



ISABELLA DE PAULA RODRIGUES

**DIAGNÓSTICO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO
MUNICÍPIO DE ITUTINGA E PROPOSIÇÃO DE
MELHORIAS**

LAVRAS - MG

2022

ISABELLA DE PAULA RODRIGUES

**DIAGNÓSTICO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO
MUNICÍPIO DE ITUTINGA E PROPOSIÇÃO DE
MELHORIAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos
Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me amparar nos momentos difíceis e por me fazer perseverar, garantindo que eu pudesse chegar até aqui.

Agradeço a toda minha família que esteve ao meu lado, me incentivando e me dando forças para que eu pudesse chegar até aqui. Agradeço especialmente aos meus pais, Marli Aparecida de Paula Rodrigues e Napoleão José Rodrigues, por todo apoio, cuidado e amor. Por acreditarem em mim e estarem presentes durante esses 5 anos, fazendo com que eu não desistisse do meu sonho de me tornar engenheira.

Agradeço ao meu namorado, André Luiz de Sousa Guimarães, por toda paciência, cuidado e amor. Você foi essencial nos dias mais difíceis da graduação, me trazendo calma e confiança de que tudo daria certo! E deu! Obrigada por fazer parte da realização de um sonho meu!

Aos meus amigos, Thalles Vilela, Lara Mota, Jean Santos, Alexsandro Coelho, Ana Clara e Stéphanie Moreira por todo incentivo, amizade, companheirismo e motivação. Por me mostrarem o caminho certo a seguir, por estarem sempre ao meu lado e por tornar essa etapa da minha vida mais leve e feliz! Sem vocês eu não teria chegado até aqui! Obrigada!

Ao Centro Acadêmico de Engenharia Ambiental e Sanitária, a Preserva Jr e a Enactus UFLA, que contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal.

A toda equipe do CONSANE (Consórcio Regional de Saneamento Básico), pelo trabalho em equipe e por toda vivência profissional que adquiri com vocês. Agradeço especialmente ao Ivan Máximo Pereira, a Daniela de Fátima Pedroso e ao Breno Leal de Paula, que fizeram e fazem parte do meu crescimento, me dando oportunidades, ampliando meu conhecimento e fazendo com que eu confie e acredite mais no meu potencial. Me sinto uma engenheira lapidada por vocês. Obrigada por tudo!

Agradeço a UFLA e a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória. Obrigada por todo conhecimento transmitido, dedicação e apoio a nós estudantes. Vocês foram essenciais para a minha formação. Agradeço em especial meu orientador Mateus, por todo apoio e ensinamento.

A todos vocês, meu MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Nas últimas décadas, apesar do aumento na cobertura dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil, o atual cenário ainda é retratado por baixos índices de atendimento à população e estações de tratamento com eficiências insatisfatórias. Este é o caso de Itutinga, município mineiro com população inferior a 5.000 habitantes e que apresenta gargalos em seus sistemas de tratamento. Atualmente, o esgoto gerado pelo município pode ser submetido a três tipos de tratamento: fossas negras, estações de tratamento de esgoto do tipo compacta e uma ETE principal. Porém todas essas concepções apresentam falhas, sendo uma das mais problemáticas, o extravasamento de esgoto a céu aberto, afetando a saúde pública e a eficiência do tratamento. Dessa forma, o objetivo do trabalho consiste em analisar alternativas econômicas e eficientes para tratar o esgoto gerado por todo o bairro Nossa Senhora do Rosário. Considerando-se critérios construtivos e operacionais como demanda por área, custos e eficiência de tratamento, chegou-se a conclusão que o sistema UASB + BFAS se apresenta como o mais viável. Porém, quando se pensa em um futuro próximo, a concepção UASB + FBP se torna mais econômica, visto que este possui menores demandas energéticas e manutenção.

Palavras-chave: Esgotamento sanitário; Alternativas de tratamento; Fossas Negras; Eficiências.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 1.1 Saneamento básico no Brasil..... | 3 |
| 1.2 Saneamento básico em Itutinga | 4 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 5 |
| 2.1 Caracterização do município | 5 |
| 2.2 Clima, umidade e temperatura..... | 6 |
| 2.3 Uso e cobertura dos solos | 8 |
| 2.4 Hidrografia | 8 |
| 2.5 Características do esgoto doméstico..... | 9 |
| 2.6 Alternativas de Tratamento presentes no município de Itutinga | 9 |
| 2.6.1 Fossas negras coletivas | 9 |
| 2.6.2 ETE – Principal..... | 10 |
| 2.6.2.1 Estudo de adequabilidade dos critérios adotados | 14 |
| 2.6.3 ETE's compactas (ETEC'S) | 17 |
| 2.7 Proposição de ETEC para o bairro Nossa Senhora do Rosário | 22 |
| 2.7.1 Parâmetros de dimensionamento | 23 |
| 2.7.2 Classificação das tecnologias de tratamento por área disponível e eficiência..... | 27 |
| 2.7.3 Características do corpo hídrico receptor | 29 |
| 2.7.4 Requisitos necessários para disposição do efluente tratado no curso d'água. | 30 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 32 |
| 3.1 Diagnóstico do sistema de tratamento do esgoto gerado em Itutinga | 32 |
| 3.2 ESCOLHA DO TRATAMENTO - NOSSA SENHORA DO ROSÁRIO..... | 35 |
| 3.2.1 Localização | 35 |
| 3.2.2 Contribuição de esgoto | 35 |
| 3.2.3 Sistemas de Tratamento | 36 |
| 4. CONCLUSÕES | 41 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 42 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Saneamento básico no Brasil

De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), o saneamento básico envolve quatro vertentes, que são o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007). O atendimento da população com esses serviços afeta diretamente na saúde, qualidade de vida e no desenvolvimento da sociedade como um todo (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2020).

Apesar da importância do Saneamento e de ser o seu acesso um direito garantido a todos pela Constituição Federal de 1988, a sua universalização é uma realidade ainda muito distante. Dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2017 apontam que a proporção de municípios brasileiros com serviço de esgotamento sanitário passou de 47,3%, em 1989, para 60,3%, em 2017, crescimento importante, porém ainda muito aquém do necessário (BRASIL, 2017). A mesma pesquisa também destaca que a cobertura do esgotamento sanitário por rede coletora passou de 55,2% (3.069 municípios) em 2008 para 60,3% (3.359) em 2017, sendo que em 3.206 localidades o serviço estava em funcionamento e 153 em implantação. Por outro lado, observou-se que em 2.211 municípios (39,7%), não havia atendimento da população com coleta e tratamento de esgotos, condição que implica em prejuízos sociais, econômicos e ambientais.

Assim como encontrado para diversos índices socioeconômicos, a prestação de serviços de saneamento básico também não é uniforme no país, tendo diferenças regionais e por porte das cidades. A região sudeste possui maior porcentagem de habitantes atendidos com serviços de saneamento, sendo que em Minas Gerais, os números são mais positivos que a média nacional, já que 93,7% do volume de esgoto gerado é coletado por rede. Porém, destaca-se que em relação ao tratamento de esgoto, apenas 39,3% do esgoto coletado é tratado em Minas Gerais (BRASIL, 2017).

Ressalta-se ainda que mesmo nos municípios que apresentem serviço de esgotamento sanitário, nem toda a população é atendida, ou seja, nem todo esgoto coletado é tratado, e ainda pode haver ineficácia do tratamento, seja por falhas de projeto ou de execução (BRASIL, 2020). Pode-se citar como consequências da falta de infraestrutura de saneamento, o maior número de internações por diferentes doenças de veiculação hídrica; a redução do potencial turístico e de postos de trabalho; o encarecimento do tratamento de água; a diminuição da renda e desvalorização imobiliária; a alteração da qualidade de água, como a eutrofização do corpo hídrico, a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido (OD) e aumento das

concentrações e presença de toxinas, metais pesados e organismos patogênicos; além de prejuízos aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (von SPERLING, 1998; MATOS E MATOS, 2017).

Pelos motivos indicados acima, pelas doenças de veiculação hídrica que afetam a saúde pública, como diarreia, esquistossomose, amebíase, febre tifóide, dentre outros, e considerando o Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), é de extrema importância a ampliação da rede de coleta e tratamento de esgoto no Brasil, buscando tanto o crescimento dos índices de atendimento, quanto o aumento das eficiências nos sistemas de tratamento. Junto a isso, é importante conhecer a realidade de cada município, para que a partir deste diagnóstico seja traçada a melhor forma de tratamento, levando em consideração critérios técnicos e econômicos, com apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa (von SPERLING, 1998).

1.2 Saneamento básico em Itutinga

O município de Itutinga, localizado na região Sudeste de Minas Gerais, possui uma população de 3.913 habitantes (IBGE, 2010), com população estimada em 2021 de 3.749 habitantes (projeção com base no crescimento esperado) (IBGE, 2021), sendo classificado como município de pequeno porte (BRASIL, 2010).

Segundo o IBGE (2019), o PIB (Produto Interno Bruto) per capita do município chegou a R\$ 34.551,31, representando aumento de R\$ 4.085,98 em relação ao ano de 2010. Em vista de sua pequena densidade populacional e das atividades econômicas desenvolvidas no município, a arrecadação de Itutinga se apresentou inferior a municípios semelhantes, como Ijaci que possui um PIB per capita de 47.066,83 e população de 5.859 (IBGE, 2019), impedindo o investimento em soluções complexas de tratamento de esgoto, razão pela qual foram adotadas medidas mais simples de depuração da água residuária doméstica, que tem menor demanda de mão de obra, estruturas de baixos custos de instalação, operação e manutenção.

Inicialmente, em meados dos anos de 1990, foi adotado um sistema de tratamento, formado por cinco lagoas, sendo a primeira anaeróbia, seguida de três lagoas facultativas e por fim uma lagoa de maturação. Dada à precariedade da operação, a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) não atingiu a nenhum dos parâmetros previstos na Deliberação Normativa nº 1 de 2008 do COPAM/CERH (MINAS GERAIS, 2008; RESENDE, 2017). Dentre os problemas expostos por Resende (2017), pode-se citar a operação das lagoas facultativas recebendo elevadas cargas orgânicas, compatíveis com lagoas anaeróbias; e a falta de manutenção do sistema, havendo necessidade de remoção de lodo acumulado.

No ano de 2019, a ETE Principal foi reconstruída para uma nova concepção, formada por 2 lagoas anaeróbias, 1 lagoa facultativa e 1 lagoa de maturação. Além dessa ETE, existem atualmente no município 10 Estações de Tratamento de Esgoto Compactas (ETEC) constituídas por caixa gradeada, filtro anaeróbio, tanque séptico e sumidouro; além de doze fossas negras comunitárias na área urbana (ITUTINGA, 2022).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), com as unidades já instaladas, 68,11% da população total de Itutinga tem seu esgoto tratado, sendo que o restante não é tratado e nem coletado. Vale ressaltar que os dados referentes ao Atlas Esgoto são fornecidos pelo próprio município, podendo não representar a realidade, que pode apresentar um cenário pior. Além disso, o sistema de tratamento pode estar sendo ineficaz, não atendendo os padrões estabelecidos pela legislação. Em Brasil (2017), está apresentado que da carga de DBO produzida no país, 88,22% ainda é despejada nos cursos d'água, indicando que mesmo nas localidades com a presença de tratamento de esgotos, uma parcela significativa ainda é despejada nos cursos d'água.

