



ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA
EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DO MUNICÍPIO DE CALDAS NOVAS - GO**

ÍTALA TAINÁ ALVES DE SOUZA

Rio Verde, GO

2019

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

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA EFICIÊNCIA DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE
CALDAS NOVAS – GO

ÍTALA TAINÁ ALVES DE SOUZA

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

Orientador: Dr. Bruno Botelho Saleh.

Rio Verde, GO
Agosto, 2019

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

SIT88a Souza, Ítala
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA
EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO
MUNICÍPIO DE CALDAS NOVAS - GO / Ítala
Souza; orientador Bruno Saleh. -- Rio Verde, 2019.
48 p.

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

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

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

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

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia - Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: ÍTALA TAINÁ ALVES DE SOUZA

Matrícula: 2015102200740520

Título do Trabalho: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE CALDAS NOVAS - GO

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

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

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;
- cumpriu 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.

Local

Data

Ítala Tainá Alves de Souza
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

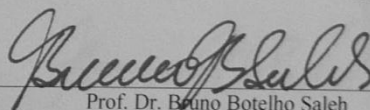
Assinatura do(a) orientador(a)

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO (TC)

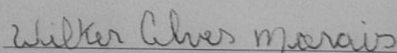
ANO	SEMESTRE
2019	2

No dia 06 do mês de agosto de 2019 às 15h00min, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes, Dr. Bruno Botelho Saleh, Dr. Wilker Alves Morais e Ma. Patrícia Caldeira de Souza, para examinar o Trabalho de Curso intitulado: Análise da influência da sazonalidade na eficiência da estação de tratamento de esgoto do município de Caldas Novas – GO, da acadêmica Ítala Tainá Alves de Souza. Matrícula nº 2015102200740520 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.

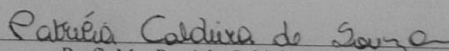
Rio Verde, 06 de agosto de 2019.



Prof. Dr. Bruno Botelho Saleh
(Orientador)



Prof. Dr. Wilker Alves Morais
(Membro)



Prof. Me. Patrícia Caldeira de Souza
(Membro)

Observação:

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

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu agradeço a Deus por ter me abençoado, iluminado o meu caminho e por ter me dado força, saúde e sabedoria para enfrentar cada tempestade que encontrei.

Agradeço aos meus pais, Luciana e Edson, por ter me dado amor, carinho, por estar sempre ao meu lado, me dando força, conselhos e broncas quando preciso, me fazendo amadurecer e me tornar a pessoa que sou hoje. Por sempre me incentivarem e por todo o esforço que sempre fizeram para proporcionar o melhor para mim e para as minhas irmãs, pois assim eu consegui chegar onde estou hoje.

As minhas irmãs e melhores amigas, Tálita, minha quase gêmea, que crescemos grudadas e fazendo tudo juntas, que sempre me incentivou a não desistir dos meus sonhos, Tábita, meu leãozinho, a alegria da casa, que torna todos os nossos momentos juntas sempre os mais alegres e divertidos, eu agradeço por vocês sempre estarem ao meu lado, por me apoiarem e por todos os momentos que passamos juntas.

Agradeço aos meus avós, Julieta e Antônio, pelo amor, carinho, momentos e histórias, que guardo no coração e que, apesar de acharem ruim a distância, sempre me apoiaram a seguir em frente. Ao meu tio Tony Marcus e meu primo Júlio César, eu agradeço pelo carinho, apoio e pela ajuda.

Ao Eduardo, que além de cunhado é meu melhor amigo, eu agradeço toda força, conselhos, conversas engraçadas e por todo o apoio.

Agradeço aos meus amigos de longa data, Gabby, Ester, Gui e Neto, e aos meus amigos que aqui fiz, Rafa, Isa, Dani, Ana, Jessica, João e Leticia Vieira pelo carinho, apoio, pela força e por todos os momentos que passamos juntos.

Agradeço ao Departamento Municipal de Água de Esgoto – DEMAÉ de Caldas Novas – GO, ao Eng. Wilmar, por ter me recebido bem e por disponibilizar as informações necessárias à conclusão deste trabalho.

Ao professor Dr. Bruno Botelho Saleh, que mesmo sem me conhecer aceitou me orientar neste trabalho, agradeço por me proporcionar condições necessárias para realização deste trabalho, pela orientação, confiança e incentivo.

A banca examinadora, Prof. Me. Patrícia Caldeira de Souza e Prof. Dr. Wilker Alves Morais, por aceitar o meu convite e colaborarem com esse momento importante da minha vida.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e aos professores, os quais tive a oportunidade de conhecer e aprender ao longo desses cinco anos.

RESUMO

SOUZA, Í. T. A de. **Análise da Influência da Sazonalidade na Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto do Município de Caldas Novas - GO.** 2019. 47 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, GO, 2019.

Devido ao desenvolvimento desordenado das cidades na formação dos grandes centros urbanos, junto a falta de planejamento de ordem sanitária, traz grandes preocupações relacionadas ao meio ambiente e ao bem-estar da população. O município de Caldas Novas possui um dos maiores mananciais hidrotermais aproveitáveis do mundo e devido a sua urbanização rápida e desordenada resultado do investimento em turismo desenvolveu vários problemas ambientais na sua infraestrutura, por esta não ter acompanhado o crescimento populacional, ampliando de forma significativa a produção de esgoto provocando casos de problemas de extravasamento do esgoto por deficiência da capacidade de tratamento. Desta forma objetivou-se avaliar a variação da eficiência da estação de tratamento de esgoto do município e a interferência das sazonalidades por meio da análise dos parâmetros pH, Temperatura, DBO, DQO e Sólidos Suspensos e ainda verificar se os parâmetros estão dentro dos padrões aceitáveis pela legislação. De acordo com as análises das médias do período para cada parâmetro, observou-se que há grande variabilidade entre eles, indicando influencia da sazonalidade. Ao que diz respeito a eficiência do tratamento, apresentou-se satisfatória e com valores dentro dos limites exigidos pela legislação estadual, Decreto n°. 1.745/1979 e legislação federal Resolução CONAMA 430/2011. Por meio da análise da relação DQO/DBO, nota-se que não houve eficiência na remoção de matéria biodegradável. Os SST apresentaram boa eficiência e dentro daquilo que se estima na literatura.

Palavras-chave: Esgoto sanitário, Padrões de lançamento, População flutuante.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concentrações típicas de sólidos no esgoto bruto	8
Tabela 2: Níveis do tratamento dos esgotos	12
Tabela 3: Características típicas de reatores anaeróbios	15
Tabela 4: Condições de lançamento de efluente estabelecido pela Resolução nº 430/2011- Conselho Nacional do Meio Ambiente	19
Tabela 5: Principais parâmetros e condições de lançamentos de efluentes para o Estado de Goiás.....	19
Tabela 6: Parâmetros de projeto ETE de Caldas Novas - GO.....	22
Tabela 7: Quantidade de dados coletados no período de 2016 a 2018.....	23
Tabela 8: Análise de Variância e Teste de Tukey da vazão afluente a ETE de Caldas Novas/GO.....	25
Tabela 9: Análise de Variância e Teste Tukey da vazão afluente a ETE de Caldas Novas/GO nos períodos seco e chuvoso.....	26
Tabela 10: Análise de Variância e Teste de Tukey do pH do efluente da ETE de Caldas Novas/GO.....	26
Tabela 11: Análise de Variância e Teste de Tukey da Temperatura do efluente da ETE de Caldas Novas/GO	27
Tabela 12: Análise de Variância e Teste de Tukey da DBO da ETE de Caldas Novas/GO ...	28
Tabela 13: Análise de Variância e Teste de Tukey da DQO da ETE De Caldas Novas/GO ..	29
Tabela 14: Análise de Variância e Teste de Tukey da relação DQO/DBO da ETE De Caldas Novas/GO	30
Tabela 15: Análise de Variância e Teste de Tukey dos SST da ETE De Caldas Novas/GO ..	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do município de Caldas Novas - GO.	20
Figura 2: Estação Tratamento de Esgoto de Caldas Novas - GO vista por satélite.	21
Figura 3: Fluxograma do sistema da Estação de Tratamento de Esgoto de Caldas Novas - GO.	22
Figura 4: Variação da vazão afluyente durante o Monitoramento da ETE, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2018.	25

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMAT	Associação das Empresas Mineradoras das guas Termais de Goiás
ANOVA	Análise de Variância
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CV	Coeficiente de Variação
DEMAE	Departamento Municipal de água e Esgoto
DMS	Diferena Mínima Significativa
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L^{-1})
DQO	Demanda Química de Oxigênio (mg L^{-1})
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
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informaaes sobre Saneamento
SD	Sólidos Dissolvidos (mg L^{-1})
SDF	Sólido Dissolvido Fixo (mg L^{-1})
SDV	Sólido Dissolvido Volátil (mg L^{-1})
SF	Sólidos Fixos (mg L^{-1})
SS	Sólido Suspenso (mg L^{-1})
SSF	Sólido Suspenso Fixo (mg L^{-1})
SSV	Sólido Suspenso Volátil (mg L^{-1})
ST	Sólidos Totais (mg L^{-1})
SV	Sólidos Voláteis (mg L^{-1})
TDH	Tempo de Detenção Hidráulica (dias; horas)
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISAO DE LITERATURA	2
2.1 Definições e Características do Esgoto Sanitário	2
2.2 Sazonalidade.....	4
2.2.1 Sazonalidade climática	4
2.2.2 Sazonalidade Populacional	5
2.3 Principais Parâmetros de Qualidade dos Esgotos Sanitários.....	6
2.2.1 pH	6
2.2.2 Temperatura.....	7
2.2.3. Teor de Sólidos.....	7
2.2.4 Matéria Orgânica	8
2.3 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) – Processos e Níveis de Tratamento	11
2.3.1 Processos Físicos	12
2.3.2 Processos Biológicos	13
2.4 Reatores Anaeróbios.....	14
2.5 Lagoas de Estabilização.....	16
2.5.1 Lagoas aeradas de mistura completa seguidas de lagoas de decantação.....	16
2.5.2 Lagoas Anaeróbias	17
2.6 Legislação.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo.....	20
3.2 Coleta dos Dados.....	22
3.3 Análise dos Dados	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
4.1 Vazão.....	25
4.2 pH e Temperatura	26
4.3 DBO e DQO	28
4.4 Sólidos Suspensos Totais	31
5 CONCLUSÕES	33
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento desordenado das cidades, formando os grandes centros urbanos, associado a falta de planejamento de ordem sanitária, traz grandes preocupações relacionadas ao meio ambiente e ao bem-estar da população.

Desta forma, as atividades de saneamento têm papel preponderante na qualidade de vida dos centros urbanos, através do fornecimento de água, a coleta, o tratamento e a disposição adequada dos esgotos domésticos que, além de colaborarem para a saúde da comunidade, contribuem para a conservação ambiental, promovendo melhoria das condições sanitárias locais e estéticas, eliminação de focos de contaminação e poluição, além de diminuir os custos no tratamento de água para abastecimento e reduzir os recursos aplicados no tratamento de doenças, como cólera, infecções gastrintestinais, febre tifóide, poliomielite, amebíase e esquistossomose por exemplo.

