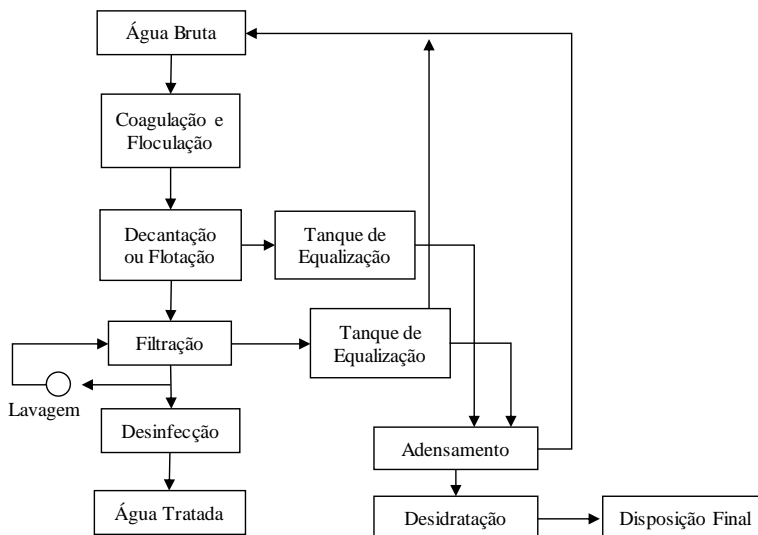
Fonte: Von Sperling (2005).

Legenda: + pouca significância; ++ média significância; +++ grande significância.

Segundo Kawamura (2000) *apud* Richter (2001) os custos dos processos de desidratação de lodo crescem de acordo com a seguinte sequência: prensa desidratadora, centrífuga, filtração à vácuo e leito de secagem.

Na Figura 2 pode-se observar um fluxograma de uma ETA convencional com tratamento de lodos.

Figura 2. Fluxograma de uma ETA convencional com tratamento de lodo.



Fonte: Adaptado de Richter (2001).

Em geral, devido ao baixo conteúdo orgânico e contaminação sanitária, o lodo de ETA pode dispensar algumas etapas de tratamento como a estabilização e a higienização (ANDREOLI *et al*, 2006).

Depois do processo de desaguamento, a definição final do destino do lodo se configura a segunda etapa mais importante no tratamento do lodo da ETA e uma das mais difíceis para os administradores do sistema por envolver elevados custos de transporte e diversas restrições ambientais (RICHTER, 2001).

Wagner (2014) afirma quanto à disposição final do subproduto do deságue do lodo, que muitos estudos vêm sendo realizados com lodo de ETA utilizando-o em aplicações controladas em solos degradados (BITTENCOURT *et al*, 2012; COLINO, 2006), fabricação de materiais cerâmicos (MEDEIROS *et al*, 2010; TARTARI *et al*, 2011) e aplicação em concreto (SOUZA, 2010).

Uma outra alternativa para o descarte do lodo de ETA é a disposição em aterros sanitários, com (GONÇALVES, 1999) ou sem (GUERRA, 2005) a recuperação e reciclagem dos coagulantes com descarte do lodo excedente em aterros.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Ao se traçar a metodologia para o estudo das alternativas de tratamento de lodo para as Estações de Tratamento de Água utilizou-se um conjunto de etapas, seguidas geralmente em pesquisas definidas como estudos de caso. Gil (2002) define as principais etapas como:

- Formulação do problema;
- Definição da unidade-caso e determinação do número de casos;
- Coleta de dados;
- Avaliação e análise dos dados.

As atividades realizadas em cada etapa são descritas nos tópicos a seguir:

4.1 Formulação do Problema

A formulação do problema constitui a etapa inicial do trabalho e, de acordo com Gil (2002), necessita de um processo de reflexão e imersão em fontes bibliográficas a fim de determinar quais são as respostas para a causa de determinados eventos.

A problemática desse trabalho foi construída após a percepção do crescimento da conscientização ambiental, no que concerne às Estações de Tratamento de Água, e da consciência de se adequar às leis vigentes no país. Após realizou-se pesquisas em literaturas técnicas visando encontrar outros estudos abordando a mesma problemática e conversou-se informalmente com profissionais de vasta experiência nesta área para verificar a importância e significância que o estudo teria.

4.2 Área de Estudo

A área de estudo foi determinada na etapa de determinação da unidade-caso e determinação do número de casos analisados.

As unidades-caso no presente trabalho consistem em Estações de Tratamento de Água em Santa Catarina e foram selecionadas a partir da necessidade da prestadora de serviços de saneamento responsável pelo tratamento em se adequar às legislações vigentes e modernizar suas estações.

O estudo foi desenvolvido em parceria com a empresa MPB Engenharia, empresa privada de engenharia consultiva em meio ambiente e recursos hídricos, com sede em Florianópolis/SC, visando

cumprir o contrato firmado pela empresa com a prestadora de serviços de saneamento dos municípios abordados no estudo.

O Estado de Santa Catarina encontra-se na região Sul do Brasil, possui 295 municípios e atualmente é subdividido em 6 mesorregiões político-administrativas (IBGE, 2015).

Fizeram parte do estudo 14 Estações de Tratamento de Água localizadas em 13 municípios distribuídos por 4 mesorregiões do Estado de Santa Catarina, sendo elas: norte catarinense, oeste catarinense, sul catarinense e Vale do Itajaí.

4.3 Coleta de Dados

Yin (2001) *apud* Gil (2002) afirma que em estudos de caso a utilização de múltiplas fontes de informação constitui o principal recurso para garantir a significância e a fidedignidade aos resultados coletados.

Segundo Ventura (2007) há uma pluralidade de procedimentos a serem utilizados como métodos de coleta em estudos de caso, sendo tanto qualitativos como quantitativos, como: observação, conversa informal, entrevista, análise de dados e documentos, entre outros.

Nesse caso, a coleta de dados, foi organizada em 3 etapas: análise documental, visitas técnicas e coleta de efluentes, descritas a seguir:

4.3.1 Caracterização dos Municípios

Para caracterização dos municípios foi elaborado uma tabela com os dados que abordam o número de habitantes, área, densidade demográfica, atividade econômica e região do Estado, que permitiram traçar um panorama de cada município e seu abastecimento. A obtenção de dados ocorreu através de análise documental em órgãos governamentais (IBGE) e documentos cedidos pela prestadora de serviços de saneamento.

Além da obtenção de dados por meio de pesquisa documental obtiveram-se informações em conversas informais com responsáveis pelo sistema de abastecimento de cada município.

Essa caracterização geral dos municípios em que as estações estão instaladas é apresentada na Tabela 7. Os nomes dos municípios foram ocultados para preservar o nome da prestadora de serviços responsável pelos sistemas, sendo identificados com a letra S – Sul, N – Norte, O – Oeste e VI – do Vale do Itajaí.

Tabela 7. Caracterização dos municípios em estudo por região.

Municípios	População (hab)	Área (km ²)	Densidade demográfica (hab/km ²)	Principais atividades econômicas	Região do Estado de Santa Catarina	
Sul	S-1	29.018	211,864	136,97	Agricultura, indústria de transformação e pecuária	Sul
	S-2	40.170	182,929	219,59	Indústria, comércio e turismo	Sul
	S-3 e S-4	51.562	336,396	116,77	Pesca e turismo	Sul
Vale do Itajaí	VI-1	17.078	99,424	171,79	Turismo, pesca e agricultura	Litoral Norte
	VI-2	22.386	140,351	159,78	Pesca, agricultura e turismo	Litoral Norte
	VI-3	54.854	430,79	127,33	Indústria	Médio Vale do Itajaí
	VI-4	22.250	336,929	66,04	Agricultura	Alto Vale do Itajaí
	VI-5	12.355	252,884	48,86	Indústria de confecções, beneficiamento de açúcar e cultivo de arroz irrigado	Vale do Itajaí
Norte	N-1	52.765	1.140,39	46,27	Indústria e comércio	Planalto Norte
	N-2	55.313	1.404,03	37,69	Agropecuária e indústria	Planalto Norte
Oeste	O-1	68.621	799,449	85,79	Agroindústria	Meio-oeste
	O-2	21.792	356,316	60,45	Agropecuária e indústria de massas e biscoitos	Oeste
	O-3	25.713	293,279	87,67	Agropecuária e agroindústria	Oeste

Fonte: Adaptado de IBGE (2010) e CIASC (2016).

4.3.2 Visitas Técnicas e Caracterização das ETA

Visitas técnicas foram realizadas à cada ETA durante um mês, com acompanhamento de seus operadores, para analisar os processos de tratamento de água de cada estação, bem como caracterizá-la visando auxiliar nos estudos de tratamento de efluentes posteriores. As visitas técnicas foram realizadas em 4 etapas, sendo cada etapa uma região do Estado visitada, selecionando as estações seguindo critérios de proximidade.

Estas visitas foram realizadas pelo pesquisador em todas as 14 estações selecionadas, com pelo menos uma visita à cada estação. Teve como objetivo conhecer a estação e coletar amostras dos efluentes. Assim em cada visita técnica foi verificado: análise documental da ETA e observação dos aspectos: vazão de operação, coagulante e demais produtos químicos utilizados, estrutura e destinação final do efluente.

Dados técnicos relacionados à operação das estações de tratamento, contidos no Banco de Dados Operacionais – BADOP, foram cedidos pela empresa prestadora dos serviços e tiveram sua veracidade checada em campo durante as visitas.

Além da análise documental, a obtenção de informações valeu-se de conversas informais com responsáveis pelos sistemas de abastecimento e operadores das estações que acompanharam as visitas.

Após a verificação dos dados operacionais, fez-se a comparação da planta baixa com a estrutura atual das estações para verificar as inconformidades e novas instalações não contidas nas plantas.

Os dados obtidos foram registrados em planilhas do Excel, e as unidades de tratamento e suas instalações foram fotografadas para comprovar o que foi observado em campo e posterior análise.

Após observar e analisar todos os processos, unidades de tratamento e instalações da ETA foram realizadas as coletas do efluente gerado pela retrolavagem dos filtros e purga dos decantadores.

4.3.3 Coleta do Lodo e Análises Laboratoriais

Portella *et al* (2003) afirmam em seus estudos de caracterização de lodo de ETA que primeiro é necessário conhecer as características dos lodos da ETA para se encontrar uma destinação final adequada ao resíduo.

Sendo assim foram realizadas coletas de amostras de efluente nas retrolavagens dos filtros e purga dos decantadores durante as visitas técnicas às ETAs. A realização das coletas não alterou o horário de limpeza padrão dos filtros e decantadores na ETA, sendo realizada de acordo com a rotina de cada estação.

A coleta do lodo proveniente da retrolavagem dos filtros foi realizada após o esvaziamento total de um filtro escolhido aleatoriamente, então inverteu-se o fluxo da água no filtro para realizar sua limpeza e coletou-se com um recipiente aproximadamente 10 litros, no fim da tubulação de saída, do primeiro lodo descartado. Para coletar o lodo sedimentado nos decantadores realizou-se a coleta em um recipiente com aproximadamente 10 litros do lodo inicial descartado, no fim da tubulação de saída do decantador.

Com as coletas realizadas, separaram-se 4 litros de forma homogênea, de cada amostra (filtro e decantador) de cada ETA, fazendo posteriormente análise laboratorial.

Os parâmetros analisados e os códigos das metodologias analíticas utilizadas em laboratório para quantificar os parâmetros estão descritos na Tabela 8e foram estabelecidos de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*(2005).

Tabela 8. Códigos das metodologias utilizadas para quantificação dos parâmetros adotados.

