



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
SHAYMON REIS DA CONCEIÇÃO

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Tubarão
2020

SHAYMON REIS DA CONCEIÇÃO

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Relatório Técnico/Científico apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Alessandro de Oliveira Limas, Ms.

Tubarão

2020

SHAYMON REIS DA CONCEIÇÃO

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Este relatório técnico/científico foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 29 de agosto de 2020.

Professor Alessandro de Oliveira Limas, Ms. (Orientador e Avaliador)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Professora Francielen Kuball Silva, Dra. (Avaliadora)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Professor Diogo Quirino Buss, Esp. (Avaliador)
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelas experiências vividas, pela força em momentos difíceis e por todos aqueles que colocou em meu caminho.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe, Izabel Cristina, por todo apoio que sempre recebi.

Aos meus amigos, em especial a minha amiga Letícia Evangelista Albuquerque, pela amizade, apoio e compreensão.

Ao professor Ms. Alessandro de Oliveira Limas, orientador e responsável pela disciplina de estágio obrigatório, minha admiração.

A empresa concedente do estágio e seus funcionários, pelo suporte, tempo e ambiente disponibilizados.

Agradeço a todos que de maneira direta ou indireta, contribuíram nesta jornada.

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada ”
- MARTIN LUTHER KING JR.

RESUMO

Os sistemas de tratamento de esgoto são utilizados na remoção de poluentes das águas residuais de residências, comércios e indústrias, através da aceleração do processo de purificação da água, por meio de processos de degradação, devendo, em âmbito nacional, atender a Resolução CONAMA 430/2011, que complementa e altera parcialmente a Resolução CONAMA 357/2005. No Brasil, a maioria dos sistemas de tratamento utiliza processos anaeróbios. O esgoto tratado deve atender padrões estabelecidos legislativamente por órgãos nacionais, estaduais ou municipais, devendo sempre estar de acordo com o mais restritivo. Por isso, é importante o conhecimento das características do esgoto tratado. O objetivo deste relatório foi avaliar a eficiência de um sistema de tratamento de esgoto, implantando em um loteamento no sul do estado de Santa Catarina, através de análises físico-químicas e comparação com os parâmetros estabelecidos em legislação estadual e nacional. Em média, os resultados obtidos na remoção de sólidos sedimentáveis, fósforo total, nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio, foram, respectivamente, 88%, 24%, 52%, 56% e 83%. Portanto, com base nas legislações, nacional (Resolução CONAMA 430/2011) e estadual (Lei 14.675/2009), com exceção do fósforo, todos os resultados obtidos atenderam aos padrões estabelecidos. Para a remoção do fósforo deve-se obter uma concentração máxima de $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ou eficiência de 75%. Propõe-se, então, a manutenção do filtro composto, e, caso necessário, a adição de uma etapa adicional, com precipitação de fosfatos em pH superior a 8,0.

Palavras-chave: Tratamento de esgoto. Eficiência de remoção. Águas residuais.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Concentração de Fósforo Total em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ao longo do tratamento.....	26
Gráfico 2 - Concentração de DQO em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ao longo do tratamento.....	29
Gráfico 3 – Concentração de DBO_5 em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ao longo do tratamento.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de Lançamento de Efluentes - CONAMA 430/2011	18
Tabela 2 - Condições de Lançamento de Efluentes – Lei Estadual 14.675/2009.....	18
Tabela 3 – Parâmetros analisados e metodologias utilizadas	21
Tabela 4 – Dados das Coletas	23
Tabela 5 – Valores de pH e médias por etapa	24
Tabela 6 – Concentração e eficiência de remoção de materiais sedimentáveis	25
Tabela 7 - Eficiência de remoção de Fósforo Total, geral e em etapas do tratamento	27
Tabela 8 – Concentração e eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal	28
Tabela 9 – Eficiência de remoção de DQO, geral e em etapas do tratamento	30
Tabela 10 - Eficiência de remoção de DBO ₅ , geral e em etapas do tratamento	31
Tabela 11 – Relação DBO ₅ /DQO	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALESC	Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina
APHA	American Public Health Association
CONAMA	Conselho Nacional Do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
NBR	Norma Brasileira
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
RALF	Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado
SMEWW	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos.....	13
2	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	14
2.1	A EMPRESA	14
2.2	SISTEMA DE TRATAMENTO.....	14
2.2.1	Tratamento Preliminar.....	14
2.2.2	Reatores Biológicos	15
2.2.3	Tratamento Complementar.....	15
3	REVISÃO TEÓRICA	16
3.1	FÓSFORO TOTAL	16
3.2	NITROGÊNIO AMONÍACAL	16
3.3	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	16
3.4	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO ₅)	17
3.5	LEGISLAÇÃO	17
3.5.1	Lei do Saneamento (Lei Federal 11.445/2007).....	17
3.5.2	Resolução CONAMA 430/2011	17
3.5.3	Legislação Estadual: Lei 14.675/2009.....	18
3.5.3.1	Código Municipal de Torres.....	18
4	MÉTODOS.....	20
4.1	AMOSTRAGEM.....	20
4.1.1	Preparação dos recipientes	20
4.1.2	Pontos de amostragem	20
4.1.3	Coleta, preservação e transporte	20
4.2	ENSAIOS.....	21
4.2.1	pH.....	21
4.2.2	Materiais sedimentáveis.....	22
4.2.3	Fósforo, nitrogênio amoniacal e DQO.....	22
4.2.4	DBO₅.....	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23

5.1	AMOSTRAS.....	23
5.2	ANALISES	24
5.2.1	pH.....	24
5.2.2	Materiais sedimentáveis.....	25
5.2.3	Fósforo total.....	25
5.2.4	Nitrogênio amoniacal.....	27
5.2.5	DQO.....	28
5.2.6	DBO ₅	30
5.2.6.1	Relação DBO ₅ /DQO.....	32
6	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para o equilíbrio de ecossistemas e para todas as formas de vida na Terra, com o crescimento populacional aliado ao desenvolvimento industrial a demanda por esse recurso natural aumenta. O Brasil, com aproximadamente 12% de água corrente, é um dos países com o maior estoque de água doce no mundo, no entanto, a distribuição dessa água é desigual no território nacional. Além da desigualdade na distribuição, ainda existe a falta de saneamento básico em muitas residências, com grande parte da população sem água tratada e saneamento básico. As águas contaminadas de alguma maneira, recebem o nome de águas residuais (IBRAHIN; IBRAHIN; CANTUÁRIA, 2015).

A qualidade da água diminui com o acúmulo de diversas impurezas, decorrentes das atividades humanas, compostas por material mineral e orgânico em três formas: suspensão, coloidal e dissolvida. Os materiais em suspensão apresentam as maiores partículas, que sedimentam e podem ser vistas a olho nu. A dispersão coloidal muitas vezes pode apresentar aspecto homogêneo, podendo ser removida com a utilização de filtro. Já os materiais dissolvidos são invisíveis a olho nu, apresentando as menores partículas entre as três formas (LOPES, 2015).

