



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

NATÁLIA GABRIELY AMORIM COSTA

**DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DA LAGOA DO JACARÉ NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA  
GRANDE - MT**

CUIABÁ – MT

2023

NATÁLIA GABRIELY AMORIM COSTA

**DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DA LAGOA DO JACARÉ NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA  
GRANDE - MT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Pedrollo de Paes.

CUIABÁ – MT

2023

NATÁLIA GABRIELY AMORIM COSTA

**DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DA LAGOA DO JACARÉ NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA  
GRANDE - MT**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a avaliação da banca examinadora como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Cuiabá, 01 de junho de 2023

Banca Examinadora:

---

Prof. e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos Rafael Pedrollo de Paes  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (Orientador) – DESA/UFMT

---

Eng. Sanitarista e Ambiental e Mestre em Recursos Hídricos Wilhan Reis  
Departamento de Água e Esgoto de Várzea Grande – DAE/VG

---

Eng. Sanitarista e Ambiental e Especialista em Segurança do Trabalho João Momonuki  
Companhia de Saneamento Águas Cuiabá

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, aos meus pais Ednéia e Vando que, desde cedo, me ensinaram o valor do conhecimento para se entender o mundo e que me mostraram, pelo seu exemplo, que não há limites para a busca de um sonho.

A minha irmã Ana Clara, pelo companheirismo, cumplicidade e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu gestor João Momonuki do trabalho na Companhia de Saneamento Águas Cuiabá, pela ajuda e pela paciência.

Ao meu orientador professor Rafael Pedrollo, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho na realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradeço a todos que participaram, direta ou indiretamente no decorrer desta trajetória.

## RESUMO

No contexto atual, o saneamento básico é o principal pilar para preservar os recursos hídricos, em decorrência do crescimento populacional e seu adensamento. Em relação à geração de esgotos domésticos, esses efluentes, devem ser coletados, transportados, tratados e adequadamente destinados. Considerando esse cenário, este trabalho apresenta como o objetivo principal o dimensionamento de uma Estação Elevatória de Esgoto localizada na bacia da Lagoa do Jacaré, no município de Várzea Grande. A metodologia utilizada oferece a descrição da área do projeto, estratégias para definição dos locais da Estação Elevatória de Esgotos (EEE) e a Linha de Recalque da Elevatória (LRE), além do memorial de cálculo do dimensionamento hidráulico do sistema de esgotamento da EEE. A partir do resultado do estudo, foi realizado o projeto executivo da EEE, considerando sua funcionalidade, dimensões e materiais necessários para a execução do projeto. O trabalho teve êxito de realizar o dimensionamento da Estação Elevatória de Esgoto, calculando e projetando o tratamento preliminar, poço de sucção e poço do barrilete.

Palavras chave: Linha de Recalque; Esgoto doméstico; Estação Elevatória de Esgoto.

## **ABSTRACT**

In the current context, basic sanitation is the main pillar to preserve the water resources, given the population growth and the generation of domestic sewage, which must be collected, transported, treated, and properly disposed. Considering this scenario, this work presents as its main objective, the dimensioning of a Sewage Pumping Station (SPS), located in the basin of Lagoa do Jacaré, in the municipality of Várzea Grande. The methodology used offers the description of the project's area, strategies for defining the locations of the SPS and the Sewer Ejector Pump Line (SEPL), and the memorial for the hydraulic sizing of the SPS sewage system. From the result of the study, the executive project was carried out, considering the functionality, dimensions, and materials necessary for the execution of the project. The work was successful in carrying out the dimensioning of the Sewage Pumping Station, calculating and designing the preliminary treatment, the suction well and the keg well.

**Keywords:** Sewer Ejector Pump Line; Station, domestic; Sewage Pumping Station.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Características qualitativas geral do esgoto doméstico.....	16
Figura 2 – Mapa do perímetro urbano do município de Várzea Grande – MT.....	26
Figura 3 – Mapa do perímetro da Bacia Hidrográfica da Lagoa do Jacaré no município de Várzea Grande – MT. ....	27
Figura 4 – Local da EEE da Bacia Hidrográfica da Lagoa do Jacaré. ....	28
Figura 5 – Local da EEE e da LRE da Bacia Hidrográfica da Lagoa do Jacaré. ....	29
Figura 6 – Planta Baixa da EEE. ....	54
Figura 7 – Corte da planta baixa da EEE. ....	54
Figura 8 – CMB AFP 100-403. ....	56
Figura 9 –Perfil do projeto da LRE. ....	57

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Coeficientes, valores e grandezas para o dimensionamento de redes coletoras de esgoto.....	23
Tabela 2 – Vazão, quantidade e tipo de Conjunto Moto Bomba (CMB) em estações elevatórias de esgoto.....	24
Tabela 3 – Classificação do espaçamento das barras de gradeamento.....	24
Tabela 4 – Dados para o cálculo de população. ....	30
Tabela 5 – Dados para o cálculo de vazão de projeto. ....	31
Tabela 6 – Dados para os cálculos de eficiência na grade.....	32
Tabela 7 – Dados para os cálculos de Área Útil da seção da grade, Área Total e a Largura da base. ....	33
Tabela 8 – Dados para os cálculos da taxa de escoamento superficial.....	35
Tabela 9 – Dados para o cálculo de volume mínimo. ....	36
Tabela 10 – Dados para os cálculos de Tempo de Parada da Bomba, Tempo de Funcionamento da Bomba e Tempo de Detenção da Bomba. ....	37
Tabela 11 – Dados para o cálculo de Volume Efetivo. ....	38
Tabela 12 – Dados para o Diâmetro da LRE.....	39
Tabela 13 – Coeficiente de perdas.....	41
Tabela 14 – Dados para Perda de Cargas localizadas nas conexões de sucção.....	41
Tabela 15– Dados para Perda de Cargas localizadas nas tubulações.....	42
Tabela 16 – Dados para Altura Geométrica. ....	43
Tabela 17– Dados para Altura Geométrica ....	44
Tabela 18 – Dados para a escolha do CMB.....	45
Tabela 19 – Descrição do CMB. ....	45
Tabela 20 – Dados para a verificação de Golpe de Aríete ....	46
Tabela 21 – Resultados do dimensionamento hidráulico.....	49
Tabela 22 – Lista de Materiais da EEE. ....	55
Tabela 23 – Lista de Materiais da LRE.....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CM – Centímetros  
CMB – Conjunto Moto Bomba  
CP – Caixa de Passagem  
DAE-VG – Departamento de Água e Esgoto de Várzea Grande  
EEE – Estação Elevatória de Esgoto  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
FOFO – Ferro Fundido  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
LRE – Linha de Recalque da Elevatória  
M – Metros  
M.C.A – Metro Coluna de Água  
MPa – Mega Pascal  
NBR – Norma Brasileira  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
PI – Poço de Inspeção  
PV – Poço de Visita  
PVC – Policloreto de Vinilo  
SES – Sistema de Esgotamento Sanitário  
TIL – Tubo de Inspeção e Limpeza  
TL – Terminal de Limpeza

