UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

JONAS SILVA GONÇALVES

ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O BAIRRO DA ENSEADA DE BRITO, PALHOÇA/SC

Palhoça

2021

JONAS SILVA GONÇALVES

ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O BAIRRO DA ENSEADA DE BRITO, PALHOÇA/SC

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Carlos Roberto Bavaresco, Ms.

Palhoça

2021

JONAS SILVA GONÇALVES

ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O BAIRRO DA ENSEADA DE BRITO, PALHOÇA/SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 14 de novembro de 2021.

Professor e orientador Carlos Roberto Bavaresco, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Criado por: AC VALID RFB v5 - e-CPF
Secretaria da Receita Federal do Brasil – RFB

JOSE GABRIEL DA SILVA:82440808920

Prof. José Gabriel da Silva, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Engº João Filipe da Silva, Bel.
Veolia – Águas de Palhoça

Impressão Corporativa CASAN - Impresso por matrícula 82252

Dedico este trabalho aos meus familiares que sempre me apoiam e me apoiaram nesta longa etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom de minha vida, por Ele me permitir estar escrevendo este Trabalho de Conclusão de Curso e completar mais um objetivo.

Agradeço aos meus pais Jaci Rocha Gonçalves e Janaina Silva que sempre me apoiaram e deram o máximo deles para que eu pudesse estar aqui hoje.

Agradeço aos meus familiares, avô Claudeci e avó Alair que deixam o ambiente do lar da melhor maneira para que eu possa focar nos objetivos.

Agradeço a Jéssika, minha namorada, por toda compreensão e todo apoio depositado nesta caminhada de graduação.

“Estabilidade não existe.”

(Flávio Augusto da Silva).

RESUMO

Na sociedade moderna, a urbanização e o adensamento populacional trouxeram o incremento da geração de rejeitos líquidos e sólidos, a impermeabilização dos solos, dentre outros fatores que resultaram em novas situações de perigo à saúde humana e ao meio ambiente. Este é o tema mais abrangente, um pilar ou como um guarda-chuva que acolhe e estimula todos os outros que compõem os serviços de infra-estrutura. As recentes discussões sobre urbanismo têm apontado, na verdade, quatro pilares do saneamento básico. São eles: o esgotamento sanitário, a coleta e adequada disposição dos resíduos sólidos, o tratamento de esgotos e a drenagem pluvial urbana. Neste contexto, abordado o pilar do esgotamento sanitário, este trabalho buscou realizar a definição da área para instalação das unidades de tratamento de esgotos para o bairro da Enseada de Brito, em Palhoça. Para isto, foram realizadas pesquisas bibliográficas, visitação à campo, aplicação de metodologia específica com posterior estudo que, em conjunto, auxiliaram e permearam as sugestões propostas neste trabalho.

Palavras-chave: Esgotamento Sanitário. Enseada de Brito. Estudo de concepção.

ABSTRACT

In modern society, urbanization and population density have brought about an increase in the generation of liquid and solid waste, soil sealing, among other factors that have resulted in new situations of danger to human health and the environment. This is the most comprehensive theme, a pillar or an umbrella that welcomes and encourages all the others that make up the infrastructure services. Recent discussions on urbanism have actually pointed to four pillars of basic sanitation. They are: sanitary sewage, collection and proper disposal of solid waste, sewage treatment and urban rainwater drainage. In this context, addressing the sanitary sewage pillar, this work sought to define the area for the installation of sewage treatment units for the Enseada de Brito neighborhood, in Palhoça. For this, bibliographic research, field visits, application of specific methodology with further study were carried out, which together, helped and permeated the suggestions proposed in this work.

Keywords: Sanitary Sewage. Enseada de Brito. Design study.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados..... 26
Figura 2 - Área necessária para tratamento primário e secundário.....41
Figura 3 - Representação e divisão das bacias de contribuição.....45
Figura 4 - Representação dos cursos d'água de cada bacia.....47
Figura 5 - Alternativas locacionais pré-selecionadas para implantação da ETE.....53
Figura 6 - Inspeção *in loco* da Alternativa Locacional 1.....54
Figura 7 - Alternativa locacional 1.....54
Figura 8 - Inspeção *in loco* da Alternativa Locacional 2.....55
Figura 9 - Alternativa locacional 2.....56
Figura 10 - Visualização *in loco* da Alternativa Locacional 2.....57
Figura 11 - Alternativa locacional 3.....57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níves de tratamento dos esgotos..... 19
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos tipos de tratamentos..... 26
Tabela 3 – Valores dos coficientes dispostos na NBR 9649/86..... 39
Tabela 4 – Critérios de avaliação definidos para o estudo de concepção de ETE.....41
Tabela 5 – Classificação da área do empreendimento.....43
Tabela 6 – Fatores e pontuações para a classificação da área para implantação da ETE.....43
Tabela 7 – Estimativa populacional do Distrito da Enseada de Brito.....48
Tabela 8 – Estimativa populacional para a Enseada de Brito.....49
Tabela 9 – Estimativa populacional por Bacia de Contribuição.....49
Tabela 10 – Estimativa das vazões, em L/s, por bacia ao longo dos anos.....50
Tabela 11 – Avaliação das áreas pré-selecionadas para implantação da ETE.....58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
2 OBJETIVOS 12
2.1 OBJETIVOS GERAIS 12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
3 REFERENCIAL TEÓRICO 13
3.1 SANEAMENTO BÁSICO 13
3.1.1 Esgotamento sanitário 16
3.2 CONCEPÇÃO DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO 17
3.3 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO 17
3.3.1 Partes de um sistema de esgotamento sanitário 18
3.4 TIPOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO 19
3.4.1 Tratamento Preliminar 20
3.4.2 Tratamento Primário 21
3.4.3 Tratamento Secundário 22
3.4.4 Vantagens e desvantagens de cada tipo de tratamento 26
3.5 DISPOSIÇÕES FINAIS DE EFLUENTES 29
3.5.1 Classificação dos corpos de água 29
3.5.2 Condições e padrões de qualidade das águas 32
3.5.3 Condições e padrões de lançamento de efluentes 33
3.5.4 Condições e padrões de lançamento de efluentes de sistemas de esgotamento sanitário 34
4 MATERIAIS E MÉTODOS 35
4.1 POPULAÇÃO DE PROJETO 35
4.1.1 Estimativa Populacional 35
4.2 BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO 37
4.3 VAZÃO DE INFILTRAÇÃO 37
4.4 DEFINIÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO 38
4.5 POPULAÇÃO E VAZÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO 39
4.6 ALTERNATIVAS DO TRAMENTO DE ESGOTO 40
4.7 ALTERNATIVAS LOCACIONAIS 41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 45
5.1 APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO. 45

5.2 ESTUDO POPULACIONAL 47
5.3 CÁLCULO DA VAZÃO DE INFILTRAÇÃO 51
5.4 CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO 51
5.5 ESPAÇO DISPONÍVEL VERSUS ESPAÇO EXIGIDO 52
5.6 ALTERNATIVAS LOCACIOS E DEFINIÇÃO DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO ... 52
5.7 TRATAMENTO DO EFLUENTE 59
5.7.1 Tipo de tratamento escolhido 59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 60
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 60
7 REFERÊNCIAS 62
ANEXOS 66

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade moderna, a urbanização e o adensamento populacional trouxeram o incremento da geração de rejeitos líquidos e sólidos, a impermeabilização dos solos, dentre outros fatores que resultaram em novas situações de perigo à saúde humana e ao meio ambiente. (FUNASA, 2015)

Atualmente o instrumento que norteia a condução das políticas públicas, metas e estratégias para o setor de saneamento é o PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico). Existem órgãos que são responsáveis pelo monitoramento dessas leis e diretrizes como a ANA (Agência Nacional de Águas) sendo o órgão responsável pelo gerenciamento de recursos hídricos SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento) sendo o maior e o mais importante sistema de informação sobre saneamento. (BARROS, 2019)

O baixo índice de atendimento por rede pública de esgotos sanitários não deveria implicar automaticamente em más condições sanitárias da população, visto que em diversos países desenvolvidos também ocorrem, em algumas regiões, baixa cobertura por rede coletora. Porém, nestes países, as residências são providas de soluções individuais, ou descentralizadas de tratamento. Elas têm disposição final adequadas que, por serem bem construídas e mantidas, resolvem satisfatoriamente suas necessidades. (FUNASA, 2015)

Desta forma, este trabalho busca incentivar a expansão do atendimento de esgotamento sanitário para comunidades mais isoladas dos grandes centros urbanos, como a comunidade da Enseada de Brito.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um estudo de concepção para o sistema de esgotamento sanitário para o bairro da Enseada de Brito, localizado no município de Palhoça/SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Definir as bacias de contribuição do esgotamento sanitário.

2.2.2 Determinar a vazão a ser tratada.

2.2.3 Estudar as alternativas locacionais para a estação de tratamento de esgoto.

2.2.4 Estudar as alternativas para o tipo de tratamento de esgoto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo busca-se estudar o cenário geral e histórico acerca dos temas que envolvem o saneamento básico, os tipos de tratamento, a disposição final do efluente e a respectiva localização das unidades operacionais de sistema de esgotamento sanitário.

3.1 SANEAMENTO BÁSICO

Este é o tema mais abrangente, um pilar ou como um guarda-chuva que acolhe e estimula todos os outros que compõem os serviços de infra-estrutura. As recentes discussões sobre urbanismo têm apontado, na verdade, quatro pilares do saneamento básico. São eles: o esgotamento sanitário, a coleta e adequada disposição dos resíduos sólidos, o tratamento de esgotos e a drenagem pluvial urbana. (MPF et alii. 2020)

A história desta percepção é de tempo longo entre nós, os humanos de todas as culturas. Na elaboração do próprio substantivo saneamento, pode-se medir sua importância para a humanidade. Ele vem do verbo latino sanare e significa são, saúde, saudável, curado, limpo, higienizado. (BARROS, 2019)

Assim, desde a Antiguidade, os humanos vêm desenvolvendo técnicas variadas para dar conta do saneamento: Em Roma, ainda hoje, se observam testemunhos de ruas com encanamentos que serviam de fonte pública para prevenir doenças, separando a água para consumo da população; os sumérios construíram sistema de irrigação de terraços; os egípcios controlavam o fluxo de água do rio Nilo pelo sistema de irrigação e diques. Não se pode esquecer das primeiras galerias de esgoto em Nippur, na Babilônia e no Vale do Indo e suas cidades, o velho e sábio oriente mostra planejamentos urbanos, sistemas de abastecimento e drenagem. (BARROS, 2017)

Em meados do século XIV, entre os anos 1346 e 1353 ocorre a famosa e histórica “peste negra”, a “peste bubônica”, doença causada pela bactéria Yersinia pestis. Transmitida através da pulga de ratos, infectou metade da população e dizimou cerca de 1/3 da população Européia e na China e Índia também. Mais de 23 milhões de pessoas foram levadas a óbito em menos de 12 anos. (SILVA, 2020)

