

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS
ENGENHARIA CIVIL
LUANA FERREIRA MENDES

**Proposição para adequação do sistema de esgotamento sanitário no município de Elói
Mendes/ MG.**

Varginha
2014

LUANA FERREIRA MENDES

**Proposição para adequação do sistema de esgotamento sanitário no município de Elói
Mendes/ MG.**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, sob orientação do Professor Leopoldo Uberto Ribeiro Junior.

**Varginha
2014**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço Deus, o centro e fundamento de tudo em minha vida, por renovar a cada momento a minha força e disposição.

Aos meus pais, pela confiança depositada em mim, que sempre me apoiaram e incentivaram em todos os momentos da minha vida, sem medir esforços para me ajudar. Também ao meu irmão, pelo apoio, amizade e paciência.

Ao meu orientador, Professor Leopoldo Uberto Ribeiro Junior, que acreditou em mim, que ouviu pacientemente as minhas considerações e partilhou seus conhecimentos e experiências. Quero expressar meu reconhecimento e gratidão pela forma que conduziu minha orientação.

Aos docentes do curso de Engenharia Civil, por todos os ensinamentos e experiências apresentadas durante o curso. Em especial, a coordenadora Prof. Ivana Prado de Vasconcelos, pela atenção, amizade, compreensão e competência profissional, que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal.

Aos meus colegas, pela amizade, apoio e cumplicidade, e companheirismo, que em todos os momentos contribuíram para minha formação.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, pelo carinho, amizade, compreensão, em que pude contar nessa etapa da vida.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

O presente trabalho compreende um estudo sobre as redes de esgotamento sanitário no município de Elói Mendes, relacionado à importância do saneamento básico para a saúde e qualidade de vida da população. O estudo destaca o histórico do saneamento básico no Brasil, bem como o panorama dos sistemas de esgotamento sanitário no país, comprovando a precariedade e a carência de atenção dos administradores na prestação deste serviço. Assim, procedeu-se inicialmente o referencial teórico, no intuito de relatar as premissas básicas para implantação de um plano de saneamento básico no município, enfatizando o sistema de esgotamento sanitário, devido sua insuficiência. Na sequência, apresentam-se os conceitos gerais e parâmetros de projeto para garantir a funcionalidade do sistema das redes coletoras de esgotos, e também, são apresentados diferentes tipos de tratamento dos resíduos coletados, antes de serem lançados no corpo receptor. O estudo tem como objetivo avaliar as redes de esgotos no município de Elói Mendes, identificando pontos que apresentam problemas e caracterizando-os, para planejar possíveis soluções. A metodologia empregada para estudo do sistema, realizada através de pesquisa bibliográfica, documental e de campo, permitiu a elaboração de croquis do município, que evidenciam a localização das redes coletoras de esgotos, interceptores e córregos ao redor da área urbana. Realizou-se assim, uma abordagem da situação do sistema do município, comprovando através de cálculos de projeção populacional, vazões de dimensionamento e verificação das tubulações existentes, as possíveis causas dos problemas identificados. O tipo de estação de tratamento esgoto proposto para o município de Elói Mendes, é uma estação de Reator UASB seguido por filtro biológico, com um custo estimado para sua implantação no valor de R\$ 1.611.080,72 reais.

Palavras-chave: Saneamento básico. Redes coletoras de esgotos. Sistema de esgotamento sanitário de Elói Mendes. Estação de tratamento de esgoto. Reator UASB.

ABSTRACT

This work includes a study of sewage networks in the city of Elói Mendes, relating to the importance of sanitation to health and life's quality. The study highlights the history of basic sanitation in Brazil, as well as the perspective of sewage systems in the country, demonstrating the precariousness and lack of attention of administrators in providing this service. Thus, we proceeded initially the theoretical framework, in order to report the basic premises for the implementation of a plan of sanitation in the city, emphasizing the sewage system, due to its failure. Following, we present the general concepts and design parameters to ensure the functionality of the sewerage collection networks, and are also presented different types of treatment of waste collected, before being cast in the receiving body. The study aims to evaluate the sewerage in the city of Elói Mendes, identifying points that present problems and characterize them, to plan possible solutions. The methodology used to study the system, performed through literature, documentary research and field, allowed the elaboration of a sketch of the county, which show the location of the collecting sewer systems, interceptors and streams around the urban area. Was held thus approach the situation the county system, proving through calculations of population projection, flows of design and verification of existing, the possible causes of the problems identified. The type of sewage treatment plant proposed for the city of Elói Mendes, is a station UASB reactor followed by biological filter, with an estimate for implementation of R \$ 1,611,080.72.

Keywords: *Basic sanitation. Sewage collection networks. Sewage system of Elói Mendes. Sewage treatment station. UASB reactor.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Caracterização geral do saneamento básico com ênfase em esgotamento sanitário ...	12
3.1.1 Saneamento Básico.....	12
3.1.2 Histórico do saneamento básico.....	13
3.1.3 O saneamento básico e o ordenamento jurídico constitucional	15
3.1.4 Panorama de esgotamento sanitário no Brasil	18
3.2 Sistemas de esgoto sanitário	22
3.2.1 Conceitos gerais	22
3.2.2 Critérios de projetos para canalização	23
3.2.3 Vazões de dimensionamento.....	25
3.3 Sistemas de estações de tratamento de esgoto	26
3.3.1 Lagoas de estabilização	29
3.3.2 Disposição no solo.....	32
3.3.3 Sistemas anaeróbios.....	35
3.3.4 Lodos ativados	37
3.3.5 Reatores aeróbios com biofilmes	40
4 METODOLOGIA	45
4.1 Método de abordagem	45
4.2 Técnicas de pesquisa	45
5 RESULTADOS	52
5.1 Estudo de caso	52
5.1.1 Sistema existente	53
5.2 Material e métodos	60
5.2.1 Projeção populacional	60
5.2.2 Consumo per capita.....	63
5.2.3 Cálculo das vazões	63
5.2.3.1 Vazão doméstica	63
5.2.3.2 Vazão de infiltração.....	64
5.2.3.3 Vazão de dimensionamento	64
5.2.3.4 Verificação do diâmetro das tubulações	64
5.3 Projeto da estação de tratamento de esgoto	70
5.3.1 Dimensionamento das grades	72
5.3.2 Dimensionamento da caixa de areia.....	73
5.3.3 Dimensionamento do reator UASB.....	74
5.3.4 Dimensionamento do filtro biológico.....	77
5.3.5 Custo da implantação da ETE.....	79
6 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A - Questionário	85

APÊNDICE B – Croqui do município de Elói Mendes I.	86
APÊNDICE C – Croqui do município de Elói Mendes II.	87
APÊNDICE D – Croqui do município de Elói Mendes III.....	88
APÊNDICE E – Memorial de cálculo para dimensionamento da grade	89
APÊNDICE F – Memorial de cálculo para dimensionamento da caixa de areia.	91
APÊNDICE G – Memorial de cálculo para dimensionamento do reator UASB.....	94
APÊNDICE H – Memorial de cálculo para dimensionamento do filtro biológico	96
APÊNDICE I – Memorial Planilha estimativa do custo da implantação da ETE.....	97
ANEXO A	99
ANEXO B	99
ANEXO C	100
ANEXO D	100
ANEXO E	101
ANEXO F	101
ANEXO G	102
ANEXO H	102

1 INTRODUÇÃO

A falta de condições adequadas de saneamento básico, podem contribuir para proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas a população. Neste aspecto, revela-se a importância do sistema de esgotamento sanitário para garantir destinação correta dos resíduos de esgotos, de modo, a condicionar a população a uma melhor qualidade de vida e saúde.

O presente trabalho, aborda a avaliação do sistema de esgotamento sanitário do município de Elói Mendes, fixando diretrizes e parâmetros, a fim de assegurar a funcionalidade do sistema. A garantia do saneamento básico, evidenciado através da implantação de rede coletora de esgotos é dever do estado e direito do cidadão, cabendo aos órgãos responsáveis pela prestação do serviço a coleta e destinação final adequada dos resíduos.

Realizados estudos das condições das redes coletoras de esgotos no município, verificou-se que os resíduos coletados nas redes passam a ser lançados ao meio ambiente de maneira incorreta e indevida, seja por lançamento direto em corpos d'água, ou pela disposição indevida no solo. Os resíduos sanitários geram riscos a saúde, devido à contaminação de rios e lagoas, bem como, contaminação dos lençóis subterrâneos que auxiliam no abastecimento de água à população.

Um projeto oportuno para auxiliar na adequação do sistema, são medidas de carácter educativas, através da elaboração de cartilhas que demonstrem a importância do saneamento básico, a separação da rede de esgoto e da rede de águas pluviais, bem como o descarte adequado do lixo, evitando que estes entrem nas tubulações de redes de esgotos. A avaliação do caso em estudo, também permite criar subsídios para a criação do Plano Municipal de Saneamento para Elói Mendes, visto que, o município não detém de tal plano.

O objetivo é caracterizar as redes coletoras de esgotos no município de Elói Mendes, identificando pontos que apresentam problemas, de modo a solucioná-los. A finalidade é propor uma estação de tratamento de esgoto, visto que, embora exista a rede coletora, o lançamento dos resíduos in natura no Ribeirão Mutuca não condiz com a legislação vigente.

A metodologia utilizada, compreende pesquisas realizadas em campo, bibliografia e documentos, que possibilitaram identificar o traçado das redes existentes. As pesquisas propiciaram a elaboração de croquis do município, que permitem distinguir as redes, interceptores e córregos ao redor do município.

A proposta para o presente trabalho, é adequar o município a legislação vigente, ou seja, é necessário implantar uma estação de tratamento de esgoto, para extinguir o lançamento de esgoto in natura no Ribeirão Mutuca. A estação de tratamento proposta é um sistema de Reator UASB, seguido por filtro biológico. Os resultados obtidos no estudo, permitem não apenas chegar ao objetivo final, bem como, estabelecer diretrizes que auxiliam na melhor deliberação para o caso averiguado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Objetivo geral deste trabalho é descrever a importância do esgotamento sanitário para assegurar a saúde da população, bem como, projetar uma estação de tratamento de esgoto para o município de Elói Mendes.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

Compreender os conceitos gerais de esgotamento sanitário e seus parâmetros de projeto.

Identificar e caracterizar a rede de esgotamento sanitário, a fim de delimitar uma área para instalar a estação de tratamento de esgoto.

Elaborar mapa topográfico do município, croquis que demonstrem a localização das redes coletoras, interceptores e córregos da área urbana do município.

Diagnosticar o sistema de esgotamento sanitário de Elói Mendes, caracterizando os resíduos, seu tipo e quantidade.

Elaborar o projeto para instalação de uma estação de tratamento de esgoto para o município.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Caracterização geral do saneamento básico com ênfase em esgotamento sanitário

Para melhor compreender o tema desta monografia, uma análise histórica do saneamento básico no Brasil se faz importante, de modo a destacar as diretrizes fundamentais para fins de interpretação. Neste capítulo, apresentam-se conceitos de sistema de esgotamento sanitário e assuntos que compreendem este projeto de pesquisa dispostos a seguir.

3.1.1 Saneamento Básico

O meio ambiente preservado é fundamental para a manutenção da saúde humana. O saneamento básico, destaca-se como uma das ferramentas capazes de garantir saúde e qualidade de vida as populações.

A importância de se tratar o saneamento básico em toda sua complexidade, significa pensar adequadamente nas soluções tecnológicas e de infra estrutura, bem como avaliar todas as variáveis sociais, ambientais, culturais e econômicas dos municípios.

O conceito de saneamento básico, em seu aspecto formal, corresponde ao conjunto de serviços públicos, infra estrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Este conceito é adotado na Lei n.º 11.445 de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, em seu art. 3º, inciso I, alíneas “a”, “b”, “c” e “d”.

O saneamento básico faz parte da realização plena dos direitos humanos. Trata-se de um recurso básico e um serviço de saúde, reconhecido na Declaração sobre o Direito ao Desenvolvimento, no art. 8º, transcrito:

“1. Os Estados devem tomar, a nível nacional, todas as medidas necessárias para a realização do direito ao desenvolvimento e devem assegurar, *inter alia*, igualdade de oportunidade para todos em seu acesso aos recursos básicos, educação, serviços de saúde, alimentação, habitação, emprego e distribuição equitativa de renda. Medidas efetivas devem ser tomadas para assegurar que as mulheres tenham

um papel ativo no processo de desenvolvimento. Reformas econômicas e sociais apropriadas devem ser efetuadas com vistas à erradicação de todas as injustiças sociais.

2. Os Estados devem encorajar a participação popular em todas as esferas, como um fator importante no desenvolvimento e na plena realização de todos os direitos humanos.”

Analisando a Declaração sobre o Direito ao Desenvolvimento, revela-se a vinculação do desenvolvimento da sociedade com o acesso aos recursos básicos (saneamento). A comunidade que apresenta boas perspectivas de qualidade de vida, uma vez que se verifica a ocorrência dos serviços básicos, demonstra propensão para crescer socialmente e economicamente.

O intuito de analisar o saneamento básico dentro da ótica do desenvolvimento sustentável atentando à saúde pública, é de destacar a importância deste serviço para a sociedade e suas múltiplas implicações.

Para se obter condições sanitárias adequadas, não basta que o esgoto seja adequadamente coletado por meio de uma rede geral. É necessário que também seja tratado, caso contrário, recursos hídricos ficarão poluídos e haverá proliferação de doenças, devido à contaminação da água por coliformes fecais, causando prejuízo à saúde da população e o aumento da mortalidade infantil.

3.1.2 Histórico do saneamento básico

A identidade sanitária nacional foi se construindo por diferentes condutas e acontecimentos políticos, econômicos, sociais e culturais que caracterizaram os períodos da história do Brasil e do mundo. Apresentamos um breve histórico para compreensão da evolução do saneamento ao longo dos séculos.

Na antiguidade, as civilizações greco-romanas foram as primeiras a utilizar o pensamento científico, com o propósito de estabelecer métodos sanitários em busca da saúde. Os romanos desenvolveram grandes obras de Engenharia Sanitária, como a Cloaca Máxima de Roma.

Durante a Idade Média, ocorreu um retrocesso sanitário, provocado principalmente pela conservação da Igreja, fonte detentora dos conhecimentos. A Igreja, priorizou estudos nas

áreas culturais, como a arte e as letras, desprezando a ciência, a fim de garantir seu domínio para alcançar seus objetivos.

Na Idade Moderna, com a derrubada da Igreja, surge a formação dos Estados Nacionais, que impulsionou a criação de escolas e o desenvolvimento das ciências naturais. O conhecimento sobre a relação entre saúde e saneamento foi fortalecido, caracterizando o conceito de saúde pública. A evolução tecnológica e a industrialização nos países capitalistas possibilitaram a execução em larga escala de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

A Revolução Francesa, na Idade Contemporânea, iniciou um processo de revisão dos direitos humanos e do próprio conceito de cidadania. Nos países capitalistas, os problemas de saúde foram tomados como prioritários, o que promoveu o aumento da expectativa de vida, das taxas de natalidade e o declínio das taxas de mortalidade. Porém, o aumento populacional superou os esforços de modernização do saneamento.

No século XX, novos conceitos sobre saúde, passaram a orientar intervenções no espaço urbano, protagonizado pelos cientistas Oswaldo Cruz e Pereira Passos com o marco histórico no país conhecido como Revolta da Vacina. Na década de 1950, ocorreu à busca da autonomia do setor de saneamento através da criação do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) em vários municípios.

Na década de 1960, o Brasil detinha o último lugar nos indicadores de saneamento básico na América Latina, com menos de 50% da população urbana com acesso ao abastecimento de água (PINHEIRO, 2008).

Com o propósito de implementar uma política de desenvolvimento urbano, foi criado em 1964 o Banco Nacional de Habitação (BNH), que passa a ser gestor dos recursos do FGTS (Fundo de Garantia do Tempo de Serviço), principal fonte de recursos do setor. Em 1965 o Brasil assina um programa intitulado “Aliança para o Progresso” com o Governo dos Estados Unidos para criar o “Fundo Nacional de Financiamento para Abastecimento de Água” e o “Grupo Executivo de Financiamento”, que atendeu, até 1967, apenas 21 cidades do Brasil com obras de abastecimento de água (Zveibil, 2003).

Na década de 1970, uma Ação do Governo, instituiu planos e metas para o setor de saneamento, constituindo os primeiros passos para o Plano Nacional de Saneamento – PLANASA. Um dos principais objetivos do PLANASA, era promover a auto sustentação financeira do sistema e a eliminação do déficit no setor de saneamento. Tinha como meta

alcançar até o ano de 1980 no mínimo 80% da população urbana com água potável e 50% desta população com os serviços de coleta e tratamento de esgoto.

Percebe-se que no período do PLANASA, a demanda por água de qualidade teve caráter de urgência, entretanto a coleta de esgotos teve sua meta longe de ser alcançada, sendo o tratamento de esgotos, uma realidade mais distante ainda. O PLANASA extinguiu-se no ano de 1991, devido a inúmeros problemas econômicos e operacionais do plano.

No ano de 2008, a formulação do “Pacto pelo Saneamento Básico: mais saúde, qualidade de vida e cidadania”, instituído pelo Governo federal, marca o início do processo participativo de elaboração de um Plano Nacional de Saneamento – PLANSAB. Sua elaboração nos anos de 2009 e 2010, demonstrou o panorama do saneamento básico no Brasil. Para assegurar a eficácia da implementação do Plano, da forma como concebido, entende-se necessário que o Governo Federal, exerça rigoroso monitoramento, realizando o acompanhamento das metas de cada município. Assim, será possível diagnosticar desconformidades e realizar medidas de correção, bem como realizar atualizações no plano, conforme previsto em Lei.

3.1.3 O saneamento básico e o ordenamento jurídico constitucional

O saneamento básico adquire a condição de serviço público, cujo acesso deve ser garantido de forma universal e integral, reafirmando o direito à salubridade ambiental estabelecido no Estatuto das Cidades, no art. 2º da Lei nº 10.257/2001.

Em 5 de janeiro de 2007, após aprovação no Congresso Nacional, que sancionou a Lei nº 11.445/2005, onde estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, o país inicia uma nova fase. Fica estabelecido o município como titular dos serviços de saneamento básico, comprometido a definir as competências quanto ao planejamento, à prestação, à regulação, à fiscalização dos serviços e à promoção da participação social (Plano Diretor).

As entidades prestadoras de serviços sanitários podem ser de diferentes esferas do governo, algumas vezes atuando na forma de parcerias ou através do setor privado. No caso de esgotamento sanitário, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, o serviço era prestado, principalmente, por entidades municipais (65,3%), seguindo-se as estaduais (31,8%) e privadas (2,7%) como demonstrado na Figura 01. O serviço prestado por entidades de âmbito federal teve participação pouco significativa (0,2%), e não foram encontradas entidades inter federativas.

Figura 01 – Distribuição das esferas administrativas das entidades prestadoras de serviços de esgotamento sanitário – Brasil – 2008.

Grupos de tamanho dos municípios	Esfera administrativa das entidades prestadoras do serviço					
	Federal	Estadual	Municipal	Privada	Interfedera- tiva	Intermu- nicipal
Total	0,2	31,8	65,3	2,7	0,0	0,0
Até 50 000 habitantes	0,2	28,3	69,4	2,1	0,0	0,0
Mais de 50 000 a 100 000 de habitantes	0,4	44,6	51,7	3,0	0,0	0,4
Mais de 100 000 a 300 000 de habitantes	0,0	51,8	39,9	8,3	0,0	0,0
Mais de 300 000 a 500 000 de habitantes	0,0	63,6	27,3	9,1	0,0	0,0
Mais de 500 000 a 1 000 000 de habitantes	0,0	60,9	34,8	4,3	0,0	0,0
Mais de 1 000 000 de habitantes	0,0	62,5	31,3	6,3	0,0	0,0

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada no ano 2008. (2014)

Nos municípios de menor população, observou-se a maior presença de entidades municipais, enquanto nos mais populosos há preponderância relativa de entidades estaduais. As entidades privadas tiveram participação crescente até a classe populacional com mais de 300.000 a 500.000 habitantes, diminuindo nas demais.

A expectativa é que ocorra aumento do contingente de entidades privadas prestadoras dos serviços de saneamento básico, nos próximos anos, em função das mudanças na legislação do setor. O fato ocorre, pois trata-se de uma estratégia de gestão, com o intuito de elevar o desempenho dos serviços prestados.

Terceirização é um instrumento de modernização administrativa envolvido por um programa gerencial maior. Atividades que não são de vocação de uma entidade devem ser entregues a especialistas. A prática da terceirização, quando bem administrada, traz benefícios a todos os envolvidos, diretamente (ALVAREZ, 1998).

Conforme a Lei nº. 11.445 de 2007, em seu art. 9º, inciso I, II, III, IV, V, VI e VII, o titular dos serviços formulará a respectiva política pública de saneamento básico, devendo, para tanto elaborar os planos de saneamento básico, nos termos desta Lei, que são as seguintes premissas: prestar diretamente ou autorizar a delegação dos serviços e definir o ente responsável pela sua regulação e fiscalização, bem como os procedimentos de sua atuação; adotar parâmetros para a garantia do atendimento essencial à saúde pública; fixar os direitos e os deveres dos usuários; estabelecer mecanismos de controle social, nos termos do inciso IV do caput do art. 3º desta Lei; estabelecer sistema de informações sobre os serviços, articulado com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento; intervir e retomar a operação dos

serviços delegados, por indicação da entidade reguladora, nos casos e condições previstos em lei e nos documentos contratuais.

Na Lei nº 11.455/2007, a lógica de prestação dos serviços não deve se guiar exclusivamente pela busca da rentabilidade econômica e financeira, mas deve levar em consideração o objetivo principal de garantir a todos o direito ao saneamento básico. Por essa razão, os investimentos devem ser entendidos como metas de integralidade, no sentido de garantir acesso aos serviços, inclusive daqueles que, por baixa renda, não tenham capacidade de pagamento.

Nos últimos anos, as políticas públicas do Governo Federal para o Saneamento têm se pautado na elaboração de soluções e diretrizes, que consolidem a sustentabilidade dos sistemas de prestação de serviços, como o PLANSAB.

Destaca-se a proposta do Governo Federal, coordenado pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA e pelo Ministério das Cidades, o projeto de Lei 5.296/2005, que define as diretrizes para os serviços de saneamento básico e institui a Política Nacional de Saneamento Básico, elege o planejamento, a regulação, a fiscalização e o controle social como fundamentais para a execução das ações de saneamento. Segundo a Política Nacional de Saneamento Básico, é de extrema importância, que cada município, detenha de um Plano Municipal de Saneamento Básico.

