

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

CRISTIAN DOUGLAS SANTOS CIPRIANO

**AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE
UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR**

CRICIÚMA

2018

CRISTIAN DOUGLAS SANTOS CIPRIANO

**AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE
UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel no curso de engenharia ambiental e sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador(a): Prof. (a) Cristina Moreira Lalau, MSc.

CRICIÚMA

2018

CRISTIAN DOUGLAS SANTOS CIPRIANO

**AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE
UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de bacharel, no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em recursos hídricos e saneamento ambiental.

Criciúma, 24 de novembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Cristina Moreira Lalau - Mestre – UNESC - Orientador

Prof. José Alfredo Dallarmi da Costa - Mestre - UNESC

Viviane dos Santos da Rosa – Química Industrial - CASAN

Dedico este trabalho à minha família, amigos e àqueles que acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a minha orientadora Cristina por ter aceito a missão de me orientar neste estudo e à minha família pelo suporte durante esta longa jornada acadêmica. A todos os meus professores, não apenas os de minha graduação, mas todos aqueles que me influenciaram a seguir o caminho da busca pelo conhecimento, estes merecem muito mais do que um singelo agradecimento, estes têm minha eterna gratidão pelos ensinamentos que me foram passados, momentos que junto vivemos, laços de amizade que criamos. Sem a presença de todos vocês na minha vida, eu sequer estaria fazendo este agradecimento.

“A Natureza não faz milagres, faz revelações.”

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

O despejo de efluentes no corpo receptor sem atender aos padrões de lançamento estabelecidos pelas legislações vigentes pode proporcionar riscos ao tanto ao meio ambiente quanto a saúde pública. Risco esse decorrente dos diversos poluentes que fazem parte da composição desses despejos que podem veicular doenças, através da água, bem como, proporcionar danos ao ecossistema existente em seu ponto de lançamento. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar dois sistemas de tratamento de águas residuais de uma instituição de ensino superior. Para tanto foi realizada a vistoria em campo dos dispositivos existentes nas estações de tratamento, registro fotográfico, coleta de dados de relatórios e com funcionários, e coleta de amostras para análise laboratorial visando determinar a eficiência dos sistemas. Os resultados observados demonstraram problemas físicos nos dispositivos de um dos sistemas de tratamento que inibem a sua eficiência se fazendo necessária sua imediata reparação. Os resultados provenientes das análises demonstraram mais de 98% e mais de 82% de remoção de DBO₅ para a estação 1 e 2, respectivamente. Porém, as análises microbiológicas indicaram problemas na eficiência da desinfecção do efluente da estação 1, visto que os resultados apontaram a presença de *E. Coli* no efluente tratado. Ademais foram verificados os laudos que são entregues pela instituição ao órgão ambiental sendo esses parâmetros analisados com base na resolução CONAMA 430 de 2011 e no Código Ambiental do estado de Santa Catarina, Lei 14.675/2009. Comparando os resultados obtidos com os limites das legislações observou-se que somente o parâmetro mercúrio não atendeu aos requisitos estabelecidos pela lei 14.675/2009. A partir dos resultados da análise realizada foram propostas soluções a fim de proporcionar melhorias em termos de eficiência destes sistemas, sendo estas: a troca da caixa de cloração para um modelo que utilize pastilhas de cloro, o que dispensa a aplicação diária de cloro, além de recomendar a cobertura para os sistemas bem como melhorias na segurança operacional, plano de monitoramento das bombas e aeradores, por serem fundamentais na operação do sistema.

Palavras-chave: Tratamento de águas residuárias – Avaliação dos sistemas de tratamento - Proposição de melhorias.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gradeamento	20
Figura 2 - Desarenador	20
Figura 3 – Lagoa facultativa	22
Figura 4 – Lagoa aerada facultativa	22
Figura 5 – Lagoa anaeróbia	23
Figura 6 - Filtros biológicos de baixa e alta carga	24
Figura 7 – Fossa séptica	24
Figura 8 – Filtro Biológico.....	25
Figura 9 – Sistema de reator UASB	25
Figura 10 – Infiltração rápida.....	26
Figura 11 – Infiltração lenta e Subsuperficial.....	27
Figura 12 – Interferência da matéria particulada na desinfecção por radiação ultravioleta.....	30
Figura 13 – Lodo ativado convencional.....	32
Figura 14 – Lodos ativados aeração prolongada	33
Figura 15 – Reator de bateladas sequenciais	34
Figura 16 – Fluxograma resumo da metodologia	36
Figura 17 – Fluxograma da estação de tratamento 1	41
Figura 18 – Amostras de estação 2.....	41
Figura 19 – Fluxograma da estação de tratamento 2.....	42
Figura 20 – Entrada do sistema de tratamento de águas residuárias 1	42
Figura 21 – Tanque de aeração	43
Figura 22 – Painel de controle.....	44
Figura 23 – Decantador secundário da estação 1.....	44
Figura 24 - Decantador secundário antes do reparo	45
Figura 25 – Tanque de cloração.....	45
Figura 26 – Leitões de secagem da estação 1	46
Figura 27 – Tanque de aeração prolongada da estação 2	47
Figura 28 – Decantador secundário parte superior e interna da estação 2.....	47
Figura 29 – Cisterna de bombeamento	48

Figura 30 – Leito de secagem da estação 2	48
Figura 31 – Bomba queimada da cisterna da odontologia	49
Figura 32 – Gráfico das variações de vazão	53
Figura 33 – Análise de mercúrio nos laudos da estação 2	57
Figura 34 – Possível adaptação da caixa de cloração atual	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo de parâmetros inorgânicos das legislações	18
Tabela 2 – Processos de redução de poluentes.	28
Tabela 3 – Dosagem de cloro por característica do efluente.	29
Tabela 4 – Estimativa da vazão da estação 1	50
Tabela 5 - Vazões medidas na estação 2 no dia 17/09.....	50
Tabela 6 – Vazões medidas na estação 2 no dia 19/09.....	51
Tabela 7 – Vazões medidas na estação 2 no dia 21/09.....	52
Tabela 8 – Resultado das análises laboratoriais.....	53
Tabela 9 – Relatório ambiental estação 1	56
Tabela 10 – Relatório ambiental estação 2	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 ESGOTO SANITÁRIO	14
2.1.1 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	14
2.1.2 Demanda química de oxigênio (DQO).....	15
2.1.3 Nitrogênio total	15
2.1.4 Fósforo total	15
2.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH).....	15
2.1.6 Oxigênio dissolvido (OD)	16
2.1.7 Metais.....	16
2.1.8 Sólidos Totais em Suspensão	16
2.1.9 Temperatura	16
2.1.10 Coliformes	17
2.2 LEGISLAÇÕES VIGENTES.....	17
2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS.....	19
2.3.1 Tratamento preliminar	19
2.3.2 Tratamento Primário.....	20
2.3.3 Tratamento Secundário	21
2.3.4 Tratamento Terciário	27
2.4 TRATAMENTO POR LODOS ATIVADOS	30
2.4.1 Sistemas de lodos ativados convencional	32
2.4.2 Sistemas de lodos ativados aeração prolongada	32
2.4.3 Reator de lodos ativados em Bateladas Sequenciais	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS DISPOSITIVOS DAS ETE'S	36
3.1.1 Visita in loco.....	36
3.1.2 Medição de vazão	36
3.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS	37
3.2.1 Análise dos parâmetros da água residuária.....	37

3.3 ENQUADRAMENTO ÀS LEGISLAÇÕES	39
3.4 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES DOS DISPOSITIVOS DO SISTEMA DE TRATAMENTO.....	40
4.1.1 Visitas in loco.....	42
4.1.2 Medição da vazão	49
4.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS	53
4.2.1 Análises dos parâmetros das águas residuárias.....	53
4.3 ATENDIMENTO ÀS LEGISLAÇÕES VIGENTES	56
4.4 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS	57
5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a manutenção da vida e todos os ecossistemas, além de ser necessária para o funcionamento de muitos empreendimentos como indústrias, escolas, universidades, abastecimento público, entre outros. Dependendo da finalidade de uso dessas águas, a sua qualidade pode ser deteriorada, passando a se caracterizar como um efluente que necessitará de um tratamento, conforme a suas características física, química e biológica. Esse tratamento é fundamental para garantir a essa água residuária atender aos parâmetros requeridos pela legislação, para posterior encaminhamento ao corpo receptor, sem afetar negativamente a população e o meio ambiente.

Instituições de nível superior podem apresentar em seus campus laboratórios de ensino e pesquisa, prestação de serviços, biotérios entre outros departamentos que geram efluentes que necessitam de formas específicas de tratamento, que devem se adaptar à variabilidade da vazão e volumes reduzidos, porém complexos para tratamento, seja este físico-químico ou biológico.

Nesse viés o presente estudo tem como objetivo realizar uma avaliação dos dois sistemas de tratamento de águas residuárias existentes em uma instituição de ensino superior. E como objetivos específicos: a) Analisar as condições dos dispositivos utilizados nas etapas de tratamento; b) Verificar a eficiência dos sistemas através da análise dos parâmetros de lançamento de efluentes antes e após o tratamento; c) Conferir o os resultados com os valores requeridos pelas legislações vigentes e d) Propor alternativas de melhoria com base nos resultados obtidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESGOTO SANITÁRIO

O destino final de grande parte dos efluentes é um corpo d'água. Caso não haja o tratamento desse despejo o mesmo ocasionará a poluição do recurso hídrico, ameaçando os ecossistemas aquáticos e a saúde pública (IMHOFF, 1996).

Quando um efluente sanitário é lançado em um corpo hídrico, os microrganismos presentes na água realizam a degradação da matéria orgânica presente e consomem o oxigênio dissolvido na água no processo (SANT'ANNA JR, 2013). O maior problema da poluição hídrica por matéria orgânica é a redução do oxigênio dissolvido pelo consumo microbiano, o que impacta todo ecossistema aquático, pois cada redução na taxa de oxigênio dissolvido é seletiva para algumas espécies (SPERLING, 1996).

Em virtude da magnitude dos impactos causados pela presença de matéria orgânica nos sistemas hídricos sua remoção é a principal finalidade dos processos de tratamento do efluente sanitário (SANT'ANNA JR, 2013).

No que diz respeito ao tratamento de efluentes, existem parâmetros que servem como indicadores globais que são utilizados na caracterização do efluente. Um desses parâmetros é a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que é a quantidade requerida de oxigênio pelos microrganismos na oxidação dos compostos orgânicos biodegradáveis presente em uma amostra de efluente. É um indicador da quantidade de matéria orgânica presente no efluente (SANT'ANNA JR, 2013).

2.1.1 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Segundo Ramalho (1983) existem três causas para a demanda de oxigênio no efluente, a primeira é a matéria orgânica carbonácea utilizada na digestão pelos microrganismos aeróbios, a segunda é o nitrogênio oxidável que provém de nitritos, amônia e compostos orgânicos nitrogenados que são utilizados por bactérias nitrificadoras, e a terceira é através de reduções de

compostos químicos, como íons ferrosos, sulfitos, sulfetos, que oxidam pelo oxigênio dissolvido.

2.1.2 Demanda química de oxigênio (DQO)

Já a demanda química de oxigênio (DQO), é a quantidade de oxigênio que é necessária para a oxidação química dos compostos em uma amostra. A DQO é maior que a DBO, pois diferentemente da análise da DBO que mede o consumo de oxigênio na decomposição de poluentes biodegradáveis, a DQO mede também o consumo de oxigênio por compostos não biodegradáveis (SANT'ANNA JR, 2013).

2.1.3 Nitrogênio total

O nitrogênio total inclui todas as formas de nitrogênio presentes no efluente, o nitrogênio orgânico, a amônia, nitrito e nitrato, e é indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos do tratamento biológico, assim como o fósforo total (SPERLING, 1996).

2.1.4 Fósforo total

O fosforo total pode ser orgânico, quando combinado à matéria orgânica, ou inorgânico, quando em forma de polifosfatos e ortofosfatos (SPERLING, 1996).

2.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de H^+ em uma amostra, e indica em uma escala de 0 a 14 se esta amostra é acida ($pH < 7$), neutra ($pH = 7$) ou básica ($pH > 7$). É importante pois indica quando o pH é fora da neutralidade que pode acarretar em danos à biota e ecossistema aquáticos, corrosividade e agressividade da água residuária, possibilidade de incrustações no sistema de tratamento (SPERLING, 1996).