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
3.1 Esgoto Sanitário .....	15
3.2 Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) .....	17
3.3 Componentes de um SES .....	17
3.4 Estação Elevatória de Esgoto (EEE) .....	18
3.4.1 Golpe de Aríete .....	19
3.4.2 Cavitação.....	20
3.4.3 Sistema de Bombeamento .....	21
3.5 Estação de Tratamento de Esgoto .....	21
3.6 Normativas .....	22
3.6.1 NBR 9649 de 1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário .....	23
3.6.2 NBR 16682 de 2018 - Requisitos para elaboração de projeto de linha de recalque para sistema de esgotamento sanitário .....	23
3.6.3 NBR 12208 de 2020 - Requisitos para a elaboração de projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto.....	23
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>25</b>
4.1 Caracterização da área de estudo .....	25
4.2 Descrição da Bacia Hidrográfica da Lagoa do Jacaré.....	26
4.3 Estratégia na localização da EEE.....	27
4.4 Estratégia na localização da LRE.....	28
4.5 Dimensionamento Hidráulico da EEE .....	29
4.5.1 Volume de Projeto .....	30
4.5.2 Poço do Cesto.....	32
4.5.3 Poço Desarenador .....	34
4.5.4 Poço de Sucção .....	36
4.5.5 Linha de Recalque.....	39
4.5.6 Altura Manométrica .....	40

4.5.7 Potência dos equipamentos de Recalque .....	44
4.5.8 Verificação de Golpe de Aríete.....	45
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>49</b>
5.1 Poço do Cesto.....	50
5.2 Poço Desarenador .....	51
5.3 Poço de Sucção .....	51
5.4 Poço do Barrilete.....	52
5.5 Projeto Executivo.....	53
5.6 Linha de Recalque.....	56
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>65</b>
APÊNDICE A .....	66
APÊNDICE B.....	67
APÊNDICE C.....	68
APÊNDICE D .....	69
APÊNDICE E.....	70

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, houve um crescimento gradual da população e economia. O qual humano vem interferindo e dilapidando a natureza, para extrair dela os recursos necessários para a construção e expansão das cidades. Essa interferência também gera o aumento de detritos e as sobras resultantes das suas atividades (NUVOLARI, et al., 2011).

Esse crescimento da população implica em maior número de resíduos gerados, principalmente em se tratando de efluentes sanitários residenciais e industriais, como também, de resíduos sólidos e sedimentos (AHMED et al., 2018; FIA et al., 2015, p. 268). Tal comportamento afeta tanto a qualidade de vida da população quanto a do meio ambiente.

Segundo Oliveira (2017, p. 2) “o crescimento desordenado das cidades e um planejamento urbano ineficiente, resultam em deficiências nos serviços de saneamento, causando danos ambientais”. Ponderando que os Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) dos municípios brasileiros, tem-se um caminho distante para traçar, e alcançar condições de investimentos que satisfazem as necessidades para as recuperações dos corpos d’água receptores (FARIA, 2008).

De modo, a evitar a poluição desses corpos hídricos faz-se necessário submeter às águas residuárias um tratamento antes de seu lançamento nos mesmos, o qual, poderá diminuir ou mesmo eliminar a disseminação de doenças de veiculação hídricas (PORTO, 2006). Vale ressaltar que a definição de saneamento adotada pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 1986) descreve como a influência dos fatores do meio físico da pessoa que tem ou podem desempenhar efeitos adversos sobre sua saúde física, mental e social.

Segundo o Instituto Trata Brasil (2023), que traz o Ranking do Saneamento com o foco nos 100 maiores municípios do Brasil, a colocação da cidade de Várzea Grande se apresenta em 92º lugar, com o Indicador de Atendimento Total de Esgoto de 29,50%. Esses dados, mostram o déficit presente no saneamento urbano dessa cidade que podem afetar tanto na qualidade de vida, como também na saúde dessa população.

Diante dessa problemática, tem-se a oportunidade de contribuir e melhorar no Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) dessa cidade. Por consequência disso, a colaboração desse trabalho com o Projeto da Lagoa do Jacaré, que é uma iniciativa da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), que tem como objetivo preservar e restaurar a Bacia da Lagoa do Jacaré, que está localizada no município de Várzea Grande, pode proporcionar essa melhora no SES.

Considerando isso, ao dimensionar um componente do SES, como a Estação Elevatória de Esgoto (EEE) nessa bacia, que será responsável por bombear as águas residuárias geradas para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), de modo, a contribuir e evitar a emissão do efluente doméstico para os córregos e a poluição desse corpo hídrico.

Em virtude disso, a preocupação central deste trabalho está em dimensionar uma EEE na Bacia hidrográfica da Lagoa do Jacaré no município de Várzea Grande no estado de Mato Grosso. Para tanto, foi necessário delimitar o ponto de lançamento de esgoto, bem como, estimar a vazão do efluente que chegará na EEE, definir os tratamentos preliminares e dimensionar a linha de recalque de esgoto desse sistema, com o propósito de melhorar o saneamento básico da região, que consequentemente, impactará na qualidade de vida e saúde dessa população.

Para abordar toda esta temática, este trabalho está estruturado do seguinte modo: no segundo capítulo serão abordados os objetivos geral e específico, em seguida o referencial teórico, na sequência a metodologia. Por fim, os resultados e discussões, que serão abordados o Projeto Executivo da EEE da Lagoa do Jacaré com desenhos das plantas e vista, considerando os volumes dos poços da EEE, como também, o Conjunto Moto Bomba (CMB) escolhido, e o perfil da Linha de Recalque da Elevatória (LRE), assim como, o quadro quantitativo da lista de materiais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- Dimensionar uma Estação Elevatória de Esgoto na Bacia hidrográfica da Lagoa do Jacaré no município de Várzea Grande no estado de Mato Grosso.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Definir o ponto de lançamento do esgoto da bacia da Lagoa Jacaré;
- Estimar a vazão de esgoto bruto na EEE;
- Determinar o tratamento preliminar na EEE;
- Traçar e dimensionar a linha de recalque de esgoto.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Esgoto Sanitário

A definição de esgoto sanitário de acordo com a norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986), é o “Despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”.