Na Idade Moderna (1453 a 1789), desenvolveu-se a medição de velocidade de escoamentos e das vazões. Estabeleceu-se ainda, que os rios, as fontes e as águas subterrâneas eram formadas pela chuva. Em Paris, no final do século XV, a distribuição de água era controlada por canalizações sob a vigilância do município. Em 1664, a distribuição de água canalizada foi incrementada com a fabricação de tubos de ferro fundido moldado, por Johan Jordan, na França, e sua instalação no palácio de Versailles. Pouco depois, Johan inventou a bomba centrífuga e, em 1775, Joseph Bramah inventou o vaso sanitário, na Inglaterra. (SILVA, 2020)

O Brasil entra no mapa do saneamento em 1620 com as obras do aqueduto do Rio Carioca para abastecimento do Rio de Janeiro por iniciativa de Aires Saldanha. Tinha 270m de comprimento e 18m de altura. A obra só foi concluída mais de cem anos depois quando, em 1723, foi entregue à população como o primeiro sistema de abastecimento de água no país. (PENSÁRIO, 2020)

Na Inglaterra, os resíduos industriais foram incluídos na lei britânica de controle da poluição das águas. O desenvolvimento de grandes centros industriais provocou o início de um processo de migração das zonas rurais. Esses trabalhadores passaram a viver em péssimas condições de habitação e trabalho fazendo os índices de mortalidade e doenças aumentarem significativamente. (BARROS, 2019)

Na sociedade moderna, a urbanização e o adensamento populacional trouxeram o incremento da geração de rejeitos líquidos e sólidos, a impermeabilização dos solos, dentre outros fatores que resultaram em novas situações de perigo à saúde humana e ao meio ambiente. (FUNASA, 2015)

A partir dos anos 1940, no Brasil, se iniciou a comercialização dos serviços de saneamento. Surgem então as autarquias e mecanismos de financiamento para o abastecimento de água, com influência do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), hoje denominada Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). (BARROS, 2019)

Atualmente o instrumento que norteia a condução das políticas públicas, metas e estratégias para o setor de saneamento é o PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico). Existem órgãos que são responsáveis pelo monitoramento dessas leis e diretrizes como a ANA (Agência Nacional de Águas) sendo o órgão responsável pelo gerenciamento de recursos hídricos SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento) sendo o maior e o mais importante sistema de informação sobre saneamento. (BARROS, 2019)

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e regulamentado em 05 de janeiro de 2007, com a sanção da Lei Federal nº 11.445, chamada de Lei Nacional do Saneamento Básico – LNSB. Ela entrou em vigência a partir de 22 de fevereiro do mesmo ano e estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil definido como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais:

Art 3º o saneamento básico é considerado como o conjunto de serviços públicos, infra estruturais e instalações operacionais de:

I - Abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;

II - Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;

III - Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana;

IV - Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes. (PLANALTO, 2020)

3.1.1 Esgotamento Sanitário

As primeiras estruturas para a coleta de águas residuárias datam da Antiguidade. Na Roma imperial, a cloaca máxima é considerada o primeiro sistema de esgoto planejado no mundo, sendo implementado no século VI a.C. (TSUTIYA,

1999). Em 3.750 a.C., galerias de esgoto foram construídas em Nipur, na Índia e na Babilônia, como lembrado no histórico acima. No entanto, durante a Idade Média, viu-se também que pouco se avançou no que diz respeito às condições sanitárias. Uma pandemia de peste bubônica fez mais de 40 milhões de vítimas na Europa no século XIV, como já lembrado também, ilustrando a precariedade do saneamento nas sociedades. (NUVOLARI *et alii*, 2011)

Nos países em desenvolvimento e mais pobres, constata-se que elevado percentual da população não dispõe de condições sanitárias básicas para o lançamento adequado de seus resíduos. Junta-se isso à deficiência de educação em saúde; os descartes indiscriminados na superfície do solo, com consequente poluição e/ou contaminação do mesmo e das águas superficiais e subterrâneas. (FUNASA, 2015)

O baixo índice de atendimento por rede pública de esgotos sanitários não deveria implicar automaticamente em más condições sanitárias da população, visto que em diversos países desenvolvidos também ocorrem, em algumas regiões, baixa cobertura por rede coletora. Porém, nestes países, as residências são providas de soluções individuais, ou descentralizadas de tratamento. Elas têm disposição final adequadas que, por serem bem construídas e mantidas, resolvem satisfatoriamente suas necessidades. (FUNASA, 2015)

3.2 CONCEPÇÃO DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Entende-se por concepção de um sistema de esgoto sanitário, o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficiente para a caracterização completa do sistema a projetar. (SOBRINHO, 2000)

O primeiro passo na implantação de esgoto sanitário é o seu planejamento, cuja orientação é obtida na norma brasileira da NBR 9648 – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgotamento Sanitário. (NUVOLARI *et alii*, 2011)

A Norma NBR 9648 fixa as condições exigíveis no estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário do tipo separador, com amplitude suficiente para permitir o desenvolvimento do projeto de todas ou qualquer das partes que o constituem, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário. (ABNT, 1986)

A norma define o estudo da concepção como sendo o “estudo de arranjos das diferentes partes de um sistema, organizados de modo a formarem um todo integrado e que devem ser qualitativa e quantitativamente comparáveis entre si para a escolha da concepção básica”, qual seja, a “melhor opção de arranjo, sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social”. (NUVOLARI *et alii*, 2011)

3.3 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Sistema de esgotamento sanitário separador, segundo a norma brasileira NBR 964 (ABNT, 1986), é o “conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar, somente esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.

Nesta definição destacam-se dois aspectos importantes: o primeiro, que o sistema deve ser separador absoluto, adotado no Brasil desde o início do século XX (em 1912) e entendido como o que não admite coletar outras águas senão o esgoto sanitário. O segundo aspecto relevante está na expressão final “... de modo contínuo e higienicamente seguro”. De fato, a continuidade e a segurança higiênica são atributos imprescindíveis a um serviço que pretende a preservação da saúde pública, pois descarta soluções indesejáveis, como, por exemplo, a coleta domiciliar, similar à coleta de lixo, que certamente não apresentaria tais atributos (limpa-fossas). (NUVOLARI *et alii*, 2011)

3.3.1 Partes de um sistema de esgotamento sanitário

Segundo Sobrinho (2000), a concepção do sistema deverá estender-se às suas diversas partes, relacionada e definidas a seguir:

- Rede coletora: conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios; o sistema de esgotos predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação chamada coletor predial. A rede é composta de coletores secundários, que recebem diretamente as ligações prediais e, coletores tronco. O coletor tronco é o coletor principal de uma bacia de drenagem, que recebe a contribuição dos coletores secundários. Conduzindo seus efluentes a um interceptor ou emissário.

- Interceptor: canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas.
- Emissário: Canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições em marcha.
- Sifão Invertido: obra destinada à transposição de obstáculo pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão.
- Corpo de água receptor: Corpo de água onde são lançados os esgotos.
- Estação elevatória: Conjunto de instalações destinadas a transferir os esgotos de uma cota mais baixa para uma mais alta.
- Estação de tratamento: Conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes de seu lançamento.

E, complementar a isto, segundo a Norma NBR 9648, temos o conceito das bacias de esgotamento ou bacias de contribuição: Conjunto de áreas esgotadas e esgotáveis, cujo esgoto flui para um único ponto de concentração.

3.4 TIPOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Os requisitos a serem atingidos para o efluente é função de legislação específica, que prevê padrões de qualidade para o efluente e para o corpo receptor. A remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente está associada aos conceitos de nível de tratamento e eficiência de tratamento. (SPERLING, 2005)

O quadro a seguir reúne e resume os 4 níveis de tratamentos existentes.

Tabela 1. Níveis de tratamento dos esgotos.

Nível	Remoção
Preliminar	• Sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia).
Primário	• Sólidos em suspensão sedimentáveis. • DBO em suspensão (associada à matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis).

Secundário	• DBO em suspensão (caso não haja tratamento primário: DBO associada à matéria orgânica em suspensão, presente no esgoto bruto). • DBO em suspensão finamente particulada (caso haja tratamento primário: DBO associada à matéria orgânica em suspensão não sedimentável, não removida no tratamento primário). • DBO solúvel (associada à matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos, presentes, tanto nos esgotos brutos, quanto no efluente do eventual tratamento primário, uma vez que sólidos dissolvidos não são removidos por sedimentação).
Terciário	• Nutrientes. • Organismos patogênicos. • Compostos não biodegradáveis. • Metais pesados. • Sólidos inorgânicos dissolvidos. • Sólidos em suspensão remanescentes.

Fonte: Adaptado de Marcos Von Sperling, 2005.

Desta forma, esmiuçaremos cada nível de tratamento, exceto o nível terciário, pois, de acordo com Sperling (2005): “O tratamento terciário é raro em países em desenvolvimento”. Focando os estudos para as soluções convencionais.

3.4.1 Tratamento Preliminar

Os mecanismos básicos de remoção são de ordem física. Além das unidades de remoção dos sólidos grosseiros, inclui-se também uma unidade para a medição da vazão. Usualmente esta é constituída por uma calha de dimensões padronizadas, onde o valor medido do nível do líquido pode ser correlacionado com a vazão. Pode-se adotar também vertedores e mecanismos para a medição em tubulações fechadas, embora estes últimos sejam mais infrequentes no caso do esgoto bruto. (SPERLING, 2005)

3.4.1.1 Gradeamento

A remoção dos sólidos grosseiros é feita por meio de grades, mas pode-se usar também peneiras rotativas, estáticas ou trituradores. No gradeamento, o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras é retido. Há grades grossas, médias e finas, dependendo do espaço livre entre as barras. A remoção do material retido pode ser manual ou mecanizada. Desta forma, as principais finalidades da remoção dos sólidos grosseiros são: I) proteção dos dispositivos; II) proteção das unidades de tratamento subsequentes e III) Proteção dos corpos receptores. (SPERLING, 2005)

3.4.1.2 Desarenador

A remoção da areia contida nos esgotos é feita através de unidades especiais denominadas desarenadores. O mecanismo de remoção da areia é simplesmente o de sedimentação: os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, sendo de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades de jusante. Há formatos diferentes dos desarenadores, que podem ser retangulares, quadrados (com fundo semi-cônico) e outros. As caixas de areia podem ser sem aeração (mais comuns) ou aeradas (menos comuns). Existe uma diversidade de processos para a retirada e o transporte da areia sedimentada, desde os manuais até os completamente mecanizados. As finalidades básicas da remoção de areia são: I) Evitar abrasão nos equipamentos e tubulações; II) Eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios, sifões etc.; III) facilitar o transporte do líquido, principalmente a transferência de lodo, em suas diversas fases. (SPERLING, 2005)

3.4.2 Tratamento Primário

Os esgotos, após passarem pelas unidades de tratamento preliminar, contêm ainda os sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser parcialmente removidos em unidades de sedimentação. Uma parte significativa destes sólidos em suspensão é compreendida pela matéria orgânica em suspensão. Assim, sua remoção por processos simples, como a sedimentação, implica na redução da carga

de DBO dirigida ao tratamento secundário, onde sua remoção é de certa forma mais custosa. A eficiência de remoção de sólidos em suspensão situa-se em torno de 60% a 70%, e a de DBO em torno de 25% a 35%. (SPERLING, 2005)

3.4.2.1 Decantador Simples

Segundo Von Sperling (2005), os tanques de decantação podem ser circulares ou retangulares. Os esgotos fluem vagarosamente através dos decantadores permitindo que os sólidos em suspensão, possuindo uma densidade maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo. Essa massa de sólidos é denominada lodo primário bruto. Em estações de tratamento de esgoto, ela é retirada por meio de uma tubulação única em tanques de pequenas dimensões ou através de raspadores mecânicos e bombas em tanques maiores. Materiais flutuantes, como graxas e óleos, tendo uma menor densidade que o líquido circundante, sobem para a superfície dos decantadores, onde são coletados e removidos do tanque para posterior tratamento.