Sistemas de águas residuais coletam cerca de 70% da água fornecida, as quais tratam, reutilizam ou descartam, o descarte geralmente é realizado em um corpo hídrico. Muitas vezes o corpo hídrico continua servindo como fonte de água para outras finalidades, o seu uso é uma importante razão para a gestão adequada desse resíduo. Pode-se, também, denominar essa água residual como esgoto ou efluente (SHAMMAS; WANG, 2013).

O esgoto é proveniente de atividades humanas, podendo ser denominado de acordo com a sua origem. Sendo, o esgoto doméstico o resultado do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas, proveniente das residências, o industrial o resultado de processos industriais, formado em fábricas, e, o esgoto sanitário, que é composto pelos esgotos doméstico e industrial, por águas de infiltração e contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986).

Segundo dados do SNIS, no Brasil, em 2018, o índice médio do país com acesso a coleta de esgoto era de 53,2% da população, com cerca de 46,3% do esgoto gerado no país recebendo tratamento (BRASIL, 2019). A falta de tratamento dos esgotos contribui com a transmissão de doenças, além de deteriorar a qualidade dos corpos hídricos ao qual são destinados (LOPES, 2015).

Diferenciar os tipos de efluentes é importante para tratar cada um de acordo com suas características. O esgoto não tratado pode conter inúmeros agentes patogênicos, resíduos tóxicos e nutrientes que ocasionam o crescimento de diversos tipos de microrganismos presentes em menor número. Assim, o tratamento do esgoto é de extrema importância para a saúde pública e para o meio ambiente. O tratamento dos esgotos remove os poluentes, e varia de acordo com as características biológicas, físicas e químicas de cada tipo de efluente.

O esgoto doméstico é composto principalmente de matéria orgânica, cuja degradação pode ocorrer através de tratamento aeróbio, quando há presença de oxigênio, e, através de tratamento anaeróbio, quando não há presença de oxigênio, sendo o último o método mais utilizado no Brasil. O objetivo da realização do tratamento é atingir características adequadas para lançamento em corpos hídricos sem causar impactos ambientais (SANEPAR, 2005; SILVA, 2005, apud SCHLUSAZ, 2014).

Sobre o tratamento de esgoto, este pode ocorrer por sistemas biológicos convencionais, como: lagoas de estabilização, que podem ser anaeróbias, facultativas, facultativas aeradas, aeróbias de mistura completa e maturação; lodos ativados, que constituem um dos processos de tratamento biológicos mais utilizados para tratamento de esgotos, como lodos ativados convencional, de aeração prolongada, fluxo intermitente, valos de oxidação; reatores anaeróbios de alta taxa, como o UASB e o RALF (GRADY ; DAIGGER; LIM, 1999, apud LOPES, 2015).

Mesmo com características específicas cada sistema deve ser dimensionado adequadamente, atendendo aos requisitos estabelecidos em legislação. O esgoto ao ser lançado em um corpo receptor deve atender padrões, definidos através de legislação nacional, estadual ou municipal. No território nacional o lançamento de efluentes sanitários é regulamentado pela Resolução 430/2011 que complementa e altera a Resolução CONAMA 357/2005. No estado de Santa Catarina, o lançamento de efluentes é regulamentado pelo Código Estadual do Meio Ambiente, instituído pela Lei Estadual nº 14.675/2009.

O propósito deste trabalho foi realizar a avaliação da eficiência de um sistema de tratamento de esgoto, de um loteamento localizado no sul de Santa Catarina, através de análises dos parâmetros físico-químicos: pH, sólidos sedimentáveis, fósforo total, nitrogênio amoniacal, DQO e DBO, definidos em legislação como parâmetros de controle da qualidade de lançamento de efluentes.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o aumento populacional, cresce também o consumo de água, que como consequência eleva a geração de esgoto, efluente que como qualquer outro necessita de tratamento e destinação adequados, obedecendo a parâmetros estabelecidos por legislação nacional, estadual ou municipal.

A prática de tratamento de efluentes traz benefícios ambientais e sociais, pois o esgoto doméstico pode contaminar corpos hídricos como rios, lagos e mananciais devido ao seu excesso de sedimentos e microrganismos, estes, podendo ser nocivos à saúde, causando doenças como a cólera e a leptospirose. Feito corretamente, atendendo aos padrões, o tratamento destes efluentes auxilia a mitigar a degradação dos recursos hídricos.

Com a necessidade de obedecer aos padrões estabelecidos legislativamente, surge a importância de se conhecer a qualidade do efluente tratado, através de análises e comparação dos resultados com os definidos através de resoluções, como, a de n° 430/11 do CONAMA que através de processos químicos e biológicos de decomposição impõe padrão de saúde.

Assim, a principal motivação do estudo reside na importância que o tema possui não só para a empresa, mas também ambientalmente e para a comunidade, levando a questão: **Qual a eficiência geral e em etapas do tratamento realizado pelo sistema empregado?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de um sistema de tratamento de esgoto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar os parâmetros de pH, sólidos sedimentáveis, fósforo total, nitrogênio amoniacal, DQO e DBO de amostras de esgoto;
- Classificar as amostras de esgoto de acordo com suas características físico-químicas;
- Determinar a eficiência do sistema de tratamento;
- Verificar o atendimento dos parâmetros analisados as legislações vigentes, CONAMA 430/2011 e Lei catarinense n° 14.675/2009.

2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

2.1 A EMPRESA

Localizada no sul de Santa Catarina, a empresa trabalha com biotecnologia: projetando, construindo, instalando e prestando suporte a estações naturais de tratamento de efluentes. Possui estações de tratamento, onde trata principalmente esgoto sanitário, águas residuais de piscinas, efluentes industriais e chorume.

2.2 SISTEMA DE TRATAMENTO

O sistema, implantado no sul do estado de Santa Catarina, foi dimensionado de acordo com a NBR 12209, norma que, “apresenta as condições recomendadas para a elaboração de projeto hidráulico e de processo de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE) ” (ABNT, 2011, p. 1). Sem utilização de equipamentos elétricos ou mecânicos durante o tratamento, com exceção da desinfecção, onde se utiliza dosador eletrônico, e sem necessidade de concentração de lodo orgânico, o tratamento é realizado em quatro etapas: preliminar, reatores biológicos, filtro composto e desinfecção.

2.2.1 Tratamento Preliminar

Constituída apenas por processos físicos, com a utilização de operações unitárias, nesta etapa são removidos os sólidos grosseiros, areia e gordura.

O gradeamento é a primeira etapa do tratamento, onde, grades com barras devidamente espaçadas retêm resíduos sólidos de maior tamanho lançados indevidamente. Devido a possível passagem de materiais sólidos longos, finos e fibras pelo sistema de grades, as peneiras, construídas de aço inox, com malhas na faixa de 10 mm, são utilizadas no pré-tratamento, retendo sólidos que possam causar entupimento ou que possuam considerável carga orgânica.

O desarenador impede a entrada de sólidos sedimentáveis nos reatores biológicos, a partir da sedimentação da areia e a retenção de resíduos menores que passaram pelo gradeamento.