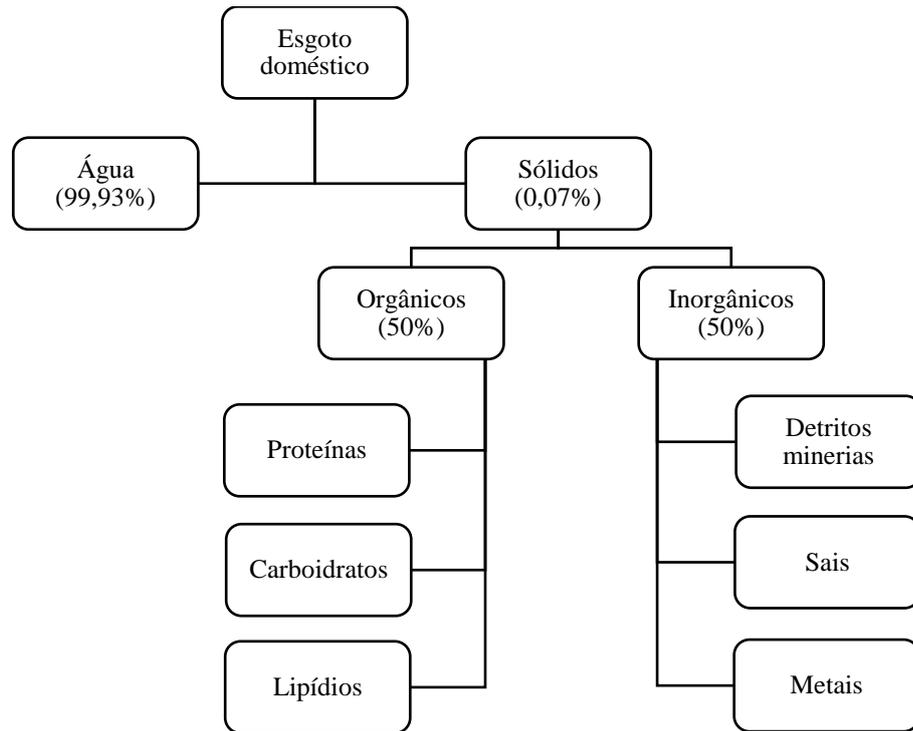
Sendo que, nessa Norma Brasileira N.º 9648 de 1986, acrescenta a tudo isso mais acepções:

O Esgoto Doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Assim como, o Esgoto Industrial que é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos e por fim, a Água e Infiltração, que é toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações (ABNT, 1986).

Ademais, também pode-se definir de acordo com sua origem, como exemplo as águas residuais provenientes da combinação de líquidos e resíduos sólidos transportados pela água, derivadas de residências, edifícios comerciais, escritórios e instituições, com resíduos das indústrias, águas subterrâneas, superficiais ou de precipitação que também podem, eventualmente, ser reunidas ao esgoto sanitário (MENDONÇA, 1987).

Além disso, faz necessário, caracterizar os compostos presentes no Esgoto Sanitário Doméstico, o qual apresenta cerca de 99,93% de água, e 0,07% de sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos (MENDONÇA, et al. 2016). Na figura 1, tem-se a representação mais detalhada dessa composição.

Figura 1 – Características qualitativas geral do esgoto doméstico.



Fonte: Adaptado de: Metcalf & Eddy, Inc. (2003).

Por conta desses compostos presentes na composição desses efluentes, sendo eles domésticos e/ou industriais, há também a aparência de odores, isto é, a formação de gases no processo de decomposição anaeróbia dos sólidos. Conforme Jordão e Pessoa (2017), esses odores podem ser caracterizados pelo aroma de mofo, que é suportável e bem típico de água residual fresca, como também, de ovo podre, já considerada insuportável e muito presentes em esgoto séptico.

Além do odor característico, pode-se identificar a presença de esgotos em leitos hídricos relacionando à sua aparência, isto é, pela cor e turbidez da água. Segundo Mendonça (2017), o esgoto fresco possui a tonalidade acinzentada, que pode variar gradualmente para cinza e preta, ademais, a presença de efluentes industriais, apresentam qualquer outra cor, dependendo da finalidade de sua produção, por exemplo, indústria têxtil ou de tintas.

De acordo com Carvalho (1981), a poluição é qualquer interferência que prejudique no processo de transmissão de energia em um ecossistema. Visto que, a disposição inadequada de esgotos sanitários, são uma das principais causas de poluição de corpos d'água, o qual, é extremamente prejudicial para o meio ambiente e saúde humana, portanto faz-se necessária a presença do Sistema de Esgotamento Sanitário nas cidades.

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

O sistema de esgotamento sanitário é responsável por coletar, destinar e tratar os efluentes domésticos e industriais. Sendo uma das ferramentas hidráulicas mais benéficas para o meio ambiente e a saúde humana.

Segundo Nuvolari et al. (2011), a principal finalidade do sistema de esgotamento sanitário numa cidade são os aspectos Higiênico, Social e Econômico, sendo que, o primeiro tem o objetivo de prevenir, controlar e erradicar muitas doenças de veiculação hídrica. Ademais, o segundo aspecto tem a propósito de melhorar a qualidade de vida da população e eliminar os odores, assim como, os aspectos visual e estético que acomete na poluição do leito hídrico. Por fim, o último aspecto tem o alvo de melhorar a produtividade geral, ressaltando a industrial e agropastoril.

Vale ressaltar que, os sistemas de esgotamento podem ser classificados de acordo com o tipo de despejos coletados, tais como, o sistema único ou combinado, sistema parcial separador e sistema separador absoluto (MENDONÇA, et al. 2017).

O sistema único ou combinado, é a combinação das águas pluviais (água de subsolo que penetra no sistema através de tubulações e órgãos acessórios) e as águas residuárias (doméstica e industriais), onde são transportados pelo mesmo sistema (MENDONÇA, et al. 2017; TSUTIYA, et al, 2011).

Além disso, no sistema parcial separador, são admitidas na rede apenas uma porcentagem das águas pluviais derivados de telhados e pisos dos domicílios, que são encaminhadas juntamente com as águas residuárias e águas de infiltração do subsolo para um único sistema de coleta e transporte dos esgotos (MENDONÇA, et al. 2017; TSUTIYA, et al, 2011).

Por fim, no sistema separador absoluto, são transportados esgoto doméstico e águas pluviais em sistemas independentes (MENDONÇA, et al. 2017). Segundo a definição da norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986) esse sistema possui 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. Esse sistema separador absoluto entre as redes de esgotamento sanitário e águas pluviais é considerado o mais adequado no Brasil.

