



**ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO  
DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE ITAUCU – GOIÁS**

**ISABELA CRISTINA VILAS BOAS**

**Rio Verde, GO  
2019**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO DO MUNICÍPIO DE ITAUCU – GOIÁS**

**ISABELA CRISTINA VILAS BOAS**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr. Bruno Botelho Saleh

Rio Verde – GO  
Dezembro, 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

VV899a Vilas Boas, Isabela  
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO DO MUNICÍPIO DE ITAUCU - GOIÁS / Isabela Vilas  
Boas; orientador Bruno Saleh. -- Rio Verde, 2019.  
42 p.

Monografia ( em Engenharia Ambiental) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Eficiência de remoção. 2. Esgoto sanitário. 3.  
Padrões de lançamento. I. Saleh, Bruno, orient. II.  
Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese                          | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                   | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização   | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação    | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | - Tipo:   |

Nome Completo do Autor: Isabela Cristina Vilas Boas  
Matrícula: 2015102200740571  
Título do Trabalho: Análise da Eficiência da Estação de Tratamento de Esgotos do Município de Itauçu-Goiás

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 19/12/2019

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não  
O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumprir quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 12/12/2019.

  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)



INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE ENSINO  
GERÊNCIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO

## ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO (TC)

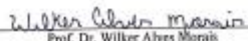
ANO	SEMESTRE
2019	2

No dia 12 do mês de dezembro de 2019 às 09h00min, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes, D.Sc. Bruno Botelho Saleh e Dr. Wilker Alves Morais, e pela Engenheira Ambiental Tayná Ramos de Deus, para examinar o Trabalho de Curso intitulado: Análise da Eficiência da Estação de Tratamento de Esgotos do Município de Itaçu-Goiás, da acadêmica Isabela Cristina Vilas Boas, matrícula nº 2015102200740571 do curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da acadêmica. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

Rio Verde, 12 de dezembro de 2019.

  
Prof. D.Sc. Bruno Botelho Saleh  
(Orientador)

  
Eng.ª Amb. Tayná Ramos de Deus  
(Membro)

  
Prof. Dr. Wilker Alves Morais  
(Membro)

### Observação:

( ) O(a) acadêmico(a) não compareceu à defesa do TC.

*Por isso não tema, pois estou com você;  
não tenha medo, pois sou o seu Deus.  
Eu o fortalecerei e o ajudarei;  
eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa.*  
*Isaías 41:10*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, todo poderoso, agradeço por ter estado comigo ao longo de todo este percurso, me dando força e sabedoria nos momentos difíceis e tornando possível a realização do meu sonho.

Agradeço à minha tia Selma, que sempre me incentivou e nunca mediu esforços para que eu que eu tivesse um bom ensino e conseguisse chegar até aqui; à minha avó Iraci, e também à minha mãe Sandra por acreditarem em meu potencial, e por me ajudarem, mesmo que em meio às dificuldades, a concluir meus estudos. Amo vocês!

Ao meu pai-avô, José Maria, que me criou com muito amor e dedicação, e que contribuiu grandiosamente para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje. Saudades!

Às todas as minhas amadas primas Iraci, Mi, Tê, Mari, Milena e Marília, por todo apoio, em especial à Emilly, por ser a irmã que Deus me deu, e por torcer muito por mim, amo vocês.

Agradeço ao meu namorado Bruno, por toda força que me deu, por me apoiar e por me dar tantos conselhos. Obrigada também Gilmar, Vera, e Rafaela, por todo o incentivo e por me amarem como filha e irmã.

Às minhas amigas de longa data, Gabi e Luria e às amigas que aqui fiz Daniele, Adriele, Maria, Liliana e Ana Flávia, muito obrigada por compartilharem sua amizade comigo, por todo o apoio, força, por torcerem por mim e por todos os momentos especiais que vivemos juntas até aqui.

À minha querida psicóloga Mychelle, por me acompanhar não somente como profissional, mas também como amiga, mudando minhas perspectivas e me incentivando a ser cada vez melhor.

À equipe da Mendonça Ambiental, por todo o conhecimento que estão compartilhando comigo durante o estágio.

Agradeço à Fabiana, Patrícia e Joyce, funcionárias da SANEAGO, por terem colaborado grandiosamente, disponibilizando as informações necessárias à conclusão deste trabalho.

À todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para a execução deste trabalho, em especial ao professor Dr. Bruno Botelho Saleh, por ter aceito me orientar neste estudo, e também aos professores da banca examinadora Prof. Dr. Wilker Alves Morais, Tayná Ramos de Deus e à suplente Luana Martins Lima, por aceitar o meu convite e colaborarem com esse momento importante.

## RESUMO

VILAS BOAS, I. C. **Análise da Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto do Município de Itauçu - Goiás.** 2019. 42 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, GO, 2019.

Em decorrência dos diversos danos ambientais proporcionados pela disposição inadequada de esgotos, foram criadas leis e decretos que procuram dispor sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, fixando valores de concentração de parâmetros a serem obedecidos por qualquer fonte poluidora que lance seus efluentes diretamente em corpos receptores. O município de Itauçu, localizado no Estado de Goiás, é berço da nascente do Rio Meia Ponte, um dos rios mais importantes do Estado, e que também é o corpo receptor do efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do município. Portanto, objetivou-se avaliar a eficiência da estação de tratamento de esgoto do município por meio da análise dos parâmetros DBO, DQO, pH, temperatura e sólidos suspensos, bem como verificar se estes se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação federal através da Resolução CONAMA 430/2011 e Decreto estadual nº. 1.745/1979. De acordo com as análises das médias do período para cada parâmetro, observou-se que houve grande variabilidade entre alguns deles, com exceção dos parâmetros pH e Temperatura. O tratamento se mostrou eficiente, apresentando valores dentro dos limites exigidos pela legislação. Através da análise da relação DQO/DBO, notou-se que houve satisfatória remoção de matéria biodegradável. Quanto à remoção de sólidos suspensos, a estação também apresentou boa eficiência, dentro daquilo que se estima para este tipo de tratamento.

**Palavras-chave:** Eficiência de remoção, Esgoto sanitário, Padrões de lançamento.

## ABSTRACT

VILAS BOAS, I. C. **Analysis of the Efficiency of the Sewage Treatment Station in the Municipality of Itauçu - Goiás.** 2019. 42 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, GO, 2019.

As a result of the various environmental damages caused by the inadequate disposal of sewers, laws and decrees were created that seek to provide for the conditions and standards for the discharge of effluents, setting values for the concentration of parameters to be obeyed by any polluting source that discharges its effluents directly into receiving bodies. The municipality of Itauçu, located in the Goiás State, is the birthplace of the source of the Meia Ponte River, one of the most important rivers in the State, and which is also the receiving body of the effluent from the Municipal Sewage Treatment Station (STS). Therefore, the objective was to evaluate the efficiency of the municipality's sewage treatment plant by analyzing the parameters BOD, COD, pH, temperature and suspended solids, as well as verifying that they are within the standards established by federal legislation through the Resolution CONAMA 430/2011 and State Decree no. 1,745 / 1979. According to the analysis of the averages of the period for each parameter, it was observed that there was great variability between some of them, with the exception of the pH and Temperature parameters. The treatment proved to be efficient, presenting values within the limits required by the legislation. Through the analysis of the COD / BOD ratio, it was noted that there was satisfactory removal of biodegradable matter. As for the removal of suspended solids, the station also showed good efficiency, within what is estimated for this type of treatment.

**Keywords:** Removal efficiency, Sanitary sewage, Release patterns.



**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b> Concentrações de sólidos no esgoto.....	15
<b>Tabela 2:</b> Condições de lançamento de efluente estabelecido pela Resolução nº 430/2011- Conselho Nacional do Meio Ambiente .....	17
<b>Tabela 3:</b> Principais parâmetros e condições de lançamentos de efluentes para o Estado de Goiás.....	18
<b>Tabela 4:</b> Dados locacionais das estações elevatórias de esgotos do Sistema de Esgotamento Sanitário de Itauçu .....	20
<b>Tabela 5:</b> Quantidade de dados coletados no período de 2013 a 2018.....	25
<b>Tabela 6:</b> Análise de Variância e Teste de Tukey da vazão média da ETE de Itauçu-GO. ....	27
<b>Tabela 7:</b> Análise de Variância e Teste de Tukey da DBO da ETE de Itauçu – GO. ....	29
<b>Tabela 8:</b> Análise de Variância e Teste de Tukey da DQO da ETE de Itauçu – GO. ....	30
<b>Tabela 9:</b> Relação DQO/DBO do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos do Município de Itauçu – Goiás. ....	31
<b>Tabela 10:</b> Análise de Variância do pH da ETE de Itauçu – GO. ....	32
<b>Tabela 11:</b> Análise de Variância da Temperatura da ETE de Itauçu – GO.....	33
<b>Tabela 12:</b> Análise de Variância dos Sólidos Suspensos da ETE de Itauçu – GO.....	34

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Interrelações de sólidos encontrados em efluentes.....	14
<b>Figura 2:</b> Mapa de localização do município de Itauçu – Goiás.....	19
<b>Figura 3:</b> Estação Tratamento de Esgoto de Itauçu - GO vista por satélite. ....	21
<b>Figura 4:</b> Esquema geral do Sistema de Esgotamento Sanitário de Itauçu – Goiás.....	22
<b>Figura 5:</b> Fluxograma do sistema da Estação de Tratamento de Esgoto de Itauçu - GO.....	23
<b>Figura 6:</b> Variação da vazão afluyente e efluente da Estação de Tratamento de Esgotos no período de janeiro de 2018 a outubro de 2019.. ....	28

**LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise de Variância
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CV	Coefficiente de Variação
DMS	Diferença Mínima Significativa
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> )
DQO	Demanda Química de Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> )
EEE	Estaao Elevatória de Esgotos
ETE	Estaao de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
NTS	Normas Técnicas da Sabesp
pH	Potencial Hidrogeniônico
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEAGO	Saneamento de Goiás
SB	Sub-bacia
SNIS	Sistema Nacional de Informaaes sobre Saneamento
SD	Sólidos Dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )
SDF	Sólido Dissolvido Fixo (mg L <sup>-1</sup> )
SDV	Sólido Dissolvido Volátil (mg L <sup>-1</sup> )
SF	Sólidos Fixos (mg L <sup>-1</sup> )
SS	Sólido Suspenso (mg L <sup>-1</sup> )
SSF	Sólido Suspenso Fixo (mg L <sup>-1</sup> )
SSV	Sólido Suspenso Volátil (mg L <sup>-1</sup> )
ST	Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )
SV	Sólidos Voláteis (mg L <sup>-1</sup> )

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1	Esgoto Sanitário .....	3
2.2	Quantificação de esgotos .....	4
2.3	Qualidade de esgotos .....	4
2.4	Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) .....	5
2.5	Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) .....	6
2.5.1	Tratamento preliminar .....	7
2.5.2	Tratamento primário.....	7
2.5.3	Tratamento secundário .....	8
2.5.3.1	Lagoas de Estabilização.....	8
2.5.3.1.1	Lagoa Anaeróbia.....	9
2.5.3.1.2	Lagoa Facultativa .....	10
2.5.3.1.3	Lagoa de Maturação .....	10
2.6	Principais Parâmetros .....	11
2.6.1	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	11
2.6.2	Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	12
2.6.3	pH.....	13
2.6.4	Temperatura .....	13
2.6.5	Teor de sólidos .....	14
2.7	Legislação .....	16
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1	Localização e caracterização da Área de Estudo .....	19
3.2	Coleta de Dados .....	24
3.3	Análise Estatística dos Dados .....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	27
4.1	Vazão .....	27
4.2	DBO e DQO.....	28
4.3	pH.....	31
4.4	Temperatura .....	32
4.5	Sólidos Suspensos.....	34
5	CONCLUSÕES.....	36
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

A disposição inadequada do esgoto sanitário pode vir a provocar a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas, além de degradação do corpo hídrico receptor, portanto, os serviços de coleta, direcionamento, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários são essenciais à proteção da saúde pública e do meio ambiente (NUVOLARI, 2003).

Segundo Imhoff & Imhoff (1996), na atualidade existem diversos processos para o tratamento de esgotos domésticos, que podem ser individuais ou combinados. Para a escolha do melhor processo a ser empregado neste tratamento, deve-se levar em consideração, principalmente as características do esgoto bruto à ser tratado e as condições do corpo hídrico receptor, através de estudos de autodepuração e dos limites definidos pela legislação ambiental.

Von Sperling (1996) pontua que alguns dos aspectos mais importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos são a eficiência, confiabilidade, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade, uma vez que cada sistema de tratamento de esgotos deve ser analisado individualmente, adotando-se a melhor alternativa técnica e econômica para a viabilidade da unidade.