2.2.2 Reatores Biológicos

O sistema de tratamento utiliza reatores biológicos com meio-suporte natural, onde, em seu interior, com o crescimento microbiano um biofilme se desenvolve, adsorvendo compostos contaminantes e auxiliando na digestão celular dentro do próprio suporte.

Nos reatores biológicos a empresa aplica um biorremediador, desenvolvido pela própria empresa, que contém micro-organismos, como bactérias e enzimas, em conjunto com materiais que aumentam as atividades enzimáticas, agindo como biocatalisador na decomposição da matéria orgânica residual. Este conjunto auxilia na redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), auxiliando na decomposição dos resíduos e na eliminação do mau-cheiro. Ao decompor a matéria orgânica, o produto ainda auxilia as bactérias naturais, existentes no próprio efluente, a continuar o processo de decomposição de maneira acelerada.

2.2.3 Tratamento Complementar

Através de um filtro composto e desinfecção é realizado um tratamento complementar. O filtro composto é implantado após os reatores, construído em concreto e utiliza carvão mineral como meio filtrante, possui como objetivo a remoção de partículas em suspensas, clarificação, redução nos valores de pH, DQO, nitrogênio e outros constituintes.

A desinfecção é realizada com objetivo de remover bactérias, vírus e outros microrganismos através da adição de produtos sanitizantes, como: cloro orgânico e hipoclorito de sódio.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 FÓSFORO TOTAL

“O fósforo é um ametal e encontra-se na água na forma de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. É essencial ao crescimento dos organismos vegetais e na manutenção dos processos fisiológicos dos animais.” (NOWACKI; RANGEL, 2014)

A presença de compostos de fósforo em baixas concentrações não é um problema sanitário, mas quando há uma elevada concentração de fosfato no corpo receptor pode causar eutrofização. Efluentes domésticos estão entre as principais fontes poluidora de fósforo (NOWACKI; RANGEL, 2014).

3.2 NITROGÊNIO AMONIACAL

“Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos e são caracterizados como macronutrientes, pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas” (CETESB, 2016, p. 30).

Compostos nitrogenados podem ser encontrados em corpos hídricos em quatro formas: nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. O nitrogênio amoniacal, que é uma forma inorgânica e reduzida do nitrogênio, em efluentes domésticos é a principal forma de nitrogênio presente (NOWACKI; RANGEL, 2014).

Sobre o efeito do despejo de compostos nitrogenados e outros nutrientes em águas, pode-se dizer, que:

Quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o eutrofizado. A eutrofização pode possibilitar o crescimento mais intenso de seres vivos que utilizam nutrientes, especialmente as algas. Estas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos. (CETESB, 2016, p. 30)

3.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Segundo Valente, Padilha e Silva (1997), a demanda química de oxigênio (DQO) funciona como: “Indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e condições

energéticas por ação de um agente químico oxidante forte”. Assim, indicando a concentração da matéria orgânica total presente na amostra.

3.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO₅)

A NBR 12614 define a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), como, “quantidade de oxigênio necessária para a oxidação biológica e química das substâncias oxidáveis contidas na amostra, nas condições do ensaio” (ABNT, 1992, p. 1). No tratamento de esgotos, a DBO é um parâmetro importante no controle da eficiência das estações, não só para tratamentos biológicos, mas também para físico-químicos, considerando a quantidade de oxigênio consumido em um período de tempo por uma temperatura específica de incubação. Em um período de 5 dias com temperatura de incubação de 20 °C é referido como DBO_{5,20} (CETESB, 2016).

3.5 LEGISLAÇÃO

3.5.1 Lei do Saneamento (Lei Federal 11.445/2007)

A Lei nº 11.445, de acordo com seu Art. 1º, “estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico”, considerando, no Art. 3º, o saneamento básico como um “conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais”. De acordo com a Lei, os padrões de lançamento de efluentes oriundo de unidades de tratamento de esgoto sanitários são estabelecidos pelas autoridades ambientais competentes através de legislação ambiental (BRASIL, 2007).

3.5.2 Resolução CONAMA 430/2011

Criada para compatibilizar com as regras da emissão de efluentes sanitários da Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007), a Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011), que complementa e altera a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), define as condições, parâmetros e padrões para os efluentes a serem lançados em corpos receptores. De acordo com o Art. 21º, desta resolução, os efluentes tratados através de sistemas de tratamento de esgotos sanitários devem obedecer a condições e padrões específicos:

Tabela 1 - Parâmetros de Lançamento de Efluentes - CONAMA 430/2011

Parâmetro	Padrão/Condição
pH	entre 5 e 9
Temperatura	inferior a 40 °C, variação não deve exceder 3 °C no limite da zona de mistura
Matérias sedimentáveis	até 1 mL·L ⁻¹ em teste em cone Imhoff
DBO₅	máximo 120 mg·L ⁻¹ , podendo ser ultrapassado caso sistema apresente eficiência de remoção mínima de 60% de DBO
Materiais flutuantes	ausente

Fonte: Adaptado, CONAMA 430/2011.

3.5.3 Legislação Estadual: Lei 14.675/2009

A Lei Estadual 14.675 de 13 de abril de 2009, estabelece normas para a proteção e melhoria da qualidade ambiental no território catarinense, onde, no Art. 177º, define condições para lançamento de efluentes nos corpos de água (SANTA CATARINA, 2009).

Tabela 2 - Condições de Lançamento de Efluentes – Lei Estadual 14.675/2009

Parâmetro	Condição
pH	entre 6 e 9
Materiais flutuantes	ausente
DBO₅	máximo 60 mg·L ⁻¹ , podendo ser ultrapassado caso sistema de tratamento biológico apresente 80% de redução de DBO
Fósforo total	máximo 4 mg·L ⁻¹ , ou o sistema deve apresentar uma eficiência mínima de 75% de remoção de fósforo

Fonte: Adaptado, Santa Catarina (Lei 14.675/2009).

3.5.3.1 Código Municipal de Torres

A Lei nº 674 de 11 de novembro de 2009, institui o Código Municipal do Meio Ambiente, onde, observa as compatibilidades com as políticas de meio ambiente na esfera Federal e Estadual (PASSO DE TORRES, 2009).

No Capítulo VI, Seção 1, da Lei 674/2009 estão as normas municipais relacionadas ao saneamento básico:

Art. 82 - Toda implantação de loteamento do Município, deverá apresentar sistema de tratamento dos seus esgotos cloacais, conforme padrões exigidos pela legislação vigente.

Art. 83 - Toda edificação fica obrigada a ligar o esgoto doméstico, no sistema público de esgotamento sanitário, quando da sua existência.

Art. 84 - Os esgotos sanitários deverão ser coletados, tratados e receber destinação adequada, de forma a se evitar contaminação de qualquer natureza.

Art. 85 - É obrigatória a existência de instalações sanitárias adequadas nas edificações e sua ligação à rede pública coletora.