2.1.6 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é fundamental para os microrganismos aeróbios. Esses microrganismos usam o oxigênio dissolvido, e durante a estabilização da matéria orgânica ocasionam a redução deste parâmetro no efluente. A ausência de oxigênio dissolvido resulta na morte de organismos aquáticos, já que estes utilizam oxigênio na respiração (SPERLING, 1996).

2.1.7 Metais

Os metais também são parâmetros importantes não só nos efluentes sanitários como em águas residuárias de uma maneira geral, pois a toxicidade na água depende do grau de oxidação de íons metálicos, como por exemplo Arsênio, Cádmio, Cobre, cromo, chumbo, mercúrio, níquel, zinco (NUNES, 2012).

2.1.8 Sólidos Totais em Suspensão

Os sólidos em suspensão são parâmetros que conferem à água a turbidez, interferindo na atividade fotossintética do recurso hídrico, pois diminuem a quantidade de luz que entra neste sistema. Quando há sólidos sedimentáveis no efluente, este pode ocasionar o assoreamento e impacto aos organismos bentônicos, quando despejado em um corpo receptor sem tratamento. Os sólidos ainda influenciam na DBO, DQO, além de poder conter metais pesados e ou sedimentar e originar depósitos que podem sofrer decomposição anaeróbia (SANT'ANNA JR, 2013).

2.1.9 Temperatura

A temperatura controla em um corpo hídrico a taxa de reações químicas e biológicas; temperaturas elevadas causam diminuição na solubilidade de gases e a taxa de transferência de gases, podendo ocasionar mal cheiro (SPERLING, 1996).

2.1.10 Coliformes

As bactérias denominadas coliformes são encontradas nos dejetos humanos e nos animais de sangue quente, e quando presentes na água são indicadores de contaminação fecal e probabilidade de existência de organismos patogênicos causadores de doenças como diarreia, hepatite, cólera, etc (NUNES, 2012). Von Sperling (1996) afirma que no intestino humano essas bactérias possuem as condições ótimas para crescer e se reproduzir, e quando lançadas no recurso hídrico as condições do meio ocasionam o decréscimo do número de microrganismos.

Esses efluentes, devido a todos esses problemas que causam ao meio ambiente, não podem ser lançados em qualquer quantidade no ambiente. Existem leis que estabelecem limites de lançamento para esses padrões.

2.2 LEGISLAÇÕES VIGENTES

No que tange ao lançamento de efluentes e padrões de qualidades, existem três legislações que dispõem sobre o assunto. A resolução CONAMA 357/2005 dispõe sobre as classificações dos corpos d'água bem como apresenta parâmetros de qualidade destes corpos descrevendo também sobre os padrões de lançamento de efluente. Porém esta seção da lei foi revogada pela resolução CONAMA 430/2011, que trouxe novos parâmetros de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011). No âmbito estadual, existe a lei 14.675/2009 que instituiu o código ambiental estadual, que também dispõe sobre os padrões de lançamento de efluentes que foi alterada pela lei estadual 14.432/2014, mas que não trouxe alterações no que se refere a lançamento de efluentes (SANTA CATARINA, 2009; SANTA CATARINA, 2014).

Com relação ao parâmetro pH, a resolução Conama 430/2011 estabelece o padrão de 5 a 9 enquanto a lei estadual nº 14.675 de Santa Catarina, define como padrão valores mais restritivos, entre 6 e 9 (BRASIL, 2011; SANTA CATARINA, 2009).

A resolução CONAMA 430/2011, no que se refere ao efluente sanitário estabelece como padrão para DBO₅ a remoção mínima de 60% da DBO₅, podendo somente ser reduzido o valor estabelecido se apresentado

estudo de autodepuração do rio que comprove o atendimento às metas de enquadramento do corpo receptor (BRASIL, 2011). Comparando com os padrões de DBO₅ da lei estadual, esta acaba por ser mais restritiva que a resolução CONAMA 430, estabelecendo um padrão de 60 mg/L, podendo somente ser ultrapassado este limite quando o tratamento possuir eficiência superior a 80% da remoção da carga de DBO₅ (SANTA CATARINA, 2009).

As duas legislações trazem valores máximos para diversos parâmetros inorgânicos, como mostra a Tabela 1 abaixo, e faz um comparativo das duas legislações.

Tabela 1 – Comparativo de parâmetros inorgânicos das legislações

Parâmetros Inorgânicos	CONAMA 430 Valores Máximos	Lei 14.675 Valores Máximos
Arsênio Total	0,5 mg/L	0,1 mg/L
Bário Total	5,0 mg/L	-
Boro Total	5,0 mg/L	-
Cádmio Total	0,2 mg/L	0,1 mg/L
Chumbo Total	0,5 mg/L	-
Cianeto Total	1,0 mg/L	-
Cobre dissolvido	1,0 mg/L	0,5 mg/L
Cromo hexavalente	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Cromo trivalente	1,0 mg/L	-
Estanho Total	4,0 mg/L	-
Ferro Dissolvido	15,0 mg/L	-
Fluoreto Total	10,0 mg/L	-
Manganês Dissolvido	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Mercúrio Total	0,01 mg/L	0,005 mg/L
Níquel Total	2,0 mg/L	1,0 mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	20 mg/L	-
Prata Total	0,1 mg/L	0,02 mg/L
Selênio Total	0,3 mg/L	0,02 mg/L
Sulfeto	1 mg/L	1,0 mg/L
Zinco total	5 mg/L	1 mg/L

Fonte: Adaptado de BRASIL (2011) e SANTA CATARINA (2009).

Fazendo este comparativo extra às duas legislações, é possível perceber que os parâmetros da lei estadual são mais restritivos quanto aos limites de lançamento, porém resolução CONAMA 430/2011 estabelece limites para mais parâmetros do que a lei estadual.

No que diz respeito a materiais flutuantes ambas as leis determinam que devem ser ausentes virtualmente no efluente tratado (BRASIL, 2011; SANTA CATARINA, 2009).

Para atender esses parâmetros de lançamento, é necessário que o efluente seja submetido a um tratamento para remoção desses poluentes.

2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS

Um sistema de tratamento de águas residuárias é um conjunto de processos unitários organizados para remover poluentes com o intuito de atender às condições e padrões de lançamento e padrões de qualidade, conforme as legislações ambientais (NUNES, 2012).

Nunes (2012) afirma que:

Poluição é qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas ou biológicas das águas, causadas pelo lançamento nos corpos receptores (rios, lagos, mar, represas, etc.) de matéria ou energia que os tornem impróprios para usos preponderantes, podendo prejudicar a saúde ou bem-estar da população, às atividades sociais e econômicas, causar danos à flora e à fauna aquática, etc (p. 44).

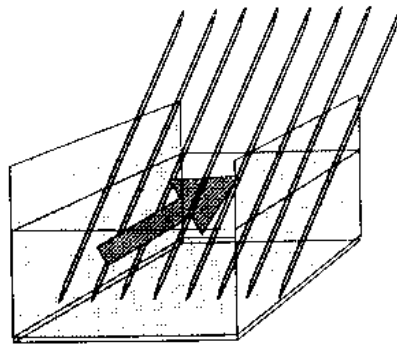
Para evitar essa poluição é necessário que o efluente sanitário seja submetido ao processo de tratamento para remoção dos poluentes presentes, e este depende de várias etapas, que serão abordadas nos subitens a seguir.

2.3.1 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar consiste na remoção de sólidos suspensos grosseiros ou no condicionamento do efluente para uma etapa subsequente do tratamento (RAMALHO, 1983).

A remoção dos sólidos grosseiros é realizada usualmente por meio de grades com espaçamento das barras pequeno, podendo ser grossa, média ou fina, e o material que é removido de forma manual ou mecanizada. A principal finalidade do gradeamento é evitar que sólidos grosseiros causem danos aos dispositivos de transporte do efluente, como bombas e tubos e unidades subsequentes de tratamento (SPERLING, 1996). (Figura 1)

Figura 1 - Gradeamento



Fonte: SPERLING, 1996.

No desarenador ocorre a remoção da areia presente no efluente através de mecanismos de sedimentação. A areia pela sua própria dimensão e densidade sedimenta no fundo do tanque de decantação enquanto a matéria orgânica que é mais lenta de sedimentar permanece suspensa, seguindo para as etapas posteriores de tratamento. A remoção da areia visa evitar a abrasão de equipamentos e tubos, evitar obstruções, facilitar a transferência de lodo (SPERLING, 1996). A Figura 2 abaixo apresenta um desarenador.

Figura 2 - Desarenador



Fonte: SPERLING, 1996.

2.3.2 Tratamento Primário

Após passar pelo tratamento preliminar o efluente ainda apresenta sólidos em suspensão não grosseiros sedimentáveis e flutuantes, e o tratamento

primário visa a remoção destes sólidos, com predominância de fenômenos físicos (SPERLING, 1996).

Após a etapa preliminar o efluente sanitário ainda contém sólidos em suspensão não grosseiros, que são removidos no decantador primário. O efluente flui de forma lenta pelo decantador de forma que os sólidos em suspensão decantem pela diferença de densidade com o líquido, e se depositem no fundo do tanque. Esse lodo depositado no fundo é o lodo primário bruto e precisa ser removido e tratado (SPERLING, 1996).

A etapa de floculação é utilizada principalmente em tratamentos físico-químicos, no qual é utilizado um floculante com a finalidade de formar flocos antes de encaminhar o efluente ao decantador, facilitando o processo de decantação (IMHOFF, 1996).

Apesar do tratamento primário remover a matéria orgânica particulada, este não remove a matéria que está dissolvida, que apenas será removida no tratamento secundário.

2.3.3 Tratamento Secundário

No tratamento secundário ocorre a remoção da matéria orgânica dissolvida através de processos biológicos. Von Sperling (1997) cita algumas formas de tratamento secundário como lagoas de estabilização, sistemas aeróbios com biofilmes, tratamento anaeróbio, disposição no solo e lodos ativados.

2.3.3.1 Lagoas de Estabilização

O tratamento por lagoas facultativas (Figura 3) ocorre de maneira simples, o efluente entra por uma extremidade da lagoa e sai pela outra, porém o tempo de detenção é alto, superior a 20 dias. A matéria orgânica sedimenta por gravidade para o fundo e o lodo se deposita, sendo decomposta por microrganismos anaeróbios. A matéria que não sedimenta é decomposta por bactérias facultativas (SPERLING, 1996).

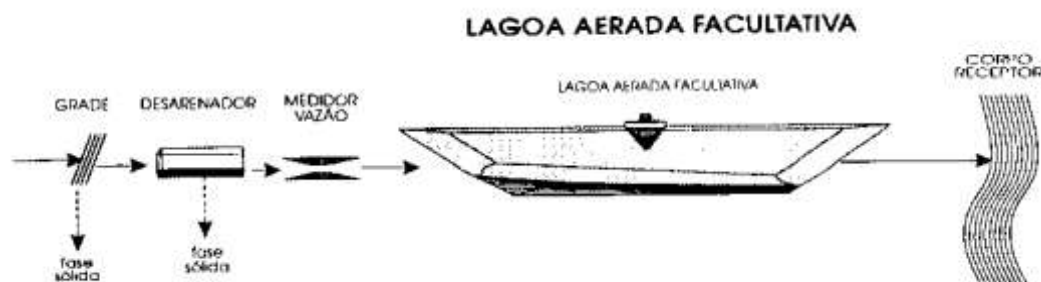
Figura 3 – Lagoa facultativa



Fonte: SPERLING, 1996.

A lagoa facultativa requer grande área, e uma forma de diminuir suas dimensões é utilizar a configuração aerada. Nas lagoas aeradas facultativas (Figura 4) ocorre a inserção de oxigênio no sistema através de aeradores o que ocasiona uma maior velocidade de depuração da matéria orgânica, e reduz o tempo de detenção para uma ordem de 5 a 10 dias (SPERLING, 1996).

Figura 4 – Lagoa aerada facultativa



Fonte: SPERLING, 1996.

Nas lagoas aeradas de mistura completa o nível de aeração é superior às lagoas aeradas facultativas, o que permite uma redução ainda maior de sua área. A agitação causada pela aeração é tamanha que mantém os sólidos em suspensão e mantém a concentração de microrganismos alta. Desta forma a eficiência do sistema é superior permitindo um tempo de detenção da ordem de 2 a 4 dias (SPERLING, 1996).