### **3.3 Componentes de um SES**

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011), e a NBR N.º 9648 (ABNT, 1986), o SES pode ser definido de acordo com a sua função, sendo ela:

- Rede Coletora, responsável por coletar e conduzir o esgoto por meio de conjuntos de canalizações que podem passar pelos PV, CP, TIL, PI e TL e receber contribuições de ligações prediais, conforme descrição:
  - a. Ligação Predial, é o trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e coletor;
  - b. Poço de Visita (PV), é uma câmara que permite o acesso de pessoas e equipamentos para serviços de manutenção, utilizada quando há mudanças de direção, declividade e encontro de coletores;
  - c. Caixa de Passagem (CP), é uma câmara sem acesso, que permite a passagem de equipamentos para a limpeza do trecho a jusante, empregada quando se tem mudanças de direção, declividade, diâmetro e material;
  - d. Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL) ou Poço de Inspeção (PI), é um dispositivo não visitável que permite a inspeção visual e introdução de equipamentos de limpeza;
  - e. Terminal de Limpeza (TL), é um disposto localizado na cabeceira do coletor que permite a introdução de equipamentos para limpeza.
- Interceptor, é a canalização que recebe coletores e transporta o esgoto sanitário coletado ao longo do seu comprimento, não recebendo contribuições de ligações prediais;
- Sifão invertido, é uma câmara que funciona sobre pressão com a finalidade de transpor obstáculos, depressões ou cursos de água pela tubulação;
- Estação Elevatória, é um conjunto de instalações destinadas a transferir os efluentes de uma cota mais baixa para outra mais alta;
- Estação de Tratamento, é um conjunto de instalações destinadas a depuração de águas residuárias, antes do seu lançamento;
- Corpo de água receptor, é o leito hídrico onde são lançados os esgotos;
- Emissário, é a tubulação responsável por receber e conduzir o esgoto até uma estação de tratamento, como também, descarga o efluente até um corpo receptor.

### **3.4 Estação Elevatória de Esgoto (EEE)**

As Estações Elevatória de Esgoto são instalações que se destinam ao transporte de esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações da vazão afluyente, ou seja, são projetadas para destinar e transferir os esgotos (NUVOLARI, 2011 e TSUTIYA, et al, 2011). Neste item serão abordados temas relacionados às EEE, como golpe de aríete, cavitação e sistemas de bombeamento.

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011), para definir a localização de EEE, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- As dimensões do terreno deverão satisfazer as necessidades construtivas;
- Baixo custo e facilidade de desapropriação do terreno;
- Disponibilidade de energia elétrica;
- Topografia da área;
- Sondagem do terreno;
- Facilidade de acesso à área;
- Estabilidade contra erosão;
- Menor desnível geométrico;
- Trajeto mais curto para tubulação de recalque;
- Mínimo remanejamento de interferências;
- Harmonização da obra com o ambiente circunvizinho.

Ademais, de acordo com o Tsutiya (2006), os subcomponentes da EEE são divididos em Estrutural, Elétrico, Mecânico e Tubulação, sendo que a primeira abrange a área da construção civil que é o poço de sucção, poço desarenador e casa de máquinas. Como também, o segundo e terceiro subcomponentes se limitam à área da eletromecânica com as bombas e motores. Por fim, o último subcomponente é composto por tubulações hidráulicas presentes na sucção, barrilete e recalque.

Vale ressaltar que, ao dimensionar a EEE, devem-se levar em consideração dois aspectos importantes. Segundo o Porto (2006), o primeiro é o diâmetro de sucção, que é responsável por conduzir a água do reservatório inferior até a bomba. O segundo aspecto é o diâmetro de recalque que conduz a água da bomba até o local de destinação. Sendo que, esses aspectos são relevantes para evitar o golpe de aríete, cavitação ou o extravasamento do esgoto na rede, ocasionados por um dimensionando equivocado da EEE.

#### 3.4.1 Golpe de Aríete

O golpe de aríete acontece quando a válvula de retenção se fecha rapidamente em uma tubulação de recalque, ou quando se desliga a bomba abruptamente em decorrência da ausência de energia. Como consequência, há um aumento de pressão instantânea no conduto forçado. Ele não pode ser detectado por instrumentos convencionais, sendo a perturbação do fluido caracterizado com natureza oscilatória, isto é, ocorrem sobrepressões e subpressões (NUVOLARI, 2011 e KIDDE, 2007).

Ademais, a presença do golpe de aríete nas tubulações pode gerar consequências nos sistemas hidráulicos, tais como diminuição do desempenho do sistema, deformação de condutos, válvulas e outros componentes (MORECHI, 2018). Além disso, quando as pressões atingem mínimas abaixo da pressão atmosférica, pode ocorrer o colapso nas tubulações. (MASIERO JUNIOR, 2008)

Desse modo, para que possam ser evitadas ou reduzidas as consequências que o golpe de aríete gera nos sistemas hidráulicos, segundo Macintyre (2012), podem-se considerar:

- Empregar tubulações com diâmetros grandes, que reduzem a velocidade de escoamento;
- Adaptar volantes de grande inércia que reduzem as subpressões;
- Utilizar válvulas de retenção ou válvulas especiais de fechamento controlado;
- Construir chaminés de equilíbrio (*stand-pipes*), separando os trechos de grande declividade de outros com menor inclinação.

### 3.4.2 Cavitação

A cavitação pode ser descrita como o fenômeno e destruição de bolsas de vapor ou cavidades cheias de vapor nas tubulações hidráulicas (AZEVEDO NETTO et al., 2015). Além disso, Diniz (2020) referencia “a cavitação como sendo um fenômeno que geralmente ocorre como resultado de baixas pressões durante um evento transitório, como consequência, altera significativamente a forma de propagação da onda gerada pelo golpe de aríete”.

Ademais, a presença de cavitação em condutos forçados com pressões entrementes altas, pode gerar o rompimento da tubulação, por consequência de duas situações, sendo a primeira o colapso das cavidades quando atingem uma determinada dimensão, e a segunda a separação de colunas, que ocorre a posterior rejunção abrupta (COVAS, 2003).

### 3.4.3 Sistema de Bombeamento

O sistema de bombeamento é um Conjunto de Moto Bomba (CMB), responsável por recalcar a água, sendo ele residuária ou não, por tubulações e equipamentos hidráulicos de uma cota mais baixa para a mais alta. As bombas usualmente mais utilizadas para o recalque de esgoto de acordo com Tsutiya et al. (2011) são:

- Bombas centrifugas, são as mais utilizada em EEE, são caracterizadas por terem um rotor que fornece ao líquido o trabalho mecânico para vencer o desnível necessário, podendo ser submersas ou não submersas;
- Bombas parafusos, são as mais antigas que existem, o seu funcionamento é baseado no princípio de parafuso de Arquimedes, no qual um eixo rotativo pode ser acoplado de uma a três lâminas helicoidais, que giram em um plano inclinado elevando o esgoto.