§ 1º Quando não existir rede coletora de esgotos, as medidas adequadas ficam sujeitas à aprovação da Secretaria da Saúde e do órgão municipal de meio ambiente, sem prejuízo das competências de outros órgãos municipais, que fiscalizará a sua execução e manutenção, sendo vetado o lançamento de esgotos in natura a céu aberto ou na rede de águas pluviais.

§ 2º É proibida a instalação de rede de esgotos sem a correspondente estação de tratamento. (PASSO DE TORRES, 2009)

4 MÉTODOS

4.1 AMOSTRAGEM

O estudo foi realizado entre abril e junho, no sistema de tratamento de esgoto de um loteamento com cerca de 1400 moradores, localizado em um município no sul do estado de Santa Catarina. O sistema, dimensionado e implantado pela empresa para tratar os líquidos gerados através das atividades humanas, é compacto e construído em estruturas de concreto e termoplásticas.

4.1.1 Preparação dos recipientes

A escolha dos frascos e a preparação dos recipientes para a determinação dos parâmetros físico-químicos foram realizadas de acordo com as condições existentes na NBR 9898 (ABNT, 1987b).

Os frascos utilizados eram plásticos em polietileno, com as tampas fabricados do mesmo material do recipiente. A limpeza dos frascos e das tampas foi realizada com detergente industrial e escova, enxaguados três vezes com água corrente e três vezes com água deionizada.

4.1.2 Pontos de amostragem

De acordo com a NBR 9897, a localização dos pontos de amostragem deve ser definida de acordo com o objetivo do estudo, “ao longo do curso de água e a jusante do último lançamento considerado” (ABNT, 1987a, p. 6). Assim, para a realização da avaliação do sistema, foram selecionados 5 pontos de amostragem: o sistema de gradeamento, onde foram realizadas as coletas do efluente bruto; o quinto reator biológico, avaliando a etapa de tratamento biológico do primeiro ao quinto reator; o décimo reator biológico, sendo este o último reator biológico; o filtro; e o efluente após a desinfecção.

4.1.3 Coleta, preservação e transporte

As amostras foram coletadas com o auxílio de um béquer plástico e transferidas aos frascos de polietileno. Após coletadas as amostras foram transportadas ao laboratório em caixa térmica contendo placas de gelo artificial. O transporte foi realizado seguindo as

recomendações presentes na NBR 9898, com os frascos na vertical, no tempo necessário para realizar as análises de acordo com os prazos indicados para preservação (ABNT, 1987b).

4.2 ENSAIOS

As análises, realizadas no laboratório da empresa, estão entre as definidas pelo CONAMA 430/2011 e pela Legislação Estadual, através da Lei 14.675/2009, como parâmetros de monitoramento, utilizados para conhecimento da qualidade do efluente a ser lançado.

Os parâmetros analisados foram seis: pH, materiais sedimentáveis, fósforo total, nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅).

Na Tabela 3, os parâmetros analisados e as metodologias utilizadas.

Tabela 3 – Parâmetros analisados e metodologias utilizadas

Parâmetro	Metodologia
pH	SMEWW 4500 H+B (APHA, 2005)
Matérias sedimentáveis (mL·L⁻¹·h⁻²)	NBR 10561 (ABNT, 1988)
Fósforo total (mg·L⁻¹)	SMEWW 4500 P C (APHA, 2005)
Nitrogênio NH₃ (mg·L⁻¹)	SMEWW NH3 B C (APHA, 2005)
DQO (mg·L⁻¹)	SMEWW 5220 D (APHA, 2005)
DBO₅ (mg·L⁻¹)	SMEWW 5210 B (APHA, 2005)

Fonte: Autor, 2020.

4.2.1 pH

Para determinar o pH foi utilizado um equipamento potenciômetro, o pHmetro, juntamente com um eletrodo de pH, que possui uma membrana seletiva para íons de hidrogênio. De acordo com a NBR 7353 o instrumento medidor de pH transforma a atividade química do íon hidrogênio em um sinal elétrico, medindo a diferença de potencial elétrico entre a membrana do eletrodo indicador e o eletrodo de referência imerso na amostra (ABNT, 2019). O eletrodo é simplesmente inserido na amostra, assim transmitindo o potencial ao equipamento, que realiza a conversão para o valor de pH.

4.2.2 Materiais sedimentáveis

Sólidos sedimentáveis são os materiais em suspensão que sedimentam devido a ação da gravidade (ABNT, 1988). Segundo Metcalf e Eddy (2003, apud LOPES, 2015), representam cerca de 60% dos sólidos suspensos presentes no esgoto.

A quantificação dos materiais sedimentáveis, foi realizada através de método volumétrico, utilizando o cone Imhoff, seguindo os procedimentos descritos na NBR 10561, que, “prescreve o método para a determinação de resíduo sedimentável em amostras de águas e efluentes domésticos e industriais” (ABNT, 1988, p.1).

4.2.3 Fósforo, nitrogênio amoniacal e DQO

Os parâmetros fósforo, nitrogênio amoniacal e DQO foram determinados utilizando o Espectrofotômetro Prove100 da Merck. O espectrofotômetro utilizado conta com kits próprios para cada tipo de análise, medindo a quantidade de luz transmitida ou absorvida em definidos comprimentos de onda.

Para as análises são retiradas alíquotas da amostra e adicionados os reagentes de acordo com o manual de cada kit utilizado, e, então adicionados aos tubos contendo os reagentes. Para a determinação de fósforo, nitrogênio e DQO os kits possuem seus próprios tubos de ensaio.

4.2.4 DBO₅

Para a determinação da demanda bioquímica de oxigênio, com bases nos valores de DQO, foram retiradas alíquotas da amostra, e então adicionadas aos frascos de DBO, completando o volume com água de diluição, evitando a formação de bolhas, em seguida, utilizando um oxímetro mediu-se o valor de oxigênio dissolvido (OD) inicial, feito isso levou-se a incubadora a 20°C, após 5 dias realizou-se novamente a medição do OD.

Com os valores de OD inicial e final, foram realizados os cálculos para conhecer a DBO em mg O₂ · L⁻¹:

$$DBO = \frac{OD_f - OD_i}{f}$$

Onde:

$$f = \frac{mL \text{ de amostra}}{\text{volume de frasco de DBO}}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AMOSTRAS

A composição do efluente está relacionada a diversos fatores, como: horário da coleta, índice climático, rede de esgotos industriais ligados clandestinamente ao sistema coletor e presença de constituintes diversos (SCHLUSAZ, 2014).

A Tabela 4 apresenta dados das coletas, como: a temperatura das amostras, horário da coleta e clima.

Tabela 4 – Dados das Coletas

Coleta	Data	Hora	Clima	Temperatura Amostras	Materiais Flutuantes
1	07 de abril de 2020	11:10	Sol	26 °C	Ausente
2	27 de maio de 2020	11:00	Sol	24 °C	Ausente
3	23 de junho de 2020	10:55	Sol	24 °C	Ausente

Fonte: Autor, 2020.

De acordo com os dados exibidos na Tabela 4, em relação a temperatura e materiais flutuantes, as amostras de efluente tratado estavam dentro das condições exigidas pela legislação, apresentando temperatura inferior a 40 °C e ausência de materiais flutuantes, como definido pela Resolução CONAMA 430/2011.