Parâmetro	Unidade	Método
Alcalinidade Total	mg/L	SM 2320 B
Alumínio Total	mg/L	SM 3500 - Al B
Cádmio Total	mg/L	SM 3113 B
Chumbo Total	mg/L	SM 3113 B
Cloreto	mg/L	SM 4110 B
Cloro Livre	mg/L	SM 4500 Cl G
Cobre Total	mg/L	SM 3111 B
Coliforme Total	NMP/100mL	SM 9221 E
Cor Aparente	mg/L	SM 2120 C
Cromo Total	mg/L	SM 3113 B
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	SM 5220 D
Detergente	mg/L	SM 5540 C
Dureza Total	mg/L	SM 2340 C
Escherichia Coli	NMP/100mL	SM 9121 F
Ferro Total	mg/L	SM 3500 Fe B
Fluoreto	mg/L	SM 4110 B
Manganês	mg/L	SM 3111 B
Nitrato (N-NO3)	mg/L	SM 4110 B
Nitrito (N-NO2)	mg/L	SM 4500-NO2 B
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	SM 4500 F
pH	-----	SM 4500 H B
Sódio	mg/L	SM 3500 Na B
Sólido Dissolvido Fixo	mg/L	SM 2540 E
Sólido Dissolvido Volátil	mg/L	SM 2540 E
Sólido Sedimentável	mL/L	SM 2540 F
Sólido Suspenso Fixo	mg/L	SM 2540 E
Sólido Suspenso Total	mg/L	SM 2540 D
Sólido Suspenso Volátil	mg/L	SM 2540 E
Sólido Total Dissolvido Seco a 104°C	mg/L	SM 2540 B
Sólido Total Fixo	mg/L	SM 2540 E
Sólido Total Seco a 104°C	mg/L	SM 2540 B
Sólido Total Volátil	mg/L	SM 2540 E
Sulfato	mg/L	SM 4110 B
Sulfeto	mg/L	SM 4500 S2 H
Temperatura	°C	---
Turbidez	NTU	SM 2130 B
Zinco Total	mg/L	SM 3111 B

Fonte: Pesquisador, 2016.

4.4 Avaliação e Análise dos Dados

A etapa final consiste em avaliar quais os dados relevantes e significativos para o estudo e suas análises e interpretações.

Para Ventura (2007) a seleção dos dados deve considerar os objetivos estabelecidos no trabalho, seus limites e um sistema de referências em que se pode avaliar quais dados serão úteis ao pesquisador.

A fim de enquadrar as informações coletadas e organizadas dentro dos objetivos traçados e realizar uma análise qualitativa das estações de tratamento e seus efluentes, decidiu-se não trabalhar com alguns dados quantitativos obtidos como estimativas populacionais, medições das áreas úteis construtivas no terreno das estações, quantificações do volume de efluentes gerados e utilizar somente dados como: vazão de operação e características físico-químicas dos efluentes.

Sendo assim, foi realizado uma análise descritiva com base na literatura relacionado ao tema, observando as particularidades de cada estação e efluente, analisando a aplicabilidade dos indicadores existentes e identificando lacunas e dificuldades no que tange à avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos. Esta análise possibilitou propor alternativa de tratamento adequado aos efluentes para as 14 estações de tratamento com recirculação de lodo, de modo a minimizar impactos ambientais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização das Estações de Tratamento de Água

As Estações de Tratamento de Água avaliadas no trabalho são, em sua totalidade, do tipo Convencional, possuem faixas de vazões instaladas entre 20 e 290 L/s e operam com vazões médias mensais entre 20 e 212 L/s. Observou-se que 6 estações, convencionais ou compactas, operam com vazões acima da capacidade instalada.

Em relação aos coagulantes utilizados, apenas 4 estações utilizam o sulfato de alumínio enquanto que as outras 10 utilizam o policloreto de alumínio - PAC.

A disposição atual do lodo gerado em quase todas as estações vem sendo o lançamento direto em cursos d'água sem nenhum tratamento prévio, e, na maioria dos casos, o curso d'água é o próprio manancial em que a água bruta é captada.

Enquanto que as principais informações foram sintetizadas em uma tabela encontrada no Apêndice A, a caracterização completa de cada ETA pode ser observada a seguir:

5.1.1 Sul Catarinense

5.1.1.1 Município S-1

A Estação de Tratamento de Água adota o sistema convencional de tratamento e, segundo o BADOP, atualmente opera com vazões acima do limite de projeto, algumas vezes com picos de vazão até 50% acima do limite. Com vazão de projeto de 50 L/s, segue operando com vazão média mensal de 64 L/s.

O caminho percorrido pela água bruta até ser tratada é realizado por meio das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, calha Parshall, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento.

Ao chegar na estação a água bruta é acumulada numa caixa redutora de velocidade e de equalização da vazão para depois prosseguir para a calha Parshall instalada, local onde é realizada a dosagem do coagulante no tratamento. O coagulante utilizado, por sua vez, é o sulfato de alumínio e sua dosagem vêm absorvendo bem as oscilações de vazão da ETA.

Figura 3. Caixa de amortização e calha Parshall.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Por gravidade a água coagulada segue para as unidades de floculação hidráulica. Nessa unidade ocorre também a aplicação de polímero facilitador de aglutinação de partículas. Em relação a sua limpeza, a estação interrompe a entrada da água bruta para o descarte do lodo acumulado a cada intervalo de 30 a 45 dias, com esvaziamento total do tanque de floculação.

O tratamento segue para as duas unidades de decantação de alta taxa através de tubulações. Por tratar-se de um decantador de alta taxa, seu fundo conta com inclinação de 60° para acumulação do lodo formado nessa etapa. Para a retirada do lodo acumulado e limpeza do decantador, esvazia-se totalmente uma unidade a cada 30 ou 45 dias e com auxílio de uma mangueira é retirado o excesso de lodo. O tempo de limpeza de uma unidade é de cerca de uma hora e meia, não sendo necessária a interrupção do tratamento.

O tratamento ainda conta com 4 filtros com leitos duplos de areia e antracito e fluxo descendente. A limpeza de cada filtro é realizada duas vezes ao dia, com duração de 10 minutos e fluxo ascendente. Durante a lavagem, é interrompida a entrada de água decantada nos outros 3 filtros e concentra-se a vazão de entrada da ETA na retrolavagem.

Figura 4. Floculador, decantadores e filtros da estação de tratamento.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Após a filtração, a água filtrada é destinada ao tanque de contato para desinfecção e fluoretação. Nessa unidade é realizada a desinfecção com cloro gás enquanto que a fluoretação é feita com ácido fluossilícico. O tempo mínimo de contato é de 30 minutos, porém pela estação operar acima da vazão de projeto o tempo de contato atual é de 24 minutos.

Atualmente o efluente gerado é despejado na rede pluvial sem qualquer tratamento preliminar.

5.1.1.2 MunicípioS-2

A estação de tratamento adota o sistema convencional de tratamento e possui capacidade de tratamento instalada de 290 l/s porém opera atualmente abaixo de sua capacidade com 212 l/s.

Figura 5. Área para instalação de possível tratamento de efluentes.



Fonte: Pesquisador, 2016.

A sequência de tratamentos em que passa a água bruta até ser tratada é realizada por meio das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, calha Parshall, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento em reservatórios.

Ao chegar na estação a água bruta é acumulada numa caixa redutora de velocidade e de equalização da vazão para depois prosseguir para a calha Parshall instalada, local onde é realizada a dosagem do coagulante e aplicada a barrilha. O coagulante utilizado, por sua vez, é o sulfato de alumínio.

A floculação é realizada em 3 módulos iguais subdivididos em câmaras que operam com agitadores mecânicos de eixo vertical tipo turbina e fluxo axial. A limpeza dos decantadores acontece em intervalo de 30 a 45 dias com o esvaziamento total do tanque e com auxílio do uso de mangueiras para remover o excesso de lodo.

A decantação ocorre em três módulos de alta taxa e placas paralelas sendo a remoção do lodo por pressão hidrostática através de descargas de fundo. Os decantadores são esvaziados totalmente para limpeza a cada 15 dias, com duração de cerca de 30 minutos, e também contam com auxílio de mangueiras para remoção do lodo acumulado.

A água decantada segue para os 4 filtros de fluxo descendente e camada dupla de areia e antracito. A lavagem de todos os filtros é realizada diariamente em contra-corrente (inversão de fluxo) e a duração média da limpeza de uma unidade é de 18 minutos. As águas de lavagem não são reaproveitadas na estação.

Após a filtração é realizada a desinfecção no tanque de contato com o cloro gás. No tanque de contato também são aplicados o ácido fluossilícico para a fluoretação e cal para a correção do pH.

Os efluentes gerados seguem todos para uma caixa de sedimentação de concreto, em que não são realizadas limpezas e cujo funcionamento é ineficiente, para após serem despejados na lagoa próxima a estação.

Figura 6. Caixa de sedimentação.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.1.3 Município S-3

A Estação de Tratamento de Água do tipo convencional possui capacidade máxima de operação instalada de 120 l/s e opera com média mensal de 105 l/s.

A sequência de tratamentos em que passa a água bruta até ser tratada é realizada por meio das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, vertedor com régua para leitura de vazão,

floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento em reservatórios.

A adição do coagulante sulfato de alumínio é realizada no vertedor localizado na entrada da estação, devido ao seu grau de agitação da água, e que realiza as leituras de vazões com auxílio de uma régua.

A água coagulada então segue para um único floculador. A unidade de floculação não realiza descargas de fundo para limpezas periódicas, sendo que a única forma da remoção do lodo acumulado é a sua dragagem esporádica para a lagoa de decantação.

A decantação é realizada em uma lagoa de decantação escavada no terreno da ETA. A limpeza do fundo da lagoa é realizada através de uma draga flutuante quando o lodo acumula e o volume da lagoa aumenta, sendo a duração e a frequência da limpeza variável com a quantidade de lodo acumulado.

O lodo dragado da lagoa é despejado em uma vala aberta no terreno vizinho à estação de onde segue para o curso d'água mais próximo.

A filtração é realizada em outra parte da estação distante aproximadamente 8 km das unidades primárias da ETA e é composta por 10 filtros de fluxo ascendente e dupla camada de areia e antracito. A limpeza dos filtros é realizada uma vez por semana na maior parte do ano e duas vezes semanais durante o verão.

Figura 7. Filtros da ETA.



Fonte: Pesquisador, 2016.

O tempo de lavagem de cada filtro é de aproximadamente 20 minutos e todo o efluente gerado é despejado no terreno vizinho à estação, que permanece sempre alagado.



Figura 8. Local de lançamento do efluente no terreno vizinho.

Fonte: Pesquisador, 2016.

Após a filtração é realizada a desinfecção no tanque de contato com o cloro gás. No tanque de contato também são aplicados o ácido fluossilícico para a fluoretacção e cal para a correção do pH.

5.1.1.4 Município S-4

A Estação de Tratamento de Água adota o sistema convencional de tratamento e opera com vazão média mensal de 21,54 l/s, acima da capacidade instalada de 20 l/s.

Figura 9. Área para instalação de possível tratamento de efluentes.



Fonte: Pesquisador, 2016.

A seqüência do tratamento se é realizada por meio das unidades seguintes: aerador, caixa redutora de velocidade, vertedor, floculador, decantador, filtro, tanque de contato e reservatório.

A água bruta captada em ponteiras no terreno da estação é destinada ao aerador para a remoção do ferro presente na água. No aerador é realizada também a dosagem do coagulante PAC e do hipoclorito de cal.

Em seguida a água segue para a caixa de redução de velocidade e para o vertedor retangular, onde a vazão é medida com utilização de uma régua.

O floculador hidráulico da ETA é de chicanas verticais e, segundo o operador da estação, nunca foi esvaziado para realização de sua limpeza. A estação também conta com dois decantadores convencionais com fluxo lento.

A filtração é realizada através de dois filtros fechados de fluxo descendente e camada dupla de areia e antracito. A limpeza dos filtros é realizada em contra-corrente a cada 2 dias com duração de 7 a 15 minutos. Após, a água filtrada segue então para a desinfecção com cloro gás, fluoretação com ácido fluossilícico e ajuste de pH.

Todo o efluente gerado na estação é lançado em uma lagoa localizada ao lado da estação de tratamento sem nenhum tratamento prévio.

Figura 10. Local de lançamento do efluente na lagoa ao lado da ETA.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.2 Vale do Itajaí

5.1.2.1 Município VI-1

A Estação de Tratamento de Água adota o sistema convencional de tratamento e, segundo o BADOP, atualmente opera com uma vazão média mensal de 154 l/s, sendo sua capacidade instalada de 220 l/s.