Por exigência constitucional, os municípios com mais de 20.000 mil habitantes devem dispor de um Plano Diretor. O Plano tem como principal finalidade, orientar o poder público e as iniciativas privadas para atuar na construção de espaços urbanos e rurais que possibilitem melhorias nos serviços prestados à população. Elaborado o Plano Diretor, o município é capaz de desenvolver o Plano Municipal de Saneamento Básico.

Segundo o Guia desenvolvido pelo Ministério das cidades junto a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, que dispõe sobre a Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico - 2011, deve-se levar em consideração algumas informações contidas no Plano Diretor do município para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, tais como:

- Metas e diretrizes gerais da política de saneamento ambiental;
- A capacidade de expansão e de adensamento das áreas urbanas é orientada com base na capacidade da infraestrutura instalada e dos recursos naturais. O saneamento é elemento orientador na proposta de zoneamento;

- O zoneamento poderá indicar áreas de preservação de mananciais. O Plano Diretor deve caracterizar e analisar as condições dos mananciais em uso e a necessidade de recuperação se estes estiverem degradados;
- A possibilidade de reutilização de água e esgoto;
- A necessidade de estações de tratamento de esgotos, a tecnologia a ser adotada e a sua melhor localização;
- Entre outras.

Verifica-se assim, que o saneamento influencia no Plano Diretor, e este, por sua vez, direciona a expansão do saneamento, constituindo um ciclo.

Para a implementação de um Plano Municipal de Saneamento torna-se imprescindível à realização de um diagnóstico social e do sistema de saneamento do município. O diagnóstico do sistema físico de saneamento consiste na caracterização e análise da situação atual de cada um dos componentes do sistema de saneamento municipal.

A realização do Plano de Saneamento Básico, representa um instrumento de gestão pública, pois ordena o gerenciamento dos serviços de abastecimento de água, coleta de lixo, coleta e tratamento de esgoto, destinação de resíduos sólidos e drenagem de águas superficiais. Fazer cumprir o Plano de Saneamento Básico é um compromisso, em termos de escolha, para o que se quer dispor em um cenário futuro.

3.1.4 Panorama de esgotamento sanitário no Brasil

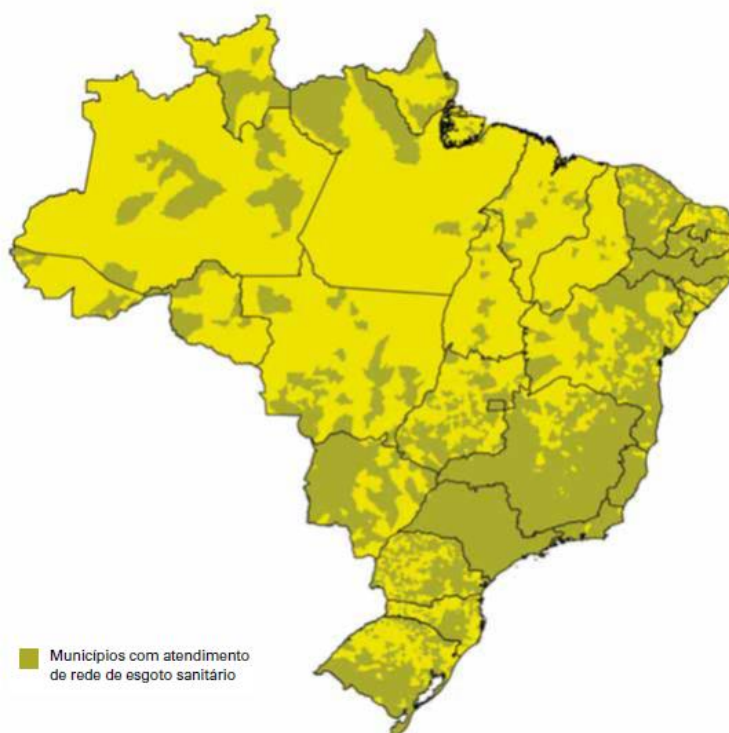
O IBGE, reconhecendo a importância da oferta de serviços de saneamento básico para a melhoria das condições de vida da população brasileira, realizou, em convênio com o Ministério das Cidades, no segundo semestre de 2008, uma nova edição da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, com o objetivo de avaliar os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos prestados à população pelas entidades que atuam no setor. A situação brasileira tem mostrado que o atual panorama das condições sanitárias está longe do ideal.

O questionário de Esgotamento Sanitário levantou, além dos dados cadastrais das diversas entidades prestadoras do serviço, informações sobre o esgotamento sanitário no distrito; coleta do esgoto sanitário; número de ligações de esgoto sanitário; número de

economias esgotadas; tratamento de esgoto sanitário, estações de tratamento de esgoto; destinação final do esgoto sanitário; dados gerais.

A comparação dos dados levantados pela PNSB 2008, com aqueles obtidos pela PNSB 2000, permitem constatar a evolução dos serviços de saneamento básico oferecidos à população brasileira nesse intervalo de tempo. Cabe destacar, o aumento de 6,7% no número de municípios com rede coletora de esgoto, o que representou mais de 192 cidades ofertando esse tipo de serviço. Apesar do crescimento referido, a pesquisa revela uma situação preocupante, pois verifica-se a falta de rede coletora de esgoto em 2.495 municípios no Brasil, como evidenciado na figura 02.

Figura 02 – Municípios com serviço de rede coletora de esgoto – Brasil – 2008



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada no ano de 2008. (2014)

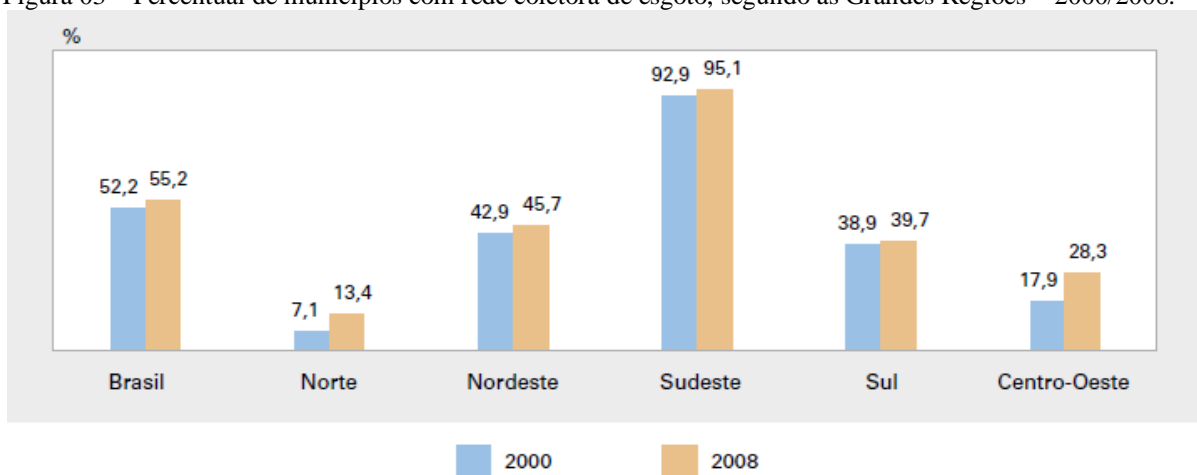
Segundo dados do IBGE, a população sem o atendimento de esgoto sanitário, é de aproximadamente 34,8 milhões de pessoas, ou seja, 18% da população encontra-se exposta ao risco de contrair doenças.

Segundo a PNSB 2008, 55,2% dos municípios brasileiros obtinham serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, marca pouco superior à observada na pesquisa anterior, realizada em 2000, que registrou 52,2%. Vale ressaltar que o esgotamento sanitário é fundamental em termos de qualidade de vida, pois sua ausência acarreta poluição dos recursos

hídricos, trazendo prejuízo à saúde da população, principalmente o aumento da mortalidade infantil.

Em 2008, apenas a Região Sudeste registrou uma elevada presença de municípios com rede coletora de esgoto (95,1%). Em todas as demais, menos da metade dos municípios a possuíam, sendo a maior proporção observada na Região Nordeste (45,7%), seguida pelas Regiões Sul (39,7%), Centro-Oeste (28,3%) e Norte (13,4%) como mostra a figura 03.

Figura 03 – Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, segundo as Grandes Regiões – 2000/2008.

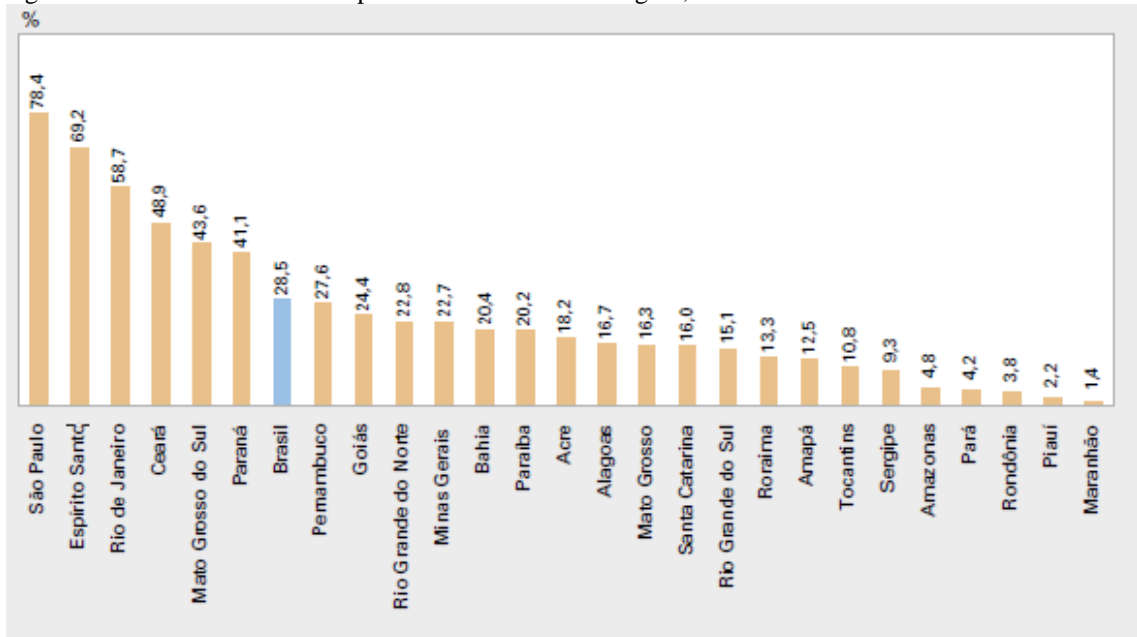


Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada nos anos de 2000 e 2008. (2014)

Portanto, de 2000 a 2008, houve um pequeno aumento no número de municípios com rede coletora de esgoto, de 2.875 para 3.068 municípios.

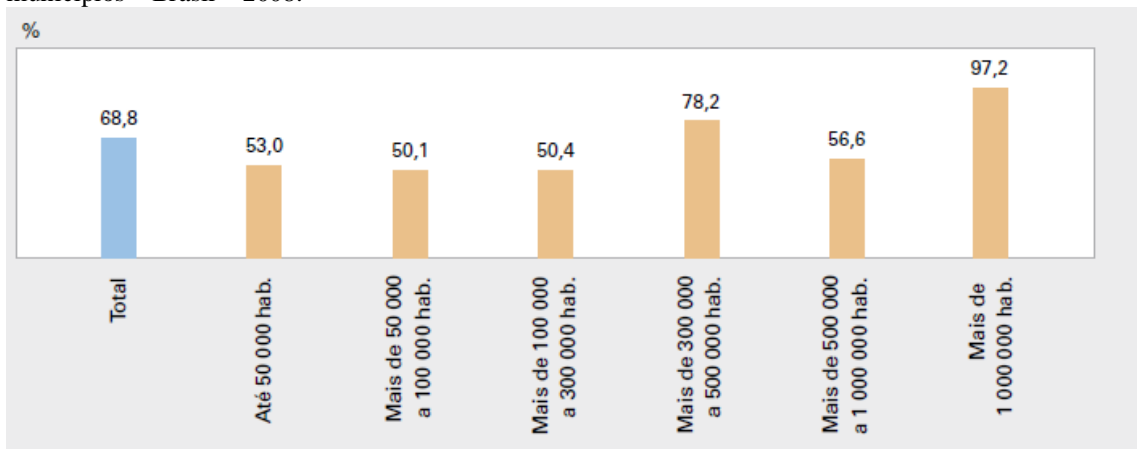
Apesar de menos de 1/3 dos municípios brasileiros efetuar tratamento de esgoto, o volume tratado representava, em 2008, 68,8% do que era coletado. Esse resultado sugere que os municípios com tratamento de esgoto concentravam uma parcela significativa do esgoto coletado. Com os dados obtidos demonstrados nas figuras 04, 05 e 06, verifica-se que no período de 2000 a 2008, a expansão do serviço de esgotamento sanitário deve-se a ampliação da rede coletora nos municípios já atendidos, do que pela incorporação de novos municípios. A ampliação da rede coletora é acompanhada pela melhora da qualidade da rede e o aumento do volume de esgoto tratado.

Figura 04 – Percentual de municípios com tratamento de esgoto, em ordem decrescente – 2008.



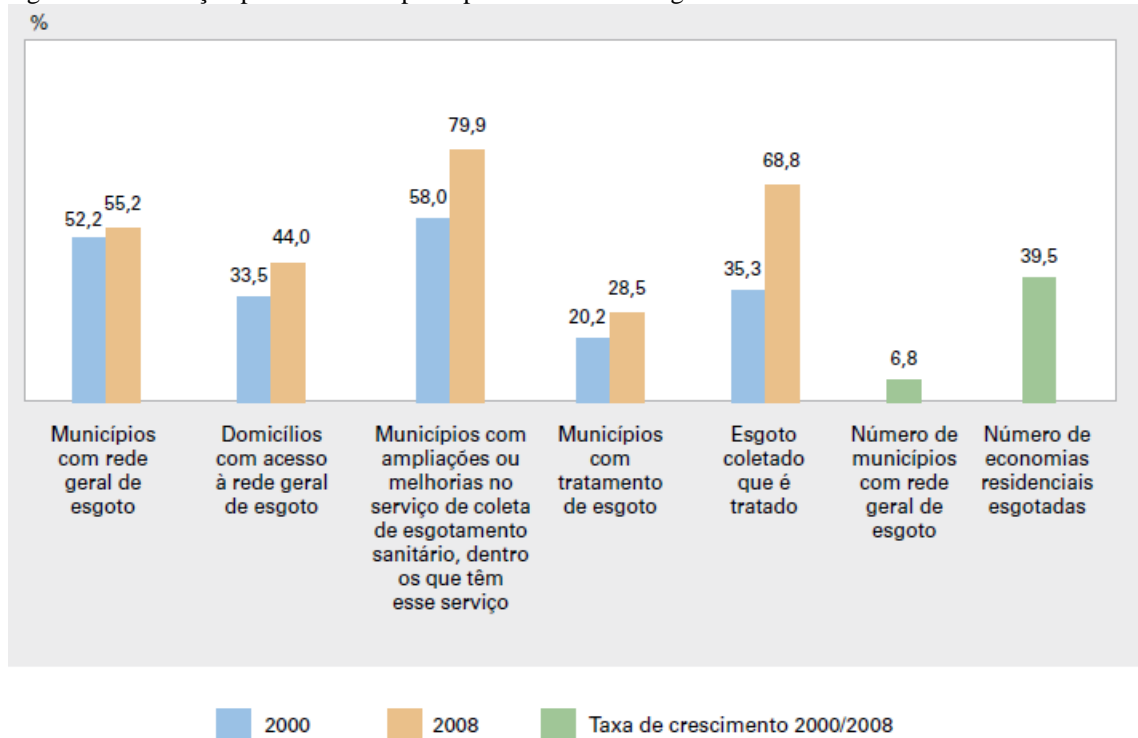
Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada no ano de 2008. (2014).

Figura 05 – Percentual do esgoto coletado tratado, segundo as classes de tamanho da população dos municípios – Brasil – 2008.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada no ano 2008. (2014).

Figura 06 – Evolução percentual das principais variáveis do esgotamento sanitário – Brasil – 2000/2008.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada no ano de 2008. (2014).

3.2 Sistemas de esgoto sanitário

3.2.1 Conceitos gerais

Define-se como sistema de esgoto sanitário o conjunto de obras e instalações destinadas a propiciar a coleta, afastamento, condicionamento (tratamento, quando necessário) e disposição final do esgoto sanitário de uma comunidade, de forma contínua e higienicamente segura (sem riscos para a saúde). (AZEVEDO NETO, 1998)

No Brasil adota-se o sistema separador absoluto, que compreende dois sistemas distintos de canalizações: um exclusivo para esgoto e outro destinado às águas pluviais.

Os objetivos de se construir um sistema de esgotamento sanitário são:

- Melhoria nas condições higiênicas;
- Conservação dos recursos naturais;
- Coleta e afastamento rápido e seguro de esgoto;
- Disposição adequada do efluente;
- Conservação das águas que abastecerão comunidades a jusante.

O esgoto sanitário, segundo definição da norma brasileira NBR 9648/1986, é o “despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industriais, água de infiltração e a contribuição pluvial sanitária.

As unidades que constituem um sistema de esgoto sanitário inclui canalizações (coletores, interceptores, emissários, sifões invertidos e passagens forçadas), órgãos acessórios (poços de visita, tubos de inspeção e limpeza, terminais de limpeza, caixas de passagem), estações elevatórias, estações de tratamento, obras de lançamento final no corpo receptor. A Figura 02, representa, esquematicamente, as partes integrantes de um sistema de esgoto sanitário.

3.2.2 Critérios de projetos para canalização (ABNT 9649)

Os coletores, interceptores e emissários são projetados para funcionar como condutos livres.

Os coletores são projetados para trabalhar, no máximo, com uma lâmina de água de 75% do diâmetro da tubulação, ou seja, $0,75d$. O diâmetro que atende à condição $y = 0,75d$ pode ser calculado pela expressão:

$$d_o = 0,3145 \left(\frac{Q_f}{\sqrt{I_o}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Equação 01.

Onde:

I_o = é a declividade em m/m;

Q_f = é a vazão final em m^3/s ;

d_o = é o diâmetro em m.

A NBR 9649 de 1986 admite o diâmetro mínimo DN= 100 mm.

Quanto à profundidade mínima, recomenda-se o valor de 1,50 metros (em relação à geratriz inferior dos tubos), para possibilitar as ligações prediais e proteger os tubos contra cargas externas. A NBR 9649/1986 permite, para situações excepcionais, o recobrimento mínimo de 0,90 metros quando o assentamento no leito da via, e o 0,65 quando no passeio. A profundidade máxima tem como indicação o valor de 4,50 metros, relacionado com a

economia do sistema, uma vez que facilita as manutenções da rede pública e dos coletores prediais. Vale ressaltar, que o custo das redes de esgoto aumenta de acordo com a profundidade do assentamento da mesma.

A NBR 9649/1986, estabelece que quando a velocidade final V_f é superior a velocidade crítica V_c a lâmina de água máxima deve ser reduzida para $0,5 \cdot d_0$. Tal situação é prevista, uma vez que, há possibilidade de mistura de ar no líquido, aumentando a área molhada no conduto, ou altura da lâmina líquida. Caso o conduto venha a funcionar como conduto forçado em razão desse acréscimo de altura da lâmina, alteram-se as condições de escoamento, podendo gerar pressões que levam à destruição da tubulação (cavitação). Para condutos com alta declividade e velocidade, a situação tem probabilidade de ocorrer e deve ser evitado.

A norma também estabelece que a declividade máxima admissível é aquela que corresponde à velocidade final V_f de 5 m/s para evitar erosão na tubulação.

A norma recomenda que, em qualquer trecho, o menor valor de vazão a ser utilizado para cálculos é de 1,5 l/s.

Tensão trativa, ou tensão de arraste, promove o arraste da matéria sedimentável, atuando junto à parede da tubulação na parcela correspondente ao perímetro molhado. A tensão trativa é expressa por:

$$\sigma_t = \gamma \cdot R_h \cdot \text{sen} \alpha$$

Equação 02.

Onde:

γ = peso específico em N/m³;

R_h = raio hidráulico em m.

Um interceptor, é definido segundo a NBR 12207/1989, como uma canalização cuja função precípua é receber e transportar o esgoto sanitário coletado, caracterizado pela defasagem das contribuições, da qual resulta o amortecimento das vazões máximas.

Sua finalidade é canalizar a contribuição dos coletores e situa-se geralmente nas partes mais baixas das bacias, às margens de cursos d'água, lagos e mares, evitando as descargas diretas do esgoto nessas águas.

As vazões iniciais e finais em um interceptor são expressas por:

$$Q_{i,n} = Q_{i,n-1} + \Sigma Q_{i,a}$$

Equação 03.

$$Q_{f,n} = Q_{f,n-1} + \Sigma Q_{f,a}$$

Equação 04.

Onde:

$Q_{i,n}$ e $Q_{f,n}$, são as vazões inicial e final de um trecho n;

$Q_{i,n-1}$ e $Q_{f,n-1}$, são as vazões do trecho anterior;

$Q_{i,a}$ e $Q_{f,a}$, são as vazões de jusante dos últimos coletores afluentes ao PV de montante do trecho em estudo (n).

3.2.3 Vazões de dimensionamento

Para definir o dimensionamento das redes, um estudo da topografia e do traçado das redes se faz necessário. Deve se conhecer o arruamento, as curvas de nível, as cotas de cruzamentos de ruas, os talvegues, a rede existente eventual, os cursos d'água ou outros locais de descarga do esgoto coletado e as interferências no caminhamento das redes (adutoras, galerias, etc).

A vazão de dimensionamento é encontrada pelo somatório das contribuições das vazões doméstica, de infiltrações e concentrada, em l/s, expressa por:

$$Q = Q_d + Q_i + Q_c$$

Equação 05.

A vazão doméstica é encontrada pela expressão:

$$Q_d = \frac{C \cdot P \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2}{86400}$$

Equação 06.

Onde:

C = coeficiente de retorno do abastecimento;

P = população;

q = consumo efetivo per capita em l/s;

K_1 = coeficiente do dia de maior consumo, usualmente adotado no Brasil no valor de 1,20;

K_2 = coeficiente da hora de maior consumo, com valor adotado no Brasil de 1,50.

O consumo efetivo per capita (q) já inclui pequenos consumos industriais. Em casos de contribuições industriais maiores, devem ser adicionadas como contribuições concentradas.

Segundo a NBR 9649/1986, a taxa de contribuição da infiltração depende das condições locais como nível da água do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade de execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizada. O valor adotado deve ser justificado, e deve compreender entre 0,05 a 1,0 l/s km.