Além disso, o turismo é uma atividade econômica que não se desenvolve adequadamente em regiões onde não há saneamento básico, pois, se tratando de uma atração nada agradável, a contaminação do ambiente por esgotamento compromete, ou até anula, o potencial turístico de uma região.

Localizado no Estado de Goiás, o município Caldas Novas possui um dos maiores mananciais hidrotermais aproveitáveis do mundo, motivo ao qual levou a grande procura pela região, levando a partir da década de 70, ao alto investimento em turismo, resultando no aumento da população residente de forma intensa, consequência do crescimento econômico que atraiu para a cidade um número muito grande de migrantes, e com o aumento cada vez maior da população flutuante atraída pelo turismo (PRADO; GOMES; FERREIRA, 2008).

A cidade de Caldas Novas, devido a sua urbanização rápida e desordenada, desenvolveu vários problemas ambientais na sua infraestrutura, por esta não ter acompanhado o crescimento populacional, abrindo caminho para uma má ocupação do solo. O expansionismo do município ampliou de forma significativa a produção de esgoto (COSTA et al., 2007). Provocando problemas de extravasamento do esgoto na Estação de Tratamento de Esgoto municipal por deficiência da capacidade do sistema de tratamento, incidindo diretamente no corpo receptor, segundo explica Costa e Nishiyama (2012).

Desta forma, no presente estudo, objetivou-se avaliar a variação da eficiência total da estação de tratamento de esgoto do município de Caldas Novas – GO com base nas sazonalidades turística e climática, por meio da análise dos parâmetros pH, temperatura, DBO, DQO e SST, bem como, se estes estão dentro dos padrões aceitáveis pela legislação.

2 REVISAO DE LITERATURA

2.1 Definições e Características do Esgoto Sanitário

A NBR 9648 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – (ABNT, 1986), define o esgoto sanitário como:

Despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Esgoto doméstico - despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Esgoto industrial - despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos. Água de infiltração - toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações. Contribuição pluvial parasitária - parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário.

A rede coletora de esgoto, ou sistema de esgotamento sanitário, consiste em um conjunto de condutos com o objetivo de coletar, transportar, tratar e dispor os esgotos de forma adequada e esta se encontra em dois tipos de coletores classificados em sistema unitário e sistema separador absoluto. O sistema unitário é caracterizado pela rede pública destinada a captação de águas pluviais também ser utilizada como forma de transporte de esgoto sanitário e o sistema separador absoluto pelas tubulações onde escoam o esgoto ser distinta daquela destinada a drenagem de águas pluviais, sendo este último o mais utilizado nas cidades brasileiras (PASSOS, 2016).

O esgoto, segundo a NTS 025 - Projeto de Redes Coletoras de Esgotos – (SABESP, 2006), nada mais é do que efluentes provenientes de uso doméstico, não doméstico e misto, sendo o esgoto doméstico proveniente principalmente de residências, edifícios comerciais ou instituições ou ainda quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo de utilização da água para fins domésticos, já o esgoto não doméstico é aquele proveniente de qualquer utilização da água para fins comerciais ou industriais os quais adquirem características próprias em função do processo empregado.

De acordo com La Rovere (2002), 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 e dos costumes locais. Estes são constituídos por aproximadamente 99,9% de água e o 0,1% restante é composto por sólidos orgânicos e inorgânicos, sendo eles suspensos ou dissolvidos. As suas características variam em função dos usos a qual a água foi submetida (VON SPERLING, 2005).

Segundo Jordão e Pessôa (2005), as características do esgoto variam quantitativa e qualitativamente de acordo com sua utilização. A quantificação é feita pelo parâmetro vazão, o qual engloba a quantidade do esgoto produzido pela cidade e a água de infiltração

originadas da extensão da rede coletora de esgotos, defeitos nos tubos e paredes dos poços de visita durante um intervalo de tempo, em geral, considerado de um dia (LEME, 2010).

Hanai e Campos (1997) afirmam que, como o escoamento em sistemas coletores de esgoto são por gravidade, a água de infiltração tanto é possível como também deve ser considerada no cálculo da vazão afluente a estação de tratamento.

A vazão do esgoto doméstico é feita com base no uso da água de abastecimento, a qual não é uniforme. Conforme descrito na NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - (ABNT, 1986), 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 geração de esgoto em determinado local variam ao longo do dia (variações horárias), ao longo da semana (variações diárias) e ao longo do ano (variações sazonais).

Ainda é importante ressaltar sobre a vazão persistente que equivale a uma vazão atípica, maior ou menor que a vazão de projeto, que persiste em um tempo continuado e eventualmente se repete devido a alguns fatores, como feiras, campeonatos e feriados, mas que podem influenciar no comportamento da ETE (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Quanto as características qualitativas, de acordo com Von Sperling (2005), devido à dificuldade de execução de vários testes em laboratório e os resultados não serem diretamente utilizáveis, se referindo a projeto e operação, é preferível a utilização de parâmetros indiretos de qualidade do esgoto, os quais são divididos em: parâmetros físicos, químicos e biológicos.

As características físicas são aquelas formadas por partículas sólidas ou em estado coloidal, sendo elas de origem orgânica ou inorgânica, que alteram aspectos como a transparência da água (turbidez) e sua cor, além de que, outras substâncias dissolvidas, podem trazer a manifestação de odor e provocar alterações na temperatura. Estas partículas afetam as características da água independente de sua natureza química e biológica (BARROS, 2014).

Ainda de acordo com o mesmo autor, as características de natureza química são constituídas de substâncias orgânicas e inorgânicas solúveis, onde as substâncias orgânicas são representadas pelas proteínas, gorduras, hidratos de carbono, fenóis e por substâncias artificiais, fabricadas pelo homem, como detergentes e defensivos agrícolas. As substâncias minerais mais importantes são nutrientes (nitrogênio e fósforo), enxofre, metais pesados e compostos tóxicos.

As características biológicas do esgoto são compostas, principalmente, por microrganismos representados pelos coliformes fecais, aqueles presentes nas fezes humanas,

por coliformes totais, que estão presentes nas fezes humanas e dos animais e pelos agentes patogênicos, que são organismos e microrganismos que podem transmitir e causar doenças de veiculação hídrica (LEME, 2010).

2.2 Sazonalidade

A sazonalidade é caracterizada por um conjunto de variações periódicas que podem ocorrer ao longo das horas do dia, ao longo dos dias da semana e dos meses do ano.

Como dito no tópico anterior e de acordo com Nuvolari (2003), o esgoto sanitário é formado a partir da utilização de água de abastecimento, sendo o volume de efluente gerado proporcional à quantidade de água consumida pela população e esta quantidade, segundo explica Oliveira (2014), é influenciada por variações sazonais consequentes das estações do ano como as condições climáticas, o cotidiano e as atividades da população e a flutuação populacional influenciada pelo turismo.

2.2.1 Sazonalidade climática

O clima é um termo referente ao estado médio da atmosfera que é obtido por meio da média dos eventos de tempo durante certo período, por meio de informações quanto as variáveis meteorológicas, como a temperatura do ar, umidade relativa, precipitação, entre outras. Além das variáveis meteorológicas, a sazonalidade climática é influenciada pelas características de determinado local, como a latitude, altitude, distância em relação aos oceanos e tipo de superfície, as quais são denominadas de fatores climáticos (REBOITA et al., 2012).

Se tratando dos principais responsáveis pelos padrões sazonais e oscilações nos volumes de água requeridos, associados ao clima, a temperatura, umidade e precipitação influenciam o consumo de água e a consequente geração de esgoto de forma que, conforme aumenta a temperatura aumenta-se o consumo, quando a umidade é baixa, como ocorre em regiões mais secas, o consumo é maior, já a presença de chuvas afeta diretamente o consumo, reduzindo-o drasticamente na sua ocorrência (BARBIERO; LEMES, 2011).

Além disso, as águas provenientes das excessivas chuvas sazonais podem infiltrar nos sistemas de esgotamento pelas paredes das tubulações, juntas mal executadas, tubulações defeituosas, estruturas dos poços de visita e das estações elevatórias, etc., sendo estas contabilizadas a quantificação de esgoto afluente a estação de tratamento. A quantidade de infiltração contribuinte ao sistema depende da qualidade e do tipo de construção das tubulações e das juntas e também das características relativas ao meio, como por exemplo o

nível de água do lençol freático, clima, composição do solo, permeabilidade e vegetação (HANAI; CAMPOS, 1997).

Ainda, as águas das chuvas também podem gerar impactos nas estações de tratamento e nas estações elevatórias ocasionado pela sobrecarga hidráulica devido a existência de ligações clandestinas de esgoto pluvial a rede de esgoto sanitário, conforme explica Portz (2016).

As variações dos fatores meteorológicas tais como luz solar, vento, temperatura e evaporação, sabendo que as lagoas de estabilização se tratam de sistemas naturais, estes afetam seus processos bioquímicos e hidrodinâmicos e consequente eficiência do sistema. Ademais, estes também provocam flutuações na qualidade da água, tanto sazonalmente quanto diariamente, referente aqueles relacionados ao pH e oxigênio dissolvido (MIWA, 2007).

2.2.2 Sazonalidade Populacional

A sazonalidade populacional, também denominada população flutuante, é uma variação comum da população que ocorre ao longo do ano em localidades turísticas e de veraneio, atingindo valores mais elevados durante as férias e feriados importantes.

A população flutuante, segundo a NBR 9648 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – (ABNT, 1986), se refere à população que, proveniente de outras comunidades, se transfere ocasionalmente para área considerada, impondo ao sistema de esgoto uma contribuição individual análoga à da população residente.

Se tratando de sistemas de tratamento compacto, onde o líquido fica retido em apenas algumas horas, os picos populacionais de poucos dias, como os feriados, poderão ocasionar grande impacto, por exemplo, a diminuição da eficiência. O contrário do que ocorreria caso o tempo de detenção hidráulico fosse longo (vários dias), podendo não sofrer impacto dependendo das cargas ao qual é usualmente submetido. No caso das férias, com duração de um a dois meses, mesmo os sistemas com longo tempo de detenção hidráulica poderão ser afetados (VON SPERLING, 2005).

Um sistema pode ser considerado estável, de acordo com Périco (2009), quando este, mesmo exposto as flutuações existentes nas cargas afluentes, nas condições ambientais e nos parâmetros operacionais, não sejam observadas grandes variações na qualidade do efluente gerado. As sobrecargas podem ser de naturezas diversas, tais como hidráulica, orgânica, etc., podendo ser rotineira, frequente ou de ocorrência imprevista.

Nos reatores, com a sobrecarga hidráulica, devido ao aumento súbito da vazão, ocorre a diluição no conteúdo do reator, provocando a lavagem e conseqüente decréscimo das bactérias, resultando na decorrente redução da eficiência do sistema (VON SPERLING, 2016).

Desta forma, como explica Von Sperling (2005), é de suma importância conhecer o acréscimo advindo da população flutuante, a qual gerará esgoto, de forma que não venha a trazer problemas a ETE devido à sobrecarga do sistema, diminuindo sua eficiência. Assim, o sistema de tratamento de esgoto deve ser dimensionado para funcionar de forma adequada nos períodos onde há o aumento da carga.