A ETA VI-1 conta com uma sequência de tratamento diferenciada e dividida em duas partes com a água bruta na entrada da estação seguindo para dois caminhos distintos. No primeiro deles a água bruta segue diretamente para o floculador hidráulico, onde se é aplicado o coagulante PAC. Após a coagulação e floculação a água segue para a decantação em uma lagoa escavada no terreno e para posterior bombeamento aos filtros, local em que as duas partes do tratamento se encontram.

No segundo caminho a água bruta segue para a calha Parshall, local onde é realizada a leitura da vazão e aplicado o coagulante PAC, e em seguida para o floculador hidráulico. Após a floculação a água segue para a decantação, por meio de 3 decantadores de alta taxa, e filtração.

A filtração das águas decantadas nas duas partes do tratamento ocorre em 6 filtros rápidos de fluxo descendente com leito duplo de areia e antracito. Os filtros em questão são retrolavados utilizando a carga hidráulica do reservatório elevado diariamente e com tempo médio de duração de 10 minutos por filtro. Após a filtração, a água segue para a desinfecção no tanque de contato e armazenamento em reservatórios.

Em relação aos efluentes gerados na estação constatou-se que cada efluente segue um processo. O efluente do floculador da primeira parte é enviado para uma lagoa de sedimentação de lodo situada ao lado da lagoa de decantação. O lodo da lagoa de decantação também é removido, anualmente e com auxílio de máquinas e tratores, para ser enviado a lagoa de sedimentação de lodo.

Por sua vez, a lagoa de sedimentação de lodo é limpa também uma vez ao ano onde seu clarificado é despejado sempre no curso de rio mais próximo à ETA e o lodo é acumulado até ser removido.

Figura 11. Lagoa de decantação da ETA.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Os efluentes da segunda parte (floculador hidráulico e decantador de alta taxa) são todos enviados diretamente ao mesmo rio sem nenhum tratamento preliminar, juntamente com as águas de lavagem dos filtros.

5.1.2.2 Município VI-2

A Estação de Tratamento de Água foi inicialmente projetada para realizar o tratamento da água por filtração direta ascendente porém passou por uma expansão e agora adota o sistema convencional de tratamento. Segundo o BADOP, atualmente opera com vazão média mensal de 118 l/s, sendo sua capacidade instalada de 150 l/s.

A sequência de tratamentos em que passa a água bruta até ser tratada é realizada por meio das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, vertedor com régua para leitura de vazão, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento em reservatórios.

A adição do coagulante PAC é realizada no vertedor localizado na entrada da estação, devido ao grau de agitação da água, e que realiza as leituras de vazões com auxílio de uma régua. Ainda no vertedor é realizada a dosagem de cloro para oxidar o ferro presente na água e facilitar a sua remoção.

A floculação ocorre em um floculador hidráulico de chicanas e madeira. Ao ser analisado, constatou-se que o floculador não possui descarga de fundo, o que impossibilita a remoção do lodo decantado, e muitas vezes opera afogado.

O decantador da ETA trata-se de uma lagoa escavada em forma de “U” no terreno. No final da lagoa encontra-se uma estação de recalque para bombear a água decantada aos 4 filtros de fluxo ascendente.

A limpeza da lagoa de decantação é realizada uma vez ao ano, com duração de 10 horas durante 3 dias, com dragas flutuantes que removem o lodo acumulado no fundo da lagoa e enviam a outras lagoas de sedimentação no próprio terreno da ETA. Enquanto que a limpeza dos filtros é realizada por inversão de fluxo em 2 filtros por dia. As águas de lavagem dos filtros, por sua vez, são lançadas diretamente no rio vizinho à ETA sem nenhum tratamento prévio.

Figura 12. Local de lançamento do lodo retirado da lagoa de decantação.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Após a filtração, a água segue para o tanque do contato para desinfecção com cloro, fluoretação com ácido fluossilícico e correção de pH com o geocálcio.

5.1.2.3 Município VI-3

A Estação de Tratamento de Água é dividida em duas partes: convencional e compacta.

A primeira, que adota o sistema convencional de tratamento, segundo o BADOP, atualmente opera com vazão média mensal de 127,8 l/s, sendo sua capacidade instalada de 184l/s.

A sequência de tratamentos em que passa a água bruta até ser tratada é realizada por meio das seguintes unidades de tratamento: calha Parshall, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento em reservatórios.

Figura 13. Unidades de tratamento da ETA.



Fonte: Pesquisador, 2016.

A adição do coagulante PAC é realizada na calha Parshall localizado na entrada da estação e, juntamente, é realizada a dosagem de cloro para oxidar o ferro presente na água e facilitar a sua remoção.

Após a coagulação a água segue por gravidade para o floculador hidráulico. O floculador, de acordo com o operação da ETA, tem sua limpeza realizada uma vez a cada 4 ou 6 meses sendo o seu efluente descartado diretamente no rio localizado próximo à estação.

A decantação ocorre em dois decantadores, sendo um convencional e outro de alta taxa. Para realizar a limpeza dos decantadores, a cada dois dias, é necessário a interrupção do tratamento da água. A filtração ocorre nos 10 filtros de fluxo ascendente e leito duplo de areia e antracito que são divididos em duas partes: 6 filtros destinam a água filtrada para o tanque de contato principal e os outros 4 para um tanque de contato secundário.

A lavagem dos filtros é realizada por dois conjuntos moto-bomba, sendo um de reserva, a cada 60 horas e com tempo de aproximado de 10 minutos por filtro. O destino das águas de lavagem dos filtros, assim como o lodo do decantador, segue o mesmo caminho do lodo do floculador, o rio localizado próximo à ETA.

A desinfecção é realizada posteriormente com o cloro gás e a fluoretação com fluossilicato de sódio.

A segunda parte do tratamento é realizada na ETA compacta em que a sequência do tratamento é dada praticamente da mesma forma que a ETA convencional porém é na Calha Parshall em que são feitas a medição da vazão e dosagens do PAC, cal e hipoclorito.

Em seguida, a água é encaminhada aos quatro floculadores mecânicos de paleta vertical. Após a floculação, a água é direcionada para dois decantadores em seguida é filtrada em dois filtros.

Para finalizar o processo, ocorre a desinfecção e fluoretação no tanque de contato. Todo o efluente gerado é descartado no mesmo rio que os efluentes da parte convencional.

Figura 14. Local de lançamento do efluente no rio.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.2.4 Município VI-4

Assim como a ETA VI-3, a VI-4 também é dividida em duas partes: convencional e compacta.

A primeira, que adota o sistema convencional de tratamento, segundo o BADOP, atualmente opera com vazões acima do limite de projeto. Com capacidade instalada de 50 l/s, segue operando com vazão média mensal de 54 l/s.

O caminho realizado pela água bruta até ser tratada é realizada por meio das seguintes unidades de tratamento: calha Parshall, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento.

Figura 15. Unidades de tratamento da ETA.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Ao chegar na estação a água bruta é destinada à calha Parshall instalada, local onde é dosado o coagulante PAC no tratamento.

Por gravidade a água coagulada segue para a unidade de floculação hidráulica constituída de 3 floculadores com múltiplas chicanas. Em relação a sua limpeza, o floculadores são esvaziados totalmente uma vez por mês para limpeza com mangueira e retirada do excesso de lodo.

A água floculada é conduzida então para dois decantadores de alta taxa dotados de placas paralelas inclinadas. Para a retirada do lodo acumulado e limpeza do decantador, esvazia-se totalmente uma unidade aproximadamente a cada 15 dias e com auxílio de uma mangueira é retirado o excesso de lodo.

A ETA conta também com 5 filtros rápidos de fluxo descendente e leito duplo com areia e antracito. A limpeza de todos os filtros é realizada por 2 conjuntos moto-bombas, sendo um de reserva, por 15 a 20 minutos cada filtro.

Ao final do tratamento ocorre a desinfecção com introdução de cloro gás, fluoretação com adição de flúor a partir da dosagem de fluossilicato de sódio e ajuste de pH com cal.

Todos os efluentes gerados na ETA são lançados sem tratamento preliminar no principal rio do município.

A segunda ETA, a parte compacta, possui capacidade instalada de 15 l/s. Sua sequência de tratamento é igual ao da ETA convencional: a água bruta é canalizada até a calha Parshall onde é feita a medição da vazão e dosagem do sulfato de alumínio, em seguida é direcionada ao floculador mecânico, decantador de alta taxa e aos filtros rápidos de fluxo ascendente e camada dupla de areia e antracito.

No final do tratamento ocorrem a desinfecção e fluoretação no tanque de contato.

A ETA compacta possui processos automatizados e realiza a purga do decantador através de eletroválvulas automatizadas. Todo o efluente gerado nos decantadores, bem como no floculador e nos filtros, é destinado ao mesmo rio que a ETA convencional.

5.1.2.5 Município VI-5

A Estação de Tratamento de Água é do tipo convencional, possui capacidade de tratamento instalada de 20 l/s e opera no seu limite.

A sequência de tratamento em que passa a água bruta até ser tratada dá-se através das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento em reservatórios.

Figura 16. Unidades de tratamento da ETA.



Fonte: Pesquisador, 2016.

A adição do coagulante sulfato de alumínio é realizada na caixa redutora de velocidade localizada na estrada da estação. Em seguida a água coagulada segue para o floculador mecânico onde é aplicado polímero para facilitar a aglutinação das partículas. A limpeza do floculador ocorre a num intervalo de 15 a 20 dias com interrupção do tratamento na ETA, esvaziamento total do tanque e uso de mangueiras para remover o lodo acumulado.

A decantação ocorre em 4 decantadores de alta taxa, sendo 2 tubulares e 2 com lonas de decantação inclinadas 60°. A limpeza dos decantadores é feita através de descargas de fundo diárias de 10 minutos e esvaziamento total dos decantadores a cada 15 ou 20 dias. No processo de limpeza dos decantadores o tratamento não necessita ser interrompido.

Os 4 filtros rápidos de fluxo descendente e leito duplo de areia e antracito são responsáveis pela filtração na ETA. A limpeza ocorre diariamente em contra-fluxo com duração de 10 minutos por filtro e as águas de lavagem não são reaproveitadas na estação.

Todos os efluentes gerados no floculador, decantadores e filtros são lançados sem nenhum tratamento preliminar na rede pluvial.

A desinfecção é realizada com cloro gás no tanque de contato e é acompanhada da adição de ácido fluossilícico para fluoretação e cal para correção do pH da água filtrada.

Figura 17. Área para instalação de possível tratamento de efluentes.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.3 Norte Catarinense

5.1.3.1 Município N-1

A Estação de Tratamento de Água adota o sistema convencional de tratamento e, segundo o BADOP, atualmente opera com vazões dentro do limite de projeto. Com capacidade instalada de 130 l/s, segue operando com vazão média mensal de 122 l/s.

Figura 18. Área para instalação de possível tratamento de efluentes.



Fonte: Pesquisador, 2016.

O caminho realizado pela água bruta até ser tratada dá-se através das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, calha Parshall, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação e armazenamento.

Ao chegar na estação a água bruta é acumulada numa caixa redutora de velocidade e de equalização da vazão para depois prosseguir para a calha Parshall instalada, local onde é dosado o coagulante, PAC, no tratamento.

Por gravidade a água coagulada segue para a unidade de floculação mecânica constituída de 4 câmaras com agitadores de

palhetas verticais operando em série. Em relação a sua limpeza, a estação interrompe a entrada da água bruta para o descarte do lodo acumulado a cada 3 meses, com esvaziamento total do tanque de floculação.

O tratamento segue para as duas unidades de decantação por meio de tubulações. Para a retirada do lodo acumulado e limpeza do decantador, esvazia-se totalmente uma unidade a cada 7 dias e com auxílio de uma mangueira é retirado o excesso de lodo, sem a necessidade de interrupção do tratamento.