3.3 Sistemas de estações de tratamento de esgoto

Os métodos de tratamento de esgotos dividem-se em operações e processos unitários, e a integração destes compõe os sistemas de tratamento. Pode-se adotar as seguintes definições (Sperling, 2005):

- Operações físicas unitárias: método de tratamento no qual predomina a aplicação de forças físicas (Ex: gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação, filtração).

- Processos químicos unitários: métodos de tratamento nos quais a remoção ou conversão de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas (Ex: precipitação, adsorção, desinfecção).

- Processos biológicos unitários: métodos de tratamento nos quais a remoção de contaminantes ocorre por meio de atividade biológica (Ex: remoção da matéria orgânica carbonácea, nitrificação, desnitrificação).

Os principais mecanismos de remoção de poluentes num sistema de tratamento de esgotos, estão listados no quadro 01 a seguir:

Quadro 01- Principais mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos.

Poluente	Subdivisão		Principais mecanismos de remoção
Sólidos	Sólidos grosseiros ($\geq 1\text{cm}$)	Gradeamento	Retenção de sólidos com dimensões superiores ao espaçamento entre barras.

	Sólidos em suspensão ($\geq 1\text{mm}$)	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto.
	Sólidos dissolvidos ($\leq 1\text{mm}$)	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa.
Matéria orgânica	DBO em suspensão ($\geq 1\text{mm}$)	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto.
		Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa.
		Hidrólise	Conversão da DBO suspensa em DBO solúvel, por meio de enzimas, possibilitando a sua estabilização.
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes.
	DBO solúvel ($\leq 1\text{mm}$)	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa.
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes.
Patógenos	Maiores dimensões (cistos de	Sedimentação	Separação de patógenos de maiores dimensões e com densidade superior

	protozoários e ovos de helmintos)		à do esgoto.
		Filtração	Retenção dos patógenos em um meio filtrante de granulometria adequada.
	Menores dimensões (bactérias e vírus)	Condições ambientes adversas	Temperatura, pH, falta de alimento, competição com outras espécies.
		Radiação ultravioleta	Radiação do sol ou artificial.
		Desinfecção	Adição de algum agente desinfetante, como o cloro.
Nitrogênio	Nitrogênio orgânico	Amonificação	Conversão do nitrogênio orgânico e amônia.
	Amônia	Nitrificação	Conversão da amônia a nitrito, e deste a nitrato, por meio de bactérias nitrificantes.
		Assimilação bacteriana	Incorporação da amônia na composição das células bacterianas.
		Dessorção	Escape da amônia livre (NH_3) para a atmosfera, em condições de elevado pH.
		Cloração ao break-point	Conversão da amônia a cloramina, através da presença de cloro.
	Nitrato	Desnitrificação	Conversão do nitrato a nitrogênio

			gasoso, o qual escapa para a atmosfera, em condições anóxicas.
Fósforo	Fosfato	Desfosfatação	Assimilação em excesso do fósforo do meio líquido por organismos acumuladores de fosfato, que ocorre ao se alternar em condições aeróbias e anaeróbias.
		Precipitação	Precipitação do fósforo em condições de pH elevado, ou através da adição de sais metálicos.
		Filtração	Retenção de biomassa rica em fósforo, após etapa de desfosfatação biológica.

Fonte: Sperling, Marcos von. 2005.

Apresenta-se a seguir, uma descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos domésticos em nível secundário, segundo Sperling (2005).

3.3.1 Lagoas de estabilização

Lagoa facultativa: os esgotos fluem continuamente em lagoas especialmente construídas para o tratamento de águas residuárias. O líquido permanece na lagoa por vários dias. A DBO solúvel e a DBO finamente particulada são estabilizadas aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo convertida anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese. (SPERLING, 2005).

Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa: a DBO é em torno de 50 a 65% removida (convertida a líquidos e gases) na lagoa anaeróbia (mais profunda) e com menor volume),

enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior ao de uma lagoa facultativa única. (SPERLING, 2005).

Lagoa aerada facultativa: Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos, ao invés de através da fotossíntese. Como a lagoa também facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa sedimentam, sendo decomposta anaerobiamente no fundo. (SPERLING, 2005).

Lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação: A energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos no meio líquido, ou em mistura completa. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. A lagoa de decantação a jusante proporciona condições para esta remoção. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos. (SPERLING, 2005).

Segundo Ariovaldo Nuvolari (2011), a lagoa aerada de mistura completa é a única lagoa completamente aeróbica. Se dispõe de aeradores, de tal forma que toda a biomassa é mantida em suspensão, ou seja, a lagoa funciona em regime de mistura completa e o oxigênio dissolvido é distribuído por toda massa de água, garantindo dessa maneira um processo completamente aeróbico. Para este tipo de lagoa é necessário prever uma unidade secundária, posicionada logo após a lagoa de aeração, que irá funcionar como lagoa de sedimentação e cujo lodo deve ser removido periodicamente. Este tipo de lagoa apresenta um sistema operacional não tem simples se comprado aos outros processos de tratamento de esgotos, além de apresentar custos elevados.

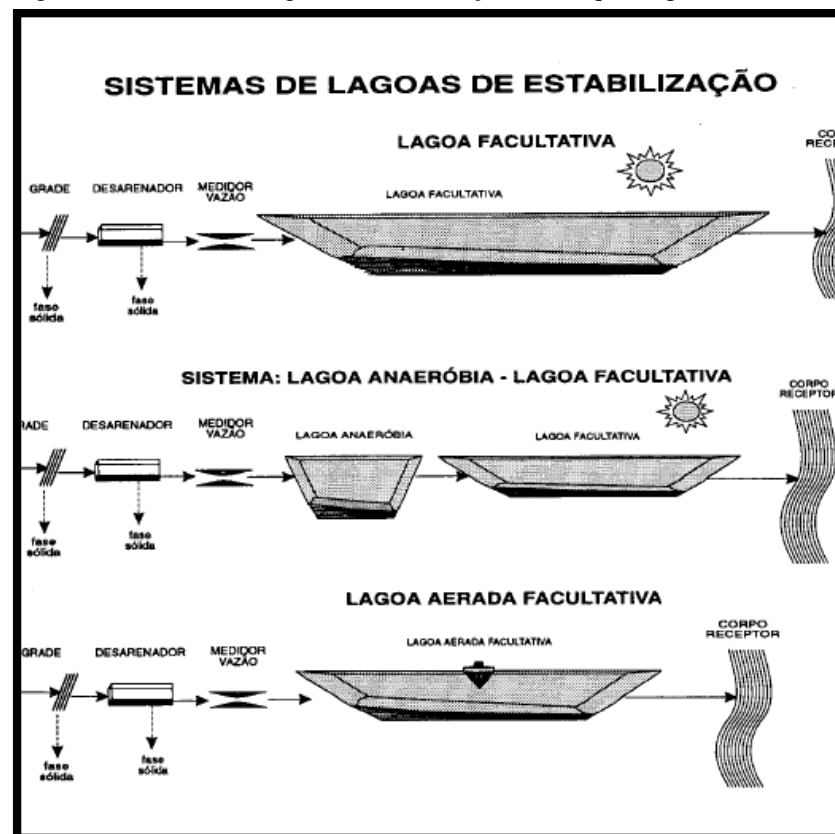
Lagoas de alta taxa: As lagoas de alta taxa são concebidas para maximizar a produção de algas, em um ambiente totalmente aeróbio. Para tanto, as lagoas possuem reduzidas profundidades, garantindo a penetração de energia luminosa em toda a massa líquida. Em decorrência, a atividade fotossintética é elevada, proporcionando altas concentrações de oxigênio dissolvido e a elevação do pH. Estes fatores contribuem para o aumento na taxa de mortalidade de microrganismos patogênicos e para a remoção de nutrientes. As lagoas de alta taxa recebem uma elevada carga orgânica por unidade de área superficial. Há usualmente a

introdução de uma moderada agitação na lagoa, alcançada por meio de equipamento mecânico de baixa potência. (SPERLING, 2005).

Lagoas de maturação: O objetivo principal das lagoas de maturação é a remoção de organismos patogênicos. Nas lagoas de maturação predominam condições ambientais adversas para estes microrganismos, como radiação ultravioleta, elevado pH, elevado OD, temperatura mais baixa que a do trato intestinal humano, falta de nutrientes e predação por outros organismos. As lagoas de maturação constituem um pós-tratamento de processos que objetivem a remoção de DBO, sendo usualmente projetadas como uma série de lagoas, ou como lagoas com divisões por chicanas. A eficiência na remoção de coliformes é elevadíssima. (SPERLING, 2005).

Segundo Ariovaldo Nuvolari (2011), nas lagoas de estabilização, as bactérias irão degradar a matéria orgânica solúvel, presente no esgoto, consumindo o oxigênio livre disponível na água, gás carbônico e nutriente. Por sua vez, as algas consumirão os nutrientes e o gás carbônico, utilizar-se-ão da luz solar como fonte de energia para realizar a fotossíntese e irão liberar como subproduto o oxigênio (necessário às bactérias), fechando assim o circuito. Trata-se da forma mais simples de tratamento de esgotos. A figura 07 a seguir, apresenta de modo esquemático a disposição e os processos dos diferentes tipos de lagoas de estabilização.

Figura 07- Sistemas de lagoas de estabilização (fase líquida apenas).





Fonte: Marcos Von Sperling. (2005)

Na figura 08 a seguir, expõe-se uma lagoa de estabilização implantada no município de Tanabi, no estado de São Paulo. O município apresenta uma população de aproximadamente 22.000 mil habitantes e o sistema implantado trata-se de uma lagoa anaeróbia seguida por uma lagoa facultativa. O investimento foi de R\$1.550.000,00 milhões de reais para instalar esta estação de tratamento de esgoto.

Figura 08 - Lagoa de estabilização implantada no município de Tanabi - SP. Lagoa anaeróbia seguida por lagoa facultativa.



Fonte: Organização Águas do Brasil.

3.3.2 Disposição no solo

Infiltração lenta: Os esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte percola no solo, e a maior parte é

absorvida pelas plantas. As taxas de aplicação no terreno são bem baixas. O líquido pode ser aplicado segundo os métodos das aspersão, do alagamento, e da crista e vala. Este é um processo de fertirrigação. (SPERLING, 2005).

Infiltração rápida: Os esgotos são dispostos em bacias rasas. O líquido passa pelo fundo poroso e percola pelo solo. A perda por evaporação é menor, face às maiores taxas de aplicação. A aplicação é intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo. Os tipos mais comuns são: percolação para a água subterrânea, recuperação por drenagem sub superficial e recuperação por poços freáticos. (SPERLING, 2005).

Infiltração subsuperficial: O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchida com um meio poroso, no qual ocorre tratamento. Os tipos mais comuns são as valas de infiltração e os sumidouros. (SPERLING, 2005).

Escoamento superficial: Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com uma certa declividade, através da qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. A aplicação é intermitente. Os tipos de aplicação são: aspersores de alta pressão, aspersores de baixa pressão e tubulações ou canais de distribuição com aberturas intervaladas. (SPERLING, 2005).

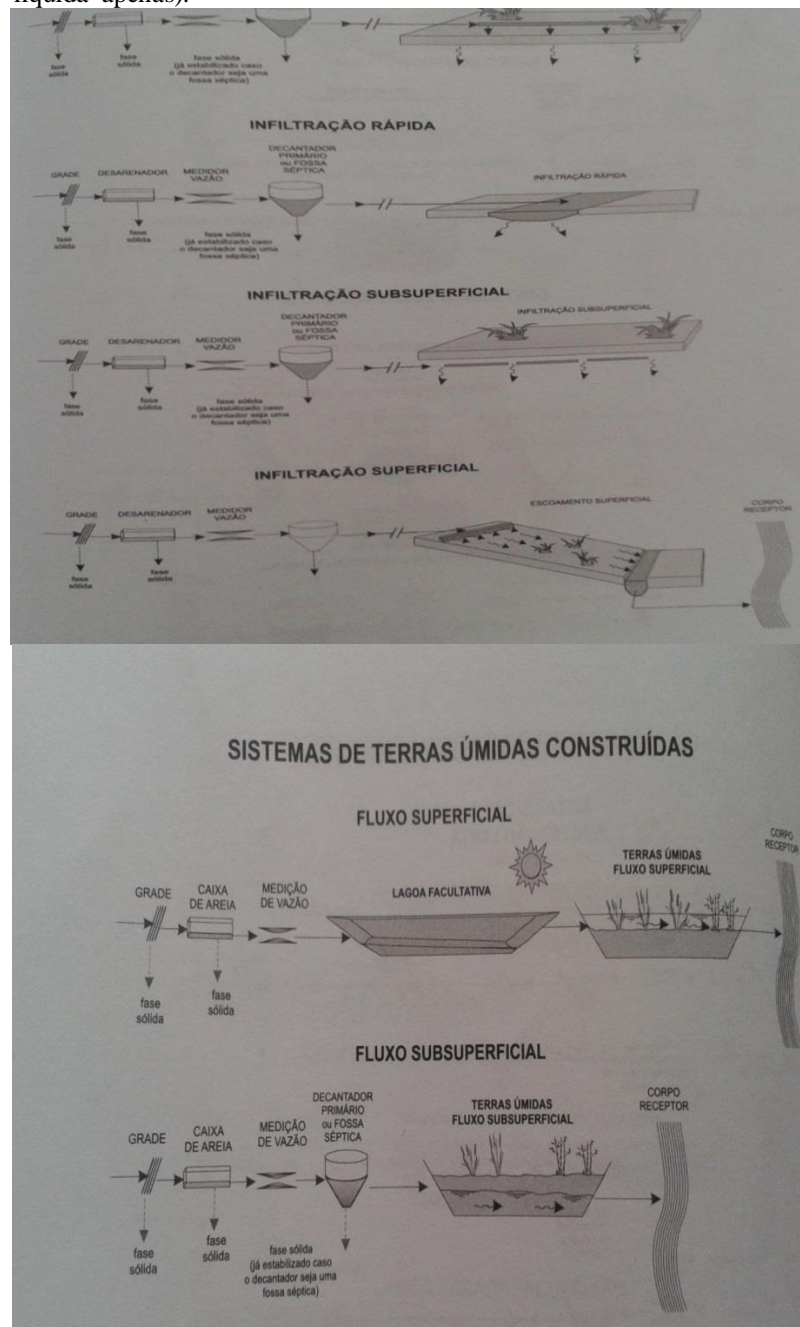
Terras úmidas construídas: Terras úmidas construídas, banhados artificiais ou alagados artificiais. Consiste de lagoas ou canais rasos, que abrigam planta aquáticas. O sistema pode ser de fluxo superficial (NA acima do nível do solo) ou sub superficial (NA abaixo do nível do solo). Mecanismos biológicos, químicos e físicos no sistema raiz-solo atuam no tratamento de esgotos. (SPERLING, 2005).

Segundo Coraucci Filho (1991), nesse tipo de tratamento, a água residuária, após passar por um pré-tratamento (grade e caixa de areia), percorre uma superfície de solo, preparada com inclinação de 2 a 8% (dependendo do tipo de solo) e na qual são plantadas gramíneas. A descarga do esgoto bruto na rampa deve ser controlada, usando-se geralmente cisternas aspersores ou tubulações perfuradas. O desejável é que o esgoto percorra superficialmente a rampa, com o mínimo de infiltração no solo. Assim, deve-se utilizar solos do tipo argiloso. Com a passagem do esgoto através do solo e da grama, onde certa quantidade de água evapora, parte é utilizada no processo vital da gramínea (evapotranspiração), e parte infiltra no solo e o restante é coletado através de canaletas instaladas no pé da rampa. Nesse processo, os sólidos em suspensão são retidos nos primeiros metros da rampa e a matéria orgânica vai sendo oxidada pelos microrganismos que se fixaram na cobertura vegetal e no solo.

Esse sistema vem sendo muito utilizado nos Estados Unidos, tanto com o objetivo de tratar esgotos brutos (após passar por gradeamento e caixa de areia ou às vezes até por decantação primária), mas também com a finalidade de polimento (remoção de nutrientes de efluentes tratados a nível secundário). (NUVOLARI, 2011).

A figura 09 a seguir, apresenta de modo esquemático a disposição e os processos dos diferentes modos de tratar o esgoto pelo sistema de disposição no solo.

Figura 09 - Sistemas de disposição no solo (com base no solo) (fase líquida apenas).



Fonte: Marcos Von Sperling. (2005)

3.3.3 Sistemas anaeróbios

Filtro anaeróbio: A DBO é convertida anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) no reator. O tanque trabalha submerso, e o fluxo é ascendente. O sistema requer decantação primária (frequentemente fossas sépticas). A produção de lodo é baixa, e o lodo já sai estabilizado. (SPERLING, 2005).

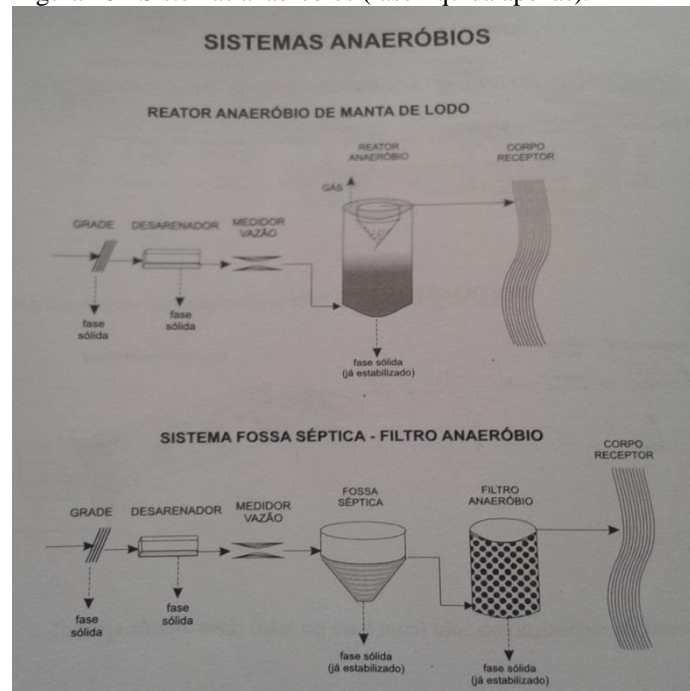
Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB): a sigla UASB advém de Upflow Anaerobic Sludge Blanket. A DBO é convertida anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de gás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária. A produção de lodo é baixa, e o lodo já sai adensado e estabilizado. (SPERLING, 2005).

Segundo Ariovaldo Nuvolari (2011), neste tipo de reator, como pré-tratamento, deve-se prever o gradeamento e a remoção de areia e gorduras. Possui as mesmas limitações inerentes aos processos anaeróbios (baixa eficiência, controle operacional difícil em alguns casos, etc), porém, resulta em áreas bastante reduzidas, tornando-se atrativo quando comparado com lagoas anaeróbicas, por exemplo, em especial tratando de efluentes de alta carga orgânica.

Reator anaeróbio – pós tratamento: Os reatores UASB usualmente não produzem um efluente que se adeque à maior parte dos padrões de lançamento. Por este motivo, frequentemente é necessária a incorporação de um pós tratamento, que pode ser biológico (aeróbio ou anaeróbio) ou físico-químico (com adição de coagulantes). Praticamente todos os processos de tratamento de esgotos podem ser usados como pós tratamento dos efluentes do reator UASB. A eficiência global do sistema é usualmente similar à que seria alcançada se o processo de pós tratamento fosse aplicado ao esgoto bruto. No entanto, os requisitos de área, volume e energia, bem como a produção de lodo, são bem menores. (SPERLING, 2005).

A figura 10 a seguir, apresenta de modo esquemático a disposição e os processos dos diferentes modos de tratar o esgoto pelo sistema anaeróbio.

Figura 10 - Sistemas anaeróbios (fase líquida apenas).



Fonte: Marcos Von Sperling. (2005)

Na figura 11 a seguir, expõe-se um sistema anaeróbio, a ETE Capivari I, instalada no município de Campinas – SP, no bairro Capivari. A população beneficiada por esse sistema de tratamento de esgoto é de aproximadamente 60.000 mil habitantes e o sistema implantado trata-se de reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo. O recurso disponibilizado para a obra foi de R\$ 60.000.000,00 milhões de reais para instalar esta estação de tratamento de esgoto.

Figura 11- Sistema anaeróbio de manta de lodo implantado no município de Campinas – SP, no bairro Capivari. Reator anaeróbio com fluxo ascendente com manta de lodo.



Fonte: Sanasa – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento, Campinas.

3.3.4 Lodos ativados

Lodos ativados convencional: A etapa biológica compreende duas unidades: o reator biológico (tanque de aeração) e o decantador secundário. A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentadas no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece mais tempo no sistema do que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção da DBO. Há a necessidade da remoção de uma quantidade de lodo (bactérias) equivalente à que é produzida. Este lodo removido necessita uma estabilização na etapa de tratamento do lodo. O fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou por ar difuso. A montante do reator há uma unidade de decantação primária, de forma a remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto. (SPERLING, 2005).

Lodos ativados por aeração prolongada: Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a biomassa permanece mais tempo no sistema (os tanques de aeração são maiores). Com isto, há menos substrato (DBO) disponível para as bactérias, o que faz com que elas se utilizem da matéria orgânica do próprio material celular para a sua manutenção. Em

decorrência, o lodo excedente retirado (bactérias) já sai estabilizado. Não se incluem usualmente unidades de decantação primária. (SPERLING, 2005).

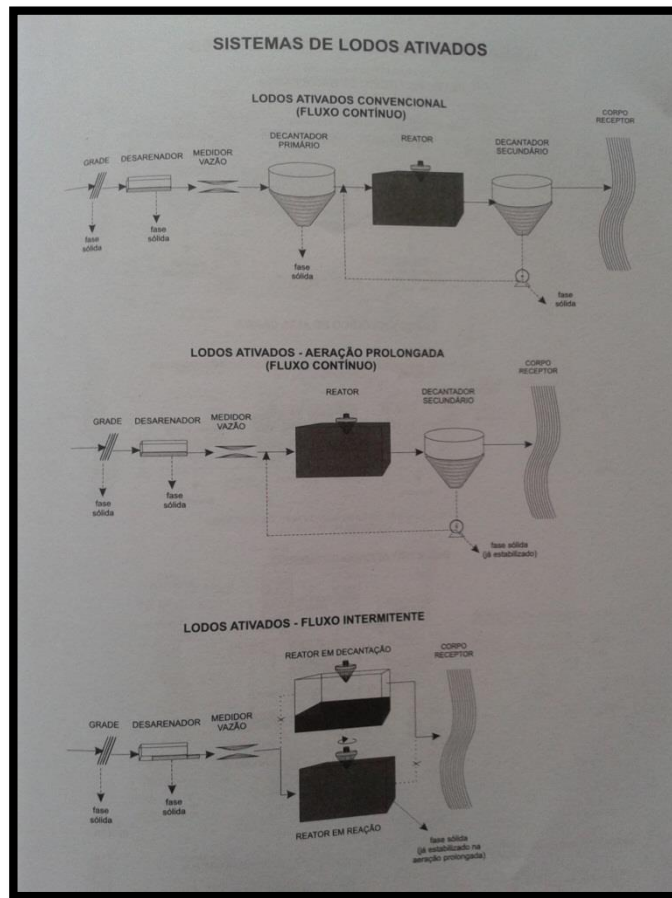
Lodos ativados de fluxo intermitente: A operação do sistema é intermitente. Assim, no mesmo tanque ocorrem, em fase diferentes, as etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados). Quando os aeradores estão desligados, os sólidos sedimentam, ocasião em que se retira o efluente (sobrenadante). Ao se religar os aeradores, os sólidos sedimentados retornam à massa líquida, o que dispensa as elevatórias de recirculação. Não há decantadores secundários. Pode ser na modalidade convencional ou aeração prolongada. (SPERLING, 2005).