2.3 Principais Parâmetros de Qualidade dos Esgotos Sanitários

As características do esgoto sanitário variam em função do uso ao qual a água foi submetida. O conhecimento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do efluente é de fundamental importância pois nos fornece um diagnóstico do potencial impacto ambiental (LINS, 2010). Além disso, os parâmetros de qualidade dependem do fim ao qual o efluente será destinado.

De acordo com Von Sperling (2005), os principais parâmetros para uma avaliação de qualidade destas águas residuárias, na qual é esgoto predominantemente domésticos lançados em rede pública e que não possua parcela significativa de efluentes industriais, são: os sólidos, os indicadores de matéria orgânica, o Nitrogênio, o Fósforo e os indicadores de contaminação fecal, além do pH e temperatura devido a sua importância como parâmetros de projeto e operação de ETES.

2.2.1 pH

O pH é um parâmetro importante pois este exerce influência direta nas operações unitárias envolvidos no sistema de tratamento de efluentes. Isso porque o pH age diretamente nas principais características da solução, influenciando também no potencial corrosivo do efluente, quando o pH é baixo (CASSINI, 2008).

Valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática nos cursos hídricos e os microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgoto. Desta forma, o pH é utilizado como parâmetro de controle e operação, onde seus valores influenciam no tratamento, como, o indicativo de elevadas variações prejudicam a realização do tratamento biológico, afetando as taxas de crescimento dos microrganismos (VON SPERLING, 2005).

2.2.2 Temperatura

Entendida como medição da intensidade de calor, a temperatura é um importante dos mais importantes parâmetros de controle, pois ela afeta na eficiência do sistema de tratamento, uma vez que elevações da temperatura aumentam a taxa de reações físicas, químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases, além de aumentar a taxa de transferências de gases, podendo gerar mau cheiro quando há a liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2005).

Em geral, a temperatura dos esgotos é pouco superior a água de abastecimento, devido a contribuição de despejos domésticos que tiveram a água aquecida. A faixa ótima da temperatura dos esgotos está entre 25°C e 35°C, abaixo de 15°C a digestão anaeróbia praticamente não se processa (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Segundo Cassini (2008) a diminuição da temperatura pode afetar a eficiência do sistema na remoção de sólidos, pois causa o aumento da viscosidade do líquido, porém diminui a sedimentação dos sólidos presentes no líquido devido à resistência causada pela viscosidade. Além disso, no tratamento biológico, a temperatura afeta o tipo, o desenvolvimento e a atividade dos microrganismos presentes no efluente.

2.2.3. Teor de Sólidos

Os sólidos são constituídos de todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos. Estes podem ser de origem orgânica e inorgânica e vão desde pequenas partículas até os coloides (VON SPERLING, 2005). Das características físicas, o teor de sólidos é o de maior importância. Além disso, sua análise é importante no controle físico e biológico do processo de tratamento de efluentes, bem como, de forma a estar dentro dos limites estabelecidos órgãos competentes (CASSINI, 2008).

Segundo Jordão e Pessoa (2005), sólidos totais (ST) são, por definição, a matéria orgânica que permanece como resíduo após evaporação a temperatura de 103 °C. Ainda, segundo Jordão e Pessoa (2005) e Von Sperling (2005), os sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e estado (sólidos em suspensão ou dissolvidos), características químicas (sólidos fixos ou voláteis) e pela sedimentabilidade (em suspensão sedimentáveis e não sedimentáveis).

Lins (2010) também define os sólidos totais (ST) como o resíduo remanescente após a evaporação a 103 °C. O mesmo autor, ainda subdivide os sólidos totais e os define como:

Sólidos em suspensão (SS): são os sólidos de diâmetro mínimo da partícula de 0,1 micrometro que ficam retidos no meio filtrante cujas dimensões são padronizadas (0,45 a 2,0µm).

É composto por sólidos fixos, que são os componentes minerais, não inertes incineráveis e por sólidos voláteis, que são os componentes orgânicos (VON SPERLING, 2005).

Sólidos dissolvidos (SD): são obtidos pela diferença entre os valores dos sólidos totais e em suspensão. Neste está incluída a matéria coloidal, partículas cujo diâmetro está entre 10^{-6} e 10^{-3} mm. É composto por sólidos fixos (componentes minerais) e voláteis (componentes orgânicos) (VON SPERLING, 2005).

Sólidos voláteis (SV): matéria orgânica que é volatilizada a partir dos sólidos totais a uma temperatura de 600 °C.

Sólidos fixos (SF): material mineral que permanece na forma de cinza após os sólidos totais serem aquecidos a temperatura de 600 °C por 30 minutos.

Lins (2010) ainda afirma que para efeito de controle da operação de sedimentação, os sólidos costumam ser classificados como sedimentáveis e não sedimentáveis, onde:

Sedimentáveis: são aqueles que sedimentam num período de 1 hora no cone Imhoff. A sua quantidade está relacionada com a quantidade de lodo que poderá ser removida por sedimentação nos decantadores. É um parâmetro importante, uma vez que, caso sua remoção não seja eficiente poderá causar o assoreamento do corpo receptor.

A tabela 1 apresenta a distribuição típica entre os diversos tipos de sólidos presentes do esgoto bruto em se tratando da concentração.

Tabela 1: Concentrações típicas de sólidos no esgoto bruto

Parâmetro	Faixa de concentração (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

Fonte: Adaptado Von Sperling, 2005.

2.2.4 Matéria Orgânica

A matéria orgânica carbonácea, ou simplesmente matéria orgânica baseada no carbono orgânico a qual está presente nos esgotos afluentes a uma estação de tratamento é uma característica de primordial importância, uma vez que esta é a causadora do principal problema de poluição dos corpos d'água. De forma que, o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos processos de utilizado e estabilização da matéria orgânica

provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (VON SPERLING, 2016).

A matéria orgânica presente nos esgotos é constituída por proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), óleos e graxas (8 a 12%), ureia, a maior constituinte da urina e outras moléculas orgânicas sintéticas com estrutura que podem variar de simples até extremamente complexa como os surfactantes, fenóis, pesticidas e outros aparecem em menor quantidade (METCALF; EDDY, 2003 apud LOPES, 2015).

A matéria carbonácea presente nos esgotos ainda pode ser classificada quanto a sua forma e tamanho, sendo dissolvida ou particulada e também quanto a biodegradabilidade, se caracterizando como inerte ou biodegradável (VON SPERLING, 2016). Segundo Cassini (2008), em um efluente de média carga orgânica contendo 75% de sólidos em suspensão, ao menos 40% deste são de sólidos orgânicos.

Von Sperling (2005) afirma que, em termos práticos, usualmente não há a necessidade de se caracterizar a matéria orgânica em termos de proteínas, gorduras, carboidratos, etc., pois a dificuldade na determinação laboratorial dos diversos componentes da matéria orgânica das águas residuárias é grande, devido as suas múltiplas formas e compostos. Neste sentido, podem ser adotados métodos diretos ou indiretos para a determinação da matéria orgânica.

De acordo com Metcalf e Eddy (2003 apud LOPES, 2015), os principais métodos laboratoriais utilizados na determinação da matéria orgânica nos esgotos incluem a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e o Carbono Orgânico Total (COT). Todavia, este último é pouco utilizado devido ao alto custo do equipamento, além de não informar o real potencial poluidor do efluente (CAMMAROTA, 2011).

2.2.4.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é definida como a quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos no processo de oxidação da matéria orgânica e da amônia. Portanto, essa análise pode ser utilizada para quantificar o teor ou a concentração de substâncias presentes no efluente que consomem oxigênio (CASSINI, 2008).

Sendo a forma mais utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica presente no efluente, a DBO é um parâmetro importante no que diz respeito a tratabilidade das águas residuárias nas estações de tratamentos. O teste de DBO se trata de uma estimativa do grau de depleção do oxigênio em um corpo receptor natural e em condições anaeróbicas. Além disso,

pode ser utilizado também para a avaliação e controle da poluição das águas (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Ainda de acordo com Jordao e Pessôa (2005), a medição da DBO é padronizada pelo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, onde se mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente numa amostra, após o período de 5 dias à temperatura de 20°C.

Segundo Andrade Neto e Campos (1999), nos esgotos sanitários, a DBO varia entre 150mg L⁻¹ a 600mg L⁻¹, o que significa que cada litro de esgoto lançado no corpo será consumido 150mg a 600mg de oxigênio por meio das reações bioquímicas, podendo ser maior ou menor, uma vez que estes valores são determinados em laboratório.

2.2.4.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO refere-se à quantidade de oxigênio utilizada para realizar a oxidação química da matéria orgânica obtida através de um forte oxidante (permanganato ou dicromato de potássio) em solução ácida. O valor obtido é uma indicação da quantidade de oxigênio que seria consumida após o lançamento do efluente no corpo receptor, de forma que altos valores de DQO podem indicar alto potencial poluidor (LINS, 2010).

Assim como a DBO, a DQO é um parâmetro muito utilizado para medir, de forma indireta, a quantidade de matéria orgânica. A principal diferença entre os dois testes esta apresentado na nomenclatura, onde DBO se relaciona a oxidação bioquímica e a DQO se relaciona com a oxidação química da matéria orgânica. Além disso, a DQO apresenta uma vantagem em relação a DBO é a obtenção do resultado em menor tempo (VON SPERLING, 2005).

A medição da DQO é padronizada pelo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. O valor estimado da DQO de determinado efluente fornece uma boa ideia da quantidade de matéria orgânica presente, uma vez que este método fornece uma boa oxidação de toda a matéria orgânica e, inclusive, de alguns constituintes inorgânicos (CASSINI, 2008). Segundo Von Sperling (2005), uma das limitações do teste de DQO, é que este são oxidadas tanto fração biodegradável quanto a fração inerte, superestimando o valor de oxigênio a ser consumido no tratamento biológico, ainda, o valor de DQO será sempre maior que o de DBO.

Jordão e Pessôa (2005), afirmam que, tipicamente, a DQO dos esgotos domésticos varia entre 200mg L⁻¹ e 800mg L⁻¹, se mantendo entre 1,7 e 2,5 vezes o valor da DBO.

Ainda de acordo com Von Sperling (2005), através da relação DQO/DBO é possível estabelecer o método de tratamento a ser empregado. Desta forma, quando esta for baixa (<2,5), a fração biodegradável é alta indicando tratamento biológico, já se esta for elevada (>3,5 ou 4,0) a fração inerte é alta, isso indica a utilização de tratamento físico-químico. Além disso, para esgotos domésticos brutos, esta relação varia em torno de 1,7 a 2,4 e a medida que o esgoto passa pelas unidades a relação aumenta de maneira que, quanto maior a eficiência do tratamento, maior será essa relação.

2.3 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) – Processos e Níveis de Tratamento

Uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) pode ser definida como uma unidade ou estrutura projetada com o objetivo de tratar o esgoto, onde, em uma área delimitada, através de processos físicos, químicos ou biológicos, o homem simula ou intensifica as condições de autodepuração que ocorrem na natureza, onde supervisiona e exerce algum controle sobre os processos de depuração, de forma que possa devolver ao meio ambiente um efluente tratado capaz de atender aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação (LA ROVERE, 2002).