O tratamento ainda conta com 4 filtros com leitos duplos de areia e antracito e fluxos descendentes que operam com nível constante. A limpeza é realizada em um ou dois filtros por dia, com duração de 20 minutos e fluxo ascendente. A rotina de limpeza dos filtros somente é alterada quando o mesmo apresenta alteração na turbidez da água, aumentando assim a frequência de limpezas.

Após a filtração, a água filtrada é destinada à um reservatório que opera também como tanque de contato para desinfecção e fluoretação. Nessa unidade é realizada a desinfecção com cloro gás enquanto que a fluoretação é feita com ácido fluossilícico e a correção do pH com cal.

Atualmente o efluente gerado é despejado no rio em que a captação é realizada sem qualquer tratamento preliminar.

Figura 19. Local de lançamento do efluente no rio.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.3.2 Município N-2

A Estação de Tratamento de Água é do tipo convencional, possui capacidade de tratamento instalada de 130 l/s e opera com vazão média mensal de 125 l/s.

A sequência de tratamentos em que passa a água bruta até ser tratada dá-se através das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, calha Parshall, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento em reservatórios.

Figura 20. Área para instalação de possível tratamento de efluentes.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Ao chegar na estação a água bruta é acumulada numa caixa redutora de velocidade e de equalização da vazão para depois prosseguir para a calha Parshall instalada, local onde é dosado o coagulante, PAC, no tratamento.

O floculador é formado por 5 câmaras de floculação mecânica com agitadores de eixo vertical que operam em série. A limpeza do floculador ocorre uma vez ao ano com o seu esvaziamento total para limpeza e descarte do lodo acumulado no fundo.

A decantação ocorre nos dois decantadores convencionais, porém, após o processo de ampliação da ETA foram adicionadas placas paralelas com inclinação de 60° para aumentar a taxa de sedimentação

da unidade. Apesar da estação contar com um projeto para limpeza automatizada dos decantadores, a limpeza ainda ocorre de forma manual a cada 30-45 dias com o esvaziamento total do decantador e auxílio de mangueiras para remoção do lodo.

Após a decantação a água segue para os 5 filtros rápidos de camada única de areia. A retrolavagem desses filtros é realizada em contra-corrente (inversão de fluxo) proporcionada pela carga hidráulica do reservatório elevado localizado da estação. Os filtros apresentam carreira de filtração de aproximadamente 22 horas e são limpos todos os dias com tempo de lavagem médio de 10 minutos por filtro.

A desinfecção da água filtrada ocorre no tanque de contato com a adição de cloro no estado gasoso. Ainda no tanque de contato é adicionado fluossilicato de sódio para a fluoretação.

Os efluentes gerados são destinados à unidade de tratamento de lodo localizada no terreno da ETA. Porém a unidade de tratamento, dotada de dois tanques de sedimentação e duas lagoas, encontra-se desativada e serve apenas como canal de passagem do efluente para a rede pluvial.

Figura 21. Estrutura desativada de tratamento de efluente.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.4 OesteCatarinense

5.1.4.1 Município O-1

A Estação de Tratamento de água adota o sistema convencional de tratamento e, segundo o BADOP, atualmente opera com vazões acima do limite de projeto. Com vazão de projeto de 190 l/s, segue operando com vazão média mensal de 194 l/s.

O caminho realizado pela água bruta até ser tratada dá-se através das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, calha Parshall, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento.

Figura 22. Unidades de tratamento da ETA.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Ao chegar na estação a água bruta é acumulada numa caixa redutora de velocidade e de equalização da vazão para depois prosseguir para a calha Parshall instalada, local onde é dosado o coagulante no tratamento. O coagulante utilizado, por sua vez, é o PAC.

A floculação, após a adição do coagulante, é realizada em dois floculadores hidráulicos e dotados de chicanas sendo que a sua limpeza, de acordo com o operador da ETA, não é realizada a pelo menos 3 anos.

A água floculada é conduzida então para dois decantadores de alta taxa dotados de placas paralelas inclinadas. Para a retirada do lodo acumulado e limpeza do decantador, esvazia-se totalmente uma unidade aproximadamente a cada 7 dias e com o auxílio de uma mangueira é retirado o excesso de lodo, sem a necessidade da interrupção do tratamento.

A filtração é realizada nos 6 filtros rápidos de fluxo descendente e camada dupla de areia e antracito. Na rotina de limpeza dos filtros, um filtro é limpo a cada 3 horas, logo, são realizadas as limpezas de 8 filtros por dia. A rotina de lavagem somente é alterada quando a turbidez atinge valores muito altos ou muito baixos.

Após a filtração é realizada a desinfecção no tanque de contato com cloro gás. No tanque de contato também são aplicados o ácido fluossilícico para a fluoretação e cal para a correção do pH.

Figura 23. Área para instalação de possível tratamento de efluentes.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.4.2 Município O-2

A Estação de Tratamento de Água adota o sistema convencional de tratamento e, de acordo com o BADOP, atualmente

opera a vazão média mensal de 23,1 l/s, acima do limite instalado de 20 l/s.

A sequência de tratamentos em que passa a água bruta até ser tratada é realizada por meio das seguintes unidades de tratamento: caixa redutora de velocidade, vertedor com régua para leitura de vazão, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento em reservatórios.

A adição do coagulante PAC é realizada no vertedor localizado na entrada da estação, devido ao grau de agitação da água, e que realiza as leituras de vazões com auxílio de uma régua.

A ETA conta com apenas um floculador mecânico, sendo sua limpeza realizada semanalmente, e 4 decantadores de alta taxa com fluxo ascendente e dotado de tubos de decantação. A limpeza dos decantadores também é realizada semanalmente a partir do esvaziamento total da ETA e com auxílio de lava-jatos durante duas horas para remoção total do lodo no fundo.

A filtração é realizada através de 4 filtros de fluxo ascendente e camada dupla de areia e antracito. A limpeza dos filtros é também realizada por fluxo ascendente semanalmente com duração média de 10 minutos por filtro não sendo necessária a interrupção da filtração nos outros filtros enquanto um está sendo lavado.

Após a filtração é realizada a desinfecção no tanque de contato com cloro gás. No tanque de contato também são aplicados o ácido fluossilícico para a fluoretação e cal para a correção do pH.

No mesmo terreno da ETA convencional está instalada uma ETA compacta operando com vazão média mensal de 17,73 l/s, acima do limite instalado de 15 l/s.

A sequência de tratamento se dá praticamente da mesma forma que a ETA convencional com calha Parshall e coagulação com PAC, floculação, decantação e filtração. A desinfecção é realizada no tanque de contato juntamente com a água filtrada da outra estação.

Os efluentes gerados nas duas ETAs são destinados ao mesmo local, o curso de rio que passa próximo às estações.

Figura 24. Local de lançamento do efluente no rio.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.4.3 Município O-3

No município O-3 estão instaladas, no mesmo terreno, duas ETAs convencionais em funcionamento, operando com vazão média mensal de 50,68l/s, e mais uma ETA compacta em fase de testes com vazão de 30 l/s.

As duas estações convencionais são idênticas e operam da mesma maneira, com vertedor com régua para leitura de vazão e dosagem do coagulante PAC, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação e armazenamento em reservatórios.

O floculador mecânico de eixo vertical e paletas verticais, os 8 decantadores de alta taxa com tubos de decantação e os 4 filtros de fluxo descendente com camadas duplas de areia e antracito são limpos juntos semanalmente, e, para isso, as ETAs interrompem seu tratamento para o esvaziamento de todas as unidades e a realização da limpeza.

Após a filtração é realizada a desinfecção no tanque de contato com o cloro gás. No tanque de contato também são aplicados o ácido fluossilícico para a fluoretação e cal para a correção do pH.

Na ETA compacta, em fase de instalação e testes, a sequência de tratamento é semelhante à convencional com a coagulação ocorrendo na calha Parshall com a adição do coagulante PAC e em seguida 4

floculadores mecânicos de eixo vertical e paletas, 2 decantadores de alta taxa e 4 filtros rápidos de fluxo ascendente e dupla camada.

Os efluentes gerados na ETAs convencionais são lançados no rio localizado próximo ao terreno das ETAs sem nenhum pré-tratamento enquanto que os efluentes gerados na ETA compacta seguem destinos diferentes: o lodo acumulado nos floculadores e decantadores é destinado ao leito de secagem instalado no mesmo terreno da ETA e as águas de lavagem dos filtros é destinada ao tanque de recuperação de água de lavagem de filtros para então ser recirculada no processo de tratamento.

Figura 25. Tanques de sedimentação da ETA.



Fonte: Pesquisador, 2016.

5.1.5 Caracterização dos Efluentes Gerados

Comparando-se os resultados das análises dos efluentes provenientes tanto das lavagens e descargas de filtros como dos decantadores, observados nas Tabelas 9 à 14, com os encontrados na literatura observou-se que tais resultados se apresentaram semelhantes, uma vez que quase todos os parâmetros se encontram dentro dos intervalos de valores esperados para os efluentes de estações de tratamento de água do tipo convencional (BARROSO, 2001; RICHTER, 2001; ANDREOLI *et al*, 2006)

Porém, ao comparar os resultados de parâmetro entre as estações nota-se algumas discrepâncias de valores, que podem ocorrer devido aos tipos de produtos químicos utilizados, à qualidade do tratamento realizado em cada ETA ou à qualidade da água do manancial a ser tratada.

Observando os resultados em geral, percebe-se que alguns parâmetros indicam que as etapas de tratamento da estação estão operando corretamente. Os decantadores, como função, recebem os flocos maiores e mais pesados diretamente do flocculador e é a unidade onde ocorre a produção do efluente mais concentrado, e por isso devem apresentar concentrações mais significativas em relação aos efluentes dos filtros em parâmetros como: Cor Aparente, Demanda Química de Oxigênio, Sólidos Dissolvidos, Suspensos, Sedimentáveis e Totais e Turbidez. Entretanto, são nos filtros que são gerados os maiores volumes de efluentes devido a sua maior frequência de lavagem e descarga.

Tabela 9. Resultados das análises das águas de lavagem dos filtros – Parte 1.

RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DOS FILTROS						
Parâmetros	Unidades	S-1	S-2	S-3	S-4	VI-1
Alcalinidade Total	mg/L	6,00	8,00	4,00	34,00	2,00
Alumínio Total	mg/L	0,13	0,10	0,08	0,08	7,14
Cádmio Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chumbo Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cloreto	mg/L	4,10	5,10	13,70	31,90	15,00
Cloro Livre	mg/L	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cobre Total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coliforme Total	NMP/100mL	30,00	2,00	Ausência	Ausência	30,00
Cor Aparente	mg/L	23,20	828,00	1.080,80	1.018,30	4.577,00
Cromo Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	40,70	53,00	76,00	77,00	40,70
Detergente	mg/L	0,40	0,40	1,71	0,40	0,45
Dureza Total	mg/L	14,00	14,00	72,00	114,00	68,00
Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	1,00	Ausência	Ausência	Ausência
Ferro Total	mg/L	0,20	6,70	3,45	31,75	6,35
Fluoreto	mg/L	0,01	0,10	0,01	0,14	0,01
Manganês	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,04	0,13
Nitrato (N-NO3)	mg/L	0,46	0,22	0,07	0,87	0,09
Nítrito (N-NO2)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	Ausência	0,25	0,04	0,53	0,17
Ovos Viáveis de Helmintos	ovo/g de ST	0,04	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
pH	-----	5,77	5,96	5,63	6,80	5,12
Sódio	mg/L	5,61	16,19	14,57	26,41	7,19
Sólido Dissolvido Fixo	mg/L	10,00	37,00	42,00	105,00	27,00
Sólido Dissolvido Volátil	mg/L	73,00	46,00	120,00	94,00	69,00
Sólido Sedimentável	mL/L	1,00	48,00	-	160,00	6,00
Sólido Suspenso Fixo	mg/L	10,00	48,00	26,00	240,00	24,00
Sólido Suspenso Total	mg/L	12,00	108,00	100,00	460,00	88,00
Sólido Suspenso Volátil	mg/L	12,00	60,00	74,00	220,00	64,00
Sólido Total Dissolvido Seco a 104°C	mg/L	73,00	83,00	162,00	199,00	96,00
Sólido Total Fixo	mg/L	10,00	86,00	68,00	345,00	51,00
Sólido Total Seco a 104°C	mg/L	85,00	191,00	262,00	659,00	184,00
Sólido Total Volátil	mg/L	85,00	106,00	194,00	314,00	133,00
Sulfato	mg/L	10,43	22,14	38,60	25,66	5,38
Sulfeto	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Temperatura	°C	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	3,28	76,20	77,30	40,56	73,30
Zinco Total	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Fonte: Pesquisador (2016)

Tabela 10. Resultados das análises das águas de lavagem dos filtros – Parte 2.

RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DOS FILTROS						
Parâmetros	Unidades	VI-2	VI-3	VI-4	VI-5	N-1
Alcalinidade Total	mg/L	8,00	6,00	2,00	2,00	6,00
Alumínio Total	mg/L	10,44	9,12	8,04	5,58	8,04
Cádmio Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chumbo Total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto	mg/L	24,50	12,20	3,20	2,20	9,30
Cloro Livre	mg/L	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cobre Total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01
Coliforme Total	NMP/100mL	40,00	1,00	Ausência	120,00	30,00
Cor Aparente	mg/L	1.838,00	2.893,00	142,00	1.070,00	1.420,00
Cromo Total	mg/L	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	118,00	60,00	40,70	40,70	77,00
Detergente	mg/L	0,47	0,87	0,66	1,04	0,61
Dureza Total	mg/L	26,00	14,00	38,00	24,00	24,00
Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência	23,00	12,00
Ferro Total	mg/L	7,20	2,43	2,17	1,65	3,90
Fluoreto	mg/L	0,23	0,01	0,27	0,01	0,09
Manganês	mg/L	0,23	4,10	0,68	0,49	1,15
Nitrato (N-NO3)	mg/L	0,07	0,89	1,55	0,87	0,76
Nitrito (N-NO2)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	0,36	0,17	0,21	0,04	0,04
Ovos Viáveis de Helmintos	ovo/g de ST	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
pH	-----	4,80	5,71	4,95	4,44	5,94
Sódio	mg/L	7,03	5,97	4,29	3,71	5,33
Sólido Dissolvido Fixo	mg/L	10,00	101,00	95,00	30,00	71,00
Sólido Dissolvido Volátil	mg/L	10,00	29,00	42,00	22,00	89,00
Sólido Sedimentável	mL/L	21,00	13,00	3,00	1,80	23,00
Sólido Suspenso Fixo	mg/L	61,00	234,00	108,00	64,00	70,00
Sólido Suspenso Total	mg/L	140,00	302,00	156,00	110,00	158,00
Sólido Suspenso Volátil	mg/L	79,00	68,00	48,00	46,00	88,00
Sólido Total Dissolvido Seco a 104°C	mg/L	16,00	130,00	137,00	52,00	160,00
Sólido Total Fixo	mg/L	68,00	335,00	203,00	94,00	141,00
Sólido Total Seco a 104°C	mg/L	156,00	432,00	293,00	162,00	318,00
Sólido Total Volátil	mg/L	88,00	97,00	90,00	68,00	177,00
Sulfato	mg/L	6,22	3,71	41,00	54,33	33,37
Sulfeto	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Temperatura	°C	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	42,32	418,20	124,70	113,50	117,92
Zinco Total	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Fonte: Pesquisador (2016)

Tabela 11. Resultados das análises das águas de lavagem dos filtros – Parte 3.

RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DOS FILTROS						
Parâmetros	Unidades	N-2	O-1	O-2	O-3	Média
Alcalinidade Total	mg/L	8,00	14,00	26,00	16,00	10,14
Alumínio Total	mg/L	7,68	0,82	0,76	0,37	4,17
Cádmio Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chumbo Total	mg/L	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Cloreto	mg/L	9,60	7,50	8,00	4,10	10,74
Cloro Livre	mg/L	0,10	0,10	0,58	0,15	0,14
Cobre Total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coliforme Total	NMP/100mL	23,00	120,00	160,00	110,00	47,57
Cor Aparente	mg/L	2.986,60	2.929,10	700,00	2.120,80	1.687,63
Cromo Total	mg/L	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	153,00	40,70	40,70	40,70	64,21
Detergente	mg/L	0,40	0,40	0,40	0,40	0,62
Dureza Total	mg/L	28,00	26,00	38,00	28,00	37,71
Escherichia Coli	NMP/100mL	2,00	Ausência	Ausência	Ausência	2,71
Ferro Total	mg/L	4,50	9,25	3,75	3,95	6,23
Fluoreto	mg/L	0,08	0,28	0,11	0,01	0,10
Manganês	mg/L	2,25	0,04	0,04	0,04	0,67
Nitrato (N-NO3)	mg/L	0,95	4,96	1,05	1,00	0,99
Nitrito (N-NO2)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	0,04	0,36	0,46	0,57	0,23
Ovos Viáveis de Helmintos	ovo/g de ST	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	0,00
pH	----	6,06	6,63	6,58	6,59	5,78
Sódio	mg/L	6,02	3,72	3,82	2,80	8,05
Sólido Dissolvido Fixo	mg/L	36,00	52,00	37,00	10,00	47,36
Sólido Dissolvido Volátil	mg/L	14,00	41,00	38,00	67,00	53,86
Sólido Sedimentável	mL/L	29,00	31,00	17,00	2,90	25,48
Sólido Suspenso Fixo	mg/L	376,00	220,00	82,00	10,00	112,36
Sólido Suspenso Total	mg/L	504,00	388,00	166,00	48,00	195,71
Sólido Suspenso Volátil	mg/L	128,00	168,00	84,00	48,00	84,79
Sólido Total Dissolvido Seco a 104°C	mg/L	50,00	93,00	75,00	67,00	99,50
Sólido Total Fixo	mg/L	412,00	272,00	119,00	10,00	158,14
Sólido Total Seco a 104°C	mg/L	554,00	481,00	241,00	115,00	295,21
Sólido Total Volátil	mg/L	132,00	209,00	122,00	115,00	137,86
Sulfato	mg/L	1,84	1,51	1,20	0,66	17,58
Sulfeto	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Temperatura	°C	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	440,80	422,40	97,44	39,84	149,13
Zinco Total	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Fonte: Pesquisador (2016)

Tabela 12. Resultados das análises do lodo das purgas dos decantadores – Parte 1.

RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS DO LODO DAS PURGA DOS DECANTADORES						
Parâmetros	Unidades	S-1	S-2	S-3	S-4	VI-1
Alcalinidade Total	mg/L	8,00	10,00	6,00	42,00	56,00
Alumínio Total	mg/L	0,08	0,14	0,08	0,08	10,08
Cádmio Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chumbo Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cloreto	mg/L	2,90	3,40	14,30	57,30	15,10
Cloro Livre	mg/L	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cobre Total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coliforme Total	NMP/100mL	70,00	1,00	Ausência	23,00	30,00
Cor Aparente	mg/L	3.587,50	12.258,00	23.125,00	4.880,00	28.750,00
Cromo Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	595,00	2.165,00	1.645,00	640,00	1.285,00
Detergente	mg/L	1,23	0,79	1,36	0,40	0,61
Dureza Total	mg/L	84,00	44,00	112,00	164,00	46,00
Escherichia Coli	NMP/100mL	50,00	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Ferro Total	mg/L	70,60	274,00	222,50	139,50	45,00
Fluoreto	mg/L	0,13	0,01	0,01	0,10	0,15
Manganês	mg/L	0,04	0,04	0,07	0,04	15,25
Nitrato (N-NO3)	mg/L	0,33	0,19	0,07	0,80	0,10
Nitrato (N-NO2)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	0,04	0,47	1,08	1,41	0,26
Ovos Viáveis de Helmintos	ovo/g de ST	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
pH	-----	5,26	5,66	5,54	6,57	4,82
Sódio	mg/L	3,89	19,98	15,22	32,66	7,61
Sólido Dissolvido Fixo	mg/L	54,00	56,00	59,00	140,00	298,00
Sólido Dissolvido Volátil	mg/L	31,00	28,00	60,00	91,00	168,00
Sólido Sedimentável	mL/L	82,00	900,00	900,00	850,00	590,00
Sólido Suspenso Fixo	mg/L	1.350,00	3.090,00	1.800,00	1.164,00	2.852,00
Sólido Suspenso Total	mg/L	2.130,00	4.870,00	3.740,00	1.920,00	4.464,00
Sólido Suspenso Volátil	mg/L	780,00	1.780,00	1.940,00	756,00	1.612,00
Sólido Total Dissolvido Seco a 104°C	mg/L	85,00	84,00	119,00	231,00	466,00
Sólido Total Fixo	mg/L	1.404,00	3.146,00	1.859,00	1.304,00	3.150,00
Sólido Total Seco a 104°C	mg/L	2.215,00	4.954,00	3.859,00	2.151,00	4.930,00
Sólido Total Volátil	mg/L	811,00	1.808,00	2.000,00	847,00	1.780,00
Sulfato	mg/L	12,42	32,78	101,86	29,01	5,70
Sulfeto	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Temperatura	°C	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	1.710,40	1.858,60	1.690,40	292,00	61.440,00
Zinco Total	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Fonte: Pesquisador (2016)

Tabela 13. Resultados das análises do lodo das purgas dos decantadores – Parte 2.

RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS DO LODO DAS PURGA DOS DECANTADORES							
Parâmetros	Unidades	VI-2	VI-3	VI-4	VI-5	N-1	
Alcalinidade Total	mg/L	92,00	52,00	4,00	24,00	240,00	
Alumínio Total	mg/L	19,20	17,60	16,35	18,65	6,12	
Cádmio Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Chumbo Total	mg/L	0,00	0,09	0,04	0,09	0,01	
Cloreto	mg/L	24,80	12,90	2,00	2,30	8,30	
Cloro Livre	mg/L	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Cobre Total	mg/L	0,01	0,07	0,02	0,01	0,01	
Coliforme Total	NMP/100mL	23,00	Ausência	60,00	60,00	20,00	
Cor Aparente	mg/L	14.938,00	2.942,00	2.420,00	2.840,00	21.833,30	
Cromo Total	mg/L	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	706,00	440,00	198,00	281,00	326,00	
Detergente	mg/L	0,72	0,40	0,81	0,40	1,82	
Dureza Total	mg/L	32,00	24,00	22,00	18,00	1.980,00	
Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	40,00	30,00	Ausência	
Ferro Total	mg/L	31,75	25,50	5,65	20,90	34,00	
Fluoreto	mg/L	0,27	0,10	0,01	0,14	0,07	
Manganês	mg/L	17,25	22,00	8,75	19,80	4,95	
Nitrato (N-NO3)	mg/L	0,07	0,81	1,49	0,86	0,67	
Nitrito (N-NO2)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	0,75	0,25	0,23	0,23	0,04	
Ovos Viáveis de Helminthos	ovo/g de ST	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	
pH	----	5,00	5,46	5,23	4,34	5,96	
Sódio	mg/L	7,72	6,35	4,27	3,96	4,89	
Sólido Dissolvido Fixo	mg/L	697,00	2.757,00	196,00	1.839,00	749,00	
Sólido Dissolvido Volátil	mg/L	387,00	452,00	235,00	297,00	335,00	
Sólido Sedimentável	mL/L	450,00	190,00	26,00	64,00	760,00	
Sólido Suspenso Fixo	mg/L	1.313,00	2.172,00	1.244,00	1.116,00	2.780,00	
Sólido Suspenso Total	mg/L	2.086,00	2.528,00	1.509,00	1.296,00	3.980,00	
Sólido Suspenso Volátil	mg/L	773,00	356,00	265,00	180,00	1.200,00	
Sólido Total Dissolvido Seco a 104°C	mg/L	1.084,00	3.209,00	235,00	2.136,00	1.084,00	
Sólido Total Fixo	mg/L	2.010,00	4.929,00	1.440,00	2.955,00	3.529,00	
Sólido Total Seco a 104°C	mg/L	3.170,00	5.737,00	1.744,00	3.432,00	5.064,00	
Sólido Total Volátil	mg/L	1.160,00	808,00	304,00	477,00	1.535,00	
Sulfato	mg/L	7,31	5,73	29,18	8,96	3,02	
Sulfeto	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Temperatura	°C	-	-	-	-	-	
Turbidez	NTU	2.664,00	3.778,00	1.247,20	6.128,00	3.352,00	
Zinco Total	mg/L	0,08	0,12	0,08	0,08	0,08	

Fonte: Pesquisador (2016)

Tabela 14. Resultados das análises do lodo das purgas dos decantadores – Parte 3.

RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS DO LODO DAS PURGA DOS DECANTADORES						
Parâmetros	Unidades	N-2	O-1	O-2	O-3	Média
Alcalinidade Total	mg/L	2,00	18,00	34,00	18,00	43,29
Alumínio Total	mg/L	7,62	3,12	0,11	0,12	7,10
Cádmio Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chumbo Total	mg/L	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
Cloreto	mg/L	8,70	6,00	7,40	4,10	12,11
Cloro Livre	mg/L	0,10	0,54	0,44	0,46	0,18
Cobre Total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Coliforme Total	NMP/100mL	60,00	90,00	230,00	210,00	62,64
Cor Aparente	mg/L	5.487,50	10.475,00	4.229,10	2.750,00	10.036,81
Cromo Total	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	329,00	298,00	146,00	46,00	650,00
Detergente	mg/L	2,87	0,63	0,40	0,40	0,92
Dureza Total	mg/L	10,00	24,00	36,00	26,00	187,29
Escherichia Coli	NMP/100mL	23,00	Ausência	Ausência	Ausência	10,21
Ferro Total	mg/L	8,80	73,75	13,50	27,00	70,89
Fluoreto	mg/L	0,08	0,01	0,15	0,01	0,09
Manganês	mg/L	4,65	0,04	0,04	0,04	6,64
Nitrato (N-NO3)	mg/L	0,84	4,94	1,01	0,97	0,94
Nitrito (N-NO2)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	0,02	0,55	0,71	0,43	0,46
Ovos Viáveis de Helmintos	ovo/g de ST	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
pH	-----	6,13	6,57	6,57	6,48	5,69
Sódio	mg/L	5,17	3,80	6,31	2,86	8,91
Sólido Dissolvido Fixo	mg/L	2.794,00	385,00	57,00	29,00	722,14
Sólido Dissolvido Volátil	mg/L	1.168,00	164,00	33,00	27,00	248,29
Sólido Sedimentável	mL/L	79,00	120,00	130,00	30,00	369,36
Sólido Suspenso Fixo	mg/L	776,00	1.600,00	456,00	176,00	1.563,50
Sólido Suspenso Total	mg/L	1.096,00	2.280,00	724,00	344,00	2.354,79
Sólido Suspenso Volátil	mg/L	320,00	680,00	268,00	168,00	791,29
Sólido Total Dissolvido Seco a 104°C	mg/L	3.962,00	549,00	90,00	56,00	956,43
Sólido Total Fixo	mg/L	3.570,00	1.985,00	513,00	205,00	2.285,64
Sólido Total Seco a 104°C	mg/L	5.058,00	2.829,00	814,00	400,00	3.311,21
Sólido Total Volátil	mg/L	1.488,00	844,00	301,00	195,00	1.025,57
Sulfato	mg/L	2,28	2,79	2,19	0,94	17,44
Sulfeto	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Temperatura	°C	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	1.070,40	2.624,00	774,40	328,00	6.354,10
Zinco Total	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Fonte: Pesquisador (2016)

O artigo 177 da Lei Estadual nº 14.675 de 2009 afirma o seguinte:

“Art. 177. Os efluentes somente podem ser lançados direta ou indiretamente nos corpos de água interiores, lagunas, estuários e na beira-mar quando obedecidas às condições previstas nas normas federais (...)” (BRASIL, 2009).

Uma vez que os efluentes precisam obedecer a condições previstas de lançamento de efluentes em corpos d’água se viu a necessidade de comparar os resultados obtidos com as legislações e resoluções atuais pertinentes.

Sendo assim, para quantificar o quanto o efluente impacta o ambiente ao ser lançado no corpo d’água e em até que quantidades ele pode ser ou não nocivo ao manancial, foram comparados os resultados dos parâmetros com os valores máximos permitidos pela Lei Estadual nº 14.675 de 2009 e pelo padrão de lançamento de efluentes da Resolução CONAMA nº 430 de 2011, apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. Limites estabelecidos para lançamento de efluentes em corpos d’água.

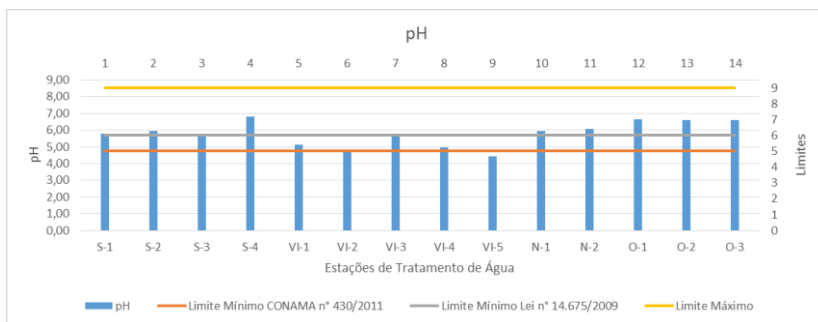
Parâmetros	Unidades	Padrão de Lançamento de Efluentes	
		Resolução CONAMA n° 430 de 2011	Lei n° 14.675 de 2009
Cádmio Total	mg/L	0,2	0,1
Chumbo Total	mg/L	0,5	-
Cobre Total	mg/L	1	0,5
Cromo Total	mg/L	0,1	0,1
Ferro Total	mg/L	15	-
Fluoreto	mg/L	10	-
Manganês	mg/L	1	1
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	20	-
pH	-----	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Sólido Sedimentável	mL/L	1	-
Sulfeto	mg/L	1	-
Temperatura	°C	40	-
Zinco Total	mg/L	5	1

Fonte: Pesquisador, 2016.

Alguns parâmetros não foram apresentados os limites máximos visto que as legislações não os citam.

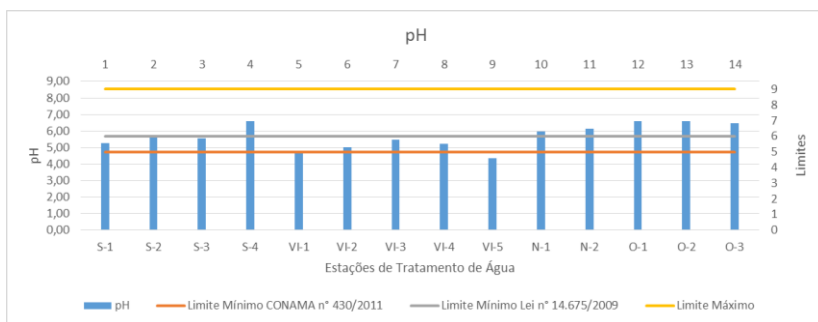
Nas Figuras 26 e 27 pode-se observar os valores de pH encontrados na amostra de cada estação.

Figura 26. Resultados de pH obtidos para os efluentes dos filtros.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Figura 27. Resultados de pH obtidos para os efluentes dos decantadores.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Da acordo com os limites estabelecidos, observou-se que poucas estações produzem efluentes com pH dentro das duas faixas toleráveis para lançamentos. Ressalta-se então os baixos valores de pH das amostras, em que apenas 5 estações (S-4, N-2, O-1, O-2 e O-3) apresentaram valores maiores que 6, tanto para efluentes de filtros quanto de decantadores.

A importância no controle do parâmetro pH deve-se ao fato de que valores baixos de pH podem provocar corrosão e agressividade e pH

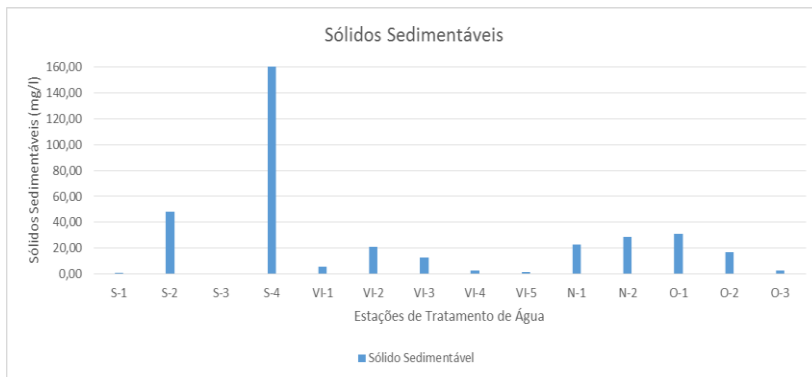
elevado aumenta a possibilidade de incrustações nas tubulações e equipamentos da ETA em caso de recirculação do efluente. Em termos de águas residuárias o pH fora da neutralidade tende a afetar as taxas de crescimento dos micro-organismos e, valores elevados podem estar associados à proliferação de algas em corpos d'água (VON SPERLING, 2005).

A alcalinidade não tem significado sanitário, entretanto, é uma das determinações mais importantes no controle da água influente consideravelmente na coagulação química, redução da dureza e prevenção da corrosão nas canalizações de ferro fundido (VON SPERLING, 2005). A alcalinidade não apresentou valores alarmantes porém, atingiu concentrações mais elevadas na região oeste do Estado.

Em relação aos sólidos, capazes de provocar aumento na turbidez dos mananciais, também podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Além de poderem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2009).

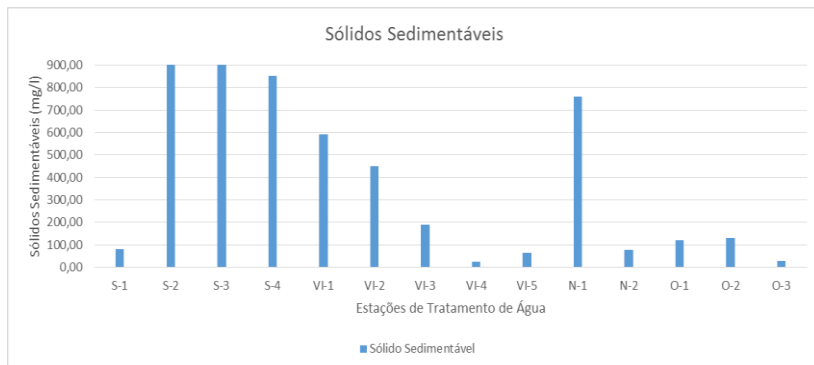
As Figuras 28 e 29 apresentam os resultados para os sólidos sedimentáveis que só não se mostrou superior ao permitido em apenas duas amostras (filtros das ETAs S-1 e S-3), sendo a ETA S-4 a que apresentou os maiores valores, 160 vezes acima dos limites estabelecidos. As demais estações também apresentaram concentrações altas de sólidos.

Figura 28. Resultados de sólidos sedimentáveis obtidos para os efluentes dos filtros.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Figura 29. Resultados de sólidos sedimentáveis obtidos para os efluentes dos decantadores.

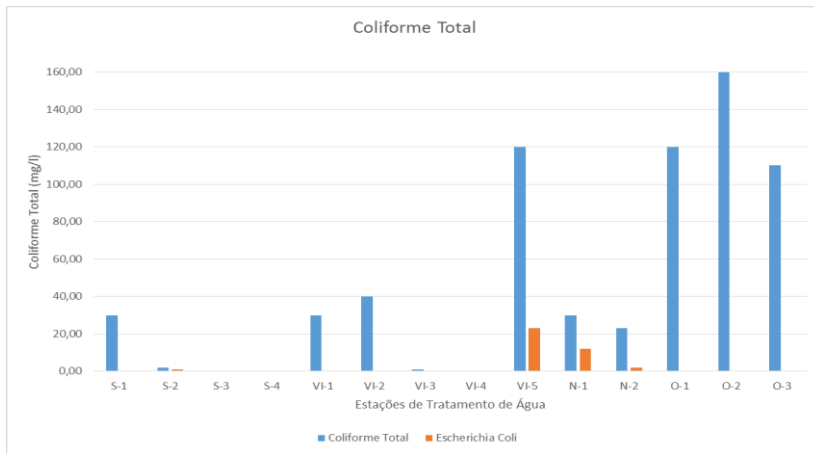


Fonte: Pesquisador, 2016.