3.4.3 Tratamento Secundário

O principal objetivo do tratamento secundário é a remoção da matéria orgânica. Esta se apresenta nas seguintes formas (SPERLING, 2005):

- Matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), a qual não é removida por processos meramente físicos, como o de sedimentação, que ocorre no tratamento primário;
- Matéria orgânica em suspensão (DBO particulada), a qual é em grande parte removida no eventual tratamento primário, mas cujos sólidos de sedimentabilidade mais lenta persistem na massa líquida.

O autor também salienta que vários processos de tratamento são concebidos de forma a acelerar os mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente nos corpos receptores. Assim, a decomposição dos poluentes orgânicos degradáveis é alcançada, em condições controladas, em intervalos de tempo menores do que nos processos naturais.

Desta forma, estudaremos alguns modelos de tratamento secundários a serem considerados como alternativa neste trabalho.

3.4.3.1 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo

Os sistemas anaeróbios utilizados para o tratamento de esgotos podem ser classificados em dois grandes grupos: sistemas convencionais e sistemas de alta taxa (CHERNICHARO, 1997), o reator UASB se encontra nos sistemas de alta taxa com crescimento disperso.

O reator é constituído de um separador trifásico sólido-líquido/gás na parte superior, que confere ao sistema elevada capacidade de retenção de sólidos. O perfil de sólidos no reator varia de muito denso com partículas granulares de alta capacidade de sedimentação, próximas ao fundo (leito do lodo), até um lodo mais disperso e leve, próximos ao topo do reator (manta de lodo). O esgoto é distribuído uniformemente no fundo do reator e a estabilização da matéria orgânica ocorre no leito e manta de lodo.

O gás gerado ao atingir o aparato separador interno, através de defletores, é encaminhado a saída no topo do reator. O líquido contendo partículas em suspensão e, eventualmente, o lodo disperso da manta de lodo, escoa através da abertura entre placas do separador trifásico, atingindo a zona de decantação. Nessa zona, os sólidos em suspensão retornam a câmara de digestão com o auxílio das paredes inclinadas do separador interno, impedindo o arraste para fora do sistema. O esgoto tratado deixa o sistema por transbordamento em calhas coletoras distribuídas no topo do reator. (VERSIANI, 2005)

3.4.3.2 Lagoas de estabilização

De acordo com Von Sperling (1996), os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para o tratamento de esgotos. Há diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área. São os seguintes os sistemas de lagoas abordados:

- Lagoas facultativas;
- Lagoas de maturação.

3.4.3.2.1 Lagoas facultativas

As lagoas facultativas são a variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização. Basicamente, o processo consiste na retenção dos esgotos por um período longo o suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam. As principais vantagens e desvantagens das lagoas facultativas estão associadas, portanto, à predominância dos fenômenos naturais. (SPERLING, 1996)

Segundo Arceivala (1981), as vantagens relacionam-se à grande simplicidade e à confiabilidade da operação. Os processos naturais são, via de regra, confiáveis: não há equipamentos que possam estragar ou esquemas especiais requeridos. No entanto, a natureza é lenta, necessitando de longos períodos de detenção para que as reações se completem, o que implica em grandes requisitos de área. A atividade biológica é grandemente afetada pela temperatura, principalmente nas condições naturais das lagoas. Desta forma, as lagoas de estabilização são mais apropriadas onde a terra é barata, o clima favorável, e se deseja ter um método de tratamento que não requeira equipamentos ou uma capacitação especial dos operadores.

O esgoto afluente entra em uma extremidade da lagoa e sai na extremidade oposta. Ao longo desse percurso, que demora vários dias, uma série de mecanismos contribui para a purificação dos esgotos. Estes mecanismos ocorrem nas três zonas das lagoas, denominadas: zona anaeróbia, zona aeróbia e zona facultativa. (SPERLING, 1996)

A matéria orgânica em suspensão (DBO particulada) tente a sedimentar, vindo a constituir o lodo de fundo (zona anaeróbia). Este lodo sofre o processo de decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertido lentamente em gás carbônico, água, metano e outros. Após um certo período de tempos, apenas a fração inerte (não biodegradável) permanece na camada de fundo. O gás sulfídrico gerado não causa problemas de mau cheiro, pelo fato de ser oxidado, por processos químicos e bioquímicos, na camada aeróbia superior. (SPERLING, 1996)

A matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), conjuntamente com a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões não sedimenta, permanecendo dispersa na massa líquida. Na camada mais superficial, tem-se a zona aeróbia. Nesta zona, a matéria orgânica é oxidada por meio da respiração aeróbia. Há a necessidade da presença de oxigênio, o qual é suprido ao meio pela fotossíntese realizada pelas algas. Tem-se, assim, um perfeito equilíbrio entre o consumo e a produção de oxigênio e gás carbônico. (SPERLING, 1996)

3.4.3.2.2 Lagoas de maturação

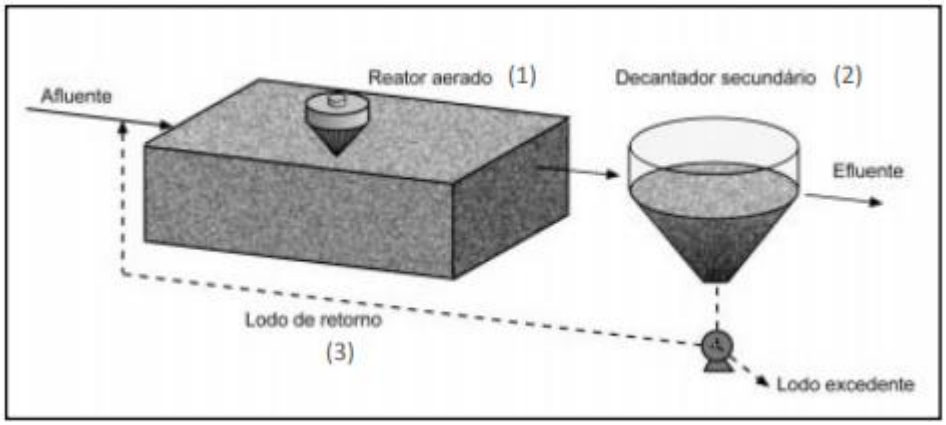
As lagoas de maturação possibilitam um polimento no efluente de qualquer um dos sistemas de tratamentos de esgotos. O principal objetivo das lagoas de maturação é o da remoção de patogênicos, e não da remoção adicional de DBO. As lagoas de maturação constituem-se numa alternativa bastante econômica à desinfecção do efluente por métodos mais convencionais como a cloração. (SPERLING, 1996)

3.4.3.3 Lodos Ativados

O processo de tratamento por lodos ativados foi desenvolvido na Inglaterra, em 1914, por Andern e Lockett. É chamado de “lodo ativado” porque era suposta a produção de uma massa ativada de microrganismos capaz de estabilizar um resíduo por via aeróbia. O processo de lodos ativados consiste em promover a floculação biológica, por meio do desenvolvimento de uma cultura microbiana na forma de flocos biologicamente ativos (lodos ativados), que permanecem em contato contínuo com o substrato para adquirir sedimentabilidade suficiente e serem removidos em tanques de sedimentação. (Metcalft & Eddy, 2003)

O sistema é formado por três componentes básicos: (1) reator em que os microrganismos responsáveis pelo tratamento permanecem em suspensão e aerados; (2) unidade de separação das fases líquida e sólida, geralmente em tanques de sedimentação; e (3) sistema de recirculação de lodo para promover o retorno dos sólidos removidas na unidade de separação ao reator (Metcalft & Eddy, 2003), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados.



Fonte: Albuquerque, 2012.

No reator ocorrem as reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica e, em determinadas condições, da matéria nitrogenada. A biomassa se utiliza do substrato presente no esgoto bruto para se desenvolver. No decantador secundário ocorre a sedimentação dos sólidos (biomassa), permitindo que o efluente final saia clarificado. Os sólidos sedimentados no fundo do decantador secundário são recirculados para o reator, aumentando a concentração de biomassa no mesmo, o que é responsável pela elevada eficiência do sistema. (SPERLING, 2002)

3.4.4 Vantagens e desvantagens de cada tipo de tratamento

A tabela a seguir reflete um resumo acerca dos tratamentos estudados no capítulo 3.4.3, segundo Marcos Von Sperling (2005):

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos tipos de tratamento.

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Reator UASB	• Razoável eficiência na remoção de DBO • Baixos requisitos de área • Baixos custos de implantação e operação	• Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento restritivos (contornável com a inclusão de um pós-tratamento) • Baixa eficiência na remoção de coliformes

	• tolerância a efluentes bem concentrados em matéria orgânica • Reduzido consumo de energia • Possibilidade do uso energético do biogás • Não necessita meio suporte • Construção, operação e manutenção simples • baixíssima produção de lodo • Estabilização do lodo no próprio reator • Lodo com ótima desidratabilidade • Necessidade apenas da disposição final do lodo • Rápido reinício após períodos de paralisação (preservação da biomassa por vários meses)	• Remoção de N e P praticamente nula • Possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável • Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis • A partida do processo é geralmente mais lenta (mas pode ser acelerada com a utilização de semeadura) • Relativamente sensível a variações de carga e compostos tóxicos • Usualmente necessita pós-tratamento
Lagos de Estabilização	• Satisfatória eficiência na remoção de DBO	• Elevados requisitos de área

	• Razoável eficiência na remoção de patógenos • 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 necessária apenas após períodos superiores a 20 anos	• Dificuldade em satisfazer padrões de lançamentos restritivos • A simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação) • Possível necessidade de remoção de algas do efluente para o cumprimento de padrões rigorosos • Perfomace variável com as condições climáticas (temperatura e insolação) • Possibilidade do crescimento de insetos
Lodos Ativados	• Elevada eficiência na remoção de DBO • Nitrificação usualmente obtida	• Baixa eficiência na remoção de coliformes • Elevados custos de implantação e operação • Elevado consumo de energia • Necessidade de operação sofisticada

	• Possibilidade de remoção de N e P • Baixos requisitos de área • Processo confiável, desde que supervisionado • Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes • Flexibilidade operacional	• Elevado índice de mecanização • Relativamente sensível a descargas tóxicas • Necessidade de tratamento completo do lodo e da sua disposição final • Possível problemas ambientais com ruídos e aerossóis

Fonte: Adaptado de SPERLING, 2005.

3.5 DISPOSIÇÕES FINAIS DE EFLUENTES

Para as disposições finais dos efluentes tratados devem ser seguidos os parâmetros legislativos dispostas nas seguintes resoluções, cuja importância relaciona-se diretamente com o estudo realizado:

a) Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.
b) Resolução CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011.