De modo geral, são estabelecidos limites para o lançamento de efluentes de acordo com a classe do corpo receptor. Em nível federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio de sua Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011), dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, fixando valores de concentração de parâmetros orgânicos e inorgânicos a serem obedecidos por qualquer fonte poluidora que lance seus efluentes diretamente em corpos receptores.

O Estado de Goiás também possui a regulamentação para lançamento de esgoto em corpos hídricos por meio do decreto estadual nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979, que aprova o regulamento da lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978, que dispões sobre a prevenção e controle de poluição do meio ambiente (GOIÁS, 1979).

O município de Itauçu, situado na região central do Estado de Goiás, é berço da nascente do Rio Meia Ponte, conta com população inferior à nove mil habitantes e sistema de esgotamento sanitário que, até o ano de 2010, contemplava mais de 65% desta população. Visto que o mesmo comporta um dos rios mais importantes do estado, Itauçu conta com Estação de Tratamento de Esgotos composta por tratamento preliminar e secundário buscando

devolver ao curso hídrico um efluente com tratamento de qualidade, que obedeça aos parâmetros estabelecidos pelas legislações vigentes.

Neste sentido, no presente estudo, objetivou-se avaliar a eficiência da estação de tratamento de esgoto do município de Itauçu – Goiás por meio da análise dos parâmetros DBO, DQO, pH, temperatura e sólidos suspensos, bem como verificar se estes se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação federal e decreto estadual.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Esgoto Sanitário

A NBR 9648/86 define esgoto sanitário como sendo um “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária” (ABNT, 1986). Este despejo é composto por cerca de 99,9% de água, já os 0,1% remanescentes são impurezas de natureza orgânica e inorgânica, constituídos por sólidos suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos micro-organismos, patogênicos ou não (VON SPERLING, 1996).

Ainda segundo a NBR 9648/86, estes despejos líquidos podem ser classificados em alguns grupos principais, como:

- *Esgoto doméstico*: resultado da utilização da água para higiene e suprimento de necessidades fisiológicas humanas. São provenientes principalmente de residências, edificações comerciais, instituições ou qualquer edificação que contenha instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas, ou outros mecanismos que utilizem água para fins domésticos (JORDÃO E PESSÔA, 2009). De acordo com Von Sperling (1996), neste caso, a taxa de retorno é de 80% da vazão de água distribuída para consumo;

- *Esgoto industrial*: proveniente de processos industriais, devendo respeitar os padrões de lançamento estabelecidos. Este tipo de efluente pode possuir características diversas, que variam de acordo com o do ramo de atividade das indústrias que o produzem (VON SPERLING, 1996);

- *Água de infiltração*: toda e qualquer água decorrente do subsolo, sendo a mesma indesejável ao sistema separador, que consegue adentrar nas canalizações de esgoto. Segundo Von Sperling (1996), estas águas penetram na rede coletora de esgoto por diversas maneiras, como através de juntas defeituosas nas tubulações, também por estruturas dos poços de visita, terminais de limpeza, estações elevatórias, etc. Porém, a taxa de infiltração pode variar dependendo das juntas das tubulações e também do tipo de elemento de inspeção, disposição do lençol freático e tipo de solo. Os valores médios da taxa da infiltração ficam estabelecidos em torno de 0,3 a 0,5 L/s.Km;

- *Contribuição pluvial parasitária*: parte da água proveniente do escoamento superficial que inevitavelmente penetra na rede de esgoto sanitário. Segundo Araújo (2003), as águas pluviais parasitárias chegam até o sistema coletor de esgoto através de ligações abandonadas, junções de canalizações pluviais prediais à rede de esgoto, interligações de galerias de águas pluviais à rede de esgoto, tampas de poços de visita e outras aberturas do sistema.

## 2.2 Quantificação de esgotos

Segundo a CETESB (1988) a quantidade de esgotos produzida por uma cidade depende do volume de água consumido. Conforme citado anteriormente, o esgoto doméstico equivale a 80% (coeficiente de retorno) da água distribuída para o abastecimento público, que não é efetivamente consumida e retorna como esgoto.

De acordo com Von Sperling (2005), o consumo de água e a conseqüente geração de esgoto em determinado local variam ao longo do dia, a qual chamamos de variações horárias, ao longo da semana, as variações diárias, e ao longo do ano, as variações sazonais.

A quantificação de esgotos é baseada na vazão, que abrange a quantidade de esgoto produzido por uma cidade e também as águas que de alguma maneira infiltram em diferentes partes da extensão da rede coletora, durante certo intervalo de tempo. (LEME, 2010).

Segundo Hanai e Campos (1997), pelo fato de o escoamento em sistemas coletores de esgoto acontecer por meio da gravidade, a água de infiltração também precisa ser considerada no cálculo da vazão afluente a estação de tratamento de esgotos.

## 2.3 Qualidade de esgotos

Os esgotos domésticos possuem características conhecidas, as quais variam suas concentrações de carga orgânica e a presença ou não de substâncias químicas em função dos usos da água. Tais usos variam de acordo com o clima do local, situação social e econômica e os hábitos da população. (SCOTTÁ, 2015).

É comprovado, por meio de estudos, que a composição dos esgotos domésticos é razoavelmente constante: contendo aproximadamente 99,9% de água, e o restante são impurezas, que podem ser de natureza física, química e biológica. E é justamente esta pequena fração de 0,1% que justifica a necessidade de se tratar os esgotos (CETESB, 1988). Segundo Oliveira (2004), dentro desta percentagem de 0,1% dos sólidos presentes nos esgotos domésticos, podemos classificar dois grupos: os sólidos orgânicos que representam 70% deste material e sólidos inorgânicos que representam os 30% restantes.

Devido à problemáticas na realização de vários testes em laboratório e os resultados não serem imediatamente utilizáveis, se referindo a projeto e operação, é preferível a utilização de parâmetros indiretos de qualidade do esgoto, que são divididos em: parâmetros físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 2005).

Segundo a CETESB (2018), pode-se chamar de impurezas físicas aquelas substâncias cuja presença altera as características da água, independentemente de sua natureza química ou



biológica. Podemos citar como exemplo as partículas insolúveis e/ou sólidas que alteram a cristalinidade da água e formam o lodo no processo de decantação.

Já as impurezas químicas, são compostas por substâncias orgânicas e minerais solúveis. Sabe-se que a parcela orgânica de esgoto é representada pelas proteínas, gorduras, hidratos de carbono, fenóis e por uma série de substâncias artificiais, elaboradas pelo homem, como detergentes e defensivos agrícolas. Os nutrientes (nitrogênio e fósforo), enxofre, metais pesados e compostos tóxicos são as substâncias minerais mais importantes (CETESB, 2018).

Ainda conforme a CETESB (2018), as impurezas biológicas são representadas pelos seres vivos dispensados juntamente com os dejetos humanos, como as bactérias, vírus, vermes e protozoários. Uma parte destes organismos habita normalmente o intestino humano, sem causar danos à saúde, porém os chamados organismos patogênicos podem causar doenças, sendo também utilizados como indicadores de poluição.

#### **2.4 Sistema de Esgotamento Sanitário (SES)**

De acordo com Von Sperling (2005) e Nuvolari (2011), a necessidade da implantação de um sistema de esgotamento sanitário em uma cidade é baseada em quatro aspectos considerados fundamentais, os aspectos higiênico, social, econômico e ambiental:

- *higiênico*: com o objetivo de prevenir o controle e a extermínio das muitas doenças de veiculação hídrica, causadoras de mortalidade precoce, principalmente a mortalidade infantil;

- *social*: visando a melhoria da qualidade de vida da população, assim como a recuperação dos corpos hídricos e de suas margens buscando seus usos para prática recreativa, esportes e lazer;

- *econômico*: buscando o aumento da produtividade geral, além da preservação dos recursos hídricos e das terras marginais a jusante, considerando todos os usos econômicos da água: abastecimento, irrigação, geração de energia, navegação, dessedentação de animais, esporte, lazer, etc.

- *ambiental*: visando a preservação dos mananciais, da fauna e flora, terrestre ou aquática, e do solo, evitando a poluição e degradação ambiental.

Dias e Rosso (2012) definem o sistema de esgotamento sanitário como sendo “a integração dos componentes responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários”. Já Tsutiya e Sobrinho (2011) dividem o mesmo sistema em: rede coletora, órgãos acessórios, interceptor, emissário, sifão invertido, estação elevatória, estação de tratamento e corpo de água receptor.

Os sistemas de esgotamentos sanitários urbanos podem ter três formas distintas (TSUTIYA & SOBRINHO, 2011):

- Sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado: os esgotos domésticos e industriais, águas de infiltração e águas pluviais são transportados pelo mesmo sistema (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011). Segundo Von Sperling (2005), neste sistema existe o inconveniente de que, em momentos de maior pluviosidade, podem ocorrer refluxos de esgotos para as residências e, no caso de condução para uma ETE, pode haver um derramamento no sistema, pois estes não são dimensionados para tratar a vazão excessiva.

- Sistema de esgotamento separador parcial: neste, uma fração das águas de chuva, advindas de telhados e pátios de residências e prédios, são encaminhadas em conjunto com os esgotos e águas de infiltração do subsolo para um único sistema de coleta e transporte de esgotos (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011).

- Sistema de esgotamento separador absoluto: “conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar, somente o esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro” (NBR 9.648/86). Neste tipo de sistema, o esgoto sanitário é direcionado em um sistema independente, denominado sistema de esgoto sanitário, já as águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial também independente.

## **2.5 Estação de Tratamento de Esgotos (ETE)**

As questões de maior importância na escolha de um sistema de tratamento de esgotos são a confiabilidade, eficiência, impactos ambientais requisitos de área, disposição do lodo, custos de operação e implantação, sustentabilidade e simplicidade. Durante esta escolha é necessário que cada sistema seja analisado individualmente, adotando-se a alternativa mais viável técnica e economicamente (VON SPERLING, 1996).

Oliveira (2004) cita que, através do princípio da autodepuração natural, inúmeras técnicas surgiram no sentido de aperfeiçoar o processo de tratamento de efluentes, uma vez que várias formas de tratamento empregam a ação de microrganismos para a remoção de matéria orgânica presente nos esgotos. Esta técnica se tornou conhecida como tratamento biológico. De acordo com Campos (1994), no caso das ETEs, o objetivo é aperfeiçoar esse processo, reduzindo custos e ampliando a eficiência de remoção, em menor tempo e espaço.

Para La Rovere (2002), a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) se trata de uma estrutura planejada com o objetivo de tratar o esgoto, através de processos físicos, químicos e/ou biológicos em uma área determinada. Nesta área, o homem simula e intensifica os

estados de autodepuração que ocorrem na natureza, de forma que possa devolver ao meio ambiente um efluente tratado capaz de atender aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação para o lançamento de efluentes em corpos hídricos.

Já a NBR 12.209, que regulamenta e fixa as condições exigíveis para a elaboração do projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgoto (ETE), apresenta a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) como sendo o “conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento” (ABNT, 1992). Esta ETE pode ser constituída por diversas unidades e por diferentes processos de tratamento, e a extração dos poluentes no tratamento do efluente está habitualmente dividida em etapas, chamadas de tratamentos preliminar, primário, secundário e terciário (VON SPERLING, 1996).

### **2.5.1 Tratamento preliminar**

O tratamento preliminar ocorre através de mecanismos físicos, visando apenas a remoção de sólidos grosseiros, tais como areia, papéis, gorduras, papéis, plásticos, cabelos, e outros resíduos que seguem pelas tubulações devido ao uso incorreto do vaso sanitário e redes coletoras de esgoto, com a finalidade de evitar danificações nos equipamentos e etapas subsequentes (VON SPERLING, 1996).

Segundo Mackenzie (2010), este tipo de tratamento se encontra à montante da estação de tratamento de esgoto e neste estão incluídas as grades (grossas e finas), peneiras e caixas de areia (ou desarenadores). Geralmente, além das unidades de remoção dos sólidos grosseiros, há também a presença da *Calha Parshall* para a conferência da vazão de entrada do sistema.

### **2.5.2 Tratamento primário**

Este tratamento é composto, predominantemente, por mecanismos físicos que visam a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica (DBO em suspensão) presente no efluente (VON SPERLING, 1996).

Segundo NUCASE (2008), geralmente são empregados decantadores nos quais os esgotos fluem lentamente, permitindo que os sólidos em suspensão, por possuírem densidade maior que a do efluente, sedimente-se gradualmente no fundo e após este processo, são retirados do fundo do equipamento através de raspadores mecanizados, tubulações e/ou bombas. Já os óleos e graxas, por possuírem densidade menor que do efluente, elevam-se para a superfície, onde geralmente são coletados e removidos para posterior tratamento.

