



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

IVAN LUÍS MOMBACH

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO
UTILIZADO COMO TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO**

CERRO LARGO - RS

2016

IVAN LUÍS MOMBACH

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO
UTILIZADO COMO TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Prof. Ma. Aline Raquel Müller Tones

Co-orientadora: Prof. Ma. Alcione Aparecida de Almeida Alves

CERRO LARGO – RS

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Mombach, Ivan Luís

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO
UTILIZADO COMO TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO/ Ivan Luís Mombach. -- 2016.
63 f.:il.

Orientadora: Prof. Ma. Aline Raquel Müller Tones.

Co-orientadora: Prof. Ma. Alcione Aparecida de
Almeida Alves.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia Ambiental , Cerro Largo, RS, 2016.

1. Trabalho de Conclusão de Curso. I. Tones, Prof.
Ma. Aline Raquel Müller, orient. II. Alves, Prof. Ma.
Alcione Aparecida de Almeida, co-orient. III.
Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

IVAN LUÍS MOMBACH

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO
UTILIZADO COMO TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO**

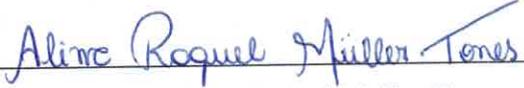
Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo*.

Orientadora: Prof. Ma. Aline Raquel Müller Tones

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

06 / 12 / 2016

BANCA EXAMINADORA


Prof. Ma. Aline Raquel Müller Tones


Prof. Ma. Alcione Aparecida de Almeida Alves


Prof. Dr. Fabiano Cassol

Aos meus pais, irmã, amigos e professoras
Aline Tones e Alcione Alves que me deram
apoio e incentivo para que fosse possível
chegar a essa importante etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A minha família por todo amor, carinho, dedicação e auxílio em todos os momentos desta caminhada.

As minhas professoras orientadora Prof. Ma. Aline Raquel Müller Tones e co-orientadora Prof. Ma. Alcione Aparecida de Almeida Alves, pela confiança e excelente orientação, ensinamentos e amizade prestada no decorrer do trabalho.

Ao meu grande amigo e colega Valdemir Fonseca da Silva por todo auxílio e ajuda prestada nas coletas e análises experimentais.

Ao professor Daniel Daroit por contribuir em algumas análises experimentais.

Aos técnicos dos laboratórios da UFFS pelo auxílio prestado.

A todos meus amigos, colegas e professores do curso, pela amizade, companheirismo e ajuda.

Enfim, a todos que contribuíram de uma ou outra forma para a elaboração desse trabalho, um muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência do filtro biológico anaeróbio como tratamento secundário da Estação de Tratamento de Esgoto, localizada na cidade de Campina das Missões – RS. Para avaliar a eficiência do filtro foram coletadas amostras de efluente no período de abril a novembro de 2016, totalizando 8 amostras. Os pontos de coletas para a análise foram na entrada e na saída do filtro biológico anaeróbio e à montante, à jusante e na zona de mistura do corpo receptor, afluente do Rio Tumurupará. Foram avaliados os seguintes parâmetros: temperatura, cor, turbidez, sólidos suspensos e sedimentáveis, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, potencial hidrogeniônico, absorvância, óleos e graxas, condutividade elétrica, coliformes totais e termotolerantes. Em seguida fez-se a comparação dos resultados obtidos nos diferentes pontos com as Resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA e com a Resolução 128/06 do CONSEMA. Os resultados indicam uma eficiência média de remoção de -52,28%; 20,36%; 32,96%; 20,69% e 96,47%; respectivamente, para os parâmetros sólidos sedimentáveis, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, óleos e graxas e coliformes termotolerantes. Em geral, o desempenho do sistema avaliado mostrou-se pouco eficiente para o tratamento de esgoto, atendendo a legislação em somente 47% dos parâmetros analisados. Os resultados demonstram a necessidade de melhorias na estação de tratamento de esgoto, bem como a adequação do tratamento de filtro biológico anaeróbio com o propósito de atender a legislação ambiental vigente.

Palavras-chave:. Tratamento de Efluentes. Tratamento Secundário. Filtro Biológico Anaeróbio.

ABSTRACT

This paper aims to evaluate the efficiency of an anaerobic biological filter as secondary treatment of the sewage treatment plant in the city of Campina das Missões – RS. In order to evaluate the filter efficiency, 8 samples of the effluent were collected between April and November, 2016. The sample collecting points for this analysis were at the entrance and at the exit of the anaerobic biological filter, and upstream, downstream and at the mixing zone of the receiving water body, tributary of the Tumorupará River. The following parameters were evaluated: temperature, color, turbidity, suspended and sedimentable solids, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, potential of hydrogen, absorbance, oils and greases, electrical conductivity, total and thermotolerant coliforms. Next, the results obtained on the different collecting points were compared to the Resolutions 357/2005 and 430/2011 of CONAMA, and to Resolution 128/06 of CONSEMA. The results showed an average removal efficiency of -52,28%, 20,36%, 32,96%, 20,69% and 96,47%, respectively, for sedimentable solids, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, oils and greases and thermotolerant coliforms. In general, the evaluated system demonstrated low efficiency for the treatment of sewage, complying with the regulations in only 47% of the analyzed parameters. The results showed the necessity of improvements in the sewage treatment plant, as well as the adequation of the anaerobic treatment of the biological filter in order to comply with the current environmental legislation.

Keywords: Sewage Treatment. Secondary Treatment. Anaerobic Biological Filter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura do filtro biológico anaeróbio	23
Figura 2 – Processos de autodepuração	26
Figura 3 – Vista aérea da cidade de Campina das Missões – RS	29
Figura 4 – ETE “G”	30
Figura 5 – Disposição final do efluente no corpo hídrico receptor	30
Figura 6 – Pontos de coleta do efluente bruto, efluente tratado e do corpo hídrico receptor ...	31
Figura 7 – Valores de temperatura do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA	34
Figura 8 – Valores de cor do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA	36
Figura 9 – Valores de turbidez do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA	36
Figura 10 – Valores de sólidos sedimentáveis do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA	38
Figura 11 – Valores de sólidos suspensos do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 128/2006 do CONSEMA	38
Figura 12 – Valores de OD do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA	40
Figura 13 – Valores de DQO do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 128/2006 do CONSEMA	41
Figura 14 – Valores de DBO _{5,20} do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA e Resolução 128/2006 do CONSEMA	42
Figura 15 – Valores de pH do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA e Resolução 128/2006 do CONSEMA	44
Figura 16 – Valores de absorvância (254 nm) do efluente bruto e tratado	45
Figura 17 – Valores de óleos e graxas do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA e Resolução 128/2006 do CONSEMA	47

Figura 18 – Valores de condutividade elétrica do efluente bruto e tratado.....	48
Figura 19 – Porcentagem de parâmetros conformes e não conformes com a legislação ambiental	51
Figura 20 – Contribuição de cada parâmetro para não conformidade com a legislação	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de Lançamento de Efluentes em Corpo Hídrico Classe II, Segundo Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente e Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente	27
Tabela 2 – Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos Domésticos em Função da Vazão conforme estabelecido na Resolução 128/06 do CONSEMA	28
Tabela 3 – Identificação das Bacias e sua respectiva população beneficiada	30
Tabela 4 – Dimensões do Filtro Biológico Anaeróbio	30
Tabela 5 – Métodos analíticos utilizados para quantificar os parâmetros Físico-Químicos e Biológicos estudados	33
Tabela 6 – Variação de Temperatura (°C) no Corpo Hídrico Receptor	35
Tabela 7 – Variação de Cor (uC) no Corpo Hídrico Receptor	37
Tabela 8 – Variação de Turbidez (UNT) no Corpo Hídrico Receptor	37
Tabela 9 – Índice Volumétrico de Lodo (mL/g).....	39
Tabela 10 – Variação de OD (mg/L O ₂) no Corpo Hídrico Receptor	40
Tabela 11 – Variação de DQO (mg O ₂ /L) no Corpo Hídrico Receptor	41
Tabela 12– Valores de DBO _{5,20} em função das características do curso d'água.....	43
Tabela 13 – Variação de DBO _{5,20} (mg/L O ₂) no Corpo Hídrico Receptor.....	43
Tabela 14 – Variação de pH no Corpo Hídrico Receptor.....	45
Tabela 15 – Variação de Absorvância 254 nm no Corpo Hídrico Receptor	46
Tabela 16 – Variação de Óleos e Graxas (mg/L) no Corpo Hídrico Receptor.....	47
Tabela 17 – Variação de Condutividade elétrica (us/cm a 25 °C) no Corpo Hídrico Receptor.....	48
Tabela 18 – Valores de coliformes termotolerantes para efluente bruto e tratado e o limite permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA em NMP/100 mL	49
Tabela 19 – Eficiência de remoção do filtro biológico anaeróbio (%).....	49
Tabela 20 – Faixas prováveis de remoção dos poluentes para o filtro biológico anaeróbio, consideradas em conjunto com o tanque séptico.....	50
Tabela 21 – Eficiência média de remoção (%) do filtro biológico anaeróbio conforme a estação do ano de 2016 observada.....	52
Tabela 22 – Concentração média de entrada durante as estações do ano.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	ESGOTOS DOMÉSTICOS	16
2.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS ESGOTOS ...	16
2.1.1	Características Físicas	16
2.1.1.1	Temperatura.....	16
2.1.1.2	Cor	17
2.1.1.3	Turbidez.....	17
2.1.1.4	Sólidos Suspensos e Sedimentáveis	17
2.1.2	Características Químicas	18
2.1.2.1	Oxigênio Dissolvido (OD)	18
2.1.2.2	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	18
2.1.2.3	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	18
2.1.2.4	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	19
2.1.2.5	Absorvância	19
2.1.2.6	Óleos e graxas.....	19
2.1.2.7	Condutividade elétrica	20
2.1.3	Características Biológicas	20
2.1.3.1	Coliformes Totais e Termotolerantes	20
2.2	CARACTERIZAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	20
2.3	SISTEMAS CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO	21
2.3.1	Tratamentos preliminares	21
2.3.2	Tratamento primário	22
2.3.3	Tratamento secundário	22
2.3.4	Tratamento terciário	24
2.4	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM CORPOS RECEPTORES	25
2.5	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E PADRÕES DE LANÇAMENTO	26

3	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.1.1	Localização dos pontos de estudo	31
3.2	AMOSTRAGEM.....	32
3.2.1	Dados da coleta	32
3.2.2	Procedimento	32
3.3	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICO-BIOLÓGICOS	32
3.4	AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO INSTALADO.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	RESULTADOS DAS ANÁLISES E EFICIÊNCIA DO FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO	34
4.1.1	Temperatura	34
4.1.2	Cor e Turbidez	35
4.1.3	Sólidos Suspensos e Sedimentáveis	37
4.1.4	Oxigênio Dissolvido	39
4.1.5	Demanda Química de Oxigênio	41
4.1.6	Demanda Bioquímica de Oxigênio	42
4.1.7	Potencial Hidrogeniônico	44
4.1.8	Absorvância	45
4.1.9	Óleos e graxas	46
4.1.10	Condutividade elétrica	47
4.1.11	Coliformes termotolerantes	48
4.2	EFICIÊNCIA DO FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO.....	49
4.3	INFLUÊNCIA DAS ESTAÇÕES DO ANO NO DESEMPENHO DA ETE.....	52
4.3.1	Precipitação pluviométrica	53
4.3.2	Variações de temperatura	53
4.4	DIMENSIONAMENTO DO FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO	54
4.5	SUGESTÕES DE MELHORIAS	54
5	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A eficiência do processo de tratamento de esgoto é uma das principais ferramentas que auxiliam na preservação da qualidade das águas dos corpos hídricos. No Brasil, conforme o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento Básico (SNIS, 2014) apenas 48,6% da população tem acesso à coleta de esgoto, dessa forma, é possível perceber que grande parte do esgoto é disposto de forma incorreta, sendo lançado sem tratamento prévio, resultando na degradação ambiental dos recursos hídricos e problemas de saúde pública relacionadas à contaminação por coliformes fecais.

O saneamento é essencial para uma sadia qualidade de vida, interferindo diretamente no dia a dia das pessoas. Para se estabelecer um bom serviço de saneamento, além da responsabilidade dos órgãos públicos, a população deve se conscientizar e trabalhar em conjunto estabelecendo relações entre os seus direitos e deveres.

Devido à aceleração da industrialização e urbanização, a descarga de esgoto vem aumentando a uma taxa de 5% ao ano. Porém, a capacidade para o seu tratamento é relativamente baixo. Para reduzir os efeitos adversos da poluição ambiental ocasionados pelo despejo descontrolado de esgoto, devem ser tomadas medidas eficazes para garantir que as normas exigidas sejam cumpridas. No entanto, a escassez de fundos impede tal progresso. É também necessário melhorar a tecnologia, gestão, operação e monitoramento de mecanismos de tratamento de esgoto para atender a essas normas (YANG et al., 2016).

Segundo Orssatto et al. (2015), é necessário destacar que se as redes e estações de tratamento de esgoto não forem bem projetadas e/ou operadas, causam impactos nos recursos hídricos. O impacto do lançamento de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgotos em corpos d'água é motivo de grande preocupação para a maioria dos países. Assim, uma série de legislações ambientais, critérios, políticas e revisões procuram influir tanto na seleção dos locais de descarga quanto no nível de tratamento exigido para garantir que os impactos ambientais provocados pela disposição dos efluentes tratados sejam aceitáveis (OLIVEIRA & SPERLING, 2005a).

Geralmente existe mais de uma variável responsável pela qualidade e variabilidade do efluente, que dependem de variações na carga afluente, das condições ambientais nos reatores, da natureza do esgoto a ser tratado, da presença de substâncias tóxicas, da variabilidade inerente aos processos de tratamento biológico e de falhas mecânicas e humanas no sistema. Todos esses fatores podem levar a problemas e instabilidade nos processos, alterando a qualidade do efluente (OLIVEIRA & SPERLING, 2005b).

Os custos de instalação e a distância dos centros urbanos têm restringido o acesso aos sistemas de coleta e tratamento de esgotos, principalmente em comunidades de baixa renda. A fim de solucionar este problema buscaram-se tecnologias adequadas às condições e as necessidades da população a ser atendida. As técnicas de tomada de decisão auxiliam na escolha da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) mais econômica e ambientalmente adequada. Dentre os critérios frequentemente avaliados estão a necessidade de área, a simplicidade do processo, o custo econômico e a garantia da eficiência de remoção de poluentes e matéria orgânica (LEONETI et al., 2010; VAN KAICK, 2002; OLIVEIRA, 2004).

Mediante os fatos apresentados é visível a necessidade de melhorias no planejamento de ações que minimizem os impactos ambientais, pois a falta de saneamento básico é evidente tanto para a produção urbana como a rural, que é agravado pela falta de infraestrutura ou investimento de seus gestores.