3.5.1 Classificação dos corpos de água, segundo Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005.

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - Classe especial: águas destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,

c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário; e

e) à dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - Classe especial: águas destinadas:

a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aquicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora;

b) à recreação de contato secundário.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística.

Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

I - Classe especial: águas destinadas:

a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aquicultura e à atividade de pesca;

d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;

e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora;

b) à recreação de contato secundário.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística.

3.5.2 Condições e padrões de qualidade das águas, segundo Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005.

Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Art. 10º Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

Art. 11º O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica. Art. Art. 12º O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Art. 13º Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água

3.5.3 Condições e padrões de lançamentos de efluentes, segundo Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011.

Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis.

I - Condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 e 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Inmhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

e) óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

f) ausência de materiais flutuantes;

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Art. 18. O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de eco toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

3.5.4 Condições e padrões de lançamentos de efluentes de sistema de esgotamento sanitário, segundo Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011.

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

I - Condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 e 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Inmhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L;

f) ausência de materiais flutuantes.

Art. 22. O lançamento de esgotos sanitários por meio de emissários submarinos deve atender aos padrões da classe do corpo receptor, após o limite da zona de mistura e ao padrão de balneabilidade, de acordo com as normas e legislação vigentes. Parágrafo único. Este lançamento deve ser precedido de tratamento que garanta o atendimento das seguintes condições e padrões específicos, sem prejuízo de outras exigências cabíveis:

I - pH entre 5 e 9;

II - Temperatura: inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC no limite da zona de mistura;

III - após desarenação;

IV - Sólidos grosseiros e materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

V - Sólidos em suspensão totais: eficiência mínima de remoção de 20%, após desarenação.

Art. 23. Os efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários poderão ser objeto de teste de ecotoxicidade no caso de interferência de efluentes com características potencialmente tóxicas ao corpo receptor, a critério do órgão ambiental competente.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 POPULAÇÃO DE PROJETO

O estudo populacional, dentro de um estudo de concepção de esgotamento sanitário, tem grande importância para o projeto, pois ele tem direta interferência no cálculo da vazão para o período de alcance de projeto.

Desta forma, os dados populacionais da Enseada de Brito foram obtidos através dos dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE.

O estudo populacional pode ser dividido em duas etapas: população de início de projeto e população de final de projeto. Segundo NBR 9648/86 classifica-se:

I) População Inicial:

A atendível no ano de início de operação, permitindo o cálculo de contribuição mínima.

II) População Final

A atendível no alcance do plano de projeto, permitindo o cálculo da contribuição máxima dentro do sistema.

4.1.1 Estimativa Populacional

Segundo Sobrinho (2000), para o estudo da projeção populacional dos municípios e distritos, a serem utilizados no projeto de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, devem ser levados em consideração os seguintes aspectos:

- Qualidade das informações que servirão de base para a projeção populacional;
- Efeito do tamanho da área, pois em geral, para áreas pequenas os erros esperados numa projeção populacional são maiores;
- Período alcançado pela projeção, quanto mais longo, maiores os erros esperados;
- Compatibilização das diversas projeções realizadas, para diferentes níveis geográficos.

Para realização do cálculo da estimativa populacional, utilizou-se dois principais métodos: aritmético e geométrico.

Método aritmético

$$\boldsymbol{K_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}} \quad (1)$$

$$\boldsymbol{P = P_2 + K_a(t - t_2)} \quad (2)$$

Onde:

K_a – Incremento Populacional

P – População de Projeto

P_1 – População do penúltimo censo representativo

P_2 – População do último censo representativo

T_1 – Ano do penúltimo censo

T_2 – Ano do último censo

T – Ano da projeção

Processo geométrico

$$\mathbf{K_g = \sqrt[t_2 - t_1]{\frac{P_2}{P_1}}} \quad (3)$$

$$\boldsymbol{P = P_2 . Kg^{(t_n - t_1)}} \quad (4)$$

Onde:

K_g – Taxa de crescimento geográfica.

P – População de Projeto

P_1 – População do penúltimo censo representativo

P_2 – População do último censo representativo

T_1 – Ano do penúltimo censo

T_2 – Ano do último censo

T – Ano da projeção

4.2 BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

Para a definição das bacias de contribuição foi necessário a realização de geoprocessamento das informações de elevação do Google Earth Pro. Criou-se, portanto, um modelo digital de elevação cujas curvas de nível foram extraídas a cada 01 (um) metro.

Com as curvas de nível e o zoneamento urbano do município de Palhoça, foi feito a análise topográfica da área do bairro da Enseada do Brito e a efetiva distinção entre as bacias.

A aquisição destes dados tem plena importância ao trabalho pois é através destas informações que serão identificadas as áreas atendidas, elevação e corpos hídricos que definirão os locais de instalação das unidades de tratamento e disposição final dos efluentes.

4.3 VAZÃO DE INFILTRAÇÃO

Segundo Sobrinho (2000), as águas de infiltrações são água subterrâneas originárias do subsolo, quando os sistemas de coleta e afastamento estão construídos abaixo do nível do lençol freático, sendo que este nível pode ser alto naturalmente ou devido às chuvas excessivas.

Para o cálculo da infiltração foram analisados o *shapesfile* de arruamento da Base Contínua do IBGE e os dados disponíveis no Google Earth Pro.

Dentro do Google Earth Pro foi utilizado a ferramenta de medição de distâncias lineares para medir as distâncias dos arruamentos que compunham cada uma das bacias, sendo realizado a soma do comprimento dos arruamentos como estimativa para a extensão da rede coletora de esgoto do bairro. Desta forma, após a definição desta extensão de rede, foi utilizada a Equação 5 para a definição da vazão de infiltração.

$$Q_{infiltração} = L_{rede} \cdot C \quad (5)$$

Onde:

$Q_{infiltração}$ = Vazão ou taxa de infiltração (L/s.km)

L_{rede} = Comprimento da rede (km)

C = Coeficiente de infiltração (L/s.km)

A norma NBR 9649 da ABNT, no que se refere a coeficiente de infiltração – coeficiente necessário para o cálculo da taxa de infiltração – diz o seguinte: “a taxa de contribuição de infiltração depende de condições locais tais como: NA do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizado. O valor entre 0,05 e 1,0 L/s.km adotado deve ser justificado.

Desta forma, como fator de segurança, pela falta desta informação de forma precisa – que pode ser adquirida através de soldagens do solo, por exemplo – e por se tratar de uma região praiana, adotou-se o coeficiente de infiltração de 0,70 L/s.km.

4.4 DEFINIÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Para determinar as características da estação de tratamento de esgoto, é necessário o cálculo da vazão a ser tratada, tanto para o início de plano quanto para o final. Desta forma, as equações são apresentadas a seguir:

a) Vazão de esgoto a ser tratado de início de plano

$$Q_{esi} = \frac{C \,.\, P_i \,.q_i \,.K_2.K_1}{86400} + Q_{inf} \quad (6)$$

Onde:

Q_{esi} – Vazão de esgoto sanitário de início de plano;

C – Coeficiente de retorno água/esgoto;

P_i – População inicial ou de início de plano;

Q_i – Consumo per capta da região (L/hab.dia);

K_2 – Coeficiente de vazão máxima horária;

K_1 – Coeficiente de vazão máxima diária;

Q_{inf} – Vazão de infiltração;

b) Vazão de esgoto a ser tratado de final de plano

$$Q_{esf} = \frac{C \,.\, P_f \,.q_i \,.K_2.K_1}{86400} + Q_{inf} \quad (7)$$

Onde:

Q_{esi} – Vazão de esgoto sanitário de início de plano;

C – Coeficiente de retorno água/esgoto;

P_f – População inicial ou de início de plano;

Q_i – Consumo per capta da região (L/hab.dia);

K_2 – Coeficiente de vazão máxima horária;

K_1 – Coeficiente de Vazão máxima diária;

Q_{inf} – Vazão de infiltração;

Estes cálculos possuem como base os dados disponibilizados na NBR 9649/86 da ABNT que recomenda os valores dos coeficientes dispostos nas equações conforme a tabela a seguir:

Tabela 3 – Valores dos coeficientes dispostos na NBR 9649/86.

Coeficientes	**Valores**
Coeficiente de retorno (C)	0,80
Coeficiente de vazão máxima diária (K_1)	1,20
Coeficiente de vazão máxima horária (K_2)	1,50
Coeficiente de vazão mínima horária (K_3)	0,50
Taxa de contribuição de infiltração	0,70L/s.km

Fonte: Autor apud NBR 9649.

4.5 POPULAÇÃO E VAZÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

Para os respectivos cálculos populacionais e das vazões de cada uma das bacias, foram contadas, manualmente, as residências que compõe as bacias de contribuição. Este número, em conjunto com as estimativas populacionais, foi aplicado na seguinte equação:

$$Tx = \frac{Pn}{R} \quad (5)$$

Onde:

Tx – Taxa de ocupação dada em habitantes por residência.

P_n – População ao ano referente.

R – Número de residências totais.

Posteriormente, esta taxa de ocupação foi multiplicada pelo número de residências de cada bacia individualmente onde obtivemos a estimativa para o número de habitantes, conforme a equação 6:

$$Hab = \mathrm{Tx} \,.\, R_n \tag{6}$$

Onde:

Hab – Número de habitantes da bacia.

R_n – Número de residências encontrados na bacia.

4.6 ALTERNATIVAS DO TRATAMENTO DE ESGOTO

Para identificação do tipo de tratamento de esgoto mais eficiente, são necessários três parâmetros básicos de estudo: A vazão a ser tratada, a relação de espaço físico disponível/espaço exigido e as características do esgoto.

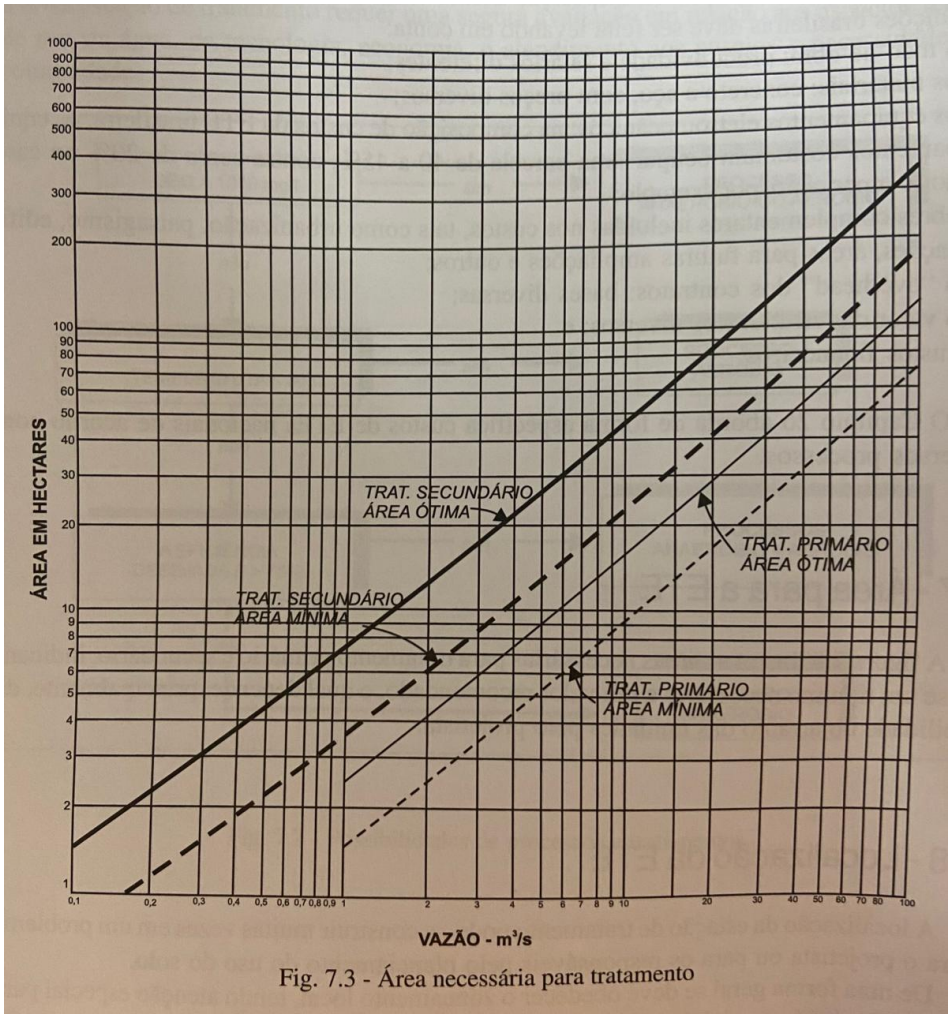
4.6.1 Caracterização do esgoto

A caracterização do esgoto foi feita através da análise dos tipos de construções que se encontram em cada uma das áreas das bacias de contribuição dispostos no zoneamento urbano do município de Palhoça.