### **2.5.3 Tratamento secundário**

O tratamento secundário tem como principal objetivo a remoção de matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel ou filtrada) e em suspensão (DBO suspensa ou particulada) e também de nutrientes (nitrogênio e fósforo), por meio de maquinários biológicos. São conhecidos diversos métodos de tratamento secundário, como por exemplo, lagoas de estabilização, reatores anaeróbios e aeróbios, lodos ativados e outros; (VON SPERLING, 1996).

Ainda segundo Von Sperling (1996), estes processos realizados no tratamento secundário reproduzem o fenômeno natural de autodepuração dos corpos hídricos, processo natural que ocorre nos corpos hídricos após estes receberem os efluentes, através do qual a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes por mecanismos naturais.

Neste tratamento são reproduzidos os processos naturais de estabilização da matéria orgânica para remoção biológica de poluentes, consistindo na transformação da matéria orgânica mais complexa em compostos mais simples através da ação de microrganismos presentes no lodo que utilizam esta matéria como fonte de energia para o seu crescimento e subsistência de suas necessidades energéticas. Os principais microrganismos envolvidos no tratamento secundário são as bactérias, protozoários, fungos, e bactérias sendo as últimas as mais importantes na estabilização da matéria orgânica presente no efluente (VON SPERLING, 1996).

Esse sistema pode ser realizado em ambientes anaeróbios, quando a biodigestão da matéria orgânica carbonácea ocorre na inexistência de oxigênio, ou em ambientes aeróbios onde exista a presença de oxigênio (ALBORNOZ, 2015). Em processos aeróbios, a estabilização do efluente é realizada através da ação de microrganismos aeróbios e facultativos, já nos processos anaeróbios os microrganismos que realizam a estabilização são os facultativos e anaeróbios (AMORIM, 2014).

#### **2.5.3.1 Lagoas de Estabilização**

Consideradas como uma das técnicas mais simples de tratamento de esgotos, as lagoas de tratamento são mais comumente empregadas nas regiões quentes do Brasil. Estas utilizam como fonte de energia a radiação solar, para a estabilização da matéria orgânica, sendo assim, a temperatura é um fator importante para implantação deste sistema. O tratamento por meio das lagoas é constituído exclusivamente por processos naturais através de três zonas: anaeróbia, aeróbia e facultativa (NASCIMENTO; FERREIRA, 2007).

De acordo com Von Sperling (1996) a utilização deste tipo sistema trata-se de uma forma simples de tratamento de esgoto, baseada basicamente em movimento de terra de escavação e preparação de taludes. Além de ter como objetivo principal a remoção da matéria rica em carbono, nas lagoas também pode ocorrer o controle de organismos patogênicos, em alguns casos.

Ao longo do percurso do efluente por estas lagoas, que demora vários dias, uma série de fenômenos contribui para a purificação do mesmo, sendo esses de maneira anaeróbia ou aeróbia, conforme citado anteriormente. As lagoas de estabilização podem ser classificadas com base na maneira em que a matéria orgânica é estabilizada, podendo ser classificadas como: anaeróbias, facultativas ou maturação/polimento (VON SPERLING, 1996).

#### **2.5.3.1.1 Lagoa Anaeróbia**

Segundo Von Sperling (2002), nesta lagoa é de fundamental importância a existência de condições unicamente anaeróbias, possibilitadas pelo lançamento de uma carga alta de DBO por unidade de volume destas lagoas, proporcionando que a taxa de consumo de oxigênio seja muitas vezes superior à taxa de produção.

A lagoa anaeróbia objetivam principalmente a remoção da DBO, atuando com eficiência de remoção na faixa entre 50% e 70% (VON SPERLING, 2002), e também a remoção de sólidos em suspensão, com eficiência média de 70% (ESPAÑA, 1991). Segundo Campos et al. (1999), esta opção de tratamento possui eficiência restrita, conforme apresentado, dependendo geralmente de pós-tratamentos para complementar a redução da matéria orgânica.

Geralmente, a profundidade da lagoa anaeróbia é compreendida entre 3 e 5 metros, e o tempo de detenção hidráulico deve ser de no mínimo 3 dias (CAMPOS et al., 1999). A profundidade é um fator muito importante para garantir a anaerobiose, reduzindo a possibilidade da penetração do oxigênio produzido na superfície para as demais camadas.

Segundo Von Sperling (2002), os sólidos que se sedimentam no fundo da lagoa, são posteriormente digeridos por bactérias anaeróbias, já a redução da DBO depende da formação de ácidos produzidos pela ação de microorganismos acidogênicos, que em seguida, são convertidos em metano, gás carbônico e água pelos microorganismos metanogênicos. Neste tipo de lagoas, a redução de coliformes é insignificante, se comparada à capacidade de redução das lagoas facultativas e de maturação.

Oliveira (2004) especifica que, para a construção dessas lagoas, é necessário seguir recomendações, relacionadas à distância de centros urbanos, uma vez que existe a

preocupação da geração de mau odor por parte das mesmas. Para tanto, a distância de pelo menos 500 metros deve ser atendida para não haver esse risco. Além dos maus odores, por ser uma unidade aberta, haverá o desprendimento de metano e gás carbônico para a atmosfera, uma vez que não se utiliza sistemas de captação destes gases.

Ainda segundo a autora, essas lagoas são usadas amplamente para tratamento de esgoto como passo preliminar em séries de lagoas de estabilização. As lagoas facultativas são muito utilizadas para esse pós-tratamento, cujo conjunto é denominado “sistema australiano” (TARDIVO, 2009).

#### **2.5.3.1.2 Lagoa Facultativa**

A função das lagoas facultativas é a remoção de DBO, tendo eficiência de remoção na faixa entre 75% e 80% (VON SPERLING, 1986). Estas lagoas necessitam de uma área menor caso haja um pré-tratamento, como uma lagoa anaeróbia.

Segundo Von Sperling (2002), esta lagoa possui profundidade na faixa entre 1,5 a 3,0 m, e como a estabilização da matéria orgânica ocorre mais lentamente, implicando a necessidade de um elevado tempo de detenção hidráulico, que pode variar de 15 a 45 dias. Nela, a DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.

O processo de estabilização da matéria orgânica ocorre em três zonas distintas: nas zonas aeróbia, facultativa e anaeróbia. A presença de oxigênio nessas lagoas é suprida pelas algas, que produzem, por meio da fotossíntese, oxigênio durante o dia e o consomem durante a noite. Nestas lagoas ocorrem, de maneira simultânea, processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética. Na zona fótica, parte superior, a matéria orgânica dissolvida é oxidada pela respiração aeróbia, enquanto na afótica, zona inferior, a matéria orgânica sedimentada é convertida em gás carbônico, água e metano (OLIVEIRA, 1990).

#### **2.5.3.1.3 Lagoa de Maturação**

Segundo Von Sperling (2002), o objetivo das lagoas de maturação é a remoção de patógenos e também de nutrientes, tendo como objetivo principal a desinfecção do efluente das lagoas de estabilização. Estas são mais rasas, permitindo que os raios ultravioletas consigam agir sobre os microorganismos presentes em toda a coluna d'água. As principais condições que influenciam o processo de remoção das bactérias, vírus e outros microorganismos presentes na massa líquida que adentra nestas lagoas são: profundidades

menores, alta capacidade de penetração de radiação solar, pH elevado e alta concentração de oxigênio dissolvido.

Como exposto anteriormente, nestas lagoas predominam condições ambientais hostis para as bactérias patogênicas, como radiação ultravioleta, elevado pH, elevado OD, temperaturas mais baixas que o corpo humano, falta de nutrientes e predação por outros organismos (WHO, 1987). Ovos de helmintos e cistos de protozoários tendem a sedimentar no fundo das mesmas.

Estas lagoas são utilizadas como pós-tratamento de processos que atuam na remoção da DBO, sendo mais comumente projetadas como uma série de lagoas, ou como uma lagoa única com divisões por chicanas. A eficiência na remoção de coliforme é elevada, podendo atingir 99,99%, para uma série de mais de 3 lagoas, segundo a afirmação de Von Sperling (1986).

Ao final do tratamento secundário, o efluente tratado apresenta nível de poluição por matéria orgânica bastante reduzido, o que proporciona, na maioria dos casos, que estes possam ser lançados em um corpo hídrico receptor (NEVES, 1974).

## **2.6 Principais Parâmetros**

### **2.6.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio, também conhecida como BOD (Biochemical Oxygen Demand), sendo um dos parâmetros mais utilizados no que se refere ao tratamento de esgotos. Este refere-se à quantidade de oxigênio requerida pelos microrganismos, predominantemente bactérias aeróbias, para estabilizar a matéria orgânica biodegradável presente na água ou no esgoto até compostos estáveis inorgânicos, entre eles: água, gás carbônico, fosfatos, sulfatos, amônia nitratos (CETESB, S/ D).

Este parâmetro é utilizado para indicar o grau de poluição de um esgoto, uma vez que, segundo Nuvolari (2003), quanto maior o grau de DBO, maior a concentração de poluentes biodegradáveis. Este índice de concentração de matéria orgânica por uma unidade de volume de água residuária tem sua medição padronizada através do “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, que adota tempo de 5 dias e uma temperatura padrão de 20°C (JORDÃO E PESSOA, 1995). De acordo com Silva (2004), a DBO<sub>5</sub> não representa a demanda total de oxigênio, uma vez que esta demanda total ocorre em período maior de tempo.

A demanda bioquímica de oxigênio ocorre em dois estágios, o primeiro se dá com a oxidação da matéria carbonácea e, posteriormente, o processo de nitrificação. A DBO<sub>5</sub> dias

trabalha na faixa carbonácea, sendo a temperatura um fator de grande relevância na determinação da limitação de cada estágio, uma vez que quanto maior a temperatura, menor a duração dos mesmos (JORDÃO, PESSÔA, 1995).

Os valores de DBO podem variar no esgoto doméstico bruto, Jordão e Pessôa (1995) e Macintyre (1996), citam que este valor é compreendido entre 100 e 300 mg L<sup>-1</sup>, enquanto Von Sperling (1996), especifica que a DBO média de um esgoto doméstico é de 300 mg L<sup>-1</sup> e que a contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo é de 54 g/hab.dia de DBO.

Segundo Giordano (2004), é de suma importância a degradação da matéria orgânica, antes que a mesma chegue aos corpos hídricos receptores, uma vez que, como citado anteriormente, o processo de degradação da mesma consome o oxigênio dissolvido o que ocasiona redução da qualidade da água do corpo hídrico.

### **2.6.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

A DQO (Demanda Química de Oxigênio), também conhecida como COD (*Chemical Oxygen Demand*), indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica biodegradável e não biodegradável de uma determinada amostra (VON SPERLING, 2005).

Se comparado à DBO, este parâmetro possui, em termos analíticos, grandes vantagens uma vez que o tempo de obtenção de resultados é muito menor se comparado ao primeiro parâmetro apresentado. Alguns equipamentos são capazes de realizar esta determinação em aproximadamente 2 minutos, já o método do dicromato leva cerca de 2 horas para determinar o resultado (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

Porém, segundo Von Sperling (2005), uma das limitações do teste de DQO, é a superestimação dos valores de oxigênio consumido no tratamento biológico, uma vez que neste teste são oxidadas tanto fração biodegradável quanto a fração inerte, fazendo com que o valor de DQO seja sempre maior que o de DBO. Os valores de DQO nos esgotos domésticos variam em torno de 200 e 800 mg L<sup>-1</sup>, conservando-se entre 1,7 e 2,5 vezes o valor da DBO (JORDÃO e PESSOA, 2014).

Ainda segundo Von Sperling (2005), para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO varia em torno de 1,7 a 2,4. Assim, a medida que o esgoto passa pelas unidades de tratamento, a relação aumenta de maneira que, quanto maior a eficiência do tratamento, maior será essa relação, pois a matéria biodegradável vai sendo degradada enquanto a fração inerte permanece praticamente estável (JORDÃO e PESSOA, 2014).

Através da relação DQO/DBO é possível indicar a biodegradabilidade do esgoto, e também permite que seja possível estipular o melhor método de tratamento a ser empregado,



sendo que, quando esta relação for baixa (variando entre 1,5 e 2,5), a fração biodegradável é alta indicando tratamento biológico, na faixa entre 2,5 e 3,5 indicam que o esgoto não possui alta biodegradabilidade, devendo ser realizados estudos de tratabilidade com o objetivo de avaliar a viabilidade do tratamento biológico, já nos casos em que esta relação for elevada (entre 3,5 e 5,0) a fração inerte é alta, indicando a utilização de tratamento físico-químico (VON SPERLING 2005).