Essa condição implica diretamente na saúde pública do município e na qualidade de vida dos Itutingenses. Diante disso, alguns trabalhos foram realizados no município, como a apresentação do diagnóstico e avaliação técnico-financeira de alternativas para o tratamento de esgoto gerado pela cidade (esgoto não tratado + encaminhado para fossas negras), elaborado por Resende (2017) e Resende (2021). Ambos os trabalhos, foram realizados por discentes da Universidade Federal de Lavras – UFLA, que utilizaram a vertente do esgotamento sanitário como tema para realizar o trabalho de conclusão de curso (TCC).

Levando em consideração os aspectos discutidos, o trabalho apresentado visa dar continuidade aos trabalhos já elaborados no município, como forma de aperfeiçoamento e soluções diversas, com o objetivo de melhorar o sistema de esgotamento sanitário no município. Dando prosseguimento aos estudos descritos e os tendo como referência, a realização do presente trabalho tem o escopo retratar a situação atual do tratamento de esgoto no município e apresentar uma proposta de melhoria para o bairro Nossa Senhora do Rosário, onde está instalada a ETE principal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

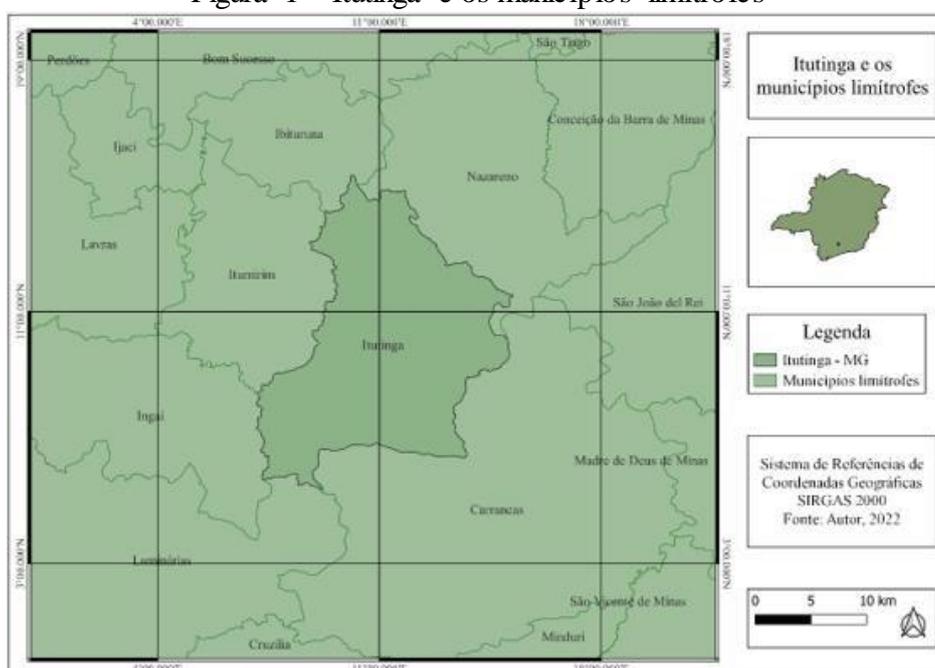
2.1 Caracterização do município

O município de Itutinga está localizado no interior do estado de Minas Gerais, região Sudeste do país. Pertence à Mesorregião do Campo das Vertentes e à Microrregião de Lavras e localiza-se a sul da capital do estado, distando de Belo Horizonte em cerca de 260 km. Ocupa

uma área de 372,508 km², sendo que 0,3682 km² estão em perímetro urbano, tendo uma grande área de zona rural. (Prefeitura Municipal de Itutinga). De acordo com Resende (2021), a economia do município está baseada na agricultura, na fabricação de produtos alimentícios, na fruticultura, em mini latifúndios leiteiros, na extração mineral e no comércio local.

A população do município contabilizada no último censo (2010) foi de 3.913 habitantes, sendo 70% residentes na zona urbana e 30% na zona rural. A população estimada em 2021 utilizando a progressão de crescimento esperada, foi de 3.749 habitantes, (IBGE, 2021), indicando redução do número de habitantes da cidade. Na Figura 1, está representado um mapa com indicação da cidade de Itutinga e de seus municípios limítrofes.

Figura 1 – Itutinga e os municípios limítrofes



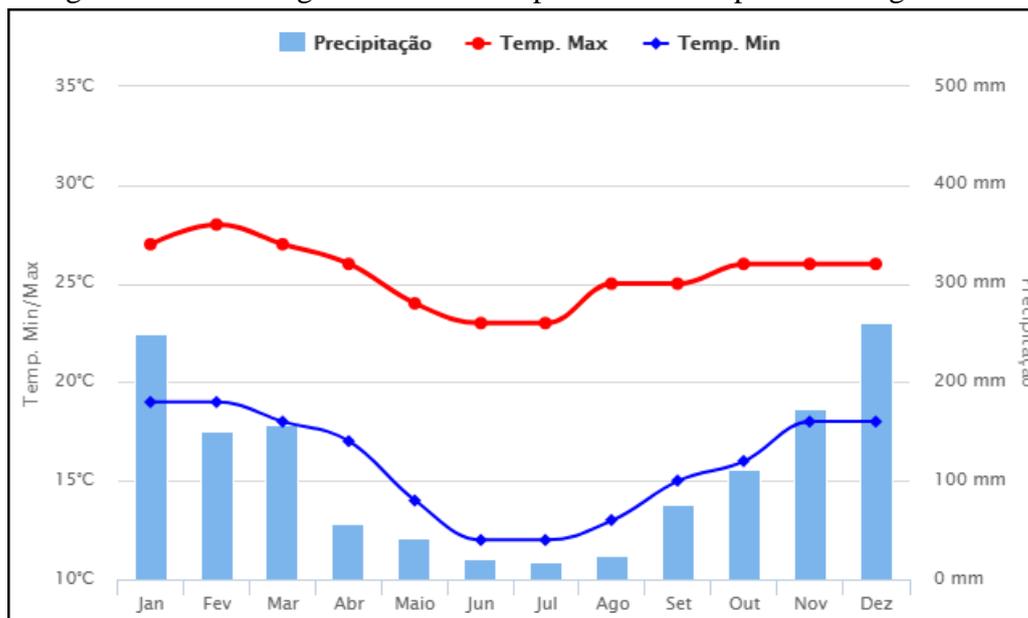
Fonte: Do Autor, 2022.

A seguir serão descritos outros aspectos do município como clima, uso e ocupação do solo e hidrografia, que permitem caracterizar a localidade.

2.2 Clima, umidade e temperatura

O padrão climático na região de Itutinga é do tipo Cwb - Temperado úmido com invernos secos e verões amenos, conforme classificação de Köppen (1948). A estação chuvosa compreende os meses de outubro a março e concentra 85% do volume total precipitado. A estação seca ocorre normalmente entre os meses de abril e setembro como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Climatologia e histórico de previsão do tempo em Itutinga – MG



Fonte: Climatempo, 2021.

O mês de fevereiro é o mais quente do ano, com temperatura média de aproximadamente 27°C, enquanto os meses de junho e julho apresentam as temperaturas mais baixas do ano, em torno de 11°C. Quanto à precipitação, destacam-se os meses de dezembro e janeiro, com precipitações de aproximadamente 250 mm. De acordo com as precipitações mensais do município de Itutinga disponibilizadas pelo Climatempo, foi possível encontrar a média anual de precipitação, que foi de aproximadamente 112 mm.

Em relação a umidade da região, seguindo a classificação de Thornthwaite, o município de Itutinga se enquadra nos tipos climáticos B3 – Úmido e B2 – Úmido, ou seja, o índice de umidade de Itutinga está entre 40 e 80%, de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 1 – Classificação quanto ao índice de umidade

| Tipos climáticos | Índice de Umidade |
|-------------------------|--------------------------|
| A – Superúmido | $100 \leq Iu$ |
| B4 – Úmido | $80 \leq Iu < 100$ |
| B3 – Úmido | $60 \leq Iu < 80$ |
| B2 – Úmido | $40 \leq Iu < 60$ |
| B1 – Úmido | $20 \leq Iu < 40$ |
| C2 – Sub – úmido | $0 \leq Iu < 20$ |
| C1 – Sub – úmido seco | $-20 \leq Iu < 0$ |
| D – Semiárido | $-40 \leq Iu < -20$ |
| E – Árido | $-60 \leq Iu < -40$ |

Fonte: Thornthwaite (1948).

2.3 Uso e cobertura dos solos

Segundo o censo agropecuário do IBGE do ano de 2017 (BRASIL, 2017), a utilização das terras referentes do território Itutinguense em hectares (ha) são de lavouras, pastagens, matas ou florestas (Tabela 2).

Tabela 2 - Utilização das terras do município de Itutinga MG em hectare (ha)

| Utilização de terras | | Hectares (ha) |
|----------------------|---|---------------|
| Lavouras | Permanentes | 161 |
| | Temporárias | 3.262 |
| Pastagens | Naturais | 2.437 |
| | Plantadas em boas condições | 10.405 |
| | Plantadas em más condições | 270 |
| Matas ou florestas | Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal | 3.739 |
| | Florestas Plantadas | 822 |

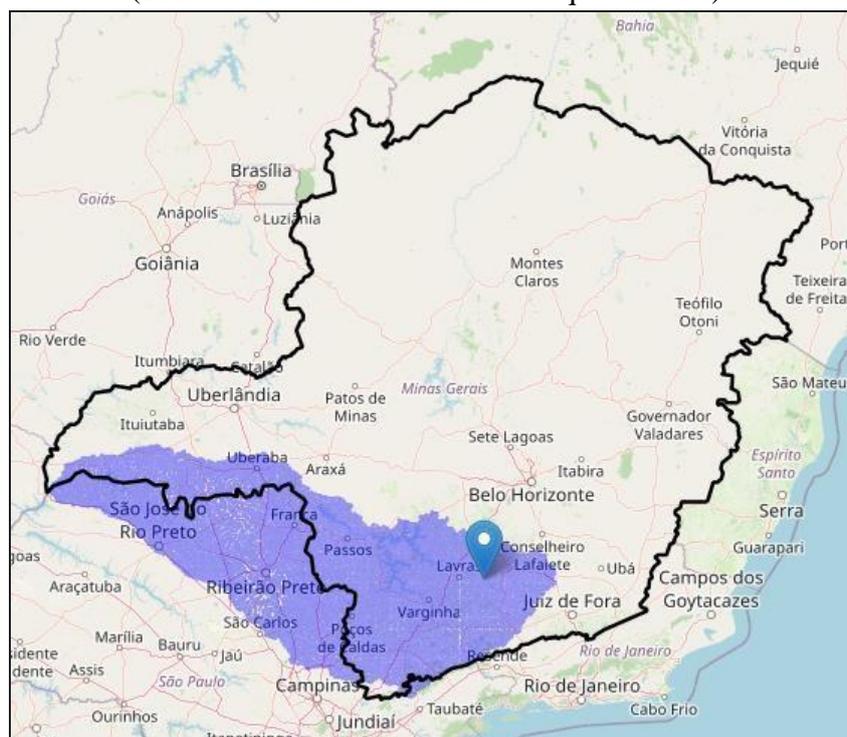
Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017.

2.4 Hidrografia

O município de Itutinga se encontra inserido na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande (Comitê GD1), como apresentado na Figura 3. Os principais rios e córregos presentes são o Ribeirão do Macuco, o Rio Capivari e o Rio Grande. A Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, como mostra a figura abaixo, possui área de drenagem de 8.758 km² e abrange 32 municípios, sendo 21 sedes municipais e apresenta uma população estimada de 106.906 habitantes (IGAM, 2020). De acordo com o Atlas de Esgotos, o corpo hídrico receptor do efluente gerado no município de Itutinga é o Rio Grande (BRASIL, 2017), sendo que ao passar por Itutinga o mesmo está enquadrando na Classe 2 (IGAM, 2013) pelo órgão ambiental.

Segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011 e a Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/2008, não é permitido que o efluente lançado a um corpo hídrico comprometa a qualidade final da água estabelecida aos usos prioritários da bacia, bem como sua qualidade ambiental. Dessa forma, o efluente lançado pelo município de Itutinga não deve afetar a qualidade de água atual do curso hídrico, devendo haver tratamento do esgoto em nível suficiente para tal, seguindo as legislações vigentes.

Figura 3 - Localização do município de Itutinga na Bacia Hidrográfica Rio Grande (BH do Rio Grande está em destaque em azul).



Fonte: IDE-SISEMA (2021).

2.5 Características do esgoto doméstico

Para realizar as análises de eficiência necessária para lançamento no curso d'água foi preciso utilizar de dados da literatura, já que as características da água residuária (monitoramento da ETE) não foram disponibilizados para este trabalho. Na Tabela 3 estão apresentadas as características típicas do esgoto sanitário, com base em fontes distintas.

Tabela 3 – Características típicas do esgoto sanitário com base 5 fontes distintas.

| Fonte | Variáveis | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------------|----------|-------|-------|-------|------|-------|----------|---------|-------|--------|-------|---------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | DBO | DQO | NT | Norg | Namon | PT | O & G | ST | SS | S | K | Na | pH | CT | CTerm | EC |
| |mg L ⁻¹ | | | | | | | | | | | | - |NMP/100 mL | | |
| (1) | 100-400 | 200-800 | 20-85 | 10-35 | 10-50 | 5-20 | - | 370-1160 | 120-360 | 5-20 | - | - | 6,5-75 | 10 ⁶ -10 ⁹ | 10 ⁵ -10 ⁸ | 10 ⁶ |
| (2) | 250-400 | 450-800 | 35-60 | 15-25 | 20-35 | 4-15 | - | 700-1350 | 200-450 | 10-20 | - | - | 6,7-8,0 | 10 ⁶ -10 ¹⁰ | 10 ⁶ -10 ⁹ | 10 ⁶ -10 ⁹ |
| (3) | 20-400 | 170-1000 | 20-90 | - | 10-50 | 4-12 | - | 200-1200 | 100-500 | 5-20 | <10-60 | 24-47 | 6,8-7,2 | - | - | - |
| (4) | 308 | 746 | 55 | 22 | 33 | 9,5 | - | - | 256 | - | - | - | - | - | - | - |
| (5) | 230 | - | 47,10 | 2,30 | 37 | 8,7 | - | 745 | - | - | 25,7 | 77,20 | 6,35 | - | - | - |

Em que, DBO, DQO, NTK, PT, O & G, ST, SS, S, K, Na, pH, CT, CTerm, EC refere-se respectivamente à Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio Total Kjeldahl, Fósforo Total, Óleos e Graxas, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos, Sedimentáveis, Potássio, Sódio, potencial hidrogeniônico, Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e E. Coli.

(1) – Jordão e Pessoa (2011), (2) – Von Sperling (2017), (3) – Matos e Matos (2017), (4) - Calijuri et al.(2009), (5) - Guimarães et al. (2018).

Vale destacar que como nas redes coletoras do município há mistura de águas pluviais com o esgoto, as características das águas residuárias podem se divergir dos dados da literatura, principalmente em épocas chuvosas. Porém, para este estudo foram consideradas os valores adotados na literatura, pois o objetivo é buscar soluções dedicadas ao esgotamento municipal, de forma que as contribuições (águas pluviais e águas residuárias) não sejam misturadas.

2.6 Alternativas de Tratamento presentes no município de Itutinga

Segundo a Prefeitura Municipal de Itutinga, atualmente no município existe uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) central, denominada ETE – Principal, que, no entanto, não atende todo o perímetro urbano. Apenas o Centro tem a totalidade do seu esgoto canalizado e conduzido até a ETE Principal. Nos demais bairros, existem duas formas de recolhimento e tratamento do esgoto, as fossas negras coletivas e as Estações de Tratamento de Esgoto Compacta (ETEC). A topografia do município dificulta que haja mais ligações que permitam elevar a porcentagem da população atendida com esgoto tratado na ETE Principal (RESENDE, 2021).

Algumas das ETES descentralizadas recebem contribuição direta da rede de drenagem pluvial, implicando na geração de vazões excessivas que comprometem os sistemas de tratamento de esgoto e contrariando a separação dos sistemas de drenagem predominantemente adotada no Brasil (RESENDE, 2021; DELTA AMBIENTAL, 2005). Sendo assim é necessário avaliar os pontos onde há a contribuição pluvial e realizar a separação das águas. A seguir, será especificado o funcionamento de cada unidade de tratamento apresentado anteriormente.

2.6.1 Fossas negras coletivas

Técnica obsoleta de disposição de efluentes, as fossas negras usualmente são encontradas em zonas rurais e áreas inacessíveis aos sistemas de coleta, porém é a realidade encontrada na área urbana do município de Itutinga. Atualmente existem 12 fossas negras coletivas espalhadas pela cidade. Segundo informações obtidas junto a Prefeitura Municipal de Itutinga, as fossas são retangulares e possuem em média volume de 48 m³, com profundidade de 3,0 m, largura de 2,6 m e comprimento de 6,0 m. Frequentemente ocorrem extravazamentos dessas fossas em razão da mistura com as águas pluviais e da sobrecarga do sistema (subdimensionados), fazendo com que o esgoto “corra” a céu aberto em algumas delas.

Para a limpeza das fossas negras, até 2019, era feito somente com utilização do trator de sucção da prefeitura, de capacidade de 4.000 litros, empregado diariamente para essa

finalidade, realizando aproximadamente 20 viagens ao dia. No entanto, a partir do contrato administrativo nº059/2019 (ITUTINGA, 2019), a empresa SR tratamento de resíduos industriais foi selecionada para auxiliar na sucção, esgotamento e limpeza das fossas (de 2 a 3 vezes por semana), atendendo a todas as fossas do município.

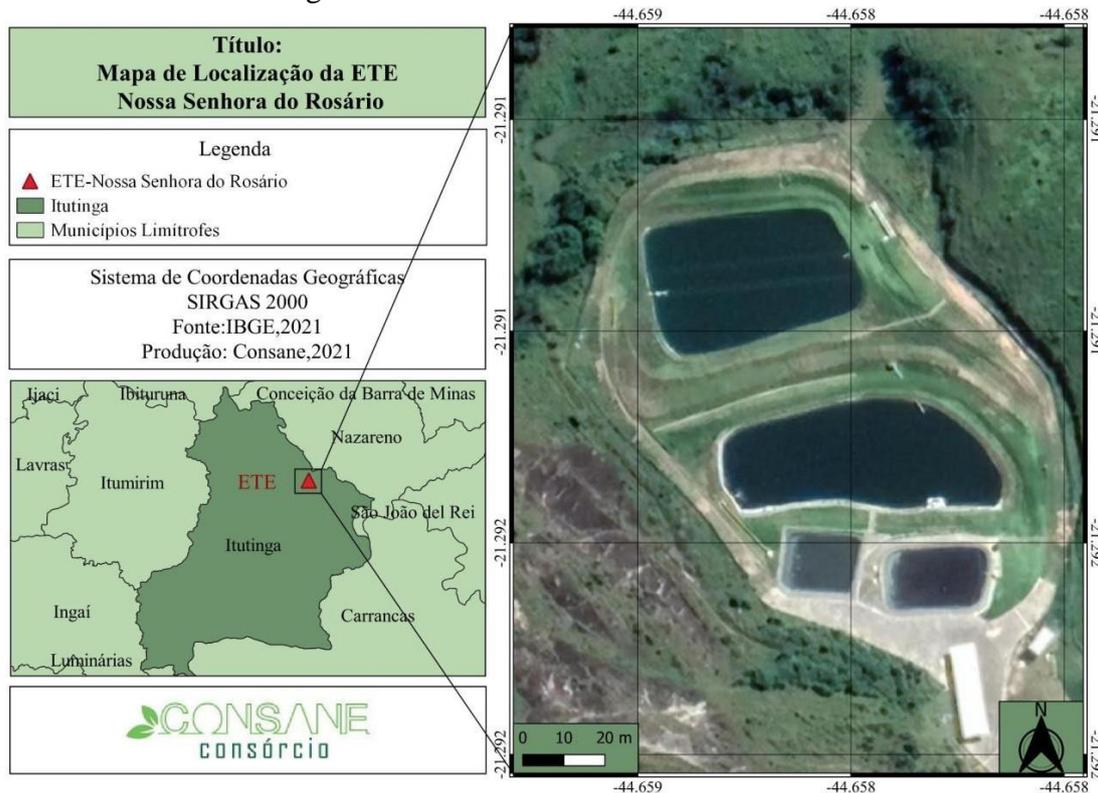
Após o recolhimento, os resíduos das fossas são conduzidos até a ETE Principal e são inseridos para o tratamento em conjunto com o esgoto da população atendida pela estação. O lodo das fossas negras e das fossas sépticas das ETECs é então disposto na caixa de entrada da ETE Principal. Dentre os problemas encontrados, pode-se citar o vazamento de esgoto a céu aberto em alguns pontos, a proliferação de vetores, mau cheiro e risco sanitário para a população.

2.6.2 ETE – Principal

A ETE Principal foi licenciada em 2019, possuindo Licença Ambiental Simplificada, Certificado LAS-RAS N° 109/2019, com vazão de 4,0 L/s. A validade da licença ambiental se estende por 10 anos, sendo o vencimento para 10 de maio de 2029, requerendo então, após esse período, revalidar a licença de operação (LO). De acordo com a classificação estabelecida na Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017, a atividade desenvolvida é do tipo “Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário”, código E-03-06-9, com potencial poluidor/ degradador geral médio, sendo que o potencial poluidor/degradador do ar, água e solo são médios (DN COPAM nº 217/2017) Considerando o valor da vazão a ser tratada de $4,0 \text{ L s}^{-1}$, o empreendimento se enquadra como de pequeno porte ($0,5 \text{ L s}^{-1} < \text{Vazão Média Prevista} < 50 \text{ L s}^{-1}$).

A ETE se encontra instalada na rua Cônego Heitor no Bairro Nossa Senhora do Rosário, de coordenadas geográficas $21^{\circ}17'28.11''$ S (Latitude) e $44^{\circ}39'30.86''$ O (Longitude), e atende a totalidade do Centro e parte do bairro Nossa Senhora do Rosário. Na Figura 4, elaborada pelo Consórcio Regional de Saneamento Básico, é possível observar a localização da ETE em questão.

Figura 4 – ETE Nossa Senhora do Rosário



Fonte: CONSANE, 2021.

A ETE Principal é composto por gradeamento, desarenador e unidade de medição de vazão (Figura 5); tratamento secundário com sistema australiano de lagoas de estabilização (duas lagoas anaeróbias e uma lagoa facultativa – Figuras 6 e 7); e pós-tratamento contendo lagoas de maturação e filtro descendente. O lodo removido das lagoas é disposto em leito de secagem (Figura 8) para remoção de umidade antes de encaminhamento para aterros. Na Tabela 4, estão apresentados os parâmetros de projeto do tratamento secundário da ETE Principal.

Figura 5 - Caixa de Entrada e Calha Parshall



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga.