Conforme apresentado na NBR 12209 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário - (ABNT, 1992), uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é 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.

Segundo Cassini (2008), os sistemas de tratamento de efluentes são baseados nas transformações dos poluentes dissolvidos e suspensos em inertes e/ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólidas e líquidas. Diz ainda, que é necessário conhecer o princípio de funcionamento de cada operação unitária utilizada bem como a ordem de associação dessas operações que definem os processos de tratamento.

A respeito da concepção de uma ETE, Von Sperling (2005) cita que os aspectos a serem levados em consideração na seleção de sistemas de tratamento de esgotos são: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade.

A eficiência do tratamento, conforme a NBR 12209 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário - (ABNT, 1992), é a redução percentual dos parâmetros de carga poluidora promovida pelo tratamento. Assim, o desempenho ou eficiência de uma ETE

é avaliado por meio da comparação das quantidades ou concentrações dos constituintes poluidor presentes no afluente e no efluente líquido final.

De forma a atingir a eficiência desejada são aplicados métodos de tratamento de efluentes, cujo princípio é o uso de forças físicas que são conhecidas como operações unitárias e os métodos que propiciam a remoção de contaminantes por meio de reações químicas e biológicas são denominados processos unitários (LOPES, 2015). Essas operações e processos, constituem os vários níveis de tratamento denominados preliminar, primário, secundário e terciário ou avançado, os quais suas principais características estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Níveis do tratamento dos esgotos

Nível	Remoção
Preliminar	Sólidos em suspensão grosseiros, materiais de maiores dimensões, areia e gorduras (são removidos com a finalidade de evitar danificações nos equipamentos e etapas subsequentes).
Primário	Sólidos em suspensão sedimentáveis; DBO em suspensão (matéria orgânica em suspensão componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis).
Secundário	DBO em suspensão (matéria orgânica em suspensão fina, não removida no tratamento primário); DBO solúvel (matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos); Ocasionalmente, nutrientes e patógenos.
Terciário	Nutrientes, patógenos, sólidos inorgânicos dissolvidos, sólidos em suspensão remanescentes, compostos não biodegradáveis, metais pesados.

Fonte: Von Sperling (2005).

2.3.1 Processos Físicos

Consiste nos processos de um sistema de tratamento onde há a predominância de fenômenos físicos, geralmente usados nos níveis de tratamento preliminar e primário, e são caracterizados principalmente nos processos onde é possível a remoção de substâncias fisicamente separáveis da fase líquida ou que não estejam dissolvidas (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

O tratamento preliminar destina-se principalmente para remoção de sólidos grosseiros e areia. Se trata de operações unitárias localizadas a montante da estação de tratamento de esgoto, e além da remoção de materiais sólidos grosseiros, tem como principais funções a proteção e melhoria do desempenho de unidades de tratamento subsequentes. Dentre as operações unitárias incluídas no nível preliminar estão as grades, peneiras, caixas de areia e retenção grosseiras de óleos e graxas (MACKENZIE, 2010).

De acordo com Von Sperling (2005), o tratamento preliminar também tem como finalidade a proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos, como as bombas e tubulações, bem como a proteção dos corpos receptores.

Ainda, segundo o mesmo autor, a remoção dos sólidos grosseiro, neste nível, é feita por grades grossas e finas ou peneiras, onde os materiais de dimensões maiores ficam retidos nos espaços. Já a remoção da areia contida nos esgotos é feita através de unidades especiais denominadas de caixa de areia ou desarenadores. Usualmente, além das unidades de remoção dos sólidos grosseiros, há uma calha Parshall para a medição da vazão.

Cammarota (2011), afirma que, no tratamento preliminar praticamente não há remoção de DBO, sendo cerca de 5 a 25%, uma vez que esta etapa consiste na preparação do efluente para o tratamento posterior.

2.3.2 Processos Biológicos

Os processos biológicos são aqueles que dependem da ação dos microrganismos para a remoção dos contaminantes presentes nos esgotos (JORDÃO; PESSÔA, 2005). Estes processos reproduzem o fenômeno de autodepuração, processo natural que ocorre no corpo hídrico após este receber os despejos, onde a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes por mecanismos puramente naturais (VON SPERLING, 2016).

Os processos biológicos, geralmente empregados no nível secundário de tratamento, são usados para remover a matéria orgânica remanescente dos tratamentos preliminar e primário, a qual se apresenta nas formas de matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel ou filtrada) e matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada). Esses processos são usados também, eventualmente, para remoção de nutrientes como fósforo e nitrogênio (LEME, 2010).

Segundo Rocha (2005), o tratamento secundário, etapa onde são reproduzidos os fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica para remoção biológica dos poluentes, consiste na conversão da matéria orgânica mais complexa em compostos mais simples através de microrganismos presentes no lodo que a utilizam como fonte de energia para o seu crescimento e manutenção de suas necessidades energéticas. Os principais microrganismos envolvidos tratamento são as bactérias, protozoários, fungos e vermes, sendo as bactérias os mais importantes na estabilização da matéria orgânica.

Esse processo pode ser conduzido em ambientes anaeróbios, quando a biodigestão da matéria orgânica carbonácea ocorre na ausência de oxigênio, ou em ambientes aeróbios onde há a presença de oxigênio (ALBORNOZ, 2015). De acordo com Amorim (2014), nos

processos aeróbios, a estabilização dos despejos é realizada por microrganismos aeróbios e facultativos e nos processos anaeróbios os microrganismos atuantes são os facultativos e anaeróbios. Os processos aeróbios podem ser lodos ativados, filtro biológico, lagoa de estabilização aeróbia, entre outros.

As lagoas de tratamento são consideradas como uma das técnicas mais simples de tratamento de esgotos e é a mais empregada nas regiões quentes do Brasil. Sua fonte de energia para a estabilização da matéria orgânica se dá através da radiação solar, desta forma, a temperatura é um fator importante para implantação deste sistema. O tratamento por meio das lagoas é constituído unicamente por processos naturais através de três zonas: anaeróbia, aeróbia e facultativa (NASCIMENTO; FERREIRA, 2007).

Os mesmos autores afirmam que os reatores anaeróbios, outra técnica de tratamento, são sistemas mais compactos, assim, economiza-se em área e em tempo de detenção hidráulica. Além disso, o volume de lodo produzido é pequeno e praticamente estabilizado no seu descarte. Ainda, afirmam que, para a implantação de um projeto de tratamento, é de suma importância analisar a eficiência em paralelo com requisitos de área, viabilidade econômica e com o tempo de detenção hidráulica.

2.4 Reatores Anaeróbios

Segundo Lins (2010), a tecnologia de tratamento por processo biológico anaeróbio mais utilizada no Brasil, devido as condições climáticas do país, é o reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors), ou em português, reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (RAFA). Sendo o tipo mais comum utilizado para tratamento de efluentes tanto domésticos quanto industriais, esses sistemas se baseiam nos parâmetros de DBO e DQO para avaliação da eficiência de remoção de material orgânico.

Com a finalidade de remover a matéria orgânica proveniente do esgoto bruto, o reator anaeróbio se trata de uma unidade que possibilita o transporte das águas residuárias através de uma região que possui uma elevada concentração de microrganismos anaeróbios (LIMA, 2006).

No reator, o afluente entra pelo fundo e segue por fluxo ascendente até o topo, passando por três etapas, sendo elas o leito do lodo, onde a concentração de biomassa ativa é elevada, a manta de lodo, onde a biomassa é menos densa, e por fim o separador trifásico, onde ocorre a separação dos sólidos em suspensão (lodo), do líquido e do biogás (CHERNICHARO, 2008). A biomassa no reator cresce dispersa, formando pequenos grânulos que tendem a servir de meio suporte para outras bactérias (MELLO, 2007).

De acordo com Von Sperling (2005), o efluente sai clarificado, e a concentração de biomassa no reator é mantida elevada. Como sua produção é bem baixa, o lodo já sai estabilizado, podendo ser simplesmente desidratado em leitos de secagem.

A dinâmica do leito de lodo, nos reatores anaeróbios, pode ser afetada devido à variação da carga hidráulica, uma vez que maiores cargas implicam em maiores velocidades ascensionais e na conseqüente expansão do leito de lodo, assim, provocando a diminuição da sua capacidade de filtração e, também, em uma perda de biomassa do sistema pelas elevadas velocidades, podendo obter grandes concentrações de sólidos em suspensão no efluente (SALIBA, 2016).

No tratamento por processos anaeróbios, principalmente em reatores anaeróbios, o processo de remoção de gordura é de suma importância para evitar agravantes, pois a espuma formada pela gordura no tratamento de esgoto gera problemas operacionais, dificulta saída dos gases, além de provocar outras preocupações (PEIXOTO, 2013).

Jordão e Pessôa (2005), afirmam que, um reator anaeróbio bem projetado costuma obter um efluente com eficiência média de remoção de 65% de DQO e 70% de DBO e possui, tipicamente, tempo de detenção hidráulica (TDH) na faixa de 6 a 10 horas. Porém, possui eficiência insatisfatória quanto a remoção de nitrogênio, fósforo e coliformes.

Conforme está destacado na tabela 3, se adotado isoladamente.

Tabela 3: Características típicas de reatores anaeróbios

Parâmetro	Qualidade do efluente (mg L⁻¹)	Eficiência de remoção (%)
DBO ₅	70 – 100	60 – 75
DQO	180 – 270	55 – 70
SS	60 -100	65 – 80
Nitrogênio	> 15	< 50
Nitrogênio total	> 20	< 60
Fósforo total	> 4	< 35
Parâmetro	Qualidade do efluente (NMP/100ML)	Eficiência de remoção (unidade log.)
Coliformes Fecais	10 ⁶ – 10 ⁷	~ 1

Fonte: Adaptado Von Sperling, 2005 apud Nascimento e Ferreira, 2007.

O reator anaeróbio dificilmente produz um efluente que atenda aos padrões de lançamento, necessitando, assim, da incorporação de um pós-tratamento, de forma a se gerar um efluente que se adeque aos padrões (VON SPERLING, 2005).

Como pós-tratamento dos reatores UASB, afim de se obter uma maior eficiência na remoção de matéria orgânica e na remoção de patogênicos, segundo Chernicharo (2008), pode-se utilizar as lagoas de estabilização, todavia, estas apresentam como desvantagens as elevadas concentrações de algas no efluente dessas lagoas.

2.5 Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização são um sistema de tratamento cujo princípio é a estabilização da matéria orgânica. Essa estabilização se dá através da oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) ou redução fotossintética das algas (SAMUEL, 2011).

De acordo com Von Sperling (2002), o sistema de lagoas de estabilização constitui de uma forma simples de tratamento de esgoto, que depende unicamente de fenômenos puramente naturais e tem como principal objetivo a remoção da matéria rica em carbono e também, em alguns casos, o controle de organismos patogênicos. O esgoto afluente entra em uma extremidade da lagoa e sai na extremidade oposta. Ao longo desse percurso, que demora vários dias, uma série de eventos contribui para a purificação dos esgotos.