Neste contexto, o presente estudo buscou avaliar a eficiência do filtro biológico anaeróbio, localizado na cidade de Campina das Missões no estado do Rio Grande do Sul, analisando os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar a eficiência do tratamento secundário da Estação de Tratamento de Esgoto localizada na cidade de Campina das Missões – RS.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do projeto consistem em:

- Determinar os parâmetros físicos, químicos e biológicos do esgoto bruto e após tratamento por filtro biológico anaeróbio;
- Avaliar a eficiência do tratamento por filtro biológico anaeróbio;

- Determinar os parâmetros físicos, químicos e biológicos à montante, jusante e no ponto de mistura do corpo hídrico receptor do esgoto lançado após tratamento;
- Realizar uma análise comparativa do esgoto tratado em relação aos padrões para lançamento de efluentes em corpos hídricos estipulados pelas Resoluções 357/05 e 430/11 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e Resolução 128/06 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA);
- Com base na análise do filtro biológico anaeróbio, sugerir melhorias.

1.2 JUSTIFICATIVA

A ETE do presente trabalho já conta com 15 anos de funcionamento, porém, ainda não possui a Licença de Operação (LO). Através dos estudos realizados serão obtidos dados que servirão de base para embasar essa licença e reestruturar outras ETEs no município.

Além disso, é conveniente a busca por alternativas mais econômicas e eficientes para os tratamentos aplicados em uma ETE. Assim, através da avaliação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos será possível identificar os principais problemas encontrados filtro biológico anaeróbio e indicar melhorias a fim de garantir o controle desses pontos críticos aumentando a vida útil e a eficiência da estação.

2 ESGOTOS DOMÉSTICOS

Os esgotos sanitários contêm aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Devido a esse 0,1% de matéria orgânica é que surge a necessidade de tratar os esgotos. A característica dos esgotos é determinada em função dos usos à qual a água foi submetida. O uso, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica e hábitos da população. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos definem a qualidade do esgoto (VON SPERLING, 2005).

Bettiol & Camargo (2010), ainda lembram que a produção de esgoto é caracterizada por várias especificidades como a combinação de efluentes industriais e não industriais que resultam em lodos com características diferentes. Dentre essas características destacam-se as concentrações de metais pesados (cádmio, cobre, zinco, níquel, cromo e chumbo) e organismos patogênicos (bactérias, protozoários e helmintos).

2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS ESGOTOS

2.1.1 Características Físicas

2.1.1.1 Temperatura

A temperatura pode afetar a eficiência do sistema de remoção de sólidos, pois a diminuição da temperatura gera o aumento da viscosidade do líquido, diminuindo assim a eficiência da sedimentação dos sólidos presentes. Além disso, a temperatura também afeta o desenvolvimento dos microrganismos presentes no efluente (CASSINI, 2008).

Desse modo, a temperatura é um parâmetro físico de grande importância, pois afeta a saturação de oxigênio dissolvido (OD), as taxas de reações biológicas e das reações químicas. Enquanto a concentração de saturação de OD diminui com o aumento de temperatura, a atividade biológica cresce com o seu aumento, existindo assim, uma faixa ótima para esta atividade, de 25 a 35°C. Abaixo de 15°C a digestão anaeróbia praticamente não se processa (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

Assim, é possível perceber que a temperatura possui uma relação direta com o OD e consequentemente com a eficiência do tratamento, principalmente no filtro biológico anaeróbio.

2.1.1.2 Cor

A cor de águas residuais é causada pela decomposição da matéria orgânica em solução na água, sendo sua tonalidade acinzentada típica do esgoto fresco, enquanto a cor preta se caracteriza por esgoto maturado ou de decomposição parcial. Este parâmetro não apresenta risco à saúde e possui maior importância quando se busca um bom aspecto estético. É utilizado na caracterização de águas de abastecimento brutas ou tratadas (VON SEPERLING, 2005).

2.1.1.3 Turbidez

A turbidez é causada pela matéria orgânica em suspensão e impede a passagem de luz, podendo ser relacionada à concentração de sólidos em suspensão (JORDÃO & PESSÔA, 2011). Também é indesejável do ponto de vista estético e exige maiores quantidades de produtos químicos para o tratamento de águas residuais. Além disso, interfere na fotossíntese das algas em lagos (NUVOLARI et al., 2011).

2.1.1.4 Sólidos Suspensos e Sedimentáveis

A sedimentação é o processo pelo qual a capacidade de carreamento e de erosão da água é diminuída, de modo que as partículas em suspensão sedimentam pela ação da gravidade e não possam mais se reerguer pela ação erosiva. As características de sedimentação das partículas suspensas dependem da natureza, da concentração e das condições na unidade de sedimentação das partículas. Portanto, indicam a capacidade de sedimentação da matéria sólida nas estações (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

A concentração de sólidos em suspensão é um parâmetro de grande importância pois interfere de forma direta na penetração de luz na coluna de água e, portanto, influencia as atividades do ecossistema, como por exemplo, a atividade fotossintética. A caracterização dos sólidos sedimentáveis também possui elevada importância, pois caracteriza a quantidade de partículas que podem causar assoreamento e obstrução do canal (PIVELI & KATO, 2005).

Os níveis de concentração de sólidos sedimentáveis e de sólidos em suspensão são relacionadas entre si, formando outro parâmetro importante no controle operacional dos sistemas de tratamento biológico de esgotos, denominado índice volumétrico de lodo (IVL). O IVL representa o volume ocupado por unidade de massa de lodo. Para apresentarem uma

boa condição de sedimentabilidade os valores de IVL devem ser baixos. O IVL pode ser medido conforme a equação 1 (PIVELI & KATO, 2005):

$$IVL \left(\frac{mL}{g} \right) = \frac{\text{sólidos sedimentáveis} \left(\frac{mL}{L} \right)}{\text{sólidos em suspensão} \left(\frac{mg}{L} \right)} \times 1000 \quad \text{Equação (1)}$$

2.1.2 Características Químicas

2.1.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

O OD é um parâmetro de grande importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias utilizam o oxigênio nos seus processos respiratórios, o que leva a redução de sua concentração no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, o meio adquire condições anaeróbias podendo causar maus odores. O OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição por despejos orgânicos e autodepuração em cursos d'água além de possuir influência direta na degradação da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

2.1.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é a quantidade de matéria orgânica biodegradável medida através da quantidade de OD necessária para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica através da ação de bactérias aeróbias. Quanto maior a DBO, maior será o consumo de oxigênio nos corpos d'água e, conseqüentemente, maiores os danos ao meio ambiente como mortandade de vários seres aquáticos, inclusive os peixes (SANTOS, 2007).

2.1.2.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O teste da DQO mede o consumo de oxigênio durante a oxidação química de compostos orgânicos presentes na água. Os valores obtidos são uma medida indireta do teor de matéria orgânica. O valor da DQO é sempre maior que o da DBO, para uma mesma amostra pelo fato de oxidar também os compostos orgânicos não biodegradáveis e em alguns casos os compostos inorgânicos (NUVOLARI et al., 2011).

Segundo Von Sperling (2005), a principal diferença entre a DBO e a DQO esta na oxidação. Na DBO a oxidação da matéria orgânica se dá por decomposição microbiana,

enquanto que na DQO a oxidação da matéria orgânica ocorre através de um agente químico. Assim existe uma relação entre DQO/DBO e através dela determina-se qual o método de tratamento mais adequado a cada tipo de esgoto:

- DQO/DBO < de 2,5 mostra fração biodegradável, indicado para tratamento biológico;
- Entre 2,5 e 3,5 mostrando fração biodegradável baixa, indicando estudos para viabilidade do uso de tratamento biológico;
- DQO/DBO > de 3,5 mostra fração não biodegradável, indicando tratamento físico-químico.

2.1.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A alcalinidade é a medida da capacidade de uma água neutralizar ácidos. Ela é responsável por manter os valores de pH próximos de 7 nas águas naturais. Fator este, considerado positivo, pois os seres aquáticos se adaptam melhor a um valor de pH próximo ao neutro (NUVOLARI et al., 2011).

Assim, de acordo com Cassini (2008), o controle do pH é um fator determinante no tratamento biológico dos efluentes, pois dependendo da faixa em que ele se encontra, serão permitidas ou não a ação de bactérias.

2.1.2.5 Absorvância

A absorvância de um efluente é a medida de luz, em um determinado comprimento de onda, que é absorvida pelos constituintes em uma solução, em determinada extensão. A partir dela é possível determinar a transmitância de uma solução ou efluente. A transmitância é importante em sistemas com desinfecção por radiação ultravioleta, onde a eficiência depende desse parâmetro. Ela é afetada pela presença de sólidos em suspensão e compostos de ferro e substâncias húmicas (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

2.1.2.6 Óleos e graxas

Os óleos e graxas estão sempre presentes no esgoto doméstico, sendo provenientes de óleos vegetais em cozinhas, carne, etc. Podem também estar presentes na forma de derivados do petróleo, sendo altamente indesejável nas unidades de transporte e tratamento de esgoto, pois aderem às paredes, produzindo odores desagradáveis, além de diminuir as seções úteis

que posteriormente podem vir a entupir os filtros, ocasionando problemas na manutenção (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

2.1.2.7 Condutividade elétrica

Conforme o PROSAB (2006), a condutividade elétrica da água é a capacidade de transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, principalmente inorgânicas, que se dissociam em cátions e ânions. Simplificadamente, a condutividade elétrica representa a concentração de íons, estando, portanto, associada à concentração de sólidos totais dissolvidos e à salinidade.

2.1.3 Características Biológicas

2.1.3.1 Coliformes Totais e Termotolerantes

Por meio desse parâmetro podemos detectar agentes patogênicos presentes em amostras coletadas de água e esgoto. A detecção desses agentes patogênicos é difícil, pelo fato de apresentar baixas concentrações de microrganismos, necessitando assim o exame de grandes volumes das amostras. No entanto, podem ser utilizados organismos indicadores de contaminação fecal. Mesmo não sendo organismos patogênicos, indicam quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais além da sua potencialidade de transmissão de doenças (VON SPERLING, 2005).

Segundo Von Sperling (2005), os principais indicadores utilizados para tal finalidade são os coliformes totais e termotolerantes. Os coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias isoladas de amostras de águas e solos, além de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Os coliformes termotolerantes são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais, possuindo a *Escherichia coli* como a principal bactéria.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) se caracteriza por um conjunto de técnicas associadas a unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares e sistemas de

utilidades, cuja finalidade é reduzir cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento (NUVOLARI et al., 2011).

De acordo com Chernicharo (1997), a escolha de um projeto de estação de tratamento de esgoto deve levar em consideração dados da população a ser atendida, a estimativa do coeficiente de retorno, a vazão da infiltração, a área que poderá ser destinada a implantação da Estação, local de descarte do efluente tratado e do lodo produzido, existência de energia elétrica e água.

Entre os sistemas de tratamento de esgoto está a fossa séptica que geralmente é utilizada para pequenas populações contribuintes. A fossa séptica ou tanque séptico é similar a um decantador, onde os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, constituindo o lodo, que permanece no fundo dos tanques por um tempo até sua estabilização (VON SPERLING, 2005).

Segundo Fagundes (2009), o esgoto sanitário, após passar pelo tanque séptico, pode receber outros tipos de tratamentos, entre eles: valas de filtração ou filtro de areia, filtro anaeróbio, filtro aeróbio, ou ser encaminhado para uma disposição final, em sumidouros, valas de infiltração ou círculo de bananeiras. A maior parte dos esgotos e efluentes obtidos são tratados e posteriormente liberados para um corpo hídrico receptor.

2.3 SISTEMAS CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Os processos para o tratamento de esgoto incluem várias etapas: preliminar, primário, secundário e terciário. A decisão pelo processo a ser adotado, deve levar em consideração as condições do corpo receptor e da característica do esgoto a ser tratado, a disponibilidade de área, a qualidade do tratamento juntamente com seu custo-benefício (IMHOFF & IMHOFF, 1996).

2.3.1 Tratamentos preliminares

Segundo Von Sperling (2005), o tratamento preliminar possui como objetivo remover somente os sólidos grosseiros e areia. É constituído basicamente de mecanismos de ordem física e visa preparar o esgoto para etapas subsequentes de tratamento. O tratamento preliminar é composto por grade, desarenador e medidor de vazão.

O gradeamento é a primeira etapa de uma estação de tratamento de esgoto. As grades são utilizadas na remoção de sólidos grosseiros presentes no esgoto como pedaços de pano, de

plástico, fraldas, animais mortos, entre outros (NUVOLARI et al., 2011). Ainda segundo este autor, dependendo do porte das ETEs, escolhe-se o espaçamento mais adequado entre as barras, podendo assim classificar as grades em:

- Grosseiras: espaçamento entre as barras de 4 a 10 cm (usual 7,5 cm);
- Médias: espaçamento entre as barras de 2 a 4 cm (usual 2,5 cm);
- Finas: espaçamento entre as barras de 1 a 2 cm (usual 1,4 ou 1,9 cm).

O desarenador ou caixa de areia, busca a remoção da areia com características, quantitativas e qualitativas, indesejáveis ao efluente ou corpo receptor. Utiliza-se do processo de sedimentação onde a areia, que possui maior densidade e por isso vai para o fundo, é separada da matéria orgânica que é de sedimentação mais lenta e assim fica suspensa passando para a fase subsequente (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

Às vezes é necessário implantar um medidor de vazão, pois a vazão do afluente varia bastante ao longo do dia. Sendo assim, é importante reduzir essa variação a fim de trabalhar com uma vazão próxima à vazão média, facilitando a operação das unidades à jusante (VON SPERLING, 2005).

2.3.2 Tratamento primário

O tratamento primário busca remover parte dos sólidos suspensos e da matéria orgânica ainda presente no efluente após o tratamento preliminar, predominando processos físicos tais como a sedimentação e a flotação. Após passar pelo tratamento primário, o efluente ainda apresenta uma quantidade considerável de matéria orgânica, não devendo ser utilizado como única fonte de remoção de contaminantes. Portanto, a principal função do tratamento primário é preparar o efluente para o tratamento posterior, a fim de otimizar a eficiência deste (CASSINI, 2008).

Os esgotos fluem lentamente através de decantadores permitindo que os sólidos em suspensão sedimentem no fundo. Os materiais flutuantes, como graxas e óleos, por possuírem uma densidade menor que o líquido circundante, sobem para a superfície dos decantadores, onde são coletados e removidos para posterior tratamento (VON SPERLING, 2005).

2.3.3 Tratamento secundário

O tratamento secundário, objetiva remover a matéria orgânica remanescente dos tratamentos anteriores. Após passar pelo decantador primário, o efluente continua com o

percentual elevado de DBO, em torno de 60%, com uma eficiência máxima de remoção de sólidos suspensos de 70% (NUVOLARI et al., 2011).