As altas concentrações de sólidos em suspensão no efluente dos decantadores são as principais responsáveis pelos resultados encontrados de turbidez, por isso, enquanto a turbidez apresentou uma média de 149,13 mg/l nos filtros, nos decantadores a média se mostrou mais de 40 vezes superior, com a ETA VI-1 atingindo 61.440 NTU.

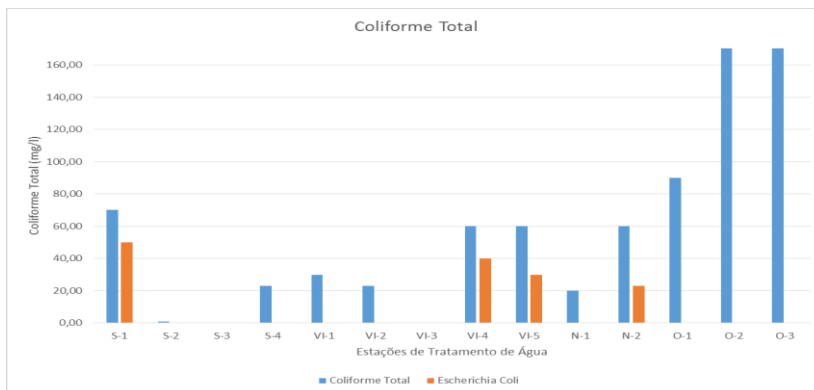
Para Von Sperling (2005) a matéria orgânica presente no efluente é a principal responsável pelo consumo do oxigênio dissolvido nos corpos d'água, sendo assim parâmetros como a DQO apresentam maior importância na caracterização do grau poluidor do efluente. O lodo do decantador apresenta valores médios 10 vezes acima dos encontrados para as águas de lavagem dos filtros, o que confirma o seu maior potencial poluidor e sua maior necessidade de tratamento.

Figura 30. Resultados de coliformes totais e *Escherichia Coli* obtidos para os efluentes dos filtros.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Figura 31. Gráfico 6. Resultados de coliformes totais e *Escherichia Coli* obtidos para os efluentes dos decantadores.



Fonte: Pesquisador, 2016.

A análise da presença de coliformes em águas se faz importante uma vez que o parâmetro é um grande indicador de potencial foco de doenças de veiculação hídrica (VON SPERLING, 2005). As águas de lavagem dos filtros apresentaram ausência de *Escherichia Coli* em quase

todas as análises, com exceção das estações S-2, N-1, N-2 e VI-5, enquanto para os Coliformes Totais somente as estações S-3, S-4 e VI-4 mostraram ausência, como pode ser observado na Figura 30.

São apresentados na Figura 31 valores mais altos para os decantadores, onde apenas as ETA S-3 e VI-3 não apresenta Coliformes Totais e 10 estações acusaram concentrações de *Escherichia Coli*.

Helminhos são microrganismos que, quando existentes, liberam seus ovos no manancial em que é captada a água bruta para tratamento na ETA e podem causar doenças (VON SPERLING, 2005).

Constatou-se que apenas 1 amostra dentre todas as 28 detectou a presença de Ovos Viáveis de Helminhos, porém em concentração praticamente nula.

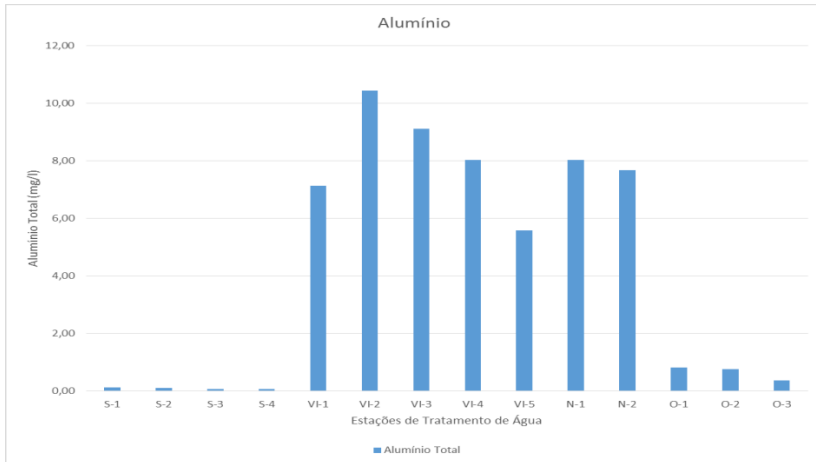
O ferro é um parâmetro de análise importante que, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água como nas captações de estações a jusante do ponto de lançamento do efluente. Provoca o desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição, além de conferir cor e sabor à água.

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens, assim como com a contribuição devida aos efluentes dessas estações.

Quanto aos metais, nos filtros quase todas as estações de tratamento apresentaram resultados baixos, quase mínimos em alguns casos, e dentro dos padrões de lançamento de efluentes, com exceção do Ferro na ETA S-4 e do Manganês nas ETA N-1, N-2 e VI-3.

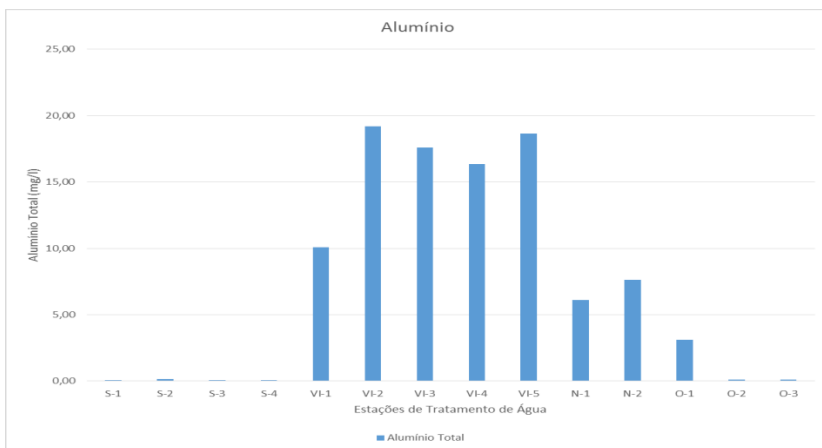
Para os efluentes dos decantadores apenas três estações (VI-4, N-2 e O-2) obtiveram concentrações inferiores aos limites da Resolução do CONAMA no parâmetro Ferro Total. Para o Manganês, citado pelas duas legislações, apareceu com concentrações superiores ao limite em 4 estações na região do Vale do Itajaí e em uma do norte catarinense.

Figura 32. Resultados de alumínio total obtidos para os efluentes dos filtros.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Figura 33. Resultados de alumínio total obtidos para os efluentes dos decantadores.



Fonte: Pesquisador, 2016.

Nas Figuras 32 e 33, observa-se a baixa concentração de alumínio nas estações do sul e do oeste de Santa Catarina, enquanto que as demais apresentaram uma média de aproximadamente 13 mg/l.

Demais parâmetros como cádmio, chumbo, cobre total, cromo total, fluoreto, nitrogênio amoniacal total, sulfetos e zinco, com limites máximos para lançamento estipulados pela legislação vigente mostraram-se abaixo dessas concentrações permitidas. A temperatura, por sua vez, por necessitar ser medida no momento da deságua do efluente no manancial não teve suas medições realizadas.

5.2 Identificação de Alternativas de Tratamento de Lodo

O universo de opções de destinações finais do lodo de ETA é bastante amplo. Muitos pesquisadores avaliam como opção a viabilidade de se enviar o lodo gerado diretamente para Estações de Tratamento de Esgoto, que operam com processos de tratamento diferentes (SUNDEFELD JUNIOR, 2007; ASADA, 2007; LOMBARDI, 2009; SENA, 2011).

Porém, no presente estudo se buscou avaliar alternativas que implantem uma Unidade de Tratamento de Efluente própria em cada ETA.

No processo de identificação de alternativas de tratamento de lodo adequáveis ao tipo e funcionamento de cada ETA para implantação de unidades de tratamento de lodo, se estabeleceu alguns pontos importantes a se considerar na tomada de decisão, sendo eles:

- Características físico-químicas do efluente gerado;
- Condições topográficas e;
- Condições climáticas.

Considerando que os efluentes apresentam-se com concentrações e características diferentes optou-se em tratar os efluentes separadamente. Sendo assim, foi identificada uma alternativa de tratamento para as águas de lavagem dos filtros e uma para o lodo dos decantadores.

5.2.1 Alternativas de Tratamento para Águas de Lavagem dos Filtros

Diversos são os métodos de tratamento possíveis para as águas de lavagem dos filtros que realizam a desidratação e destinam a água separada do lodo ao manancial mais próximo sem desinfecção ou recalcam novamente para a entrada da ETA sem nenhum outro tratamento.

Em relação à reutilização desse efluente, a norma NBR 12.216 de 1992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas afirma em seu item 5.12.16 o seguinte:

“É admitida a reutilização de água de lavagem, desde que submetida a pré-sedimentação e cloração intensa” (ABNT, 1992).

Logo, uma vez que as águas de lavagem representam entre 0,2 e 5% de toda a água tratada na estação (RICHTER, 2001), deve-se discutir bem as opções adequadas de tratamento do efluente e visar sempre o seu melhor aproveitamento economicamente, mitigando ao máximo os impactos causados no ambiente.

Sendo assim foram descartadas opções de tratamento que não contavam com o reaproveitamento dessas águas e não realizavam a pré-sedimentação. Desta forma identificou-se uma alternativa que visa o seu recalque para a entrada da ETA e se enquadra no que é sugerido na norma técnica.

Como os filtros são limpos diariamente e o volume de efluente gerado em cada limpeza representaria um grande aumento na vazão de entrada da estação torna-se impraticável o seu recalque imediato para a entrada da estação juntamente com a água bruta.

Previu-se então a instalação de um tanque único de pré-sedimentação do lodo para todos os filtros onde o lodo denso sedimentará no fundo, e, após sua acumulação, será destinado à uma futura unidade de desaguamento de lodo da estação. Após o tanque, o efluente clarificado será recalcado com vazão constante ao início do tratamento de água.

O tanque deverá ser dimensionado de acordo com a vazão de projeto da estação e o volume de lodo gerado diariamente para oferecer um tempo de permanência suficiente para a promoção da sedimentação dos sólidos sedimentáveis e em suspensão.

Como levantado na revisão bibliográfica de literaturas consagradas e relevantes sobre o assunto do estudo, a futura etapa de deságue do lodo pode ser constituída de vários mecanismos diferentes para realizar a secagem do lodo, como: os filtros prensas, as centrífugas e os leitos de secagem de lodo (CORDEIRO, 2001; RICHTER, 2001; VON SPERLING, 2005; ANDREOLI *et al*, 2006).

Em estações que já possuem essas estruturas, porém estão desativadas, sugere-se realizar reparos para que as mesmas sejam reaproveitadas e utilizadas novamente.

Com os avanços de pesquisas na área e cada vez mais estudos acerca do assunto, o lodo desaguado de ETA vem sendo utilizado cada vez mais para recuperar solos degradados, fabricação de materiais cerâmicos, aplicação em concreto e recuperação de coagulante.

5.2.2 Alternativas de Tratamento para o Lodo dos Decantadores

O tratamento do lodo dos decantadores difere do apresentado para os filtros pela concentração de sólidos no efluente e normalmente não é recomendada a recirculação do efluente na entrada da ETA.

A norma NBR 12.216 de 1992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas também prevê o tratamento do lodo do decantador em seu item 5.10.13, além de recomendar técnicas de dimensionamento para facilitar o acúmulo e coleta do lodo no decantador.

“5.10.13 Deve ser previsto destino para o lodo dos decantadores, sujeito a disposições legais e aspectos econômicos” (ABNT, 1992).