### **2.6.3 pH**

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução. Essa escala compreende valores entre 0 e 14, onde 7 é o valor neutro, 0 valor de acidez máxima e 14 alcalinidade máxima (MOTA, 2003). Segundo Jordão e Pessoa (2014), o pH do esgoto varia normalmente de 6,5 a 7,5.

Este é um parâmetro importante no controle das estações de tratamento, sobretudo nos processos anaeróbios e oxidativos, uma vez que o mesmo influencia a velocidade do processo de nitrificação que é praticamente inibida com pHs inferiores à 5,0 (SANT'ANNA JR., 2010). Os valores mais neutros geram um ambiente mais favorável à biota microbiana, que é responsável pelo tratamento biológico, contribuindo para a formação de um ecossistema mais heterogêneo e maior estabilidade no tratamento do efluente (CETESB, S/ D).

O processo de medição deste parâmetro é realizado de forma simples, através de um pHmetro pré-calibrado, o eletrodo é colocado em um béquer contendo uma amostra do efluente, e após a estabilização é realizada a leitura do pH deste material (REMÉDIO; ZANIN; TEIXEIRA, 1999).

### **2.6.4 Temperatura**

A temperatura é um parâmetro que influencia todos os processos: físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos efluentes e corpos receptores, uma vez que, ao passo que a temperatura aumenta a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização, calor latente de vaporização e solubilidade dos gases diminuem (VON SPERLING, 2005).

Jordão e Pessoa (1995) afirmam que a velocidade de degradação do esgoto aumenta conforme a temperatura, sendo a faixa ideal para atividade biológica compreendida entre 25 e 35°C. Em temperaturas abaixo de 15°C praticamente não ocorre atividade das bactérias formadoras de metano, inibindo a digestão anaeróbia.

A temperatura de esgotos domésticos é superior à das águas de abastecimento, e os valores podem variar conforme as estações do ano. A temperatura deste efluente é

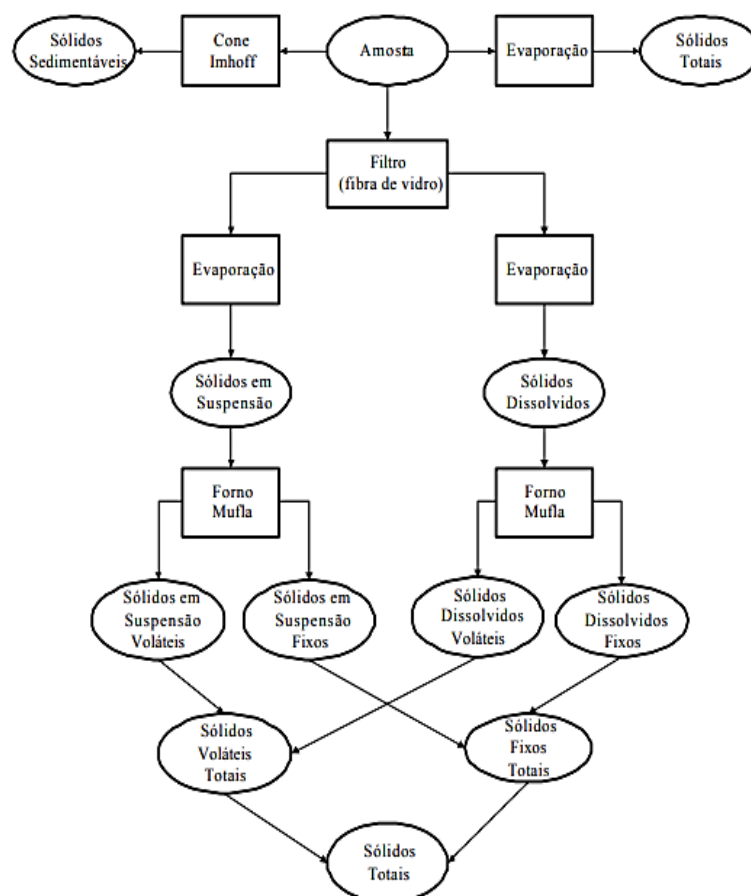
normalmente maior que a temperatura do ar, com exceção nos meses mais quentes do ano (METCALF e EDDY, 2003).

### 2.6.5 Teor de sólidos

O teor de sólidos é a característica física dos efluentes de maior importância, uma vez que, com exceção dos gases, todos os demais poluentes contribuem para a carga de sólidos na água. Estes podem ser de origem orgânica e inorgânica e vão desde pequenas partículas até os coloides (VON SPERLING, 2005).

Ainda segundo o autor, a quantidade total de sólidos (Sólidos Totais - ST) é um dos parâmetros de grande utilização em sistemas de esgotos. Seu módulo é o somatório de todos os sólidos dissolvidos e dos não dissolvidos em um líquido. A sua determinação é normatizada, e consiste na determinação da matéria que permanece como resíduo após sofrer uma evaporação a 103 °C.

A Figura 1, a seguir apresenta a relação entre os sólidos encontrados no efluente, segundo Metcalf & Eddy (1991):



**Figura 1:** Interrelações de sólidos encontrados em efluentes.  
Fonte: Metcalf & Eddy (1991).

A Norma Técnica Interna da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) NTS 013, de 1999, subdivide os sólidos totais e os define como sendo:

- Sólidos Totais: são todas aquelas substâncias que permaneçam na cápsula após a total secagem de um determinado volume de amostra;
- Sólidos Fixos: são substâncias que permaneçam na cápsula após calcinação em forno-mufla no processo de determinação dos sólidos totais;
- Sólidos Voláteis: consequências da diferença entre os sólidos totais e os sólidos fixos. São todas aquelas substâncias que se volatilizaram após a calcinação no forno-mufla.
- Sólidos em Suspensão: substâncias que, após filtração e secagem, permaneçam retidas na membrana (fibra de vidro com porosidade 1,2  $\mu\text{m}$ );
- Sólidos em Suspensão Fixos: substâncias que permaneçam aprisionadas na membrana (fibra de vidro com porosidade 1,2  $\mu\text{m}$ ) após filtração, secagem e calcinação em forno-mufla;
- Sólidos em Suspensão Voláteis: são consequências da diferença entre os sólidos em suspensão totais e os sólidos em suspensão fixos. São todas as substâncias que se volatilizaram após a calcinação no forno-mufla;
- Sólidos Dissolvidos: substâncias que não são retidas na filtração e permaneceram após total secagem de determinado volume de amostra;
- Sólidos Sedimentáveis: todas as substâncias presentes em um litro de amostra, que sedimentem pôr ação da gravidade, em cone.

A Tabela 1 apresenta a classificação típica dos sólidos citados acima, presentes no esgoto bruto, levando em consideração as faixas de concentrações nas quais os mesmos são encontrados.

**Tabela 1:** Concentrações de sólidos no esgoto bruto.

Parâmetro	Faixa de Concentração ( $\text{mg L}^{-1}$ )
ST	700 – 1350
SS	200 – 450
SSV	165 – 350
SSF	40 – 100
SD	500 – 900
SDV	200 – 350
SDF	300 – 550
Sólidos Sedimentáveis	10 – 20

ST- Sólidos Totais; SS- Sólidos Suspensos; SSV-Sólidos Suspensos Voláteis; SSF- Sólidos Suspensos Fixos; SD- Sólidos Dissolvidos; SDV- Sólidos Dissolvidos Voláteis; SDF-Sólidos Dissolvidos Fixos. Fonte: Adaptado Von Sperling, 2005.

## 2.7 Legislação

A legislação ambiental brasileira vigente estabelece normas e padrões para o lançamento de efluentes nos corpos hídricos através de leis, decretos e resoluções de âmbito nacional, estadual ou municipal.

O Código de Águas (Decreto n 24.643, de 10/07/1934) foi a primeira lei brasileira que se tratava da manutenção da qualidade da água, sendo que até a década de 1970 havia um enorme vazio de cunho institucional e legal no país em relação à gestão da água. Já em 1981, foi aprovada a Lei 6.938/81, que criou a Política Nacional do Meio Ambiente, e instituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), órgão que estabelece as diretrizes e normas aplicáveis à execução da política ambiental brasileira.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2009), os corpos d'água brasileiros são classificados pelas legislações federais e estaduais, em função dos seus usos preponderantes. Estas classificações estabelecem, para cada classe de água, os padrões de qualidade a serem obedecidos, visando “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes” (Art. 9º da Lei 9.433/1997).

Esta classificação ocorre em cinco classes, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de qualidade, bem como os padrões de lançamento de efluentes. Para cada classe, são estabelecidas as características e concentrações limites de poluentes, as quais retratam as condições de qualidade das águas para cada uso específico (BRASIL, 2005).

A classificação se dá com base em estudos de capacidade de autodepuração de um corpo hídrico. Para elaboração deste estudo é necessária a definição da vazão crítica e também dos parâmetros de qualidade do corpo receptor, que dependem de séries históricas e do levantamento das outorgas existentes ao longo do trecho analisado. Porém, no Brasil, existem poucas estações de amostragem nos cursos de água capazes de subsidiar os estudos de autodepuração e favorecer o enquadramento dos corpos hídricos (MMA, 2009).

É justamente a falta de enquadramento de grande parte dos corpos receptores de efluentes um dos maiores entraves no processo de Licenciamento Ambiental de Estações de Tratamento de Esgoto no Brasil. Não havendo o devido enquadramento, baseado no estudo de

autodepuração, como no caso da maioria dos Estados, é adota a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 como meta de qualidade para os corpos de água.

Em geral, são estabelecidos limites para o lançamento de efluentes de acordo com a classe do corpo receptor. Para que isto ocorra, são considerados alguns parâmetros e os respectivos limites que necessitam ser atendidos pelos efluentes lançados de forma direta ou indireta nos corpos d'água (OLIVEIRA, 2006). Em nível federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio de sua Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 (Brasil, 2011), dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, fixando valores de concentração de parâmetros orgânicos e inorgânicos a serem obedecidos por qualquer fonte poluidora que lance seus efluentes diretamente em corpos receptores, complementando e alterando a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os principais parâmetros e suas respectivas condições de lançamento em corpos hídricos de classe 2 estão descritos na Tabela 2, a seguir, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

**Tabela 2:** Condições de lançamento de efluente estabelecido pela Resolução nº 430/2011- Conselho Nacional do Meio Ambiente

PARÂMETRO	CONDIÇÃO
DBO <sub>5</sub>	Limite máximo de 120 mg L <sup>-1</sup> Remoção mínima de 60%
pH	5 à 9
Temperatura	< 40°C

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 430/2011.

Alguns órgãos ambientais de âmbito estaduais e municipais elaboraram legislações próprias sobre o lançamento de efluentes em corpos hídricos, tendo como base os padrões estabelecidos pela legislação federal e, eventualmente, firmando padrões mais limitantes, como no caso do Estado de Goiás, que também possui a regulamentação para lançamento de esgoto em corpos hídricos por meio do decreto estadual nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979 (SUPERINTENDÊNCIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE GOIÁS), que "aprova o Regulamento da Lei nº8544, de 17 de outubro de 1978, e que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente." (GOIÁS, 1979). Através deste decreto, fica estipulado que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedecem às condições especificadas na Tabela 3.

Segundo Von Sperling (1988), a estratégia de definir o tipo e a concentração dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos também objetiva facilitar os processos de fiscalização dos poluidores e também a detecção e a penalização dos responsáveis pela degradação do corpo receptor.

**Tabela 3:** Principais parâmetros e condições de lançamentos de efluentes para o Estado de Goiás.

PARÂMETRO	CONDIÇÃO
DBO <sub>5</sub>	Limite máximo de 60 mg L <sup>-1</sup>
	Remoção mínima de 80%
pH	5 à 9
Temperatura	< 40°C

Fonte: Adaptado decreto nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979.

Como existe divergência entre os valores estabelecidos pela CONAMA nº430/2011 e o Decreto Estadual nº 1.745/1979, é importante que, em caso de municípios goianos, o efluente a ser lançado esteja dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente no Estado de Goiás.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da Área de Estudo

O município de Itauçu – Goiás (Figura 2) está localizado na mesorregião do Centro Goiano e se encontra a 70,2 km de Goiânia, capital do Estado. A população registrada no último censo, realizado no ano de 2010, era de 8.575 habitantes, hoje estima-se que a cidade possua população de 8.938 habitantes (IBGE, 2019).



**Figura 2:** Mapa de localização do município de Itauçu – Goiás.

Fonte: Adaptado. Prefeitura de Itauçu.