Lagoas Anaeróbias (Figura 5) são lagoas sem aeração, mais profundas e de menor comprimento, em que há prevalência de microrganismos anaeróbios. Outro fator que contribui para a anaerobiose é a baixa atividade fotossintética que ocorre no sistema. Os microrganismos anaeróbios possuem um metabolismo mais lento, o que ocasiona uma detenção de 3 a 5 dias, tempo

suficiente para a remoção parcial da matéria orgânica, que pode chegar de 50% a 60%. O sistema anaeróbio é normalmente seguido de uma lagoa facultativa (SPERLING, 1996).

Figura 5 – Lagoa anaeróbia



Fonte: SPERLING, 1996.

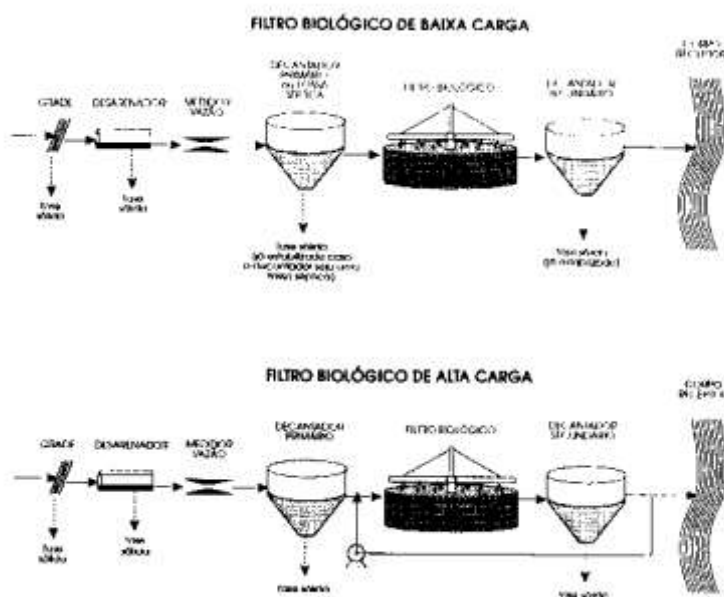
2.3.3.2 Sistemas Aeróbios com Biofilmes

Outro tipo de sistema de tratamento secundário é o aeróbio com biofilmes. Nessa configuração de tratamento a biomassa não fica solta nos reatores como nos sistemas anteriores, ela possui um material suporte no qual ocorre a fixação do biofilme microbiano, que pode ser de diversos tipos de materiais como plástico ou pedras, no qual o efluente passa e a matéria orgânica entra em contato com o biofilme fixo no material (SPERLING, 1996).

Nos sistemas de filtros biológicos de baixa carga a quantidade DBO por unidade de área é menor, o que gera uma disponibilidade menor de alimento para a biomassa o que ocasiona uma estabilização parcial do lodo e aumenta a eficiência de remoção da DBO, mas aumenta também os requisitos de área para construção do tanque (SPERLING, 1996).

Diferentemente dos filtros de baixa carga, os filtros biológicos de alta carga recebem uma carga de DBO maior por unidade de área, o que possibilita menor requisito de área para construção do tanque. Entretanto há uma redução na eficiência de remoção de DBO devido à redução de área, e não há estabilização do lodo nesse filtro. A recirculação do efluente se faz necessária nesse sistema para manter a vazão constante durante todo o dia, equilibrar a carga de DBO que sai do tanque além de proporcionar maior eficiência em termos de tratamento do efluente (SPERLING, 1996). Na Figura 6 abaixo, a representação dos dois sistemas.

Figura 6 - Filtros biológicos de baixa e alta carga.

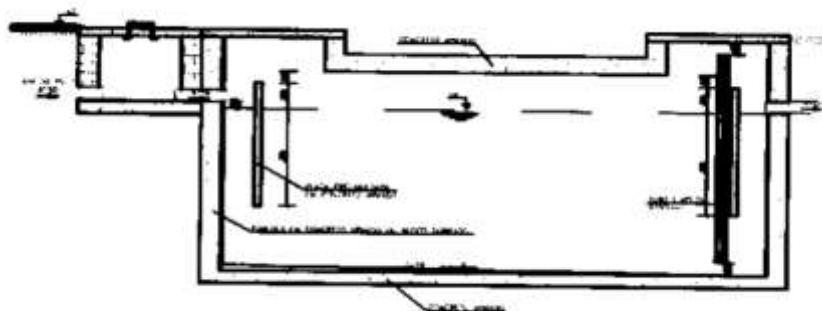


Fonte: SPERLING (1996)

2.3.3.3 Tratamento Anaeróbio

O sistema de fossa séptica seguido de filtro anaeróbio é amplamente utilizado em áreas rurais e é um sistema simples. A fossa séptica (Figura 7) funciona como um decantador que remove os sólidos em suspensão através de sedimentação e esse lodo sofre digestão anaeróbia no fundo do tanque (SPERLING, 1996).

Figura 7 – Fossa séptica

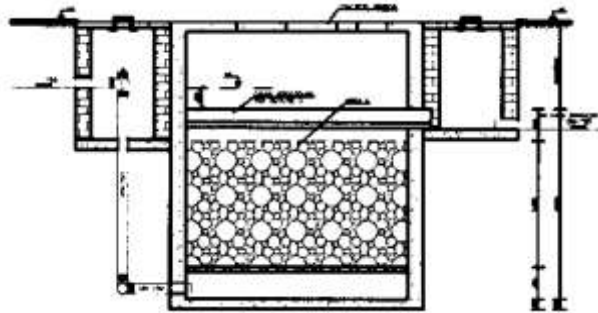


Fonte: NUNES (2012)

O efluente após passar pela fossa se encaminha ao filtro anaeróbio onde ocorre a remoção da matéria orgânica. Nesse dispositivo o fluxo do fluido ocorre de maneira ascendente e esse será afogado (Figura 8). Dessa maneira,

fazendo com que o líquido escoe pelos vazios entre as pedras que servem de suporte para o crescimento do biofilme microbiano. A eficiência desse sistema é normalmente menor que a dos sistemas aeróbios, há pouca produção de lodo e este já é estabilizado (SPERLING, 1996).

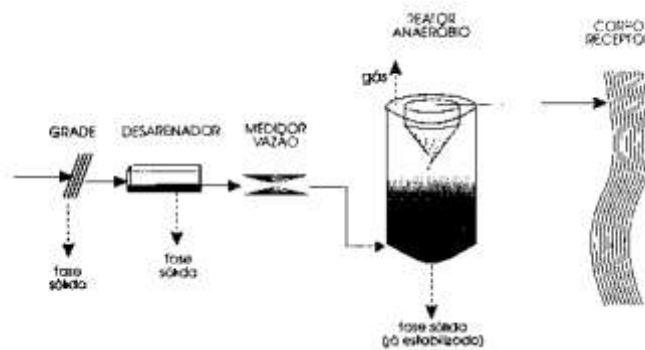
Figura 8 – Filtro Biológico



Fonte: NUNES, 2012.

Outro exemplo de tratamento anaeróbio é o *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), que é um reator anaeróbio de manta de lodo. Esse tipo de tratamento consiste na dispersão da biomassa no tanque a concentração elevada, o que resulta na redução do volume do reator. O fluxo do efluente e do gás metano gerado no processo são ascendentes. É necessária uma estrutura de separação do gás na parte superior do reator para que este seja reaproveitado como energia ou queimado. No UASB a produção de lodo é baixa e ele é estabilizado no próprio reator, sendo necessário apenas a sua desidratação. Esse sistema dispensa a utilização de reatores primários (SPERLING, 1996).

Figura 9 – Sistema de reator UASB



Fonte: SPERLING, 1996.

2.3.3.4 Disposição no Solo

Uma forma mais simples de tratamento de esgoto é a disposição no solo, na qual o efluente é retido na matriz do solo, pelas plantas e acaba se conduzindo à recarga do lençol freático. Normalmente é a etapa posterior a um decantador ou fossa séptica. Através da infiltração lenta o esgoto é aplicado no solo provendo os nutrientes e água para as plantas se desenvolverem, incorporando ao tecido vegetal e também enviado para a atmosfera pela evapotranspiração. Apesar de esse sistema requerer uma maior área superficial, possui boa eficiência. Sendo que a aplicação do efluente se processa através de aspersão, alagamento ou crista e vala (SPERLING, 1996). Observar Figura 10.

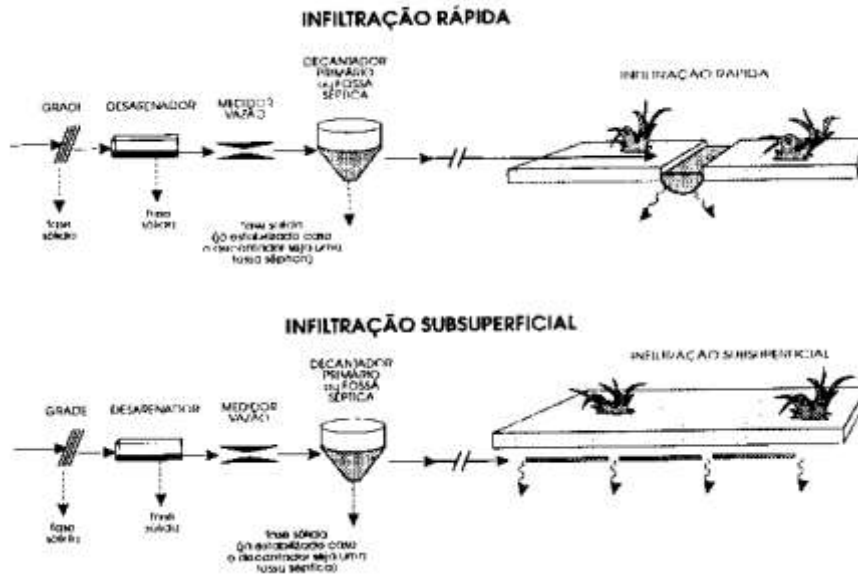
Figura 10 – Infiltração lenta



Fonte: SPERLING (1996)

Diferente da infiltração lenta, na infiltração rápida o esgoto é depositado em bacias rasas construídas em terra, sem revestimento, percolando através do solo em direção ao lençol freático. A aplicação ocorre de forma intermitente de modo a evitar a saturação do solo. Como a percolação é rápida, há menos perda por evaporação. Já a infiltração subsuperficial é aplicada abaixo do solo, em sistemas escavados que permitem a um armazenamento do efluente em horários de pico de vazão. São exemplos deste sistema as valas de infiltração e os sumidouros (SPERLING, 1996). A Figura 11 mostra estes dois sistemas.

Figura 11 – Infiltração rápida e subsuperficial



Fonte: SPERLING, 1996.

2.3.4 Tratamento Terciário

O tratamento terciário é necessário quando após um tratamento secundário o efluente não apresenta os parâmetros adequados para lançamento, quando se faz necessário a remoção de patogênicos ou nutrientes.

Verificou-se a partir de 1980 que águas residuárias com baixa concentração de matéria orgânica ainda possuíam potencial poluidor devido à presença de substâncias nitrogenadas. Dentre os fatores dos quais se faz necessária a remoção de nitrogênio está a eutrofização. A eutrofização é o processo de crescimento excessivo de espécies de algas, devido à presença de nutrientes. Os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica de plantas e algas cresce exponencialmente aumentando a demanda de oxigênio na água. Como consequência desse aumento ocorre a morte de espécies do ecossistema aquático por asfixia, aumento no valor do tratamento da água e a inadequação da água para seus usos pretendidos (DEZOTI; SANT'ANNA JR; BASSIN, 2011).

Uma forma de tratamento terciário são os *wetlands*. O processo de tratamento por *wetlands* consiste na passagem do efluente por um meio filtrante, onde há presença de macrófitas aquáticas, substrato e microrganismos que são

responsáveis pela remoção de poluentes, tais como DBO, nitrogênio e fósforo (NUNES, 2012).

Os *wetlands* são normalmente utilizados como pós tratamento no polimento de efluentes e na remoção de nitrogênio e fósforo, além de traços de metais e microrganismos patogênicos. A remoção destes poluentes ocorre através diversos mecanismos, tais como sedimentação, filtração, adsorção, absorção pelas plantas, digestão microbiana e decomposição (NUNES, 2012).