Ademais, os equipamentos de recalque, ou seja, as bombas, podem ser instaladas em poços secos ou úmidos nas estações elevatórias. De acordo com Mendonça et al. (2017) e Tsutiya e Sobrinho (2011) os principais tipos de poços utilizados são:

- Poço Seco, é caracterizado por ter a separação do poço de sucção e o da casa de bombas:
  - a) Conjunto moto bomba de eixo horizontal;
  - b) Conjunto moto bomba de eixo vertical prolongado (Bomba não submersível);
  - c) Conjunto moto bomba de eixo vertical (bomba não submersível).
- Poço úmido, é mais utilizado em EEE de pequeno e médio porte, nos quais são utilizadas Conjunto Moto Bomba (CMB) submersíveis:
  - a) Bomba autoescorvante;
  - b) Conjunto vertical de eixo prolongado (bomba submersível);
  - c) Conjunto moto bomba submersível.

Vale ressaltar que, a SABESP (2018) padronizou as elevatórias convencionais de poço úmido com a utilização de conjuntos moto bombas submersíveis, o qual, são vantajosas em decorrências do baixo custo de operação e manutenção, como também, possui função de bombear líquidos com sólidos (CREMASCO, 2012).

## 3.5 Estação de Tratamento de Esgoto

A Normativa Brasileira N.º 12209/2011, estabelece os projetos de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), o qual, define a ETE como uma unidade de tratamento de esgoto, que utiliza conjuntos de equipamentos e sistemas, com o propósito de reduzir as cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionar a da matéria residual resultante do tratamento (ABNT, 2011).

Nas unidades de tratamento de esgoto, são executadas distintas operações e processos unitários que propiciam a separação entre os poluentes em suspensão e dissolvidos, como também, da água a ser descarregada no corpo receptor, bem como o condicionamento dos resíduos retidos, sendo eles, denominados de lodo de esgoto (JORDÃO, et al, 2005 e NUVOLARI, 2011).

Segundo Von Sperling (2011), os tratamentos do efluente domésticos são classificados em quadro unidades:

- Tratamento preliminar, tem a função de remover os sólidos grosseiros através de mecanismos físicos, por meio de gradeamentos e poços de areia ou desarenador;
- Tratamento primário, tem o objetivo de retirar os sólidos sedimentáveis e, por conseguinte, retirar parte da matéria orgânica, esse tratamento também é realizado através de mecanismos físicos;
- Tratamento secundário, tem a finalidade de remover a matéria orgânica e os nutrientes, como exemplo o nitrogênio e fósforo, a partir de mecanismos biológicos e físico-químicos;
- Tratamento terciário, tem o propósito de remover os poluentes específicos, tais como, compostos não biodegradáveis ou tóxicos, que pode influenciar na remoção complementar de poluentes que restaram do tratamento secundário.

### **3.6 Normativas**

As normativas brasileiras que estabelecem os padrões de projetos para os Sistemas de Esgotamento Sanitário, com ênfase nas Estações Elevatória de Esgoto são:

- NBR 9649 de 1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário;
- NBR 16682 de 2018 - Requisitos para elaboração de projeto de linha de recalque para sistema de esgotamento sanitário;
- NBR 12208 de 2020 - Requisitos para a elaboração de projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto.

### 3.6.1 NBR 9649 de 1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário

A Norma Brasileira N.º 9649 de 1986, estabelece Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário.

Esta Norma fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário, funcionando em lâmina livre, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário (ABNT, 1986).

A NBR 9649/1986 também sugere valores de coeficientes e grandezas a serem utilizados nos cálculos hidráulicos de esgotamento sanitário, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Coeficientes, valores e grandezas para o dimensionamento de redes coletoras de esgoto.

<b>Coeficientes</b>	<b>Valores</b>
Coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ )	1,20
Coeficiente da hora de maior consumo ( $k_2$ )	1,50
Coeficiente de retorno esgoto ©	0,80
Coeficiente de mínima vazão horária ( $k_3$ )	1,20

Fonte: Adaptado da NBR 9649 (ABNT, 1986).

### 3.6.2 NBR 16682 de 2018 - Requisitos para elaboração de projeto de linha de recalque para sistema de esgotamento sanitário

A Norma Brasileira N.º 16682/2018, estabelece os requisitos para elaboração de projeto de linha de recalque para sistema de esgotamento sanitário, por exemplo, especifica as velocidades mínimas e máximas no barrilete da linha de recalque, as quais são, 0,6 m/s a 3 m/s. Além disso, é recomendado também a necessidade de dotar o sistema de válvulas de bloqueio no início da linha de recalque, além de medidores ou controladores de vazão, para o monitoramento e controle operacional da EEE (ABNT, 2018).

### 3.6.3 NBR 12208 de 2020 - Requisitos para a elaboração de projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto

A Norma Brasileira N.º 12208/2020, especifica os requisitos para a elaboração de projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto, tal como, padrões de velocidade mínimas e máximas no barrilete de sucção, as quais são, 0,6 m/s a 1,5 m/s (ABNT, 2020).

Ademais, a normativa considera as EEE de menor porte com vazão até 20 l/s, como também, estabelece a quantidade mínimas de CMB de acordo com a sua vazão, tendo como referência mínima a Tabela 2.

Tabela 2 – Vazão, quantidade e tipo de Conjunto Moto Bomba (CMB) em estações elevatórias de esgoto.

<b>Vazão (L/s)</b>	<b>Quantidade mínima de conjunto(s) moto bomba</b>	<b>Tipo de conjunto moto bomba</b>
Até 0,02	1	Centrifugas (submersíveis, horizontal com rotor aberto),
Acima de 0,02 até 7	1 + 1 reserva	conjunto com deslocamento positivo, outras tecnologias
Acima de 7 até 20	1 ou mais com + 1 reserva	disponíveis no mercado.

Fonte: Adaptado da NBR 12208 (ABNT, 2020).

Por fim, a NBR 12208/2020 estabelece a remoção de sólidos grosseiros, para proteger as características das bombas. Para isso, são admitidos o tratamento preliminar com o gradeamento, sendo que, o sistema de gradeamento pode ter a limpeza manual ou mecanizada, em formas de cesto, triturador ou peneira, como também, podem ser classificados de acordo com o espaçamento entre as suas barras (ABNT, 2020).