Embora sejam caracterizadas pela simplicidade, eficiência e baixo custo, as lagoas necessitam de grandes áreas para sua implantação, pois se tratam de grandes tanques de pequena profundidade (<5m) definidos por diques de terra, onde o esgoto é tratado inteiramente por processos naturais utilizando a radiação solar como fonte de energia em seu processo de operação, ou seja, sem exigência de nenhuma outra energia externa (TELLES; COSTA 2010).

As lagoas de estabilização podem ser classificadas com base na forma predominante em que a matéria orgânica é estabilizada. Sendo elas anaeróbias, facultativas e de maturação/polimento.

2.5.1 Lagoas aeradas de mistura completa seguidas de lagoas de decantação

Na lagoa aerada de mistura completa, lagoa cujo sistema é essencialmente aeróbio, a energia em movimento introduzido pela aeração cria uma turbulência que garante a oxigenação e permite que todos os sólidos sejam mantidos dispersos no meio líquido.

De acordo com Amorim (2014), os sólidos mantidos em suspensão e em mistura completa, são provenientes da matéria orgânica contida no efluente e também as bactérias (biomassa). Assim há um maior contato entre a matéria orgânica e as bactérias, promovendo uma elevada eficiência do sistema, pois os aeradores servem não somente para oxigenar o sistema, mas também para manter a biomassa suspensa.

Neste sistema o tempo de detenção varia de 2 e 4 dias, fazendo com que esse tipo de sistema não seja adequado para o lançamento direto, pois ainda contém elevado teor de sólidos em suspensão. Razão esta pela qual estas lagoas são seguidas de lagoas de decantação, onde a decantação e sedimentação destes sólidos ocorrem (VON SPERLING, 2002).

Ainda segundo o mesmo autor, os sólidos em suspensão produzidos nas lagoas aeradas tendem a sedimentar por cerca de 2 dias, sendo o tempo de decantação relativamente baixo, implicando, assim, na necessidade de remoção do lodo de 1 a 5 anos. E dentre os sistemas de lagoas, o sistema de lagoa aerada de mistura completa seguido de lagoa de decantação é o que requer menor requisito de área.

2.5.2 Lagoas Anaeróbias

As lagoas anaeróbias consistem em uma forma alternativa de tratamento, onde é essencial a existência de condições estritamente anaeróbias. Isso é possível através do lançamento de uma grande carga de DBO por unidade de volume da lagoa, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja várias vezes superior à taxa de produção (VON SPERLING, 2002). Essas lagoas são usadas amplamente para tratamento de esgoto como passo preliminar em séries de lagoas de estabilização.

A estabilização nas lagoas anaeróbias ocorre como num digestor anaeróbio ou numa fossa séptica sem o consumo de oxigênio dissolvido, por meio dos fenômenos de digestão ácida e fermentação metânica (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Fundamentalmente semelhantes aos tanques sépticos, as lagoas anaeróbias também são um sistema de escoamento horizontal do esgoto contendo lodo anaeróbio no fundo da lagoa. A turbulência provocada por bolhas de gás ou devido a ventos e insolação (mistura mecânica e térmica respectivamente) podem levar a ocorrência da mistura da fase líquida (PEDRELLI, 1997).

As lagoas anaeróbias possuem tempo de detenção hidráulico de no mínimo 3 dias e são usualmente profundas, variando de 3 m a 5 m. A profundidade é importante para reduzir a possibilidade da penetração do oxigênio produzido na superfície para as demais camadas, para garantir a predominância das condições anaeróbias, evitando que a lagoa trabalhe como facultativa. Além disso, estas lagoas não requerem qualquer tipo de equipamento especial e tem um consumo de energia praticamente desprezível (VON SPERLING, 2002).

Entretanto, segundo o mesmo autor, existe a preocupação da geração de mau odor por parte dessas lagoas. Todavia, se o sistema estiver em equilíbrio, isto é, recebendo carga ou vazão pela qual ele foi projetado e se não houver problemas operacionais, essa possibilidade pode ser reduzida.

Embora haja redução considerável da carga de DBO, cuja eficiência de remoção é de cerca de 50% a 60%, para atender a legislação com relação ao lançamento em corpos hídricos

é necessário a utilização de um tratamento complementar, como lagoas facultativas em série, por exemplo (TARDIVO, 2009).

2.6 Legislação

Os efluentes originados em estações de tratamento de esgotos - ETEs - podem ter duas destinações: reutilização ou disposição no ambiente, através de descarga e diluição em ambientes aquáticos ou aplicação no solo. De forma a garantir que os impactos ambientais provocados pela disposição desses efluentes tratados sejam aceitáveis, há uma série de legislações ambientais, critérios e políticas que procuram influir tanto na seleção dos locais de descarga quanto na exigência do nível de tratamento (OLIVEIRA, 2006).

As legislações federais e estaduais, no Brasil, classificam seus corpos d'água em função dos seus usos preponderantes e estabelecem, para cada classe de água, os padrões de qualidade a serem obedecidos, afim de se promover a proteção da qualidade da água e, assim, assegurar os usos previstos.

A classificação dos corpos hídricos é estabelecida de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de qualidade, bem como os padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classificada as águas do Território Nacional em doces, salobras e salinas, sendo estas separadas em classes. Segundo define a mesma resolução, as águas doces, enquanto não forem aprovados os enquadramentos, serão consideradas como Classe 2 com algumas exceções.

Para proporcionar melhores condições para que os padrões de qualidade de um corpo d'água não sejam excedidos e para facilitar o controle dos focos de poluição e dos agentes poluidores pelo órgão ambiental, geralmente são estabelecidos limites para o lançamento de efluentes em função da classe do corpo receptor. Para isso, são considerados um conjunto de parâmetros e os respectivos limites que devem ser atendidos pelos efluentes lançados de forma direta ou indireta nos corpos d'água, de maneira a não se prejudicar o seu uso (OLIVEIRA, 2006).

Esses padrões de lançamento são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/11, a qual dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2011).

A resolução ainda determina que o lançamento de efluentes em corpos de água, com exceção daqueles enquadrados na classe especial, não poderão exceder as condições e padrões

de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível, além de atender outras exigências aplicáveis, devendo este passar por devido tratamento, para que os efluentes não conferiram ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

Os principais parâmetros quanto a caracterização do efluente, com finalidade de lançamento, vinculados as águas de classe 2 são observados, conforme mostra tabela 4.

Tabela 4: Condições de lançamento de efluente estabelecido pela Resolução nº 430/2011- Conselho Nacional do Meio Ambiente

Parâmetro	Condições
pH	Entre 5 e 9
Temperatura	< 40°C
DBO 5 dias, 20°C	Máximo 120mg L ⁻¹
DBO 5 dias, 20°C	Remoção mínima 60%

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 430/2011.

Referente a DBO 5 dias, 20°C, a alínea d), § I do art. 21, seção III da Resolução nº 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011), diz: "máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor".

No Estado de Goiás também há 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 nº 8.544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e controle de poluição do meio ambiente (GOIÁS, 1979). Nela são determinados os limites e condições de lançamento, apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Principais parâmetros e condições de lançamentos de efluentes para o Estado de Goiás.

Parâmetros	Condições
pH	Entre 5 e 9
Temperatura	< 40°C
DBO 5 dias, 20°C	Máximo 60mg L ⁻¹
DBO 5 dias, 20°C	Remoção mínima 80%

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

Ao se comparar a Resolução CONAMA nº430/2011 com o decreto estadual nº 1.745/1979, estes se diferem quanto a DBO 5 dias, 20°C, onde na Lei do Estado de Goiás o limite é maior, sendo de 60mg/L ou remoção mínima de 80%. Desta forma, é importante que o efluente a ser lançado atinja os limites estabelecidos pela legislação Estadual.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O município de Caldas Novas – GO (Figura 1), está localizado no sudeste do Estado de Goiás e se encontra à 177 km de Goiânia, capital do Estado e 280 km de Brasília, capital do País e possui população residente de 89.087 habitantes (IBGE, 2018) e economia voltada para o turismo.

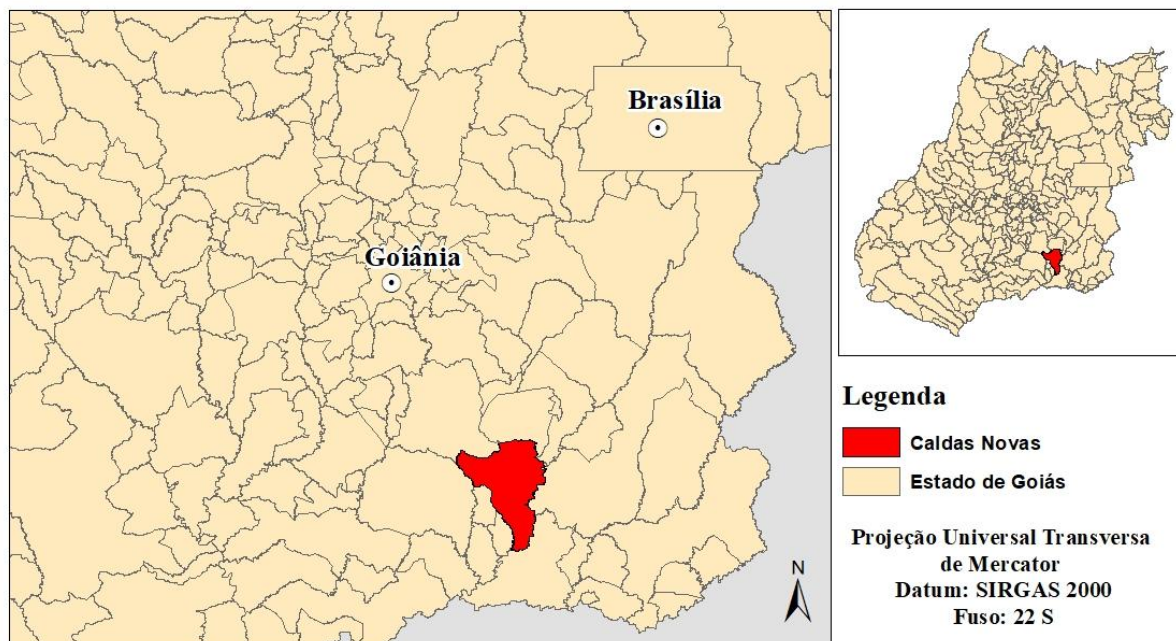


Figura 1: Mapa de localização do município de Caldas Novas - GO.

Fonte: Elaborado pela autora.

Sua sazonalidade turística é bastante peculiar, atraindo pessoas de várias regiões do país, e esta varia em função de diversos fatores como os ciclos de atividades econômicas, as variações do clima, férias escolares, as temporadas de festas e feriados (ROCHA, 2003).

Devido a sua localização, o clima do município predominante é tropical chuvoso de savana, quente e úmido, com chuvas de verão. De acordo com o Climatempo, a precipitação média anual é de 1.418mm e o período chuvoso acontece entre outubro e março, com totais médios de 269 mm no mês de janeiro e os meses de mais frio são maio, junho e julho.

A rede coletora de esgoto, do tipo separador absoluto, possui 180km de extensão (SNIS, 2017), e conduz o esgoto por gravidade até a estação.