Lodos ativados com remoção biológica de nitrogênio: O reator biológico incorpora uma zona anóxica (ausência de oxigênio, mas presença de nitratos). A zona anóxica pode estar a montante e/ou a jusante da zona aerada. Os nitratos formados pela nitrificação que ocorre na zona aeróbia são utilizados na respiração de microrganismos facultativos nas zonas anóxicas, sendo reduzidos a nitrogênio gasoso, o qual escapa para a atmosfera. (SPERLING, 2005).

Lodos ativados com remoção biológica de nitrogênio e fósforo: Além das zonas aeróbias e anóxicas, o reator biológico incorpora ainda uma zona anaeróbia, situada na extremidade de montante. Recirculações internas fazem com que a biomassa esteja sucessivamente exposta a condições anaeróbias e aeróbias. Com esta alternância, um certo grupo de microrganismos absorve o fósforo do meio líquido, em quantidades bem superiores às que seriam normalmente necessárias para seu metabolismo. A retirada destes organismos com o lodo excedente implica, desta forma, na retirada de fósforo de reator biológico. (SPERLING, 2005).

A figura 12 a seguir, apresenta de modo esquemático a disposição e os processos dos diferentes modos de tratar o esgoto pelo sistema de lodos ativados.

Figura 12 - Sistemas de lodos ativados (fase líquida apenas).



Fonte: Marcos Von Sperling. (2005)

Na figura 13 a seguir, expõe-se um sistema de lodo ativado, a ETE Arrudas, instalada no município de Belo Horizonte – MG. Uma das maiores e mais modernas do país, ocupa uma área de 63,84 hectares e opera inicialmente para atender 1 milhão de habitantes, podendo ampliar seu atendimento para 1,6 milhões de habitantes. Trata-se de um sistema de lodos ativados com aeração prolongada (fluxo contínuo). O investimento total para a implantação da ETE não foi contabilizado, uma vez que sua construção para atender a população da região foi feita gradativamente.

Figura 13 - Sistema de lodos ativados implantado no município de Belo Horizonte – MG, ETE Arrudas. Lodos ativados – aeração prolongada (fluxo contínuo).



Fonte: COPASA, Belo Horizonte.

3.3.5 Reatores aeróbios com biofilmes

Filtro biológico de baixa carga: A DBO é estabilizada aerobiamente por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte (comumente pedras ou material plástico). O esgoto é aplicado na superfície do tanque através de distribuidores rotativos. O líquido percola pelo tanque, saindo pelo fundo, ao passo que a matéria orgânica fica retida, sendo posteriormente estabilizada pelas bactérias. Os espaços livres são vazios, o que permite a circulação de ar. No sistema de baixa carga há pouca disponibilidade de DBO para as bactérias, o que faz com que estas sofram uma auto digestão, saindo estabilizadas do sistema. As placas de bactérias que se despregam das pedras são removidas no decantador secundário. O sistema necessita de decantação primária. (SPERLING, 2005).

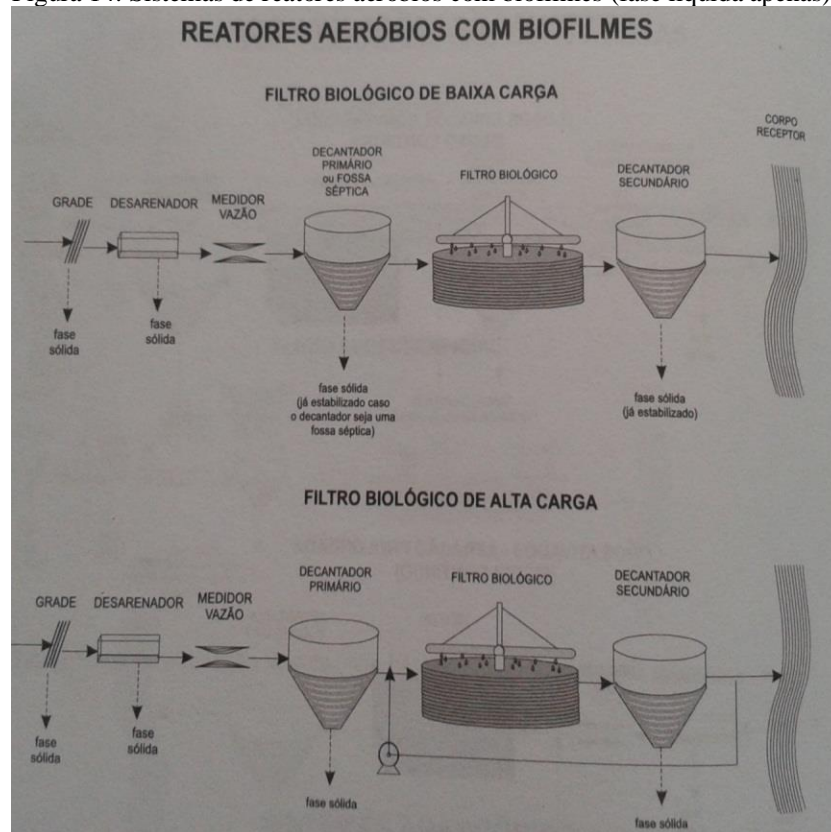
Filtro biológico de alta carga: Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a carga de DBO aplicada é maior. As bactérias (lodo excedente) necessitam de estabilização no tratamento do lodo. O efluente do decantador secundário é recirculado para o filtro, de forma a diluir o afluente e garantir uma carga hidráulica homogênea. (SPERLING, 2005).

Biofiltro aerado submerso: O biofiltro aerado submerso é constituído por um tanque preenchido com um material poroso (usualmente submerso), através do qual esgoto e ar fluem permanentemente. O fluxo de ar no biofiltro é sempre ascendente, ao passo que o fluxo do líquido pode ser ascendente ou descente. Os biofiltros com meios granulares realizam, no mesmo reator, a remoção de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão presentes nos esgotos. Além de servir de meio suporte para os microrganismos, o material granular constitui-se em meio filtrante. São necessárias lavagens periódicas para se eliminar o excesso de biomassa acumulada, reduzindo as perdas de carga hidráulica através do meio. (SPERLING, 2005).

Biodisco: A biomassa cresce aderida a um meio suporte, o qual é constituído por discos. Os discos, parcialmente imersos no líquido, giram, ora expondo a superfície ao líquido, ora ao ar. (SPERLING, 2005).

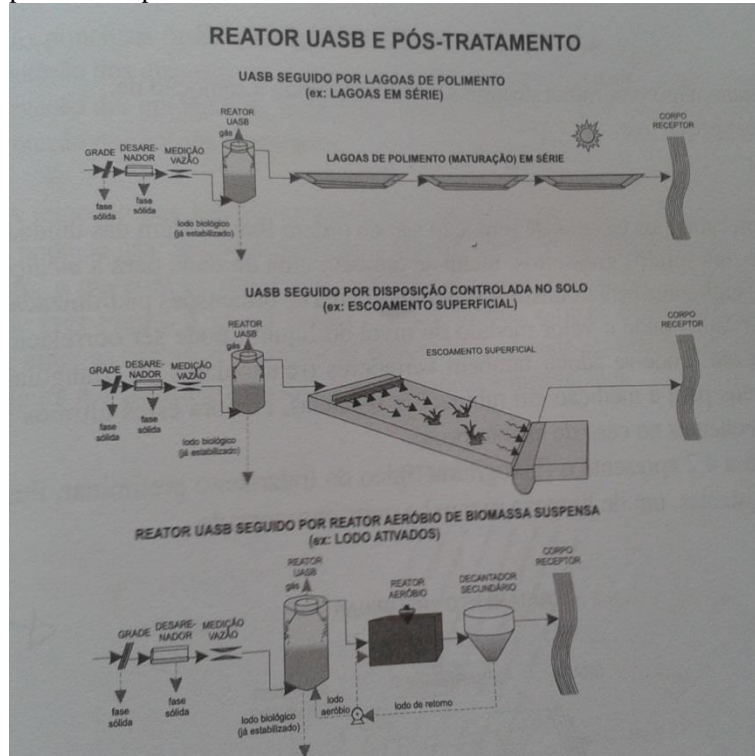
As figuras 14, 15 e 16 à seguir, apresentam de modo esquemático a disposição e os processos dos diferentes modos de tratar o esgoto pelo sistema de reatores aeróbios com biofilmes.

Figura 14: Sistemas de reatores aeróbios com biofilmes (fase líquida apenas).



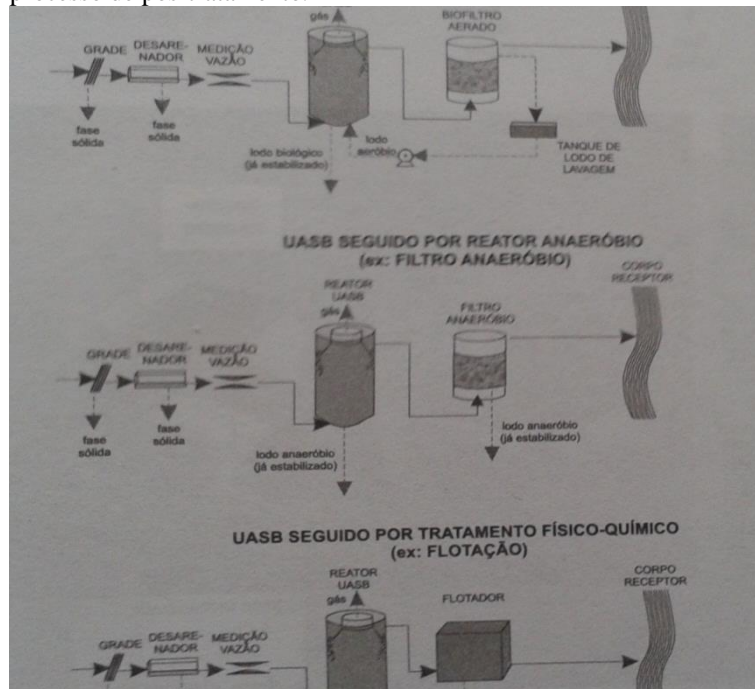
Fonte: Marcos Von Sperling. (2005)

Figura 15: Sistemas compostos por reatores anaeróbios seguidos por processo de pós-tratamento.



Fonte: Marcos Von Sperling. (2005)

Figura 16 - Sistemas compostos por reatores anaeróbios seguidos por processo de pós-tratamento.



Fonte: Marcos Von Sperling. (2005)

Na figura 17 a seguir, expõe-se um sistema de lodo ativado, a ETE Espinheiros, instalada no município de Joinville – SC. A ETE opera inicialmente para atender 10.000 mil habitantes, podendo ampliar seu atendimento para 13.000 mil habitantes. Trata-se de um sistema com reator uasb seguido por filtro anaeróbio. O recursos disponibilizado ao município foi de R\$ 10.000.000,00 milhões de reais, de modo a implantar a ETE, bem como efetuar melhorias nas rede coletoras de esgoto e no sistema de abastecimento de água.

Figura 17- Sistema com reator uasb seguido por filtro anaeróbio implantado no município de Joinville – SC, ETE Espinheiros.



Fonte: Prefeitura Municipal de Joinville.

A ETE Onça, localizada na rodovia MG-20, próxima ao bairro Ribeiro de Abreu no município de Belo Horizonte - MG, é considerada a maior estação de tratamento de esgotos da América Latina a adotar a tecnologia de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo, combinada a um dispositivo de filtro biológico, expressando um sistema composto. O tratamento permite a retirada de 90% da carga orgânica e dos sólidos grosseiros. A estação permite o tratamento dos esgotos gerados no município de Belo Horizonte e Contagem, possui capacidade instalada para tratar 1.800 litros por segundo de vazão média e atende a uma população de 1 milhão de habitantes, com possibilidade de ser ampliada para tratar até 3.600 litros por segundo, atendendo uma população de 1,8 milhão de habitantes. Antes de ser

lançada de volta ao ribeirão, a água tratada na ETE Onça passa por várias etapas de limpeza, em um percurso que demora, em média, 13 horas. O custo de implantação na primeira etapa da obra, contabilizou o valor de R\$ 107.000.000,00 milhões de reais. A seguir, a figura 18, imagem aérea da ETE Onça.

Figura 18 - Reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo, combinada a um dispositivo de filtro biológico implantado no município de Belo Horizonte – MG, ETE Onça.



Fonte: COPASA, Belo Horizonte.

4 METODOLOGIA

4.1 Método de abordagem

O presente trabalho foi realizado no município de Elói Mendes, tendo como referência toda a área urbana correspondente ao município. Este trabalho foi inicialmente desenvolvido por meio de referências técnicas bibliográficas das quais foram extraídos conceitos básicos em livros, publicações, leis e artigos científicos, fundamentando o tema escolhido.

Posteriormente, foi realizada pesquisa em campo, onde possibilitou o levantamento das características da rede coletora de esgotos, sua localização e condições, e a qualidade do serviço prestado. A pesquisa contou também com registros no Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE do município, para diagnóstico do sistema. Foi utilizado para identificação das condições físicas e disposição do sistema esgotamento sanitário, registros fotográficos, mapas e imagens aéreas da área em estudo.

4.2 Técnicas de pesquisa

A metodologia, descrita a seguir, revela os métodos utilizados para obtenção dos objetivos específicos.

No referencial teórico, pode-se compreender os conceitos gerais de esgotamento sanitário, bem como, identificar os parâmetros de projeto definidos em bibliografias e normas. Uma breve apresentação do panorama de saneamento básico se fez importante, de modo a auxiliar na concepção da necessidade do sistema de esgotamento sanitário para garantia qualidade de vida e saúde da população. Foi apresentando também, os diferentes tipos de estações de tratamento de esgoto, onde buscou-se destacar suas características, vantagens, bem como seus custos de implantação.

Na pesquisa realizada em campo, foi possível realizar a caracterização do município, através de levantamento de dados gerais coletados no website do IBGE. O perímetro da área em estudo é demonstrado por foto aérea utilizando o aplicativo Google Earth. Preocupou-se também, elaborar um croqui do município, demonstrando localização e existência da rede coletora de esgoto, interceptores e córregos ao redor da área urbana, por meio de averiguação nos registros do órgão responsável pela prestação de serviço de redes de esgotos (SAAE). Vale ressaltar que em algumas localidades no município, as redes de esgotos foram

identificadas através de investigação com pessoas que participaram da construção das redes, funcionários e administradores da prestadora do serviço.

Atentou-se em preparar um questionário para a população, disponibilizado no apêndice do presente trabalho, a fim de inteirar-se da situação em que se encontram as áreas investigadas. Foram entrevistadas ao todo, cerca de 80 pessoas, selecionadas por estarem situadas nas regiões em que a Prefeitura Municipal informou receber reclamações constantemente.

Sendo assim, criou-se um croqui do município enfatizando os pontos que apresentaram problemas relatados pela população nos questionários.

A elaboração do mapa topográfico do município, mostrou-se fundamental para colaborar na averiguação das dimensões das tubulações, suas vazões e parâmetros de projeto, para garantir a eficiência no sistema. Permitiu-se também, delimitar a área para futura instalação da estação de tratamento de esgoto no município, demonstrando por foto aérea do aplicativo Google Earth e fotos no anexo do presente trabalho.

Para determinação das vazões de dimensionamento das redes, fez-se necessário um estudo sobre a projeção populacional, determinada para um horizonte de projeto de 20 anos. Realizada por diferentes métodos (método aritmético, método geométrico, decrescente de crescimento, e crescimento logístico) com a intenção de verificar o que mais se aproximava da população real do município, através da reversão dos cálculos.

O método aritmético consiste na projeção de um crescimento populacional segundo uma taxa constante. O método geométrico, realiza a projeção em função da população existente a cada instante. O método de decrescente de crescimento dispõe da premissa que, à medida que a cidade cresce, a taxa de crescimento da população torna-se menor, ou seja, a população tende a um valor de saturação. Quanto ao método de crescimento logístico, o crescimento populacional segue uma relação matemática, e baseia-se também na premissa de que a população tende a um valor de saturação. Assim, foi possível a realização dos cálculos necessários para averiguação das tubulações.

A seguir, uma breve explicação lógica da sistemática adotada para auxiliar na escolha da estação de tratamento de esgoto para o município de Elói Mendes.

A eficiência é de suma importância para implantação de um projeto de tratamento de esgoto, e deve ser analisada paralelamente com os requisitos de área, com a viabilidade econômica e com o tempo de detenção hidráulica. No quadro 02 que se segue, são apresentadas as características típicas desses sistemas e no quadro 03 são analisadas as

principais vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento, onde a eficiência e a viabilidade econômica estão sendo correlacionadas.

Quadro 02: Características típicas dos sistemas de tratamento de esgotos.

Sistemas de Tratamento	Eficiência na remoção (%)				Requisitos	Custo da implantação (US\$/hab)	Tempo de detenção hidráulica (dias)
	DBO	N	P	Coliformes	Área (m ² /hab)		
Lagoa facultativa	70-85	30-50	20-60	60-99	2,0-5,0	10-30	15-30
Lagoa anaeróbia	70-90	30-50	20-60	60-99,9	1,5-3,5	10-25	12-40
Lagoa aerada	70-90	30-50	20-60	60-96	0,25-0,5	10-25	5-10
Reator anaeróbio	60-80	10-25	10-20	60-90	0,05-0,10	20-40	0,3-0,5

Fonte: adaptado de Sperling (2005).

Quadro 03: Principais vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento.

Sistemas	Vantagens	Desvantagens
Lagoa facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiência na remoção de DBO e patogênicos; - Construção, operação, e manutenção simples; - Reduzidos custos de implantação e operação; - Ausência de equipamentos mecânicos; - Requisitos energéticos praticamente nulos; - Satisfatória resistência a variações de carga; - Remoção de lodo necessário apenas após períodos superiores a 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevados requisitos de área; - Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos; - A simplicidade operacional pode trazer o descaso da manutenção (crescimento da vegetação); - Possível necessidade de remoção de algas de efluente para o cumprimento de padrões rigorosos; - Performance variável com as condições climáticas (temperatura e insolação); - Possibilidade de crescimento de insetos.

	20 anos.	
Lagoa anaeróbia	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas; - Requisitos de área inferiores aos das lagoas facultativas únicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas; - Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia; - Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas; - Necessidade de remoção contínua ou periódica (intervalo de alguns anos) do lodo na lagoa anaeróbia.
Lagoa de maturação	<ul style="list-style-type: none"> - Idem a lagoa precedente; - Razoável eficiência na remoção de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem a lagoa precedente.
Reator anaeróbio	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfatória eficiência na remoção de DBO; - Baixos requisitos de área; - Baixos custos de implantação e operação; - Reduzido consumo de energia; - Não necessita de meio suporte; - Construção, operação e manutenção simples; - Baixíssima produção de lodo; - Estabilização do lodo próprio reator; - Boa desidratabilidade do lodo; - Necessidade apenas da secagem e disposição final do lodo; - Rápido reinício após períodos de paralisação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos; - Possibilidade de efluentes com aspecto desagradável; - Remoção de N e P insatisfatória; - Possibilidade de maus odores (embora possam ser controlados); - A partida do processo

Fonte: adaptado de Sperling (2005).

Com os dados obtidos no quadro 02, na coluna onde Sperling informa o custo unitário em dólares per capita para implantação de uma estação, foi possível estimar o custo dos diferentes sistemas de tratamento de esgoto adaptando para a moeda nacional do Brasil, ou seja, em reais. De acordo com pesquisa realizada no dia 27 de outubro ao site da bolsa de valores, o Citibank informava que US\$ 1,00 dólar correspondia ao valor de R\$ 2,56 reais. Sendo assim, segue abaixo os cálculos e correlações, com o intuito de estimar um valor para os diferentes sistemas, condensados no quadro 04.

Lagoa facultativa:

$$\begin{aligned} \text{US\$ } 20,00/\text{hab} \times \text{R\$ } 2,56 &= \text{R\$ } 51,20/\text{hab} \\ \text{R\$ } 51,20/\text{hab} \times 18.766\text{hab} &= \text{R\$ } 960.819,20 \end{aligned}$$

Lagoa anaeróbia:

$$\begin{aligned} \text{US\$ } 17,50/\text{hab} \times \text{R\$ } 2,56 &= \text{R\$ } 44,80/\text{hab} \\ \text{R\$ } 44,80/\text{hab} \times 18.766\text{hab} &= \text{R\$ } 840.716,80 \end{aligned}$$

Lagoa aerada:

$$\begin{aligned} \text{US\$ } 17,50/\text{hab} \times \text{R\$ } 2,56 &= \text{R\$ } 44,80/\text{hab} \\ \text{R\$ } 44,80/\text{hab} \times 18.766\text{hab} &= \text{R\$ } 840.716,80 \end{aligned}$$

Reator anaeróbio:

$$\begin{aligned} \text{US\$ } 30,00/\text{hab} \times \text{R\$ } 2,56 &= \text{R\$ } 76,80/\text{hab} \\ \text{R\$ } 76,80/\text{hab} \times 18.766\text{hab} &= \text{R\$ } 1.441.228,80 \end{aligned}$$

Quadro 04: Estimativa do valor total de implantação dos diferentes sistemas.

Sistemas de Tratamento		Custo da implantação (US\$/hab)	Média considerada (US\$/hab)	Custo da implantação (considerando US\$1,00 = R\$2,56) (R\$/hab)	Números de habitantes para horizonte de projeto (ano de 2030)	Valor total estimado para implantação (R\$)
Lagoa facultativa		10-30	20	51,20	18.766	960.819,20
Lagoa		10-25	17,5	44,80	18.766	840.716,80

anaeróbia						
Lagoa aerada		10-25	17,5	44,80	18.766	840.716,80
Reator anaeróbio		20-40	17,5	76,80	18.766	1.441.228,80

Fonte: o autor.