Tabela 3 – Classificação do espaçamento das barras de gradeamento

<b>Grades</b>	<b>Espaçamento (mm)</b>
Grossa	40 a 100
Média	20 a 40
Fina	10 a 20

Fonte: Adaptado da NBR 12208 (ABNT, 2020).

## 4 METODOLOGIA

Tendo em vista que a finalidade deste trabalho é o dimensionamento de uma EEE, neste capítulo será descrita a metodologia utilizada para o dimensionamento da Estação Elevatória de Esgoto da Bacia hidrográfica da Lagoa do Jacaré no município de Várzea grande no estado de Mato Grosso.

Este capítulo da Metodologia está dividido em duas categorias. Primeiramente, será caracterizado a área de estudo, abordando o município de Várzea Grande e a bacia hidrográfica da Lagoa do Jacaré. Em seguidas serão definidas as localizações da EEE e da LRE, de modo que atenda os aspectos para a construção adequada da Estação Elevatória de Esgoto.

Em segundo lugar, será abordado o memorial de cálculo do dimensionamento hidráulico da EEE, que se iniciará com os cálculos de estimativa de produção média e máxima de esgoto, seguindo para os cálculos do poço do cesto, poço do desarenador, poço de sucção, altura manométrica, a potência dos equipamentos de recalque. Ademais, a verificação de golpe de aríete.

Ainda em Metodologia, nessas etapas de dimensionamento hidráulico da EEE, foram apresentados também os resultados menos complexos.

### 4.1 Caracterização da área de estudo

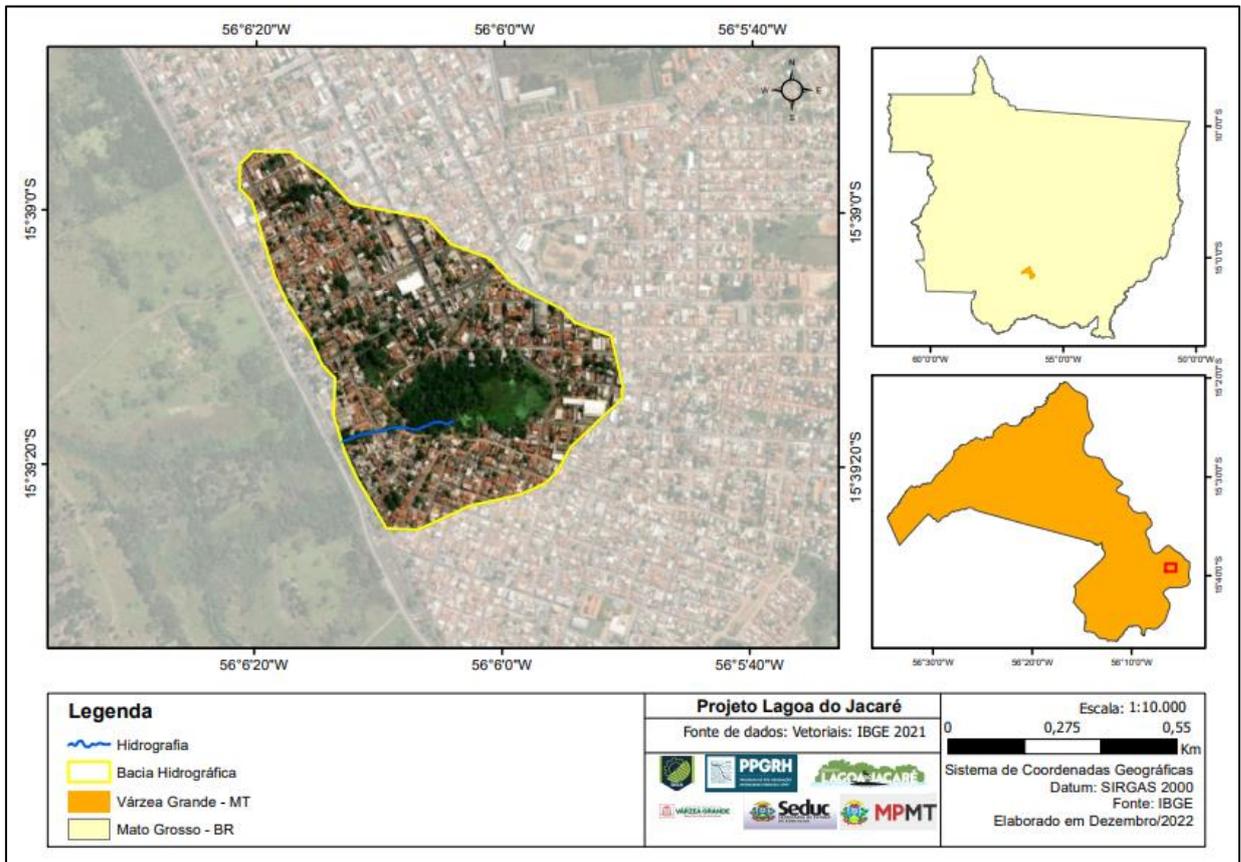
O distrito de Várzea Grande teve sua fundação no ano de 1867 no município de Cuiabá, mas só foi elevado à categoria de cidade no ano de 1948, com a Lei Estadual N.º 126/1948. Esse município está localizado no Estado de Mato Grosso, na Mesorregião do Centro – Sul Mato-Grossense, e Microrregião de Cuiabá, na margem direita do Rio Cuiabá (PDMVG, 2023). Cabe salientar que Várzea Grande integra a Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá, sendo o segundo município mais populoso do estado.

A área do município é de 724,279 km<sup>2</sup> e a população estimada é de 290.383 habitantes (IBGE, 2021 e 2022). Seus limites geográficos são, ao norte, com os municípios de Acorizal, Rosário Oeste e Jangada, ao sul com os municípios de Poconé e Santo Antônio do Leverger ao leste com a capital do Estado de Mato Grosso Cuiabá e a oeste com o município de Nossa Senhora do Livramento (PDMVG, 2023). O perímetro urbano de Várzea Grande pode ser observado na Figura 2.



de Várzea Grande (PROJETO LAGOA DO JACARÉ, 2023). A Figura 3 permite visualizar a bacia hidrográfica do córrego do Jacaré.

Figura 3 – Mapa do perímetro da Bacia Hidrográfica da Lagoa do Jacaré no município de Várzea Grande – MT.



Fonte: PROJETO LAGOA DO JACARÉ, 2023.