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município, objeto deste estudo, é operada pela Companhia Saneamento de Goiás S/A – SANEAGO, possuindo duas estações elevatórias na zona urbana e lagoas de estabilização localizadas na zona rural do município.

A ETE possui uma área total de 19,6 hectares, com o início das obras de construção em 1992 e término em 1997, porém as construções das estações elevatórias só foram concluídas em 2006, quando finalmente todo o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do município iniciou as suas atividades.

São 2.654 ligações de esgoto, coletado através de sistema de esgotamento separador absoluto, que possui rede coletora com 27,6 Km de extensão e, que conforme a NBR 9.648/86 realiza a coleta, transporte, condicionamento, encaminhamento e disposição final, somente do esgoto sanitário, de modo contínuo e higienicamente seguro.

O dimensionamento deste sistema foi realizado com vazão máxima de 31 L/s e hoje, funciona com vazão média de 18 L/s, atendendo cerca de 5.842 habitantes (SNIS, 2017). O

efluente tratado é lançado no Rio Meia Ponte, cujo ponto mais próximo está localizado a aproximadamente 1.152,19 metros da estação.

O sistema de esgotamento sanitário do município de Itauçu tem sua divisão baseada, principalmente em duas bacias afluentes ao Rio Meia Ponte, as quais foram divididas em seis sub-bacias. Para realizar o atendimento da área urbana do município, o plano de escoamento determinou a instalação de duas Estações Elevatórias de Esgotos (EEEs) em pontos estratégicos, facilitando o direcionamento do efluente.

A Estação Elevatória de Esgoto 01 (EEE 01) é uma elevatória secundária, responsável por receber toda a contribuição de esgotos da Vila Mutirão, juntamente com a contribuição de parte da região central do município, e fazer o recalque desses esgotos até a EEE Final, conforme apresentado na Tabela 4.

A Estação Elevatória de Esgoto Final (EEE Final) está localizada em níveis de relevo mais baixos que a estação anterior. Esta estação recebe a contribuição de esgotos de todos os bairros da cidade, inclusive da EEE 01, e é responsável por realizar o recalque direto para a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), onde ocorre o posterior tratamento secundário através das lagoas de estabilização.

**Tabela 4:** Dados locacionais das estações elevatórias de esgotos do Sistema de Esgotamento Sanitário de Itauçu.

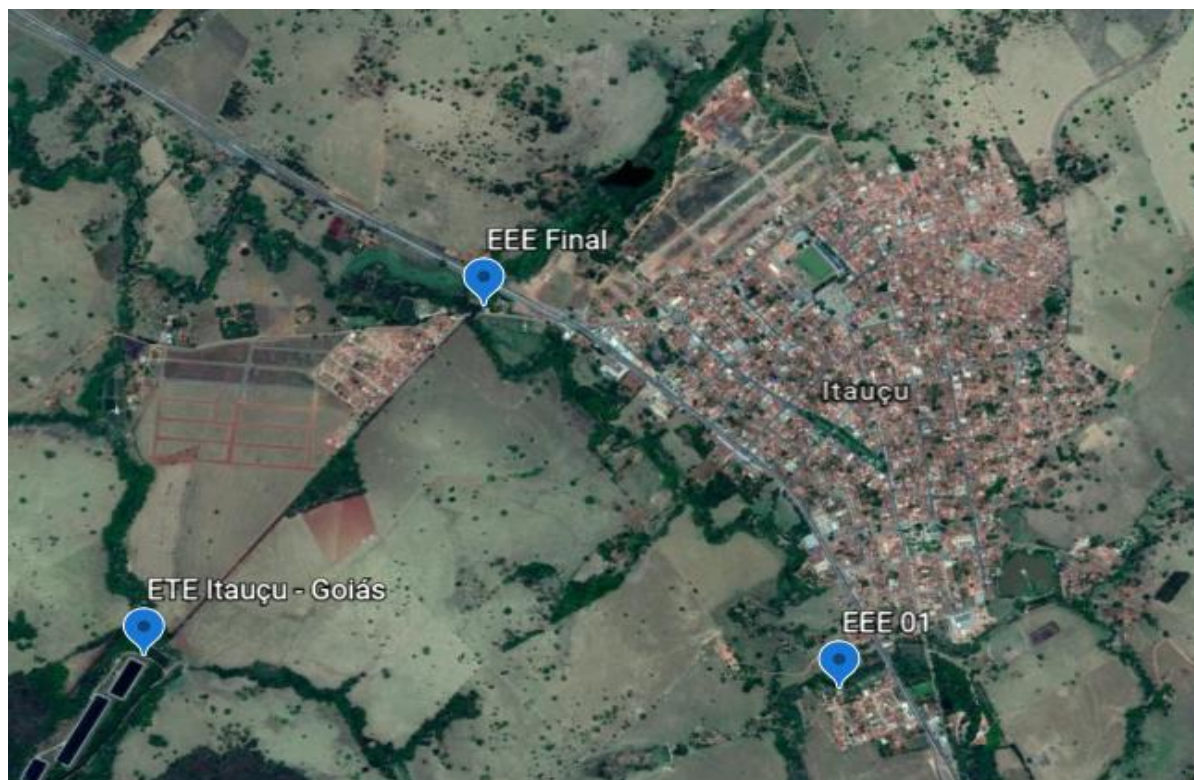
<b>Estação Elevatória</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b>	<b>Localização</b>	<b>Coordenadas Geográficas</b>
<b>EEE 01</b>	Rio Meia Ponte	Rua 06, S/N Vila Mutirão.	16°11'42.8"S 49°36'15.1"W
<b>EEE FINAL</b>	Rio Meia Ponte	Rua saída para Serrinha, S/N, Setor Pedra Grande.	16°12'21.7"S 49°35'40.2"W

Fonte: Plano de Contingência – SANEAGO, 2012.

Estas estações elevatórias foram elaboradas conforme a Norma Brasileira NBR 12208/92 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, que estabelece diretrizes para "Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário".

Conforme citado anteriormente, a ETE de Itauçu conta com duas estações elevatórias em pontos estratégicos da cidade, ambas dotadas de tratamento preliminar, seguidas por um sistema de lagoas de estabilização, composto por uma lagoa anaeróbia, seguida de lagoa facultativa, também conhecido como Sistema Australiano e por fim a ETE conta com uma última unidade, a lagoa de maturação, para posterior lançamento do efluente tratado no corpo hídrico, conforme Figura 3:





**Figura 3:** Estação Tratamento de Esgoto de Itauçu - GO vista por satélite.  
Fonte: Google Earth, 2019.

Antes de chegar às estações elevatórias, o esgoto passa por um sistema de gradeamento, que é composto por uma grade, de 2 cm de espaçamento entre suas barras, cuja finalidade é reter e separar os sólidos mais grosseiros lançados de forma indevida na rede coletora, e que podem vir a ocasionar problemas nos equipamentos e tubulações instalados a jusante, tais como entupimento e abrasão em rotores e bombas.

Em seguida, o mesmo segue para uma caixa desarenadora, dotada de dois canais cuja função é promover o depósito da areia, terra e outros resíduos minerais presentes no efluente, impossibilitando que esses sólidos cheguem ao poço de sucção e causem abrasão nos equipamentos. Cada um dos canais foi dimensionado para passagem da vazão máxima horária afluente e a existência de dois semelhantes facilita a realização de limpezas periódicas da caixa sem haver necessidade de paralisação do sistema.

Cada uma das duas EEEs possui a montante, uma unidade desarenadora após o canal de gradeamento. Sendo assim, toda a vazão afluente de esgotos da ETE é tratada, preliminarmente, a montante da EEE Final.

Assim como este sistema preliminar, ambas as EEEs possuem uma *Calha Parshall*, através da qual são realizadas as medições da vazão dos esgotos que chegam às estações

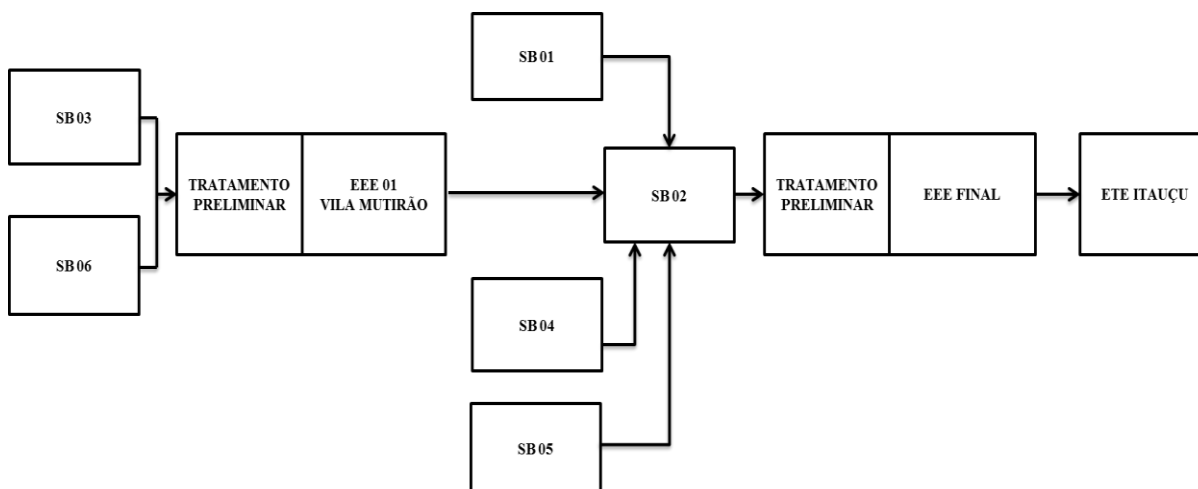
elevatórias, em litros por segundo. Também é possível realizar leituras do nível no ponto indicado, por meio de régua graduada, de forma manual.

Após passagem pela *Calha Parshall*, o efluente é direcionado para um poço de sucção, construído em concreto armado impermeabilizado, destinado a reter os esgotos por um tempo máximo limitado de 30 minutos, conforme ABNT NBR 12208/92, até que o mesmo seja bombeado para o sistema restante do sistema.

Todo o tratamento preliminar encontra-se totalmente coberto por tampas em fibra de vidro para impedir a propagação dos maus odores inerentes ao esgoto bruto, evitando também contato com o meio externo.

Para realizar o recalque dos esgotos destes poços de sucção, foram instaladas bombas centrífugas submersíveis neste sistema. Cada bomba ou associação de bombas possuem extravasores, capazes de escoar os esgotos em casos críticos.

O esgoto coletado do Sistema de Esgotamento Sanitário é bombeado por meio da linha de recalque às demais unidades dos sistemas até a ETE, seguindo o fluxo de escoamento, conforme demonstrado na Figura 4, a seguir:



**Figura 4:** Esquema geral do Sistema de Esgotamento Sanitário de Itauçu – Goiás.  
Fonte: Adaptado – Plano de Contingência, SANEAGO, 2012.