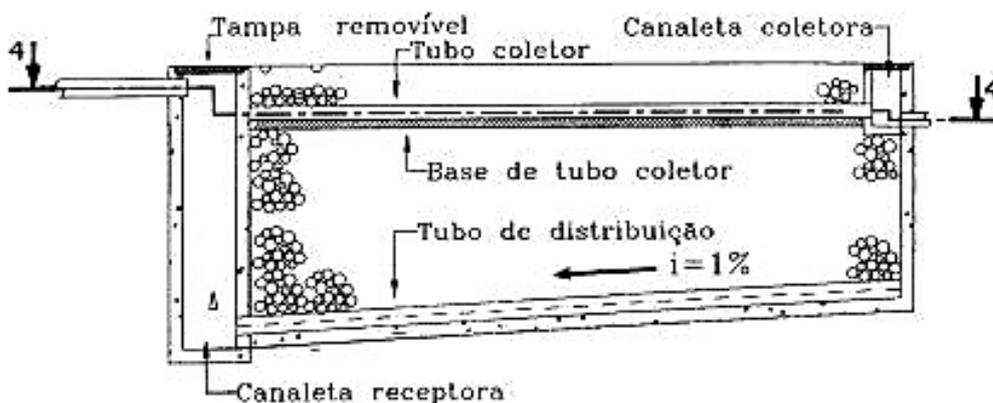
A essência do tratamento secundário é a adição de uma etapa biológica, que é utilizada para complementar os tratamentos físico-químicos e dar agilidade aos mecanismos de degradação da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). Para tanto, será dado ênfase ao sistema de tanque séptico seguido de filtro biológico anaeróbio, que compõem as etapas da ETE abordada neste trabalho.

Segundo Sabry (2010), o tanque séptico, possui várias vantagens em comparação com outras tecnologias de tratamento, ocupa menor área, não necessita mão de obra qualificada para operar, possui muito menos requisitos de operação e de manutenção, gera menor volume de lodo e envolve menor custo para sua construção.

Entretanto, apesar de todas essas vantagens citadas, a eficiência do tanque séptico para remoção de matéria orgânica é moderada, necessitando de um pós-tratamento para alcançar um grau de remoção da matéria orgânica aceitável (ALTVATER et al., 2009). Nesse contexto, sugere-se a utilização do filtro anaeróbio. O tratamento a partir do filtro anaeróbio é de grande utilidade em projetos que requerem um melhor grau de tratamento, que vá além do simples uso de tanque séptico com posterior infiltração no solo (FUNASA, 2004).

O filtro anaeróbio se caracteriza por um tanque preenchido por um material filtrante, geralmente pedra britada nº 4 ou 5. Os microrganismos aderidos às paredes deste material filtrante formam o biofilme que, ao receberem os despejos contendo matéria orgânica, iniciam o processo de digestão através das bactérias anaeróbias (SILVA, 2004). A estrutura e o funcionamento do filtro biológico anaeróbio pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura do filtro biológico anaeróbio



Fonte: NBR 13969/97.

Os primeiros estudos sobre a implantação do filtro anaeróbio, para a remoção da carga poluente, teve início Young & Mccarty, na década de 1960. De acordo com Paganini & Macedo (1988) e Kamiyama (1993a) com a adoção desse sistema surgiu inúmeros problemas, destaca-se a falta de: um dispositivo permitindo a limpeza regular do filtro anaeróbio; operação adequada, confundindo simplicidade operacional com a não necessidade de operação; disposição adequada do lodo retirado; lugar adequado para coleta de amostras para análises; um medidor de vazão.

Buscando solucionar os problemas detectados, Kamiyama (1993b) realizou mais um estudo, sugerindo algumas modificações no sistema, tais como: criação de um manual do sistema; introdução de uma unidade para recebimento e secagem dos sólidos gerados; introdução de uma caixa para controle e medição da vazão.

A NBR 7229/93 fixa as condições exigidas para o projeto, construção e operação do sistema de tanques sépticos, além do tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado. Enquanto que a NBR 13969/97 oferece alternativas de procedimentos para tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico.

Para Cassini (2008), as principais desvantagens dos sistemas anaeróbios estão no longo tempo de detenção requerido, na sensibilidade às variações de parâmetros tais como pH, temperatura e alcalinidade, na sensibilidade dos microrganismos à toxicidade de alguns compostos, seguido de possíveis odores.

2.3.4 Tratamento terciário

De acordo com Mujeriego & Asano (1999), os tratamentos preliminares, primários e secundários, em função das questões relacionadas a custos, são geralmente utilizados para controlar a poluição das águas, enquanto os tratamentos terciários ou avançados visam o reuso da água.

Assim, alguns tipos de efluentes exigem, além dos sistemas primários e secundários de tratamento, uma etapa terciária destinada à remoção de contaminantes específicos remanescente de tratamentos anteriores. Para tanto, são utilizados processos de coagulação, floculação, decantação, filtração, adsorção por carvão, calagem e osmose reversa (CASSINI 2008).

O tratamento terciário de esgoto é um tratamento adicional e a escolha do método depende do uso potencial do efluente tratado, da natureza do esgoto e da viabilidade ambiental e econômica de cada método (TCHOBANOGLOUS, 1991).

2.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM CORPOS RECEPTORES

A caracterização de efluentes e monitoramento da qualidade da água busca detectar mudanças na qualidade das condições ambientais no meio receptor, acompanhando as alterações nas características físicas, químicas e biológicas decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais. As práticas adotadas para o monitoramento de qualidade de água envolvem a coleta de dados e de amostras em locais específicos, selecionados de acordo com os objetivos do trabalho, feita em intervalos regulares de tempo, de modo a garantir informações que possam ser utilizadas nas definições das condições presentes de qualidade da água (ANA, 2016).

O processo de autodepuração em corpos d'água está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes. Uma das etapas da avaliação do impacto que um despejo industrial causa em um corpo hídrico e da eficácia das medidas de controle é a quantificação das cargas poluidoras afluentes. Para tanto, são necessários levantamentos de campo na área em estudo, incluindo amostragem dos poluentes, análises de laboratório e medição de vazões (VON SPERLING, 2005).

Para a definição dos locais de amostragens de efluentes líquidos (indústrias e domésticos) e dos corpos hídricos receptores, por exemplo, devem ser considerados os seguintes objetivos: avaliação da eficiência do sistema de tratamento, atendimento aos padrões da legislação, implantação de medidas preventivas à poluição, entre outros. Assim as amostras para caracterização de efluentes devem ser realizadas a partir do ponto de descarga final, para tanto, foram adotados os pontos a montante e a jusante do ponto de descarga, e na zona de mistura (BRANDÃO et al., 2011).

A Resolução nº 430 de 2011 do CONAMA, define zona de mistura como: região do corpo receptor, estimada com base em modelos teóricos aceitos pelo órgão ambiental competente, que se estende do ponto de lançamento do efluente até onde o poluente tenha tido uma mistura total ao longo das dimensões de largura e profundidade do corpo receptor.

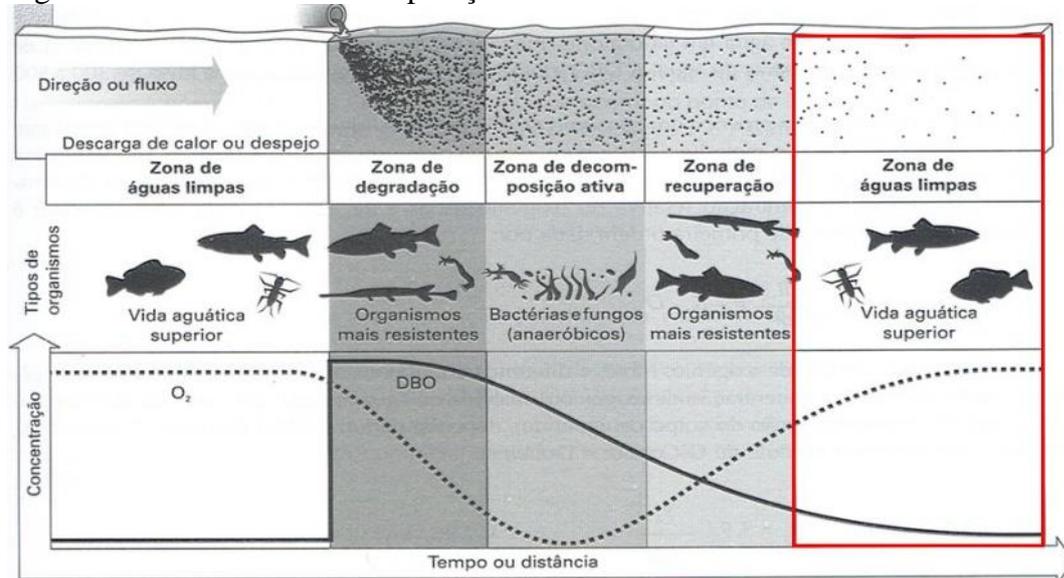
A autodepuração trata-se de um processo que se desenvolve ao longo do tempo e considera as dimensões do corpo hídrico receptor. Conforme Braga et al. (2005), os estágios de sucessão ecológica podem ser identificados fisicamente por zonas no rio como é possível observar na Figura 2 e são divididas em quatro zonas de autodepuração:

- Zona de águas limpas: localizada à montante do lançamento do efluente e também após a zona de recuperação quando voltam a atingir as condições normais anteriores a poluição. Essa

região é caracterizada pela elevada concentração de oxigênio dissolvido e vida aquática superior;

- Zona de degradação: localizada à jusante do ponto de lançamento do efluente, sendo caracterizada por uma diminuição inicial na concentração de oxigênio dissolvido.
- Zona de decomposição ativa - região onde a concentração de oxigênio dissolvido atinge o valor mínimo e a qualidade da água apresenta seu estado mais crítico.
- Zona de recuperação: inicia-se a etapa de restabelecimento do equilíbrio anterior à poluição, a água possui uma aparência melhorada e a presença de vida aquática é superior.

Figura 2 – Processos de autodepuração



Fonte: Adaptado de Braga et al. (2005).

Torna-se de suma importância o monitoramento da qualidade da água e a caracterização dos efluentes, tendo em vista o aumento da demanda e o uso indevido dos recursos hídricos. Assim, permite-se uma avaliação adequada sobre a sua qualidade, além de fundamentar os processos de tomada de decisão quanto a sua preservação e adequação às exigências da legislação ambiental (FURLEY & PERÔNICO, 2015).

2.5 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E PADRÕES DE LANÇAMENTO

Os critérios adotados para seleção do tipo e grau de tratamento estão relacionados principalmente as exigências da legislação ambiental. Em âmbito nacional a peça fundamental é a Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e o Decreto 99.274, de 6 de junho de 1990, que a regulamenta (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

O tratamento de esgoto constitui a remoção de poluentes, através de processos físicos, químicos ou biológicos, com a finalidade de atender os padrões de qualidade estabelecidos em âmbito federal pelas Resoluções 357/05 e 430/11 do CONAMA e em âmbito estadual pela Resolução 128/06 do CONSEMA.

A CONAMA Nº 357/05 “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”.

Enquanto que a CONAMA Nº 430/11 “dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA”.

Já a CONSEMA Nº 128/06 “dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul”.

Na Tabela 1, estão descritos os parâmetros usuais de caracterização de efluente de esgoto, para lançamento em corpo hídrico de água doce, Classe II, comumente utilizado como receptor desses efluentes.

Tabela 1 – Padrões de Lançamento de Efluentes em Corpo Hídrico Classe II, Segundo Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente e Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente

Parâmetros	Resolução 357/2005 do CONAMA	Resolução 430/2011 do CONAMA	Resolução 128/2006 do CONSEMA	Unidade
Cor	75,0	Não alterado	-	Pt-Co
pH	6,0 a 9,0	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0	-
Turbidez	100	Não alterado	-	NTU
Sólidos Sedimentáveis	-	1,0	1,0	mL/L
OD	> 5,0	Não alterado	-	mg/L O ₂
DBO 5 dias a 20 °C	5	Não alterado	-	mg/L O ₂
DBO 5 remoção mínima	-	60	-	%
DQO	-	-	-	-
Temperatura	-	40	40	°C
Óleos e Graxas	Virtualmente ausentes	100	10	mg/L
Coliformes Termotolerantes	1000	Não alterado	-	NMP/100 mL

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 2, estão demonstrados os padrões de emissão em função da vazão estabelecidos pela CONSEMA 128/06. Segundo estudos realizados por Justen (2010), a ETE do presente trabalho possui uma vazão de projeto (média) de 3,11 L/s, mas atualmente conta com uma vazão real em torno de 0,40 L/s correspondendo a 34,56 m³/d.

Tabela 2 – Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos Domésticos em Função da Vazão conforme estabelecido na Resolução 128/06 do CONSEMA

Faixa de vazão (m³/d)	DBO₅ (mg O₂/L)	DQO (mg O₂/L)	Sólidos Suspensos (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
Q < 20	180	400	180	-
20 ≤ Q < 100	150	360	160	-
100 ≤ Q < 200	120	330	140	-
200 ≤ Q < 500	100	300	100	10 ⁶
500 ≤ Q < 1000	80	260	80	10 ⁵
1000 ≤ Q < 2000	70	200	70	10 ⁵
2000 ≤ Q < 10.000	60	180	60	10 ⁴
10.000 ≤ Q	40	150	50	10 ³

Fonte: Elaborado pelo autor.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo buscou avaliar a eficiência do filtro biológico anaeróbio e propor melhorias. Para tanto, foram coletadas amostras em pontos distintos da estação com a finalidade de verificar se os parâmetros estudados estão em conformidade com a legislação ambiental vigente. O trabalho foi realizado na ETE da cidade de Campina das Missões – RS, que se encontra operando desde 2005, e as atividades experimentais foram realizadas no Laboratório de Águas da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na ETE “G” do município de Campina das Missões – RS, que possui uma área 225,576 km² e como principal via de acesso pavimentada a RS 307. O município está localizado entre as coordenadas geográficas de latitude 27° 59' 20" S e a uma longitude 54° 50' 22" O (IBGE, 2015). Na Figura 3, podemos visualizar a cidade de Campina das Missões, assim como a ETE de estudo.

Figura 3 – Vista aérea da cidade de Campina das Missões – RS



Fonte: Google Earth (2016).

Segundo a Prefeitura Municipal, existem 5 ETEs projetadas para atender todo o meio urbano. Assim, a cidade foi subdividida em 7 bacias urbanas escoando os efluentes por gravidade. Dessas 7 bacias, duas delas drenam o efluente para uma ETE em comum, quais sejam a B/C e a D/E, resultando nas ETEs como designação B/C e D/E (PMSB, 2014). Na Tabela 3 observa-se a denominação das bacias e a respectiva população atendida.

Tabela 3 – Identificação das Bacias e sua respectiva população beneficiada

Bacia	População Atendida (hab)
A	1.080
B	1.465
C	150
D	460
E	1.785
F	1.510
G	1.245

Fonte: PMSB, 2014.

As dimensões da ETE “G” estão dispostas na Tabela 4, e foi construída com base nas recomendações da NBR 7229/93 e 13969/97. Na Figura 4, observa-se a ETE “G”, que conta com um sistema de tratamento constituído por fossa séptica + filtro biológico anaeróbio. Já na Figura 5 é possível visualizar a disposição final do efluente no corpo hídrico receptor.