Contribuindo a estação, alguns efluentes de indústrias hoteleiras, cerca de 41 economias cadastradas até julho de 2018, após passarem por um tratamento prévio em suas estações de tratamento lançam seus efluentes na rede municipal, porém não existe um decreto

regulamentando o padrão do efluente líquido proveniente dessas economias para que este possa ser lançado na rede coletora municipal de esgoto (DEMAE, 2018).

A estação de tratamento de esgoto do município, objeto deste estudo, é operada pelo Departamento Municipal de Água de Esgoto – DEMA E e está localizada no perímetro urbano do município, no bairro Estância dos Buritis, próxima ao aeroporto, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 17°43'59" Sul e Longitude 48°36'21" Oeste.

A ETE possui uma área total de 19ha e foi reinaugurada em fevereiro de 2014. Esta foi projetada com uma vazão de 100 L.s⁻¹ e atende cerca de 70.000 habitantes (SNIS, 2017), o que corresponde a 82,44% da população total residente. O efluente tratado é lançado no Ribeirão Caldas, localizado a aproximadamente 95m da estação.

A unidade conta com tratamento preliminar composto por gradeamentos, caixa de areia e caixa de espuma, posterior tratamento secundário por processo biológico realizado pelo Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) seguido de lagoas de estabilização, como mostra a figura 2.



Figura 2: Estação Tratamento de Esgoto de Caldas Novas - GO vista por satélite.

Fonte: Google Earth, 2019.

O sistema (Figura 3) contempla em sua configuração com quatro reatores anaeróbios e duas lagoas anaeróbias em série, com os principais parâmetros de projeto apresentados na tabela 6.

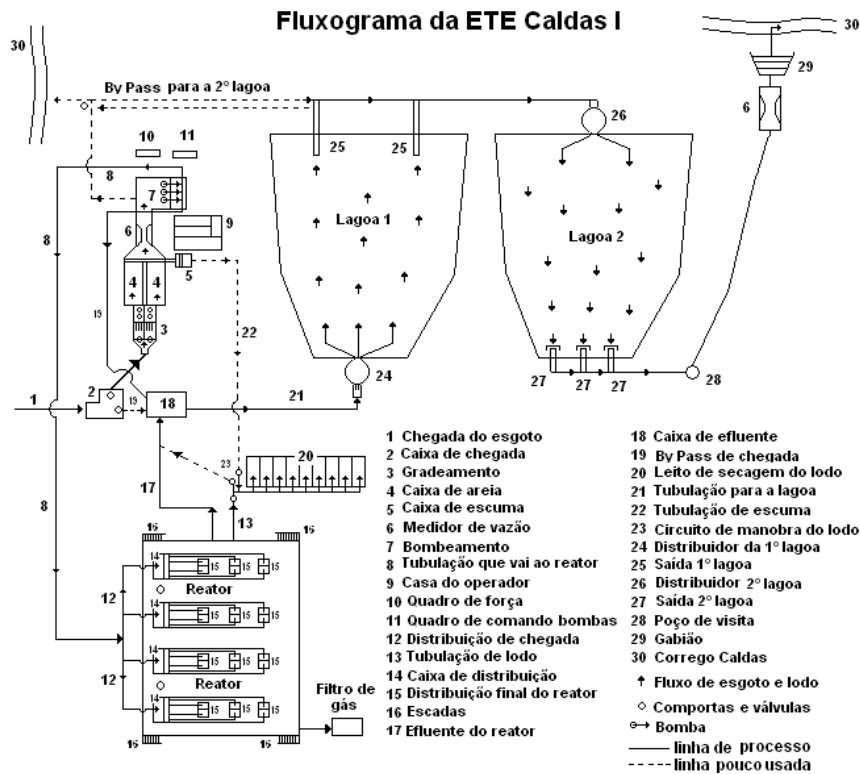


Figura 3: Fluxograma do sistema da Estação de Tratamento de Esgoto de Caldas Novas - GO.

Fonte: DEMA E, 2019.

Tabela 6: Parâmetros de projeto Estação de Tratamento de Esgoto de Caldas Novas - GO

Parâmetros de Projeto	Reatores anaeróbios	Lagoas anaeróbias
Profundidade Útil	4,5m	5m
Volume Útil	2.000m ³	30.000m ³
Tempo de Detenção Hidráulico	6 horas	3,5 dias

Fonte: DEMA E, 2019.

A princípio as lagoas foram projetadas como lagoa aerada e lagoa de decantação, porém atualmente não existem aerados instalados na lagoa.

3.2 Coleta dos Dados

Os dados foram concedidos pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto de Caldas Novas – DEMA E, por meio de planilha das análises de monitoramento periódicos.

Os dados concedidos das análises físico-químicas dos parâmetros Vazão, Temperatura, pH, DBO, DQO e Sólidos Suspensos referem-se ao monitoramento mensal do afluente e efluente final do sistema avaliados no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2018.

As análises são realizadas por um laboratório terceirizado através de amostras colhidas por membros da ETE e colocadas em frascos para preservar as amostras seguindo as normas de coleta e preservação de amostras segundo a NBR 9.898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987).

As quantidades de dados dos resultados das análises referente aos anos variam conforme mostra a tabela 7.

Tabela 7: Quantidade de dados coletados no período de 2016 a 2018

Ano	Vazão	Temp	pH	DBO	DQO	SS
2016	12	12	12	25	25	25
2017	12	12	12	18	18	18
2018	12	12	12	25	25	25

Fonte: DEMAE, 2019

Todas as análises foram realizadas com procedimento analítico conforme metodologia de Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

3.3 Análise dos Dados

Os resultados dos parâmetros foram obtidos através de estatística descritiva, por meio do cálculo da análise de variância (ANOVA) e aplicando o teste de Tukey que, a partir da utilização da diferença mínima significativa (DMS), verifica-se a diferença significativa entre as médias.

A estatística foi aplicada para comparação entre os dados dos três anos no período em estudo e entre afluente e efluente. Para os parâmetros Vazão e Temperatura, também foi feita a comparação entre os dados do período seco e o período chuvoso.

Para os dados que obtiveram variação muito alta, Afim de demonstrar a variabilidade entre os resultados e consequentemente a confiabilidade entre eles, foi calculado o coeficiente de variação (CV) que indica o grau de variação e serve para dizer o quanto os valores dos quais se extraiu a média são próximos ou distantes da própria média. O CV pode ser definido como o desvio padrão expresso em porcentagem da média e é obtido pela equação 1:

$$CV (\%) = \frac{S}{X} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

CV = é o coeficiente de variação

S = é o desvio padrão

X = é a média dos dados

O cálculo da eficiência teve como base a média aritmética de todos os valores encontrados referentes a cada parâmetro e foi obtida através da equação 1, conforme estabelecido por Von Sperling (2005).

$$E (\%) = \frac{Ca - Ce}{Ca} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

E = eficiência do sistema (%)

Ca = concentração afluenta do poluente (mg L⁻¹)

Ce = concentração efluente do poluente (mg L⁻¹)

Todos os cálculos estatísticos foram processados com o auxílio software Excel, de modo a facilitar a comparação dos mesmos com as referidas normas.

Para a avaliação da eficiência da estação de tratamento em estudo foi feita uma comparação entre as médias dos parâmetros selecionados e os valores máximos previstos em normas vigentes quanto ao lançamento de efluentes em corpos receptores, tanto a nível federal (Resolução 430/2011 - CONAMA) como também a nível estadual (Decreto n°. 1.745/1979).

Para os parâmetros não preconizados pela legislação quanto aos limites de lançamento, buscou-se comparar com dados registrados na literatura em termos de eficiência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Vazão

Os dados obtidos pelo monitoramento da vazão afluyente a ETE, no período em estudo, indicam que o sistema opera atualmente com uma vazão média de aproximadamente 261,61 m³/h, referente a 72,5% da sua vazão de projeto, isto é, operando dentro de seu limite.

O gráfico na figura 3 mostra a variação da vazão afluyente, todavia, como pode ser observado na tabela 8, os coeficientes de variação dos três anos são baixos, expressando homogeneidade entre os dados, ou seja, não há muita variação. O que indica que esta é resultante da sazonalidade climática, a qual afeta o consumo de água e conseqüente geração de esgoto, além das chuvas, que, ao infiltrarem no solo e depois nas redes coletoras, contribuem no volume de esgoto afluyente, conforme explica Hanai e Campos (1997). Porque, mesmo a ETE recebendo efluente de alguns hotéis da região central, segundo consta no Plano de Saneamento do município (DEMAE, 2018) estes equivalem a 0,1% das ligações residenciais, não sendo significativo.



Figura 4: Variação da vazão afluyente durante o Monitoramento da ETE, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2018.

Tabela 8: Análise de Variância e Teste de Tukey da vazão média afluyente a ETE de Caldas Novas/GO.

Análise de variância	Vazão (m ³ /h)	Teste de Tukey a 5%	CV (%)
GL resíduo	33	Vazão (2016): 284,85 a	4,46
F tratamentos	7,40**	Vazão (2017): 255,44 b	16,19
Média geral	261,61	Vazão (2018): 242,75 b	8,21
Desvio padrão	27,51		
Diferença mínima significativa (5%)	27,56		
Coefficiente de variação (CV) (%)	10,54		

Nível de significância: 1%**, 5%*. (x) Mais de um valor.

A análise das médias anuais mostra que a vazão do ano de 2016 é estatisticamente diferente da vazão dos anos de 2017 e 2018. Além disso, a vazão de 2016 é maior do que a dos outros anos, isso pode ser explicado pela quantidade de chuva nestes anos, onde, segundo dados coletados pela estação meteorológica da AMAT – Associação das Empresas Mineradoras das Águas Termais de Goiás, foram de 2.413,4mm em 2016, 1.045,07mm (2017 e devido a problemas ao acesso da estação foi registrado apenas a média de 286,6mm do ano de 2018).

Por meio da análise de comparação entre as médias do período chuvoso da região (outubro a março) e o período seco (abril a setembro), apresentado na tabela 9, pode-se comprovar a influência da sazonalidade do clima, pois, embora estatisticamente estas sejam iguais, a vazão afluyente no período chuvoso é maior.

Tabela 9: Análise de Variância e Teste Tukey da vazão afluyente a ETE de Caldas Novas/GO nos períodos seco e chuvoso dos anos de 2016 a 2018.

Análise de variância	Vazão (m³/h)
GL resíduo	34
F tratamentos	1,96
Média geral	261,61
Desvio padrão	31,71
Diferença mínima significativa (5%)	21,48
Coeficiente de variação (CV) (%)	12,15
Teste de Tukey a 5%	
Período seco	253,61 a
Período chuvoso	268,41 a

Nível de significância: 1%** , 5%*. (x) Mais de um valor.

4.2 pH e Temperatura

O pH (tabela 10) e a temperatura (tabela 11), dentre os parâmetros analisados, foram os que obtiveram menor variabilidade se apresentando praticamente estáveis.

Tabela 10: Análise de Variância e Teste de Tukey do pH do efluente da ETE de Caldas Novas/GO.