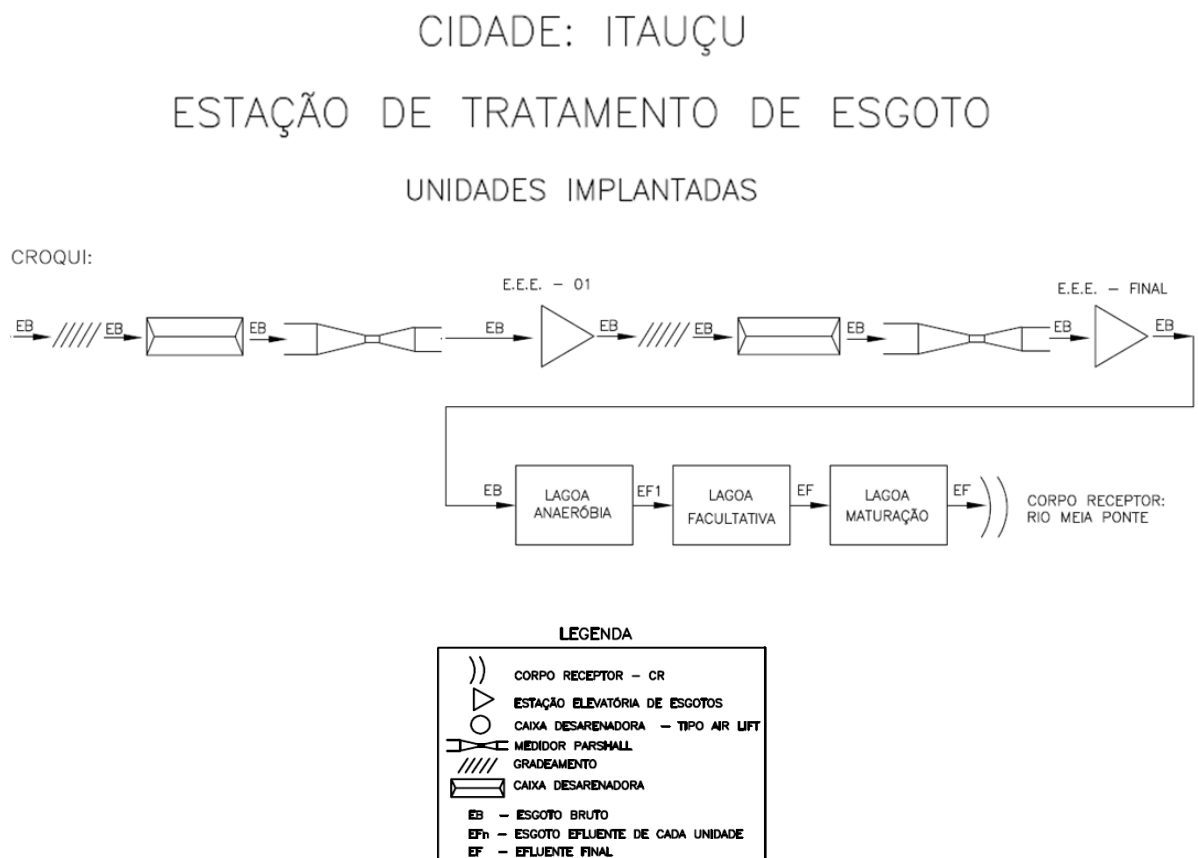
Os esgotos da Sub-Bacia 03, que compreende parte da região central, e também da Sub-Bacia 06 - que compreende a Vila Mutirão, entre a rodovia e o rio Meia Ponte, escoam diretamente para a EEE 01, que recalca estes para a Sub-bacia 02. Já as Sub-Bacias 01, que compreende o Setor Ari Demóstenes e adjacêntes, a 04, que engloba a região entre o Setor Ari Demóstenes e a Vila Meia Ponte e também a 05, região periférica na saída da cidade sentido Goiânia, escoam diretamente para a Sub-Bacia 02, que através da gravidade leva este efluente até a EEE Final, que recalca todo o esgoto coletado até a Estação de Tratamento de Esgoto.

Ao chegar à EEE Final, assim como na estação anterior, os efluentes passam pelo sistema de grademamento, seguido de um desarenador. Neste canal desarenador, são aderidas velocidades menores de fluxo para que haja a deposição das partículas sólidas minerais que chegam com o esgoto. Este material sólido inerte que se deposita no fundo do desarenador ao longo do tempo é removido periodicamente pelos operários da unidade.

Após o desarenador, o esgoto passa novamente por uma *Calha Parshall* e chega ao poço de sucção, onde novamente são coletados todos aqueles resíduos remanescentes que chegam até este ponto, com o auxílio de peneiras, com o intuito de garantir a proteção dos equipamentos subsequentes.

Neste poço, o esgoto fica retido por cerca de 5 a 10 minutos, evitando assim a geração de odores. Nele também são coletados periodicamente, por meio de peneiras, quaisquer resíduos que porventura possam chegar à essa unidade. As bombas utilizadas no recalque deste efluente para a ETE são automáticas, sendo ativadas em função dos níveis mínimo e máximo de operação dentro do poço.

A figura 5, abaixo, representa esquematicamente este trajeto do efluente até o tratamento secundário e posterior lançamento no corpo hídrico.



**Figura 5:** Fluxograma do sistema da Estação de Tratamento de Esgoto de Itauçu - GO.

Fonte: Adaptado SANEAGO, 2019.

Após ser recalcado pela última estação elevatória, o efluente recebe posterior tratamento secundário por processo biológico realizado através das lagoas de estabilização. Esta ETE conta com um Sistema Australiano dotado de uma lagoa anaeróbia, com profundidade média de 5 metros, seguida de uma lagoa facultativa com 2,5 m de profundidade. Após passar por estas duas lagoas, por fim, o efluente chega à uma lagoa de maturação com 1,3m, sendo esta a última unidade por onde o efluente passa antes de ser devolvido ao corpo hídrico.

### **3.2 Coleta de Dados**

Todos os dados utilizados neste estudo foram fornecidos pela Companhia Saneamento de Goiás – SANEAGO, por meio de laudos das análises de monitoramento periódicos do efluente de entrada e saída da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE de Itauçu.

Foram concedidos dados das análises físico-químicas dos parâmetros: vazão, DBO, DQO, pH, temperatura e Sólidos Suspensos, referentes ao monitoramento mensal do afluente e efluente final do sistema, no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2018.

Ao serem colhidas, todas as amostras foram colocadas devidamente em frascos e preservadas de acordo com as normas de coleta e preservação de amostras da NBR 9.898/87 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987). As análises foram realizadas pelo laboratório da própria companhia através de amostras colhidas por funcionários da ETE, através de procedimento analítico conforme metodologia de *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

A Tabela 5 apresenta a quantidades de dados coletados a partir dos resultados das análises referentes aos seis anos avaliados. Durante os anos de 2013 à 2018 foram coletados dados mensais de DBO, DQO, pH, temperatura e sólidos suspensos afluentes e efluentes à estação. Em algumas ocasiões a quantidade de dados varia, devido à inexistência de medições, como pode ser observado na tabela.

Quanto aos dados referentes à vazão da estação, foram coletados apenas os dados mensais correspondentes ao ano de 2018 e parte do ano de 2019, de janeiro à outubro.

**Tabela 5:** Quantidade de dados coletados no período de 2013 a 2018

<b>Dados coletados</b>												
<b>Ano</b>	<b>Vazão</b>		<b>DBO</b>		<b>DQO</b>		<b>pH</b>		<b>Temperatura</b>		<b>Sólidos Suspensos</b>	
	<b>AF</b>	<b>EF</b>	<b>AF</b>	<b>EF</b>	<b>AF</b>	<b>EF</b>	<b>AF</b>	<b>EF</b>	<b>AF</b>	<b>EF</b>	<b>AF</b>	<b>EF</b>
<b>2013</b>			12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>2014</b>			11	11	11	12	11	12	11	9	11	12
<b>2015</b>			12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>2016</b>			12	12	12	12	11	11	12	12	12	12
<b>2017</b>			12	12	12	12	11	12	10	9	12	12
<b>2018</b>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>2019</b>	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

AF: Afluente, EF: Efluente.

Fonte: SANEAGO, 2019.

### 3.3 Análise Estatística dos Dados

A obtenção dos dados se deu por meio de estatística descritiva destes parâmetros, através do cálculo da Análise de Variância (ANOVA) e também do Teste de Tukey a 5% que, através da utilização da diferença mínima significativa (DMS), verifica se há diferença significativa entre as médias.

Esta análise estatística foi aplicada para comparação entre os dados dos seis anos do em estudo e entre afluente e efluente da ETE. A interpretação do coeficiente de variação (CV) foi feita baseada nas especificações de Pimentel Gomes (1985), que classifica para o CV da seguinte forma: Baixo, inferior a 10%; Médio, entre 10 e 20%; Alto, entre 20 e 30%; e muito alto, superior a 30%.

O cálculo da eficiência foi baseado na média aritmética de todos os valores encontrados referentes aos parâmetros DBO, DQO e Sólidos Suspensos, sendo obtida através da equação abaixo, estabelecida por Von Sperling (2005).

$$E(\%) = \frac{C_a - C_e}{C_a} \times 100$$

Onde:

E = eficiência do sistema (%)

C<sub>a</sub> = concentração afluente do poluente (mg L<sup>-1</sup>)

C<sub>e</sub> = concentração efluente do poluente (mg L<sup>-1</sup>)

Ao realizar a análise desta eficiência, da estação de tratamento, compararam-se as médias dos parâmetros citados acima e os valores máximos previstos pela Resolução 430/2011 - CONAMA e também o Decreto Estadual nº 1.745/1979. No caso de parâmetros

não regulamentados por legislação, buscou-se comparar com dados registrados na literatura referentes à eficiência de remoção por estações de tratamento com sistemas semelhantes ao estudado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Vazão

Os resultados provenientes do monitoramento da vazão afluenta a ETE, no período em estudado, indicam que o sistema opera atualmente com uma vazão média de 9,46 L/s referente a 30,52% da sua vazão máxima de projeto, já os dados da vazão efluente, referentes ao mesmo período, apresentam vazão média de 8,01 L/s, referentes à 25,84% da vazão máxima, portanto, a estação opera dentro de seu limite de projeto.

Ao realizar a comparação das médias anuais tanto de entrada quanto saída do sistema, observa-se que em ambos os casos apresentaram médio coeficiente de variação (CV), conforme apresentado na Tabela 6, o que indica que houve regular dispersão de dados, isto é, os dados coletados possuem homogeneidade intermediária. Em ambas as ocasiões também são encontradas médias diferentes para cada um dos anos, o que pode ser explicado pela ausência dos dados referentes às vazões dos meses de novembro e dezembro de 2019.

Comparando as vazões afluenta e efluente, obtêm-se valores médios estatisticamente diferentes, porém com coeficiente de variação mediano, mais uma vez expressando homogeneidade razoável entre os dados.

**Tabela 6:** Análise de Variância e Teste de Tukey da vazão média da ETE de Itauçu-GO.

<b>Análise de Variância (ANOVA)</b>			
	<b>Vazão Afluenta</b>	<b>Vazão Efluente</b>	<b>Vazão Afluenta × Efluente</b>
	<b>(L/s)</b>	<b>(L/s)</b>	<b>(L/s)</b>
Média geral	9,46	8,01	8,74
Desvio Padrão	1,02	0,91	1,12
GL Resíduo	20	20	42
F Tratamentos	14,09**	0,85	18,42**
DMS (5%)	(x)	(x)	0,68
CV (%)	10,74	11,36	12,79
<b>Teste de Tukey a 5%</b>			
<b>2018</b>	10,20 a	8,18 a	<b>Vazão Afluenta</b> 9,46 a
<b>2019</b>	8,57 b	7,82 b	<b>Vazão Efluente</b> 8,01 b

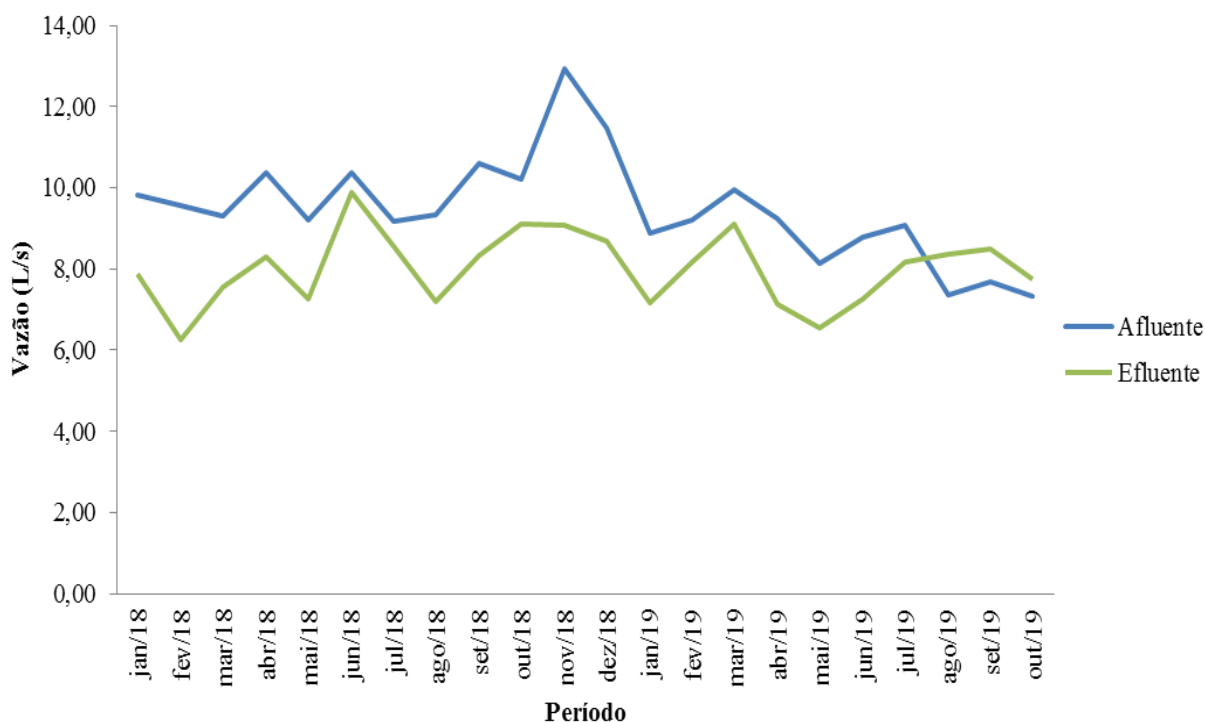
Nível de significância: 1%\*\*, 5%\*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as mesmas.