Tabela 4 – Parâmetros de projeto das lagoas de estabilização

| Dimensões | Lagoa Anaeróbia I | Lagoa Anaeróbia II | Lagoa facultativa |
|---|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Comprimento da superfície (m) | 24,45 | 17,00 | - |
| Largura da superfície (m) | 15,00 | 14,45 | - |
| Comprimento da base (m) | 15,10 | 8,86 | - |
| Largura da base (m) | 5,3 | 4,40 | - |
| Área total (m ²) | 366,75 | 245,65 | 1.645,48 |
| Profundidade (m) | 3,8 | 3,5 | 1,20 a 1,60 |
| Volume (m ³) | 771,44 | 448,05 | 1.944,20 |
| Volume atual de contribuição diária (m ³) | 165,89 | 165,89 | 165,89 |
| Tempo de detenção hidráulica (d) | 4,65 | 2,7 | 11,72 |

Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga (ITUTINGA, 2022)

Figura 6 – Lagoa Anaeróbia I



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga.

Figura 7 – Lagoa Anaeróbia II



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga.

Figura 8 – Leito de Secagem



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga.

A caixa de entrada da ETE principal possui um volume de 10 mil litros, cujo volume é insuficiente para para conter a vazão que o caminhão de sucção coleta durante todo o dia, sobrecarregando o sistema. Atualmente, o sistema de tratamento da ETE Principal não apresenta eficiências satisfatórias, como observado no trabalho de Resende (2021), devido ao fato do esgoto das fossas negras serem introduzidas ao tratamento na ETE, fazendo com que a estação opere com picos de vazão e de carga.

2.6.2.1 Estudo de adequabilidade dos critérios adotados

Como forma de verificar a suficiência dos tempos de detenção hidráulica (TDH) nas lagoas anaeróbias e na lagoa facultativa, utilizou-se as equações abaixo de acordo com von Sperling (2017). Para o cálculo considerou-se a temperatura média do mês mais frio de 11°C, de acordo com a Figura 3. Inicialmente foi calculado o TDH da lagoa anaeróbia I. Em consonância com a Tabela 5, foi determinada a taxa de aplicação volumétrica admissível.

Tabela 5 – Taxa de aplicação volumétrica admissíveis para lagoas anaeróbias, em conformidade com a temperatura média do mês mais frio.

| Temperatura média do ar no mês mais frio -T (°C) | Taxa de aplicação volumétrica admissível- L_v (KgDBO $m^3 \cdot d^{-1}$) |
|--|---|
| 10 a 20 | $0,02T - 0,10$ |
| 20 a 25 | $0,01T + 0,10$ |
| >25 | 0,35 |

Fonte: von Sperling (2017).

Com a definição da temperatura, é possível calcular o volume requerido para a lagoa através da Equação 1.

$$\text{Equação 1 - } V = \frac{L}{L_v}$$

Em que:

- V = volume requerido pela lagoa (m^3);
- L= carga de DBO total afluente ($kgDBO5 d^{-1}$);
- L_v = taxa de aplicação volumétrica ($kgDBO m^3 \cdot d^{-1}$).

Destaca-se que a carga de DBO afluente é determinada pela multiplicação entre a vazão de esgoto e a concentração típica de esgoto. Essa equivale a $300 mg L^{-1}$ (VON SPERLING, 2017). Posteriormente, com o volume total requerido pela lagoa, calculado com base na taxa de aplicação volumétrica, é possível obter o TDH pela Equação 2.

$$\text{Equação 2 - } t = \frac{V}{Q}$$

Em que:

- t = tempo de detenção hidráulica (d);
- V = volume requerido pela lagoa (m^3)
- Q = vazão média afluente ($m^3 d^{-1}$)

Para o cálculo do TDH da segunda lagoa anaeróbia, considerou-se uma eficiência de remoção na lagoa anaeróbia I. De acordo com von Sperling (2017), a faixa de variação de eficiência para remoção de DBO nas lagoas anaeróbias do sistema australiano é de 60-75%. Para este projeto, considerou-se uma eficiência global das lagoas anaeróbias de 67,5%, tendo a primeira lagoa anaeróbia uma eficiência de 50 % e a segunda lagoa anaeróbia uma eficiência

de 35%. Assim, para o cálculo da carga de DBO total afluente, foi considerada uma eficiência de remoção de 50% na primeira lagoa anaeróbia.

Em relação a lagoa facultativa, os cálculos se diferem um pouco. Primeiramente é determinada a taxa de aplicação superficial em função da temperatura média do ar do mês mais frio, conforme Equação 3.

$$\text{Equação 3} - L_s = 350 * (1,107 - 0,002T)^{(T-25)}$$

Em que:

- L_s = taxa de aplicação superficial ($\text{kgDBO}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$);
- T = temperatura média do ar do mês mais frio ($^{\circ}\text{C}$).

Posteriormente, é determinada a área necessária para a lagoa, utilizando a Equação 4.

$$\text{Equação 4} - A = \frac{L}{L_s}$$

Em que:

- A = área requerida pela lagoa (ha);
- L = carga de DBO total afluente (considerando as eficiências das lagoas anaeróbias) ($\text{kgDBO}_5 \text{ d}^{-1}$);
- L_s = taxa de aplicação superficial ($\text{kgDBO}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$).

Adotando-se uma profundidade de 1,5 m, de acordo com a faixa típica entre 1,5 m e 2,0 m (VON SPERLING, 2017), obtêm-se o volume requerido pela lagoa, de acordo com a Equação 5.

$$\text{Equação 5} - V = H * A$$

Em que:

- V = volume requerido pela lagoa (m^3);
- H = profundidade (m);
- A = área requerida (m^2).

Assim, é possível calcular o TDH da lagoa facultativa pela Equação 2.

2.6.3 ETE's compactas (Etec's)

No município de Itutinga há 10 ETEC's instaladas em diferentes bairros (Figuras 9-18), as quais são constituídas por caixa gradeada, filtro anaeróbio, tanque séptico e sumidouros, que também apresentam problemas como pode ser observado na Figura 19, com extravasamento do esgoto e escoamento a céu aberto.

Figura 9 – ETEC bairro Bela Vista



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga.

Figura 10 – ETEC bairro Vale das Ribeiras



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 11 – ETEC 1 localizada no loteamento Joan Pool



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 12 – ETEC 2 – localizada no loteamento Joan Pool



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 13 – ETEC localizada no loteamento Ponte Alta



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 14 – ETEC localizada no loteamento Ponte Alta



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 15 – ETEC localizada no loteamento Ponte Alta



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 16 – ETEC localizada no bairro do Rosário



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 17 – ETEC localizada no PSF



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 18 – ETEC localizada na UBS



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 19– Vazamento da ETEC bairro Bela Vista



Fonte: Prefeitura Municipal de Itutinga

Figura 20 – Esgoto a céu aberto nos fundos de uma casa



Fonte: Moradora do bairro Nossa Senhora do Rosário

2.7 Proposição de ETEC para o bairro Nossa Senhora do Rosário

Com o intuito de solucionar a ausência de esgotamento sanitário no bairro Nossa Senhora do Rosário, que tem parte do seu esgoto encaminhado para a ETE Principal, parte encaminhado para a ETEC que tem problemas de operação, além de direcionado para três fossas negras e por fim, uma parcela sem tratamento, foi traçado uma estratégia para contemplar todas as

residências do bairro, bem como da contribuição do esgoto gerado por um novo loteamento (ITUTINGA, 2022). O sistema de tratamento proposto consiste em uma estação de tratamento de esgoto do tipo compacta, levando em consideração os aspectos financeiros do município e a menor demanda por área.

Para a realização do diagnóstico, foram feitas visitas ao município de Itutinga, encontros com a secretaria de Meio Ambiente e revisão dos projetos de dimensionamento das unidades de tratamento ao longo do ano de 2021. A partir do levantamento dos problemas diagnosticados e da população a ser atendida pela nova proposta de ETE, foram feitos cálculos levando em conta os critérios a serem descritos a seguir.

2.7.1 Parâmetros de dimensionamento

Como forma de prever a vazão de esgoto que será direcionada a nova ETE, foi levantado através da Prefeitura Municipal de Itutinga, o número de residências que seriam atendidas pela nova ETE compacta, levando em consideração as residências já existentes e a quantidade de lotes que terá o futuro loteamento. Arelado a isso, foi diagnosticado juntamente com a prefeitura, as fossas negras coletivas que teriam a possibilidade de serem desativadas, e o esgoto por ela recebido, direcionado a nova ETE compacta. Com o intuito de identificar a contribuição de vazão recebida pelas fossas negras, foi utilizado como referência o trabalho de Resende (2021), como apresentado na Tabela 6.

A partir desse diagnóstico (número de residências que serão atendidas pela nova ETE e contribuição das fossas negras desativadas), considerou-se um número médio de 4 (quatro) habitantes por residência, número obtido a partir da quantificação do total de edificações e o número de habitantes total no município (zona urbana). Além do número de contribuintes, deve-se também considerar a contribuição de cada habitante na geração de esgotos. Na Tabela 7, estão apresentadas faixas típicas de consumo de água em função do tamanho da comunidade atendida pelo abastecimento de água, segundo apresentado por von Sperling (2017). Importante ressaltar que nessa proposta, mesmo o esgoto do bairro que já é tratado na ETE Principal seria encaminhado para a nova ETE. Dessa forma, a redução das contribuições de esgoto do bairro Nossa Senhora do Rosário e do lodo de fossas negras e da ETEC (número 11) localizada no bairro, poderia também melhorar o desempenho da ETE Principal.

Tabela 6 - Localização e volume das fossas negras e suas respectivas residências e estabelecimentos atendidos, ETE principal e ETECs do município de Itutinga – MG.

| Localização | Tipo de Tratamento | Volume das fossas negras (m³) | Número de casas e estabelecimentos atendidos |
|--|--|---|---|
| Bairro 111 | Fossa Negra 1 e 2 (interligam) | 120 | 47 casas 1 Restaurante |
| | Fossa Negra 3 | 32 | 21 casas |
| | Fossa Negra 4 – Rua João Antônio Silva | 36 | 18 casas |
| Bairro Nossa Senhora do Rosário | Fossa Negra 5 – Rua Crispim Andrade Leite | 10 | 9 casas 1 Quadra poliesportiva 1 Lanchonete |
| | Fossa Negra 6 – Rua Cristóvão Antônio da Silva | 36 | 25 casas |
| | ETE compacta 11 | - | 7 casas |
| Bairro Vale das Águas | ETE Compacta 10 | - | 62 casas 1 Igreja |
| Bairro Vale da Ribeira | ETE compacta 9 | - | 25 casas 1 escola |
| Bairro Jardim Bela Vista | Fossa Negra 7 – Rua Sebastião Vieira Guimarães | 36 | 23 casas 1 Local de eventos |
| | Fossa Negra 8 – Rua Luiz Gonzaga Nascimento | 36 | 59 casas 2 Restaurantes 2 Oficinas |
| | ETE compacta 8 – Rua José Batista | - | 164 casas 1 escola 1 oficina |
| | Fossa Negra 9 – Rua Otaviano Teodoro Leite | 32 | 35 casas 1 consultório odontológico 1 oficina 1 pousada |

| Bairro São Gabriel | | | |
|---------------------------|--|----|--|
| | Fossa Negra 10 – Rua Jânio Quadros | 32 | 36 casas 1 Quadra poliesportiva |
| | Fossa Negra 11 – Rua Conceição Aureliano Filho | 32 | 13 casas |
| Bairro Centro | ETE compacta 7 | 60 | 1 Hospital (UBS) |
| | ETE compacta 6 | 60 | 1 Hospital (PSF) |
| | | - | 388 casas |
| | ETE principal | | 62 Estabelecimentos comerciais 3 Consultórios odontológicos 1 Posto de combustível 3 Pousadas 1 Escola 5 Igrejas 1 Fábrica |
| Bairro Jhon Pool | | - | 18 casas |
| | ETE compacta 5 | | 13 estabelecimentos comerciais |
| | ETE Compacta 4 | - | 8 casas |
| Bairro Ponte Alta | ETE compacta 1 | - | 3 casas |
| | ETE compacta 2 | - | 5 casas |
| | ETE compacta 3 | - | 5 casas |

Fonte: Resende (2021).