Alguns sistemas de tratamento de esgotos, requerem uma grande quantidade de área para sua implantação. Com os dados obtidos no quadro 02, onde Sperling informa um valor em metros quadrados destinado para o sistema em função de um habitante, permitiu estimar a área que deverá ser reservada para a implantação da ETE dos diferentes sistemas estudados. O resultado é apresentado no quadro 05 a seguir.

Quadro 05: Estimativa da área destinada a implantação dos diferentes sistemas.

Sistemas de Tratamento	Área (m ² /hab)	Média da área (m ² /hab)	Números de habitantes para horizonte de projeto (ano de 2030)	Área total para implantação do sistema (m ²)
Lagoa facultativa	2,0-5,0	3,5	18.766	65.681
Lagoa anaeróbia	1,5-3,5	2,5	18.766	46.915
Lagoa aerada	0,25-0,5	0,375	18.766	7.037,25
Reator anaeróbio	0,05-0,10	0,075	18.766	1.407,45

Fonte: o autor.

A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento do esgoto gerado no município deve ser derivada fundamentalmente dos balanços e comparações técnicas e econômicas, a fim de que a escolha não obtenha carácter subjetivo. Não há fórmulas generalizadas para tal, e o bom senso ao se atribuir a importância relativa de cada aspecto técnico é essencial. Ainda que o lado econômico seja fundamental, deve-se lembrar que nem sempre a melhor alternativa é simplesmente a que apresenta o menor custo. O uso de lagoas, a exemplo, além de requerem uma grande área para implantação, também necessitam de uma intensa insolação durante todo o ano e, resistindo pouco a baixas temperaturas comprometem

a eficiência do processo de tratamento. Logo, esta alternativa tornou-se inviável para ser implantada no município, uma vez que as possíveis áreas para implantação são relativamente menores do que seria necessário, além de o clima apresentar variações de temperatura durante o ano.

Portanto, após análise das diferentes possibilidades, e a fim de atender os requisitos de menor área para implantação, satisfatória eficiência na remoção de DBO, baixos custos de implantação e operação, e reduzido consumo de energia, a escolha para o município de Elói Mendes foi de um sistema com reator UASB, seguido por filtro biológico.

5 RESULTADOS

5.1 Estudo de caso

Elói Mendes é um município localizado na região sul do estado de Minas Gerais, situada numa área territorial de 499,537 km², nas coordenadas geográficas latitude 21°36'36" S e longitude 45°33'54" O, com aproximadamente 25.220 habitantes, sendo a população urbana 17.055 habitantes, segundo dados do censo demográfico realizado pelo IBGE de 2010. (IBGE, 2014). A figura 19, representa a localização da área em estudo, especificamente a área urbana do município, com aproximadamente 10,95 km², e a figura 20 a seguir, mostra a localização geográfica do município de Elói Mendes no estado de Minas Gerais.

Figura 19 - Localização da área urbana do município de Elói Mendes.



Fonte: o autor.

Figura 20 - Localização geográfica do município de Elói Mendes no estado de Minas Gerais.



Fonte: o autor.

A cidade de Elói Mendes é considerada de pequeno porte, ainda em fase de crescimento. Os esgotos gerados no município são em grande maioria caracterizados como esgotos domésticos, mas o sistema de esgotamento sanitário recebe das águas de infiltrações.

Segundo entrevista com antigos responsáveis pelas construções das redes, pode-se verificar que as instalações do sistema no município, que deveriam ser planejadas e previstas para determinado horizonte de projeto, foram executadas apenas para suprir as necessidades do período em que ocorreu sua construção, manifestando em futuros próximos, a necessidade de alterações e ampliações nas instalações.

5.1.1 Sistema existente

O sistema de esgotamento sanitário de Elói Mendes é administrado pela Prefeitura Municipal através do SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto. A figura 21 a seguir, demonstra as informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário no município. Em 2010, a rede coletora de esgoto apresentava uma extensão de 70,20 Km, atendendo residências, comércios e indústrias, expressando um índice de coleta de esgoto de 80% em

toda a área urbana e 100% de atendimento à população. No entanto, a pesquisa revela a deficiência do sistema, uma vez que, o município não possui tratamento do esgoto coletado.

Figura 21 - Informações sobre esgotamento sanitário no município de Elói Mendes.

Informações sobre esgotamento sanitário		
Quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002)	8.232	ligação
Quantidade de economias ativas de esgoto (ES003)	7.122	economia
Extensão da rede de esgoto (ES004)	70,20	km
Índice de atendimento total com esgotamento sanitário (IN058)	100,00	%
Índice de coleta de esgoto (IN015)	80,00	%
Índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046)	0,00	%

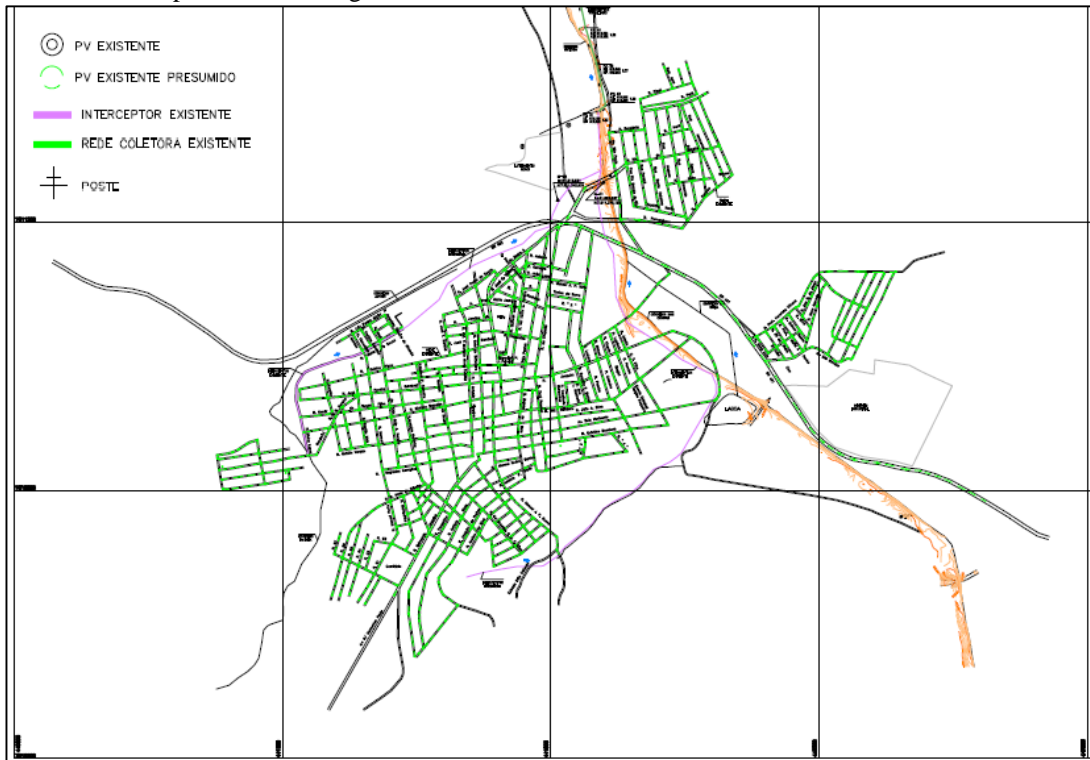
Fonte: Censo Demográfico do IBGE realizado no ano 2010. (2014)

A área urbana da cidade está disposta sobre três bacias hidrográficas: Ribeirão do Onça, recebendo como contribuição a maior parte dos bairros do centro e do leste do município, incluindo o distrito industrial; o Ribeirão Jardim recebendo a contribuição da parte oeste, os bairros Parque das Palmeiras, Vila Belo, São Sebastião e Santa Rosa; e o Ribeirão Mutuca, parte norte que recebe contribuição do Bairro Nossa Senhora Aparecida e o Loteamento do Cristo.

Todas as bacias são atendidas por redes coletoras e interceptores. Vale ressaltar, que embora a maior parte da cidade esteja contemplada por coletores e interceptores, há falhas no sistema de coleta de esgotos. Em entrevista realizada com moradores, em alguns pontos do município, através de questionário, verificou-se queixa a respeito do odor que exala próximo aos bueiros, e em algumas casas é possível sentir o odor em ambientes como banheiro, cozinha e ralos na área de serviço. Ao indagar o órgão responsável pelo serviço, o SAAE, este diz ter conhecimento da situação, e que não houve medidas para reparar a situação por não possuírem cadastro da rede de sistema de esgotamento sanitário do município, dificultando assim o trabalho de reparos nas tubulações, uma vez que não se sabe exatamente onde estas se localizam, bem como não se sabe ao certo os diâmetros das tubulações.

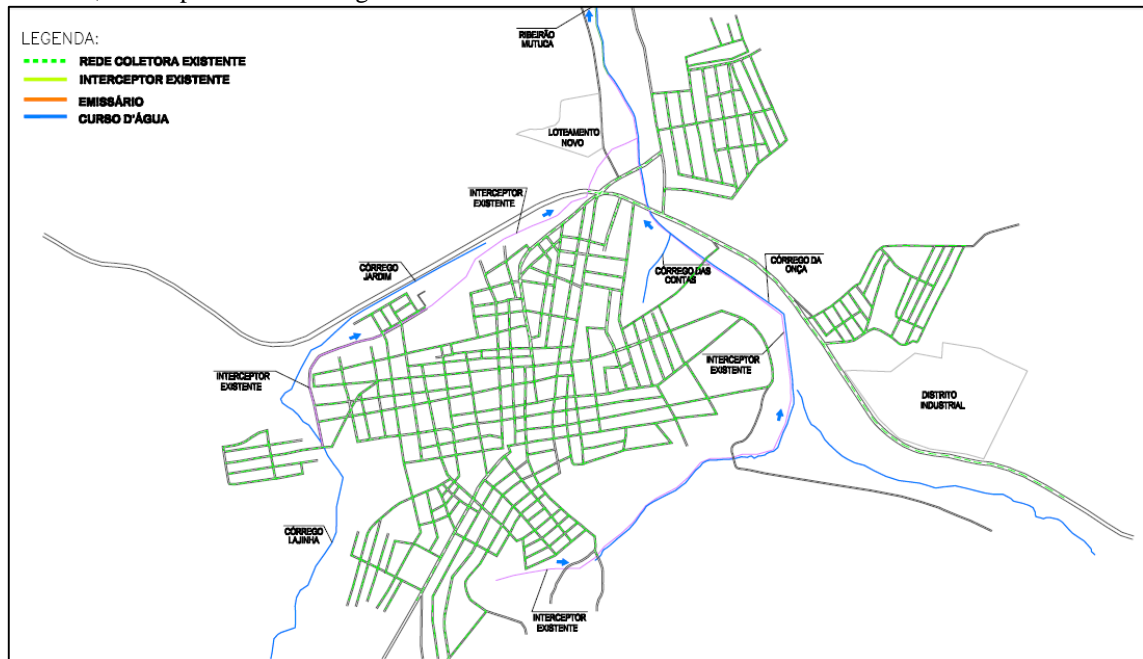
Deste modo, no presente trabalho, preocupou-se elaborar um croqui do município que demonstrasse a localização da rede coletora existente e seus respectivos interceptores. As figuras 22 e 23 a seguir, representam o croqui do município de Elói Mendes, detalhando a disposição das quadras e ruas, expondo a localização e existência da rede coletora, interceptores e os córregos ao redor da área urbana. As figuras encontram-se melhor representadas no apêndice.

Figura 22 - Croqui do município de Elói Mendes, demonstrando a localização e existência da rede coletora, interceptores e os córregos ao redor da área urbana.



Fonte: o autor.

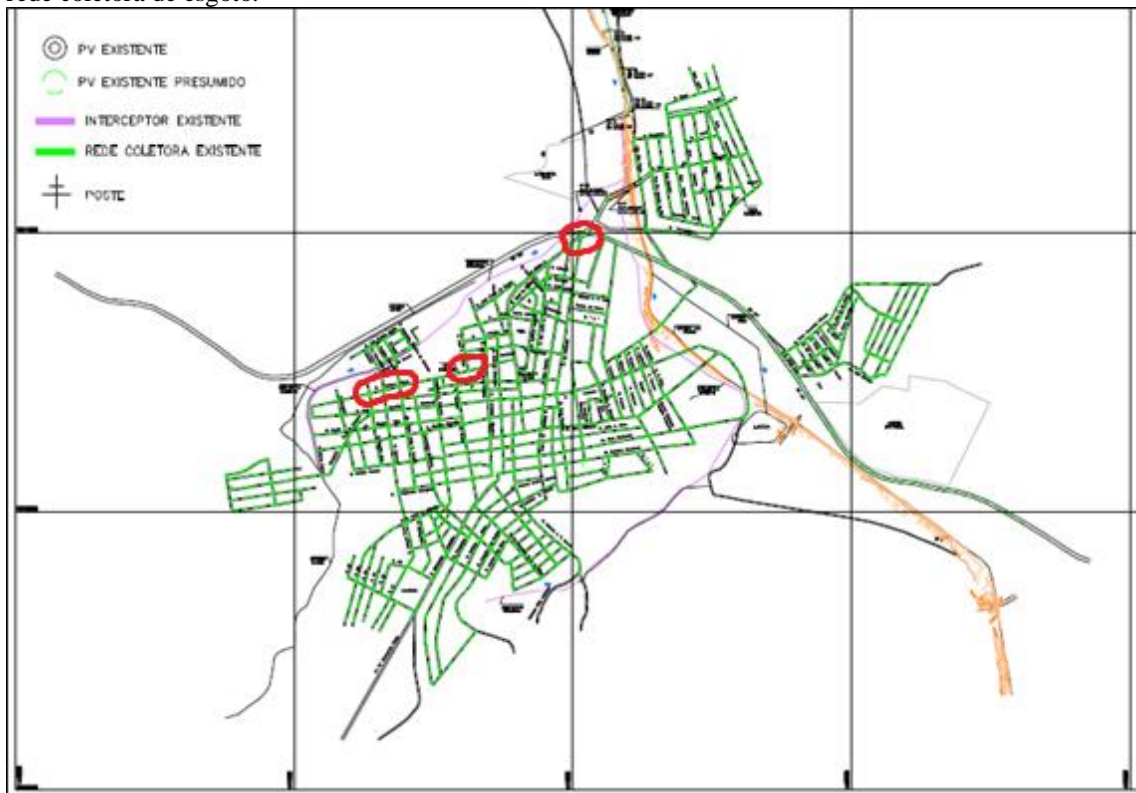
Figura 23 - Croqui do município de Elói Mendes, demonstrando a localização e existência da rede coletora, interceptores e os córregos ao redor da área urbana.



Fonte: o autor.

Na figura 24 a seguir, preocupou-se em evidenciar os pontos em que a população fazem queixas junto ao SAAE e a Prefeitura Municipal de Elói Mendes, a respeito do odor que exala das tubulações, e alguns casos, o retorno do esgoto nos ralos das residências.

Figura 24 - Croqui do município de Elói Mendes, demonstrando os pontos que apresentam problemas na rede coletora de esgoto.



Fonte: o autor.

Nos pontos identificados acima, são apresentados mais a frente, cálculos para verificação da tubulação existente, averiguando se estas tubulações atendem a demanda de vazão de esgotos que recebem, bem como verificação de sua declividade e velocidade de escoamento do fluido. As figuras 25 e 26 a seguir, são fotos dos trechos em estudo, a Rua Sete de Setembro e a Avenida Dom Pedro II.

Figura 25 - Foto do trecho em estudo, localizado à Rua Sete de Setembro, em 05/2014.



Fonte: o autor.

Figura 26 - Foto do trecho em estudo, localizado à Avenida Dom Pedro II, em 05/2014.



Fonte: o autor.

Para o planejamento de um sistema de esgoto, vale ressaltar a importância do mapa topográfico do município para auxiliar no estudo e avaliação da rede existente. A seguir, a figura 27 demonstra a topografia do município através de foto aérea, evidenciando as curvas de níveis da respectiva área em estudo.

Figura 27 - Foto aérea do município demonstrando as curvas de níveis da área em estudo.



Fonte: o autor.

Segundo informações obtidas na Secretaria Municipal de Saúde do município de Elói Mendes, a vigilância epidemiológica verifica em média de 3 casos de diarreia semanalmente por PSF. A cidade de Elói Mendes possui 8 unidades de PSF, obtendo assim, uma média semanal de 24 casos de diarreia no município. Diante das informações colhidas, é evidenciado a necessidade de um planejamento para garantir saneamento básico a toda população, principalmente o sistema de esgotamento sanitário.

Um fato agravante para o problema é lançamento dos esgotos in natura nas proximidades da rodovia BR – 491, saída para o Bairro dos Martins, na zona rural do município, após o encontro dos interceptores no Ribeirão Mutuca. A figura 28, demonstra o ponto onde são lançados os esgotos gerados no município no Ribeirão Mutuca. No anexo do presente trabalho, são expostas mais figuras demonstrando o lançamento de esgoto no Ribeirão Mutuca.

Figura 28 - Foto do ponto onde são lançados os esgotos in natura no Ribeirão Mutuca, em 06/2014.



Fonte: o autor.

Segundo informações coletadas no SAAE, o esgoto gerado no município apresenta uma carga orgânica de contribuição no valor de 54 g DBO_5 /hab.dia. A resolução do CONAMA n° 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam condições estabelecidas na resolução.

A resolução determina o limite máximo de DBO 5 dias de 120mg/L, podendo este limite ser ultrapassado, no caso do efluente passar por estação de tratamento de esgoto com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento as metas dispostas na resolução para o corpo receptor.

Diante da inexistência do estudo da autodepuração do corpo receptor, cabe ao projeto enquadrar-se no limite máximo de DBO 5 dias de 120 mg/L, ou instalar uma estação de tratamento de esgoto.

A decisão quanto área escolhida para implantação da estação de tratamento de esgoto, derivou-se de análise de diferentes aspectos, para que a escolha não obter carácter subjetivo. Obtém-se uma viabilidade técnica perante o local escolhido, pois fica muito próximo do Ribeirão Mutuca, e toda a rede coletora de esgoto já está direcionada para este local, sendo

necessário poucos ajustes, portanto há uma economia significativa de obras de infraestrutura. O local também permite a implantação da ETE sem comprometer o meio ambiente, uma vez que não haverá necessidade de supressão vegetal, bem como não está localizada em área da preservação permanente ou próximo à nascentes.

Figura 29 - Foto aérea do município de Elói Mendes, onde está demarcado o perímetro urbano e evidenciado a área destinada à implantação de uma estação de tratamento de esgoto.



Fonte: o autor.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Projeção populacional

Nos últimos anos, o município de Elói Mendes tem apresentado um crescimento populacional acelerado, baseado em pesquisa no censo demográfico do IBGE dos anos anteriores, bem como em pesquisa na Prefeitura Municipal, que demonstra crescente ampliação da área urbana, com o surgimento de novos loteamentos, conseqüentemente, do número de residências e população total da cidade.

Para o presente trabalho, se faz necessário realizar a projeção populacional do município, considerando um horizonte de projeto de 20 anos, a fim de quantificar a demanda de esgotos que a cidade produzirá, de modo a auxiliar na identificação da possível estação tratamento de esgoto a ser implantada.

Utilizou-se diferentes métodos de projeção com o intuito de verificar o que mais se aproximava da população referente a determinado ano, através da reversão. Nas tabelas a seguir, expõe-se os dados coletados no website DATASUS, com os respectivos números de habitantes do município de Elói Mendes com o ano da pesquisa do censo demográfico (IBGE), e logo abaixo os resultados obtidos pelos diferentes métodos.

Tabela 01: Número de habitantes referente ao ano da pesquisa do censo demográfico.

Censo Demográfico		
Elói Mendes		
	Ano	Habitantes
1	1980	16.981
2	1990	19.138
3	2000	21.947
4	2010	25.220

Fonte: DATASUS.

Tabela 02: Número de habitantes referente ao ano, obtidos através do método aritmético.

Método Aritmético		
Ka: 215,7		
	Ano	Habitantes
P_1	1980	16.981
P_2	1990	19.138
P_3	2000	21.295
P_4	2010	23.452
P_5	2020	25.609
P_6	2030	27.766

Fonte: o autor.

Tabela 03: Número de habitantes referente ao ano, obtidos através do método geométrico.

Método Geométrico		
Kg: 0,011958		
	Ano	Habitantes

P_1	1980	19.139
P_2	1990	21.572
P_3	2000	24.314
P_4	2010	27.405
P_5	2020	30.888
P_6	2030	34.814

Fonte: o autor.

Tabela 04: Número de habitantes referente ao ano, obtidos através do método de decrescente de crescimento.

Decrescente de crescimento		
Ps: 15.088,35		
Kd: -0,07607		
	Ano	Habitantes
P_1	1980	15.972
P_2	1990	15.501
P_3	2000	15.281
P_4	2010	15.178
P_5	2020	15.130
P_6	2030	15.108

Fonte: o autor.

Tabela 05: Número de habitantes referente ao ano, obtidos através do método de crescimento logístico.

Crescimento Logístico		
Ps: 15.088,35		
C: -0,11146		
K1: 0,032054		
	Ano	Habitantes
P_1	1980	17.827
P_2	1990	19.140
P_3	2000	21.303
P_4	2010	25.234

P_5	2020	33.837
P_6	2030	63.831

Fonte: o autor.

De acordo com os resultados, conclui-se que a projeção que mais se aproximou foi o método aritmético. Assim sendo, o número de habitantes estimado para o município de Elói Mendes, referente ao ano de 2030, é de 27.766 habitantes. Localizados na zona urbana são 18.766 habitantes.

5.2.2 Consumo per capita

Segundo dados obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, acessado em maio de 2014, o consumo per capita de água no município de Elói Mendes adotado para o projeto, é de 271,20 litros/habitante.dia. O número de ligações ativas de abastecimento de água é de 7.082 ligações.

5.2.3 Cálculos das vazões

5.2.3.1 Vazão doméstica

$$Q_d = \frac{C \cdot P \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2}{86400}$$

Equação 07.

$$Q_d = \frac{0,8 \cdot 18.766 \cdot 271,0 \cdot 1,2 \cdot 1,5}{86400}$$

$$Q_d = 84,75 \text{ l/s.}$$

Equação 08.

Vale ressaltar, que a vazão concentrada já se encontra inserida no coeficiente de consumo efetivo da população (q), que por sua vez apresenta um valor acima da média encontrada em bibliografias, por ter demasiada contribuição do Distrito Industrial. A vazão doméstica de esgoto obtida tem valor de 84,75 l/s.