Como o sistema empregado pela empresa, se baseia, principalmente, em um produto composto por um conjunto de micro-organismos, o acompanhamento da temperatura no controle da qualidade do sistema é de extrema importância.

As bactérias utilizadas para consumo de matéria orgânica, além da necessidade de um volume adequado de alimento, no caso o efluente, dependem também da temperatura. A velocidade de decomposição do efluente, através da atividade biológica, aumenta com a temperatura, sendo a faixa ideal entre 25 e 35 °C (SOUSA, 2016).

Na primeira coleta, a temperatura das amostras, em torno de 26 °C, estava dentro da faixa ideal. Nas coletas 2 e 3 a temperatura estava pouco abaixo da temperatura descrita como ideal, em torno de 24 °C. Apesar da temperatura ideal, as bactérias de digestão anaeróbia só se tornam inativas em temperaturas inferiores a 15 °C, assim, as temperaturas observadas nas amostras coletadas estavam dentro do aceitável.

5.2 ANALISES

5.2.1 pH

Na Tabela 5, os valores de pH das amostras, em diferentes etapas do tratamento:

Tabela 5 – Valores de pH e médias por etapa

Coleta	Efluente Bruto	5° Reator	10 ° Reator	Filtro	Efluente Tratado
1	6,9	7	6,9	6,9	7
2	7,9	7	7	7	6,4
3	7	7,2	7,3	7,1	7
Média	7,3	7,1	7,1	7	6,8

Fonte: Autor, 2020.

Como pode-se observar na Tabela 5, os valores de pH não sofreram muita variação nas etapas do tratamento estudadas, o efluente tratado apresentou valores de acordo com os estabelecidos pela legislação federal, Resolução CONAMA 430/2011 que determina a faixa de pH entre 5,0 e 9,0, e pela Lei Estadual 14.675/2009 que determina a faixa do pH entre 6,0 e 9,0.

Além da necessidade de obedecer às legislações, o controle do pH influencia no tratamento do efluente, principalmente no crescimento bacteriano, sendo que, no tratamento biológico do efluente, a acidez e a alcalinidade são parâmetros importantes para a digestão anaeróbia. Algumas condições de pH, também contribuem com a precipitação de elementos químicos tóxicos e exercem efeitos na solubilidade de nutrientes (CETESB, 2016).

Nas etapas biológicas do tratamento analisadas, nos reatores 5 e 10, os valores de pH apresentaram resultados favoráveis a existência de maior diversidade biológica, dentro dos considerados ótimos para crescimento bacteriano. A maioria das bactérias cresce melhor perto da neutralidade, entre pH 6,5 e 7,5, e com variações máximas e mínimas entre pH 4,0 e 9,0 (PEREIRA; CAMPOS; MOTERANI, 2009).

Em casos de acidificação, como a ocorrida na segunda coleta, onde se observou a maior variação do pH entre as amostras coletadas, para Simonete et al. (2003, p. 3), “pode estar associada às reações de nitrificação do nitrogênio amoniacal, à provável oxidação de sulfitos e à produção de ácidos orgânicos durante a degradação do resíduo por microrganismos. ”

5.2.2 Materiais sedimentáveis

A Tabela 6, apresenta as concentrações iniciais, finais e a eficiência de remoção de sólidos sedimentáveis.

Tabela 6 – Concentração e eficiência de remoção de materiais sedimentáveis

Coleta	Efluente	Efluente	Eficiência
	Bruto	Tratado	
	$\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-2}$	$\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-2}$	%
1	1,2	0,2	83
2	0,3	*ND	100
3	0,5	0,1	80
Média	0,7	0,1	88

* ND = não detectado

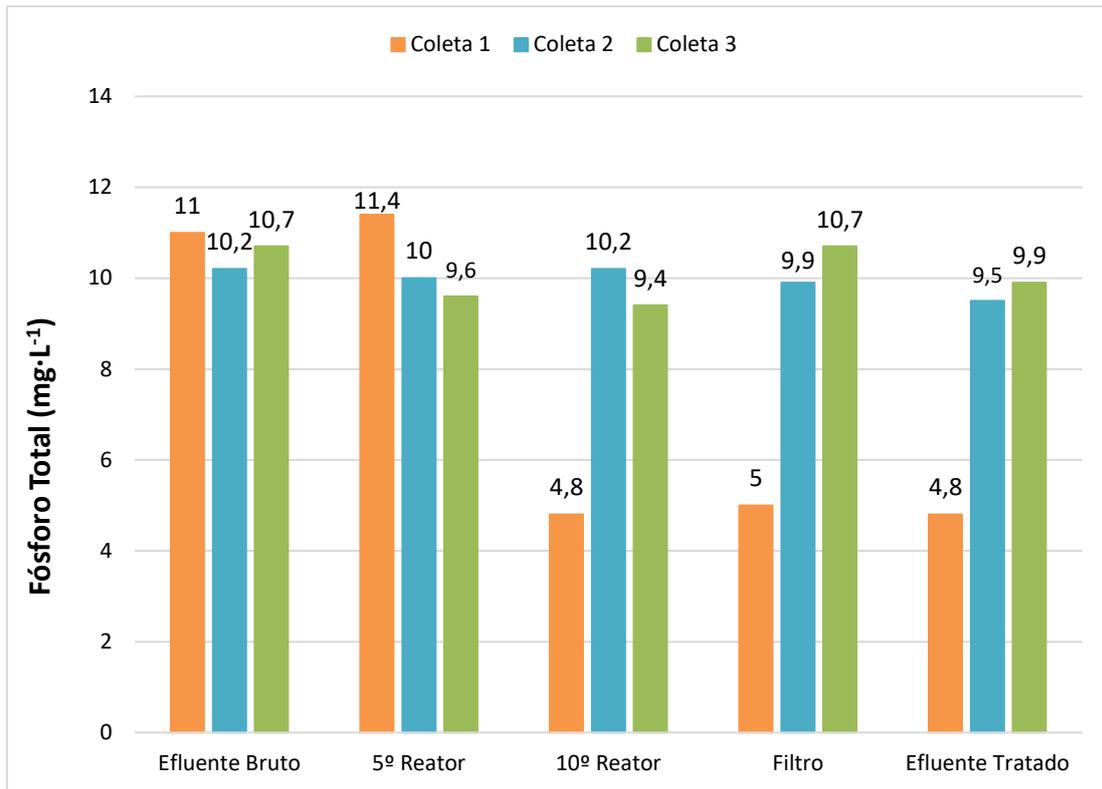
Fonte: Autor, 2020.

Na caracterização de efluentes para controle operacional de sistemas de tratamento de esgotos, a concentração de sólidos é uma informação importante. Em recursos hídricos os sólidos podem causar danos aos peixes e a vida aquática, sedimentando no leito de rios destruindo os organismos que fornecem alimentos e danificando os leitos de desova dos peixes (CETESB, 2016).