Assim como os *wetlands*, as lagoas de polimento podem ser utilizadas na remoção da matéria orgânica remanescente do tratamento secundário. Essas lagoas retêm parte dos sólidos sedimentáveis ainda presentes nos efluentes pós tratamento secundário, funcionando como um decantador, tanque de homogeneização e tanque biológico, sendo que o melhor efeito é obtido com dois dias de detenção hidráulica e com 1m a 2m de profundidade (IMHOFF, 1996). Na Tabela 2, é possível visualizar métodos de remoção e o que eles removem.

Tabela 2 – Processos de redução de poluentes.

Redução terciária	Processo
das substâncias consumidoras de oxigênio	Lagoas de Polimento Micromitase Filtração
de fósforo	Precipitação simultânea Pós Precipitação Assimilação Biológica Lagoas de Algas
de nitrogênio	Nitrificação e Desnitrificação

Fonte: IMHOFF, 1996.

Um dos problemas da poluição hídrica está relacionado ao fator higiênico, por doenças veiculadas à água. Um recurso hídrico que recebe um despejo de efluentes sanitários recebe grande quantidade de microrganismos transmissores de doenças, afetando não só o recurso como também os usos previstos para o recurso, como abastecimento de água e balneabilidade (SPERLING, 1996). Por isso se faz necessária a etapa de desinfecção do efluente após o tratamento secundário.

O Cloro tem muitas vantagens que contribuem para que seja amplamente utilizado na desinfecção de efluentes, ele inativa uma grande

quantidade de patogênicos encontrados nas águas, é mais econômico que outros produtos, além de deixar um residual que é facilmente medido e controlado (NUVOLARI, 2011).

Mas deve-se ter cuidado na cloração em algumas situações, quando o efluente apresenta grande carga de matéria orgânica, pois pode haver reação do cloro com o nitrogênio orgânico e outros compostos que podem formar trihalometanos, e quando há presença de nitrogênio amoniacal, pois a aplicação desencadeia a formação de cloraminas, que possuem eficiência menor que o cloro livre (GONÇALVES, 2003).

No que tange a desinfecção de águas residuárias o cloro possui algumas formas comerciais além do cloro gasoso, como hipoclorito de sódio (líquido) e hipoclorito de cálcio (sólido). O hipoclorito de sódio é usualmente utilizado na cloração de sistemas simples e de pequeno porte devido à facilidade de aplicação em baixas vazões, baixo risco de manuseio e armazenamento, além de possuir baixo custo (GONÇALVES, 2003).

Tabela 3 – Dosagem de cloro por característica do efluente.

Dosagem de cloro necessária	
Esgoto bruto	6 a 12 mg/L de Cl
Esgotos bruto séptico	12 a 25 mg/L de Cl
Esgotos sedimentados Frescos	5 a 10 mg/L de Cl
Esgotos tratado séptico	12 a 40mg/L de Cl
Esgotos tratado quimicamente	3 a 10 mg/L de Cl
Efluentes de filtro biológico	3 a 10 mg/L de Cl
Efluentes de lodos ativados	2 a 8 mg/L de Cl

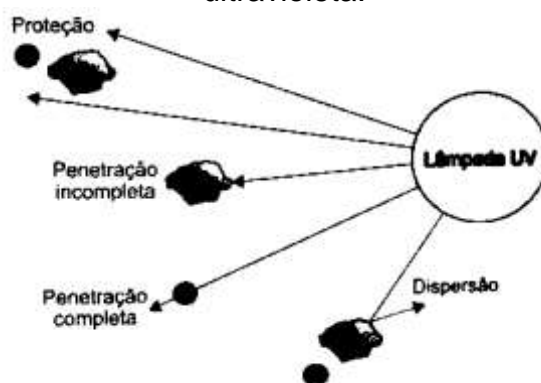
Fonte: NUNES (2012)

Outro gás utilizado no processo de desinfecção é o ozônio. O ozônio é um gás instável e deve ser gerado no local onde será aplicado. Este gás possui um alto potencial de oxidação, bactericida e virucida, exigindo pouco tempo de contato. É altamente corrosivo e tóxico (NUVOLARI, 2011).

Outra forma é através da radiação ultravioleta, que diferente dos demais métodos, não causa a inativação por interação química. Através da luz, os microrganismos são inativados através de uma reação fotoquímica que altera os componentes das moléculas essenciais das células microbianas, como os ácidos nucleicos e outros componentes importantes para a célula, provocando a morte dos microrganismos (NUVOLARI, 2011).

A desinfecção através de radiação ultravioleta necessita que o efluente não possua matéria particulada, pois esta impede a penetração da radiação, o que reduz a eficiência da inativação dos microrganismos patogênicos presentes no efluente (GONÇALVES, 2003), como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Interferência da matéria particulada na desinfecção por radiação ultravioleta.



Fonte: GONÇALVES, 2003.

Outro fato importante neste método de desinfecção é o processo conhecido como reativação no escuro. Alguns microrganismos podem se recuperar em nível celular, reativando-se após o tratamento quando expostos a comprimentos de ondas específicos durante períodos mínimos (GONÇALVES, 2003).

Outro método de desinfecção são as lagoas de maturação, que tem como principal objetivo a remoção de patogênicos, são lagoas rasas com alta incidência de radiação solar, pH e Oxigênio Dissolvido elevados devido à fotossíntese, o que favorece a foto-oxidação dos microrganismos, além da eliminação de cistos e ovos de helmintos através da sedimentação (SPERLING, 2002).

2.4 TRATAMENTO POR LODOS ATIVADOS

O método de tratamento por lodos ativados é utilizado mundialmente no tratamento de efluentes domésticos e industriais por possuir elevada qualidade do efluente final e pouca demanda de área. Entretanto o sistema de

lodos ativados possui uma maior mecanização quando comparado a outros métodos o que demanda maior consumo de energia elétrica. (SPERLING, 1997).

No reator de lodos ativados é onde ocorrem as reações de remoção da matéria orgânica e da matéria nitrogenada, em alguns casos. O substrato existente no esgoto é utilizado pelos organismos para se desenvolver (SPERLING, 1997). Um dos componentes do sistema de lodos ativados é o tanque de aeração onde há elevada concentração de flocos microbianos em suspensão, o que promove a degradação da matéria orgânica (SANT'ANNA JR, 2013).

Sant'Anna Junior (2013) afirma que o processo de tratamento por lodos ativados tem como ponto crítico a sedimentabilidade do lodo. Se essa sedimentabilidade não for adequada, não é atingida no tanque de aeração a concentração necessária de microrganismos, além da possibilidade de perda de sólidos na corrente sobrenadante, o que compromete o tratamento do efluente.

Os flocos microbianos devem ser removidos do efluente tratado nos decantadores secundários e parte desse material retorna ao processo pela recirculação. Porém, pode ocorrer de surgir flocos com problemas na sedimentação, devido ao crescimento de microrganismos filamentosos, que influencia nas características de sedimentabilidade do lodo, que acarretará no arraste do sobrenadante junto com o efluente clarificado, diminuindo a qualidade do tratamento. Além de sedimentar rapidamente é necessário que o agregado se forme sem necessidade de material suporte, apresentando diâmetro mínimo de 0,2mm (DEZOTI; SANT'ANNA JR; BASSIN, 2011).

Imhoff (1996) afirma que os lodos ativados possuem maior eficiência de tratamento quando comparados aos filtros biológicos; possuem eficiência semelhante no inverno e no verão, além de não possuir mal cheiro. Esses sistemas podem dispor de diferentes configurações, que serão abordadas a seguir.

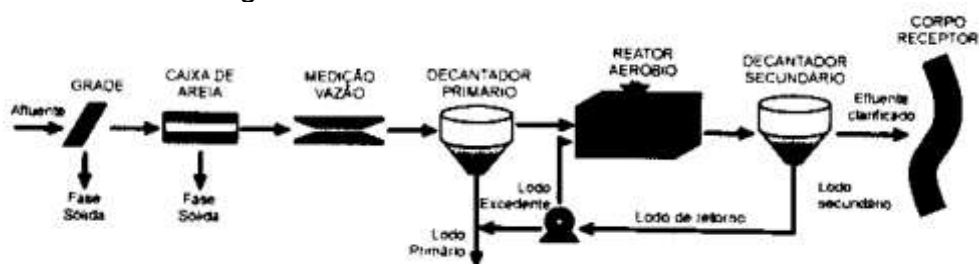
A principal vantagem do processo dos lodos ativados no tratamento de águas residuárias é a alta qualidade do efluente clarificado, além da eficiência elevada na remoção de matéria orgânica e nutrientes, quando em condições favoráveis. Outra vantagem desse sistema é a requisição de área pequena, mas

em contrapartida é necessário mais gasto com energia e controle (NUNES, 2012).

2.4.1 Sistemas de lodos ativados convencional

No sistema de lodos ativados convencional (Figura 13) existe a necessidade de inserção de um decantador primário para remover parte da matéria orgânica, de maneira a proporcionar economia de energia para a aeração e reduzir o tamanho do reator biológico. O tempo de detenção hidráulica do reator de lodos ativados convencional é da ordem de 6h a 8h e a idade do lodo de 4 a 10 dias, idade esta que faz com que seja necessária a estabilização do lodo excedente (SPERLING, 1997). No entanto existe outra configuração desse sistema em que o lodo excedente já sai estabilizado.

Figura 13 – Lodo ativado convencional



Fonte: NUNES, 2012.

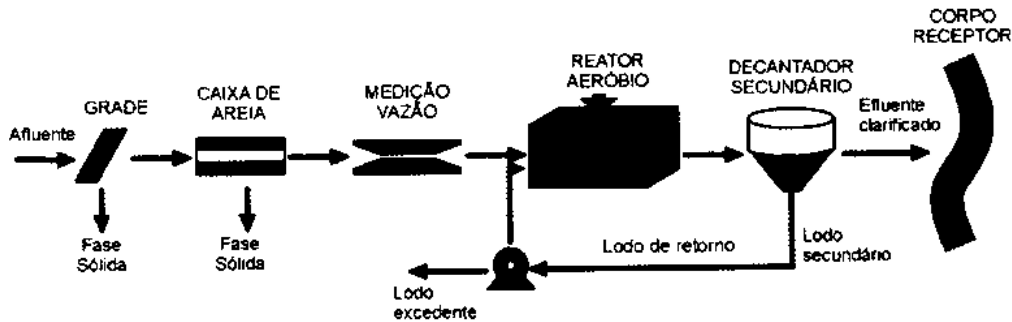
2.4.2 Sistemas de lodos ativados aeração prolongada

No método de tratamento de lodos ativados de aeração prolongada o lodo permanece no sistema de 18 a 30 dias, exposto a uma carga de DBO₅ do efluente bruto, o que gera uma disponibilidade menor de alimento para os microrganismos presentes. O tempo de detenção hidráulica nesse reator é de 16 a 24h (SPERLING, 1997).

Como a disponibilidade de alimento para os microrganismos é reduzida neste método, estes passam a se alimentar da matéria orgânica presente nas próprias células microbianas, que é convertida em gás carbônico e água através da respiração celular. Com esse processo, ocorre a estabilização do lodo no próprio reator (SPERLING, 1997).

Nesta configuração do sistema, diferente de lodos ativados convencional, não é necessário que haja um decantador primário pois a estabilização do lodo ocorre no reator aeróbio (NUNES, 2012) (Figura 14).

Figura 14 – Lodos ativados aeração prolongada



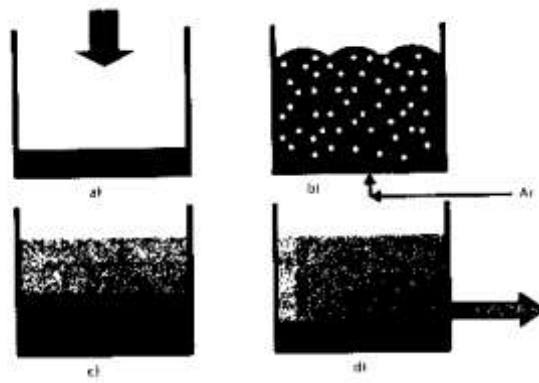
Fonte: NUNES (2012)

2.4.3 Reator de lodos ativados em Bateladas Sequenciais

No caso de tratamento de esgoto doméstico pelo reator em batelada sequencial, pode-se utilizar a versatilidade do sistema para remoção de altos níveis de nitrogênio e fósforo, através da operação em condições anóxicas ou óxicas. Um bom controle do tempo de reação no reator assegura bons níveis de remoção de matéria orgânica e nitrificação (SANT'ANNA, 2013).