4.6.2 Espaço Disponível x Espaço Exigido

Na figura 2 observa-se, segundo Jordão (2014), as recomendações de área – em hectares – a partir da vazão de esgoto a ser tratado – em m^3/s. Esta tabela foi utilizada como balizamento empírico para validação e viabilidade das alternativas locacionais para o tratamento do esgoto, de acordo com suas áreas.

Figura 2. Área necessária para tratamento primário e secundário.



Fonte: Jordão, 2014.

4.7 ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

Para análise das alternativas locacionais das áreas de instalação da ETE foram estabelecidos critérios tendo como base o estudo realizado por Hessmann (2013), adaptando à realidade estudada. Estes fatores foram divididos de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Critérios de avaliação definidos para o estudo de concepção de ETE.

Critérios de Avaliação	Fatores
Físicos e Bióticos	Topografia, solo, espaço físico, cobertura vegetal, características do solo, distanciamento do corpo receptor e da estação de recalque, proximidade com

	a cidade, riscos de cheias, danos à fauna terrestre e possibilidade de afastamento.
Usos do Solo	Ocupação da área.
Socioeconômicos	Odores, ruídos, modificação na paisagem, vetores.

Fonte: Adaptado de Hessmann, 2013.

De acordo com Hessmann (2013), juntamente ao estabelecimento dos critérios e fatores de análise foram definidos pesos para cada fator, os quais foram analisados a partir da importância individual de cada um no conjunto do empreendimento. Estes pesos foram estabelecidos de forma a possibilitar um balanço coerente para a valoração, que foi estipulada em 1.000 quando atingida a pontuação máxima.

Para tanto se definiu os seguintes pesos para cada critério de avaliação:

- Aspectos físicos e bióticos – Peso 400.
- Usos do solo – Peso 300.
- Fatores socioeconômicos – Peso 300.

Cada um dos fatores definidos recebeu uma nota que varia de 1 (nota mínima) a 10 (nota máxima) para representar o grau de importância para cada uma das áreas levantadas para a implantação da ETE. Para cada critério serão somadas as notas máximas e, separadamente, as notas de cada área para aplicarmos uma média e definir o peso relativo para cada uma das alternativas encontradas, conforme apresentado na equação (8):

$$V = \frac{\Sigma A.P}{\Sigma NM} \qquad (8)$$

Onde:

V – Valoração da área.

ΣA – Somatório da área.

ΣNM- Somatório das notas máximas para cada critério.

P – Peso referente ao critério avaliado.

Com a aplicação desta metodologia, os valores encontrados para cada critério individualmente serão somados e este somatório será classificado de acordo com a pontuação descrita na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação da área do empreendimento.

Pontuação	**Classificação da área**
Abaixo de 599	Área imprópria
Entre 600 e 699	Área regular
Entre 700 e 799	Área boa
Entre 800 e 899	Área muito boa
Acima de 900	Área ótima

Fonte: Hessmann, 2013.

De forma que cada uma das áreas para a implantação das ETE seja avaliada de maneira equiparada, foram adotadas classificações para a definição da pontuação de cada critério a ser analisado, conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – Fatores e pontuações para a classificação da área para implantação da ETE.

Fatores	**Classificação**	**Pontuação**
Topografia	Plano	10 a 9
	Levemente inclinado	8 a 7
	Inclinado	6 a 5
	Muito inclinado	4 a 3
	Extremamente inclinado	2 a 1
Espaço físico	Ótimo	10
	Muito bom	9 a 8
	Bom	7 a 5
	Regular	4 a 2
	Impróprio	0
Cobertura vegetal	Inexistente	10
	Pouca vegetação	9 a 7
	Média vegetação	6 a 4
	Muita vegetação	3 a 1
Características do solo	Impermeável	10
	Pouco permeável	9 a 8
	Permeável	7 a 5
	Muito permeável	4 a 2
	Extremamente permeável	1

Distanciamento do corpo receptor	Menos de 500m	10 a 9
	De 501 a 900m	8 a 7
	De 901 a 1300m	6 a 5
	De 1301 a 1700m	4 a 3
	Mais de 1701m	2 a 1
Distanciamento da estação de recalque	Menos de 500m	10 a 9
	De 501 a 900m	8 a 7
	De 901 a 1300m	6 a 5
	De 1301 a 1700m	4 a 3
	Mais de 1701m	2 a 1
Proximidade da cidade	Mais de 1701m	10 a 9
	De 1301 a 1700m	8 a 7
	De 901 a 1300m	6 a 5
	De 501 a 900m	4 a 3
	Menos de 500m	2 a 1
Risco de cheias	Improvável	10
	Baixo	9 a 7
	Médio	6 a 4
	Alto	3 a 1
Percepção de odores	Improvável	10
	Baixo	9 a 7
	Médio	6 a 4
	Alto	3 a 1
Observação de vetores	Improvável	10
	Baixo	9 a 7
	Médio	6 a 4
	Alto	3 a 1
Percepção de ruídos	Improvável	10
	Baixo	9 a 7
	Médio	6 a 4
	Alto	3 a 1
Danos a fauna terrestre	Improvável	10
	Baixo	9 a 7
	Médio	6 a 4
	Alto	3 a 1
Uso do solo	Área pública	10
	Área rural	9 a 6
	Área urbana	5 a 1
Possibilidade de afastamento	Alto	10
	Médio	9 a 7
	Baixo	6 a 4
	Improvável	3 a 1

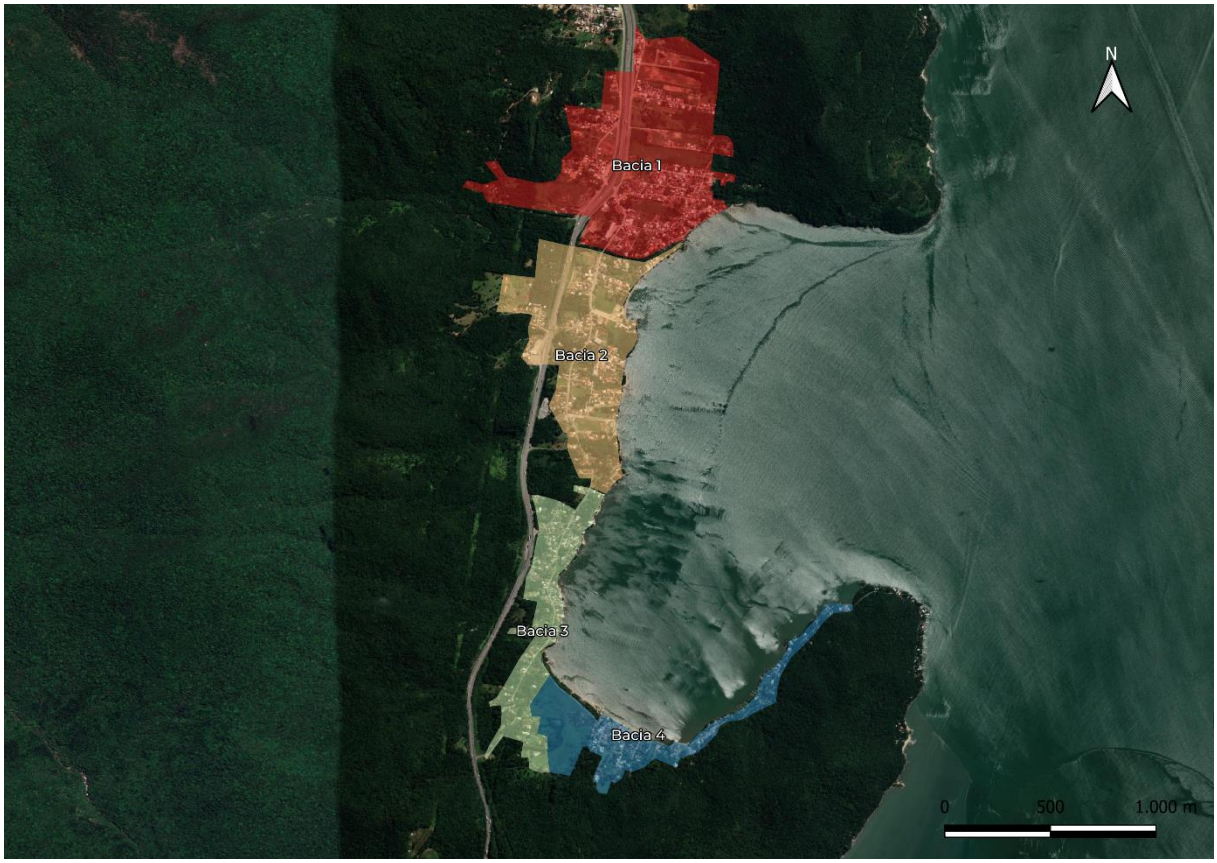
Fonte: Adaptado Hessmann, 2013.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

A divisão das bacias de contribuição de esgoto deste projeto foi realizada através da análise das curvas de nível (ANEXO 1) da área estudada, formando um total de 4 bacias, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Representação e divisão das bacias de contribuição.



Fonte: Autor, 2021.

A divisão destas bacias de contribuição foi definida por meio de fatores físicos como cursos d'água e a própria diferença de cotas, adotando profundidade máxima para escavação de, aproximadamente, 5 metros.

As bacias de contribuição do projeto possuem 1,76 km² como área total. Nesta delimitação também se levou em consideração todas as áreas ocupadas da comunidade, ainda que alguns locais estejam em áreas de proteção.

Para a caracterização das bacias de contribuição foi observado o Plano de Zoneamento Urbano de Palhoça bem como visita *in loco* de cada uma das bacias.