Tabela 4 – Dimensões do Filtro Biológico Anaeróbio

Dimensões	Filtro biológico anaeróbio
Altura útil (m)	2,00
Largura útil (m)	2 x 3,20
Comprimento (m)	7,50
Área (m ²)	2 x 24,00
Volume (m ³)	2 x 48,00

Fonte: Adaptado de Justen (2010).

Figura 4 – ETE “G”



Fonte: Autor

Figura 5 – Disposição final do efluente no corpo hídrico receptor



Fonte: Autor

Segundo a NBR 13969/97, o volume do filtro biológico anaeróbio deve satisfazer a seguinte equação:

$$V = 1,6 NCT \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

V = Volume útil do filtro (m³)

N = número de contribuintes (hab.);

C = contribuição de esgotos per capita (L/hab.dia)

T = tempo de detenção hidráulico (dias).

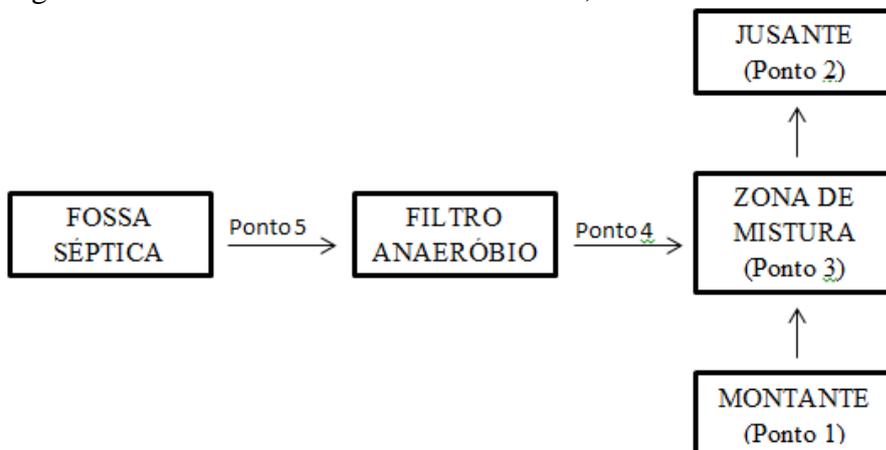
3.1.1 Localização dos pontos de estudo

As coletas foram realizadas em 5 pontos amostrais distintos:

- Ponto 1: no corpo hídrico receptor, à montante da zona de mistura;
- Ponto 2: no corpo hídrico receptor, à jusante da zona de mistura;
- Ponto 3: no corpo hídrico receptor, na zona de mistura;
- Ponto 4: efluente tratado, após sair do filtro biológico anaeróbio;
- Ponto 5: efluente após passar por pré-tratamento por fossa séptica, filtro biológico anaeróbio.

Na Figura 6, é possível observar uma representação esquemática da Estação de Tratamento de Efluentes “G”, com a identificação dos pontos de coleta do efluente e corpo hídrico para análise.

Figura 6 – Pontos de coleta do efluente bruto, efluente tratado e do corpo hídrico receptor



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 AMOSTRAGEM

3.2.1 Dados da coleta

As coletas foram realizadas mensalmente com início em abril e término em novembro de 2016, totalizando 8 coletas e assim contemplando 3 estações do ano. As coletas foram realizadas na última quinta-feira de cada mês, no período matutino, com a finalidade de minimizar a variabilidade das amostras e fazer um comparativo da eficiência do tratamento em função das estações do ano.

3.2.2 Procedimento

As coletas foram padronizadas e realizadas conforme a NBR 9898/87 e o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. As amostras foram coletadas em 5 pontos conforme observa-se no fluxograma da Figura 6, e posteriormente analisadas no Laboratório de Águas da UFFS – Cerro Largo. A análise dos parâmetros foi realizada logo após as coletas a fim de minimizar erros e variabilidades de análise.

3.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICO-BIOLÓGICOS

Com base nos parâmetros referenciados nas Resoluções 357/05 e 430/11 do CONAMA e Resolução 128/06 do CONSEMA, foram realizadas análises para verificar a conformidade ou não conformidade do tratamento executado por filtro biológico anaeróbio na ETE. Todas as análises foram realizadas em duplicata, seguindo a metodologia da *American Public Health Association* (APHA, 2005). Na Tabela 5, estão descritos os parâmetros físico-químicos e biológicos analisados e os métodos empregados em sua análise.

Tabela 5 – Métodos analíticos utilizados para quantificar os parâmetros Físico-Químicos e Biológicos estudados

Parâmetros	Unidade	Metodologia	Equipamento
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	2550 - APHA, 2005	Cone de imhoff
Sólidos Suspensos	mg/L	2540 B, D - APHA, 2005	-
OD	mg/L O ₂	4500 G - APHA, 2005	Sonda YSI Professional Plus
DBO ₅	mg/L O ₂	5210 B - APHA, 2005	-
DQO	mg/L O ₂	5220 D - APHA, 2005	-
Óleos e Graxas	mg/L	5520 D - APHA, 2005	-
Temperatura	°C	2550 B - APHA, 2005	Sonda YSI Professional Plus
Turbidez	NTU	2130 - APHA, 2005	Turbidímetro
Absorbância	Nm	5910 B - APHA, 2005	Espectrofotômetro
Condutividade elétrica	uS cm ⁻¹	2510 B - APHA, 2005	Sonda YSI Professional Plus
pH	-	4500 - APHA, 2005	Sonda YSI Professional Plus
Cor aparente	uC	2120 APHA, 2005	Colorímetro
Coliformes	NMP/100 mL	SM 9221C - APHA, 2005	-
Termotolerantes			
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SM 9221C - APHA, 2005	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO INSTALADO

A fim de analisar a eficiência dos processos de tratamento aplicados atualmente na ETE foram coletadas amostras em pontos distintos da estação e realizado um comparativo com os valores obtidos. Assim foi possível monitorar os parâmetros estudados e compará-los com a legislação ambiental vigente. Com base nessa análise foi possível verificar os pontos críticos do processo de tratamento e propor melhorias no sistema. Também foram levados em conta a vazão e a população atendida.

Os resultados obtidos para o efluente bruto e tratado foram submetidos ao cálculo de eficiência de remoção, conforme equação 3:

$$E = \frac{C_e - C_s}{C_e} \times 100 \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

E = eficiência de remoção (%);

C_e = concentração na entrada (mg/L);

C_s = concentração na saída (mg/L).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

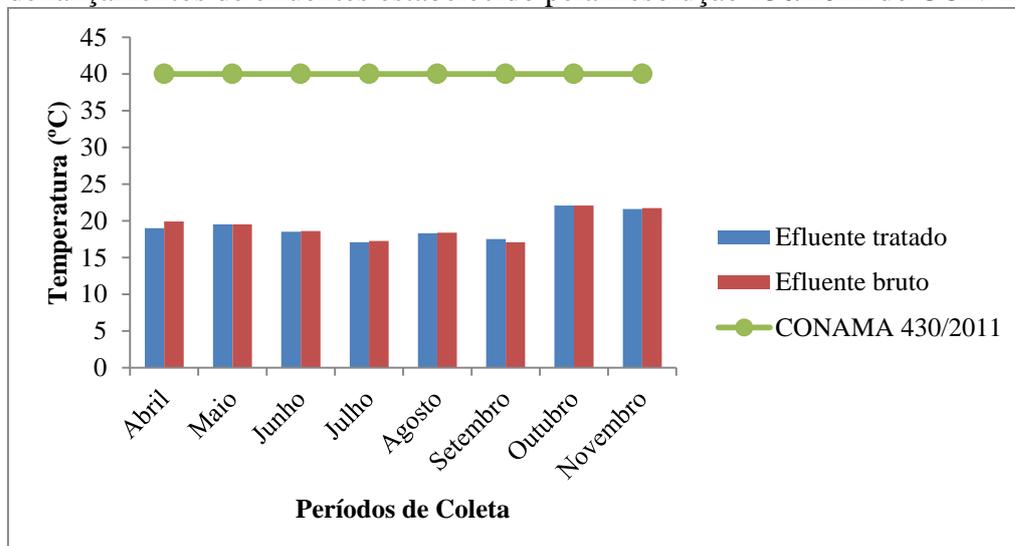
Com o propósito de atingir os objetivos estabelecidos no presente trabalho, foram realizadas análises do efluente bruto e tratado, bem como análises à montante, à jusante e na zona de mistura de despejo de efluente no corpo hídrico receptor com a finalidade de monitoramento do corpo hídrico receptor e armazenamento de dados para modelagem da capacidade de autodepuração do mesmo. Os resultados estão descritos por meio de gráficos e tabelas, divididos de acordo com os pontos de coleta.

4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES E EFICIÊNCIA DO FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO

4.1.1 Temperatura

Na Figura 7, pode-se observar que a temperatura do efluente bruto e tratado manteve valores praticamente constantes nos períodos de coleta, com variação de 17,1 a 22,1 °C. Tais valores se apresentam em conformidade com o parâmetro estipulado pela Resolução 4320/2011 do CONAMA, que é de 40 °C, porém, abaixo da condição ideal para desenvolvimento da atividade biológica, que conforme relata Jordão & Pessôa (2011), existe uma faixa ótima de temperatura para a atividade biológica que varia de 25 a 35 °C. Além disso, abaixo de 15 °C a digestão anaeróbia não se processa.

Figura 7 – Valores de temperatura do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores descritos na Tabela 6, não mostraram grandes variações para a temperatura no corpo hídrico receptor entre os pontos de coleta, apresentando valores levemente superiores na zona de mistura que aumentaram devido ao despejo do efluente da ETE a uma temperatura mais elevada do que a do corpo receptor. Mesmo assim mantem-se a conformidade com a legislação, tendo em vista que a Resolução 430/11 do CONAMA estabelece que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C no limite da zona de mistura.

Tabela 6 – Variação de Temperatura (°C) no Corpo Hídrico Receptor

Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	18,00 ± 0,14	18,60 ± 0,14	18,80 ± 0,14
Maio	17,70 ± 0,42	17,70 ± 0,00	17,70 ± 0,14
Junho	16,95 ± 0,07	17,25 ± 0,07	17,90 ± 0,00
Julho	12,00 ± 0,00	12,25 ± 0,07	14,25 ± 0,07
Agosto	15,30 ± 0,00	15,55 ± 0,07	16,70 ± 0,14
Setembro	14,00 ± 0,00	14,20 ± 0,14	14,35 ± 0,07
Outubro	19,00 ± 0,00	19,00 ± 0,00	19,65 ± 0,21
Novembro	16,90 ± 0,00	17,00 ± 0,00	17,40 ± 0,14

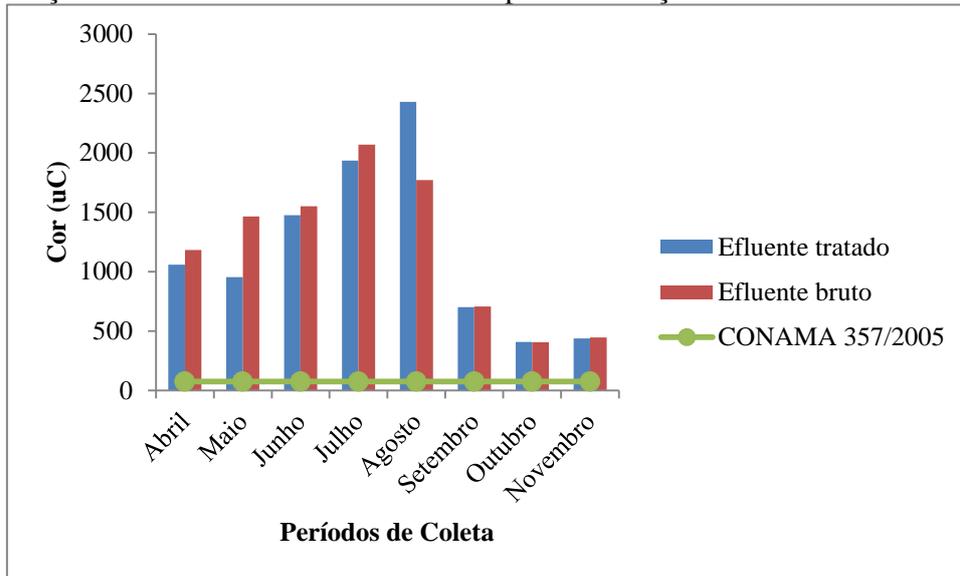
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2 Cor e Turbidez

Estes parâmetros ganham maior importância quando o efluente tratado é lançado em corpos de água onde os aspectos estéticos ou de recreação são mais importantes ou quando visa-se o reuso do esgoto tratado. A cor é causada devido à matéria orgânica em solução na água, enquanto que a turbidez é causada pela matéria em suspensão (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

Conforme pode ser verificado na Figura 8, os resultados obtidos para o parâmetro cor estão acima do estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA. Os resultados observados para o efluente tratado variaram de 409,15 a 2430 uC sendo que o limite estabelecido pela resolução é de 75 uC.

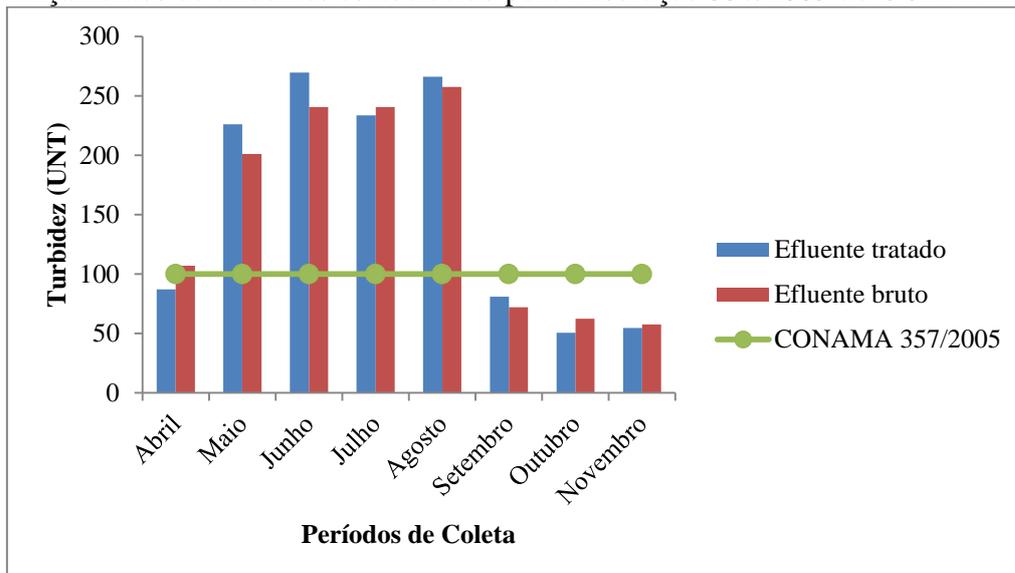
Figura 8 – Valores de cor do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

A turbidez teve uma variação de 50,50 a 269,50 UNT para o efluente tratado. E se mostrou acima do padrão de lançamento de efluentes estipulado pela Resolução 357/05 do CONAMA, que determina o valor máximo de 100 UNT, em quatro das oito coletas realizadas, conforme verifica-se na Figura 9.