Nessa configuração de sistemas de tratamento de efluentes por lodos ativados, diferente das configurações anteriormente abordadas o fluxo ocorre de maneira intermitente. O processo de depuração ocorre em um único reator que opera como decantador primário, oxidação da matéria orgânica e decantação secundária, podendo ser utilizado tanto como lodos ativados convencional ou de aeração prolongada. Como a biomassa biológica permanece no reator de bateladas sequenciais em todos os ciclos, o sistema não necessita de decantadores separados (SPERLING, 1997). Na Figura 15 abaixo, são demonstradas as etapas de funcionamento de um reator de bateladas sequenciais.

Figura 15 – Reator de bateladas sequenciais



A letra (a) representa o enchimento do tanque, (b) reação, (c) a decantação do lodo e (d) a drenagem do efluente clarificado.

Fonte: SANT'ANNA JR, 2013.

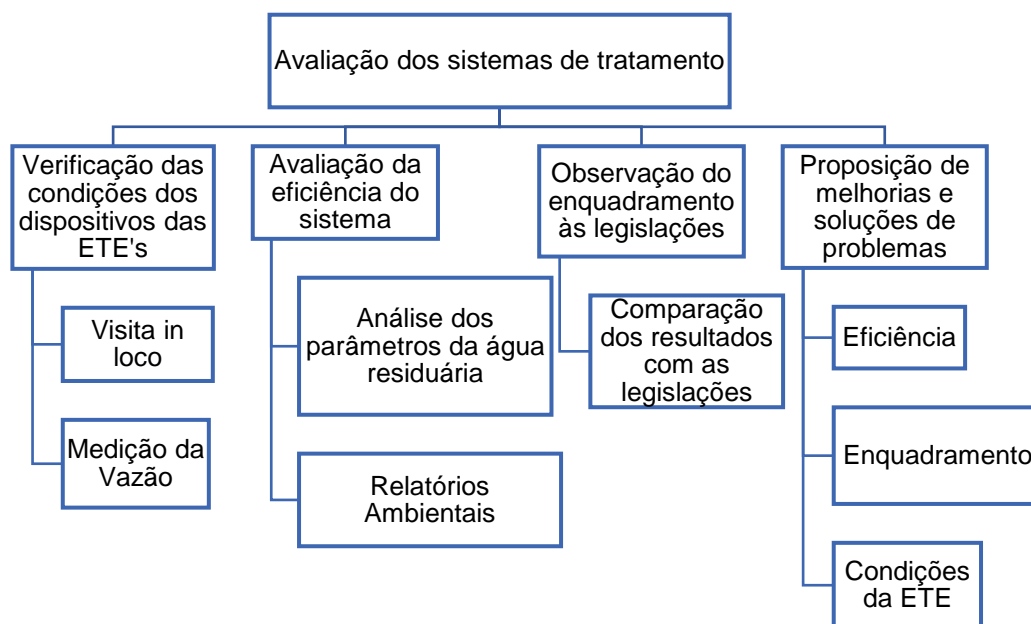
3 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, que segundo Cervo e Bervian (2002) é aquela que contribui para fins práticos, e busca soluções para problemas concretos.

Também foi realizada uma pesquisa bibliográfica para dispor maior embasamento teórico ao presente trabalho. Sendo as informações adquiridas em livros, teses, legislações, de forma a melhor compreender o funcionamento dos sistemas de tratamento utilizados pela universidade, bem como, identificar os termos técnicos utilizados para esses sistemas. Andrade (2010) afirma que qualquer trabalho científico pressupõe uma pesquisa bibliográfica. Esse tipo de pesquisa busca explicar um problema através de referências teóricas. Se busca conhecer e analisar as contribuições culturais e científicas sobre um determinado tema ou assunto (CERVIAN; BERVIAN; SILVA, 2007). Ademais realizou-se paralelamente uma pesquisa exploratória, que segundo Boaventura (2004) visa aumentar a familiaridade com o tema abordado na pesquisa, de maneira a explicitá-lo ainda mais.

A forma de abordagem deste estudo se enquadra como quantitativa, que segundo Boaventura (2004) por se caracterizar pelo emprego da quantificação na coleta da informação e no tratamento destas, através de técnicas estatísticas em diversos níveis de complexidade. Abaixo segue um fluxograma resumo da metodologia (Figura 16), com posterior explicação detalhada de cada tópico.

Figura 16 – Fluxograma resumo da metodologia



Fonte: Autor, 2018.

3.1 VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS DISPOSITIVOS DAS ETE'S

3.1.1 Visita in loco

Foi realizado através de visitas *in loco* nas estações de tratamento, através de inspeção visual dos dispositivos integrantes do sistema de tratamento, registro fotográfico e coleta de informações através de conversa com funcionários responsáveis pela operação e manutenção das estações. Segundo Andrade (2010) a pesquisa de campo é aquela em que ocorre a coleta de dados em campo de um determinado fenômeno, sem interferência do pesquisador sobre ele.

3.1.2 Medição de vazão

A vazão foi medida através do método volumétrico que consiste no enchimento de um recipiente com volume conhecido e a determinação do tempo de enchimento através de um cronômetro. O método consistiu no uso de um recipiente no bocal de entrada de efluente no tanque de aeração no qual foi cronometrado o tempo que este levou para encher um determinado volume.

Através do método foi possível calcular a vazão do efluente. As medições foram realizadas a cada 20 minutos durante todo o período de expediente da instituição e, no decorrer de 3 dias intercalados, para que se pudesse calcular as vazões média, máxima e mínima de entrada de efluente. Para a medição foram utilizados béqueres de 1L, 250mL, e 100mL, conforme o fluxo do efluente.

3.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS

3.2.1 Análise dos parâmetros da água residuária

Para se calcular a eficiência do sistema de tratamento, foram realizadas análises do afluente e do efluente, para determinação da demanda bioquímica de oxigênio antes e após o tratamento, bem como sólidos sedimentáveis, pH, OD e coliformes. As análises também serviram para uma melhor caracterização do efluente bruto.

As análises foram realizadas com amostras coletadas de ambas estações de tratamento, foram realizados ensaios de pH, sólidos sedimentáveis, coliformes, DBO₅ e OD. Sendo os procedimentos realizados em laboratório, com auxílio do professor orientador.

3.2.1.1 Análise de pH

As análises de pH foram realizadas com o pHmetro de bancada, devidamente calibrado, nos quais as amostras foram inseridas em béqueres de 50 mL para a medição.

3.2.1.2 Análise microbiológica

As amostras de efluente para análise microbiológica foram coletadas com frascos autoclavados para evitar a contaminação externa. Após isso foram encaminhadas para o laboratório onde a amostra foi transferida para um béquer autoclavado, e mergulhou-se a fita *colipaper* na amostra. Após retirar o excesso de água colocou-se a fita na embalagem plástica e levou-se à estufa durante 15h a 37°C. O método indica a existência de coliformes totais e fecais (*E. Coli*). Nas

amostras que cresceram pontos vermelhos indicaram a existência de coliformes totais e azuis indicaram a existência de coliformes fecais. Multiplicou-se o valor encontrado por 80, que é o fator de correção. Quando a quantidade foi muito grande ou incontável, utilizou-se os quadrados da embalagem, escolhendo-se 2 ou 3 quadrados e fez-se uma média, multiplicando por 6400. A unidade foi expressa em UFC/ 100 mL.

3.2.1.3 Sólidos sedimentáveis

Para a determinação de sólidos sedimentáveis coletou-se as amostras e transferiu-se para o cone *Imhoff*. Esperou-se duas horas para sedimentação e os resultados foram anotados.

3.2.1.4 DBO₅

As amostras de água residuária para as análises de DBO₅ foram coletadas com os frascos de DBO₅, tomando cuidado de evitar a entrada de ar. Um dos frascos foi embrulhado com papel alumínio e inserido na estufa incubadora, durante 5 dias a 20° no escuro. Foi determinado o oxigênio dissolvido do frasco restante, pipetando 2 mL de solução de sulfato manganoso, 2 mL de de solução de iodeto de azida de sódio, introduzindo a pipeta no fundo do frasco e lentamente adicionando as soluções elevando o nível da pipeta.

Após a amostra foi misturada de vagorosamente por inversões sucessivas, até os flocos formados sedimentarem até metade do recipiente. Repetiu-se o procedimento anteriormente descrito e pipetou-se 2 mL de ácido sulfúrico concentrado à amostra, mergulhando a ponta da pipeta na metade do frasco. Tapou-se e misturou-se a amostra por inversão do vidro até que o precipitado se dissolvesse.

Coletou-se com auxílio de uma proveta, 200 mL da amostra do frasco e transferiu-se para um Erlenmeyer de 500 mL. Sendo que, na ocasião, caso a solução não apresentasse cor iodada ou se a cor apresentada fosse fraca, adicionavam-se 2 mL de solução indicadora de amido. Caso não desenvolvesse coloração azulada era porque não havia oxigênio na amostra analisada. Se a

amostra apresentasse coloração azulada, titulava-se com solução de tiosulfato de sódio 0,025 N até o desaparecimento da coloração azul.

Em caso de coloração iodada da amostra, titulava-se com solução de tiosulfato 0,025N até coloração amarelo pálido. Adicionaram-se gotas de solução de amido até a cor azul e titula-se com solução de tiosulfato de sódio 0,025 N até desaparecer a coloração azul. A quantidade de oxigênio dissolvido na amostra foi igual ao volume em mL de tiosulfato de sódio gasto na titulação.

Após cinco dias foi determinado a concentração de oxigênio dissolvido OD₅, do frasco que estava estufa incubadora através do mesmo método anteriormente citado.

Foram analisados os relatórios que são entregues ao órgão ambiental responsável, de forma a conferir se os resultados das análises realizadas condiziam com os dados expressos nos laudos, ou utilizando-se dos mesmo quando não foi possível realizar amostragem de um determinado efluente.

3.3 ENQUADRAMENTO ÀS LEGISLAÇÕES

Com base nos resultados das análises realizadas, assim como os relatórios ambientais das estações, foi possível realizar uma comparação com os valores requeridos pelas legislações vigentes, CONAMA 430/2011 e Lei 14.675 de 2009 do estado de Santa Catarina, com o intuito de observar se os resultados obtidos das análises atendiam às respectivas legislações.

3.4 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS

Com base em todos os dados obtidos durante as etapas de levantamento das condições físicas dos dispositivos e medição da vazão, análises dos efluentes bruto e tratado, determinação da eficiência de tratamento, atendimento às legislações, estes foram analisados de maneira quantitativa, e, a partir dos resultados encontrados, foram propostas alternativas de melhorias, voltadas a dispor aumento de eficiência, bem como, solucionar os problemas que foram encontrados, tanto operacionais quanto de segurança dos sistemas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

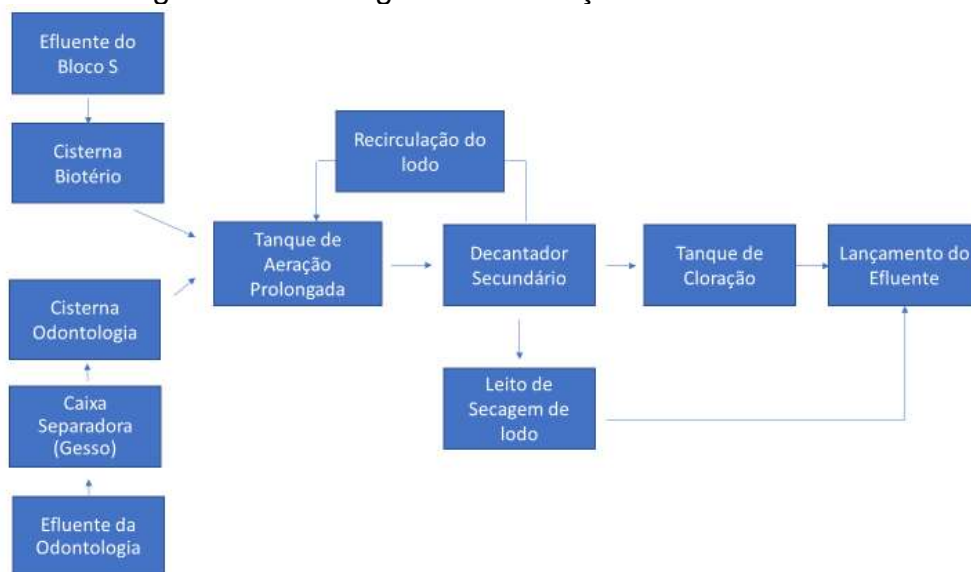
4.1 LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES DOS DISPOSITIVOS DO SISTEMA DE TRATAMENTO

A instituição de ensino superior na qual se realizou o presente trabalho está localizada no sul do estado de Santa Catarina, e possui dois sistemas de tratamento de águas residuárias em suas dependências, que no decorrer do texto serão designadas como estações 1 e 2.