Como pode ser visto, a bacia do Jacaré possui ocupação predominantemente urbana, com área total de 44 hectares, ou 0,44 km<sup>2</sup>. O solo predominante da região é o Plintossolo Pétrico, e a ocupação consiste em áreas residenciais de alta densidade.

### 4.3 Estratégia na localização da EEE

A estratégia utilizada para encontrar uma localização que atenda os aspectos para a construção adequada da Estação Elevatória de Esgoto, foi analisar os pontos mais baixos da bacia hidrográfica, que fica ao extremo jusante da Lagoa do Jacaré, localizado na Avenida Murilo Domingos.

Os registros de coordenadas geográficas são 15°39'18.56"S e 56°6'13.51"W, com cota de 171,473 m com relação ao nível do mar, conforme se pode observar na Figura 4.

Figura 4 – Local da EEE da Bacia Hidrográfica da Lagoa do Jacaré.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2023.

#### 4.4 Estratégia na localização da LRE

Após escolher o local que será dimensionado a EEE, foi proposto segundo documento formal da companhia de saneamento de Várzea Grande (DAE-VG, 2023), qual o melhor local para o lançamento do esgoto da bacia do Lagoa do Jacaré. Com esse documento, foi acordado que o ponto do deságue do efluente da bacia será no PV de profundidade de 0,95 m, localizado na Avenida Murilo Domingos. Seu traçado pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Local da EEE e da LRE da Bacia Hidrográfica da Lagoa do Jacaré.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2023.

Os registros de coordenadas geográficas da LRE são  $15^{\circ}39'28.48''S$  e  $56^{\circ}6'7.90''W$ , na cota de 175,493 m com relação ao nível do mar. A linha de recalque terá uma extensão de aproximadamente de 360 m, com o caminamento pela Avenida Murilo Domingos, em sub-bacia vizinha. Vale salientar que a destinação desse esgoto será em uma rede de esgoto já existente, e que encaminha os efluentes da bacia do Jacaré e dessa bacia vizinha à estação de tratamento de esgotos ETE Maringá II.

#### 4.5 Dimensionamento Hidráulico da EEE

Após as estratégias descritas utilizadas para definir o local da EEE e a LRE, serão calculadas a Vazão de Projeto, Poço do Cesto, Poço Desarenador, Poço de Sucção, Altura Manométrica e a Potência dos equipamentos de recalque. Esse dimensionamento foi realizado com o auxílio do software SULZER e por fim, a verificação de Golpe de Ariete.

#### 4.5.1 Volume de Projeto

Para encontrar a estimativa de produção de esgoto que chegará na EEE da Bacia hidrográfica da Lagoa do Jacaré, necessita-se das principais informações e cálculos, sendo elas o número de lotes que habitam na bacia e da densidade demográfica. Esses dados permitem estimar a população residente na bacia geradora de esgoto. Cabe ressaltar que para essa estimativa só foram considerados os habitantes com moradias regulares na área da bacia. Tal estimativa de número de edificações foi realizada por meio de contagem por imagem de satélite do Google Earth, instaladas dentro dos limites da bacia hidrográfica.

Os dados utilizados para a estimativa da população geradora de esgoto na bacia do Jacaré estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados para o cálculo de população.

<b>Descrição</b>	<b>Dados</b>	<b>Fontes</b>
N.º de Lotes	724	Autor
Densidade demográfica (hab/edif)	3,3	IBGE, 2010

Fonte: Autor, 2023.

A quantidade de habitantes foi estimada pela Equação 1:

$$Pop = Nl \times D \quad (1)$$

Sendo:

P – População estimada (habitantes)

N – Número de edificações

D – Densidade populacional por edificação (hab/edif)

Ou seja,

$$\text{População} = 724 \times 3,3 = 2390 \text{ habitantes}$$

Após estimar o número habitantes que residem na bacia da lagoa do Jacaré, pode-se seguir com o cálculo para encontrar a vazão média e máxima de produção de esgoto que chegará na EEE. Cabe ressaltar que o dimensionamento foi baseado no sistema do tipo separador absoluto. Dessa forma, não foram ponderadas as contribuições de chuva.

Os dados gerais para estimativa de vazão de projeto estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados para o cálculo de vazão de projeto.

Descrição	Dados	Fontes
Consumo per capta ( $q_p$ )	150	DACACH (1979)
Coefficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ )	1,20	NBR 9649/1986
Coefficiente da hora de maior consumo ( $k_2$ )	1,50	NBR 9649/1986
Coefficiente de retorno esgoto (C)	0,80	NBR 9649/1986
População de projeto (P)	2390	Autor

Fonte: Autor, 2023.

Assim, as vazões média e máxima na rede foram calculadas conforme a equação 2 e a equação 3, respectivamente.

Calcula-se a Vazão Média na rede ( $Q_{méd}$ ):

$$Q_{méd} = \frac{q_p \times P \times C}{86.400} \quad (2)$$

Sendo:

$Q_{méd}$  – Vazão Média (l/s)

$q_p$  – Consumo per capta

P – População de projeto (habitantes)

C – Coeficiente de retorno esgoto

Ou seja,

$$Q_{méd} = \frac{150 \times 2390 \times 0,80}{86.400}$$

$$Q_{méd} = 3,32 \text{ l/s ou } 0,1992 \text{ m}^3/\text{min}$$

Vazão Máxima na rede ( $Q_{máx}$ ):

$$Q_{máx} = \frac{q_p \times k_1 \times k_2 \times P \times C}{86.400} \quad (3)$$

Sendo:

$q_p$  – Consumo per capta

$k_1$  – Coeficiente do dia de maior consumo

$k_2$  – Coeficiente da hora de maior consumo

P – População de projeto (habitantes)

C – Coeficiente de retorno esgoto

Ou seja,

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{150 \times 1,2 \times 1,5 \times 2390 \times 0,80}{86.400}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 6 \text{ l/s ou } 0,36 \text{ m}^3/\text{min ou } 0,006 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.5.2 Poço do Cesto

Para dimensionar o volume do Poço do Cesto, necessita-se saber a cota final do conduto a jusante da rede coletora da bacia, desse modo, obtém-se a altura necessária para determinar o volume do poço. Vale ressaltar que esse poço será responsável por realizar o primeiro tratamento preliminar, ou seja, do gradeamento, responsável por conter os sólidos grosseiros e os materiais com dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras que é retido (VON SPERLING, 2011).

Ademais, como não há uma rede de coleta de esgoto existente na bacia, a estratégia adotada para estimar a cota de chegada do conduto na EEE, foi encontrar a área mais plana da bacia e traçar um trecho até a EEE, de modo que atenda os parâmetros mínimos estabelecidos pela NBR 9649/1986 (ABNT, 1986). Para isso, foi considerada a vazão máxima de 6 l/s na rede coletora. Essa profundidade foi então estimada em 2 m.