Figura 9 – Valores de turbidez do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à variação da cor e turbidez no corpo hídrico receptor, podemos observar nas Tabelas 7 e 8, que suas concentrações aumentaram gradativamente de um ponto para o outro, exceto as duas primeiras coletas. Isso se deve principalmente a maior concentração de sólidos em solução e em suspensão no efluente lançado da ETE.

Os valores menores apresentados nas duas primeiras coletas podem ser atribuídos à precipitação pluviométrica na véspera da coleta, acarretando uma maior diluição do esgoto, influenciando na vazão da ETE e do corpo hídrico receptor.

Tabela 7 – Variação de Cor (uC) no Corpo Hídrico Receptor

Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	60,30 ± 0,57	61,20 ± 3,25	57,45 ± 8,56
Maio	60,05 ± 13,08	34,55 ± 0,35	40,60 ± 2,69
Junho	41,85 ± 1,91	112,65 ± 16,33	406,40 ± 7,64
Julho	42,75 ± 6,86	115,95 ± 4,60	478,65 ± 0,92
Agosto	57,15 ± 0,78	191,95 ± 3,75	558,80 ± 13,01
Setembro	600,50 ± 0,71	610,20 ± 0,57	657,70 ± 10,04
Outubro	181,00 ± 0,57	185,20 ± 2,26	193,40 ± 1,56
Novembro	260,00 ± 0,00	252,80 ± 1,84	259,75 ± 2,47

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8 – Variação de Turbidez (UNT) no Corpo Hídrico Receptor

Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	51,00 ± 2,83	49,00 ± 1,41	52,00 ± 2,83
Maio	12,10 ± 0,14	14,30 ± 0,42	15,50 ± 0,00
Junho	3,15 ± 0,78	44,50 ± 0,71	138,00 ± 4,24
Julho	3,00 ± 0,42	16,35 ± 0,21	68,50 ± 0,71
Agosto	4,55 ± 0,07	29,50 ± 0,71	108,50 ± 0,71
Setembro	77,00 ± 0,00	76,50 ± 0,71	79,50 ± 2,12
Outubro	31,00 ± 0,00	31,50 ± 0,71	31,50 ± 0,71
Novembro	39,50 ± 0,71	36,50 ± 0,71	37,00 ± 0,00

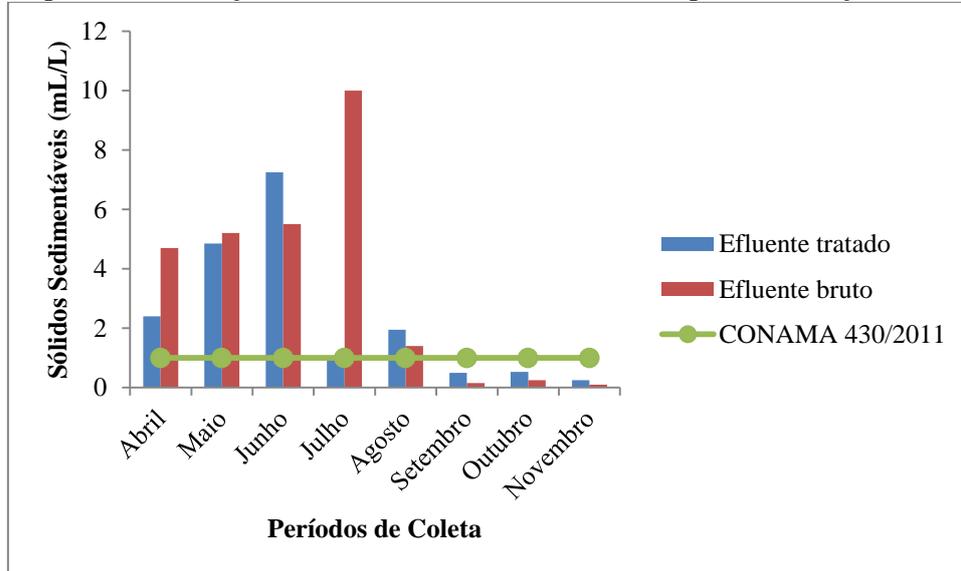
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3 Sólidos Suspensos e Sedimentáveis

Conforme pode ser verificado na Figura 10, a concentração de sólidos sedimentáveis, oscilou no decorrer das coletas, apresentado apenas quatro pontos em conformidade com a legislação. Orssatto et al. (2015), que também encontrou alta variabilidade nos dados de sólidos sedimentáveis, acredita que uma justificativa plausível seria o arraste de sólidos do tratamento físico-químico nos horários de pico de vazão.

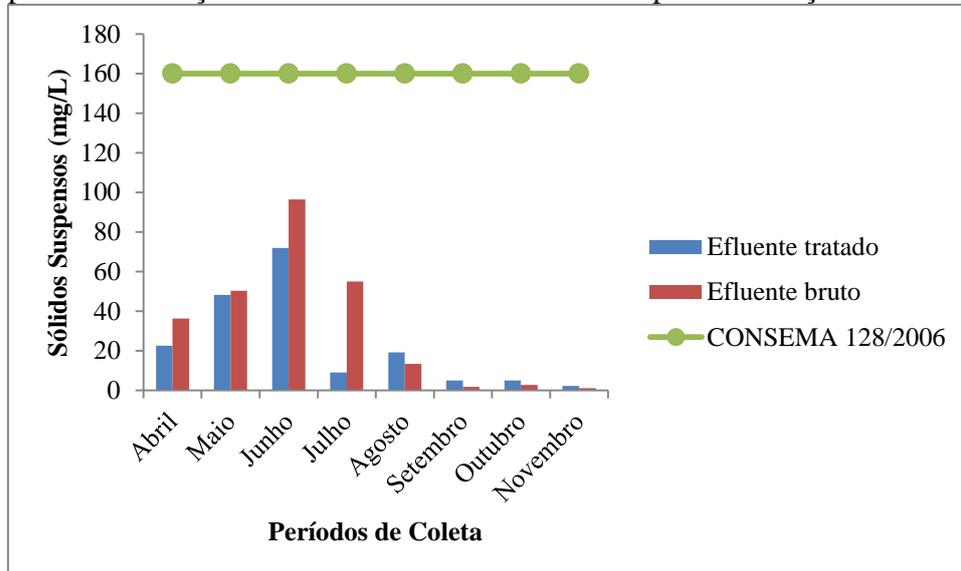
Já os sólidos suspensos, apresentaram conformidade com a legislação em todas as análises de acordo com os resultados descritos na Figura 11.

Figura 10 – Valores de sólidos sedimentáveis do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – Valores de sólidos suspensos do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 128/2006 do CONSEMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Piveli & Kato (2005), é possível relacionar a concentração de sólidos sedimentáveis e de sólidos suspensos, obtendo-se o IVL por meio da Equação 1. Essa relação está descrita na Tabela 9. Para Metcalf & Eddy (2015) um lodo com IVL de 100 mL/g é

considerado com boas características de sedimentação, para tanto, valores de IVL inferiores a 120 mL/g são desejáveis.

Tabela 9 – Índice Volumétrico de Lodo (mL/g)

Períodos de coleta	Índice Volumétrico de Lodo (IVL)
Abril	129,57
Mai	103,28
Junho	57,05
Julho	181,79
Agosto	103,86
Setembro	84,51
Outubro	91,07
Novembro	88,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

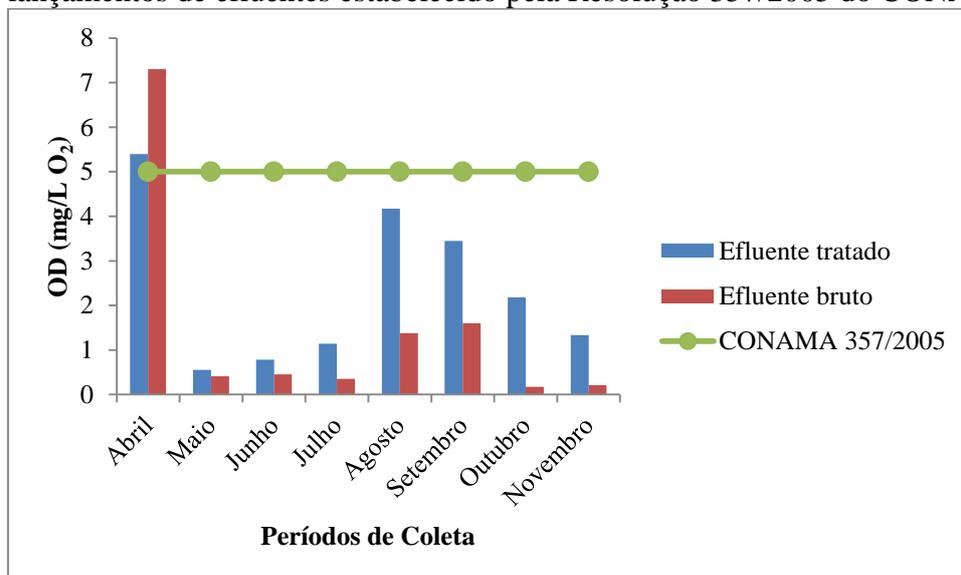
Os resultados encontrados no corpo hídrico receptor para os sólidos sedimentáveis não apresentaram variações, possuindo concentrações $\leq 0,1$ mL/L. Desse modo, as análises de sólidos suspensos no corpo hídrico receptor não foram realizadas.

4.1.4 Oxigênio Dissolvido

Conforme destaca Von Sperling (2005), o OD é muito importante no controle operacional de ETEs e na caracterização de corpos de água. Com OD em torno de 4-5 mg/L morrem os peixes mais sensíveis, com OD igual a 2 mg/L praticamente todos os peixes estão mortos e caso o oxigênio seja totalmente consumido, obtém-se condições anaeróbias, com possível geração de maus odores. Assim, observa-se na Figura 12, com exceção da coleta realizada no mês de abril, que a concentração de OD apresentou valores relativamente baixos, tanto para o efluente bruto como para o efluente tratado, propiciando boas condições para o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios no filtro biológico anaeróbio.

Essa discrepância da coleta do mês de abril em relação às demais coletas, pode ser atribuída a alta precipitação pluviométrica ocorrida na região nas proximidades do período de análise. Porém, este é o único ponto que atende o padrão de lançamento de efluentes exigidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA que é de ≥ 5 mg/L O₂.

Figura 12 – Valores de OD do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os resultados encontrados na literatura e discutidos por Nuvolari et al. (2011), ao nível do mar, na temperatura de 20 °C, a concentração de saturação de OD é igual a 9,2 mg/L O₂. Os valores de OD representados na Tabela 10, mostraram grande variabilidade quando comparados os períodos e pontos de coleta.

Os valores superiores a 9,2 mg/L O₂, podem ser explicados pela presença de algas fotossintetizantes que geram oxigênio puro, também deve ser considerado, principalmente no ponto a montante, o desnível do rio que com o aumento da vazão em períodos de chuvas, proporciona a aeração aumentando a quantidade de OD presente na água. Já os valores inferiores a 9,2 mg/L O₂ podem ocorrer em decorrência do lançamento do efluente da ETE no rio com quantidade considerável de matéria orgânica, causando o aumento da população de microrganismos.

Tabela 10 – Variação de OD (mg/L O₂) no Corpo Hídrico Receptor

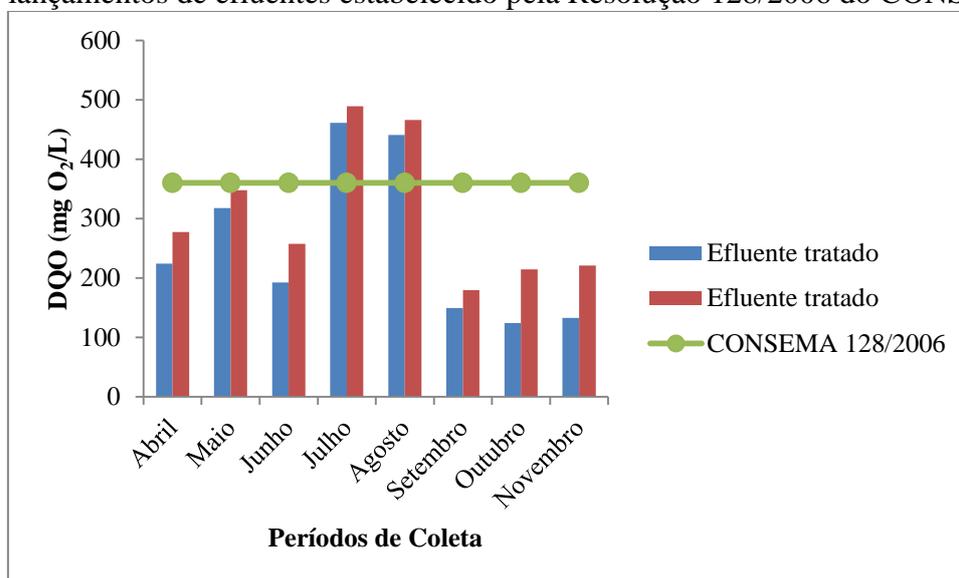
Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	8,90 ± 0,85	8,90 ± 1,32	9,20 ± 0,28
Maio	6,92 ± 0,01	6,57 ± 0,35	6,34 ± 0,01
Junho	13,56 ± 1,51	7,84 ± 0,93	9,60 ± 0,87
Julho	5,13 ± 0,02	4,22 ± 0,04	3,99 ± 0,06
Agosto	12,76 ± 0,23	4,60 ± 0,11	4,35 ± 0,07
Setembro	9,25 ± 0,21	6,17 ± 0,23	5,65 ± 0,35
Outubro	4,08 ± 0,02	3,28 ± 0,02	3,52 ± 0,16
Novembro	3,00 ± 0,74	3,01 ± 0,01	2,85 ± 0,06

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 Demanda Química de Oxigênio

Na Figura 13 observa-se que a maioria dos resultados de DQO está em conformidade com os padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução 128/2006 do CONSEMA, apresentando uma variação de 179,33 a 489,33 mgO₂/L para o efluente bruto e 124,33 a 461,00 mgO₂/L para o efluente tratado. Percebe-se que os valores obtidos estão dentro da faixa sugerida pela literatura que indica uma concentração de DQO para esgotos domésticos entre 200 a 800 mgO₂/L.

Figura 13 – Valores de DQO do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 128/2006 do CONSEMA



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 11, observa-se uma concentração de DQO maior na zona de mistura do rio, diminuindo no ponto a montante e a jusante. Tais resultados já eram esperados, pois no ponto a jusante do lançamento começa o reestabelecimento do equilíbrio anterior à poluição.