Ressalta-se que na Tabela 6, no bairro Nossa Senhora do Rosário consta apenas duas fossas negras coletivas. Porém, de acordo com a Prefeitura Municipal de Itutinga (2022), na Rua Cristóvão Antônio da Silva, há duas fossas negras, totalizando 3 fossas negras coletivas presentes no bairro (2 na Rua Cristóvão Antônio da Silva e 1 na Rua Crispim Andrade Leite).

Além disso, destaca-se que a ETE principal se encontra no bairro Nossa Senhora do Rosário (ITUTINGA, 2022).

Tabela 7 - Consumo per capita de água

| Porte da Comunidade | Faixa da População (hab) | Consumo per capita (QPC) (L hab ⁻¹ d ⁻¹) |
|---------------------|--------------------------|--|
| Povoado Rural | < 5.000 | 90 – 140 |
| Vila | 5.000 – 10.000 | 100 – 160 |
| Pequena Localidade | 10.000 - 50.000 | 110 – 180 |
| Cidade média | 50.000 – 250.000 | 120 – 220 |
| Cidade grande | >250.000 | 150 – 300 |

Fonte: von Sperling (2017).

Por se tratar de um município inferior a 5.000 habitantes, e por considerar que a nova ETE compacta atenderá apenas uma parte da população total de Itutinga, foi considerado o QPC entre 90 – 140 L hab⁻¹ d⁻¹ (VON SPERLING, 2017). A partir dessas informações, foi possível então estimar a vazão média, máxima e mínima de esgoto que será encaminhada a nova ETE compacta, conforme Equações 6, 7 e 8, respectivamente, para cálculo da vazão média (Q_{med}), máxima (Q_{máx}) e mínima (Q_{mín}).

$$\text{Equação 6 - } Q_{\text{med}} = \frac{P_t \times QPC \times R}{1000}$$

Em que:

P_t = população de projeto (hab);

QPC = quota per capita de consumo de água (L hab⁻¹ d⁻¹);

R = coeficiente de retorno (0,80) – valor recomendado pela NBR 9649/1986.

$$\text{Equação 7 - } Q_{\text{máx}} = Q_{\text{med}} \times K1 \times K2$$

De acordo com o apresentado em von Sperling, foi considerado K1 (coeficiente do dia de maior consumo) igual a 1,2), K2 (coeficiente da hora de maior consumo) de 1,5 e K3 (coeficiente da hora de menor consumo) de 0,5.

$$\text{Equação 8 - } Q_{\text{mín}} = Q_{\text{med}} \times K3$$

2.7.2 Classificação das tecnologias de tratamento por área disponível e eficiência

Atualmente boa parte do sistema de tratamento de esgoto do município de Itutinga consiste em estações de tratamento do tipo compactas. O motivo da escolha está relacionado aos aspectos financeiros, visto que os custos de implantação e operação são menores; e são também menores demanda por área, como pode ser observado na Tabela 8. Porém, ao analisar o critério de área isoladamente, nota-se que há outros sistemas de tratamento que a demanda por área também é ainda menor, porém que também podem ter maior necessidade de investimentos. Na Tabela 8 é possível prever a demanda de área para cada sistema de tratamento e seus respectivos custos.

Tabela 8 – Demanda de área por habitante, para cada sistema de tratamento.

| Sistema de Tratamento | Área demandada (m ² /hab) | Construção/implantação (R\$ / hab) | Operação e manutenção (R\$ /hab/ano) |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| TS+FA | 0,20-0,35 | 16-300 | 12-20 |
| UASB | 0,03 – 0,10 | 40 - 120 | 6 - 10 |
| LAN +LF | 1,50 – 3,00 | 90 - 140 | 5 – 8 |
| LF | 2,00 – 4,00 | 400 - 160 | 5 – 8 |
| LAF | 0,25 – 0,50 | 120 - 200 | 10 - 20 |
| LAMCS-LS | 0,20 - 0,40 | 120 - 200 | 10 - 20 |
| LAC | 0,12 – 0,25 | 240 - 300 | 20 - 40 |
| LAP | 0,12 – 0,25 | 200 - 270 | 20 - 40 |
| UASB+LAC | 0,08 – 0,20 | 120 - 250 | 15 - 30 |
| UASB+FBP | 0,10 – 0,20 | 150 - 250 | 12 - 18 |
| UASB+BFAS | 0,05 – 0,15 | 120 - 250 | 15 - 30 |
| SAC | 1,0 – 5,0 | 100 - 200 | 12 - 18 |

Em que, TS refere-se a Tanque Séptico, FA a Filtro Anaeróbio, LAN a Lagoas Anaeróbias, LF a Lagoas Facultativas, LAF a Lagoa Aerada Facultativa, LAMC a Lagoa Aerada de Mistura Completa, LS a Lagoa de Sedimentação, LAC a Lodos Ativados Convencional, LAP a Lodos Ativados de Aeração Prolongada, BFAS a Biofiltros Aerados Submersos, FBP a Filtro Biológico Percolador, SAC a Sistemas Alagados Construídos (wetlands construídos).

Fonte: von Sperling (2017).

Apesar do aspecto econômico ser um fator importante para a tomada de decisão do melhor sistema de tratamento de esgoto a ser adotado, deve-se levar em conta também os aspectos técnicos, que consiste na eficiência de cada sistema de tratamento, com o intuito de analisar se a alternativa pretendida irá atender positivamente a demanda de esgoto, cumprindo

com os requisitos exigidos pela legislação brasileira de disposição no curso d'água, a DN COPAM/CERH-MG 01/2008 ,(diferentemente do caso das ETECs de Itutinga).

A disposição do esgoto tratado na nova ETE será feita no curso d'água e não ao solo, visto que a disposição no solo tem apresentado problemas como escoamento a céu aberto no município, em razão do subdimensionamento das ETECs, que tem sua concepção mais voltada para soluções unifamiliares ou de pequenas comunidades. Tratar o esgoto de um bairro inteiro e dispor no solo em sumidouros pode não ser viável, dessa forma será feito o lançamento em um córrego, que passa próximo a nova ETE. Na Tabela 9, estão apresentados os sistemas de tratamento e suas respectivas eficiências típicas, considerando apenas o esgoto doméstico.

Tabela 9 – Sistemas de tratamento e suas eficiências típicas para esgoto doméstico.

| Sistema de Tratamento | DBO (%) | DQO (%) | SS (%) | NT (%) | PT (%) | Colif. (unid. Log) |
|-----------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------------------|
| UASB | 60-75 | 55-70 | 65-80 | <60 | <35 | 1 |
| LAN + LF | 75-85 | 65-80 | 70-80 | <60 | <35 | 1-2 |
| LF | 75-85 | 65-80 | 70-80 | <60 | <35 | 1-2 |
| LAF | 75-85 | 65-80 | 70-80 | <30 | <35 | 1-2 |
| LAMC –LS | 75-85 | 65-80 | 80-87 | <30 | <35 | 1-2 |
| LAC | 85-93 | 80-90 | 87-93 | <60 | <35 | 1-2 |
| LAP | 90-97 | 83-93 | 87-93 | <60 | <35 | 1-2 |
| UASB + LAC | 83-93 | 75-88 | 87-93 | <60 | <35 | 1-2 |
| UASB + BFAS | 83-93 | 75-88 | 87-93 | <60 | <35 | 1-2 |
| UASB + FBP | 80-93 | 73-88 | 87-93 | <60 | <35 | 1-2 |
| SAC | 80-90 | 75-85 | 87-93 | <60 | <35 | 3-4 |
| Fossa Séptica – | | | | | | |
| Filtro anaeróbio* | 70-90 | - | - | 10-25 | 10-20 | 60-90 (%) |

Fonte: Von Sperling (2017).

2.7.3 Características do corpo hídrico receptor

O laudo com os resultados do corpo hídrico receptor não foram entregues e por este motivo, inicialmente iremos considerar os dados do Rio Grande, visto que o córrego d'água que receberá o esgoto tratado deságua no Rio Grande. Ressalta-se que podem haver contribuições difusas que alterem a qualidade do Rio Grande e não seja especificamente a nova ETEC.

Na Tabela 10 estão apresentados os valores médios dos dados obtidos pela HIDROWEB, referentes ao curso d'água Rio Grande, pela estação fluviométrica de Itutinga, de código 61065100. A série histórica corresponde a um período entre 1997 e 2020, sendo que algumas variáveis possuem mais informações que outras, afetam nos desvios padrões. Além disso, também foi calculada a média dos valores para o período de 2019 a 2020, visto que são os anos mais recentes e por isso mais relevantes para os resultados dos cálculos.

Tabela 10 - Valores médios das principais variáveis de caracterização de qualidade de água do Rio Grande no ponto de coleta da Estação Fluiométrica 61065100 – Itutinga-MG

| Variável | pH | DQO | DBO | OD | ST | SS | PT | Namon | Nitrato | CT | CTerm |
|--------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|------------|------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Unidades | - | | | | | | | | | | |
| Dados 1997 – 2020 | | | | | | | | | | | |
| Média ± desvio padrão | 6,48 ± 0,4 | 9,89 ± 4,3 | 2,12 ± 0,4 | 6,79 ± 0,7 | 30,89 ± 7,5 | 7,91 ± 7,0 | 0,02 ± 0,0 | 0,11 ± 0,1 | 0,12 ± 0,1 | 2,78E +0,7 ± 5,82E +0,4 | 1,02E + 0,77 ± 3,91E +0,5 |
| Número de Dados | 71 | 35 | 92 | 94 | 94 | 54 | 94 | 90 | 94 | 54 | 80 |
| Dados 2019 – 2020 | | | | | | | | | | | |
| Média ± desvio padrão | 6,25 ± 0,4 | 15,75 ± 2,1 | 2,00 ± 0,0 | 7,25 ± 0,7 | 36 ± 8,7 | 14,25 ± 9,6 | 0,04 ± 0,0 | 0,19 ± 0,1 | 0,25 ± 0,1 | 2,13E +0,9 ± 1,4E +0,6 | -* |
| Número de Dados | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | - |

*Não há dados relativos ao Coliformes Termotolerantes de 2019-2020, sendo adotado nos cálculos, a contagem de 1997-2020.

Fonte: HIDROWEB (2022).

2.7.4 Requisitos necessários para disposição do efluente tratado no curso d'água.

Considerando o item 2.4 que discorre sobre a hidrografia do município e enquadramento do corpo hídrico de referência, levou-se em consideração a DN COPAM/CERH-MG 01/2008, estando dispostos, na Tabela 11, os parâmetros a serem alcançados para ser permissível o lançamento no curso d'água.

Tabela 11 – Valores e eficiências permissíveis para o lançamento de efluente tratado nos corpos hídricos receptores.

| Variável | Padrão para Lançamento | | Classe de enquadramento do curso d'água (Classe 2) | |
|----------|--------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------|
| | Valor Máximo Permissível | Eficiência Mínima para lançamento (%) | Valor Máximo Permissível | Eficiência necessária (%) |
| DBO | 60 mg L ⁻¹ | 70 | 5 mg L ⁻¹ | C |
| DQO | 180 mg L ⁻¹ | 65 | - | C |
| SS | 100 mg L ⁻¹ | 69 ^a | 100 mg L ⁻¹ | C |
| Namon | 20 mg L ⁻¹ | 58 ^a | 3,7 mg L ^{-1b} | C |
| PT | - | - | 0,1 mg L ⁻¹ | C |
| Ctem | - | - | 10 ³ NMP/100 mL | D |

a - Valores calculados com base na concentração máxima permissível;

b - Para pH < 7,5;

c - Eficiências negativas;

d - O valor no curso d'água já é superior ao limite para a classe 2.