A estação 1 se localiza no campus da universidade e recebe efluente de atendimento odontológico, de laboratórios de pesquisa, laboratórios de química e da área da saúde e do biotério (Bloco S), sendo que a carga de DBO_5 deve-se principalmente ao biotério, haja vista que no local são criados os ratos para os experimentos em laboratório. O efluente gerado da lavação das gaiolas desses ratos é encaminhado à estação de tratamento, bem como, a água da lavação de vidrarias de laboratório de pesquisa. No entanto, os resíduos químicos são separados e descartados de maneira oposta aos demais efluentes gerados, haja vista que a estação funciona com base no tratamento biológico, e esse tipo de efluente iria afetar sua eficiência. O efluente gerado no bloco S, excetuando o químico, tem por característica a concentração de DBO_5 alta devido à urina e fezes dos ratos, além do sangue e secreções bucais dos atendimentos odontológicos prestados na instituição.

A configuração da estação de tratamento 1 consiste em um sistema lodos ativados de aeração prolongada. Entretanto antes da estação existem cisternas de onde o efluente é bombeado já que este não tem como ser escoado por gravidade. A cisterna executa o papel de decantador, por motivo de os sólidos presentes, que deveriam ser encaminhados para a estação, serem retidos em seu interior. No caso do efluente oriundo do setor de odontologia, há ainda uma caixa separadora de gesso antes da cisterna, empregada com o intuito de evitar que o gesso, utilizado nos procedimentos e aulas, adentre à estação. A Figura 17, descreve o fluxograma da configuração do sistema de tratamento existente no campus (estação 1).

Figura 17 – Fluxograma da estação de tratamento 1



Fonte: Autor, 2018.

Na estação 2, que se localiza no parque tecnológico da instituição, o efluente gerado é proveniente da lavagem de vidrarias dos laboratórios de análises de água e efluente, alimentos, poluição atmosférica, microbiologia, solos. Assim como no bloco S, os resíduos químicos são descartados de maneira distinta dos demais resíduos, de forma a evitar que estes produtos cheguem à estação. O efluente não possui uma característica padrão, visto que esse pode variar com os tipos de análises que são realizadas nos laboratórios, com amostras recebidas e ainda com a demanda de serviço prestados (Figura 18).

Figura 18 – Amostras de estação 2



Fonte: Autor, 2018.

Os laboratórios funcionam de segunda a sexta-feira, das 8:00h às 17:00h. A Figura 19 apresenta um fluxograma desta estação.

Figura 19 – Fluxograma da estação de tratamento 2.



Fonte: Autor, 2018.

4.1.1 Visitas in loco

Durante o estudo foi possível notar que, apesar de cercada, a estação 1 não possui nenhum tipo de cobertura e ainda nas proximidades há muitas árvores (Figura 20), o que ocasiona acúmulo excessivo de folhas pelo chão, e sobre o leito de secagem.

Figura 20 – Entrada do sistema de tratamento de águas residuárias 1



Fonte: Autor, 2018.

Para realizar a medição de pH ou qualquer tipo de dosagem no tanque de aeração é necessário subir uma escada de madeira ao lado, que não possui nenhum tipo de corrimão ou suporte para se segurar e evitar quedas. Quando o tempo está chuvoso, como não há cobertura sobre a estação, a escada fica molhada e escorregadia, o que pode ocasionar acidentes.

Outra questão observada foi com relação ao efluente que chega à estação por tubulações separadas, quando as cisternas dos blocos S e da odontologia enchem até um certo nível, são bombeados para o tanque de aeração de 5000 L, que acaba servindo também de equalizador. A aeração prolongada é feita através de um aerador ABM Beck de 1 CV, com taxa de transferência de oxigênio de 1,2 O₂/kW.h, com pausa na aeração de 1 hora. Ainda, como o efluente possui surfactantes da lavagem de vidrarias dos laboratórios, pode ocorrer no processo de aeração a formação de espuma. Quando isso ocorre, é dosado antiespumante no tanque de aeração (Figura 21).

Figura 21 – Tanque de aeração



Fonte: Autor, 2018.

O controle do aerador e da bomba de recirculação de lodo é feito manualmente, através de um painel de controle que se situa na lateral da estação, que controla também as bombas de efluente do biotério e da odontologia, conforme a Figura 22.

Figura 22 – Painel de controle



Fonte: Autor, 2018.

Após passar pelo tanque de aeração o efluente segue para o decantador (Figura 23), de 1,83 m³, que possui forma cilíndrica com o fundo afunilado onde ocorre o processo de sedimentação dos sólidos em suspensão, e o efluente clarificado segue para o tanque de cloração. Como já mencionado a recirculação é por bombeamento manual e o lodo do decantador pode ser recirculado para o tanque de aeração.

Figura 23 – Decantador secundário da estação 1



Fonte: Autor, 2018.

Durante o estudo também foram observados problemas com o decantador secundário. A camada de revestimento interno começou a desprender-se (Figura 24) e causar o entupimento da bomba de recirculação, além do suporte de ferro que sofreu oxidação, necessitando ser enviado para reparos e recuperação por galvanização.

Figura 24 - Decantador secundário antes do reparo



Fonte: Autor, 2018.

O efluente clarificado se encaminha então à caixa de cloração, que tem um volume de 1 m³, em que é realizada a dosagem de hipoclorito de sódio pelo técnico responsável diariamente de forma manual, assim como a medição de pH e correções caso sejam necessárias. Não são realizadas anotações das medições de pH, nem de dosagem de produtos nesta estação (Figura 25).

Figura 25 – Tanque de cloração



Fonte: Autor, 2018.

No processo de cloração o operador esvazia determinado volume da caixa, com o uso de uma válvula, e dosa o cloro, agitando manualmente. O processo é feito diariamente, com exceção dos fins de semana e feriados.

Existem dois leitos de secagem de lodo na estação 1, embora nunca tenham sido utilizados. O lodo desses leitos quando existente severa ser removido e encaminhado para uma destinação final. Como não há cobertura sobre a estação 1, o lodo fica exposto à chuva, o que compromete a funcionalidade desse dispositivo caso fosse necessário utilizá-lo, já que o lodo seca através da radiação solar.

Figura 26 – Leitos de secagem da estação 1



Fonte: Autor, 2018

A estação 2 diferentemente do sistema anterior é enterrada, ficando visível apenas sua parte superior. A estação é composta por um tanque de aeração prolongada (Figura 27) seguido de um decantador secundário (Figura 28). O sistema não possui tanque de cloração e a adição de produtos para correção do pH, quando necessária, é feita diretamente no tanque de aeração. O sistema possui ainda dispositivos para recirculação do lodo e para o leito de secagem. No entanto o funcionário da estação afirma que a quantidade de lodo que recircula no sistema é muito baixa.

Segundo as anotações das medições do pH realizadas pelos funcionários dos meses de março a agosto, o pH em geral se mantém dentro da faixa da

permitida pelas legislações vigentes, sendo pouco necessário a correção do mesmo.

Figura 27 – Tanque de aeração prolongada da estação 2



Fonte: Autor, 2018.

Figura 28 – Decantador secundário parte superior e interna da estação 2



Fonte: Autor, 2018.

Ao realizar a inspeção no sistema foi encontrado uma fissura na parede do decantador que ocasiona vazamento do efluente, que infiltra diretamente no solo e impede que o efluente clarificado siga para as etapas posteriores do tratamento. Conforme o operador da ETE da instituição, o decantador já existia no local de um sistema físico-químico e foi reaproveitado no projeto da estação atual.

Após o decantador o efluente deveria seguir para o bombeamento, no qual o lodo poderia ser recirculado para o tanque de aeração ou ser encaminhado o efluente para o corpo receptor. A Figura 29 apresentada abaixo mostra a parte superficial e interno da cisterna de bombeamento, de onde o efluente pode ser bombeado para o leito de secagem ou recirculado para o tanque de aeração. Atualmente devido ao baixo teor de matéria orgânica no efluente, não há geração suficiente de lodo que permita recirculação.

Figura 29 – Cisterna de bombeamento



Fonte: Autor, 2018.

Caso necessário a estação possui leitos de secagem do lodo, que pode ser bombeado manualmente pelo operador. O sobrenadante do lodo retorna ao tanque de aeração. (Figura 30).

Figura 30 – Leito de secagem da estação 2



Fonte: Autor, 2018.

4.1.2 Medição da vazão

Em nenhuma das estações existem dispositivos de medir vazão. Na estação 1, foi possível estimar a vazão diária utilizando-se da caixa de cloração, esvaziando a caixa e anotando o tempo que esta levava para encher. Como o efluente é bombeado, a vazão não é constante. Além disso, após 2 dias de medição da vazão a bomba da cisterna da odontologia queimou, devido à obstrução causada por cerdas de bucha de limpeza, o que impediu o prosseguimento da medição da vazão. A Figura 31 mostra a bomba queimada, próximo à cisterna da odontologia.

Figura 31 – Bomba queimada da cisterna da odontologia



Fonte: Autor, 2018.

Observou-se que a medição de vazão feita não é precisa, e caso seja utilizada para dimensionamentos, recomenda-se a multiplicação pelo fator de segurança $F_s=1,5$. As estimativas realizadas consideraram que a caixa de cloração não enche completamente, nem esvazia totalmente, diminuindo-se essas duas alturas chegou-se ao volume útil para medição de 700L. As medições foram feitas nos dias 31/10 e 01/11. (Tabela 4).

Tabela 4 – Estimativa da vazão da estação 1

Dia	Horário	Caixa	Volume Aproximado	Vazão estimada
31/out	13:40	Vazia	0	200L/h
	14:20	Vazia	0	
	15:00	Vazia	0	
	15:30	Vazia	0	
	16:00	Vazia	0	
	17:10	Cheia	700	
Dia	Horário	Caixa	Volume Aproximado	Vazão estimada
01/nov	08:00	Vazia	0	233,33L/h
	09:00	Vazia	0	
	10:50	Cheia	700	
	11:10	Vazia	0	
	14:10	Cheia	700	
	14:25	Vazia	0	
	17:00	Cheia	700	

Fonte: Autor, 2018.

Na estação 2 foi possível medir também através do método volumétrico, porém como a vazão é menor e constante a precisão da medição é maior. No primeiro dia, a vazão média alcançada foi 0,05767 L/s, o que resultou na vazão média diária de 1868,58 L/dia, que foi calculada com base na vazão média e no tempo de funcionamento dos laboratórios. Obteve-se ainda as vazões mínimas e máxima do dia, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Vazões medidas na estação 2 no dia 17/09

Horário	Vazão (L/s)	Vazão Média (L/s)	Vazão mínima	Vazão máxima	Vazão Média diária (L/dia)
08:20	0,00125				
08:40	0,00101				
09:00	0,00164				
09:20	0,00605				
09:40	0,11905				
10:00	0,12500				
10:20	0,01351				
10:40	0,10101				
11:00	0,11111	0,05767	0,00101	0,14388	1868,58
11:20	0,12987				
11:40	0,10843				
12:00	0,10526				
12:20	0,01127				
12:40	0,00676				
13:00	0,00519				
13:20	0,00510				
13:40	0,05780				

Horário	Vazão (L/s)	Vazão Média (L/s)	Vazão mínima	Vazão máxima	Vazão Média diária (L/dia)
14:00	0,06173				
14:20	0,14388				
14:40	0,06192				
15:00	0,05000				
15:20	0,07692				
15:40	0,03906				
16:00	0,05611				
16:20	0,04286				

Fonte: Autor, 2018.