A Resolução CONAMA 430/2011 limita a concentração de sólidos sedimentáveis em até $1 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ em teste de 1 hora, na Tabela 6, pode-se observar o atendimento a legislação em todas as coletas realizadas, com uma eficiência média de remoção de 88%.

5.2.3 Fósforo total

O Gráfico 1, apresenta a variação da concentração de fósforo total nas duas coletas ao longo do tratamento.

Gráfico 1 - Concentração de Fósforo Total em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ao longo do tratamento

Fonte: Autor, 2020

O fósforo, como o nitrogênio, é essencial no crescimento biológico, sendo um dos principais nutrientes em processos biológicos. Em esgotos domésticos, as principais fontes de fósforo são a matéria orgânica fecal e os detergentes em pó. Na água pode se apresentar em três formas: fosfato orgânico, ortofostato e polifosfato (CETESB, 2016).

Segundo Metcalf e Eddy (1991, apud MACHADO, 2007), os esgotos sanitários apresentam concentração de fósforo em uma faixa entre 4 e 15 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. De acordo com a CETESB (2016), no Brasil, a faixa fica entre 6 a 10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Assim, o efluente está dentro da faixa indicada por Metcalf e Eddy, e pouco acima da faixa apresentada pela CETESB para o Brasil.

Em Santa Catarina, a Lei nº 11.445 limita o valor de lançamento de fósforo total em 4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Os valores obtidos através das análises se mostraram fora do valor permitido (SANTA CATARINA, 2009).

A partir dos valores apresentados no Gráfico 1 foram calculadas as eficiências do tratamento, geral e por etapas, apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Eficiência de remoção de Fósforo Total, geral e em etapas do tratamento

Coleta	Bruto até 5º Reator	5º até 10º Reator	10º reator até Filtro	Filtro até Efluente final	Eficiência Geral
	%	%	%	%	%
1	-	58	-	-	56
2	2	-	3	4	7
3	10	2	-	7	7
Média	4	20	-	5	24

Fonte: Autor, 2020.

A eficiência de remoção de fósforo está abaixo dos 75% definidos na legislação catarinense, através da Lei nº 11.445 (SANTA CATARINA, 2009).

Uma desvantagem do tratamento anaeróbio é a ineficiência da remoção de fósforo, o que pode ser observado nos resultados obtidos a partir das análises das coletas, principalmente na segunda e na terceira coleta que apresentaram uma eficiência de remoção ainda menor que na primeira. É possível também que o filtro composto esteja saturado, o que dificultaria a remoção de nutrientes, como o fósforo.

Em condições de pH acima de 8,0, com a precipitação de fosfatos, a remoção de fósforo seria possível, no entanto, o pH das amostras coletadas apresentou valores insuficientes, na faixa de 6,4 a 7,9 (VON SPERLING, 1996, apud SCHLUSAZ, 2014).

5.2.4 Nitrogênio amoniacal

Considerando a inexistência de padrões para sistemas de tratamento de esgotos sanitários relacionados a concentração de nitrogênio amoniacal no estado e a impossibilidade de coletas no corpo receptor, as análises da concentração de nitrogênio amoniacal foram realizadas apenas no efluente bruto e tratado, pois a amônia no meio ambiente possui efeito nocivo, principalmente em sua forma não ionizada (NH₃) (MORAIS; SANTOS, 2017).

Na Tabela 8, as concentrações e eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal.

Tabela 8 – Concentração e eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal

Coleta	Efluente	Efluente	Eficiência
	Bruto	Tratado	
	mg·L ⁻¹	mg·L ⁻¹	%
1	19	10,3	46
2	10,1	4,5	55
3	14,3	6	58
Média	14,5	6,9	52

Fonte: Autor, 2020.

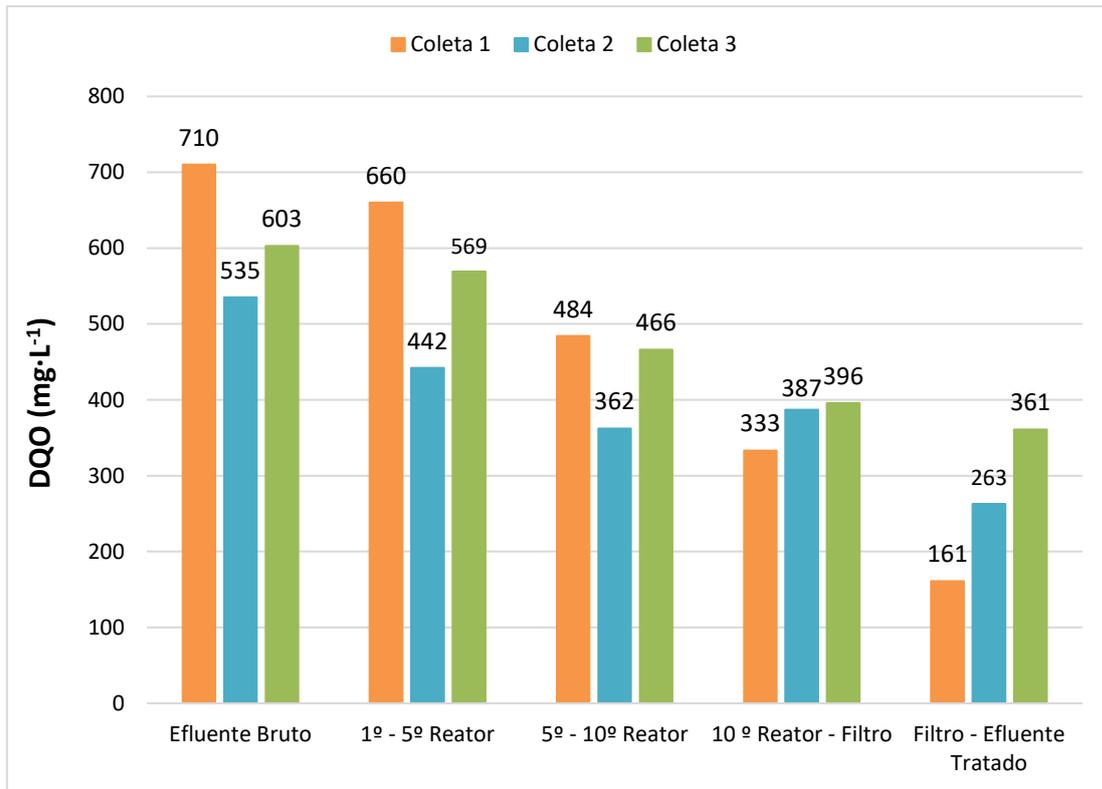
Entre as diversas fontes de nitrogênio nas águas naturais os esgotos sanitários constituem a principal fonte. As etapas de degradação orgânicas podem ser associadas as formas de nitrogênio. Em zonas de autodepuração natural em rios, o nitrogênio amoniacal se faz presente em zonas de decomposição ativa. Amostras coletadas em rios poluídos apresentam uma maior concentração de nitrogênio nas formas reduzidas, orgânica e amoniacal, indicando uma proximidade da fonte poluidora (CETESB, 2016).