Tabela 11 – Variação de DQO (mg O₂/L) no Corpo Hídrico Receptor

Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	79,33 ± 2,36	86,00 ± 7,07	129,33 ± 2,36
Maio	89,33 ± 7,07	117,67 ± 42,43	197,67 ± 75,43
Junho	76,00 ± 21,21	101,00 ± 28,28	122,67 ± 68,35
Julho	14,33 ± 18,86	47,67 ± 9,43	151,00 ± 28,28
Agosto	14,33 ± 4,71	72,67 ± 7,07	137,67 ± 0,00
Setembro	9,33 ± 11,79	37,67 ± 18,86	54,33 ± 23,57
Outubro	42,67 ± 7,07	62,67 ± 7,07	119,33 ± 2,36
Novembro	16,00 ± 7,07	31,00 ± 9,43	91,00 ± 23,57

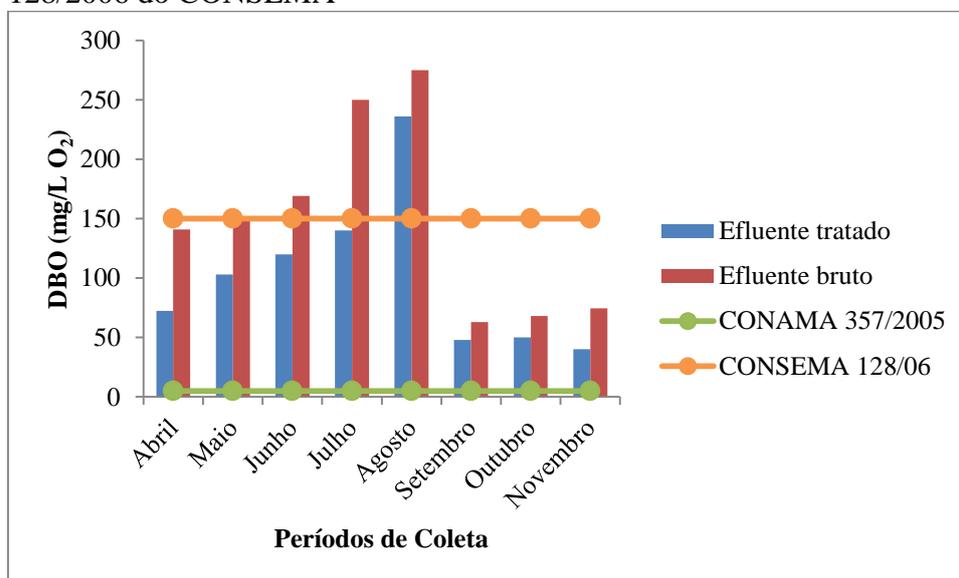
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio

É possível constatar, por meio dos resultados descritos da Figura 14, que o parâmetro $DBO_{5,20}$ está em conformidade com a Resolução 128/2006 do CONSEMA, porém, estes valores ainda deixam a desejar quando comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA estando acima do permitido. Assim como os valores de DQO, a $DBO_{5,20}$ também se apresenta valores próximos dos encontrados na literatura para os esgotos domésticos que variam na faixa de 100 a 400 mg/L O_2 .

De acordo com VON SPERLING (2005), o tanque séptico remove a maior parte dos sólidos em suspensão, os quais sedimentam e sofrem digestão anaeróbia no fundo do tanque, enquanto que o filtro biológico anaeróbio realiza uma remoção complementar da $DBO_{5,20}$. A eficiência do sistema fossa séptica + filtro biológico anaeróbio é inferior aos processo aeróbios, porém, se mostra suficiente na maior parte das situações, sendo muito utilizado para pequenas populações, principalmente devido aos fatores econômicos, como a da cidade em estudo.

Figura 14 – Valores de $DBO_{5,20}$ do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA e Resolução 128/2006 do CONSEMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

A correlação média DQO/DBO obtida para o efluente bruto foi de 2,30 e para o efluente tratado 2,73. Segundo Von Sperling (2005), a relação DQO/DBO varia em torno de 1,7 a 2,4 para esgotos brutos, e na medida em que ele passa pelas várias fases de tratamento, a

relação vai aumentando devido à redução da fração biodegradável e a fração inerte permanecer inalterada, chegando ao final do tratamento biológico com valor de DQO/DBO superior a 2,5.

Ainda conforme esse mesmo autor, a correlação DQO/DBO nos esgotos auxilia na escolha do melhor tipo de tratamento a se adotar, uma relação com valores entre 1,5 e 2,5, significa que o esgoto possui uma fração biodegradável elevada, sendo indicado o tratamento biológico para o sistema.

A classificação da $DBO_{5,20}$ em função das características da água está representada na Tabela 12. Comparando os valores da Tabela 13 com a Tabela 12, é possível perceber que a condição do corpo hídrico receptor é considerada ruim na maioria das análises. Os valores elevados à montante podem ser explicados por ligações clandestinas de esgoto no rio, enquanto que os valores na zona de mistura e à jusante se devem ao despejo do efluente da ETE ainda com concentrações acima do estipulado pela legislação.

Não foram realizadas análises em duplicata para o parâmetro $DBO_{5,20}$ devido a pouca quantidade de reagentes disponíveis para essa análise nos laboratórios da UFFS.

Tabela 12– Valores de $DBO_{5,20}$ em função das características do curso d'água

Condição do rio	$DBO_{5,20}$ no rio (mg/L)
Bastante limpo	1
Limpo	2
Razoavelmente limpo	3
Duvidoso	5
Ruim	>10

Fonte: Klein (1962) apud Von Sperling (2005).

Tabela 13 – Variação de $DBO_{5,20}$ (mg/L O_2) no Corpo Hídrico Receptor

Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	18,90	25,30	40,50
Maio	24,30	29,00	65,60
Junho	13,20	32,90	96,40
Julho	3,00	6,20	23,20
Agosto	4,30	7,40	28,00
Setembro	2,10	4,40	6,60
Outubro	9,30	13,40	18,50
Novembro	3,50	16,00	23,00

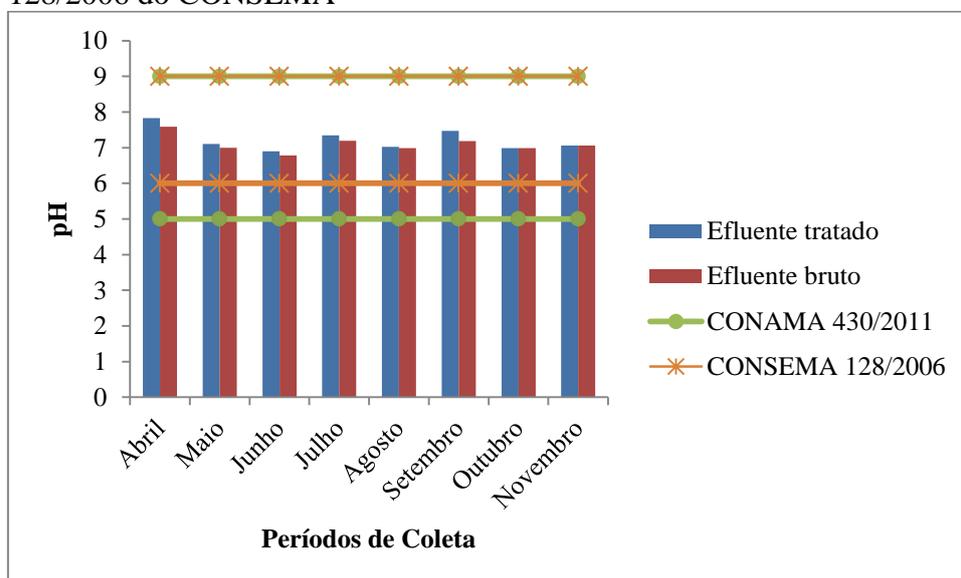
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.7 Potencial Hidrogeniônico

Observa-se na Figura 15, que os valores de pH permaneceram próximo da neutralidade, variando de 6,78 a 7,59 para o efluente bruto, e 6,90 a 7,83 para o efluente tratado. Assim, verifica-se que ambos estão dentro da faixa estipulada pela Resolução 430/2011 do CONAMA e Resolução 128/2006 do CONSEMA que varia de 5 a 9 e 6 a 9 respectivamente.

Conforme destaca Cassini (2008), as bactérias anaeróbias são muito sensíveis às alterações de pH, sendo assim muito importante o controle desse parâmetro no filtro uma vez que para valores de pH inferiores a 6, a atividade das bactérias formadoras de metano cai rapidamente, interrompendo, completamente, sua atividade em um pH por volta de 5,5. Portanto um valor de pH próximo da neutralidade indica o bom andamento do processo, enquanto que seu decaimento indica a alteração de algum parâmetro, que deve ser corrigido imediatamente a fim de evitar a diminuição da atividade biológica do sistema.

Figura 15 – Valores de pH do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA e Resolução 128/2006 do CONSEMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio da análise da Tabela 14, é possível verificar que o pH se manteve com poucas variações ao longo do rio, indicando baixa influência provocada pelo lançamento de efluente da ETE. O pH elevado na primeira coleta, pode ser atribuído, as ligações clandestinas industriais ou de esgotos domésticos diretamente no rio ou devido a proliferação de algas.

Tabela 14 – Variação de pH no Corpo Hídrico Receptor

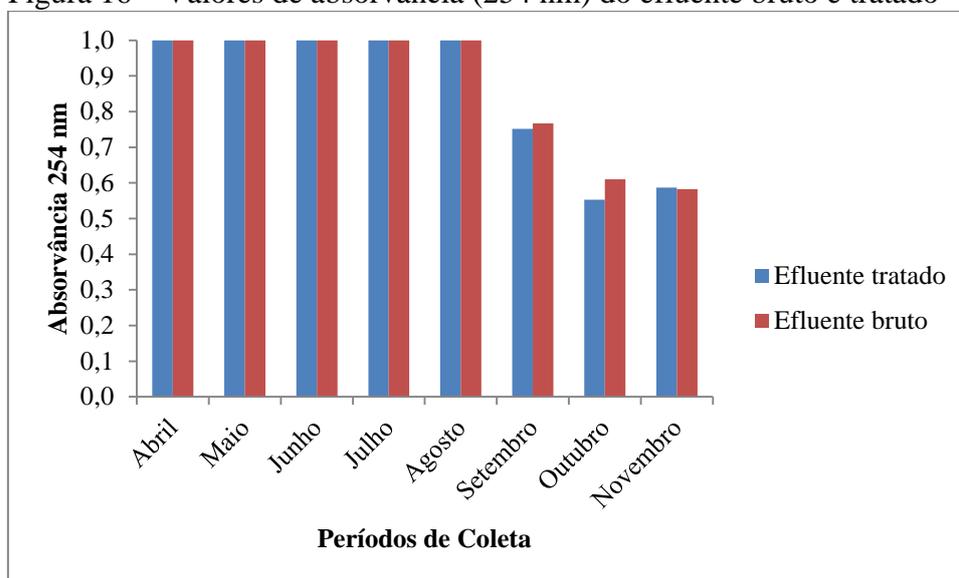
Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	8,48 ± 0,08	8,37 ± 0,06	8,28 ± 0,06
Mai	7,46 ± 0,06	7,46 ± 0,03	7,59 ± 0,16
Junho	6,90 ± 0,08	6,98 ± 0,01	7,09 ± 0,02
Julho	7,27 ± 0,11	7,07 ± 0,01	7,33 ± 0,04
Agosto	6,94 ± 0,02	6,93 ± 0,01	7,08 ± 0,00
Setembro	7,22 ± 0,04	7,19 ± 0,03	7,26 ± 0,02
Outubro	7,45 ± 0,07	7,22 ± 0,11	7,15 ± 0,01
Novembro	7,20 ± 0,06	7,27 ± 0,05	7,04 ± 0,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.8 Absorvância

Na Figura 16, verifica-se um elevado grau de absorvância durante os períodos de coleta, que é afetada principalmente, pela presença dos sólidos em suspensão. A absorvância variou de 0,58 a 1 para o efluente bruto e 0,55 a 1 para o efluente tratado, apresentando resultados elevados quando comparados com os valores típicos encontrados na literatura, onde Metcalf & Eddy (2015) citam uma faixa de 0,30 a 0,70 para o efluente primário e 0,15 a 0,35 para o efluente secundário.

Figura 16 – Valores de absorvância (254 nm) do efluente bruto e tratado



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 15 fornece as variações de absorvância (254 nm) no corpo hídrico receptor, onde percebe-se na zona de mistura, devido ao despejo de efluentes da ETE, uma concentração elevada de sólidos suspensos. Também é possível perceber um decaimento

considerável no decorrer do trecho, tendo em vista que no ponto a jusante os valores apresentam uma redução considerável.

Tabela 15 – Variação de Absorvância 254 nm no Corpo Hídrico Receptor

Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	0,40 ± 0,07	0,40 ± 0,00	0,33 ± 0,00
Maio	0,09 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,15 ± 0,00
Junho	0,06 ± 0,01	0,52 ± 0,01	1,00 ± 0,00
Julho	0,05 ± 0,00	0,17 ± 0,00	0,74 ± 0,03
Agosto	0,07 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,73 ± 0,03
Setembro	0,59 ± 0,02	0,62 ± 0,03	0,64 ± 0,01
Outubro	0,26 ± 0,01	0,28 ± 0,00	0,30 ± 0,01
Novembro	0,30 ± 0,00	0,33 ± 0,00	0,31 ± 0,00

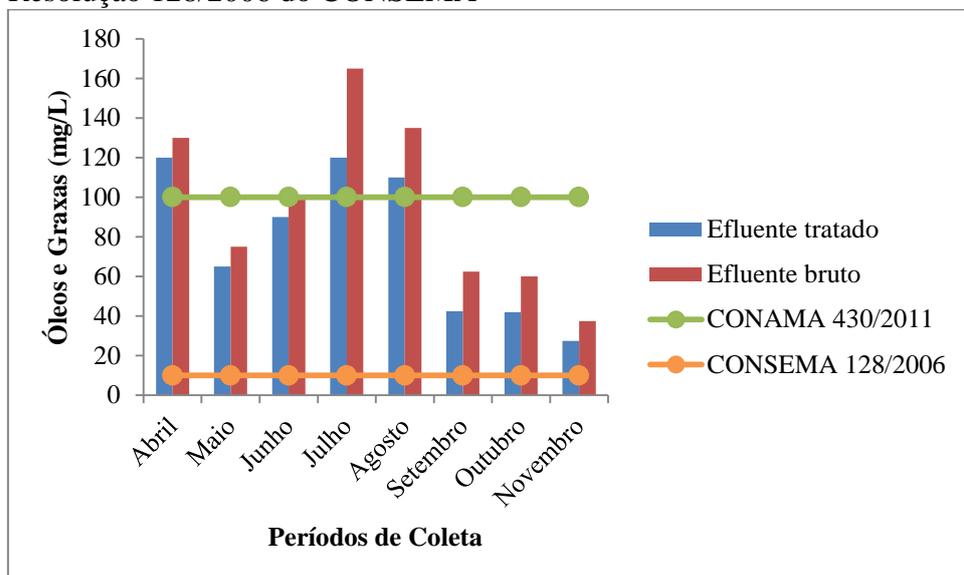
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.9 Óleos e graxas

A ETE apresentou uma boa eficiência de remoção para o parâmetro óleos e graxas, conforme demonstrado na Figura 17. Porém, em três das oito análises os parâmetros se encontram acima do limite estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA. Já em comparação com a Resolução 128/2006 do CONSEMA, todos os parâmetros estão em desacordo com o estipulado.