No segundo dia, a vazão média encontrada foi 0,04584 L/s, resultando em uma vazão diária de 1485,51 L/dia. Foram encontradas vazões máximas e mínimas de 0,16234 L/s e 0,00032 L/s, respectivamente. Observar a Tabela 6, abaixo.

Tabela 6 – Vazões medidas na estação 2 no dia 19/09

Horário	Vazão (L/s)	Vazão Média (L/s)	Vazão Mínima	Vazão Máxima	Vazão Diária (L/dia)
08:20	0,00032				
08:40	0,05084				
09:00	0,00381				
09:20	0,07616				
09:40	0,07943				
10:00	0,16234				
10:20	0,12346				
10:40	0,10152				
11:00	0,04866				
11:20	0,05714				
11:40	0,03333				
12:00	0,01691				
12:20	0,00617	0,04585	0,00032	0,16234	1485,51
12:40	0,00226				
13:00	0,00167				
13:20	0,00137				
13:40	0,01706				
14:00	0,02730				
14:20	0,02857				
14:40	0,02370				
15:00	0,03182				
15:20	0,05571				
15:40	0,06978				
16:00	0,01912				
16:20	0,10776				

Fonte: Autor, 2018.

No terceiro dia, as vazões média e diária encontradas foram 0,0425 L/s e 1378 L/dia, assim como a mínima de 0,00007 L/s e máxima 0,16103 L/s. (Tabela 7).

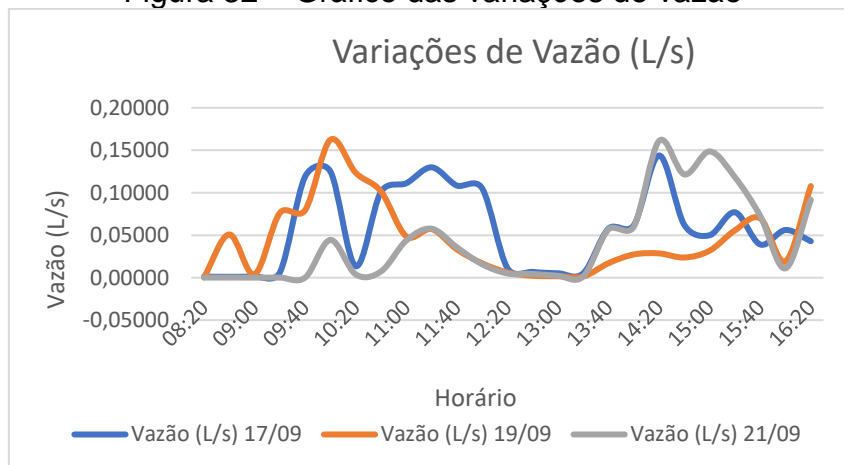
Tabela 7 – Vazões medidas na estação 2 no dia 21/09

Horário	Vazão (L/s)	Vazão Média (L/s)	vazão mínima (L/s)	Vazão máxima (L/s)	Vazão Média diária (L/dia)
08:20	0,00011				
08:40	0,00010				
09:00	0,00007				
09:20	0,00008				
09:40	0,00007				
10:00	0,04439				
10:20	0,00386				
10:40	0,00726				
11:00	0,04363				
11:20	0,05760				
11:40	0,03571				
12:00	0,01574				
12:20	0,00500	0,04253	0,00007	0,16103	1378,02
12:40	0,00437				
13:00	0,00221				
13:20	0,00143				
13:40	0,05698				
14:00	0,06006				
14:20	0,16103				
14:40	0,12151				
15:00	0,14859				
15:20	0,11820				
15:40	0,07262				
16:00	0,01099				
16:20	0,09166				

Fonte: Autor, 2018.

Com base nas variações de vazão, construiu-se o gráfico, apresentado na Figura 32, que demonstra as vazões dos três dias, para efeito de comparação. A vazão média do sistema foi calculada através da média aritmética das vazões médias diárias dos 3 dias em que ocorreram as medições e resultou em 1577,37 L/dia.

Figura 32 – Gráfico das variações de vazão



Fonte: Autor, 2018.

4.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS

4.2.1 Análises dos parâmetros das águas residuárias

Para determinar a eficiência do sistema foram realizadas análises laboratoriais de DBO_5 , pH, sólidos sedimentáveis, coliformes totais e fecais, dos efluentes bruto e tratado das estações, porém como a estação 2 se apresenta com o problema no decantador, não foi possível coletar o efluente tratado para análise. Sendo assim foram utilizados os dados dos laudos entregues ao órgão ambiental responsável, para que se pudesse calcular a eficiência do sistema. Os resultados estão expressos na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultado das análises laboratoriais

Parâmetro	Efluente Biotério (Estação 1)	Efluente Odontologia (Estação 1)	Efluente Tratado (Estação 1)	Efluente Estação 2
pH	6,50	6,74	6,00	6,73
DBO_5	128 mg. DBO_5 /L	39 mg. DBO_5 /L	ND	172 mg. DBO_5 /L
OD				
Sólidos sedimentáveis	2 mL/L	Ausente	Ausente	0,1 mL/L
Coliformes Totais	-	NR	-	32000 UFC/100 mL

Parâmetro	Efluente Biotério (Estação 1)	Efluente Odontologia (Estação 1)	Efluente Tratado (Estação 1)	Efluente Estação 2
Coliformes fecais	1280 UFC/100 mL	NR	160 UFC/100 mL	560 UFC/100 mL

NR: não realizado. ND: não detectado. UFC: unidade formadora de colônia.

Fonte: Autor, 2018.

4.2.1.1 Análise de pH

As análises de pH da estação 1 apresentaram-se dentro dos padrões esperados por lei, na faixa de 6 a 9. Abaixo de 6 o efluente começa a possuir caráter ácido, o que traz malefícios para os dispositivos do sistema, como corrosão por exemplo, o que pode danificar as bombas e o aerador.

4.2.1.2 Análise microbiológica

A análise microbiológica foi realizada na estação 1 antes da dosagem de cloro e apontou a presença de *E. Coli* no efluente tratado, 160 UFC/100mL, o que demonstra que o residual de cloro que permanece no efluente entre cada cloração não é suficiente para garantir a qualidade microbiológica do efluente no período entre clorações. Comparando com os resultados dos laudos, todas análises apresentaram quantidade inferior ao mínimo detectável.

Já a análise da estação 2 determinou a presença de coliformes totais e fecais (*E. Coli*), em quantidade elevada, 32.000 UFC/ 100mL para coliformes totais e 560 UFC/ 100 mL. Apesar disso, não é cobrado da instituição a análise de coliformes na estação 2 pelo órgão ambiental, tanto que não há etapa de cloração no sistema. Além disso a qualidade do corpo receptor, que é um curso d'água de classe II que foi degradado pela mineração de carvão na região acaba conferindo a esse um pH abaixo de 3, o que acaba por justificar a falta desta etapa no sistema de tratamento.

4.2.1.3 Sólidos sedimentáveis

Na estação 1, as análises de sólidos sedimentáveis apresentaram resultados de 2 mL/L no efluente do biotério e ausente nos efluentes da odontologia e tratado. O resultado do efluente tratado se adequa à resolução CONAMA 430/2011 que prevê limite de 1mL/L. Os resultados demonstram que a remoção de sólidos pelo sistema de tratamento possui uma eficiência excelente. Na estação 2, o efluente bruto apresentou 0,1 mL/L de sólidos sedimentáveis, não sendo possível realizar o teste com efluente tratado devido ao problema encontrado no decantador secundário.

4.2.1.4 DBO₅

Como a estação 1 possui duas entradas de efluente, foram feitas análises de DBO₅ para o efluente de ambas entradas, o do biotério e o da odontologia. As análises resultaram em uma concentração de DBO₅ de 128 mg/L para a amostra do biotério e 39 mg/L para a amostra da odontologia. O método utilizado para a análise não verificou a presença de DBO₅ na amostra de efluente tratado. Ao se comparar com os resultados das análises no laudo que é entregue semestralmente pela instituição ao órgão municipal, este determinou que a amostra de efluente tratado possuía DBO₅ inferior a 2 mgDBO₅/L, que é o mínimo que o método utilizado é capaz de determinar. Sendo assim o sistema 1 apresentou eficiência superior a 98% na remoção da DBO₅, atendendo os requisitos da legislação mais restritiva, 60 mg/L ou 80% de eficiência de remoção, previstos na lei estadual.

A DBO₅ da estação 2 pela análise apresentou uma concentração de 172 mg/L, porém não foi possível coletar amostra de efluente tratado para análise, já que este está com vazamento no decantador secundário. Sendo assim foi utilizado a média dos resultados dos laudos entregues ao órgão ambiental para se estimar a eficiência do sistema, obtendo-se assim 30,7 mgDBO/L, o que representa uma eficiência superior a 80% na remoção da DBO₅ do efluente, também atendendo os requisitos da legislação estadual citados anteriormente.

4.3 ATENDIMENTO ÀS LEGISLAÇÕES VIGENTES

Na estação 1, são entregues ao órgão ambiental na forma de laudo semestral, as análises de DBO₅, DQO, pH, coliformes e sólidos sedimentáveis, e os resultados estão expressos na Tabela 9, abaixo.

Tabela 9 – Relatório ambiental estação 1

Parâmetro	Resultado	CONAMA 430/2011	Lei 14.675/2009
pH	7,2 mg/L	5 a 9	6 a 9
DBO	<2 mg/L	60% Remoção	60 mg/L ou 80% de remoção
DQO	70 mg/L	NC	NC
Sólidos sedimentáveis	<0,1 mL/L	1	(1)
Coliformes	<1,8.10 ⁰	NC	NC

NC: não contemplado. (1): O limite para materiais sedimentáveis será fixado pelo órgão licenciador em cada caso, após estudo de impacto ambiental realizado pelo interessado.

Fonte: Adaptado do laudo entregue ao órgão ambiental.

Com base nos dados do laudo, conclui-se que a estação 1 atendeu todos os requisitos solicitados pelo órgão ambiental, sendo que nenhum parâmetro ultrapassou os limites das legislações.

Na estação 2, o órgão ambiental solicita análise de mais parâmetros que a estação 1, sendo este pH, DBO₅, DQO, sólidos totais, sulfetos, sólidos sedimentáveis, óleos minerais, cor aparente, turbidez, surfactantes, fenóis, cobre, ferro, zinco e mercúrio.

Tabela 10 – Relatório ambiental estação 2

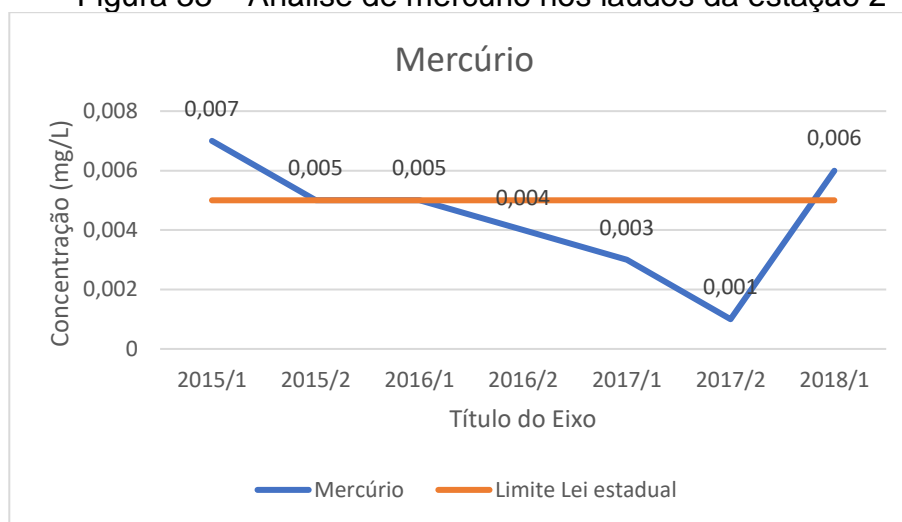
Parâmetro	Resultado	CONAMA 430	Lei 14.675
Cobre	0,026 mg/L	NC	0,5 mg/L
Ferro Total	0,59 mg/L	(1)	NC
Mercúrio	0,0060 mg/L	0,01 mg/L	0,005
Zinco	0,02 mg/L	5,0 mg/L	1,0
Cor aparente	154 mg/L	NC	NC
pH	7,1 mg/L	5 a 9	6 a 9
DBO	6 mg/L	60% Remoção	60 mg/L ou 80% de remoção
Surfactantes	<1 mg/L	NC	2,0
DQO	<20 mg/L	NC	NC
Fenóis Totais	<0,05 mg/L	0,5	0,2
Óleos Minerais	<1 mg/L	20	NC
Sólidos sedimentáveis	0,8 mL/L	1	(2)
Sólidos Totais	298 mg/L	NC	NC
Sulfeto	< 0,2 mg/L	1	NC
Turbidez	15,3 NTU	NC	NC

NC: Não contemplado. (1): Resolução 430 do CONAMA apenas dispõe sobre ferro dissolvido. (2): O limite para materiais sedimentáveis será fixado pelo órgão licenciador em cada caso, após estudo de impacto ambiental realizado pelo interessado.