Análise de variância	pH entrada	pH saída	pH
GL resíduo	33	33	70
F tratamentos	0,56	1,72	20,05**
Média geral	6,99	6,82	6,91
Desvio padrão	0,21	0,10	0,16
Diferença mínima significativa (5%)	0,21	0,10	0,08
Coeficiente de variação (CV) (%)	2,98	1,49	2,36
Teste de Tukey a 5%			
pH (2016)	7,00 a	6,84 a	Afluente: 6,99 a
pH (2017)	7,03 a	6,78 a	Efluente: 6,82 b
pH (2018)	6,94 a	6,84 a	

Nível de significância: 1%**, 5%*. Médias com letras iguais entre colunas não se diferem estatisticamente

Tabela 11: Análise de Variância e Teste de Tukey da Temperatura do efluente da ETE de Caldas Novas/GO

Análise de variância	T (°C)	T (°C)
GL resíduo	33	34
F tratamentos	1,59	20,02**
Média geral	27,89	27,89
Desvio padrão	0,58	0,47
Diferença mínima significativa (5%)	0,58	0,32
Coeficiente de variação (CV) (%)	2,07	1,70
Teste de Tukey a 5%		
Temperatura (2016)	27,65 a	Período seco 27,54 b
Temperatura (2017)	27,99 a	Período chuvoso 28,24 a
Temperatura (2018)	28,03 a	

Nível de significância: 1%**, 5%*. Médias com letras iguais entre colunas não se diferem estatisticamente

Referente ao pH afluente, este se mantém próximo a neutralidade com média de 6,99. Embora haja variação, o CV indica há baixa variabilidade, o que é de suma importância para o desempenho do sistema, uma vez que elevadas variações do pH prejudicam o tratamento biológico afetando o crescimento dos microrganismos.

O pH efluente também apresentou baixa variação, com média de 6,82. Em relação ao pH afluente, este se mostra mais acidificado, o que é comum devido ao processo anaeróbio. Todavia, mesmo com estas variações, o pH se manteve na faixa de 6 a 9, considerado ideal para o tratamento biológico, por proporcionar melhores condições de existência de maior diversidade biológica.

O pH médio do efluente nos anos do período em estudo, de 6,84 em 2016 e 2018 e de 6,78 em 2017, estão dentro dos limites de lançamento, faixa de 5 a 9, conforme estabelecidos pelas legislações Resolução CONAMA n° 430/2011 como pelo Decreto n° 1.745/1979 de Goiás.

A temperatura média durante o período analisado possui baixa variabilidade, de acordo com o CV, se mantendo praticamente estável. Entretanto, ao se comparar a temperatura do efluente dos períodos chuvoso e seco, as médias se apresentam diferentes, com a temperatura no período chuvoso, isto se dá porque na região o período de chuvas ocorre durante o verão, onde as temperaturas são mais altas, e o período seco no inverno, onde as temperaturas são baixas.

Mesmo havendo a variação da temperatura, esta se dentro da faixa ótima que é de 25°C a 35°C. O que é muito importante para que o tratamento tenha uma boa eficiência, pois a temperatura controla a taxa das reações físico-químicas e biológicas (VON SPERLING,

2005), afeta no desenvolvimento e na atividade dos microrganismos, além de prejudicar a remoção de sólidos ao aumentar a viscosidade do efluente quando a temperatura é baixa (CASSINI, 2008).

A temperatura média do período é de 27,89°C estando conforme o padrão de temperatura inferior a 40°C estabelecidos pelas legislações estadual (GOIÁS, 1979) e federal (BRASIL, 2011).

4.3 DBO e DQO

A DBO analisada no período em estudo apresentou grande variação, com a DBO afluente e efluente média dos três anos de, respectivamente, 498,61mg/L e 64,45mg/L, como pode ser observado na tabela 12.

Tabela 12: Análise de Variância e Teste de Tukey da DBO da ETE de Caldas Novas/GO

Analise de variância	DBO afluente (mgL ⁻¹)	DBO efluente (mgL ⁻¹)	DBO Eficiência (%)	DBO (mgL ⁻¹)
GL resíduo	65	65	65	134
F tratamentos	20,08**	15,96**	9,72**	98,29**
Média geral	498,61	64,45	84,36	281,53
Desvio padrão	287,19	25,59	6,10	255,35
DMS (5%)	(x)	(x)	(x)	86,65
CV (%)	57,60	39,70	7,23	90,70

Teste de Tukey a 5%							
		CV (%)		CV (%)			
DBO (2016)	761,56 a	57,53	71,48 a	46,06	88,60 a	Afluente	498,61 a
DBO (2017)	482,47 b	40,41	85,11 a	30,40	81,20 b	Efluente	64,45 b
DBO (2018)	247,27 c	27,02	45,55 b	34,51	82,40 b		

Nível de significância: 1%** , 5%*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais entre colunas não se diferem estatisticamente

A DBO afluente comparada dos três anos, apresentaram valores muito diferentes e coeficiente de variação alto, com médias de 761,56mg/L (2016), 482,47mg/L (2017) e 247,27mg/L (2018). Além disso, a variabilidade também é alta dentro dos anos, indicando diferença discrepante entre os dados. Porém, isso se explica devido à sazonalidade, a qual influencia nas características do esgoto em função dos usos à qual a água é submetida, pois, como explica Von Sperling (2005), esses usos e a forma com que são exercidos variam com o clima, situação social e econômica e hábitos da população.

Os valores da DBO efluente, com médias de 71,48mg/L (2016), 85,11mg/L (2017) e 45,55mg/L (2018), também possuem alto coeficiente de variação e conseqüente grande variabilidade, todavia, com variação entre os dados menor do que o afluente.

A alta variabilidade da DBO efluente é decorrente das diferentes quantidades de matéria orgânica afluente, isso, porque, para que as bactérias responsáveis pelo tratamento

biológico tenham melhor desempenho é preciso que haja um ambiente favorável para que elas se desenvolvam, incluindo a quantidade de substrato disponível. Além disso, segundo Viana (2006), em razão da alta concentração de biomassa dentro do reator e o fluxo contínuo, os quais possibilitam a alta atividade dos microrganismos metanogênicos, é possível a aplicação de elevadas cargas orgânicas volumétricas em menores tempos de detenção hidráulica.

A eficiência de remoção teve uma variação baixa, com as médias dos anos 2017 e 2018 consideradas estatisticamente iguais. Essa baixa variabilidade se dá, pois, uma estação de tratamento bem projetada deve manter a estabilidade padrão da eficiência ao ocorrer alterações funcionais, climáticas, entre outros, de acordo com Lobão (2009).

Mesmo com variações, a concentração de DBO efluente, média de 64,45mg/L, e a eficiência do sistema, média de 84,36%, estão dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA 430/2011 que determina concentração de até 20mg/L e eficiência mínima de remoção de 60% (BRASIL, 2011). Entretanto, referente ao Decreto nº 1.745/1979 do estado de Goiás, onde se estabelece concentração de até 60mg/L e como eficiência mínima 80%(GOIÁS, 1979), somente a eficiência está em conformidade, pois a concentração se apresenta acima do limite estadual.

Os resultados das análises dos dados de DQO também indicaram variação alta, como pode ser visto na tabela 13.

Tabela 13: Análise de Variância e Teste de Tukey da DQO da ETE De Caldas Novas/GO

Analise de variância	DQO afluente (mgL ⁻¹)	DQO efluente (mgL ⁻¹)	DQO Eficiência (%)	DQO (mgL ⁻¹)
GL resíduo	65	65	65	134
F tratamentos	6,19**	5,92**	21,90**	56,25**
Média geral	978,42	127,82	82,57	553,12
Desvio padrão	869,16	45,23	6,42	661,33
DMS (5%)	(x)	(x)	(x)	224,42
CV (%)	88,83	35,38	7,78	119,56
Teste de Tukey a 5%				
		CV (%)	CV (%)	
DQO (2016)	1.429,9 a	87,6	115,4 b	43,87
DQO (2017)	919,77 ab	86,44	159,2 a	31,02
DQO (2018)	569,15 b	29,97	117,6 b	30,04
				89,32 a
				78,88 b
				78,47 b
				Afluente 978,42 a
				Efluente 127,82 b

Nível de significância: 1%***, 5%*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais entre colunas não se diferem estatisticamente

A DQO afluente, com média geral do período de 978,42mg/L, apresentou coeficiente de variação muito alto ao se comparar as médias dos três anos, indicando diferença discrepante entre elas. Entretanto, estatisticamente, por meio do Teste de Tukey, as médias

1.429,9mg/L e 919,77mg/L dos anos de 2016 e 2017, respectivamente, são consideradas iguais e as médias de 2017 e a de 2018, 569,15mg/L, também foram consideradas iguais. Além disso, o CV entre os resultados dentro dos três anos também se mostrou alto, indicando grande variabilidade de DQO afluente a ETE.

Referente a DQO efluente, média geral de 127,82mg/L, as médias dos três do período, 115,4mg/L (2016), 159,2mg/L (2017) e 117,6mg/L (2018), também apresentaram grande variação, porém menor comparada ao afluente. Mesmo com variabilidade, o CV das análises de cada ano está próximo ao considerado aceitável para dados de campo.

Com relação a eficiência para a DQO, o sistema obteve eficiência média no período de 82,57% e variabilidade baixa. O CV baixo indica homogeneidade nos dados, resultado do padrão do sistema no tratamento.

Como as legislações estadual e federal não estabelecem padrões de lançamento para a DQO, fez-se a análise da relação DQO/DBO (tabela 14), pois sabe-se que, essa relação do esgoto bruto doméstico que se situa entre 1,7 e 2,4 vai aumentando ao passar 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 essa relação podendo chegar a 4,0 ou 5,0, como explica Von Sperling (2005).

Tabela 14: Análise de Variância e Teste de Tukey da relação DQO/DBO da ETE De Caldas Novas/GO

Análise de variância	DQO/DBO afluente	DQO/DBO efluente	DQO/DBO
GL resíduo	65	65	134
F tratamentos	4,06**	24,15**	1,66
Média geral	2,04	2,20	2,12
Desvio padrão	0,64	0,60	0,72
DMS (5%)	(x)	(x)	0,25
CV (%)	31,39	27,07	34,14
Teste de Tukey a 5%			
DQO/DBO (2016)	1,95 ab	1,76 b	Afluente: 2,04 a
DQO/DBO (2017)	1,78 b	1,90 b	Efluente: 2,20 a
DQO/DBO (2018)	2,31 a	2,85 a	

Nível de significância: 1%***, 5%*. (x) Mais de um valor. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação. Médias com letras iguais entre colunas não se diferem estatisticamente

Como observado na tabela relação DQO/DBO do esgoto afluente a ETE, com média de 2,04 no período em estudo, embora tenha apresentado variação, este se apresenta dentro da faixa considerada típica para esgoto bruto. Esta oscilação é consequente da variabilidade de DBO e DQO afluentes.

Ao analisar a relação DQO/DBO, nota-se que a variabilidade é baixa. Comparando a relação afluente e efluente, percebe-se que não há muita diferença entre elas. Analisando esgoto bruto e tratado, ano a ano, em 2016 a relação apresentou aumento, já em 2017 e 2018 houve aumento, porém este foi baixo.