Os valores encontrados para óleos e graxas no efluente bruto variaram de 37,50 a 165,50 mg/L, estando próximos aos descritos por Nuvolari et al. (2011), que estão na faixa de 50 a 150 mg/L para o esgoto sanitário. Ainda segundo esse autor, quando em grande quantidade podem causar entupimento das redes de esgoto e também gerar problemas nos digestores formando uma densa camada de espuma na superfície atrapalhando o processo de biodegradação do lodo. O autor ressalta ainda, que em unidades de tratamento biológico deve-se evitar concentrações de óleos e graxas acima de 20 mg/L para evitar a morte dos microrganismos responsáveis pelo tratamento.

Figura 17 – Valores de óleos e graxas do efluente bruto e tratado em comparação com os padrões de lançamentos de efluentes estabelecido pela Resolução 430/2011 do CONAMA e Resolução 128/2006 do CONSEMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 16 estão descritos os resultados obtidos para óleos e graxas ao longo do corpo hídrico receptor. Percebe-se uma influência significativa do despejo do efluente da ETE ainda com altas concentrações, pois os valores aumentaram consideravelmente do ponto à montante para a zona de mistura.

Tabela 16 – Variação de Óleos e Graxas (mg/L) no Corpo Hídrico Receptor

Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	10,00 ± 0,00	60,00 ± 0,00	80,00 ± 0,00
Maió	20,00 ± 0,00	40,00 ± 0,00	50,00 ± 0,00
Junho	20,00 ± 0,00	55,00 ± 0,00	70,00 ± 0,00
Julho	27,50 ± 3,54	62,50 ± 0,00	100,00 ± 14,14
Agosto	15,00 ± 7,07	35,00 ± 7,07	70,00 ± 14,14
Setembro	5,00 ± 0,00	12,50 ± 3,54	25,00 ± 0,00
Outubro	8,00 ± 1,41	17,50 ± 3,54	26,50 ± 2,12
Novembro	3,50 ± 0,71	8,00 ± 1,41	16,50 ± 2,12

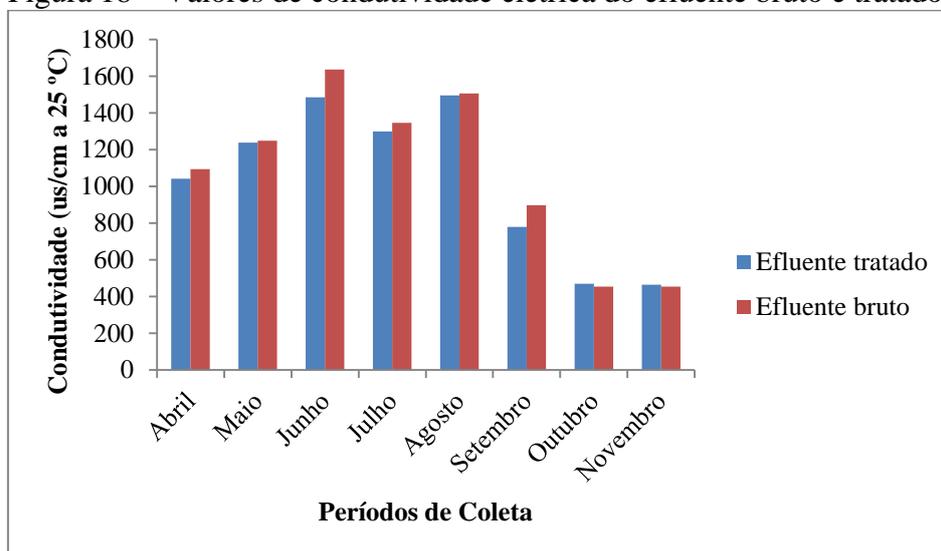
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.10 Condutividade elétrica

Os valores de condutividade elétrica variaram de 453,05 a 1635,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o efluente bruto e de 463,70 a 1496,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o efluente tratado como verificado na Figura 18. Segundo a CETESB (2009), a condutividade elétrica aumenta proporcionalmente com a

adição de sólidos dissolvidos, além disso, os altos valores podem indicar características corrosivas da água.

Figura 18 – Valores de condutividade elétrica do efluente bruto e tratado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda conforme a CETESB (2009), a condutividade elétrica representa uma medida indireta da concentração de poluentes na água, considerando níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ passíveis de ambientes impactados. Assim, é possível perceber na Tabela 17, uma elevada condutividade elétrica no corpo hídrico receptor, resultante principalmente do despejo do efluente da ETE.

Tabela 17 – Variação de Condutividade elétrica (us/cm a 25 °C) no Corpo Hídrico Receptor

Períodos de Coleta	1- Montante	2- Jusante	3- Zona de Mistura
Abril	220,00 \pm 14,14	188,40 \pm 16,40	205,00 \pm 7,07
Maio	154,40 \pm 8,77	182,10 \pm 2,55	176,8 \pm 23,62
Junho	319,10 \pm 0,42	581,00 \pm 7,07	1011,50 \pm 60,10
Julho	240,80 \pm 0,57	306,35 \pm 0,07	703,50 \pm 14,85
Agosto	237,45 \pm 0,35	369,85 \pm 0,35	680,50 \pm 21,92
Setembro	146,25 \pm 6,01	169,00 \pm 7,07	223,50 \pm 14,85
Outubro	115,75 \pm 0,21	118,90 \pm 0,14	172,30 \pm 14,00
Novembro	102,60 \pm 0,00	106,35 \pm 0,07	130,90 \pm 5,37

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.11 Coliformes termotolerantes

Na Tabela 18 observa-se que a concentração de coliformes termotolerantes encontra-se muito acima do estipulado na Resolução 357/2005 do CONAMA. As concentrações

observadas encontram-se na faixa reportada pela literatura descritas por Von Sperling (2005), que indica concentrações de 10^6 a 10^9 NMP/100 mL para efluente bruto e 10^6 a 10^7 NMP/100 mL para efluente tratado pelo conjunto fossa séptica mais filtro biológico anaeróbio.

Em virtude da grande quantidade de material e tempo demandado para realização dessa análise, juntamente com a pouca variabilidade apresentada, optou-se por realizar a análise de coliformes somente para os pontos de entrada e saída da ETE e uma vez em cada estação do ano compreendida durante o estudo.

Tabela 18 – Valores de coliformes termotolerantes para efluente bruto e tratado e o limite permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA em NMP/100 mL

Períodos de Coletas	Efluente bruto	Efluente tratado	CONAMA 357/2005
Maio	$1,1 \times 10^9$	$1,5 \times 10^7$	1000
Julho	$1,1 \times 10^9$	$9,3 \times 10^7$	1000
Outubro	$3,2 \times 10^7$	$2,5 \times 10^6$	1000

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 EFICIÊNCIA DO FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO

A eficiência de remoção, dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, do filtro biológico anaeróbio, observada nos estudos e descrita na Tabela 19 foi relativamente baixa, quando comparada as faixas prováveis de remoção de poluentes para esse tratamento em conjunto com o tanque séptico conforme observado na Tabela 20 da NBR 13969/97.

É possível perceber que a eficiência de remoção de DQO esteve abaixo da faixa em todas as coletas, variando de 5,36 a 25,23%, enquanto que a $DBO_{5,20}$ apresentou-se dentro da faixa em apenas três coletas com 48,58, 44,00 e 46,31% de eficiência. Já a eficiência de remoção para os sólidos sedimentáveis, oscilou entre os períodos de coleta, possuindo eficiência negativa em três análises realizadas. Essa grande variabilidade dos resultados pode ser atribuída a variação da vazão da ETE, ocorrendo o arraste de matéria orgânica juntamente com o efluente do tanque séptico para o filtro biológico anaeróbio.

Tabela 19 – Eficiência de remoção do filtro biológico anaeróbio (%)

Parâmetros	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Sólidos Sedimentáveis	48,94	6,73	-31,82	90,50	-39,29	-233,33	-110,00	-150,00
DQO	19,21	8,63	25,23	5,79	5,36	16,73	41,99	39,97
$DBO_{5,20}$	48,58	31,33	28,99	44,00	14,18	23,81	26,47	46,31
Óleos e Graxas	7,69	13,33	10,00	27,27	18,52	32,00	30,00	26,67
Coliformes Termotolerantes	-	98,64	-	91,55	-	-	99,22	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 20 – Faixas prováveis de remoção dos poluentes para o filtro biológico anaeróbio, consideradas em conjunto com o tanque séptico

Parâmetro	Faixa provável de remoção de poluentes (em %)
DBO _{5,20}	40 a 75
DQO	40 a 70
Sólidos Sedimentáveis	70 ou mais

Fonte: Adaptado da NBR 13969/97.

É possível constatar, após a análise dos resultados, que o sistema de tratamento proposto na ETE de Campina das Missões, (tanque séptico + filtro biológico anaeróbio) possui eficiência de tratamento abaixo da faixa provável, recomendada pela NBR 13969/97, para maioria dos parâmetros observados.

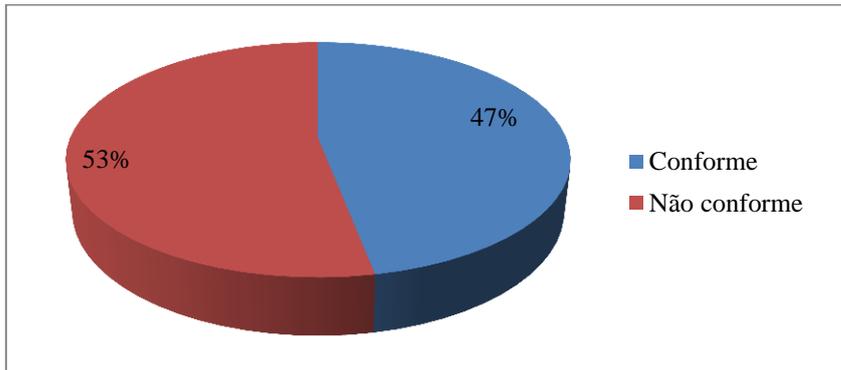
Devido a baixa eficiência apresentada, grande parte dos parâmetros encontram-se acima das legislações ambientais vigentes, gerando alerta para a necessidade de manutenção do sistema de tratamento, compreendendo a limpeza do meio filtrante, utilizado no filtro biológico anaeróbio bem como demais melhorias pertinentes descritas no item 4.4 do presente trabalho.

Depois de realizadas as coletas e análises dos efluentes brutos e tratados na ETE “G” de Campina das Missões, procedeu-se com a análise de conformidade dos parâmetros com as Resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA e com a Resolução 128/06 do CONSEMA.

Foram analisados um total de 11 parâmetros em 8 coletas, com exceção dos coliformes termotolerantes que foram analisados em apenas 3 coletas, totalizando 83 resultados possíveis de comparação com a legislação ambiental. Quando um mesmo parâmetro possuiu diferentes padrões limites de emissão estabelecidos pelas Resoluções, tomou-se com maior grau de importância a legislação mais restritiva.

Na Figura 19 é possível observar uma conformidade de 47% dos parâmetros, representando um total de 39 resultados conformes, e uma não conformidade de 53% dos parâmetros, representando um total de 44 resultados não conformes com a legislação ambiental.

Figura 19 – Porcentagem de parâmetros conformes e não conformes com a legislação ambiental



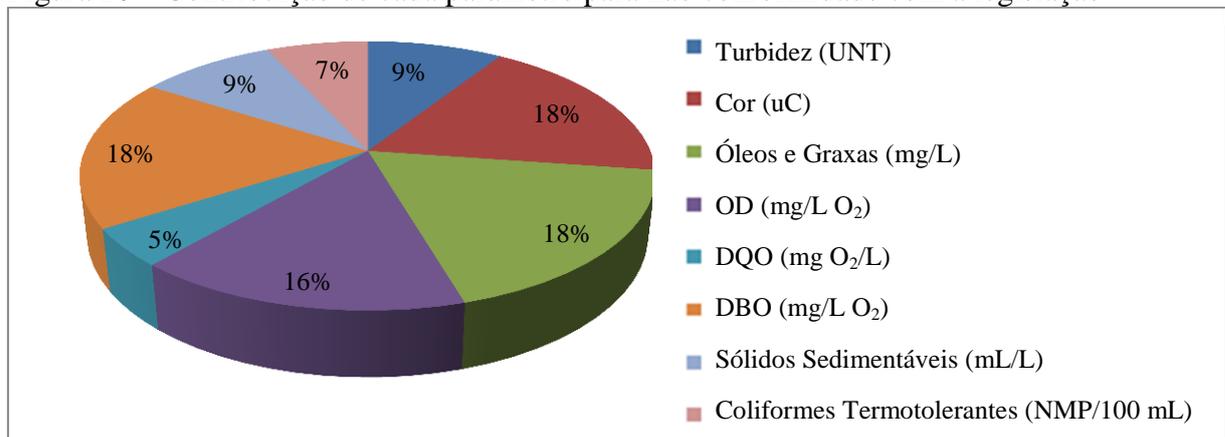
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo em vista a grande desconformidade dos parâmetros analisados, realizou-se uma análise da contribuição de cada parâmetro para a não conformidade com a legislação. Conforme verificado na Figura 20, os parâmetros óleos e graxas, DBO_{5,20} e cor estão acima do limite permitido pela legislação em todas as coletas, contribuindo com 18% cada, para a não conformidade. Como os 8 resultados obtidos estavam acima do permitido, totalizou-se 100% de não conformidade para estes parâmetros.

Os sólidos sedimentáveis e a turbidez, representaram 9% de contribuição para a não conformidade, totalizando 4 resultados não conformes, ou seja, 50% de não conformidades em seus resultados. Em seguida aparece o OD que contribuiu com 16%, estando 7 valores em desconformidade, totalizando 87,5% de não conformidade em seus resultados.

Já a DQO representou 5% das irregularidades, com 2 resultados desconformes, correspondendo a 25% de não conformidade em sua análise. Os coliformes termotolerantes colaboraram com 7%, estando os 3 resultados irregulares, ou seja, 100% de não conformidade nos resultados, uma vez que só foram realizadas 3 coletas para este parâmetro.

Figura 20 – Contribuição de cada parâmetro para não conformidade com a legislação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Concluída essa análise percebemos que os principais problemas encontrados na ETE se referem aos parâmetros óleos e graxas, DBO, cor e coliformes termotolerantes com todos os resultados acima dos estabelecidos pela legislação.

4.3 INFLUÊNCIA DAS ESTAÇÕES DO ANO NO DESEMPENHO DA ETE

No presente estudo foi possível acompanhar o desempenho da ETE durante o outono, inverno e primavera. No outono observa-se mudanças bruscas de temperaturas e redução das chuvas, no inverno verifica-se baixas temperaturas e precipitação pluviométrica enquanto que a primavera compreende uma grande irregularidade climática, caracterizada pela transição do inverno para o verão, acentuando-se assim a precipitação pluviométrica e a temperatura.