Fonte: MINAS GERAIS (2008).

Neste projeto o esgoto tratado na nova concepção de sistema de tratamento a ser discutido posteriormente, será lançado em um córrego d'água situado próximo a instalação do futuro sistema de tratamento. Por este motivo se faz necessário calcular a eficiência a ser obtida para lançamento. O curso d'água em questão passou por análises laboratoriais, a fim de verificar a qualidade do mesmo, analisando as seguintes variáveis DBO; DQO; cloreto total; *E. Coli*; fósforo total; Nitrato; nitrogênio amoniacal total; oxigênio dissolvido (OD); pH; turbidez e substâncias tensoativas.

Para efeito de cálculos, foram consideradas as variáveis DBO, N, P, SS e coliformes, nos anos de 2019 -2020. A fim de obter essa eficiência, o primeiro passo consiste em determinar a concentração dessas variáveis após o tratamento. Isso foi calculado considerando a Equação 9, que diz respeito a concentração de mistura no curso d'água.

$$\text{Equação 9 - } C_m = \frac{[C_r * Q_r + C_e * Q_e]}{[Q_r + Q_e]}$$

Em que:

- C_m = concentração de mistura no curso d'água, conforme o valor máximo permissível para classe 2, disposto na DN COPAM/CERH 01/2008 (mg L^{-1});
- C_r = concentração no curso d'água, supracitado na Tabela 10 (mg L^{-1});
- C_e = concentração efluente (mg L^{-1});
- Q_r = vazão de referência no curso d'água ($Q_r = 53.686 \text{ L s}^{-1}$) (Atlas Esgotos, 2016);
- Q_e = vazão de esgoto a ser tratada (L s^{-1}).

Rearranjando a equação, é possível determinar o valor de C_e pela Equação 10.

$$\text{Equação 10 - } C_e = \frac{[C_m * (Q_r + Q_e)] - (C_r * Q_r)}{Q_e}$$

A partir dos valores calculados, referente a concentração efluente é possível determinar a eficiência necessária para lançamento, de forma a não alterar a condição do curso d'água (classe 2), conforme Equação 11.

$$\text{Equação 11 - } E_{\text{necessária}} = \left(\frac{S_f - C_e}{S_f} \right) * 100$$

Em que:

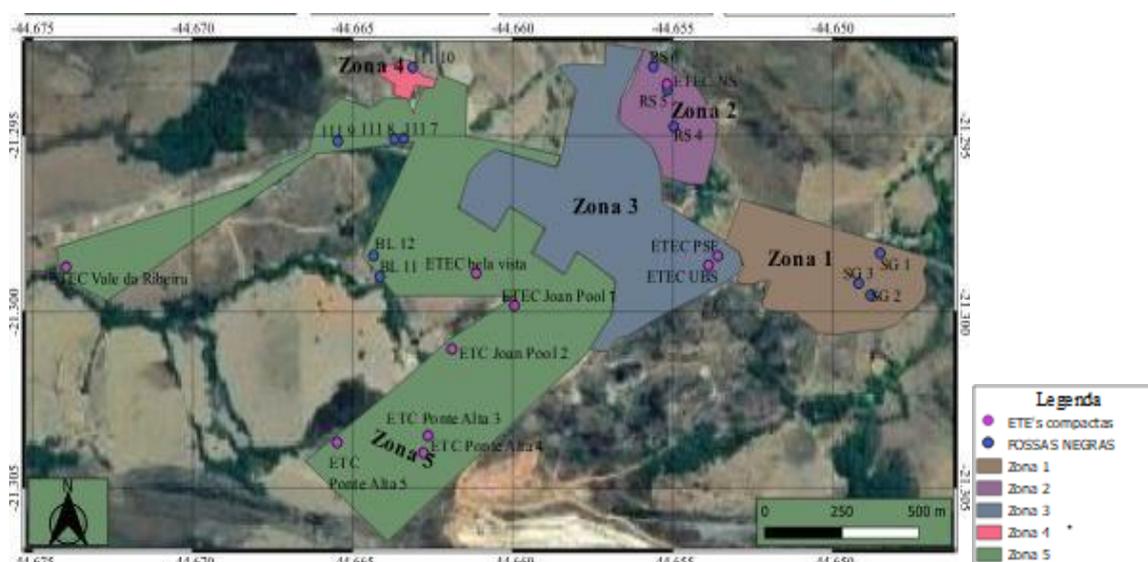
- $E_{\text{necessária}}$ = eficiência necessária para não alteração da condição do curso d'água (%);
- S_f = concentração das variáveis de acordo com os valores de literatura obtidos (mg L^{-1}) (Tabela 3).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Diagnóstico do sistema de tratamento do esgoto gerado em Itutinga.

Com base no diagnóstico feito no município, foi possível observar que o sistema de tratamento de esgoto do município de Itutinga, conta com três tipos de alternativas, são elas: estação de tratamento de esgoto (ETE – Principal), estações de tratamento de esgoto do tipo compacta e fossas negras coletivas. Na Figura 21, verifica-se um panorama da disposição dessas alternativas no município.

Figura 21 – Divisão em Zonas de Contribuição e Localização das ETEC's e Fossas Negras coletivas(FN) do município de Itutinga-MG.



Fonte: Do Autor, 2022.

Analisando os sistemas de tratamento adotados pelo município, observa-se algumas adversidades, que afetam diretamente a eficiência do tratamento e a cobertura da rede de esgotamento sanitário oferecido a população. O primeiro problema a ser exposto, é que apesar do município possuir uma estação de tratamento de esgoto, a mesma só consegue receber o esgoto do Centro e de parte do bairro Nossa Senhora do Rosário. Isso acontece devido a topografia da cidade, não sendo possível o encaminhamento do esgoto até a ETE sem que haja bombeamento do mesmo (RESENDE, 2021). Dessa forma, cria-se um problema de tratamento nos demais bairros. Uma das alternativas para contornar este problema seria a instalação de estações elevatórias e ETE's descentralizadas, sendo esta a que ocorre no município de Itutinga.

No que diz respeito a ETE Principal, essa apresenta problemas operacionais, razão pela qual não opera adequadamente. Na análise do projeto construtivo e na inspeção local, verificou-se erros de dimensionamento na caixa de recepção do esgotamento sanitário e na calha parshall,

condição que implica em diminuição do TDH prejudicando a eficácia da retenção de sólidos grosseiros no gradeamento e desarenador, além de redução da vida útil dos mesmos. De forma a amenizar o problema, foi colocado um dispositivo para levantar a grade durante todo tempo, permitir maior passagem de sólidos. Porém, com este mecanismo, tornam ineficiente o sistema de gradeamento, ocasionando em acúmulo na lagoa anaeróbia, com diminuição do volume útil da mesma. Uma possível solução seria a adição de uma peneira estática após as duas grades, fazendo com que a maior parte dos sólidos grosseiros sejam retidos no tratamento preliminar.

No tratamento secundário da ETE Principal, foram diagnosticados os seguintes problemas: i) A falta de um dimensionamento adequado das lagoas; ii) aporte de sólidos grosseiros e acúmulo na primeira lagoa anaeróbia; iii) Formação de espuma de coloração escura na superfície da primeira lagoa anaeróbia, a qual é retirada e encaminhada para o leito de secagem; iv) a segunda lagoa anaeróbia apresenta uma eficiência de remoção de DBO de apenas 55,5%; v) Há perceptível aumento da concentração de sólidos na lagoa facultativa, que pode ser decorrente da morte de algas.

Diante dos problemas mencionados, foi verificado se o TDH das lagoas anaeróbias e facultativas são suficientes para a vazão afluyente. Para a lagoa anaeróbia I, obteve-se um TDH necessário de 2,5 dias, abaixo do valor de projeto de 4,65 d (Tabela 4), indicando que caso as lagoas operasse nas condições de projeto, as eficiências poderiam ser maiores. Inclusive, o TDH de projeto se encaixa na faixa típica para esgotos domésticos, que está entre 3 a 6 dias (VON SPERLING, 2017). Para a lagoa anaeróbia II, o cenário se repete, em que o TDH de projeto (Tabela 4), está entre a faixa recomendada e é superior ao valor calculado (1,62 d). Já para a lagoa facultativa, o valor disposto na Tabela 4, se encontra abaixo da faixa de variação para lagoas facultativas primárias ($t = 15$ a 45 dias) (VON SPERLING, 2017) e bem inferior ao valor obtido utilizando as Equações 3,4 e 5 (17 dias).

Assim, observou-se que mesmo o valor do TDH de projeto das lagoas anaeróbias estando dentro da faixa típica permitida, as mesmas não conseguem operar em eficiências satisfatórias, devido a contribuição das fossas negras e dos tanques sépticos das ETEC's, aumentando a carga orgânica; o dimensionamento incorreto; o controle operacional, dentre outros. Assim, para as lagoas conseguirem operar adequadamente, o TDH deveria ser maior, visto que a carga afluyente é maior do que a planejada quando foi realizado o dimensionamento.

Foi constatado também que o filtro descendente construído após a lagoa de maturação está dimensionado de forma inadequada, sendo, portanto, subdimensionado para a vazão oriunda das lagoas. Já no leito de secagem, sua instalação hidráulica encontra-se posicionada de forma inadequada, visto que a água advinda do desaguamento dos sólidos (lodo) retirado das lagoas não é capaz de retornar ao início do tratamento por gravidade.

Para atender então parte da população não contemplado com esgotamento sanitário ligado à

ETE Principal, instalou-se as 10 ETECs, além das fossas negras, que também apresentam problemas de construção e concepção. Nas ETECs, houve a inversão da posição da fossa séptica com o filtro anaeróbio, implicando em riscos de precoce entupimento dos filtros (VON SPERLING, 2017). Como outras falhas diagnosticadas, pode-se citar constantes extravasamentos de esgoto nos sumidouros, devido o aumento de ligações residenciais nas ETE's; a ineficiência do tratamento; vazamentos de esgoto a céu aberto em alguns pontos; proliferação de vetores; risco sanitário a população e diminuição da qualidade de vida da população que convive diariamente com estes malefícios. Essas condições podem estar ligadas à falta de manutenção periódica nelas, havendo apenas a sucção do esgoto transbordante das fossas sépticas (RESENDE, 2021).

Segundo a NBR 7229 (ABNT, 1992), as fossas sépticas são dimensionadas para limpeza periódica de 1 a 5 anos, no entanto, como a limpeza está ocorrendo diariamente, isso indica problemas no dimensionamento e na operação das ETEC's. Como mencionado no trabalho de Resende (2021), uma das causas pode estar atrelada à contribuição de águas de chuva no sistema de tratamento.