Ainda ao comparar as médias é possível perceber que a média da vazão afluenta se apresentou maior que a vazão efluente do sistema na maior parte do tempo, principalmente de outubro/2018 à janeiro/2019, conforme o gráfico da Figura 6. Esta variação ocorre, pois o Estado de Goiás possui clima predominantemente tropical com duas estações bem definidas: verão úmido, de outubro a abril, e inverno seco, de maio a setembro. No período chuvoso, as

maiores precipitações pluviais, acontecem especialmente nos meses de dezembro e janeiro (GOIAS, 2006).

É possível observar, através do gráfico, que entre os meses de julho/2019 à outubro/2019 a vazão efluente se mostrou maior que a vazão afluyente, o que também pode ser explicado pelo clima no qual Itauçu encontra-se inserido. Neste período, como citado anteriormente, o clima é seco e as chuvas são extremamente escassas.

Através destas variações, é possível constatar que, conforme esclarecem Hanai e Campos (1997), a sazonalidade climática afeta diretamente o consumo de água e a consequente geração de esgoto, uma vez que além da contribuição doméstica, as águas das chuvas infiltram no solo e depois nas redes coletoras, contribuindo para o esgoto afluyente.



**Figura 6:** Variação da vazão afluyente e efluente da Estação de Tratamento de Esgotos no período de janeiro de 2018 a outubro de 2019.

#### 4.2 DBO e DQO

Conforme os dados apresentados da Tabela 7, a DBO afluyente apresentou alto CV, de 25,11%, indicando alta dispersão dos dados coletados mensalmente no decorrer dos seis anos, enquanto a DBO efluente apresentou CV muito alto, de 61,43%, indicando diferença discrepante dados coletados no período.



**Tabela 7:** Análise de Variância e Teste de Tukey da DBO no período de 2013 à 2018.

<b>Análise de Variância (ANOVA)</b>			
	<b>DBO Afluente (mgL<sup>-1</sup>)</b>	<b>DBO Efluente (mgL<sup>-1</sup>)</b>	<b>DBO Afluente × Efluente (mgL<sup>-1</sup>)</b>
Média geral	516,11	47,32	281,71
Desvio Padrão	129,58	29,07	97,09
GL Resíduo	65	65	140
F Tratamentos	2,05**	0,33**	827,59**
DMS (5%)	(x)	(x)	32,24
CV (%)	25,11	61,43	34,47
<b>Teste de Tukey a 5%</b>			
<b>DBO 2013</b>	501,25 a	42,63 a	
<b>DBO 2014</b>	485,45 a	41,27 a	
<b>DBO 2015</b>	517,25 a	48,17 a	<b>DBO Afluente</b> 516,11 a
<b>DBO 2016</b>	478,42 a	47,75 a	<b>DBO Efluente</b> 47,32 b
<b>DBO 2017</b>	490,00 a	48,75 a	
<b>DBO 2018</b>	621,75 a	54,83 a	

Nível de significância: 1%\*\*, 5%\*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as mesmas.

O alto CV de variação pode ser explicado, pois no período de seca, ocorre a redução do volume de esgotos em decorrência da ausência da contribuição de águas pluviais, provocando maior consumo de matéria orgânica e DBO mais concentrada. O contrário ocorre nos meses chuvosos, nos quais ocorrem reduções nos índices de DBO pois passam a ocorrer as precipitações pluviométricas, que aumentam a vazão, ocasionando maior diluição do material orgânico e conseqüentemente redução da DBO (SATELES et al 2003).

Mesmo apresentando alto CV, a DBO afluente apontou médias estatisticamente iguais em todos os anos, o mesmo ocorreu com a DBO efluente. Porém, se comparadas as médias gerais de entrada e saída do sistema, as mesmas apresentaram grande disparidade, onde DBO afluente e efluente apresentam médias de 516,11mg L<sup>-1</sup> e 47,32mg L<sup>-1</sup> respectivamente, o que já era esperado visto o objetivo principal do sistema, comprovando a eficiência de remoção da DBO do mesmo.

As eficiências médias de remoção anuais foram de 91,50% nos anos de 2013 e 2014, 90,69% em 2015, 90,02% em 2016, 90,05% em 2017 e 91,18% no ano de 2018. Essa baixa variabilidade na eficiência média da estação acontece, pois, segundo Lobão (2019), estações de tratamento bem projetadas têm a capacidade de manter a constante a eficiência mesmo sofrendo alterações que poderiam vir a intervir no seu funcionamento. Ao realizar o cálculo da eficiência média geral destes seis anos, obteve-se o valor de 90,83%.

Mesmo havendo variações nos dados coletados, a concentração de DBO no efluente tratado atingiu um média de 47,32 mg L<sup>-1</sup>, e a eficiência do sistema apresentou média de

90,83%, estando dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA 430/2011 que determina concentração de até 120mg L<sup>-1</sup> e eficiência mínima de remoção de 60% (BRASIL, 2011) e também obedece ao Decreto n° 1.745/1979 do estado de Goiás, que estabelece concentração de até 60mg L<sup>-1</sup> e como eficiência mínima 80% (GOIÁS, 1979).

A Tabela 8, a seguir apresenta os resultados obtidos através das análises dos dados de DQO afluente e efluente da ETE de Itauçu:

**Tabela 8:** Análise de Variância e Teste de Tukey da DQO da ETE de Itauçu – GO.

<b>Análise de Variância (ANOVA)</b>				
	<b>DQO Afluente</b>	<b>DQO Efluente</b>	<b>DQO Afluente × Efluente</b>	
	<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	
Média geral	1280,66	311,58	792,73	
Desvio Padrão	283,05	128,92	227,40	
GL Resíduo	65	66	141	
F Tratamentos	0,97**	7,19**	649,21**	
DMS (5%)	(x)	154,54	(x)	
CV (%)	22,10	41,37	28,69	
<b>Teste de Tukey a 5%</b>				
<b>DQO 2013</b>	1244,92 a	189,08 b		
<b>DQO 2014</b>	1359,91 a	250,92 b		
<b>DQO 2015</b>	1201,00 a	280,33 ab	<b>DQO Afluente</b>	1.280,66 a
<b>DQO 2016</b>	1199,58 a	283,33 ab	<b>DQO Efluente</b>	311,58 b
<b>DQO 2017</b>	1391,92 a	433,83 a		
<b>DQO 2018</b>	1293,25 a	431,50 a		

Nível de significância: 1%\*\* , 5%\*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as mesmas.

A DQO afluente apresentou média geral de 1.280,66 mg L<sup>-1</sup> e alto coeficiente de variação, demonstrando heterogeneidade de dados. Também é possível observar que comparando-se as médias dos seis anos, não há diferença estatística entre as mesmas.

Enquanto isso, a DQO efluente apresentou média geral de 311,58 mg L<sup>-1</sup>, com CV muito alto, indicando grande variação nos valores dos dados coletados. Quanto às médias anuais, percebe-se que os anos de 2013 e 2014 apresentaram as menores médias, consideradas estatisticamente iguais, porém a partir dos anos de 2015 e 2016 estes valores passaram a aumentar a ponto que, a partir de 2017 até o ano de 2018 as médias registradas foram consideradas estatisticamente iguais, porém apresentavam significativa diferença se comparado aos anos iniciais do estudo. Este aumento pode ser justificado pela sazonalidade, que influencia as características do esgoto em função dos usos à qual a água é submetida conforme descrito por Von Sperling (2005).

As eficiências médias de remoção de DQO anuais foram de 84,81% em 2013, 81,55% em 2014, 76,66% em 2015, 76,38% em 2016, 68,83% em 2017 e 66,63% no ano de 2018, demonstrando que a eficácia do sistema quanto à remoção de DQO foi reduzida com o passar dos anos. Este sistema apresentou eficiência média geral de 75,67% na remoção deste parâmetro.

Não existem padrões estabelecidos para o lançamento de DQO nas legislações federais e estaduais, para tanto foi realizada uma análise da relação DQO/DBO, pois segundo Von Sperling (2005), é conhecida esta relação para esgotos domésticos brutos, que varia em torno de 1,7 a 2,4 e esta aumenta de acordo com o passar do efluente por algum processo de tratamento, indicando eficiência com valores superiores a 3, ou seja, quanto maior a eficiência do tratamento na remoção de matéria orgânica biodegradável, maior será a relação DQO/DBO relação podendo chegar a 4,0 ou 5,0.

Os resultados das relações DBO/DQO afluentes e efluentes à estação de tratamento de esgotos estão demonstrados na Tabela 9 a seguir.

**Tabela 9:** Relação DQO/DBO do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos do Município de Itauçu – Goiás.

<b>RELAÇÃO DQO/DBO</b>				
	<b>DQO/DBO Afluente</b>	<b>DQO/DBO Efluente</b>	<b>DQO/DBO Afluente x Efluente</b>	
<b>2013</b>	2,41	4,44		
<b>2014</b>	2,80	6,08		
<b>2015</b>	2,32	5,82	<b>DQO/DBO Afluente</b>	2,48
<b>2016</b>	2,51	5,93	<b>DQO/DBO Efluente</b>	6,58
<b>2017</b>	2,84	8,90		
<b>2018</b>	2,08	7,87		

A relação DQO/DBO afluente à estação de tratamento apresentou valor de 2,48 que se encontra muito próximo ao valor estabelecido por Von Sperling (2005) para esgotos brutos. Enquanto isso, a relação DQO/DBO efluente no período do estudo foi de 6,58, indicando que o tratamento possui remoção satisfatória de matéria orgânica biodegradável, pois, conforme Jordão e Pessoa (2014) afirmam, a medida que o esgoto passa pelas unidades a relação aumenta de maneira que, quanto maior a eficiência do tratamento, maior será essa relação, pois a matéria biodegradável vai sendo degradada enquanto a fração inerte permanece praticamente inalterada.

### 4.3 pH

O pH afluente analisado nestes seis anos se manteve muito próximo à neutralidade, com média de 7,03, conforme as Tabela 10. O coeficiente de variação de 2,47 indica que

houve baixa variabilidade, o que é de fundamental importância para o desempenho deste sistema, pois elevadas variações do pH prejudicam o tratamento biológico afetando o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento do efluente.

Referente ao pH efluente, este também apresentou baixo coeficiente de variação, com média geral de 7,99. Se comparado ao pH afluente, este se mostra mais alcalino, o que segundo Chernicharo (2001) é normal, pois a tendência do pH, na lagoa de maturação, é subir e se estabelecer na faixa entre 7,5 e 9,0 antes de ser lançado no corpo hídrico.

Porém, mesmo com estas variações, o pH se manteve praticamente fixo na faixa entre 7 e 8, sendo considerado ideal para o tratamento biológico, favorecendo condições para a existência de uma maior diversidade de microrganismos.

**Tabela 10:** Análise de Variância do pH da ETE de Itauçu – GO.

<b>Análise de Variância (ANOVA)</b>				
	<b>pH Afluente</b>	<b>pH Efluente</b>	<b>pH Afluente × Efluente</b>	
Média geral	7,03	7,99	7,52	
Desvio Padrão	0,17	0,44	0,38	
GL Resíduo	63	65	138	
F Tratamentos	1,93	5,69**	217,50**	
DMS (5%)	(x)	(x)	(x)	
CV (%)	2,47	5,51	5,10	
<b>Teste de Tukey a 5%</b>				
<b>2013</b>	7,04 a	8,50 a		
<b>2014</b>	7,12 a	7,96 b		
<b>2015</b>	6,98 a	8,10 ab	<b>pH Afluente</b>	7,03 b
<b>2016</b>	6,95 a	7,60 b	<b>pH Efluente</b>	7,99 a
<b>2017</b>	7,13 a	7,77 b		
<b>2018</b>	7,00 a	7,98 ab		

Nível de significância: 1%\*\*, 5%\*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as mesmas.

O pH efluente variou entre 7,60 e 8,50 desde o ano de 2013 até o ano de 2018, com média geral de 7,99. Mesmo havendo estas variações, este parâmetro se manteve na faixa de 5 a 9 durante os anos em questão, encontrando-se, portanto, dentro dos limites de lançamento estabelecidos pelas legislações Resolução CONAMA n° 430/2011 e também pelo Decreto n° 1.745/1979 do Estado de Goiás.