Assim, as estações do ano influenciam na eficiência do sistema de tratamento, conforme NBR 13969/97, devido às variações de temperatura e a precipitação pluviométrica como pode ser observado Tabela 21. Percebe-se também que a ETE apresenta menor eficiência média de remoção durante o inverno, com exceção do parâmetro sólidos sedimentáveis que apresentou eficiência remoção negativa na primavera.

Tabela 21 – Eficiência média de remoção (%) do filtro biológico anaeróbio conforme a estação do ano de 2016 observada

Parâmetros	Outono 20/3 a 20/06	Inverno 20/06 a 22/09	Primavera 22/09 a 22/12
Sólidos Sedimentáveis	27,84	6,46	-164,442
DQO	13,92	12,13	32,90
DBO _{5,20}	39,95	29,06	32,20
Óleos e Graxas	10,51	18,60	29,56
Coliformes Termotolerantes	98,64	91,55	99,22

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Tabela 21 e conforme pode ser observado na Tabela 22, além dos índices relacionados a temperatura e precipitação, é importante considerar que as cargas de entrada são diferentes durante as estações do ano, sendo superiores no inverno para todos os parâmetros analisados. Portanto, além dos índices pluviométricos e de temperatura os valores de concentração de entrada, podem estar atrelados a eficiência do filtro biológico anaeróbio.

Tabela 22 – Concentração média de entrada durante as estações do ano

Parâmetros	Outono 20/3 a 20/06	Inverno 20/06 a 22/09	Primavera 22/09 a 22/12
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	4,95	5,60	0,17
DQO (mgO ₂ /L)	312,67	404,33	204,89
DBO _{5,20} (mg/LO ₂)	145,50	231,33	69,50
Óleos e Graxas (mg/L)	102,50	133,33	53,33
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	1,1x10 ⁹	1,1x10 ⁹	3,2x10 ⁷

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.1 Precipitação pluviométrica

Em dias de chuva excessiva ocorre o transbordamento e ineficiência do tratamento na ETE, pois existe um coletor misto, onde a rede de drenagem pluvial está em conjunto com a rede coletora de esgoto. Além disso, é possível destacar que as baixas vazões que chegam no sistema e as contribuições de águas das chuvas podem afetar o monitoramento da ETE, uma vez que acaba gerando distorções nos parâmetros hidráulicos de projeto.

Para tanto seria importante realizar um controle de vazão na ETE, a fim de evitar o súbito aumento da vazão e conseqüente arraste de sólidos com o efluente do tanque séptico, sobrecarregando o filtro biológico anaeróbio. Essa passagem excessiva de sólidos junto ao efluente colabora gradativamente na diminuição da vida útil do filtro biológico anaeróbio.

4.3.2 Variações de temperatura

Conforme já destacado anteriormente, Jordão & Pessôa (2011), afirmam que o filtro biológico anaeróbio possui melhor desempenho na faixa de temperatura do efluente entre 25 e 35 °C e abaixo de 15 °C a digestão anaeróbia não se processa.

Para tanto, o tempo de detenção hidráulico (TDH) é um dos critérios fundamentais no sistema de tratamento, e está estreitamente ligado à temperatura dos efluentes que a ETE receberá. Para temperaturas dos esgotos abaixo de 20 °C, bastante verificada na região, é recomendado que o TDH médio diário esteja entre 10 e 14 horas (CHERNICHARO, 1997). Conforme verifica-se nos dados de projeto o TDH da presente ETE é de 12 horas.

Na Figura 7, a média de temperatura dos efluentes situou-se em 19,33 °C, sendo considerada assim, uma condição desfavorável para o desenvolvimento da atividade biológica. Porém, como o TDH é reativamente elevado, não é possível constatar grande

influência da temperatura na eficiência de remoção da matéria orgânica. Esse TDH elevado pode mascarar o efeito da temperatura de esgoto na eficiência de remoção da matéria orgânica, principalmente em períodos de baixas temperaturas, uma vez que esta situação promove elevados tempos de contato entre o efluente bruto e as bactérias anaeróbias compensando dessa forma a queda de desempenho na atividade metabólica dos microrganismos.

Segundo Nuvolari et al. (2011), em regiões com períodos de baixas temperaturas a eficiência pode ser bastante reduzida para filtros anaeróbios. Porém, mais importante do que trabalhar na faixa ótima de temperatura é impedir que ocorram variações bruscas de temperatura, pois estas afetam a população biológica presente no reator. Conforme NBR 13969/97, “Todo processo anaeróbio, é bastante afetado pela variação de temperatura do esgoto; sua aplicação deve ser feita de modo criterioso. O processo é eficiente na redução de cargas orgânicas elevadas, desde que as outras condições sejam satisfatórias”.

4.4 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBIO

De acordo com a aplicação da NBR 13969/97, por meio da Equação 2, foi possível estimar o volume requerido pelo filtro. É possível constatar que o dimensionamento do filtro biológico anaeróbio está subestimado, não obedecendo a referida norma. O filtro possui um volume útil de 96 m^3 , conforme a Equação 2, o volume exigido é de $129,48 \text{ m}^3$ e $99,60 \text{ m}^3$, considerando residências de padrão médio e baixo respectivamente. Outro fator que agrava o volume subestimado do filtro é a contribuição das águas pluviais que conforme a referida norma não deveria ocorrer.

4.5 SUGESTÕES DE MELHORIAS

Uma proposta a ser considerada é a simulação matemática da capacidade de autodepuração do córrego afluente do Rio Tumurupará utilizando o modelo de Streeter-Phelps, a fim de verificar a capacidade de autodepuração do mesmo.

Outro problema verificado e que deve ser sanado é a projeção de uma unidade para disposição adequada do lodo. De acordo com a NBR 13969/97, “os despejos resultantes da limpeza do filtro anaeróbio em nenhuma hipótese devem ser lançados em cursos de água ou nas galerias de águas pluviais”. Segundo o PMSB (2014), os leitos de secagem de lodo pararam de funcionar em função da desativação do aterro, onde era disposto anteriormente, e

o lodo proveniente das ETEs, esporadicamente é retirado por veículo coletor e sua destinação final normalmente ocorre em esterqueiras de dejetos suínos, uma atividade irregular.

Pela análise dos resultados, observa-se que o tratamento é apenas parcialmente eficiente para a remoção da matéria orgânica, não atendendo em vários parâmetros, os padrões estabelecidos pelas Resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA e a Resolução 128/2006 do CONSEMA. Isso retrata a necessidade de manutenção do sistema de tratamento existente, com limpeza do filtro biológico anaeróbio para desobstrução ou substituição do material filtrante, além da verificação do dimensionamento do filtro para posterior adequação.

Para melhorar as condições de operação da ETE e conseqüentemente sua eficiência sugere-se o controle da vazão em todos os meses e eliminação dos pontos de entrada de chuva. Tendo em vista que, em períodos chuvosos ocorre um aumento da vazão, podendo provocar arraste dos sólidos juntamente com o efluente do tanque séptico para o filtro biológico anaeróbio. Para facilitar a correta operação e manutenção, recomenda-se ainda a orientação ou instrução técnica, dos responsáveis pela operação e manutenção do sistema.

5 CONCLUSÃO

Através das análises realizadas foi possível determinar os parâmetros físicos, químicos e biológicos do esgoto bruto e após tratamento por filtro biológico anaeróbio, bem como nos pontos à montante, jusante e na zona de mistura do corpo hídrico receptor do esgoto lançado após tratamento.

Analisando a eficiência do sistema de tratamento implantado com utilização de filtro biológico anaeróbio na ETE de Campina das Missões – RS, observa-se que o efluente tratado encontra-se em conformidade com a legislação vigente em apenas 47% dos parâmetros analisados.

Essa baixa eficiência pode estar relacionada aos aspectos construtivos do filtro biológico anaeróbio, principalmente no que tange o material filtrante utilizado. A NBR 13969/97, que dispõe sobre, projeto, construção e operação de tanques sépticos e filtro biológico, recomenda a utilização de pedra brita, nº 4 ou nº 5, com as dimensões mais uniformes possíveis, ressaltando que na mistura de pedras com diferentes dimensões, pode haver obstrução precoce do filtro, influenciando diretamente na eficiência de remoção dos parâmetros analisados. No filtro biológico em questão, foi possível constatar por meio de observação visual, que foram utilizadas pedras de dimensões distintas como meio filtrante, não atendendo as especificações da NBR 13969/97.

Após determinados os parâmetros físicos, químicos e biológicos foi possível realizar uma análise comparativa da qualidade do esgoto tratado em relação aos padrões para lançamento de efluentes em corpos hídricos estipulados pelas Resoluções 357/05 e 430/11 do CONAMA e Resolução 128/06 do CONSEMA.

Na análise dos valores máximos permissíveis dos parâmetros físicos, químicos e biológicos estipulados pela legislação, constatou-se que após tratamento do esgoto com utilização do filtro biológico anaeróbio, em 100% dos meses analisados, a temperatura, o pH e os sólidos suspensos encontram-se dentro do limite aceitável para lançamento em corpo hídrico receptor. Para o parâmetro DQO constatou-se que a conformidade com a legislação é $\geq 75\%$ dos meses analisados. Para os parâmetros turbidez, OD e sólidos sedimentáveis a conformidade é $\leq 50\%$. É importante ressaltar, que por meio da análise dos parâmetros verificou-se que as variáveis cor, óleos e graxas, $DBO_{5,20}$ e coliformes termotolerantes, estavam acima do valor máximo permissível estipulado pela legislação em todos os meses analisados.

Com base no diagnóstico do filtro biológico anaeróbio e com o propósito de adequar os parâmetros à legislação ambiental vigente, sugere-se algumas melhorias, tais como: projeção de uma unidade para disposição adequada do lodo proveniente da limpeza dos filtros, manutenção do filtro biológico anaeróbio com limpeza para desobstrução e/ou substituição do leito filtrante e verificação das dimensões do filtro para atendimento da NBR13969/97, controle da vazão e eliminação dos pontos de entrada de chuva, bem como orientação ou instrução técnica, dos responsáveis pela operação e manutenção do sistema.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987. p. 22.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. p. 15.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. p. 60.
- ALTVATER, P. K.; SANTOS, D. C.; MANNICH, M. **Sistema biológico alternativo para pós-tratamento de esgoto**. Revista DAE, n. 181, p. 23-32, 2009.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Rede Nacional – Redes de Monitoramento**. Brasília, 2016.
- APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water e wastewater**. New York, NY, 20 ed., 2005.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. **Lodo de Esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2006. p.350.
- BRAGA, B.; et al., **Introdução à engenharia ambiental**. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- BRANDAO et al., **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- CASSINI, A.S. **Estudo de Processos Alternativos no Pré-Tratamento de Efluentes Provenientes da Produção de Isolados Protéicos**. 2008. 196 f. Tese de Doutorado- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Porto Alegre, 2008.
- CETESB – COMPANHIA ESTADUAL DO ESTADO DO SÃO PAULO. **Variáveis de Qualidade das Águas**. São Paulo, 2009.
- CHERNICARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, v. 5, 1997.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução 357** de 17 de março de 2005.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução 430** de 13 de março de 2011.

CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente, **Resolução 128** de 24 de novembro de 2006.

FAGUNDES, R. M.; SCHERER, M. J. **Sistemas Alternativos para o Tratamento Local de Efluentes Sanitários**. Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 53-65, 2009.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde. Brasília, 2004.

FURLEY, T. H.; C. PERÔNICO. **Guia técnico de monitoramento dos efeitos ambientais em corpos hídricos**. Vitória: Instituto Aplysia, 264p. 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades: Campina das Missões – RS**. Rio de Janeiro, 2015.

IMHOFF, K. R.; IMHOFF, K. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: Edgard Blucher, 1996.

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

JUSTEN, C. **Gerenciamento Sistêmico da Problemática “Águas Residuárias Domésticas” e Estudo da Viabilidade Técnica de Utilização de “Filtros de Areia” e “Filtros Orgânicos” como Pós-Tratamento em Etar’s Anaeróbias. Estudo de Caso: Campina das Missões – RS**. 2010. 164 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental- Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2010.

KAMIYAMA, H. **Revisão e aperfeiçoamento do sistema tanque séptico-filtro anaeróbio para o tratamento de esgoto sanitário - parte I**. Revista DAE. São Paulo: n.169, p.01-08. 1993a.

KAMIYAMA, H. **Revisão e aperfeiçoamento do sistema tanque séptico-filtro anaeróbio para o tratamento de esgoto sanitário - parte II**. Revista DAE. São Paulo: n.169, p.09-17. 1993b.

LEONETI, A. Be.; OLIVEIRA, S. V. W. B.; OLIVEIRA, M. M. B. **O equilíbrio de Nash como uma solução para o conflito entre eficiência e custo na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário com o auxílio de um modelo de tomada de decisão**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.15, n.1, p. 53-64, mar. 2010.

METCALF, L., EDDY, H. P., **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. 2015.

MUJERIEGO, R., ASANO, T. **The role of advanced treatment in wastewater reclamation and reuse**. Water Science and Technology, v.40, n.4-5, p. 1-9, 1999.

NUVOLARI, A.; et al. **Esgoto sanitário, coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

OLIVEIRA, S.M.A.C.; SPERLING, M.V. **Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte I – Análise de desempenho.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.10, n.4, p. 347-357. 2005a

OLIVEIRA, S.M.A.C.; SPERLING, M.V. **Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte II – Influência de fatores de projeto e operação.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.10, n.4, p. 358-368. 2005b

OLIVEIRA, S.V.W.B. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário.** 2008. 293 f. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ORSSATTO, F.; BOAS, M. V.; EYNG, E. **Gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada: aplicação na operação e monitoramento de uma estação de tratamento de esgoto.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.20, n.4, p. 543-550, 2015.

PAGANINI, W. S.; MACEDO, H.S. **Especificações construtivas de fossas filtro.** Revista DAE. São Paulo: v.48, p.50-58, 1988.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos.** 1. ed. São Paulo: ABES, p. 285, 2005.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive o desenvolvimento de tecnologias de tratamento para esse fim.** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro p. 427, 2006.

PMSB – PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO. **Campina das Missões – RS.** Ecomaster Engenharia Ambiental, 2014.

SABRY, T. **Evaluation of decentralized treatment of sewage employing Upflow Septic Tank/Baffled Reactor (USBR) in developing countries.** Journal of Hazardous Materials v.174, p. 500-505, 15 fev. 2010.

SANTOS, A. B., **Avaliação Técnica dos Sistemas de Tratamento de Esgotos.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.

SILVA, G. H. **Sistema de alta eficiência para tratamento de esgoto residencial – estudo de caso na lagoa da conceição.** 2004. Monografia - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2004.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO BÁSICO. **Indicadores de Água, Esgoto e Resíduos Sólidos.** 2014.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse.** 3. ed. Mc. Graw-Hill, Inc, 1991.

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná.** 2002.

128 f. Dissertação de Mestrado – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Curitiba, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

YANG, T., et al. **Application of the public-private partnership model to urban sewage treatment**. Journal of Cleaner Production. p. 1-10, 29 abr. 2016.