5.2.3.2 Vazão de infiltração (Q_i)

Segundo a NBR 9649/1986, a taxa de contribuição da infiltração deve admitir valor compreendido entre 0,05 a 1,0 l/s km. Como não foram encontrados dados que justificassem o valor para taxa de contribuição da infiltração, o valor adotado é de 1,0 l/s km, de modo a funcionar a favor da segurança.

$$Q_i = 1,0 \text{ l/s} \times 70,20 \text{ Km}$$

$$Q_i = 70,20 \text{ l/s}$$

5.2.3.3 Vazão de dimensionamento (Q)

$$Q = Q_d + Q_i$$

Equação 09.

$$Q = 84,75 + 70,20$$

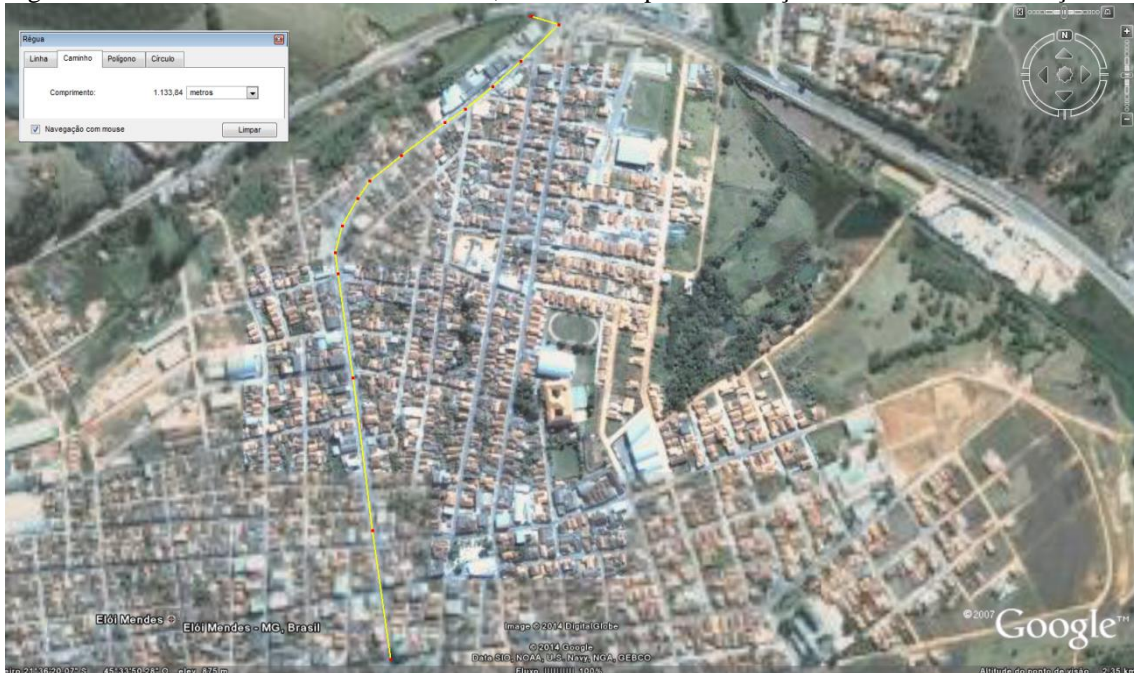
$$Q = 154,95 \text{ l/s}$$

A vazão total para dimensionamento obtida é de 94,75 l/s.

5.2.3.4 Verificação do diâmetro das tubulações dos coletores e parâmetros de projeto

O trecho 1, a Avenida Dom Pedro II, no centro de Elói Mendes, representado na figura 30 a seguir, apresenta variação de altitude de 907,0 metros a 827,0 metros, obtidos através de medição com estação total. A extensão da rede é de 1.133,8 metros. A declividade obtida no trecho através de cálculos foi de $I = 0,07 \text{ m/m}$, ou seja, maior que a declividade mínima de $0,06 \text{ m/m}$. Portanto, quanto a declividade, o trecho não apresenta problemas.

Figura 30 - Foto aérea demarcando o trecho 1, estabelecido para verificação do diâmetro da tubulação.



Fonte: o autor.

Para verificação da tubulação de esgoto no trecho, a vazão de cálculo obtida foi de 2,03 l/s, expressa pela fórmula abaixo:

$$Q_{trecho\ 1} = \frac{0,8 \times 450 \times 271,0 \times 1,2 \times 1,5}{86400} = 2,03\ l/s$$

Porém, o trecho recebe contribuição de esgoto das ruas adjacentes, totalizando uma vazão de 12,0 l/s. Logo, o diâmetro necessário é expresso por:

$$DN = \left(0,0463 \times \frac{Q_{trecho1}}{\sqrt{I}}\right)^{0,375}$$

Equação 10.

$$DN = \left(0,0463 \times \frac{0,012}{\sqrt{0,07}}\right)^{0,375} = 99\ mm$$

Como o diâmetro mínimo estabelecido na NBR 9649/1986 é de 100 mm, o diâmetro adotado deve ter valor de 100 mm. O diâmetro da tubulação existente, segundo informações

obtidas com os funcionários do SAAE, é de 150 mm. Logo, a tubulação existente atende a demanda de vazão de cálculo.

Da tabela 01, no anexo B, utilizada para dimensionamento e verificação de tubulação de esgoto, quanto à velocidade de escoamento do fluido tem-se:

$$\frac{V}{\sqrt{I}} = 2,64$$

Equação 11.

Logo, a velocidade de escoamento do fluido é expressa por:

$$V = 2,64 \times \sqrt{0,07} = 0,6984 \text{ m/s}$$

A velocidade crítica, é dada pela fórmula:

$$V_c = 6 \times \sqrt{g} \times R_h$$

Equação 12.

$$V_c = 6 \times \sqrt{9,81} \times 0,0064 = 1,50 \text{ m/s}$$

Portanto, a velocidade é menor que a velocidade crítica, estando à tubulação conforme determina a norma e bibliografia vigentes.

Perante os resultados dos parâmetros de projetos obtidos, juntamente com dados das entrevistas realizadas com a população no trecho e posterior análise no local, é possível concluir que a tubulação não têm suportado a demanda de vazão que está condicionada. No trecho há ligações clandestinas de águas pluviais na tubulação da rede de esgoto, aumentando a sua vazão, fazendo com que a tubulação passe a trabalhar como conduto forçado, diferentemente do que foi projetado para trabalhar como conduto livre.

O trecho 2, a Avenida Capitão João Alves Pereira, representado na figura 31 a seguir, apresenta variação de altitude de 895,0 metros a 834,0 metros, obtidos através de medição com estação total. A extensão da rede é de 628,4 metros. A declividade obtida no trecho

através de cálculos foi de $I = 0,097$ m/m, ou seja, maior que a declividade mínima de 0,06 m/m. Portanto, quanto a declividade, o trecho não apresenta problemas.

Figura 31 - Foto aérea demarcando o trecho 2, estabelecido para verificação do diâmetro da tubulação.



Fonte: o autor.

Para verificação da tubulação de esgoto no trecho, a vazão de cálculo obtida foi de 1,14 l/s, expressa pela fórmula abaixo:

$$Q_{trecho\ 1} = \frac{0,8 \times 252 \times 271,0 \times 1,2 \times 1,5}{86400} = 1,14\ l/s$$

Porém, o trecho recebe contribuição de esgoto das ruas adjacentes, totalizando uma vazão de 3,3 l/s. Logo, o diâmetro necessário é expresso por:

$$DN = \left(0,0463 \times \frac{Q_{trecho1}}{\sqrt{I}}\right)^{0,375}$$

Equação 13.

$$DN = \left(0,0463 \times \frac{0,0033}{\sqrt{0,097}}\right)^{0,375} = 57\ mm$$

Como o diâmetro mínimo estabelecido na NBR 9649/1986 é de 100 mm, o diâmetro adotado deve ter valor de 100 mm. O diâmetro da tubulação existente, segundo informações

obtidas com os funcionários do SAAE, é de 150 mm. Logo, a tubulação existente atende a demanda de vazão de cálculo.

Da tabela 01, no anexo B, utilizada para dimensionamento e verificação de tubulação de esgoto, quanto à velocidade de escoamento do fluido tem-se:

$$\frac{V}{\sqrt{I}} = 2,64$$

Logo, a velocidade de escoamento do fluido é expressa por:

$$V = 2,64 \times \sqrt{0,097} = 0,822 \text{ m/s}$$

A velocidade crítica, é dada pela fórmula:

$$V_c = 6 \times \sqrt{g} \times R_h$$

$$V_c = 6 \times \sqrt{9,81} \times 0,0064 = 1,50 \text{ m/s}$$

Portanto, a velocidade é menor que a velocidade crítica, estando à tubulação conforme determina a norma e bibliografia vigentes.

Assim sendo, é possível concluir que a tubulação não têm suportado a demanda de vazão que está condicionada. No trecho há ligações clandestinas de águas pluviais na tubulação da rede de esgoto, aumentando a sua vazão, fazendo com que a tubulação passe a trabalhar como conduto forçado, diferentemente do que foi projetado para trabalhar como conduto livre.

Ao final do trecho, todo resíduo coletado é lançado no interceptor Córrego Jardim. Segundo relatos de moradores próximos ao local, durante a época de chuvas, de dezembro a março, ocorre transbordamento do córrego alagando toda a região. Tal fato, comprova o problema de saneamento básico que o município está submetido: redes de esgotos ligadas a galerias pluviais, e vice-versa.

O trecho 3, a Rua Sete de Setembro, no centro do município, representado na figura 32 a seguir, apresenta variação de altitude de 902,0 metros a 852,0 metros, obtidos através de medição com estação total. A extensão da rede é de 384,9 metros. A declividade obtida no

trecho através de cálculos foi de $I = 0,12$ m/m, ou seja, maior que a declividade mínima de $0,06$ m/m. Portanto, quanto a declividade, o trecho não apresenta problemas.

Figura 32 - Foto aérea demarcando o trecho 3, estabelecido para verificação do diâmetro da tubulação.



Fonte: o autor.

Para verificação da tubulação de esgoto no trecho, a vazão de cálculo obtida foi de $0,90$ l/s, expressa pela fórmula abaixo:

$$Q_{trecho\ 1} = \frac{0,8 \times 200 \times 271,0 \times 1,2 \times 1,5}{86400} = 0,90\ l/s$$

Porém, o trecho recebe contribuição de esgoto das ruas adjacentes, totalizando uma vazão de $1,2$ l/s. Logo, o diâmetro necessário é expresso por:

$$DN = \left(0,0463x \frac{Q_{trecho1}}{\sqrt{I}} \right)^{0,375}$$

Equação 14.

$$DN = \left(0,0463x \frac{0,0012}{\sqrt{0,12}} \right)^{0,375} = 37\ mm$$

Como o diâmetro mínimo estabelecido na NBR 9649/1986 é de 100 mm, o diâmetro adotado deve ter valor de 100 mm. O diâmetro da tubulação existente, segundo informações obtidas com os funcionários do SAAE, é de 150 mm. Logo, a tubulação existente atende a demanda de vazão de cálculo.

Da tabela 01, no anexo A, utilizada para dimensionamento e verificação de tubulação de esgoto, quanto à velocidade de escoamento do fluido tem-se:

$$\frac{V}{\sqrt{I}} = 2,64$$

Logo, a velocidade de escoamento do fluido é expressa por:

$$V = 2,64 \times \sqrt{0,12} = 0,91 \text{ m/s}$$

A velocidade crítica, é dada pela fórmula:

$$V_c = 6 \times \sqrt{g} \times R_h$$

Equação 15.

$$V_c = 6 \times \sqrt{9,81} \times 0,0064 = 1,50 \text{ m/s}$$

Portanto, a velocidade é menor que a velocidade crítica, estando à tubulação conforme determina a norma e bibliografia vigentes.

Assim sendo, é possível concluir que a tubulação não têm suportado a demanda de vazão que está condicionada. No trecho há ligações clandestinas de águas pluviais na tubulação da rede de esgoto, aumentando a sua vazão, fazendo com que a tubulação passe a trabalhar como conduto forçado, diferentemente do que foi projetado para trabalhar como conduto livre.

5.3 Projeto da estação de tratamento de esgoto

A Estação de tratamento de esgoto proposta para o município de Elói Mendes, trata-se de um reator UASB seguido por filtro biológico.

A classificação do porte e potencial poluidor deste tipo de empreendimento, é dada pela DN 74 (2004), que estabelece critérios para classificação de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual.

De acordo com a DN 74, os níveis de potencial poluidor variam de pequeno (P), médio (M) e grande (G), como demonstrado na tabela 06 a seguir, apresentando as características da ETE.

Tabela 06: Níveis de potencial poluidor e porte.

Código E-03-06-9	Tratamento de esgoto sanitário		
Potencial Poluidor		Porte	
Ar = P	Geral = M	Vazão média prevista < 50 l/s = P	Porte = M
Água = M		Vazão média prevista > 400 l/s = G	
Solo = M		Os demais = M	

Fonte: DN 74, 2004.

Conhecidos os níveis de potencial poluidor e porte, podemos classificar a ETE através de classe do empreendimento, variando de 1 a 6, de acordo com a tabela 07 a seguir:

Tabela 07: Níveis de potencial poluidor e porte.

		Pot. Poluidor/Degradação geral da ETE		
		P	M	G
Porte do empreendimento	P	1	1	3
	M	2	3	5
	G	4	5	6

Fonte: DN 74, 2004.

Portanto, a uma estação de tratamento de esgoto está classificada na DN 74 (2004), como classe 3, ou seja, é necessário licenciamento ambiental para implantação e operação, bem como outorga para captação de água necessária na sua operação, outorga para descarte de efluente no ribeirão, além de outorga de supressão vegetal para sua construção.

5.3.1 Dimensionamento das grades

As grades são utilizadas para remoção de sólidos grosseiros (pedaços de papel, panos, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, etc.) presentes no esgoto. A remoção dos sólidos é feita pela intercalagem de grades, no canal de entrada do esgoto na ETE. Dependendo do porte das instalações, escolhe-se o espaçamento mais adequado entre as barras, podendo ou não haver necessidade de mais de uma de grade.

As grades quanto ao espaçamento podem ser classificadas:

Grosseiras: espaçamento entre as barras de 4 a 10 cm (usual 7,5 cm);

Médias: espaçamento entre as barras de 2 a 4 cm (usual 2,5 cm);

Finas: espaçamento entre as barras de 1 a 2 cm (usual 1,4 cm);

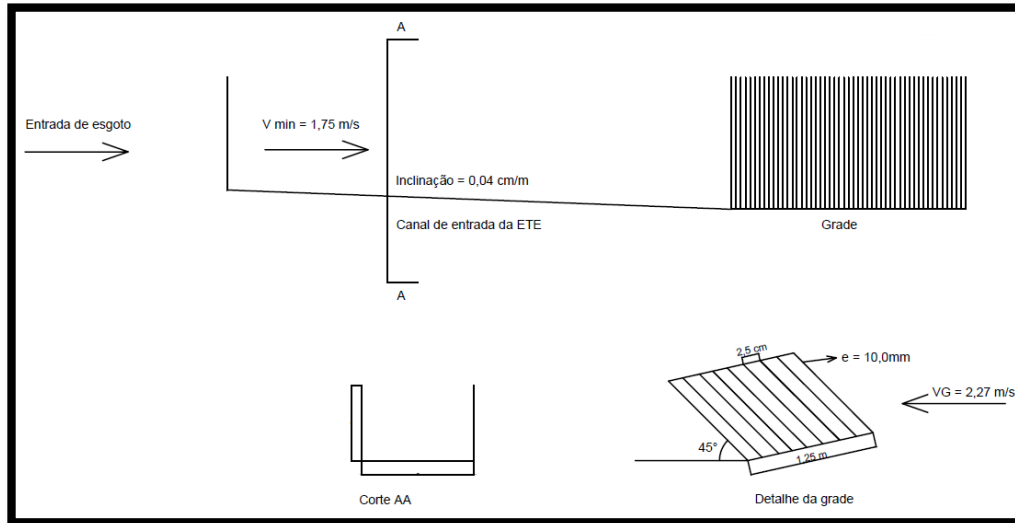
A limpeza das grades pode ser feita manualmente ou por meio de dispositivos mecânicos. Nas ETEs com vazões máximas de até 250 l/s, a NBR 12209 (ABNT, 1990) recomenda que sejam adotadas grades médias, podendo a limpeza ser feita manualmente. A espessura usual para barras médias é de diâmetro igual a 10mm.

No apêndice deste presente trabalho, encontra-se o memorial de cálculo para dimensionamento das grades, onde pode-se encontrar os seguintes resultados:

- Base do canal = 1,52 m
- Altura do canal = 0,52 m
- Coeficiente de rugosidade: $\eta = 0,014$ (Fórmula de Manning).
- Tensão trativa: $\sigma = 150$ Pa
- Declividade mínima do canal = 0,04 m/m
- Vazão resultante para o canal = 0,585 m³/s
- Velocidade mínima para o canal = 1,75 m/s
- Perda de carga na grade = 0,15 m
- A inclinação das grades = 45°

A figura 33 a seguir, apresenta o esquema do canal de entrada da ETE, seguido pela grade.

Figura 33: Desenho esquemático do canal de entrada da ETE.



Fonte: o autor.

É importante determinar um destino final para o material retido nas grades, tendo como opções a incineração, o aterramento em valas ou aterros sanitários. Para a ETE proposta, o material retido deve ser encaminhado para o aterro sanitário do município. Segundo Jordão e Pessoa (1995), pode-se estimar o volume de material retido nas grades médias o valor de $0,04 \text{ l/m}^3$ de esgoto.

5.3.2 Dimensionamento da caixa de areia

Também denominado com (desareador) a caixa de areia tem por finalidade a remoção da areia presente no esgoto sanitário. Procura-se reter as partículas com diâmetro relativo maiores do que $0,2 \text{ mm}$, não sendo desejável a retenção de partículas orgânicas sedimentáveis juntamente com a areia.

No dimensionamento dessa unidade procura-se manter a velocidade horizontal de passagem de esgoto, dentro de uma faixa apropriada $V_{\text{horizontal}} = 0,15 \text{ a } 0,30 \text{ m/s}$, que possibilita a sedimentação de areia, e evita a sedimentação da matéria orgânica. A velocidade vertical de sedimentação da menor partícula ($0,2 \text{ mm}$) a ser retirada é $V_{\text{sed}} = 0,02 \text{ m/s}$.

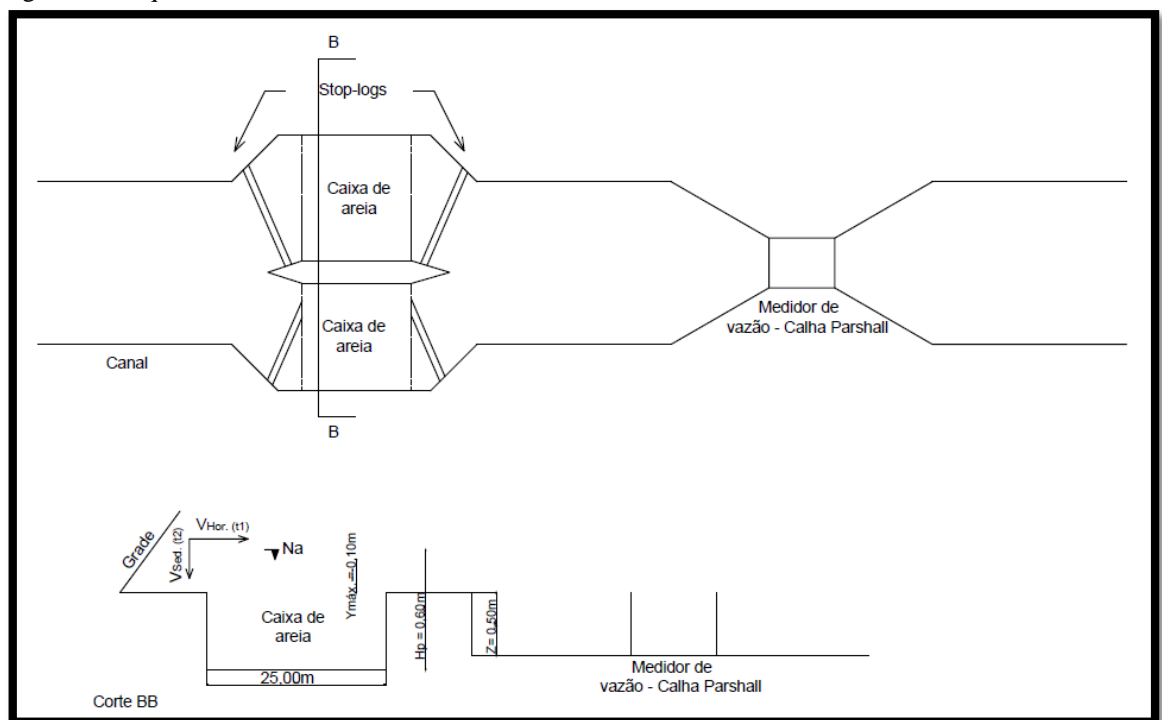
A manutenção da velocidade horizontal dentro da faixa citada se consegue por meio de um alargamento da largura B do canal original. O comprimento L da caixa de areia é fixado de tal maneira a permitir que as partículas que estiverem na superfície do líquido disponham do tempo necessário à sua sedimentação. A seguir, apresenta-se os resultados obtidos no

dimensionamento da caixa de areia, bem como do medidor de vazão calha Parshall, cuja vazão é função direta da altura d'água a montante do mesmo, sendo considerado uma estrutura de controle dessa altura d'água. O memorial de cálculo para determinar os seguintes valores, encontra no apêndice deste trabalho.

- Altura do degrau = 0,50 m
- Altura máxima d'água = 0,10 m
- Largura da caixa = 5,0 m
- Comprimento da caixa = 25,0 m

A seguir, apresenta-se na figura 34 a seguir o esquema funcional de uma caixa de areia seguida de um medidor de vazão, bem como suas respectivas dimensões:

Figura 34: Esquema funcional de uma caixa de areia.



Fonte: o autor.

5.3.3 Dimensionamento de reator UASB

Os reatores UASB constituem-se na principal tendência atual de tratamento de esgotos no Brasil, como unidades únicas, ou seguidas de alguma forma de pós-tratamento.

Nos reatores UASB, a biomassa cresce dispersa no meio, e não aderida a um meio suporte especialmente incluído, como no caso dos filtros biológicos percoladores ou filtros anaeróbios. A própria biomassa, ao crescer, pode formar pequenos grânulos, correspondente à aglutinação de diversas espécies microbianas. Esses pequenos grânulos, por sua vez, tendem a servir de meio suporte para outras bactérias. A granulação auxilia no aumento da eficiência do sistema, mas não é fundamental para o funcionamento do reator, sendo mesmo difícil de ser alcançada no tratamento de esgotos domésticos.