Ao se considerar o limite, de 20 mg·L⁻¹ N, proposto na Resolução CONAMA 430/2011, Art. 16, para lançamento de efluente de qualquer fonte poluidora diretamente em corpos receptores, as concentrações, com valor médio de 14,5 mg·L⁻¹, no esgoto afluente estão dentro dos definidos para lançamento direto (BRASIL, 2011).

5.2.5 DQO

A DQO diferente da DBO determina a quantidade de oxigênio necessária para degradar a matéria orgânica sendo ela biodegradável ou não.

O Gráfico 2 ilustra as concentrações de DQO ao longo do tratamento.

Gráfico 2 - Concentração de DQO em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ao longo do tratamento

Fonte: Autor, 2020

No Gráfico 2 é possível visualizar uma redução considerável na concentração de DQO nas amostras analisadas, com valores variando de 710 a 263 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para a primeira coleta, 535 a 161 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para a segunda coleta, e 603 a 361 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para a terceira coleta. Segundo Metcalf e Eddy (2003, apud SCHLUSAZ, 2014) a concentração de DQO é considerada média até 430 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e elevadas acima de 800 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Em relação a legislação, não há limitação para o valor da concentração de DQO nos efluentes tratados, pelo CONAMA 430/2011, e, em Santa Catarina, até o momento não se adotou um valor limite de DQO. No entanto, a DQO é um parâmetro muito eficiente no controle de sistemas de tratamentos anaeróbios de efluente, e muito útil para previsão da diluição das amostras para análise de DBO, com os resultados podendo ser obtidos no mesmo dia da coleta (CETESB, 2016).

Com os valores de concentração de DQO, apresentados no Gráfico 2, foram calculadas as eficiências do tratamento, por etapas e geral. Para a eficiência geral foram consideradas as concentrações no efluente bruto e no tratado. Os valores de eficiência obtidos estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Eficiência de remoção de DQO, geral e em etapas do tratamento

Coleta	Bruto até 5° Reator	5° até 10° Reator	10 ° reator até Filtro	Filtro até Efluente final	Eficiência Geral
	%	%	%	%	%
1	7	27	31	52	77
2	17	18	-	32	51
3	6	18	15	9	40
Média	10	21	15	31	56

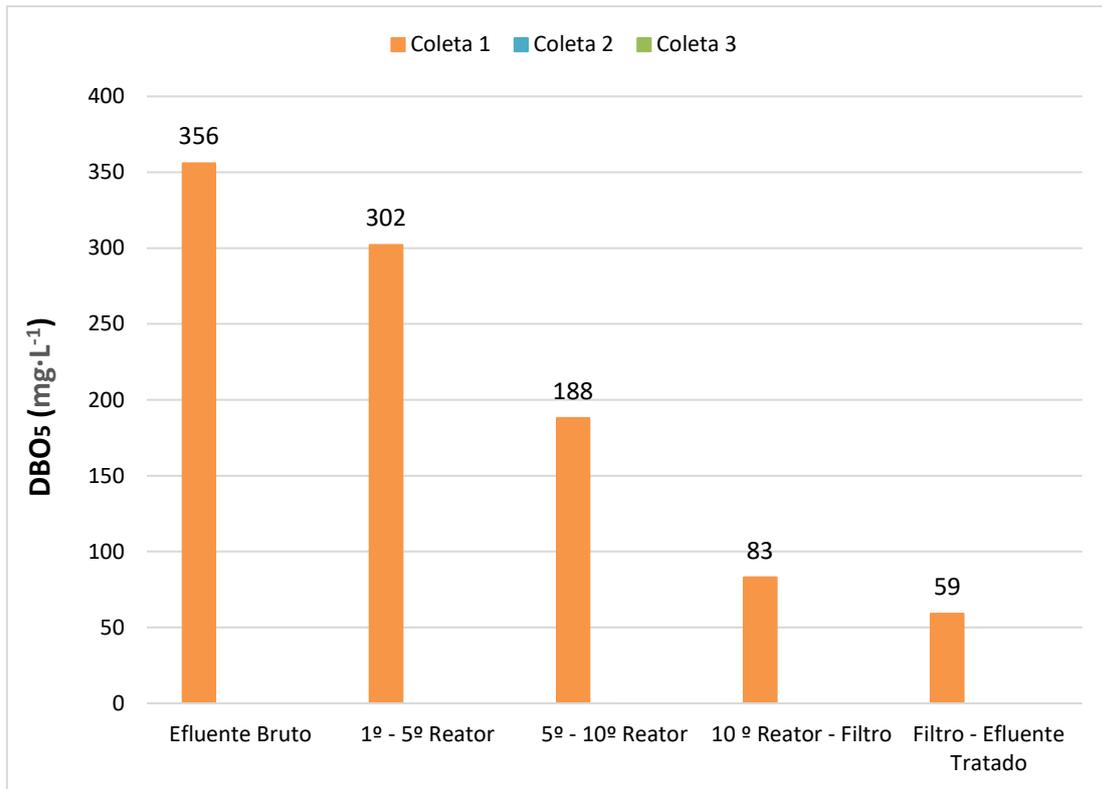
Fonte: Autor, 2020.

Na Tabela 9, é possível visualizar que apesar de uma menor concentração de DQO no efluente bruto das coletas 2 e 3, com eficiências de remoção de 51 e 40%, houve uma maior eficiência na remoção de DQO no efluente da primeira coleta, 77%, a diferença da remoção entre as coletas pode estar relacionada a uma maior quantidade de materiais não biodegradáveis presentes no esgoto.

5.2.6 DBO₅

A DBO é um parâmetro de valor significativo no que se refere ao controle da eficiência de sistemas de tratamento de esgoto, possui valores inferiores a DQO, pois mede apenas a matéria orgânica que sofre degradação biológica (CETESB, 2016).

O Gráfico 3 apresenta as concentrações de DBO, para 5 dias 20°C, ao longo do tratamento na coleta 1. Durante a realização das análises das amostras coletadas em maio e junho, o medidor de oxigênio dissolvido utilizado na análise apresentou problemas, impossibilitando a obtenção da concentração de DBO.

Gráfico 3 – Concentração de DBO₅ em mg·L⁻¹ ao longo do tratamento

Fonte: Autor, 2020.

O sistema em estudo, projetado para receber uma concentração máxima diária de DBO_(5,20°C) entre 100 e 400 mg·L⁻¹, possui um conjunto de microrganismos que auxilia na redução dos valores de DBO. No Gráfico 3, a redução da DBO pode ser observada, e a eficiência do tratamento está demonstrada na Tabela 10.

Tabela 10 - Eficiência de remoção de DBO₅, geral e em etapas do tratamento

Coleta	Bruto até 5º Reator	5º até 10º Reator	10º reator até Filtro	Filtro até Efluente final	Eficiência Geral
	%	%	%	%	%
1	15	38	56	29	83

Fonte: Autor, 2020.