A bacia 1 é caracterizada por apresentar a maior área de contribuição e maior densidade residencial (Tabela 9), haja vista a presença de atividades para construção de loteamento residencial às margens da BR-101, no norte da bacia, conforme inspeção em campo. Apresenta áreas de ARP – Áreas Residenciais Predominantes ao Oeste e AMS - Áreas Mistas de Serviço à noroeste sendo predominante as ATR – Áreas Residenciais e Turismo.

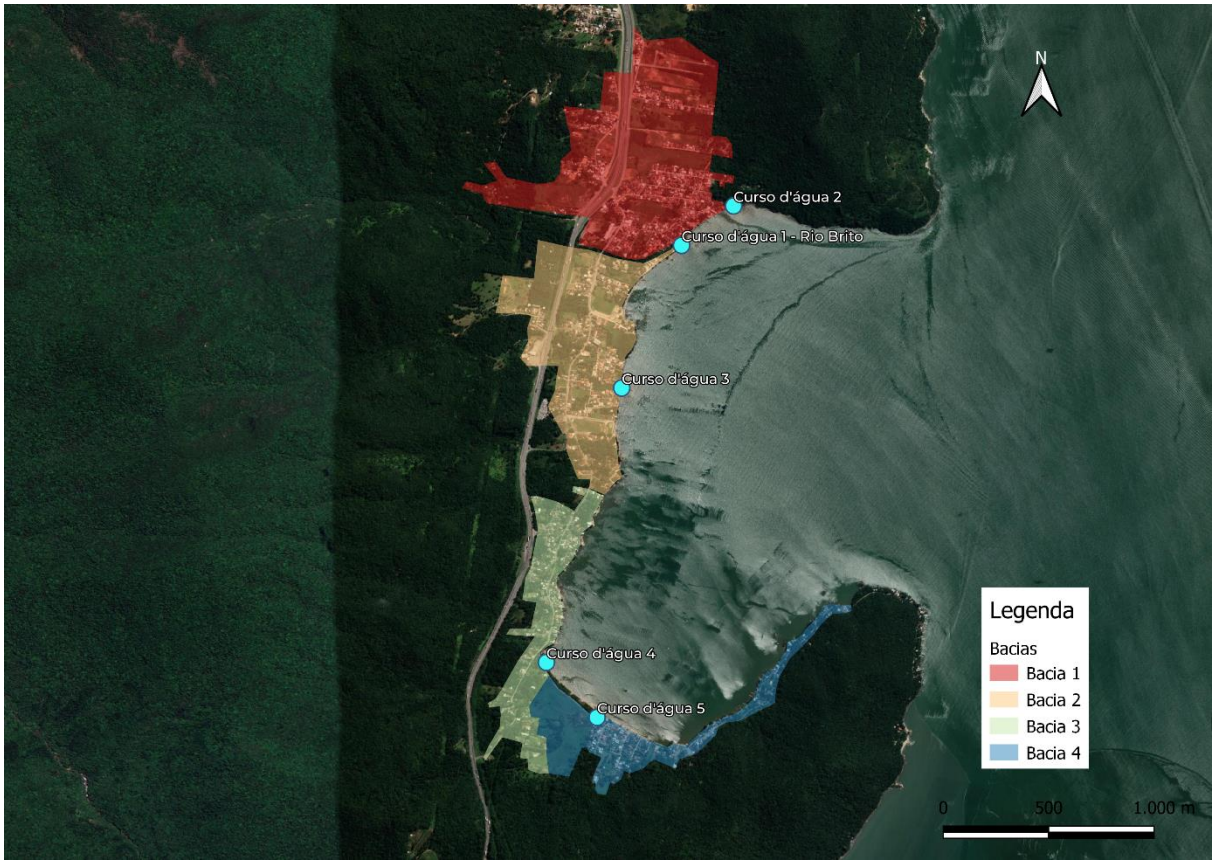
A bacia 2 é caracterizada e classificada, em sua maior parte, também como área de residências e turismo com uma pequena APC - Área de Proteção Cultural e uma APL – área de proteção com uso limitado (parte oeste). Há maior predominância de áreas residenciais com atividade econômica local (lojas e restaurantes) e uma única indústria de pescados.

A bacia 3 é caracterizada por ser uma área predominantemente de residências particulares – muitas vezes em condições precárias – e presença de muitos ranchos de pesca na parte mais baixa. Também foi observado através da análise das curvas de nível que é onde há as maiores diferenças de cotas, caracterizando um terreno extremamente íngreme.

A bacia 4 é caracterizada por ser o mesmo tipo de área residencial da bacia anterior, exceto por ser a bacia com a maior área plana disponível.

Cada uma das bacias apresenta diferentes pontos finais possíveis pois todas possuem contato com a praia, revelando a presença de diversos cursos d’água, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Representação dos cursos d’água de cada bacia.



Fonte: Autor, 2021.

Dentre estes 5 pontos, os cursos d’água que possuem maior destaque são o Curso d’água 1 correspondente ao Rio Brito, o curso d’água 4 e o curso d’água 5 que não possuem nome específico. Eles são importantes pois apresentam as dimensões mais representativas nos seus leitos.

5.2 ESTUDO POPULACIONAL

Para o cálculo da estimativa populacional do bairro da Enseada de Brito – Palhoça/SC foram utilizados os dados disponíveis na Tabela 202, do IBGE e o Censo dos anos de 2000 e 2010, também realizado pelo IBGE.

Neste caso concreto, não há dados populacionais exatos na base de dados do IBGE que mostra a população para o bairro da Enseada de Brito, especificamente.

Desta forma, foi necessário realizar a estimativa populacional através dos dados populacionais referentes aos setores censitários inscritos na área das bacias que foram definidas anteriormente.

Como não há registros de medições anteriores a 2010 destes mesmos setores, a alternativa para uma estimativa populacional confiável fora coletar os dados regionais que continham o histórico de crescimento populacional da região do Distrito da Enseada de Brito – que contém a população de bairros adjacentes: Praia de fora e Praia da Pinheira – e aplicar esta taxa de crescimento à população encontrada nos setores censitários presentes na delimitação das bacias de contribuição do projeto, tendo em vista que são regiões próximas e semelhantes. Desta forma, a Tabela 7 mostra os resultados desta estimativa.

Tabela 7 – Estimativa populacional do Distrito da Enseada de Brito.

Ano	Censo	Aritmética	Tx. Cresc.	Geométrica	Tx. Cresc.
2000	13274	-	-	-	-
2010	16873	-	-	-	-
2020	-	20472	1,018	21448	1,024
2021	-	20832	1,018	21969	1,024
2022	-	21192	1,017	22502	1,024
2023	-	21552	1,017	23048	1,024
2024	-	21912	1,017	23608	1,024
2025	-	22272	1,016	24181	1,024
2026	-	22631	1,016	24768	1,024
2027	-	22991	1,016	25370	1,024
2028	-	23351	1,016	25986	1,024
2029	-	23711	1,015	26617	1,024
2030	-	24071	1,015	27283	1,024
2031	-	24431	1,015	27925	1,024
2032	-	24791	1,015	28603	1,024
2033	-	25151	1,014	29297	1,024
2034	-	25511	1,014	30009	1,024
2035	-	25871	1,014	30737	1,024
2036	-	26230	1,014	31484	1,024
2037	-	26590	1,014	32248	1,024
2038	-	26950	1,013	33031	1,024
2039	-	27310	1,013	33833	1,024
2040	-	27670	1,013	34655	1,024
2041	-	28030	1,013	35496	1,024

Fonte: Autor, 2021.

Através da análise da tabela 7 obtêm-se as duas taxas de crescimento populacional para o Distrito da Enseada de Brito. Neste caso, como fator de segurança, utilizamos o valor de 1,024, encontrado através do método geométrico. Esta taxa foi aplicada às informações coletadas através dos dados censitários para obter a estimativa populacional para o bairro da Enseada de Brito.

Tabela 8 – Estimativa Populacional para a Enseada de Brito

Ano	Censo	População Residente Estimada	Tx. Cresc.
2010	1973	-	-
2020	-	2501	1,024
2021	-	**2561**	1,024
2022	-	2623	1,024
2023	-	2686	1,024
2024	-	2750	1,024
2025	-	2816	1,024
2026	-	2884	1,024
2027	-	2953	1,024
2028	-	3024	1,024
2029	-	3096	1,024
2030	-	3170	1,024
2031	-	3247	1,024
2032	-	3324	1,024
2033	-	3404	1,024
2034	-	3486	1,024
2035	-	3570	1,024
2036	-	3655	1,024
2037	-	3743	1,024
2038	-	3833	1,024
2039	-	3925	1,024
2040	-	4019	1,024
2041	-	**4116**	1,024

Fonte: Autor, 2021.

Através da aplicação destes métodos foi possível chegar ao valor de 4.116 habitantes para a área de atendimento de fim de projeto no ano de 2041.

Também foi possível fazer o acompanhamento populacional de cada bacia de contribuição utilizando os procedimentos descritos no capítulo 4.5 e, consequentemente, calcular cada uma de suas vazões em função dos anos seguintes, conforme a Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 9 – Estimativa Populacional por Bacia de Contribuição.

Ano	Bacia 1	Bacia 2	Bacia 3	Bacia 4
2021	1041	700	536	285
2022	1066	717	549	292
2023	1092	734	562	299
2024	1118	752	576	306
2025	1145	770	589	313
2026	1172	788	603	321
2027	1200	807	618	329
2028	1229	826	633	336

2029	1258	846	648	345
2030	1289	867	664	353
2031	1320	887	679	361
2032	1351	909	696	370
2033	1384	930	712	379
2034	1417	953	730	388
2035	1451	976	747	397
2036	1486	999	765	407
2037	1521	1023	783	417
2038	1558	1048	802	427
2039	1595	1073	821	437
2040	1634	1098	841	447
2041	1673	1125	861	458

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 10 – Estimativa das vazões, em L/s, por bacia ao longo dos anos.

Ano	Bacia 1	Bacia 2	Bacia 3	Bacia 4
2021	3,47	2,33	1,79	0,95
2022	3,55	2,39	1,83	0,97
2023	3,64	2,45	1,87	1,00
2024	3,72	2,50	1,92	1,02
2025	3,81	2,56	1,96	1,04
2026	3,91	2,63	2,01	1,07
2027	4,00	2,69	2,06	1,09
2028	4,10	2,75	2,11	1,12
2029	4,19	2,82	2,16	1,15
2030	4,29	2,89	2,21	1,18
2031	4,40	2,96	2,26	1,20
2032	4,50	3,03	2,32	1,23
2033	4,61	3,10	2,37	1,26
2034	4,72	3,17	2,43	1,29
2035	4,83	3,25	2,49	1,32
2036	4,95	3,33	2,55	1,36
2037	5,07	3,41	2,61	1,39
2038	5,19	3,49	2,67	1,42
2039	5,32	3,57	2,74	1,45
2040	5,44	3,66	2,80	1,49
2041	5,57	3,75	2,87	1,53

Fonte: Autor, 2021.

Através da análise destes números, sugere-se que as construções e instalação das redes de esgoto sejam iniciadas pela bacia de maior densidade: Bacia 1. Entretanto, não foi encontrada necessidade no quesito de separação de instalação das unidades do projeto.

5.3 CÁLCULO DA VAZÃO DE INFILTRAÇÃO

Por meio dos estudos e observações dos arquivos *shapefile* da Base Contínua do IBGE em conjunto com os dados do Google Earth Pro, foi obtido a extensão de 6367 metros de rede de esgotamento sanitário.