Metcalf & Eddy (1979) e Von Sperling (2005) sugerem em suas literaturas como alternativa para o tratamento do lodo de decantadores, a sua desidratação e posterior destinação final adequada do lodo seco. Metcalf & Eddy (1979), Cordeiro (2001), Richter (2001), Von Sperling (2005) e Andreoli *et al* (2006) indicam também como opções de deságue do lodo de decantador métodos naturais como leitos de secagem e canteiros de mineralização ou mecânicos como filtros prensa e centrífugas.

O volume da descarga de fundo realizada na limpeza dos decantadores não é significativo como o da água de lavagem dos filtros, porém, apresenta grandes cargas de sólidos sedimentáveis.

Como a efetividade de processos de desaguamento de lodo está ligada à concentração desses sólidos e sua homogeneidade sugere-se como opção de pré-tratamento a adoção de um tanque de equalização de lodos. O tanque, como função, equalizaria a vazão mantendo o sólido em suspensão por meio de agitação mecânica para destinar à unidade de secagem um efluente com concentração de sólidos adequada para que o tratamento atinja bons desempenhos.

Uma vez que as normas técnicas não sugerem adotar nenhum tempo de descarga de fundo mínimo, de maneira a auxiliar a manter o percentual alto de sólidos no efluente, recomenda-se realizar descargas

de fundo menores nos decantadores, porém, com maior frequência para que apenas a fração mais concentrada do lodo seja retirada.

A fração sólida do lodo resultante da secagem deve ser destinada juntamente com a fração do lodo das águas de lavagem dos filtros à opção de destinação final mais benéfica ao sistema de tratamento de águas.

6 CONCLUSÕES

A metodologia adotada para o levantamento dos dados bem como para a caracterização das Estações de Tratamento de Água e seus efluente se mostraram eficientes e cumpriram os objetivos traçados.

As Estações de Tratamento de Água avaliadas no trabalho são, em sua totalidade, do tipo Convencional e possuem faixas de vazões instaladas entre 20 e 290 l/s. Observou-se que 6 estações, convencionais e compactas, operam com vazões acima da capacidade instalada.

Em relação aos coagulantes utilizados, apenas 4 estações utilizam o sulfato de alumínio enquanto que as outras 10 utilizam o PAC.

Por ora, a disposição atual do lodo gerado em quase todas as estações vem sendo o lançamento direto em cursos d'água sem nenhum tratamento prévio, e, na maioria dos casos, o curso d'água é o próprio manancial em que a água bruta é captada. A ETA N-2 apesar de possuir unidades de tratamento de lodo, mantém elas desativadas e também realiza o lançamento direto do lodo no curso d'água.

Algumas exceções são a ETA VI-1 e O-3 que possuem respectivamente uma Lagoa de Decantação operando de forma precária, em que a limpeza é realizada anualmente, e uma ETA compacta, em fase de testes operacionais com leito de secagem e reutilização das águas de lavagem dos filtros.

A caracterização físico-química dos efluentes das Estações de Tratamento de Água confirmou o resultado previsto nas literaturas analisadas, superou o limite máximo permitido para o lançamento de efluentes das legislações Federais e mostrou que o lançamento direto do lodo no corpo d'água não pode ser realizado sem tratamento prévio.

As alternativas sugeridas para o tratamento dos efluentes das ETAs foram a implantação de um tanque para pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores. Após essas unidades o lodo acumulado no fundo do tanque de pré-sedimentação e o lodo homogeneizado no tanque de equalização seguirão para a etapa de desaguamento do lodo.

De acordo com a revisão bibliográfica realizada previamente, os métodos de desaguamento do lodo poderão ser tanto mecânicos, centrífugas e filtros prensa, como naturais, leitos de secagem. Sendo recomendado o uso de prensa desaguadora por operar com processos em batelada e apresentar um custo menor (KAWAMURA, 2000 *apud* RICHTER, 2001)

Como destinação final do efluente, também levantada na revisão das literaturas, poderá se aplicar o lodo subproduto do desaguamento em

aplicações controladas para recuperação de solos degradados, dispor em aterros sanitários industriais e utilizar com uma das matérias-primas na confecção de materiais cerâmicos e concreto.

7 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Para trabalhos que venham a ser realizados na mesma área, ou com mesmo embasamento técnico, sugere-se:

- Ampliar a coleta de dados que servirá de base para a tomada de decisões, sugerindo-se: vazão de projeto, área do terreno da ETA e volume de lodo gerado;
- Caracterizar a água bruta que entra na ETA, para realizar comparações com os resultados obtidos para o efluente em alguns parâmetros;
- Realizar análise econômica das opções de desaguamento de lodo, para embasar a decisão pela opção com melhor custo-benefício;
- Aprofundar os estudos nas alternativas de disposição final do lodo, para verificar sua viabilidade de acordo com as características físico-químicas do lodo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, Cleverson V.; PEGORINI, Eduardo S.; HOPPEN, Cinthya; TAMANINI, Cristina R.; NEVES, Paulo S. Produção, composição e constituição de lodo de estação de tratamento de água (ETA). In: ANDREOLI, Cleverson V. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006, p. 29-48.

ASADA, Lucia Naomi. **Avaliação dos efeitos do recebimento do lodo de estação de tratamento de água em sistema de tratamento de esgoto pelo processo de lodo ativado com aeração prolongada**. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

ASSIS, Leticia Rodrigues. **Avaliação do impacto em corpos d'água devido ao lançamento de resíduos de uma estação de tratamento de água de Juiz de Fora – MG**. TCC apresentado na Universidade Federal de Juiz de Fora – MG, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público** – Classificação. Rio de Janeiro, 1992.

BARROSO, Marcelo M.. **Gerenciamento de resíduos gerados no tratamento de água**. UNIR, 2009. Acesso em 18 abril 2016. Disponível em:

[http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/Apostila_Aula GerenciamentoLodoETA.doc](http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/Apostila_Aula_GerenciamentoLodoETA.doc).

BARROSO, Marcelo M.; CORDEIRO, João Sérgio. Metais e sólidos: aspectos legais dos resíduos de estações de tratamento de água. **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES. João Pessoa, 2001. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-064.pdf>.

BITTENCOURT, Simone, SERRAT, Beatriz Mont; AISSE, Miguel Mansur; *et al.* Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e

de tratamento de esgoto em solo degradado. **Eng. Sanit Ambient.v.17** n.3 | jul/set, 2012 p. 315-324.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL / CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução **CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>.

BRASIL / CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução **CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>.

BRASIL. **Lei Nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Código Estadual do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. **Lei Nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997**. Política Nacional dos Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. **Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Lei da Vida – A lei dos Crimes Ambientais. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

CENTRO DE INFORMÁTICA E AUTOMAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA (2016). **Mapa interativo de Santa Catarina**, 2016. Acesso em 20 junho 2016. Disponível em: <http://www.mapainterativo.ciasc.gov.br/>.

CETESB COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Serie relatórios - Apêndice A. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem**. São Paulo, 2009.

COELHO, Hosmanny M. G.; LANGE, Liséte C.; JESUS, Lucas Filipe L.; SARTORI, Matheus R.. Proposta de um Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais. **Eng. Sanit Ambient** | v.16 n.3 | jul/set 2011 | 307-316.

COLINO, Marcelo Marchi. **Uso de lodo de estações de tratamento de água e de esgoto urbano como condicionador de solo com ênfase nas propriedades físicas do solo**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006.

CORDEIRO, João Sérgio. Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETAs). In: ANDREOLI, Cleverson V. (coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001, p. 119-142.

EATON, Andrew D; CLESCERI, Lenore; RICE, Eugene W; GREENBERG, Arnold E. **Standard methods: for the examination of water & wastewater**. 21 ed. Centennial Edition, 2005.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**/Antônio Carlos Gil. - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002

GONCALVES, Ricardo Franci; BRANDÃO, Janete Teixeira; BARRETO, Elsa Maria Silva. Viabilidade econômica da regeneração do sulfato de alumínio de lodos de estações de tratamento de água. **20 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, 1999.

GUERRA, Ricardo Consiglierio. **Caracterização e biodegradação de lodo de estações de tratamento de água para descarte em aterro sanitário**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, DEPARTAMENTO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS (2008). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008**. Acesso em 16abril 2016. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2008/default.shtm>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, DEPARTAMENTO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS (2010). **IBGE Cidades**, 2010. Acesso em 20 abril 2016. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, DEPARTAMENTO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS (2015). **Nomes Geográficos do Brasil**, 2015. Acesso em 27 abril 2016. Disponível em: <http://www.ngb.ibge.gov.br>.

LOMBARDI, Renata. **Desempenho de reator anaeróbico de fluxo ascendente alimentado com lodo de estação de tratamento de água e esgoto sanitário**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo, 2009.

MEDEIROS, Elisandra Nazaré M. de; SPOSTO, Rosa Maria; NEVES, G.A.; MENEZES, R. R. Incorporação de cinza de lenha, lodo de estação de tratamento de água e cinza de casca de arroz em massa cerâmica. utilização da técnica de planejamento. **Cerâmica**, n 56, 2010 p. 399-404.

METCALF & EDDY, ING. **Wastewater engineering: treatment disposal**. 2 ed. New Delhi: Publishing Company Ltda, 1979.

PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba – Pr. **22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Joinville, 2003.

RICHTER, Carlos A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. 1ª ed. Editora Edgar Blücher LTDA, 2001.

SABOGAL-PAZ, Lyda Patrícia; DI BERNANDO, Luiz. Aspectos conceituais relativos à seleção das tecnologias de tratamento e de disposição dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água. **23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES. Campo Grande, 2005. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/I-040.pdf>.

SARON, Alexandre; LEITE, Vera M. B.. Quantificação de lodo em estação de tratamento de água. **21º Congresso Brasileiro de**

Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. João Pessoa, 2001. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-075.pdf>.

SENA, Helvécio Carvalho. **Recebimento de lodo de ETA em ETE por lodo ativado operando com mídia plástica no tanque de aeração**. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

SILVEIRA, Cristiane; KURODA, Emília Kiyomi; ABE, Camila Hiromi; YOSHIKI, Leonardo; HIROOKA, Elisa Yoko. Desaguamento do lodo de estações de tratamento de água por leito de drenagem/secagem. **Eng. Sanit Ambient**. v.20 n.2 abr/jun 2015.p 297-306.

SOUZA, Francis Rodrigues. **Compósito de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira para uso como agregado graúdo em concreto**. (Tese) Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

SUNDEFELD JUNIOR, Gilberto, C.; **Efeitos do recebimento do lodo da estação de tratamento de água pelo sistema de esgoto por lodo ativado em bateladas e aeração prolongada do município de Juitiba – SP**. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007

TARTARI, R.; DIAZ-MORA, N.; MODENES, A. N.; PIANARO, S. A. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha. Parte I: caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense. **Cerâmica**, n 57, 2011 p. 288-293.

TSUTIYA, Milton T.; HIRATA, Angélica Y..Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do estado de São Paulo. **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES. João Pessoa, 2001. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-025.pdf>.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Rev SOCERJ**.v.20, n.5 set/out. p.383-386, 2007.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**/Marcos Von Sperling. v. 1, 3 ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WAGNER, Luiz Fernando. Disposição de resíduos das estações de tratamento água. **Revista Tecnoeng.** v.1,n.9 Jul/Dez, 2014.

APÊNDICE A

Municípios	Vazio Instalado (l/s)	Vazio de Operação (l/s)	Coagulante Utilizado	Alternativa de Tratamento de Lodo	Alternativas de Destinação Final do Lodo
S-1	50	64	Sulfato de Alumínio	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
S-2	290	212	Sulfato de Alumínio	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
S-3	120	105	Sulfato de Alumínio	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
S-4	20	21,54	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
VI-1	220	154	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
VI-2	150	118	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
VI-3	184	127,8	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
VI-4	50	54	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
VI-5	20	20	Sulfato de Alumínio	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
N-1	130	122	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
N-2	130	125	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
O-1	190	194	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
O-2	35	40,83	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto
O-3	80	80,68	PAC	Tanque de pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores.	Recuperação de solos degradados, aterros sanitários industriais e confecção de munitens cerâmicos e concreto