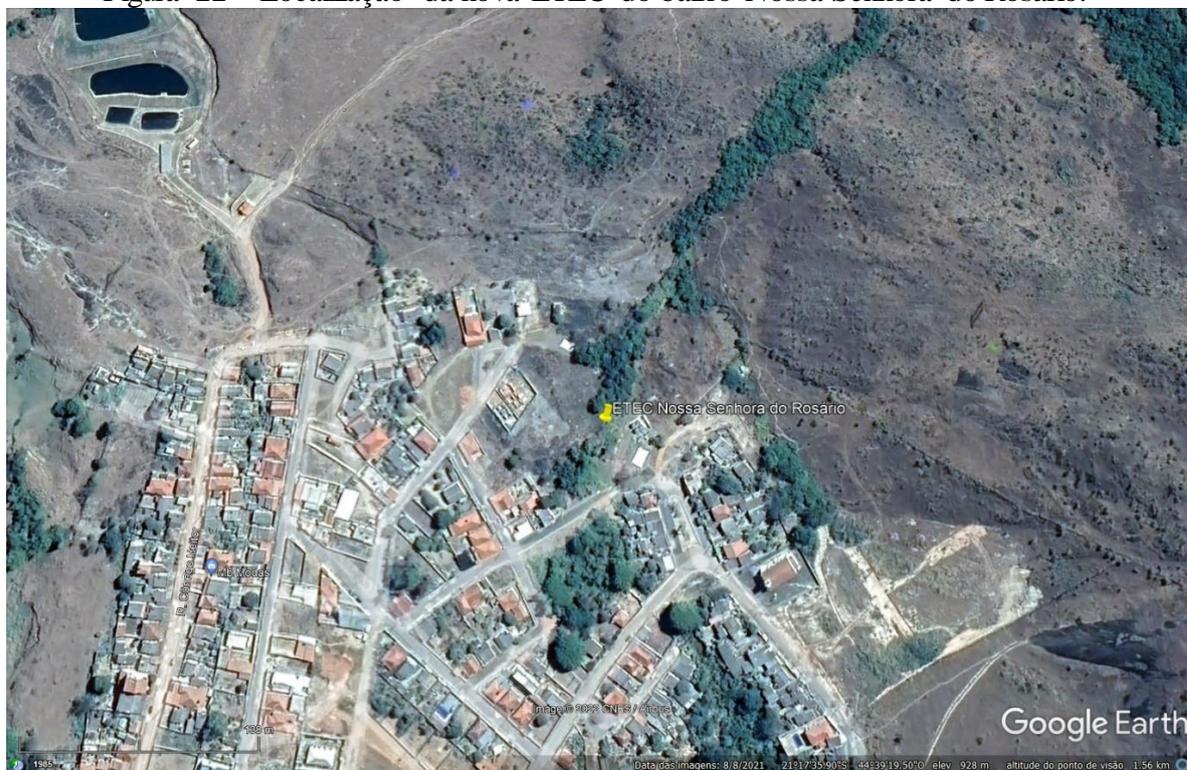
Em relação às fossas negras, os problemas relatados pela própria Prefeitura, é que além de receberem contribuição do esgoto, as mesmas recebem contribuições de águas pluviais. Dessa forma, as fossas negras existentes não foram dimensionadas para receber ambas as contribuições, provocando extravasamento do esgoto, afetando diretamente na saúde pública do município e na qualidade do solo e água. Como forma de reparar esta falha, é realizada diariamente a sucção das fossas negras (além das fossas das ETECs) pela prefeitura, encaminhando o esgoto vazante para a ETE Principal, constituindo uma codisposição no sistema de lagoas. Essa "solução" diminui o problema das ETEC's e das fossas negras coletivas, mas traz consequências negativas a ETE Principal, como sobrecarregamento (aumento da vazão), diminuindo a eficiência do tratamento, levando a contaminação dos cursos hídricos, visto que a mesma não foi dimensionada para essa finalidade. Essas mesmas observações foram relatadas nos trabalhos feitos por Resende (2017) e Resende (2021), indicando a necessidade de mudança no tratamento. No trabalho de Resende (2021), foi proposto um tratamento para substituição das fossas negras por uma nova ETE, visando reduzir a sobrecarga na ETE principal. Já na presente pesquisa, a intenção é atender todo o bairro Nossa Senhora do Rosário e um novo loteamento, além de possibilitar a desativação de 3 fossas negras coletivas presentes na região.

3.2 ESCOLHA DO TRATAMENTO - NOSSA SENHORA DO ROSÁRIO

3.2.1 Localização

A área onde será construída um sistema de tratamento de esgoto encontra-se localizada nas coordenadas geográficas 21°17'36,66"S (Latitude) e 44°39'19,54"O (Longitude). Essa área foi escolhida, pois pertence ao município de Itutinga, ou seja, não será necessário ter nenhum gasto para comprar (mediante desapropriação) ou arrendamento da área; respeita o distanciamento de 30 metros da APP (área de preservação permanente) e apresenta o desnível necessário para que o esgoto coletado chegue adequadamente na estação (LEI 12.651, 2012). Na Figura 22, está a representação do local da nova ETEC.

Figura 22 – Localização da nova ETEC do bairro Nossa Senhora do Rosário.



Fonte: Do Autor, 2022.

3.2.2 Contribuição de esgoto

O novo sistema de tratamento de esgoto foi dimensionado para receber o esgoto do bairro Nossa Senhora do Rosário, de um futuro loteamento e de três fossas negras coletivas que serão desativadas. Na Figura 23, têm-se o polígono da área de abrangência do sistema de tratamento.

Figura 23 – Zona de contribuição



Fonte: Do Autor, 2022.

Na região delimitada, foram mapeadas 56 residências e uma quadra poliesportiva, além dos 60 lotes do futuro loteamento (ITUTINGA, 2022). Dessa forma, considerando o número total de residências de 116 (considerando a construção nos lotes), e levando em conta que o número de habitantes por residência equivale a 4 pessoas, têm-se que o número total de pessoas atendidas no bairro será de 464 habitantes. Dessa forma, com estes valores, através das equações 6, 7 e 8 apresentadas anteriormente, foi possível calcular a vazão de projeto da nova ETEC. Para o consumo per capita foi considerado o valor de $140 \text{ L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Vale destacar que essa vazão está levando em consideração todo o bairro Nossa Senhora do Rosário e a construção dos novos lotes. Consequentemente, a vazão total média, máxima e mínima de esgoto a ser tratado será de $52 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$, $93,6 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$ e $26 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$. Para efeito de cálculo será considerada a vazão média.

3.2.3 Sistemas de Tratamento

De acordo com von Sperling (2017), a escolha do sistema de tratamento deve levar em conta os aspectos técnicos e econômicos, em concordância com critérios qualitativos e quantitativos de cada alternativa. Dessa forma, pensando na realidade do município, na vazão de esgoto a ser tratada e suas características e visando atender as legislações vigentes de padrões de lançamento de esgoto tratado em corpos hídricos, foram traçadas algumas alternativas de tratamento para o bairro Nossa Senhora do Rosário.

A primeira solução levou em conta o aspecto financeiro e os critérios quantitativos e qualitativos para tratamento do esgoto gerado pelo bairro e da contribuição anteriormente encaminhadas para as 3 fossas negras coletivas, que serão desativadas.

O primeiro sistema de tratamento de esgoto proposto consiste em uma estação de tratamento de esgoto do tipo compacta, formada por gradeamento, como tratamento preliminar; fossa séptica responsável por remover a maior parte dos sólidos em suspensão e o filtro anaeróbio com o objetivo de remover a matéria orgânica efluente da fossa séptica. Nota-se que foi invertida a posição da fossa séptica com o filtro anaeróbio, garantindo maior eficiência e vida útil as estruturas (VON SPERLING, 2017). Considerando o número de habitantes atendidos pela nova ETE e tendo como referência a Tabela 6, tem-se que a área necessária para implantação do sistema é de 130 m², como pode ser observado abaixo. O valor da área foi obtido entre a média dos valores encontrados na Tabela 8.

$$\text{Área}_{\text{necessária}} = \frac{\text{área}}{\text{hab}} * \text{hab}$$

$$\text{Área}_{\text{necessária}} = \frac{0,28\text{m}^2}{\text{hab}} * 464 \text{ hab}$$

$$\text{Área}_{\text{necessária}} = 130 \text{ m}^2$$

Pode-se notar que a área necessária é relativamente baixa, atendendo a realidade do município, no que tange a demanda por área e os custos de implantação. Porém, junto a isso, deve-se considerar os aspectos técnicos, que consiste na adequação da eficiência do sistema de tratamento a legislação vigente. No caso de Itutinga, o esgoto tratado será lançado em curso d'água próximo ao local onde seria possível realizar a instalação do sistema de tratamento. Assim sendo, é necessário analisar a eficiência do tratamento comparando com as exigências da legislação. Tendo como base as Tabelas 7 e 8, é preciso observar se o sistema de tratamento escolhido atende a legislação.

Com base na variável DBO, é possível que o sistema alcance a eficiência mínima para lançamento, que é de 70% (MINAS GERAIS, 2008). Por outro lado, unidades anaeróbias comumente geram efluentes com elevadas concentrações de sólidos e de nutrientes, além de apresentar reduzida eficiência de remoção de coliformes (CHERNICHARO *et al.*, 2015), razão pela qual frequentemente faz-se a disposição no solo em sumidouros (caso das ETECs instaladas).

Dessa forma, como o efluente tratado será disposto em um curso d'água, é preciso elevar as eficiências de remoção, o que é possível com a inclusão de reatores aeróbios, sendo possível atender os padrões estabelecidos pela legislação. Dessa forma, uma segunda alternativa proposta foi composta por um reator anaeróbio, o UASB, seguido de um aeróbio, o filtro biológico percolador (FBP). Os FBP podem ser de alta ou baixa carga, sendo que para este trabalho foi adotado o sistema de alta carga, visto que o mesmo possui como vantagens a maior resistência às variações de carga, em razão da recirculação da água residuária, garantindo uma nova oportunidade de remoção da matéria orgânica e por possuir menor requisito de área, uma vez que a relação alimento microrganismo é alta (RESENDE, 2021 VON SPERLING, 1998). Assim, baseado na Tabela 8 foi estimada a área necessária para o sistema de tratamento UASB + FBP:

$$\text{Área}_{\text{necessária}} = \frac{\text{área}}{\text{hab}} * \text{hab}$$

$$\text{Área}_{\text{necessária}} = \frac{0,15\text{m}^2}{\text{hab}} * 464 \text{ hab}$$

$$\text{Área}_{\text{necessária}} = 70 \text{ m}^2$$

Pode-se notar que a área necessária para este tratamento é menor que a primeira alternativa (fossa séptica + filtro anaeróbio), ainda que os custos totais sejam maiores. Ademais, as eficiências exigidas na literatura podem ser alcançadas com esse sistema de tratamento, vide que muitas ETEs do Brasil utilizam a tecnologia descrita (BRASIL, 2005).

Ainda levando em consideração a melhor eficiência de sistemas aeróbios para disposição do efluente tratado em cursos d'água, e levando em consideração os aspectos econômicos do município, têm-se como uma terceira alternativa, o reator UASB seguido de um biofiltro aerado submerso. De acordo com Gonçalves et al (2001) e Jordão e Pessoa (2011), um biofiltro aerado submerso requer menores áreas do que o FBP pela introdução forçada de oxigênio, o que também implica em maiores gastos energéticos. De acordo com o apresentado na Tabela 8, foi possível determinar a área necessária para esse sistema de tratamento:

$$\text{Área}_{\text{necessária}} = \frac{\text{área}}{\text{hab}} * \text{hab}$$

$$\text{Área}_{\text{necessária}} = \frac{0,1\text{m}^2}{\text{hab}} * 464 \text{ hab}$$

$$\text{Área}_{\text{necessária}}=46 \text{ m}^2$$

Comparando essa área com as demais, é notório que esse sistema de tratamento demanda menos área que as demais alternativas, porém com maiores custos de operação. Nos custos totais, no entanto, houve menores valores do que utilizando o FBP que pode estar ligado ao requerimento de área e preenchimento com meio suporte. Em relação ao aspecto técnico, as eficiências de tratamento para as variáveis DBO, DQO, SS, NT, PT e coliformes são as mesmas do sistema de tratamento anterior (UASB + FBP), diferenciando apenas na demanda por área e nos custos.