Para o cálculo da vazão de infiltração, foi aplicada a Equação 5:

$$Q_{infiltração} = L_{rede} \,.\, C \tag{5}$$
$$Q_{infiltração} = 6367 \,.\, 0{,}70$$
$$Q_{infiltração} = 4{,}46\ L/s$$

5.4 CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO

O período de projeto estipulado no cálculo da vazão foi de 20 anos, tendo seu início em 2021.

Assim, através das estimativas populacionais pode-se calcular a população de início de projeto, 2.561 habitantes, e de final de projeto, 4.116 habitantes.

O cálculo da vazão de início de projeto é obtido na Equação 6:

$$Q_{esi} = \frac{C\,.\,P_i\,.q_i\,.K_2.K_1}{86400} + Q_{inf} \tag{6}$$

$$Q_{esi} = \frac{0{,}80\ .\ 2561\,.\ 200\,.\ 1{,}50\,.\ 1{,}20}{86400} + 4{,}46$$

$$Q_{esi} = 12{,}99\ L/s$$

Da mesma forma, obtém-se o valor para o final de projeto:

$$Q_{esf} = \frac{0{,}80\,.\ 4116\,.\ 200\,.\ 1{,}50\,.\ 1{,}20}{86400} + 4{,}46 \tag{7}$$

$$Q_{esf} = 18{,}18\ L/s$$

Ocorre que, para todo período de projeto, não há uma grande variação na vazão de esgotamento sanitário decorrente da área delimitada (+5,19 L/s). Fato que é positivo pois dará oportunidade de garantir um sistema extremamente eficiente.

5.5 ESPAÇO DISPONÍVEL *VERSUS* ESPAÇO EXIGIDO

Para verificação da razão entre espaço disponível pelo espaço exigido, foi realizado a conta de contribuição total de esgoto para tratamento, representado na Equação 7 e utilizando os dados da Figura 2, pode-se ter uma maior clareza para determinar a viabilidade das unidades de tratamento de esgoto.

Para realizar esta análise, transformou-se a vazão de L/s para m³/s, na equação a seguir.

$$Q_{esi} = \frac{18{,}18 L/s}{1000} \tag{8}$$

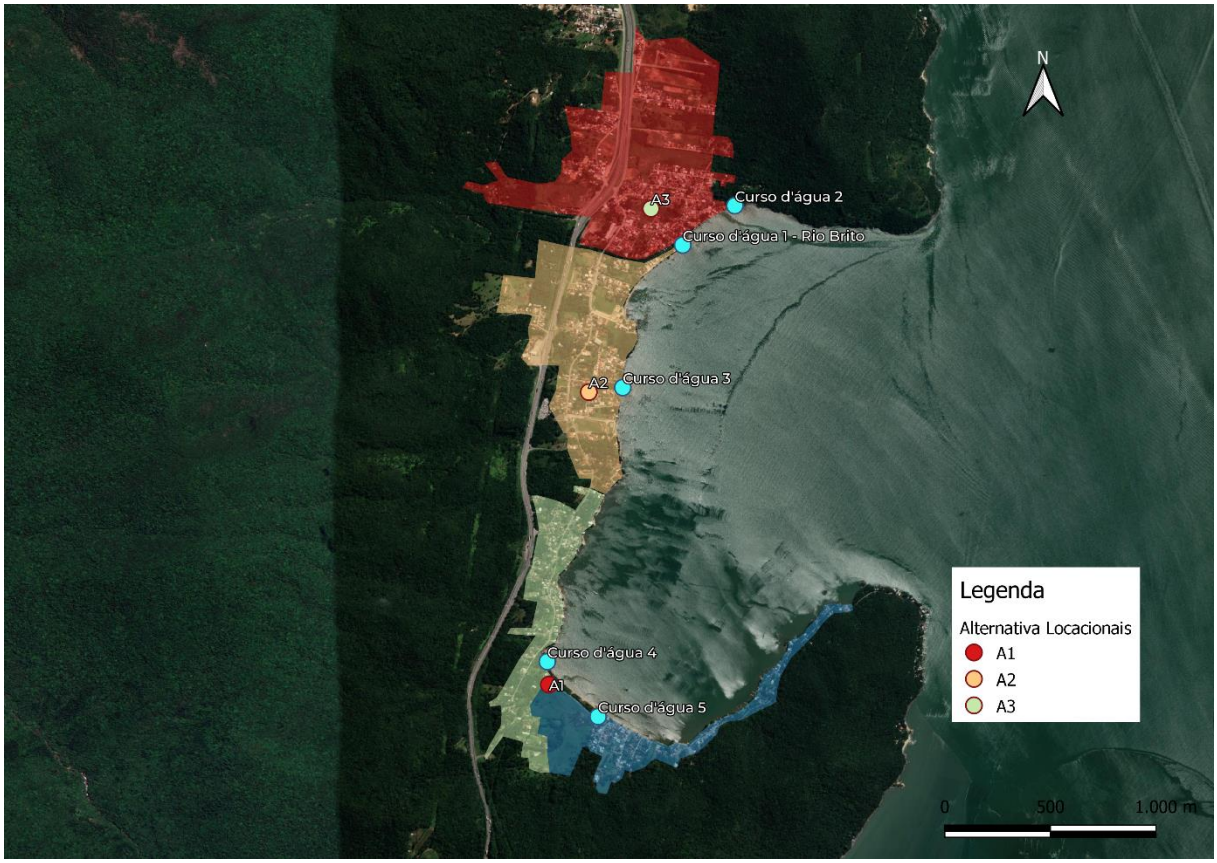
$$Q_{esi} = 0{,}01818\ m^3/s$$

Com essa vazão e tendo como referência empírica o ábaco disposto na Figura 2, temos um espaço mínimo exigido para tratamento primário e secundário ótimo menor que 1 hectare.

5.6 ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E DEFINIÇÃO DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO

Para o levantamento das possíveis áreas de implantação de uma Estação de Esgotamento Sanitário – ETE, foram definidas três alternativas locacionais possíveis de serem estudadas e avaliadas conforme a metodologia previamente descrita no capítulo 4.6.

Figura 5 – Alternativas locacionais pré-selecionadas para implantação da ETE.



Fonte: Autor, 2021.

Alternativa locacional 1

Esta área foi pré-selecionada devido a sua grande proximidade (121 metros, em linha reta) do curso d´água 4. Este ponto representa o ponto mais baixo dentre as bacias selecionadas e está geolocalizado nas coordenadas 27º47’31”S e 48º38’40”O. É uma área com grande espaço plano e com predomínio de gramíneas, embora haja interação com área de restinga ao leste e mata atlântica ao sul. Não possui uma atividade industrial e nem comercial, apenas serve como atividade pastoril, conforme pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Inspeção in loco da alternativa locacional 1

Fonte: Autor, 2021.

Esta área possui rede de energia elétrica, de abastecimento de água e desfruta de um arruamento asfaltado, possibilitando fácil acesso.

Na Figura 7 é possível verificar a área disponível para a alternativa locacional 1, totalizando aproximadamente 7 hectares, caracterizando uma potencial área para um tratamento primário e secundário ótimo neste estudo.

Figura 7 – Alternativa locacional 1.

Fonte: Autor, 2021.

Alternativa Locacional 2

Esta área está a localizada a aproximadamente 67 metros do curso d'água mais próximo (curso d´água 3). Este ponto está inscrito na área da bacia 2 e está a 152 metros do ponto mais baixo da bacia. Esta área não possui vegetação nativa, prevalecendo as gramíneas. Está inserida na área residencial e não possui atividade agrícolas, industriais ou comerciais. Através da visitação *in loco* foi possível observar que é um terreno privado destinado a construção residencial. Encontra-se geolocalizado nas coordenadas 27º46'41"S e 48º37'57"O.

Possui acesso através de arruamentos não pavimentados. Acesso a rede de abastecimento de água e energia elétrica. É cercado por imóveis por todos os seus quatro pontos cardiais.

Na Figura 8 é possível observar a disposição da área designada a alternativa locacional 2, cuja área é de aproximadamente 0,90 a 1 hectare, estando dentro da área mínima requisitada.

Figura 8 – Inspeção *in loco* da alternativa locacional 2.

Fonte: Autor, 2021.

Através da observação da imagem disposta na Figura 9 é possível observar a proximidade da área escolhida com as áreas residenciais e do curso d'água 3.

Figura 9 – Alternativa locacional 2.

Fonte: Autor, 2021.

Alternativa Locacional 3

Esta área está localizada a 288 metros do curso d'água mais próximo (Rio Brito), dentro da Bacia 1. Esta área possui vegetação arbórea nas extremidades leste e oeste (Figura 11).

Está inserida em área residencial e possui atividade agrícola destinada a pastagem, prevalecendo as gramíneas na maior parte do terreno. Após visita *in loco* foi possível observar que é um terreno privado destinado a loteamento residencial.

Encontra-se geolocalizado nas coordenadas 27º46'90"S e 48º37'46"O.

Sua infraestrutura é completa, possuindo acesso por via pavimentada, energia elétrica e abastecimento de água.

Na Figura 10 e Figura 11 pode-se observar a disposição da área da alternativa locacional 3, cuja área é aproximadamente 1 hectare.

Figura 10 – Alternativa Locacional 3.

Fonte: Autor, 2021.

Figura 11 – Alternativa Locacional 3.

Fonte: Autor, 2021.

Assim, a definição da área de implantação da estação de tratamento de esgoto deste projeto foi realizada por meio da metodologia adaptada de Hessmann (2013) a qual realiza a avaliação de acordo com um sistema de pontuação e pesos atribuídos aos critérios apontados na Tabela 6. Desta forma, a Tabela 11 mostra os resultados da aplicação desta metodologia.

Tabela 11 – Avaliação das áreas pré-selecionadas para implantação da ETE.

Critérios	Peso	Avaliação dos Fatores	Notas Máximas	Área 1	Área 2	Área 3
Fatores Físicos e Bióticos	400	Topografia	10	10	9	9
		Espaço Físico	10	9	7	7
		Cobertura Vegetal	10	10	9	10
		Característica do Solo	10	7	7	6
		Distanciamento do Corpo Receptor	10	10	10	9
		Distanciamento da Estação de Recalque	10	10	9	9
		Proximidade da Cidade	10	1	2	2
		Risco de Cheias	10	7	10	10
		Danos a Fauna Terrestre	10	10	8	8
		Possibilidade do Afastamento	10	9	3	5
		Subtotal:	400	332	296	300
Usos do Solo	300	Uso do Solo	10	6	1	2
		Subtotal:	300	180	30	60
Fatores Socioeconomicos	300	Percepção de Odores	10	6	2	3
		Percepção de Ruídos	10	7	3	3
		Observação de Vetores	10	9	9	9
		Estruturas Fora da Visão	10	3	3	7
		Subtotal:	300	187,5	127,5	165
		Total:	1000	699,5	453,5	525

Fonte: Autor, 2021.