A relação DQO/DBO do esgoto tratado durante o período analisado foi de 2,20, ou seja, esta é menor do que o valor ($DQO/DBO \geq 3$) considerado como indicação de eficiência do tratamento quanto a remoção de matéria biodegradável. Este fato pode ser consequente da atual configuração do sistema, porque, embora segundo Sobrinho e Jordão (2000) sistemas de Reator anaeróbio seguido de lagoa aerada de mistura completa e lagoa de decantação apresentem muitas vantagens, a lagoa aerada da ETE está sem aerador, ou seja, esta está operando atualmente como lagoa anaeróbia.

4.4 Sólidos Suspensos Totais

Assim como os outros parâmetros analisados, a análise estatística dos sólidos suspensos totais indicou variabilidade nos dados, conforme dados apresentados na tabela 15.

Tabela 15: Análise de Variância e Teste de Tukey dos SST da ETE De Caldas Novas/GO

Analise de variância	SST afluente (mgL ⁻¹)	SST efluente (mgL ⁻¹)	SST Eficiência (%)	SST (mgL ⁻¹)		
GL resíduo	65	65	65	134		
F tratamentos	2,83	0,43	3,55	64,32**		
Média geral	149,23	24,11	77,43	86,67		
Desvio padrão	124,17	17,17	17,29	90,97		
DMS (5%)	(x)	(x)	(x)	30,87		
CV (%)	83,20	71,24	22,33	104,96		
Teste de Tukey a 5%						
		CV (%)		CV (%)		
SST (2016)	115,88 a	112,23	21,80 a	93,78	70,42 b	Afluente: 149,43 a
SST (2017)	206,07 a	81,76	26,64 a	59,40	83,91 a	Efluente: 24,11 b
SST (2018)	141,66 a	48,58	24,59 a	58,00	79,77 ab	

Nível de significância: 1%**, 5%*. (x) Mais de um valor.

Ao que diz respeito ao SST afluente, os coeficientes de variação indicam diferença significativa da concentração medida ao longo dos anos e em análise de comparação entre as médias anuais obtidas no período em estudo. Esta variação se dá pois, assim como a concentração de DBO afluente, a quantidade de sólidos no esgoto bruto é influenciada pelos fins ao qual a água é submetida, de acordo com a economia, épocas do ano e os costumes da população.

Com média do período de 24,11mg/L a concentração de SST do esgoto tratado também apresentou CV alto, o que indica alta variabilidade, entretanto não houve diferença significativa entre elas.

Quanto a eficiência, mesmo o CV indicando grande variação, esta é menor a comparada com as variações obtidas entre os dados afluente e efluente. Entre elas, estatisticamente, as médias das eficiências dos anos 2016 e 2018 são iguais e a média de 2018 é igual a de 2017, ou seja, elas estão próximas dentro da distribuição normal.

As legislações estadual e federal não estabelecem padrões lançamento para os sólidos totais suspensos, porém a eficiência média do sistema no período em estudo equivalente a 77,43%, esta dentro da faixa de 65 a 80% de remoção do reator anaeróbio conforme dito da literatura e de média de até 80% de remoção após passar pelos tratamentos preliminar a secundário (TARDIVO, 2009).

5 CONCLUSÕES

Mediante o estudo realizado na ETE do município de Caldas Novas – GO, conclui-se que, devido à alta variabilidade nos dados, houve influência da sazonalidade quanto a contribuição à estação, pois, como a economia do município é voltada para o turismo, tanto a população flutuante quanto as mudanças climáticas interferem na característica do esgoto.

Conclui-se também que, durante o período analisado, a ETE apresentou bom desempenho por meio dos resultados satisfatórios quanto aos parâmetros analisados, pH, Temperatura e DBO, que obtiveram valores dentro dos limites exigidos pela legislação estadual, Decreto n°. 1.745/1979 e também legislação federal Resolução CONAMA 430/2011.

Referente a DQO, como a legislação não estabelece padrões para seu lançamento fez-se a análise da relação DQO/DBO. Embora o sistema tenha apresentado boa eficiência de remoção da DQO, por meio do resultado da relação, nota-se que o sistema não demonstrou boa eficiência no que diz respeito a remoção de matéria biodegradável.

Quanto aos SST, a ETE obteve eficiência satisfatória, mesmo não havendo padrões estabelecidos pelas legislações estadual e federal para este parâmetro, este se apresentou de acordo com as eficiências encontradas na literatura.

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.

AMAT, Associação das Empresas Mineradoras das Águas Termais de Goiás. **Meteorologia da região.** Disponível em: <<http://www.amatgo.org.br/meteorologia-da-regiao/>>. Acesso em: 09 de julho de 2019.

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.

ANDRADE NETO, C.O.; CAMPOS, J.R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/programas/prosab.asp.htm>>. Acesso em: 21 de março de 2019.

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

BARBIERO, L. C. S.; LEMES, E. S. **A influência das estações do ano no consumo de água em Maringá-PR.** Revista Percurso- NEMO, Maringá, v. 3, n. 1, p. 183-191, 2011.

BARROS, M. C. P. **Custo efetividade de tecnologia alternativa de esgotamento sanitário para pequenos municípios.** 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

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: 04 de abril de 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 de abril de 2019.

CAMMAROTA, M. C.; **EQB-485 Engenharia do Meio Ambiente. Notas de aula-Tratamento de efluentes líquidos.** Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.eq.ufrj.br/docentes/magalicammarota/2013/eqb485.pdf>>. Acesso em 21 de março de 2019.

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, C.A. de L. **Reatores anaeróbios.** v. 5. 2º ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 380p.

CLIMATEMPO. **Climatologia: Caldas Novas – GO.** Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/725/caldasnovas-go>>. Acesso em: 12 de julho de 2019.

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, 2006. **NTS 025: 2006 - Rev. 01: Projeto de Redes Coletoras de Esgotos.** São Paulo: julho, 2006.

COSTA, R. A.; SILVA JÚNIOR, C. C.; SANTOS, F. O. O uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da cidade de Caldas Novas (GO). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA - EREGEO, 10., 2007, Catalão. **Anais...** Catalão: UFG, 2007.

COSTA, Rildo Aparecido; NISHIYAMA, Luiz. **Zoneamento ambiental das áreas urbana e de expansão urbana de Caldas Novas (GO): uma contribuição metodológica.** Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 25, 2012.

DEMAE, Departamento Municipal de Água e Esgoto de Caldas Novas/GO. **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE CALDAS NOVAS (GO): referente às prestações dos serviços de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário.** Disponível em: <https://www.demaee.go.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/1-PMSB-CN_VP_0119_R0.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

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.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Caldas Novas-GO.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/caldas-novas/panorama>>. Acesso em: 12 de julho de 2019.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7° ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.1087 p.

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**. 1°ed. São Carlos, 2010. 595 p.

LIMA, A.B.B.V. **Pós-Tratamento de Efluente de Reator Anaeróbio em Sistema Sequencial constituído de Ozonização em Processo Biológico Aeróbio**. São Carlos. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

LINS, G. A. **Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETEs)**. 2010. 285 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LOBÃO, J. R. S. **Análise de desempenho, estabilidade e confiabilidade de estações de tratamento de esgoto**. 177f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

LOPES, T. R. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes**. 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Tecnológica do Paraná, Medianeira, 2015.

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

MELLO, E. J. R. **Tratamento de esgoto sanitário – Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG**. 2007. 99 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) – UNIMINAS, Uberlândia, 2007.

MIWA, A. C. P. **Avaliação do funcionamento do sistema de tratamento de esgoto de Cajati, Vale do Ribeira de Iguape (SP), em diferentes épocas do ano**. 194f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Paulo, São Carlos, 2007.

NASCIMENTO, M de S. F.; FERREIRA, O. M. **Tratamento de esgoto urbano: comparação de custos e avaliação da eficiência**. Goiânia, 2007.

NAVA, L.; LIMA, C. **Avaliação da eficiência da estação de tratamento de esgoto por zona de raízes (ETEZR) instalada no horto florestal de Caçador/SC**. Ignis: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia da Informação, v.1, n.1, p.17-33, jan-jun, 2012.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso** 2° ed. São Paulo, 2003. 565 p.

OLIVEIRA, D. I. S. **Impacto de variáveis meteorológicas nos padrões de consumo de água no noroeste de Portugal**. 187f. Tese (Mestrado integrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Moinho, Portugal, 2014.

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.

PASSOS, G. A. **Proposta Preliminar de Equalização de Fluxos na Estação de Tratamento de Esgotos Brasília Sul – ETEB Sul**. 84f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

PEDRELLI, T. D. **Avaliação do sistema de lagoas de estabilização para o tratamento das águas residuárias de balneário Camboriú/SC**. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

PEIXOTO, A. V. **Estudo da codisposição de resíduos de fossas e tanques sépticos, com e sem a remoção prévia de gordura, no desempenho de tratamento de esgoto com reatores UASB**. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

PÉRICO, Guilherme. **Avaliação da Remoção de DQO e SST na Etapa Biológica da ETE do Resort Costão do Santinho em Florianópolis/SC**. 2009. 55 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, julho/2009.

PORTZ, C. S. **Sistema de Esgotamento Combinado: adoção como fase inicial para viabilizar obras de saneamento integrando questões sanitárias e ambientais**. 2007. 72f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PRADO, T. M. R.; GOMES, N. G. U.; FERREIRA, W. R. **O Estudo da Relação Intrínseca entre o Trânsito e o Turismo na Cidade Caldas Novas–GO**. Geoambiente On-line, n. 11, p. 01-18 p., 2008.

REBOITA, M. S. et al. **Entendendo o tempo e o clima na América do Sul**. Terra e Didática, Campinas, v. 8, p. 34-50, 2012.

ROCHA, A. L. **Sazonalidade de Demanda Turística: hotéis de pequeno porte de caldas Novas (Goiás)**. 51f. Monografia (curso de Especialização em Hospitalidade) - Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

ROCHA, Claudia. **Proposta para o gerenciamento da estação de tratamento de esgotos Jarivatuba – ETE Jarivatuba, Joinville, SC**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.

SALIBA, P. D. **Avaliação do Desempenho de Sistema de Tratamento de Esgoto Doméstico Composto de Reator UASB seguido de Lodo Ativado: Estudo de Caso da ETE Betim Central – MG.** 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2016.

SAMUEL, P. R. S. **Alternativas sustentáveis de tratamento de esgotos sanitários urbanos, através de sistemas descentralizados, para municípios de pequeno porte.** 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011

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 julho de 2019.

SOBRINHO, P. A.; JORDÃO, E. P. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – uma análise crítica.** Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios - Rede de Pesquisas formada no âmbito do Edital 02 do Programa em Saneamento Básico (PROSAB), p. 1-17, 2000.

Superintendência do Meio Ambiente. Decreto nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979. Aprova o Regulamento da Lei nº 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, Mauricio. **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.

TELLES, D. D; COSTA, R. P. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** 2º ed. São Paulo, 2010. 407 p.

VIANA, A. B. **Tratamento anaeróbio de vinhaça em reator UASB operado em temperatura na faixa termofílica (55°C) e submetido ao aumento progressivo de carga orgânica.** 102f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1. 3º 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. 2º 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.