A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, justificando a denominação de manta de lodo. Devido a esta elevada concentração, o volume requerido para os reatores anaeróbios de manta de lodo é bastante reduzido, em comparação com todos os outros sistemas de tratamento.

O líquido entra no fundo e se encontra com o leito de lodo, o que causa a adsorção de grande parte da matéria orgânica pela biomassa. O fluxo líquido é ascendente. Como resultado da atividade anaeróbia, são formados gases (principalmente metano e gás carbônico), as bolhas dos quais apresentam também uma tendência ascendente. De forma a reter a biomassa no sistema, impedindo que ela saia com o efluente, a parte superior dos reatores de manta de lodo apresenta uma estrutura que possibilita as funções de separação e acúmulo de gás e de separação e retorno dos sólidos (biomassa). Esta estrutura é denominada separador trifásico, por separar o líquido, os sólidos e os gases. Sua forma é comumente de um tronco de pirâmide ou cone invertido.

O gás é coletado na parte superior, no compartimento de gases, de onde pode ser retirado para reaproveitamento (energia do metano) ou queima.

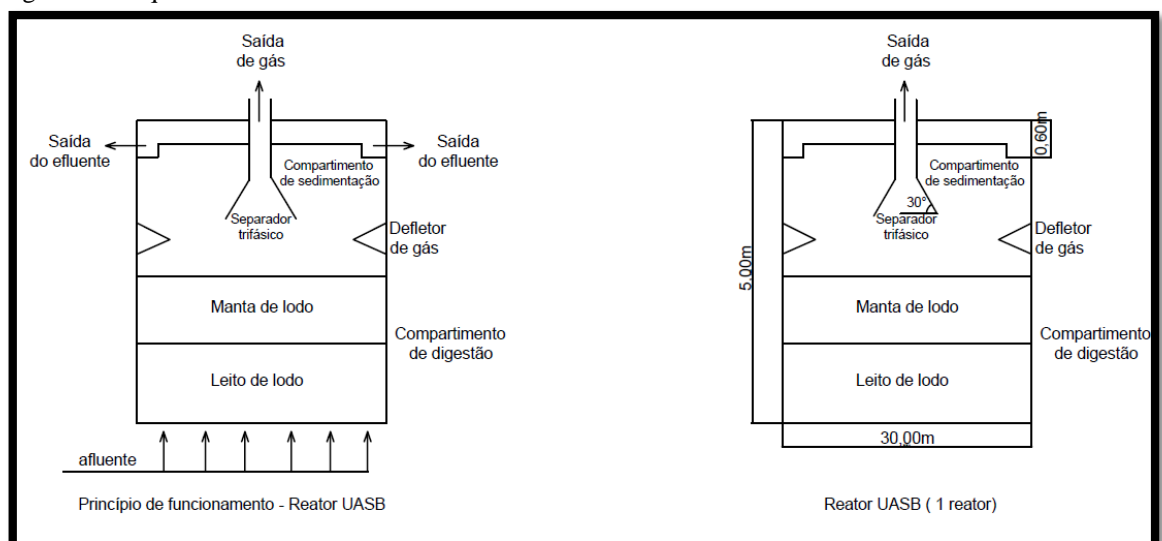
Os sólidos sedimentam na parte superior externa desta estrutura cônica ou piramidal, no compartimento de sedimentação, deslizando pelas suas paredes com grande inclinação, até retornarem ao corpo do reator. Desta forma, tem-se retenção de grande parte da biomassa no sistema, alcançada por simples retorno gravitacional (diferentemente do processo de lodos ativados, que requer bombeamento do lodo de retorno). Devido à elevada retenção de sólidos, a idade do lodo é bastante elevada, e o tempo de detenção hidráulico pode ser reduzido (entre 6 a 10 horas). Pelo fato das bolhas de gás não penetrarem na zona de sedimentação, a separação sólido-líquido não é prejudicada. O efluente sai do compartimento de sedimentação relativamente clarificado, e a concentração de biomassa no reator é mantida elevada.

A seguir, apresenta-se os resultados obtidos no dimensionamento do reator UASB. O memorial de cálculo para determinar os seguintes valores, encontra no apêndice deste trabalho.

- Velocidade de passagem = 4,0 m/h
- Ângulo de inclinação = 50°
- DBO adotada = 300 mg/l
- DQO adotada = 600mg/l
- Temperatura = 23°
- Carga orgânica = 1.800 kg DBO/l
- Tempo de detenção hidráulico adotado = 8 horas
- Volume do reator = 4.461,10m³
- Tipo do sistema adotado = proposta de 4 reatores de 1.100m³
- Altura = 5,00 metros
- Área do reator = 220 m² (cada)
- Comprimento do reator =30,0 m
- Remoção de DQO = 66,20%
- Remoção de DBO = 75,95%

A figura 35 a seguir, representa esquematicamente o funcionamento de um reator UASB, bem como suas respectivas dimensões.

Figura 35: Esquema funcional de um reator UASB.



Fonte: o autor.

5.3.4 Dimensionamento de filtro biológico

O filtro anaeróbio consiste, inicialmente, de um tanque contendo material de enchimento, que forma um leito fixo, alimentado com esgoto ou efluente de outra unidade de tratamento. Na superfície do material de enchimento ocorre a fixação e o desenvolvimento de microrganismos, que também se agrupam, na forma de flocos ou grânulos, nos interstícios deste material. O fluxo através do meio filtrante, e do lodo ativo, é que confere alta eficiência aos filtros anaeróbios.

Na verdade, o meio filtrante nos filtros anaeróbios, aplicados ao tratamento de esgotos, é o próprio lodo que adere ao meio suporte e que se acumula nos interstícios, mas é de fundamental importância que se busque e desenvolva alternativas de materiais para enchimento de filtros anaeróbios, para torná-los cada vez mais vantajosos como solução de alta relação benefício/custo para tratamento de esgotos no Brasil.

As principais finalidades do material de enchimento são: facilitar a agregação de microrganismos; dificultar a perda de sólidos biológicos e propiciar o acúmulo de grande quantidade de lodo ativo; e ajudar a distribuir uniformemente o fluxo no reator.

Podem ser utilizados vários materiais para enchimento de filtros anaeróbios. Evidentemente, deve-se preferir materiais inertes, resistentes, leves, que facilitem a distribuição do fluxo e dificultem a obstrução, tenham preço baixo e sejam de fácil aquisição.

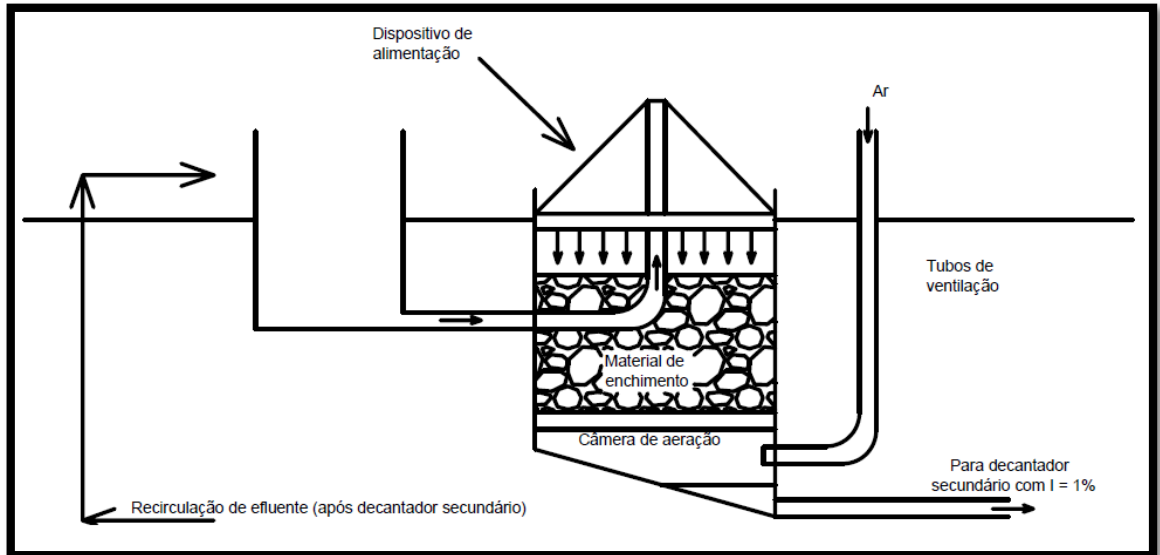
O material mais utilizado para enchimento de filtros anaeróbios no Brasil é a pedra britada N° 4, que é um material muito pesado e relativamente caro, devido ao custo da classificação granulométrica. Ademais, a brita N° 4 tem um índice de vazios muito baixo, em torno de 50%, o que acarreta necessidade de maior volume do reator e menor capacidade de acumular lodo ativo por unidade de volume.

No apêndice deste presente trabalho, encontra-se o memorial de cálculo para dimensionamento das grades, onde pode-se encontrar os seguintes resultados:

- Taxa de recirculação = 1,16
- DBO média de aplicação = 0,1 kg/m³
- Área superficial do filtro biológico circular = diâmetro de 16,20m
- Altura adotada = 2,5 m
- Volume do filtro = 515,3 m³ para cada filtro ou 2.061,2 m³ o volume total
- Diâmetro do decantador secundário = 25,60 m

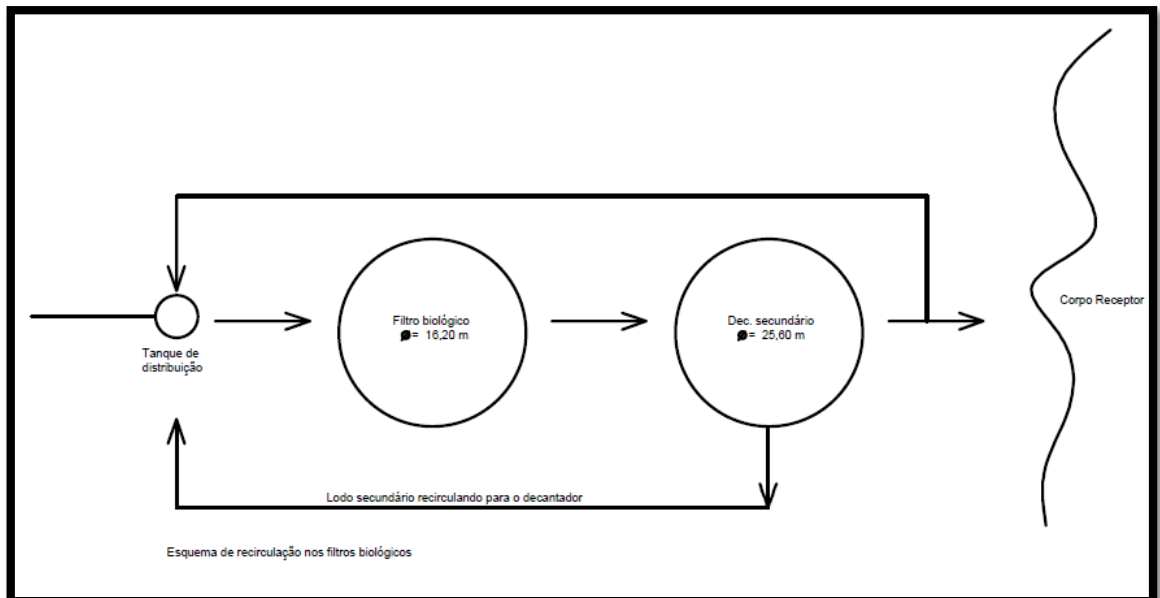
As figuras 36 e 37 a seguir, apresenta o desenho esquemático dos filtros biológicos, bem como suas dimensões.

Figura 36: Esquema funcional de um filtro biológico.



Fonte: o autor.

Figura 37: Disposição funcional e dimensões do filtro biológico



Fonte: o autor.

Filtros anaeróbios são utilizados para pós-tratamento de outras unidades anaeróbias porque, além de complementar o tratamento, sua capacidade de reter os sólidos e de recuperar-se de sobrecargas qualitativas e quantitativas, confere elevada segurança

operacional ao sistema e maior estabilidade ao efluente, mantendo as vantagens do tratamento anaeróbio – produz pouco lodo, não consome energia, tem operação simples e baixo custo.

5.3.5 Custo da implantação da ETE

A seguir, a figura 38 apresenta-se um modelo esquemático da estação de tratamento de esgoto proposta no presente trabalho.

Figura 38: Modelo esquemático da ETE.



Fonte: Manual de saneamento, coleta e tratamento de esgoto – COPASA.

Através de pesquisa de preços realizada no mês de outubro nas planilhas de referências de preços unitários para obras de edificação e infraestrutura do SETOP (Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas) e SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), ambos referentes ao estado de Minas Gerais, foi possível estimar o custo para implanta da ETE de Reator UASB seguido por filtro biológico proposto ao município de Elói Mendes, onde o valor total encontrado é de R\$ 1.611.080,72 reais. No apêndice do presente trabalho, encontra-se planilha elaborada para estimar tal valor.

6 CONCLUSÃO

Após análise do caso em estudo, ou seja, a avaliação do sistema de esgotamento sanitário no município de Elói Mendes, foi possível apontar soluções para os problemas apresentados.

Como medidas estruturais cabíveis para adequação do sistema, se faz necessário à separação das redes clandestinas de águas pluviais ligadas as redes coletoras de esgotos. Vale ressaltar, que em alguns pontos, embora não haja ligação de galerias pluviais as redes coletoras de esgotos, a manutenção na rede é precária ou inexistente, sendo oportuno à prestadora do serviço de saneamento, estabelecer prazos para a realização de futuras manutenções em todas as redes coletoras.

Como a proposta para o presente trabalho, era adequar o município a legislação vigente, o projeto de implantar uma estação de tratamento de esgoto, para extinguir o lançamento de esgoto in natura no Ribeirão Mutuca, propiciou na preservação do meio ambiente, e garantia da qualidade das águas de abastecimento que serão coletadas em municípios a jusante.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209** – Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

ANTÃO, Kátia. **Saneamento básico** – melhoria na qualidade de vida da população. São Paulo: ANHEMBI, 2004. 137 p. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Civil com ênfase ambiental, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos et al. **Saneamento**. 2 ed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221 p.

BENETTI, Joana Kirchner. **A utilização da projeção populacional na elaboração de projetos de saneamento básico**. Ijuí: UNIJUI, 2007. 58 p. Trabalho de conclusão de curso – Departamento de tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 409 p.

BRASIL, Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Guia para a Elaboração de planos municipais de saneamento básico**. 2. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. 176 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Plano nacional de saneamento básico: PLANSAB**. Brasília, 2013. 173 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Peças técnicas relativas a planos municipais de saneamento básico**. 1. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. 243 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Política e plano municipal de saneamento ambiental: Experiências e recomendações**. 2. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. 146 p.

CONSELHO ESTADUAL DE POLITICA AMBIENTAL. **DN 74**: Deliberação Normativa. Minas Gerais: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2004. 61 p.

COSTA, Danilo Reis Valois. **Avaliação de custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário em comunidades de pequeno porte**. Feira de Santana, 2010. 76 p. Monografia apresentada no Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Feira de Santana, 2010.

CRESPO, Patrício Gallegos. **Manual de projeto de estações de tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2003. 332 p.

CRESPO, Patrício Gallegos. **Sistema de esgotos**. Belo Horizonte: Ufmg, 1997.

GROSS, André Luis. **Estação de tratamento de efluentes**. Blumenau: FURB, 2011. 60 p. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Química, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (Brasil). Ministério das Cidades. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2010. 222 p.

JORDÃO, E P. e PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NUVOLARI, Ariovaldo et al. **Esgoto Sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 565 p.

NETTO, José Martiniano de Azevedo et al. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 1998. 669 p.

REZENDE, Sonaly Cristina; HELLER, Léo. **O saneamento no Brasil**. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2002. 310 p.

SAKER, João Paulo Pellegrini. **Saneamento básico e desenvolvimento**. São Paulo: UPM, 2007. 138 p. Trabalho de mestrado – Curso de Engenharia Civil, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental Ufmg, 2005.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 1996. 211 p. 2 v.

WIGMAN, Felipe. **Saneamento básico** – contextualização do cenário atual e perspectiva à luz da lei nº 11.445/2007 e do PLANSAB. São Carlos: USP, 2010. 93 p. Trabalho de graduação – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

APÊNDICE A - Questionário**QUESTIONÁRIO****Esgotamento Sanitário**

Identificação

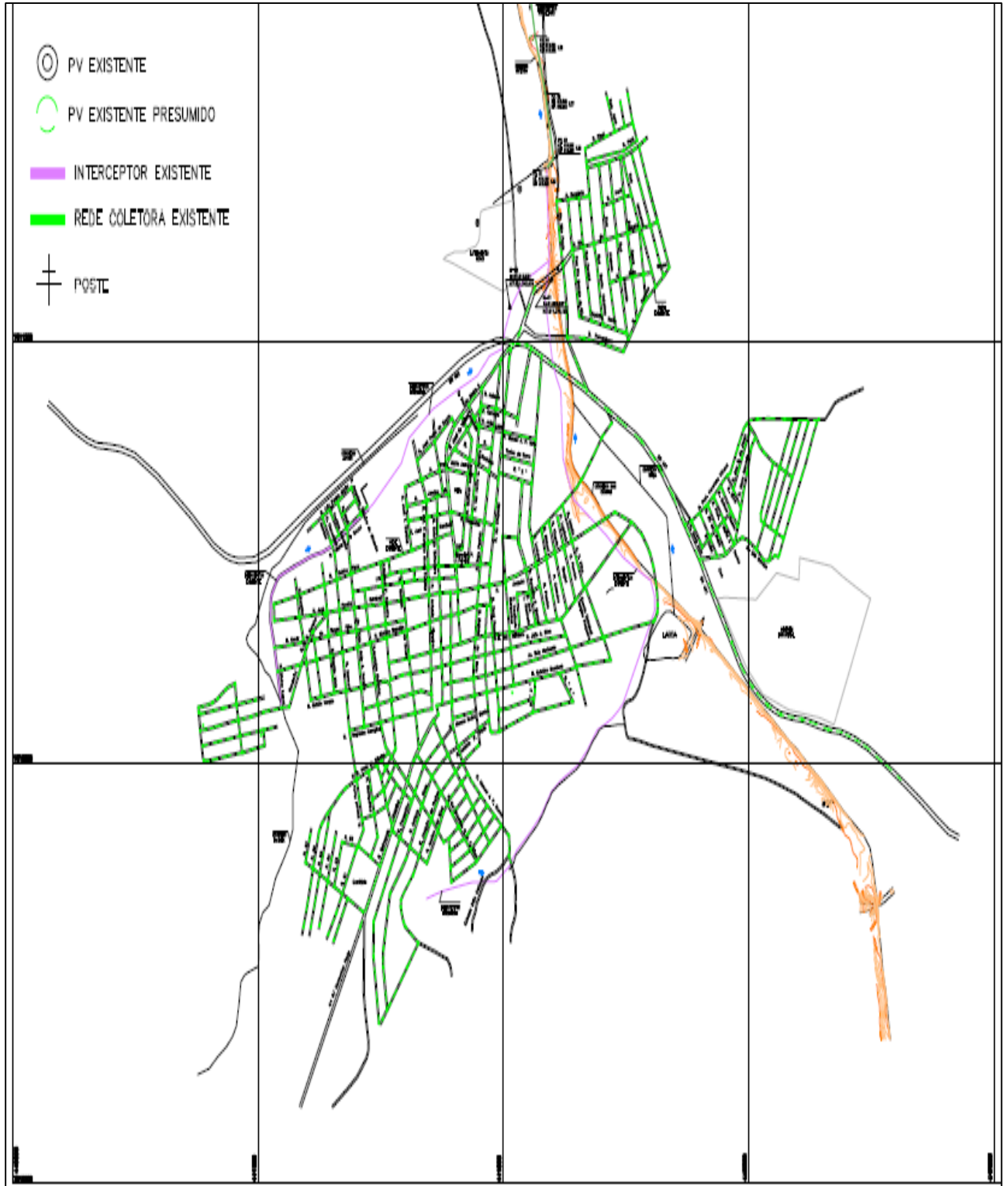
Município: Elói Mendes

Nome do entrevistado:

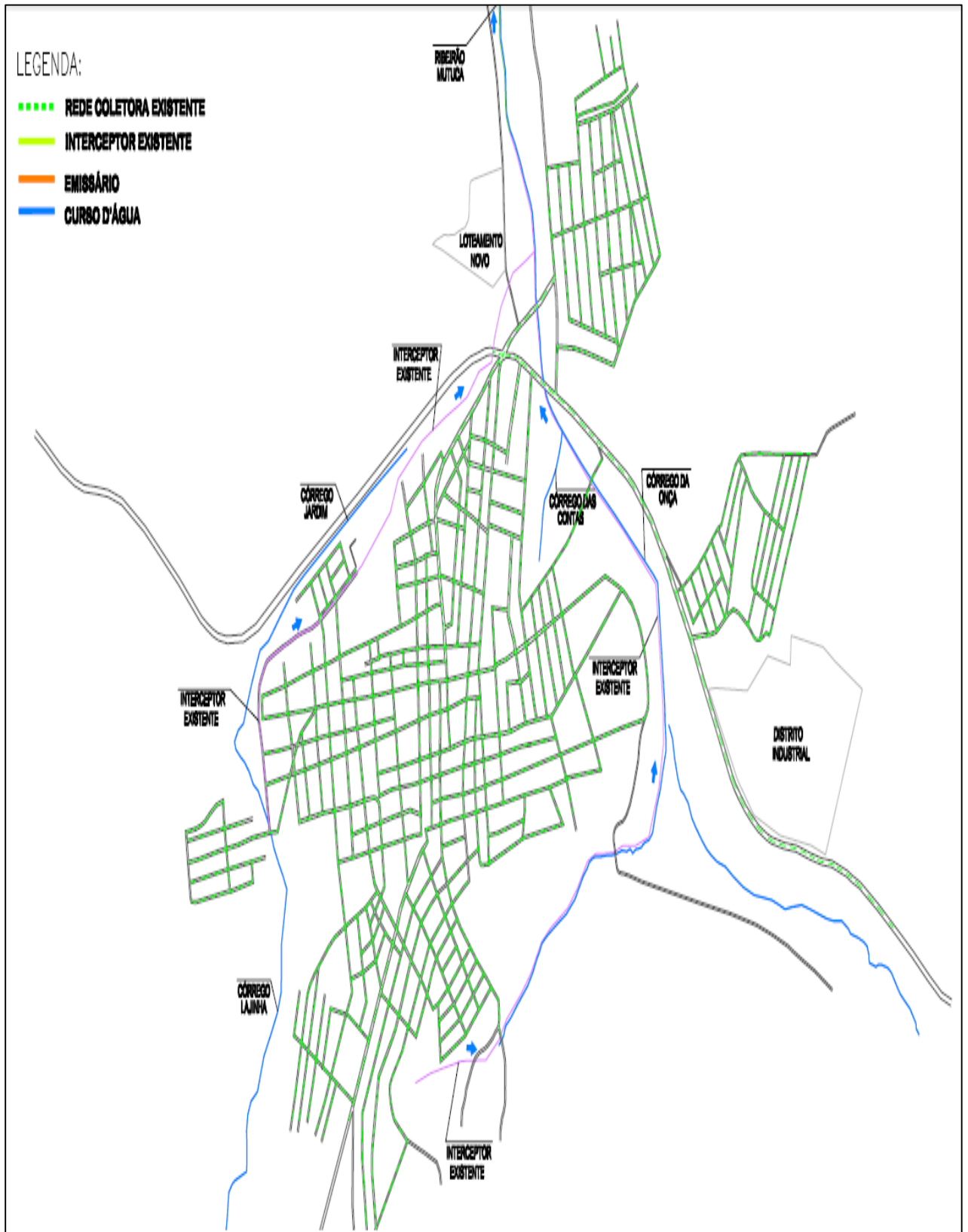
- (1) Número de moradores na residência?