Através da pontuação adquirida com a aplicação deste método, pôde-se observar que a área locacional 1 teve o desempenho superior às demais – com a pontuação de 699,5 pontos – principalmente pelo fato de ter sido uma área com grande destaque nos fatores físicos e bióticos ocasionando um menor impacto ambiental que as demais. Já nos critérios socioeconômicos ela ainda conseguiu se destacar pelo fato de que não há muitas residências no seu entorno e há espaço em abundância, fato este, que diminuiu a pontuação das alternativas seguintes.

De acordo com a classificação proposta na Tabela 5, as alternativas 2 e 3 ficaram caracterizadas como áreas impróprias e a alternativa 1 como área regular.

5.7 TRATAMENTO DO EFLUENTE

Para identificarmos o melhor tipo de tratamento a ser utilizado, se faz necessário a caracterização do efluente.

Caracterização do Efluente

De acordo com o zoneamento urbano de Palhoça, não são encontradas áreas destinadas a indústria que podem alterar as características do efluente com compostos específicos dentro da área de delimitação das bacias de coleta. Desta forma, por serem áreas plenamente residenciais, o esgoto deve ser caracterizado como doméstico.

5.7.1 Tipo de tratamento escolhido

Como estudado previamente, e embora somente seja uma predefinição por dados empíricos e estatísticos, foi possível estabelecer uma linha mestra a ser seguida para sugestão como tratamento deste tipo de efluente.

A primeira etapa de tratamento seria o tratamento preliminar. Por ser uma região litorânea optou-se pela instalação de uma unidade de desarenação e gradeamento.

Para o tratamento primário e secundário optou-se por um decantador simples seguido de um sistema de lodos ativados convencional. Atribui-se esta decisão a alguns fatores como:

a) Sistema com maior eficiência na remoção de DBO.

b) Baixos requisitos de área comparados a outros métodos como lagoas de estabilização.

c) Reduzidas possibilidades de maus odores tendo em vista que, mesmo não havendo muitas casas no entorno da área, haverá interferência no cotidiano da vizinhança.

d) Maior independência das condições climáticas.

O maior ponto deficitário observado neste tipo de tratamento é a ineficiência para redução dos coliformes termotolerantes, de modo que seja necessário uma análise criteriosa em relação aos corpos d´águas adjacentes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão abordados quais objetivos foram cumpridos e demais observações a respeito do estudo.

Em pleno cumprimento dos objetivos determinados no capítulo 2.2, foi possível segmentar e definir as quatro bacias de contribuição de acordo com uma metodologia lógica e eficiente, permitindo as suas caracterizações.

Através da aplicação de uma metodologia clara e objetiva, foi possível realizar um fidedigno estudo populacional e, consequentemente, calcular a vazão de final de plano de efluente a ser tratado (18,18 L/s).

Por meio da visitação in loco, análise de imagens e aplicação de metodologia, foi possível verificar a viabilidade de cada alternativa locacional estudada, atribuindo pesos e notas que auxiliaram na escolha da alternativa locacional 1 para instalação das unidades de tratamento.

Tendo como base as pesquisas bibliográficas e a caracterização do esgoto, foi possível identificar e sugerir uma sequência de tipos de tratamento do efluente doméstico proveniente das bacias de contribuição, como o uso de gradeamento, desarenador, decantador simples e lodo ativado convencional.

De forma geral, buscou-se neste trabalho elucidar a viabilidade de um sistema de esgotamento sanitário coletivo através do estudo de sua concepção para o bairro da Enseada de Brito, a qual, tomada como exemplo, poderá ser expandido para as regiões adjacentes que gozam das mesmas qualidades econômicas e ambientais.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se como recomendações a futuros trabalhos que dizem respeito a estudos de concepção os seguintes pontos:

- Detalhado estudo hidrológico dos corpos d´água locais que possuem escassez de dados e monitoramento.
- Análises físico-químicas dos corpos hídricos para que auxiliem na tomada de decisão do método a ser sugerido.
- Uma constante parceria com órgãos públicos locais que disponibilizem dados cada vez mais claros e atualizados a respeito da quantidade de habitantes e residências no local.

- Analisar o custo de implementação das unidades de tratamento com profissionais multidisciplinares.

7 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M. **Avaliação do tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto sanitário em sistemas de lodos ativados.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.648:** Estudos de concepção de sistemas de esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.649:** Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209:** Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitários. Rio de Janeiro, 1992.

BARROS, Rodrigo (org.). **A história do saneamento básico e tratamento de água e esgoto.** 01/02/2019. Disponível em https://www.eosconsultores.com.br/ Acessado em 11 de novembro de 2020.

BERTANI, G.; BREUNIG, F.M.; SPOHR, F.B. **Análise de crescimento da mancha urbana**. Disponível em https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/24092 Acesso em 11 de novembro de 2020.

BRASIL ESCOLA: **Conurbação e urbanização.** Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/conurbacao.htm Acessado em 11 de novembro de 2020.

BRASIL ESCOLA. **História geral:** a peste negra. Disponível em https://brasilescola.uol.com.br/ Acessado em 11 de novembro de 2020.

CAMPOS, J. R. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. 1ª ed., Rio de Janeiro, Brasil, ABES, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Projeto PROSAB, 1999.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios – Princípios do tratamento biológico de águas residuáris**. 2ª ed., Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG. 1997.

COUTINHO, F. M. B. MELLO, I. L. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 13, nº 1, p. 1-13, Rio de Janeiro, 2003.

DE SANTANA, A. M.; DE OLIVEIRA, R. A.; Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suicultura. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.3, p.817-830. 2005.

DI BERNARDO, L (Coord.). **Tratamento de água para abastecimento por filtração**. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 2003.

FILHO, Jairo Tardelli. **Controle e redução de perdas.** in TSUTIYA, M. T (Org.). **Abastecimento de água**. 4ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**, 4ª edição. 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

HUNAIDI, O.; CHU, W.; WANG, A. &GUAN, W. (2000). Detecting Leaks in Plastic Pipes. **Journal of the American Water World Association**, 92(2), 82-94.

IBGE. **População Grande Florianópolis Superior**. Disponível em: http://floripamanha.org/2020/08/ Acesso em 12 de novembro de 2020.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª ed. Editora ABES, 2014.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse.** 4ª. ed. New York, McGraw – Hill Book, 2003.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL; MINISTÉRIO DAS CIDADES; 4ª. CCR. **Gestão do Território e Manejo Integrado das Águas Urbanas. Disponível em:** http://www.mpf.mp.br/ Acessado em 11 de novembro de 2020.

NETO, P. J. C.; **Materiais para redes.** in TSUTIYA, M. T (Org.). **Abastecimento de água**. 4ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

NUVOLARI, ARIOVALDO (Org.). **Esgoto Sanitário:** Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2ª edição. São Paulo: Editora Blutcher, 2011.

PENSÁRIO. **Identidades do Rio.** Aires Saldanha. Disponível em http://www.pensario.uff.br/ Acessado em 11 de novembro de 2020.

PEREIRA, A.; ZANIN, V. et alii. **Expedição ao Rio Cubatão.** Disponível em: https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/ Acesso em: 12 de novembro de 2020.

PLANALTO. **Lei Federal nº 11.445**. Lei Nacional do Saneamento Básico – LNSB. 05 de janeiro de 2007. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm Acesso em 11 de novembro de 2020.

SILVA, Daniel Neves. **Baixa Idade Média**. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/. Acesso em 12 de novembro de 2020.

SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. Volume 1. 3ª ed. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lagoas de estabilização**. Volume 3. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

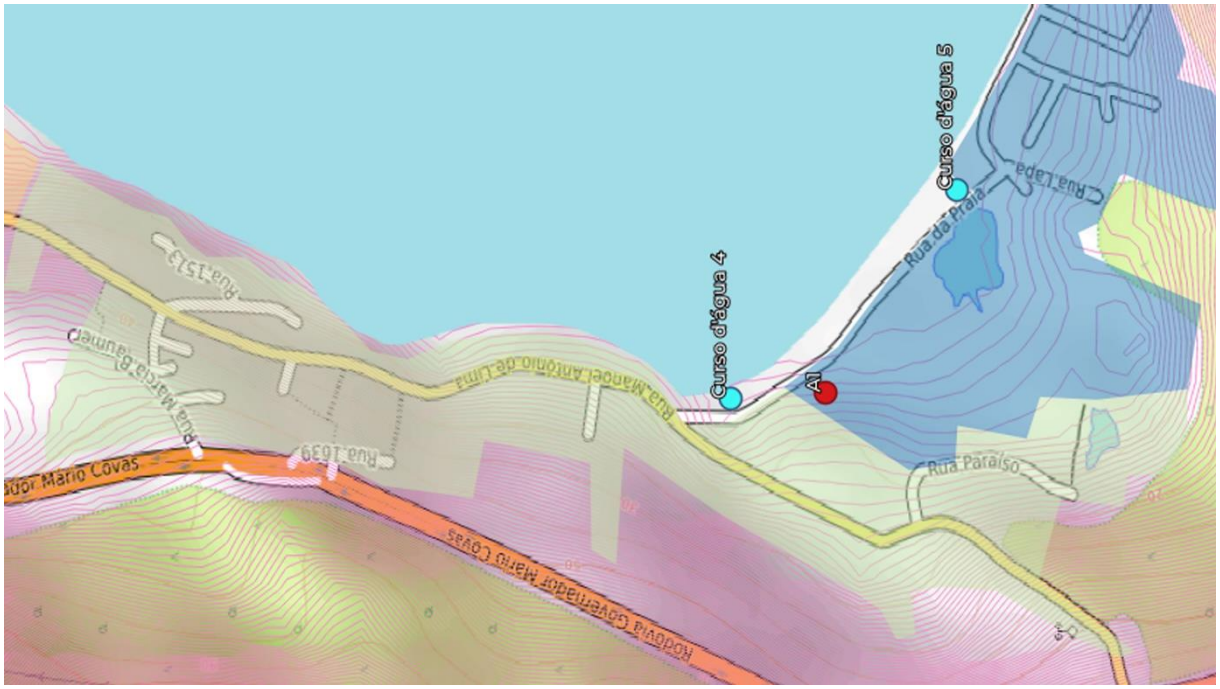
SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos ativados**. Volume 4. 2ª edição ampliada. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

TSUTIYA, M. T (Org.). **Abastecimento de água**. 4ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VERSIANI, B. M. **Desempenho de um reator UASB submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do campus da UFRJ.** Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

ANEXO 1

Curso d'água 4
A1
Curso d'água 5


Curso d'água 5
Rua Lapa
Rua da Praia
Curso d'água 4
A1
Rua Manoel António de Lima
Rua 1513
Rua Maria Baumer
Rua 1639
Rua Paraíso
Rodovia Governador Mario Covas

Curso d'água 1 - Rio Brito
Rua 375
Rio do Brito
Rua 373
Enseada de Brito
Rua 1505
Rua Nossa Senhora do Ó
BR-101
AS
Curso d'água 3
Rua 1509
Igreja Nossa Senhora do Rosário
Rua 1510
Rua 1581

Rua Nossa Senhora do Ro
Rua Manoel Antônio Cândido
Rua Marquês da Silveira
Morro do Cedro
226
Estrada Morro dos Gaúchos
Rua Manoel Antônio Cândido
Rua Manoel Domingos da Silveira
Rua Cauna
Rua Modesto Manoel dos Santos
AS
Curso d'água 2
Curso d'água 1 - Rio Brito
Rua 375
Rio do Brito