Fonte: adaptado do laudo entregue ao órgão ambiental.

Analisando-se o laudo entregue ao órgão (Tabela 10) constatou-se que todos os parâmetros, com exceção do mercúrio, enquadram-se nos limites previstos pelas legislações. O parâmetro mercúrio acabou ultrapassando o limite da legislação estadual. A estação 2 consiste na remoção biológica do poluente do efluente, portanto o mercúrio não é removido no processo de tratamento biológico, sendo necessário identificar a fonte para que se possa controlar este parâmetro na origem do problema. Analisando os laudos desde o primeiro semestre de 2015, foi possível perceber que o problema com o parâmetro não foi anormal ao sistema. O gráfico disposto na Figura 33 mostra os resultados expressos nos laudos de cada semestre.

Figura 33 – Análise de mercúrio nos laudos da estação 2



Fonte: adaptado dos laudos ambientais.

Constata-se que o parâmetro necessita ser melhor controlado, pois o gráfico aponta que é comum a concentração próxima ao limite estabelecido na lei 14.675 de 2009.

4.4 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Com base na análise das demandas requeridas nos dois sistemas analisados recomenda-se a construção de uma cobertura com telhas translúcidas sobre os dois sistemas de tratamento, de modo a evitar que ocorram problemas com o aerador como obstruções por galhos e folhas, além de permitir

que a luz solar incida sobre o leito de secagem, caso seja necessária sua utilização no futuro. Recomenda-se ainda a inserção de proteções na escada para segurança do operador nas medições de pH e dosagem de produtos, a fim de evitar quedas e acidentes no sistema de tratamento 1. Recomenda-se ainda que as anotações de pH e correções necessárias da estação 1 sejam registradas assim como acontece na estação 2, como forma de monitoramento deste parâmetro e para que se tenha registro destas anotações assim como da aplicação de produtos químicos. Atualmente as medições de pH ocorrem, entretanto não são registradas.

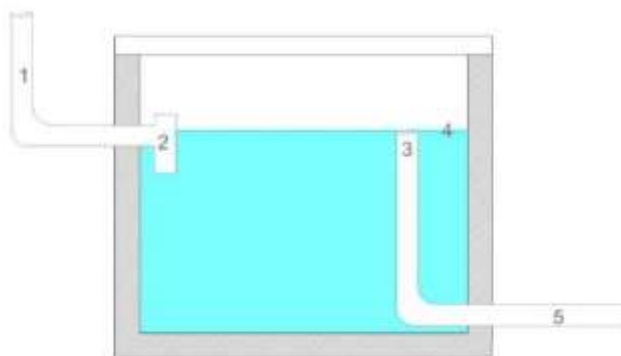
Ademais sugere-se a identificação tanto da estação como das tubulações, dispositivos e bombas da estação, afim de facilitar a identificação por quem for responsável pela operação, e por quem visita a estação em caso de inspeções.

A caixa cloradora atual pode ser substituída por uma caixa de cloração Bakof Tec de 1000L que utiliza pastilhas de cloro e dispensa a aplicação diária de hipoclorito de sódio pelo operador, o tanque desenvolvido com plástico reforçado de fibras de vidro, e possui o recipiente para as pastilhas de cloro. As pastilhas entram em contato com o efluente na entrada e permanecem parcialmente submersas no efluente do tanque, se solubilizando lentamente. Dessa forma a cloração ocorreria sem problemas em feriados e fins de semana, aumentando a eficiência do tratamento e dispensando o operador de estar em contato com o produto químico diariamente. Seria necessário o acompanhamento após a troca, para se fazer uma análise de quanto tempo será necessário para a substituição das pastilhas de cloro, além de análises microbiológicas nos primeiros dias para garantir a eficiência do sistema.

Caso não seja viável a compra de uma caixa nova, pode-se adaptar a caixa já existente para um sistema de cloração com pastilhas, fazendo-se as adaptações nas tubulações que saem do decantador para que estas escoem para dentro de um recipiente no qual as pastilhas de cloro serão armazenadas de forma que fiquem também parcialmente submerso no efluente do tanque. Este recipiente pode ser, por exemplo, um tê de passagem lateral em PVC DN 100 ou superior, com caps, que são tampas de PVC, onde serão feitos furos que permitam a saída do efluente, mas não das pastilhas. O cap inferior seria

também furado e o superior serviria como tampa, na qual o operador abriria para a reposição das pastilhas (Figura 34).

Figura 34 – Possível adaptação da caixa de cloração atual



(1) Saída do decantador. (2) Recipiente das pastilhas (Tê). (3) Saída de efluente clarificado. (4) Nível do efluente. (5) Destinação final.

Fonte: Autor, 2018.

Outra forma de resolver este problema seria a instalação de uma bomba dosadora de cloro, a qual é programada para a dosagem do produto no tanque de cloração. No entanto este sistema também requer cuidados com manutenção da bomba dosadora.

É necessário o imediato reparo do decantador da estação 2, ou sua substituição por outro, já que o defeito impede o prosseguimento do tratamento do efluente, assim como a coleta de amostras do efluente tratado para análise.

Durante o estudo foram pesquisados medidores de vazão para os sistemas. Porém no caso da estação 1, na qual é realizado o bombeamento seriam necessários 2 medidores, um para cada bomba. E os valores encontrados no mercado para aparelhos digitais como estes acabaram por inviabilizar a sugestão de aquisição dos mesmos. O ideal seria um medidor na saída do sistema que registrasse a vazão diária de efluente que é gerada. No caso da estação 2, poderia ser instalado antes do tanque de aeração um vertedor triangular de parede fina, já que o efluente escoar por gravidade.

Recomenda-se a elaboração de um sistema de indicadores de qualidade para cada estação com base nos dados dos laudos que são encaminhados ao órgão ambiental e através da realização de análises de efluente bruto, que hoje não acontece, para que se possa acompanhar a

eficiência dos sistemas ao longo do tempo. Como a instituição já realiza análises semestralmente dos efluentes tratados, a análise do efluente bruto traria ao gestor acesso a um banco de dados que mostra o histórico da estação, da eficiência, dos déficits.

As bombas e aeradores são peças fundamentais nas estações, haja vista que a eficiência do tratamento depende do funcionamento desses dispositivos. É aconselhável a elaboração de um plano de monitoramento desses dispositivos, com certa periodicidade para que não se comprometa o funcionamento dos sistemas devido a defeitos causados pela falta de manutenção destes equipamentos. Recomenda-se que sejam registradas as manutenções, reparos e substituições feitas para que se tenham informações registradas, pois esses dados poderão servir como base para o gestor da estação na tomada de ação.

É fundamental que também haja um controle rigoroso do descarte de produtos dos laboratórios. Durante a coleta de dados, foi levantada a informação de que em uma aula prática de técnica operatória, um produto era lançado diretamente na pia, que escoia até a estação 1. Analisando a ficha de informações de segurança do produto, iodo povidona, essa recomenda em hipótese alguma descartar o vazamento para o esgoto. A ficha ainda indica que o produto polui os recursos hídricos e é tóxico para peixes e plantas. O iodo povidona, além dos problemas citados anteriormente é um degermante, seu descarte pode prejudicar a eficiência do sistema de tratamento da estação, que consiste em tratamento biológico por microrganismos aeróbios.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou as eficiências e as demandas existentes em duas estações de tratamento de efluentes existentes em uma instituição de ensino superior. Os resultados permitiram elucidar questões importantes referentes a esses sistemas, bem como, por intermédio das demandas observadas, propor alternativas de melhoria dos sistemas. Fatos esses que permitiram retirar as seguintes conclusões a partir da pesquisa:

- Problemas físicos nos sistemas de tratamento, como o decantador da estação 2 e a bomba da cisterna da odontologia, e problemas de segurança na parte operacional das estações, como escadas sem proteção, foram observados através da investigação em campo.
- As análises laboratoriais realizadas apontaram a eficiência do tratamento nos sistemas 1 e 2, sendo superior a 98% na estação 1 e superior a 82% na estação 2, porém esta foi realizada com base nos resultados dos laudos ambientais devido ao problema físico no decantador da estação, que impossibilitou a coleta de amostra de efluente tratado. As análises microbiológicas demonstraram que o tanque de cloração da estação 1 possui problema de eficiência, e que o residual de cloro entre as clorações diárias não garante a qualidade microbiológica do efluente lançado, embora não haja limite previsto para coliformes nas legislações consultadas, CONAMA 430/2011 e Lei estadual 14.675/2009. Considerando que o efluente do biotério contém fezes de ratos, que podem conter traços de medicamentos e drogas testadas, além de possivelmente conter microrganismos patogênicos, torna-se necessário manter um residual de cloro no efluente tratado da estação 1, sendo a adoção do sistema de pastilhas de hipoclorito de cálcio uma alternativa adequada para este fim.
- No que se refere à análise dos laudos ambientais, constatou-se que a estação 2 apresentou problema no enquadramento do parâmetro mercúrio, que acabou ultrapassando o limite previsto na lei 14675/2009 de Santa Catarina. Analisando os laudos anteriores foi possível perceber que a problemática do mercúrio não é um

fenômeno isolado nas análises da estação, que já apresentou casos de ultrapassar o limite em 2015/1, e ficaram no limite em 2015/2 e 2016/1. O sistema não é capaz de tratar este poluente, sendo necessário que o problema seja resolvido na fonte geradora por meio de descarte seletivo dos reagentes envolvidos e efluentes contendo mercúrio, que serão descartados como resíduos químicos.

- A análise dos resultados permitiu a proposição de melhoria propostas como a colocação de proteção nas escadas, a caixa de cloração sem necessidade de aplicação diária de produto e que funcionaria todos os dias da semana incluindo feriados, um plano de monitoramento das bombas e aeradores, análise do efluente bruto semestral para se acompanhar a eficiência dos sistemas, além de controles laboratoriais referentes ao descarte de produtos nas pias dos laboratórios de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução a metodologia do trabalho científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 158 p.

BOAVENTURA, Edivaldo M. **Metodologia da pesquisa**: monografia, dissertação, tese. São Paulo: Atlas, 2004. 160 p.

BRASIL, 2005. Resolução 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.

BRASIL, 2011. Resolução 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 2005, do Conselho.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 242 p.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007. 162 p.

DEZOTTI, Márcia (Org.); SANT'ANNA JUNIOR, Geraldo Lippel; BASSIN, João Paulo. **Processos biológicos avançados**: para tratamento de efluentes e técnicas de biologia molecular para o estudo da diversidade microbiana. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 357 p.

GONÇALVES, Ricardo Franci; PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Desinfecção de efluentes sanitários**. São Carlos, SP: RiMa, 2003. 422 p.

IMHOFF, Karl; IMHOFF, Klaus R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: Edgard Blücher, 1996. 301 p.

NUNES, José Alves. **Tratamento biológico de águas residuárias**. 3. ed. rev., ampl. e atual. Aracaju: J. Andrade, 2012. 277 p.

NUVOLARI, Ariovaldo (Coord.). **Esgoto sanitário**: coleta transporte tratamento e reúso agrícola. 2ª ed. rev. atualizada e ampl. - São Paulo: Blucher, 2011.

RAMALHO, R. S. **Introduction to wastewater treatment processes**. San Diego: Academic Press, 1983. 580 p.

SANTA CATARINA, 2009. Lei Nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências.

SANT'ANNA JUNIOR, Geraldo Lippel. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 404 p.

SPERLING, Marcos von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1).

SPERLING, Marcos Von. **Lagoas de estabilização**. 2. Ed. Belo Horizonte: DESA, 2002.196 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.3).

SPERLING, Marcos von. **Lodos ativados**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, 1997. 248 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.4).