- (2) A moradia está ligada à:
 Rede pública de água e esgoto.
 Somente a rede pública de abastecimento de água.
 Não está ligado em nenhuma das duas.
- (3) Como você classifica a qualidade da rede:
 Boa. Ruim.
- (4) A rede apresenta algum tipo de problema:
 Sim. Não.
- (5) Qual problema apresentado:
 Mau cheiro.
 Entupimento.
 Vazamento.
 Outro _____.

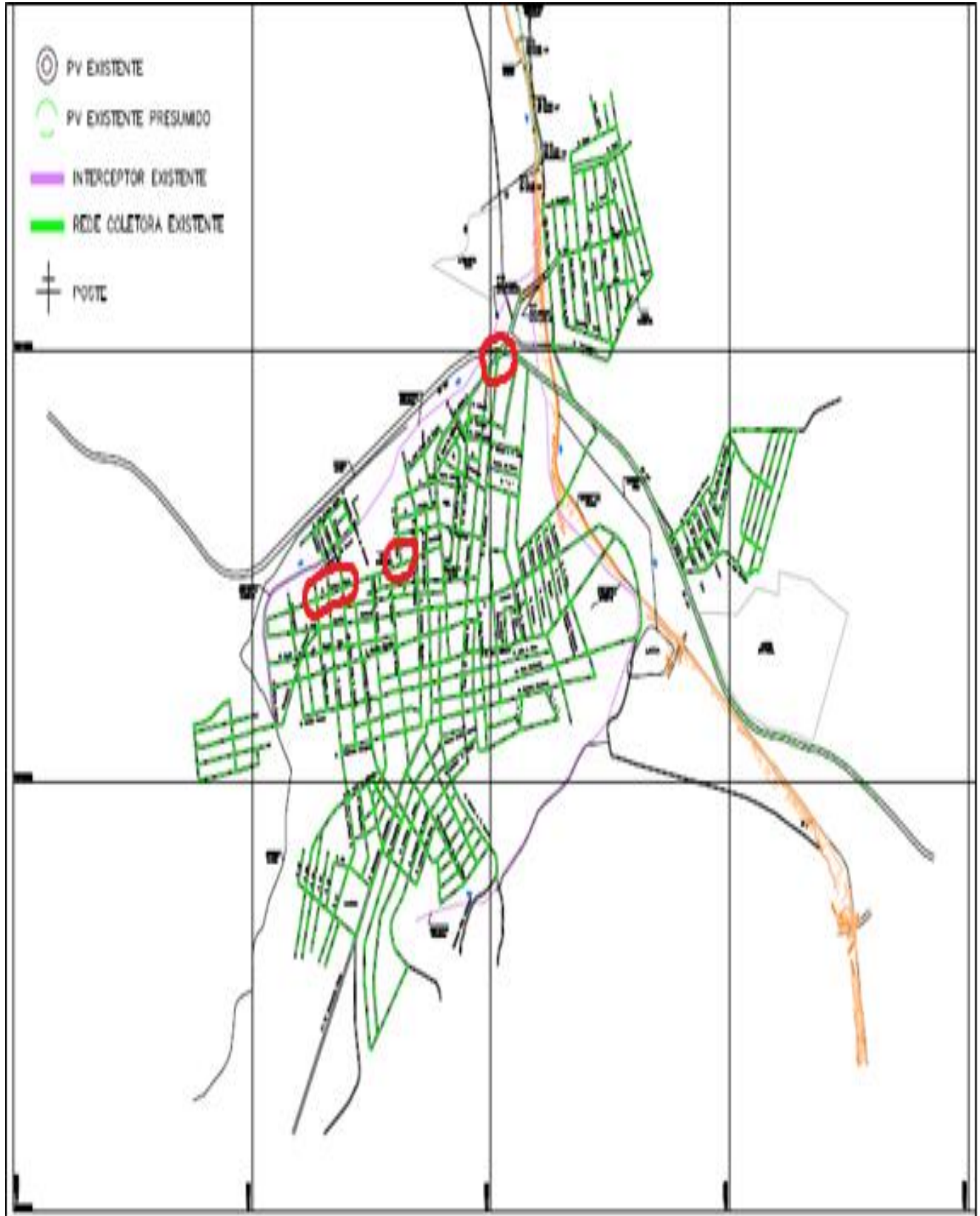
APÊNDICE B – Croqui do município de Elói Mendes, demonstrando as redes coletoras de esgoto, interceptores e córregos.



APÊNDICE C – Croqui do município de Elói Mendes, demonstrando as redes coletoras de esgoto, interceptores e córregos.



APÊNDICE D – Croqui do município de Elói Mendes, enfatizando as áreas que apresentam problemas.



APÊNDICE E – Memorial de cálculo para dimensionamento da grade

Dimensionamento do canal antes da grade:

- Base do canal = B_c (usual 0,5 a 2,0 m)

$$B_{c_{adotado}} = 1,25\text{m}$$

- Altura do canal = $\frac{Y}{B_c}$

Y = (usual de 0,05 a 1,00 m)

$$\text{Portanto, } \frac{Y}{B_c} = \frac{0,65}{1,25} = 0,52\text{m.}$$

- Coeficiente de rugosidade: $\eta = 0,014$ (Fórmula de Manning).

- Tensão trativa: $\sigma = 150$ Pa

- Declividade mínima para essas condições

$$I_{min} = 0,00015 \times (\alpha \times B_c)^{-1} \text{ (m/m)}$$

$$\alpha = \frac{\frac{Y}{B_c}}{1 + \frac{2Y}{B_c}} = \frac{0,52}{(1 + 2 \times 0,52)} = 0,25 \text{ m/m}$$

$$\text{portanto, } I_{min} = 0,00015 \times (0,25 \times 1,25)^{-1} = 0,04 \text{ cm/m.}$$

- Vazão resultante para o canal

$$Q_{resultante} = 71,4286 \times \frac{Y}{B_c} \times B_c^{\frac{8}{3}} \times I_{min}^{\frac{1}{2}} \times \alpha^{\frac{2}{3}} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$Q_{resultante} = 71,4286 \times 0,52 \times 1,25^{\frac{8}{3}} \times 0,00048^{\frac{1}{2}} \times 0,25^{\frac{2}{3}} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$Q_{resultante} = 0,585 \text{ m}^3\text{/s}$$

- Velocidade mínima = $\frac{Q}{B_c} \times B_c^2$ (m/s)

$$\frac{0,585}{0,52} \times 1,25^2 = 1,75 \text{ m/s}$$

Grade

- Perda de carga na grade

$$\Delta H_g = 1,429 \times \left(\frac{V_g^2}{2g} \times \frac{V_c^2}{2g} \right), \text{ onde}$$

ΔH_g = perda de carga na grade (m)

V_G = velocidade através da grade (m/s)

V_C = velocidade no canal de acesso (m/s)

g = aceleração da gravidade (m/s²)

A NBR 12209 (ABNT, 1990) prevê que deve-se considerar perda de carga mínima nas grades ($\Delta H_g = 0,15\text{m}$). Logo:

$$0,15 = 1,429 \times \left(\frac{V_G^2}{(2 \times 9,81)} \times \frac{1,75^2}{(2 \times 9,81)} \right) = V_G = 2,27 \text{ m/s}$$

- A inclinação das grades em relação ao fundo do canal é indicada pelo ângulo α , onde para grades com limpeza manual o ângulo $\alpha = 30^\circ$ a 60° .

Ângulo adotado = 45°

APÊNDICE F – Memorial de cálculo para dimensionamento da caixa de areia

- Determinação do comprimento L da caixa de areia:

$$V_{horizontal} = 0,15 \text{ a } 0,30 \text{ m/s}$$

$$V_{horizontal} = 0,02 \text{ m/s}$$

$$V_{Hor.} = \frac{L}{t_1} \text{ ou } t_1 = \frac{L}{V_{Hor}}$$

$$V_{Sed} = \frac{Y}{t_2} \text{ ou } t_2 = \frac{Y}{V_{Sed}}$$

$$\text{Fazendo, } t_1 = t_2 \Rightarrow \frac{L}{V_{Hor}} = \frac{Y}{V_{Sed}} \Rightarrow L = \frac{V_{Hor}}{V_{Sed}} \times Y$$

$$L = \frac{0,30 \left(\frac{m}{s}\right)}{0,020 \left(\frac{m}{s}\right)} \times Y \Rightarrow L = 15 \times Y$$

Adotando-se o fator de segurança de 1,5, tem-se $L = 22,5 \times Y_{Máx}$

- Determinação da largura B da caixa de areia:

$$B = \frac{Q}{Y_{Máx} \times V_{Horizontal}}$$

- Determinação da altura do degrau Z após a caixa de areia

O degrau Z tem por finalidade manter a velocidade na caixa de areia entre os valores de 0,15 a 0,30 m/s, para a faixa de vazões entre a mínima e a máxima.

$$V = \frac{Q_{Mín}}{(H_{P,mín} - Z) \times B} = \frac{Q_{Máx}}{(H_{P,máx} - Z) \times B}$$

$$Y = H_P - Z$$

- Determinação do medidor de vazão

É comum a instalação de um medidor de vazão após a caixa de areia, onde o tipo mais utilizado é a calha Parshall.

A tabela 08 a seguir, mostra os diferentes tamanhos e padrões de calha Parshall:

Tabela 08: Medidores PARSHALL – Capacidades, medidas padronizadas e equações de vazão.

Dimensão Nominal “W”		Capacidade do Parshall (l/s)		Dimensões padronizadas do Parshall (cm)									Parâmetros de vazão (m³/s)	
pol/pés	m	mín.	máx.	A	B	C	D	E	F	G	K	N	λ	n
3”	0,076	0,85	53,8	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7	0,176	1,547
6”	0,152	1,52	110,4	62,3	61,0	39,4	40,3	53,3	30,5	45,7	3,8	11,4	0,381	1,580
9”	0,229	2,55	251,9	88,1	86,4	38,1	57,5	61,0	45,7	61,0	6,9	17,1	0,535	1,530
1’	0,305	3,11	455,6	137,1	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	0,690	1,522
1 ½’	0,457	4,25	696,2	144,8	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	1,054	1,538
2’	0,610	11,89	936,7	152,3	149,3	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	1,426	1,550
3’	0,915	17,26	1.426,3	167,5	164,3	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	2,182	1,566
4’	1,220	36,79	1.921,5	182,8	179,2	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	2,935	1,578
5’	1,525	62,8	2.420,0	198,0	194,1	183,00	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	3,728	1,578
6’	1,830	74,4	2.929,0	213,3	209,1	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	4,515	1,595
7’	2,135	115,4	3.440,0	228,6	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,306	1,601
8’	2,440	130,7	3.950,0	244,0	239,0	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	6,101	1,606
10’	3,050	200,0	5.660,0	274,5	260,8	366,00	475,9	122,00	91,5	122,0	14,2	34,3	-	-

Fonte: Adaptado de Azevedo Neto et al. (1998).

Para a vazão de dimensionamento da ETE, temos o valor de 154,95 l/s, portanto a calha Parshall utilizada é a de tamanho nominal de 9”.

Em termos de projeto, se tivermos a vazão e quisermos estimar a altura d’água correspondente, utiliza-se a expressão:

$$H_P = \left(\frac{Q}{0,381}\right)^{0,633} \Rightarrow H_P = \left(\frac{0,1549}{0,381}\right)^{0,633} \Rightarrow H_P = 0,60\text{m}$$

Substituindo nas equações para dimensionamento da caixa de areia, tem-se as dimensões da mesma:

$$0,30 = \frac{0,1549}{(0,60-Z) \times 0,457} \Rightarrow Z = 0,50\text{m}$$

$$Y = 0,60 - 0,50 \Rightarrow 0,10\text{m}$$

$$B = \frac{0,1549}{0,10 \times 0,30} \Rightarrow 5,0\text{m}$$

$$L = 25 \times 0,10 \Rightarrow 25,0\text{m}$$

APÊNDICE G – Memorial de cálculo para dimensionamento do reator UASB

- Dimensionamento do reator UASB

Parâmetros:

V_p = velocidade de passagem < 4,0 m/h (ideal de 2 a 4 m/h)

θ = ângulo de inclinação $\geq 50^\circ$

População = 18.766 habitantes

DBO adotada = 300 mg/l

DQO adotada = 600mg/l

Temperatura = 23°

Vazão = 0,1549 m³/s, 557,64 m³/h

- Determinação da carga orgânica

$$L = Q \times S_{DBO} \Rightarrow L = \frac{600}{1000} \times 3000 \Rightarrow L = 1.800 \text{ kg DBO/l}$$

- Tempo de detenção hidráulico adotado = 8 horas

- Cálculo do volume do reator

$$V = Q \times T_{DH} \Rightarrow V = 557,64 \times 8 \Rightarrow V = 4.461,10\text{m}^3$$

- Tipo do sistema adotado = proposta de 4 reatores de 1.100m³

- Altura adotada (varia de 4 a 5 metros) = 5,00 metros

- Cálculo da área do reator

$$A = \frac{V}{H} \Rightarrow A = \frac{1100}{5} \Rightarrow A = 220\text{m}^2 \text{ (cada)}$$

- Comprimento do reator:

Adotando b = 7,50 metros, tem-se:

$$L = \frac{1100}{(7,5 \times 5)} \Rightarrow 30,0 \text{ metros}$$

- Verificação de parâmetros

Carga hidráulica volumétrica = $C_{HV} = \frac{Q}{V} \text{ (m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{dia)} \geq 5,0 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{dia}$

$$C_{HV} = \frac{13.383,36}{d \times (4 \times 1.100)} \Rightarrow C_{HV} = 3,04 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{dia}$$

Carga orgânica volumétrica

$$C_a = \frac{S \times Q}{V} \Rightarrow \frac{0,6 \times 13.383,36}{(4 \times 1.100)} \Rightarrow 1,82 \text{ kg DBO}/\text{m}^3 \cdot \text{dia}$$

Velocidade ($V_{\text{mín.}} = 0,2 \text{ m/h}$)

$$Q = \frac{V}{A_T} = \frac{557,64}{220} \Rightarrow 2,5 \text{ m/h}$$

- Determinação do sistema de distribuição (área de influência do tubo = $2,25 \text{ m}^2$ cada)

$$N_d = \frac{A_{\text{total}}}{A_{\text{tubo}}} \Rightarrow \frac{220}{2,25} \Rightarrow \text{aproximadamente } 100 \text{ tubos de distribuição}$$

- Estimativa de remoção de DQO e DBO

$$\text{DQO} = 100 \times (1 - 0,7 \times T_D^{-0,35}) \Rightarrow 100 \times (1 - 0,7 \times 8^{-0,35}) \Rightarrow 66,20\%$$

$$\text{DBO} = 100 \times (1 - 0,68 \times T_D^{-0,5}) \Rightarrow 100 \times (1 - 0,68 \times 8^{-0,5}) \Rightarrow 75,95\%$$

APÊNDICE H – Memorial de cálculo para dimensionamento do Filtro biológico

- Cálculo da taxa de recirculação

Para o cálculo da taxa de recirculação admite-se que a DBO solúvel no líquido recirculado deverá estar na faixa de 10 a 30 mg/l (adotar $S_e = 20$ mg/l). A DBO aplicada ao filtro, após a mistura do esgoto efluente com o líquido recirculado deverá ficar na faixa de 50 a 150 mg/l (adotar $S_i = 100$ mg/l).

$$S_i = \frac{(Q_0 \times S_0) + (Q_R \times 0,02)}{Q_0 + Q_R} \Rightarrow \frac{(13.383,3 \times 1,82) + (Q_R \times 0,02)}{13.383,3 + Q_R} \Rightarrow Q_R = 15.474,6 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Taxa de recirculação

$$R = \frac{Q_R}{Q_0} \Rightarrow \frac{15.474,6}{13.383,3} \Rightarrow 1,16$$

DBO média de aplicação = $S_i = 0,1$ kg/m³

- Cálculo da área superficial do filtro biológico

Adotando-se uma taxa de aplicação hidráulica de 35 m³/m², tem-se:

$$A_{SF} = \frac{28.857,9}{35} \Rightarrow 824,5 \text{ m}^2$$

Adotando-se 4 unidades de filtros biológicos, com diâmetro de d cada, tem-se:

$$\frac{824,5}{4} = \frac{\pi \times d^2}{4} \Rightarrow d = 16,20 \text{ metros}$$

- Cálculo do volume do filtro

Admitindo-se filtros com pedra brita n° 4, de altura 2,5 metros, tem-se:

$$V_F = 206,12 \times 2,5 = 515,3 \text{ m}^3 \text{ para cada filtro ou } 2.061,2 \text{ m}^3 \text{ o volume total.}$$

- Dimensionamento do decantador secundário

$$Q = Q_0 + Q_R = 28.857,9 \text{ m}^3/\text{dia} \Rightarrow 1.202,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Adotando-se 4 decantadores secundários, e considerando uma taxa de aplicação efetiva de 1,16m³/m².dia, tem-se o diâmetro:

$$515,3 = \frac{\pi \times d^2}{4} \Rightarrow d = 25,60 \text{ metros}$$

APÊNDICE I – Planilha estimativa do custo da implantação da ETE

Planilha para estimativa do custo para implantação de ETE - Elói Mendes					
Autor: Luana Ferreira Mendes					
Item	Descrição	Qtde	Medida	Valor unit.	Valor Total
1	Terreno				
1.1	Compra de terreno	12.000	m ²	40,00	480.000,00
1.2	Sondagem a percussão	500	m	84,00	42.000,00
1.3	Locação da obra (gabarito)	12.000	m ²	4,18	50.160,00
1.4	Escavação mecanizada com descarte lateral	1.000	m ³	7,3	7300,00
1.5	Alvenaria de vedação, bloco de 10cm	1.600	m ²	29,36	46976,00
2	Grades				
2.1	Construção do canal de entrada (concreto armado) Fck = 15 Mpa	110	m ³	280,78	30885,80
2.2	Total de grades (e=10,0mm)	50	unid.	8,05	402,50
2.3	Mão de obra (3 pedreiros)	5	dias	540,00	2700,00
3	Caixa de areia				
3.1	Construção da caixa de areia (concreto armado) Fck = 15 Mpa	75	m ³	280,78	21058,5
3.2	Construção da calha Parshall (concreto armado) Fck = 15 Mpa	20	m ³	280,78	5615,6
3.3	Mão de obra (3 pedreiros)	10	dias	540,00	5.400,00
4	Reator UASB				
4.1	Construção do reator (concreto armado) Fck = 15 Mpa	1.000	m ³	280,78	280780,0
4.2	Tubos (PB PVC rígido 16 mm)	400	unid.	12,37	4948,0
4.3	Tubos (PEAD para gás)	4	unid.	32,92	131,68
4.4	Registros de gaveta	12	unid.	30,33	363,96
4.5	Filtro anaeróbios (para o biogás)	4	unid.	3.630,86	14523,44
4.6	Mão de obra (3 pedreiros)	30	dias	540,00	16.200,00
5	Filtro biológico				
5.1	Construção do tanque de distribuição (concreto armado) Fck = 15 Mpa	50	m ³	280,78	14039,00
5.2	Construção do filtro biológico (concreto armado) Fck = 15 Mpa	800	m ³	280,78	224624,00
5.3	Construção do decantador secundário (concreto armado) Fck = 15 Mpa	280	m ³	280,78	78618,4
5.4	Brita n° 4 (fornecimento e lançamento)	1.500	m ³	150,69	226035,00
5.5	Registros de gaveta	8	unid.	30,33	242,64
5.6	Filtro biológico	4	unid.	119,05	476,2
5.7	Mão de obra (3 pedreiros)	40	dias	540,00	21.600,00
6	Guarita				
	Construção da guarita (alvenaria, piso, telhado, esquadriase mão de obra)	12	m ²	1.000,00	12.000,00

7	Casa de apoio				
	Construção da casa de apoio (alvenaria, piso, telhado, esquadrias e mão de obra)	24	m ²	1.000,00	24.000,00
Valor total estimado:					1.611.080,72

Fonte de pesquisa dos valor : SETOP E SINAPI/outubro de 2014.

Obs: com exceção de equipamento elétricos, hidráulicos e produtos químicos.

ANEXO A – Foto do trecho em estudo, à Avenida Dom Pedro II, no município de Elói Mendes.



ANEXO B – Foto do trecho em estudo, à Rua Sete de Setembro, no município de Elói Mendes.



ANEXO C – Foto do trecho em estudo, à Avenida Capitão João Alves Pereira, no município de Elói Mendes.



ANEXO D – Foto da passagem para o bairro do Cristo, no município de Elói Mendes, no córrego por onde escorre os resíduos sanitários até o encontro com o Ribeirão Mutuca.



ANEXO E – Foto de um terreno inundado por esgoto, no município de Elói Mendes, localizado próximo ao córrego por onde escorre os resíduos sanitários até o encontro com o Ribeirão Mutuca.



ANEXO F – Foto do encontro do córrego por onde escorre os esgotos gerados no município de Elói Mendes, com o Ribeirão Mutuca.



ANEXO G – Foto do encontro do córrego por onde escorre os esgotos gerados no município de Elói Mendes, com o Ribeirão Mutuca.



ANEXO H – Foto da área disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Elói Mendes, para futura instalação de uma estação de tratamento de esgotos.