#### 4.4 Temperatura

A temperatura afluente ao sistema apresentou média geral de 25,80 °C, e baixo CV, como é possível observar na Tabela 11. Também é possível observar, a partir do teste de comparação de médias, que houve diferenças significativas apenas entre as médias dos anos

de 2013 e 2015, enquanto as médias dos demais anos apresentaram-se estatisticamente semelhantes entre si.

**Tabela 11:** Análise de Variância da Temperatura da ETE de Itauçu – GO.

<b>Análise de Variância (ANOVA)</b>			
	<b>T Afluente</b>	<b>T Efluente</b>	<b>T Afluente × Efluente</b>
	<b>(°C)</b>	<b>(°C)</b>	<b>(°C)</b>
Média geral	25,80	26,82	26,29
Desvio Padrão	1,38	2,10	1,82
GL Resíduo	63	59	132
F Tratamentos	2,39*	1,60	10,28**
DMS (5%)	(x)	(x)	(x)
CV (%)	5,36	7,83	6,94
<b>Teste de Tukey a 5%</b>			
<b>2013</b>	25,13 b	27,08 a	
<b>2014</b>	25,41 ab	26,67 a	
<b>2015</b>	26,83 a	27,42 a	<b>T Afluente</b> 25,80 b
<b>2016</b>	25,42 ab	25,50 a	<b>TEfluente</b> 26,82 a
<b>2017</b>	26,10 ab	27,88 a	
<b>2018</b>	25,96 ab	26,67 a	

Nível de significância: 1%\*\* , 5%\*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as mesmas.

A temperatura efluente também possuiu baixa variabilidade durante o período em estudo, uma vez que, a mesma apresentou baixo CV e a partir do Teste de Tukey apresentou médias anuais semelhantes entre si.

Mesmo havendo diferenciação entre as temperaturas de entrada e saída do sistema, com valor médio afluente de 25,80 °C e efluente, de 26,82°C, esta pode ser justificada pela maior exposição do efluente à radiação solar e também devido à atividade microbiológica que ocorre no interior das lagoas.

Von Sperling (2005) afirma que a temperatura é um fator de fundamental importância para que o processo de tratamento apresente boa eficiência, pois a mesma controla a taxa das reações físico-químicas e biológicas, afetando o desenvolvimento e a atividade dos microrganismos. Segundo Cassini (2008), quando a temperatura é baixa, esta prejudica a remoção de sólidos ao provocar o aumento da viscosidade do efluente.

A temperatura média do efluente tratado no período estudado é de 26,82°C, encontrando-se em conformidade com o padrão de lançamento que deve ser inferior a 40°C estabelecidos pelas legislações estadual e federal (GOIÁS, 1979 & BRASIL, 2011).

#### 4.5 Sólidos Suspensos

A análise estatística dos sólidos suspensos afluente demonstrou que, com média geral de 574,14 mg L<sup>-1</sup>, o mesmo apresentou alto CV, indicando baixa homogeneidade nos dados, porém com médias anuais estatisticamente semelhantes entre si, conforme apresentado na Tabela 12.

**Tabela 12:** Análise de Variância dos Sólidos Suspensos da ETE de Itauçu – GO.

<b>Análise de Variância (ANOVA)</b>				
	<b>SS Afluente</b>	<b>SS Efluente</b>	<b>SS Afluente × Efluente</b>	
	<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	
Média geral	574,14	159,54	365,39	
Desvio Padrão	116,37	73,34	104,99	
GL Resíduo	65	66	141	
F Tratamentos	1,33	8,51**	557,44**	
DMS (5%)	(x)	87,92	(x)	
CV (%)	20,27	45,97	28,73	
<b>Teste de Tukey a 5%</b>				
<b>2013</b>	570,83 a	76,08 b		
<b>2014</b>	625,36 a	96,67 b		
<b>2015</b>	568,75 a	152,08 ab	<b>SS Afluente</b>	574,14 a
<b>2016</b>	507,58 a	204,67 a	<b>SS Efluente</b>	159,54 b
<b>2017</b>	599,08 a	204,92 a		
<b>2018</b>	577,50 a	222,84 a		

Nível de significância: 1%\*\* , 5%\*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as mesmas.

Já o CV do efluente apresenta-se muito alto, o que indica novamente maior heterogeneidade dos dados coletados. As menores médias de SS efluente foram encontradas nos anos de 2013 e 2014, a partir de então, as mesmas sofreram grande alteração com o passar dos anos, encontrando-se no ano de 2018 com médias aproximadamente três vezes maiores que do ano de 2013.

A média geral de SS do esgoto tratado no período foi de 159,54 mg L<sup>-1</sup> e se comparado à média de SS do esgoto afluente ao sistema, de 574,14 mg L<sup>-1</sup>, estas apresentam diferença significativa entre si, que pode ser explicada pela eficiência de remoção do sistema.

Realizando a análise da eficiência, constatou-se que foram apresentadas as eficiências de 86,67% no ano de 2013, 84,54% em 2014, 73,26% em 2015, 59,68% em 2016, 65,79% em 2017 e 61,41% em 2018.

O lançamento de sólidos suspensos em corpos hídricos não é regulamentado pelas legislações estadual e federal, porém, mesmo sem auxílio de tratamento primário - dotado de processos físico-químicos que proporcionariam eficiência final de remoção em cerca 80%

,conforme estudos realizados por Tardivo (2009), apenas com os tratamentos primário e secundário, a ETE conseguiu atingir eficiência geral de 72,21% na remoção deste parâmetro.

Souza (2019) realizou estudos semelhantes na estação de tratamento do município de Caldas Novas – GO, que conta com tratamento primário e posterior tratamento secundário composto por processo biológico realizado pelo Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) seguido de lagoas de estabilização, obtendo eficiência geral 77,43% de remoção de sólidos suspensos. Realizando a comparação dos dados obtidos nos estudos de Caldas Novas e Itauçu percebe-se que foram alcançados valores compatíveis, não havendo grandes discrepâncias entre as médias gerais de remoção referentes à este parâmetro, mesmo havendo diferença no tratamento secundário aplicado ao efluente.

## 5 CONCLUSÕES

Através deste estudo, realizado na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do município de Itauçu – GO, pode-se concluir que entre todos os parâmetros analisados, o pH e a temperatura foram os que obtiveram menor variabilidade se apresentando praticamente estáveis durante o período avaliado.

Conclui-se também que ETE apresentou desempenho satisfatório através dos resultados dos parâmetros analisados, pH, Temperatura e DBO, que obtiveram valores dentro dos limites estabelecidos pelas legislações estadual, através do Decreto n°. 1.745/1979 e federal por meio da Resolução CONAMA 430/2011.

O parâmetro DQO não possui padrões estabelecidos para lançamento através de legislações, conseqüentemente realizou-se a análise da relação DQO/DBO através da qual notou-se que o sistema de tratamento demonstrou excelente eficiência de remoção de matéria orgânica biodegradável.

Com relação aos sólidos suspensos, que também não possuem limites regulamentados pelas legislações utilizadas neste estudo, mesmo com a ausência de tratamento primário, a ETE conseguiu apresentar boa remoção, eliminando, em média, 72,21% deste parâmetro.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBORNOZ, L. L. **Estudo de caso: Avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de efluentes de um campus universitário.** 2015. 37 f. Monografia (Diplomação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

AMORIM, R. F. **Tratamento de efluente em lagoas de estabilização: um estudo de caso em indústria de laticínio na região do Vale do Jamari-RO.** 2014. 70 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Rondônia, Ariquemes, 2014.

APHA, AWWA & WPCF. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 18th ed. Public Heart Association Inc. New York, 1998.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1986. **Norma NBR 9648/1986 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1986. **Norma NBR 9649/1986 – Projeto de redes coletoras de esgotos sanitários.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1987. **Norma NBR 9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores** - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1987.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1992. **Norma NBR 12208/1992 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto** . Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1992.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1992. **Norma NBR 12209/1992 – Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário - Procedimento.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1992.

ARAÚJO, R. de. **O Esgoto Sanitário.** In: NUVOLARI, A. (coord.). Esgoto Sanitário, Coleta Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola. São Paulo: FATEC-SP CEETEPS, 2003, 520p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento bem Como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, e dá Outras Providências. Disponível em :

<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 01 de out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes Complementa e Altera a Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, no Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 04 out. 2019.

CAMPOS, J.R. **Alternativas para tratamento de esgotos** – Pré-tratamento de águas para abastecimento. Americana: Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1994. 112 p.

CAMPOS, José Roberto (coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbios e disposição controlada no solo**. São Carlos: [s.n.], 1999. 348 p.

CASSINI, A. S. **Estudo de Processos Alternativos no Pré-Tratamento de Efluentes Provenientes da Produção de Isolados Proteicos**. 2008. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CHERNICHARO, Carlos Augusto Lemos. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Segrac, 2001.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Opções para tratamento de esgotos de pequenas comunidades**. São Paulo: CETESB, 1988. 36 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Fundamentos do Controle de Poluição das Águas**. São Paulo: CETESB, 2018. 228 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Demanda bioquímica de oxigênio**. [S/ D]. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguasinteriores/>>

variaveis/aguas/variaveis\_quimicas/demanda\_bioquimica\_de\_oxigenio.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

FOELKEL, C. Aplicações da Biotecnologia em Processos Ambientais da Fabricação de Celulose Kraft e de Papel de Eucalipto: **Processos Aeróbicos por Lodos Ativados para Tratamento de Efluentes**. Março de 2014. Disponível em: <[http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT34\\_Lodos\\_Ativados.pdf](http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT34_Lodos_Ativados.pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2019.

GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Caracterização Climática do Estado de Goiás**. Por Silvando Carlos da Silva, Neiva Maria Pio de Santana, José Cardoso Pelegrini. Goiânia, 2006.

HANAI, F. Y.; CAMPOS, J. R. Avaliação da infiltração na rede coletora de esgotos na bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara, SP. **In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 1997, Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu, 1997.

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

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Itauçu-GO. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/itauçu/panorama>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2009.

LA ROVERE, E. L. *et al.* **Manual de Auditoria Ambiental de Estações de Tratamento de Esgotos**. Rio de Janeiro, 2002.

LEME, E. J. de A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. 1ªed. São Carlos, 2010. 595 p.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 3. ed. 1996.

MACKENZIE, L. D. **Water and wastewater engineering: Design principles and practice**. Ed. McGraw-Hill Companies. 2010.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H.F.,(editores). **Reúso de Água**. Barueri, São Paulo.: Manole, 2003.

METCALF, L.; EDDY, H.P. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and Reuse**. 4ª edição. Nova York: MacGraw-Hill, 2003.

MOTA, F. S. B.; SPERLING, M. (Coord.). **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

NEVES, E. T. **Curso de hidráulica**. Porto Alegre: Editora Globo, 574 p. 1974.

NUCASE. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Processos de tratamento de esgotos : guia do profissional em treinamento: nível 1** / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Brasília : Ministério das Cidades, 2008. 72 p.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário – coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 2ª edição, 2011, 565 p.

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

OLIVEIRA, S. M. A. C. **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgoto**. 2006. 214 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Norma Técnica Interna SABESP NTS 013**. São Paulo. Junho de 1999. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

SANT'ANNA JR., G. L. Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro. Interciência, 2010, 418p.

SATELES, W. de P.; MEDRADO, F. E. da P. E S.; PASQUALETTO, A. **Eficiência das lagoas de estabilização da estação de tratamento de esgoto do parque Atheneu, Goiânia**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia da Universidade Católica de Goiás. n. 62, p. 1-16, 2003.

SCOTTÁ, J. **Avaliação e otimização de uma estação de tratamento de esgoto com sistema fossa e filtro de um município da serra gaúcha**. 2015. 82 f. Monografia – Centro Universitário UNIVATES, 2015.

SNIS, Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento. Ministério das Cidades. **Série Histórica 2011-2017**. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 03 de outubro de 2019.

SUPERINTENDÊNCIA DO MEIO AMBIENTE. **Decreto n° 1.745, de 06 de dezembro de 1979**. Aprova o Regulamento da Lei n° 8.544 de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Goiânia (Brasil): Superintendência do Meio Ambiente; 1979.

TARDIVO, M. **Considerações sobre o monitoramento e controle dos parâmetros físicos, químicos e biológicos de estações de tratamento de esgotos e proposta para sistema integrado de gestão com enfoque ambiental, controle de qualidade, segurança e saúde**. 119f. Tese (Doutorado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

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

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, v. 2, 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1. 3° ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. 470 p.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 3. 2° ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002. 196p.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgoto. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, v. 2. 2º ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. 211 p.

WHO. **Wasterwater stabilization ponds: Principles of planning and practice**. Alexandria: World Health Organization, v. 10, 1987. 138 p.