Nas Tabelas 12 e 14, estão descritos os sistemas de tratamento e seus respectivos custos de implantação e operação, bem como as eficiências e análise se as mesmas atendem ou não a legislação.

Tabela 12 - Sistemas de tratamento e seus respectivos custos de construção/implantação e operação/manutenção, além da demanda de área, considerando como equivalente populacional, 464 habitantes.

| Sistema de Tratamento | Área demandada (m²) | Construção / implantação (R\$) | Operação / Manutenção * (R\$) | Custo Total** (R\$) |
|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| TS + FA | 130 | 73.312 | 7.424 | 80.736 |
| UASB+FBP | 70 | 92.800 | 6.960 | 99.760 |
| UASB+BFAS | 46 | 85.840 | 10.440 | 96.280 |

Em que TS refere-se a Tanque Séptico, FA a Filtro Anaeróbio, FBP a filtro biológico percolador e BFAS a biofiltro aerado submerso. Os valores calculados, levaram em consideração a média dos valores dispostos nas tabelas 7 e 8.

*Custos de operação e manutenção referente ao primeiro ano de tratamento.

**Custo total referente ao primeiro ano de tratamento.

Fonte: Do Autor (2022).

A Tabela 12 indica que o sistema de tratamento UASB+BFAS é mais econômico que a concepção UASB + FBP, no primeiro ano de tratamento. Porém, foi feita uma projeção de custos, e verificou-se que no segundo ano, os custos totais destes sistemas de tratamento se igualam, sendo que no terceiro ano, a concepção UASB+FBP passa a ser mais viável economicamente. Os dados estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Projeção dos custos totais para cada sistema de tratamento.

| Sistema de Tratamento | Construção / implantação (R\$) | Operação / Manutenção – 1ºano (R\$) | Operação / Manutenção – 2ºano (R\$) | Operação / Manutenção – 3ºano (R\$) | Custo Total – 2ºano (R\$) | Custo Total – 3ºano (R\$) |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| TS + FA | 73.312 | 7.424 | 14.848 | 22.272 | 88.160 | 95.584 |
| UASB+FBP | 92.800 | 6.960 | 13.920 | 20.880 | 106.720 | 113.680 |
| UASB+BFAS | 85.840 | 10.440 | 20.880 | 31.320 | 106.720 | 117.160 |

Fonte: Do Autor (2022).

Destaca-se que o custo de construção / implantação não são acumulativos, diferente do custo de operação e manutenção que se atualiza a cada ano. Por exemplo, na primeira alternativa (TS+FA), o custo de construção/implantação é de R\$ 73.312; o custo de operação / manutenção no 1 ano é de 7.424, no 2º ano é de R\$ 14.848 (7.424 + 7.424), totalizando um custo total de R\$ 88.160. Já no 3º ano o custo de operação / manutenção é de R\$ 22. 272, e o custo total é de R\$ 95.584 (73.312 + 22.272).

Tabela 14 – Sistemas de tratamento e suas respectivas eficiências típicas de remoção para os esgotos domésticos, comparando aos padrões da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 1, de 05 de maio de 2008.

| Sistema de Tratamento | Fonte | DBO (%) | DQO (%) | SS (%) | NT (%) | PT (%) | Colif. (unid. Log) | Atendimento a Legislação |
|-----------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|--------------------------|
| TS + FA | Von Sperling (1998) | 70 – 90 | - | - | 10 - 25 | 10 - 20 | 60 - 90 | Dúvida* |
| UASB+FBP | Von Sperling (2017) | 80 – 93 | 73 - 88 | 87 -93 | < 60 | < 35 | 1 - 2 | Atendido |
| UASB+BFAS | Von Sperling (2017) | 83 – 93 | 73 - 88 | 87 - 93 | < 60 | < 35 | 1 - 2 | Atendido |

*As variáveis de NT e PT não atendem a eficiência mínima para lançamento. Deve-se realizar o estudo da possível alteração da classe do curso d'água (classe 2) e verificar a viabilidade.

Além de considerar os aspectos econômicos, é importante considerar os critérios técnicos, como por exemplo a eficiência necessária para lançamento em curso d'água. De acordo com a Equação 10 foi possível determinar a concentração máxima efluente, porém a mesma apresentou valores elevados. Isso ocorre quando a vazão do curso d'água é muito maior

que a vazão do esgoto lançado e quando a DBO do rio é menor que da classe de enquadramento. Assim, quando se tem concentrações efluentes elevadas, os valores de eficiência são negativos, devendo ser considerada a eficiência mínima regulamentada no padrão de lançamento para cada variável.

Diante da similaridade das eficiências que podem ser alcançadas nas duas últimas propostas, da menor área demandada e levando em consideração que a partir do 3º ano a concepção UASB + FBP é mais viável que o sistema UASB + BFAS, definiu-se pela concepção UASB + FBP.

Dessa forma, essa seria a configuração a ser implementada no bairro Nossa Senhora do Rosário, em Itutinga, considerando o equilíbrio entre os aspectos econômicos e técnicos. Vale ressaltar que para este estudo foram analisadas somente estas alternativas e que esses são os custos considerados apenas no primeiro ano de operação. Em anos posteriores, a utilização do FBP pode compensar já que possui menores demandas energéticas e manutenção, como pode ser observado na Tabela 13.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no trabalho, chega-se as seguintes conclusões:

- O sistema de esgotamento sanitário presente em Itutinga, formado por ETE Principal, ETEs compactas (ETECs) e fossas negras, apresenta diversos problemas, havendo contaminação do meio ambiente;
- As fossas negras coletivas não suportam a vazão que chega até elas devido ao significativo número de residências ligadas a ela, além de receberem contribuições de águas pluviais. Isso causa extravasamento do esgoto, afetando a saúde pública e a qualidade de vida da população;
- As ETECs apresentam a inversão da fossa séptica com o filtro anaeróbico, tendo como consequência a diminuição da vida útil dos equipamentos e a redução da eficiência do tratamento.
- A ETE Principal não foi projetada para a codisposição do lodo das fossas negras e fossas sépticas das ETECs, prejudicando a operação da estação;
- Um dos problemas principais que afetam o sistema de esgotamento sanitário, é que o município não possui um sistema de separação entre esgoto e águas pluviais. Dessa forma, além da vazão de esgoto, os sistemas de tratamento recebem águas pluviais;
- Para o bairro Nossa Senhora do Rosário foi escolhido o sistema de tratamento UASB + FBP como o mais viável, levando em consideração o equilíbrio entre o aspecto

econômico e técnico, além de que essa concepção se torna mais viável que a concepção UASB + BFAS em um prazo de 3 anos, visto que esse possui menores demandas energéticas e manutenção.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Novo Marco Regulatório do Saneamento**. Disponível em: < <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/novo-marco-legal-do-saneamento#:~:text=Novo%20Marco%20Regulat%C3%B3rio%20do%20Saneamento,a%20editar%20normas%20de%20refer%C3%A2ncia>>. Acesso em: 04 maio. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE MUNICÍPIOS. **Pesquisa do IBGE analisa situação do saneamento básico no Brasil, 2020**. Disponível em: < <https://portalamm.org.br/pesquisa-do-ibge-analisa-situacao-do-saneamento-basico-no-brasil/>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BRASIL. **Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/D8qjPrwmMcFsScmNgXWJNsk/?lang=pt#>>. Acesso em 12 abr. 2022.

BRASIL. Deliberação Conjunta COPAM/CERH (Conselho Estadual de Recursos Hídricos), nº 01 de 13 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 13 maio 2008, 32 p.

BRASIL. Deliberação Normativa COPAM nº 217 de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário Oficial [da]**

República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 08 dezembro 2017.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em 12 abr. 2022.

BRASIL. **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, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acesso em 04 maio. 2022.

CALIJURI, M. L. et al. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/Wetland construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Rev Environ Sci Biotechnol.** EngSanit Ambiental, v. 14, n. 3, p 421-430, 2009.

CHERNICHARO, C. A. L. et al. Anaerobic sewage treatment: state of the art, constraints and challenges. **Rev Environ Sci Biotechnol**, v. 14, p. 649–679, 2015.

CLIMATEMPO. **Itutinga – BR.** Disponível em: < <https://www.climatempo.com.br/climatologia/3803/itutinga-mg>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

CURSOS CP. **Novo Código Florestal Brasileiro - Construção de obras próximas a cursos d'água (15m ou 30m)**. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/codigo-florestal/novo-codigo-florestal-brasileiro-construcao-de-obras-proximas-a-cursos-dagua-15m-ou-30m>>. Acesso em 12 abr. 2022.

DELTA SANEAMENTO AMBIENTAL. **Tratamento e tipos de esgoto**. Disponível em: <https://deltasaneamento.com.br/tratamento-e-tipos-de-esgoto/>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

GONÇALVES, R. F. et al. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, (Projeto Prosab), 82 p., 2001.

GUIMARÃES, J. de J. et al. Utilização de Forrageira no tratamento de esgoto doméstico. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 92-110, 2018.

HIDROWEB. **Séries Históricas**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

INFOESCOLA. **Classificação climática de Köppen –Geiger**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/geografia/classificacao-climatica-de-koppen-geiger/>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. **Municípios e Saneamento: Itutinga – MG**. Disponível em: <[https://www.aguasaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/mg/itutinga#:~:text=O%20QUE%20VOC%3%8A%20PRECISA%20SABER%20SOBRE%20ITUTINGA%20\(MG\)%3A&text=N%3%A3o%20possui%20fundo%20municipal%20de,n%3%A3o%20tem%20acesso%20%3%A0%20%3%A1%20gua.](https://www.aguasaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/mg/itutinga#:~:text=O%20QUE%20VOC%3%8A%20PRECISA%20SABER%20SOBRE%20ITUTINGA%20(MG)%3A&text=N%3%A3o%20possui%20fundo%20municipal%20de,n%3%A3o%20tem%20acesso%20%3%A0%20%3%A1%20gua.)>. Acesso em: 12 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário. 2017**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itutinga/pesquisa/24/76693>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Itutinga. 2018**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itutinga/panorama>>.

Acesso em: 12 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: abastecimento de água e esgotamento sanitário, 2017. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=pib-por-municipio>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Enquadramento da GD1**. Belo Horizonte: Igam, 2013. 1 mapa. Escala: 1:575.000.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Instrumentos de Gestão – CBH do Alto Rio Grande (GD1)**. Disponível em: < <https://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais/23-gd1-alto-rio-grande>>. Acesso em: 04 maio. 2022.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011, 969 p.

JUNIOR, A.D.M. et al. Classificação climática de Thornthwaite para o Brasil com Base em Cenários de Mudanças Climáticas do IPCC –AR5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, 647- 664, 2018. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/jgwGxxsHYt7RT5Zsh37M3Pw/?format=pdf&lang=pt>> . Acesso em: 12 abr. 2022.

MATOS, A. T. de; MATOS, M. P. de. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. 1. ed. Viçosa: UFV, 371 p., 2017.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **Entenda a realidade do saneamento básico no Brasil, 2020**. Disponível em: < <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/saneamento-basico/>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

RESENDE, D. E. A. **Avaliação da eficiência do sistema de tratamento de esgoto do município de Itutinga-MG.** 2017. 62 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

RESENDE, K. A. **Diagnóstico e avaliação técnico-financeira de alternativas para o tratamento de esgoto da cidade de Itutinga – MG.** 2021. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. **Atlas Esgotos:** Despoluição de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/atlas_esgoto/Minas_Gerais/Sistema_Planejado/Itutinga.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgotos-2019.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2019>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** v.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 1998. 243 p.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 3.ed. Belo Horizonte: Setor de Tratamento da Informação - DITTI; Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.