O CONAMA 430/2011 limita a DBO a 120 mg·L⁻¹ ou eficiência de remoção 60% e a legislação estadual, através da Lei catarinense 11.445/2009, é ainda mais restritiva, limitando a 60 mg·L⁻¹ ou 80% de remoção. Os resultados obtidos estão dentro dos valores definidos como limite pelas legislações nacional e estadual.

5.2.6.1 Relação DBO₅/DQO

Ao se estudar sistemas de tratamento de esgoto sanitário, parâmetros como DBO₅ e DQO são indispensáveis, e, quando utilizados em conjunto, são indicadores da biodegradabilidade do esgoto. Em efluentes domésticos a relação costuma estar entre 0,3 e 0,8. Valores inferiores a 0,3 indicam esgoto possivelmente contaminado com elementos tóxicos ou de baixa biodegradabilidade, indicando a necessidade de tratamentos físico-químicos adicionais. Valores superiores a 0,5 indicam um esgoto de fácil tratamento biológico (METCALF, EDDY, 2003, apud SCHLUSAZ, 2014).

Na Tabela 11 a relação DBO₅/DQO das etapas envolvendo tratamento biológico.

Tabela 11 – Relação DBO₅/DQO

Coleta	Efluente Bruto	5° Reator	10 ° Reator
1	0,5	0,46	0,39

Fonte: Autor, 2020.

A relação calculada, e apresentada na Tabela 11, para o esgoto bruto, indica um efluente biodegradável. Porém, é possível observar uma redução gradual da relação DBO₅/DQO, o que pode estar relacionado a diminuição da fração de materiais biodegradáveis ao longo do tratamento.

6 CONCLUSÃO

A avaliação da eficiência do sistema de tratamento de esgoto, através da realização de análises físico-químicas, indicou que o mesmo atende a maioria dos parâmetros definidos pela Resolução CONAMA 430/2011 e pelo Código Estadual do Meio Ambiente (Lei 14.675/2009). O tratamento apresentou eficiência de remoção considerável de DBO e sólidos sedimentáveis, com 83% e 88%, respectivamente.

Durante o tratamento, com exceção do fósforo e do pH, os parâmetros avaliados, apresentaram redução significativa em suas concentrações, em média, os resultados obtidos na remoção de sólidos sedimentáveis, nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio, foram, 88%, 52%, 56% e 83%, respectivamente.

Os parâmetros físico-químicos indicaram um esgoto biodegradável, com características de esgoto forte.

Quanto as eficiências de remoção, pode-se destacar as remoções de DBO, com eficiência de 83% na coleta 1, sólidos sedimentáveis, com eficiência média de 88%, e de fósforo, com a menor eficiência média, 24%.

Dos parâmetros analisados, com base nas legislações, nacional (Resolução CONAMA 430/2011) e estadual (Lei 14.675/2009), com exceção do fósforo, todos atenderam os padrões estabelecidos.

Para uma avaliação mais completa e maior confiança nos resultados, recomenda-se a continuidade deste trabalho através da avaliação de outros parâmetros, um maior número de repetições das análises, e um estudo no corpo receptor, para se conhecer a influência deste esgoto no corpo ao qual está sendo lançado.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 7353**: Determinação do pH com eletrodos de vidro. Rio de Janeiro, p. 8. 2019.
- ABNT. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, p. 5. 1986.
- ABNT. **NBR 9897**: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, p. 14. 1987a.
- ABNT. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de afluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, p. 22. 1987b.
- ABNT. **NBR 10561**: Águas – Determinação de resíduo sedimentável (sólidos sedimentáveis) – Método do cone de Imhoff. Rio de Janeiro, p. 2. 1988.
- ABNT. **NBR 12209**: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, p. 53. 2011.
- ABNT. **NBR 12614**: Águas - Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias). Rio de Janeiro, p. 5. 1992.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC. 2005.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.: il. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf>. Acesso em 03 de jul. de 2020
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 12 de maio de 2020.
- BRASIL. Poder Legislativo Federal. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 2007.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 28 de abr. de 2020.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo: Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade.** São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 13 de jun. de 2020.

IBRAHIN, F. I. D.; IBRAHIN, F. J.; CANTUÁRIA, E. R. **Análise ambiental: Gerenciamento de Resíduos e Tratamento de Efluentes.** São Paulo: Érica, 2015. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521497/cfi/0!4/4@0.00:27.7>>. Acesso em: 02 de jul. de 2020.

LOPES, T. R. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes.** Dissertação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Programa de pós-graduação em Tecnologias Ambientais. Medianeira, p. 123; 2015.

MACHADO, F. R. **Remoção de fósforo na unidade de flotação da estação de tratamento de esgoto.** Dissertação – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, p. 127. 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15273/1/fernando.pdf>>. Acesso em: 22 de jun. de 2020.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reuso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, vol. 67, nº 67. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.doi.editoracubo.com.br/10.4322/dae.2019.004>>. Acesso em: 20 de jun. de 2020.

NOWACKI, C. C. B.; RANGEL, M. B. A. **Química Ambiental: Conceitos, Processos e Estudo dos Impactos ao Meio Ambiente.** São Paulo: Érica, 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=FYqwDwAAQBAJ&pg=PT3&lpq=PT3&dq=nowacki+rangel&source=bl&ots=EiI168A42V&sig=ACfU3U03XrtnZfW__jQGNOBC8-uAwBNltw&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwip25jUx47qAhXGJrkGHc4TDhEQ6AEwBXoECAoQAQ#v=onepage&q=nowacki%20rangel&f=false>. Acesso em: 13 de jun. de 2020.

ORSSATTO, F.; HERMES, E.; VILAS BOAS, M. A. **Eficiência da remoção de óleos e graxas de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel – Paraná.** Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, vol. 7, nº 4. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=572>>. Acesso em: 13 de jun. de 2020.

PASSO DE TORRES. **Lei nº 674, de 11 de novembro de 2009:** Institui o Código Municipal de Meio Ambiente de Passo de Torres, e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Passo de Torres, SC. Passo de Torres, 2009. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/codigo-municipal-do-meio-ambiente-passo-de-torres-sc>>. Acesso em: 17 de jun. de 2020.

PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MOTERANI, F. Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de

suinocultura. **Ambiente e Água**, vol 4, nº 3. Taubaté, 2009. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/304/379>>. Acesso em: 15 de jun. de 2020.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Alesc, Governo do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_lei.html>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

SCHLUSAZ, M. **Avaliação da eficiência da estação de tratamento de efluente (ETE – Ronda, Ponta Grossa - PR) através da análise de parâmetros físico-químicos**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, p. 82. 2014.

SHAMMAS, N. K.; WANG, L. K. **Abastecimento de água e remoção de resíduos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2350-2/>>. Acesso em: 02 de jul. de 2020.

SIMONETE, M. A; KIEHL, J. de C; ANDRADE, C. A; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pab/v38n10/18300.pdf>>. Acesso em: 20 de jun. de 2020.

SOUSA, F. J. **Tópicos de saneamento básico: Abastecimento e esgotos**. [S.I.], 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=m7t5DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12 de jun. de 2020.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Eclética Química**, vol. 22. São Paulo, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-46701997000100005&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 13 de jun. de 2020.