Seguindo a recomendação da NBR 12209/2020 (ABNT, 2020), o gradeamento da EEE será em formato de cesto içável de aço inox com limpeza manual. Esse dispositivo permite a retenção de sólidos de grandes e médias dimensões, com espaçamento de 3 cm entre as barras e espessuras de 0,5 cm.

Para verificar se essas dimensões adotadas serão eficientes na retenção dos sólidos, faz-se necessário calcular a Eficiência da grade, considerando os seguintes dados da Tabela 6.

Tabela 6 – Dados para os cálculos de eficiência na grade.

<b>Descrição</b>	<b>Dados</b>	<b>Fontes</b>
Espaçamento entre as barras (a)	3 cm	Autor
Espessura das barras (t)	0,50 cm	Autor

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se a Eficiência da Grade pela equação 4:

$$E = \frac{a}{a + t} \quad (4)$$

Sendo:

$E$  – Eficiência da Grade

$a$  – Espaçamento entre as barras (cm)

$t$  – Espessura das barras (cm)

Ou seja,

$$E = \frac{3}{3 + 0,50}$$

$$E = 0,85 \text{ ou } 85\%$$

Em seguida, deve-se descobrir a Área Útil da seção da grade, Área Total e a Largura da base, para isso será adotado a velocidade mínima do esgoto de 0,40 m/s conforme estabelecido na NBR 12208 (ABNT, 2020). Considerando os seguintes dados da Tabela 7.

Tabela 7 – Dados para os cálculos de Área Útil da seção da grade, Área Total e a Largura da base.

<b>Descrição</b>	<b>Dados</b>	<b>Fontes</b>
Eficiência (E)	0,85	Autor
Vazão (Q)	0,006 m <sup>3</sup> /s	Autor
Altura da Lâmina Jusante da Grade ( $H_{\text{máx}}$ )	0,066 m	Autor
Velocidade de esgoto (V)	0,40	NBR 12208/2020

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se Área Útil ( $A_u$ ) pela equação 5:

$$A_U = \frac{Q}{V} \quad (5)$$

Sendo:

$A_u$  – Área Útil (m<sup>2</sup>)

$Q$  – Vazão (m<sup>3</sup>/s)

$V$  – Velocidade de esgoto (m/s)

Ou seja,

$$A_U = \frac{0,006}{0,40}$$

$$A_U = 0,0015 \text{ m}^2$$

Calcula-se Área Total ( $A_T$ ) pela equação 6:

$$A_T = \frac{A_U}{E} \quad (6)$$

Sendo:

$A_T$  – Área Total ( $m^2$ )

$A_U$  – Área Útil ( $m^2$ )

$E$  – Eficiência da Grade

Ou seja,

$$A_T = \frac{0,0015}{0,85}$$

$$A_T = 0,0175 \text{ m}^2$$

Largura da Base ( $b$ ) pela equação 7:

$$b = \frac{A_T}{H_{m\acute{a}x}} \quad (7)$$

Sendo:

$b$  – Largura da Base (m)

$A_T$  – Área Total ( $m^2$ )

$H_{m\acute{a}x}$  – Altura da Lâmina Jusante da Grade (m)

Ou seja,

$$b = \frac{0,0175}{0,066}$$

$$b = 0,26 \text{ m}$$

Logo para a dimensão do gradeamento médio, será adotado a largura de base de 30 cm. Vale ressaltar, que foram utilizadas as dimensões do poço do cesto, com formato de prisma retangular de base 1 m, largura 1 m e altura 2 m.

#### 4.5.3 Poço Desarenador

O poço de Areia, será o segundo e último tratamento preliminar na EEE, o qual, será responsável em reter a areia no fundo do poço. Para dimensionar o volume do Poço

Desarenador, deve considerar, a NBR 12209 (ABNT, 2011), o qual, estabelece a taxa de escoamento superficial que deve estar compreendida entre 600 a 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d. Considerando que a caixa de areia dessa EEE será em formato de cubo, desse modo, para que atenda os parâmetros estabelecidos na norma, adotou-se as seguintes dimensões: base de 1 m, largura 1 m e altura 1 m.

Ponderando 20% a mais de vazão como medida de segurança para o CMB que estará no poço de sucção, se tem a Vazão de Recalque ( $Q_{rec}$ ):

$$Q_{rec} = 1,20 \times 0,36 = 0,432 \text{ m}^3/\text{min} \text{ ou } 0,0072 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para verificar se essas dimensões adotadas estão dentro dos parâmetros da normativa, calcula-se a taxa de escoamento superficial. Considerando, os seguintes dados na Tabela 8.

Tabela 8 – Dados para os cálculos da taxa de escoamento superficial.

Descrição	Dados	Fontes
Vazão de Recalque ( $Q_{rec}$ )	0,0072 m <sup>3</sup> /s	Autor
Base	1 m	Autor
Altura	1 m	Autor

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se a taxa de escoamento superficial pela equação 8:

$$V = \frac{Q_{rec}}{A} \quad (8)$$

Sendo:

V – Taxa de escoamento superficial (m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>.d)

$Q_{rec}$  – Vazão de Recalque (m<sup>3</sup>/s)

A – Área (m<sup>2</sup>)

Ou seja,

$$V = \frac{0,0072 \times 3,6 \times 24}{1 \times 1}$$

$$V = 622,08 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

Logo, as dimensões adotadas atendem a normativa 12209 (ABNT, 2011), com a taxa de escoamento superficial de 622,08 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d.

#### 4.5.4 Poço de Sucção

Para encontrar o volume do poço de sucção, necessita-se das seguintes informações, a vazão de projeto e o tempo de ciclo que o CMB vai trabalhar. Tendo em vista que já foi calculado a vazão de projeto, que são 6 l/s, pode-se obter o tempo de ciclo.

De acordo com a NBR 12208 (ABNT, 2020), para elevatórias com vazão máxima de até 7 l/s (conforme Tabela 2) , podem ser adotadas até 15 partidas por hora, portanto, seguindo o que foi estabelecido na norma, a bomba dessa EEE trabalhará em ciclos de 15 min.

Em primeiro, deve-se encontrar o Volume Útil ou volume mínimo do poço, considerando-se, os seguintes dados na Tabela 9.

Tabela 9 – Dados para o cálculo de volume mínimo.

Descrição	Dados	Fontes
Vazão Afluente (Q <sub>a</sub> )	0,36 m <sup>3</sup> /min	Autor
Tempo de ciclo (t)	15 min	NBR 12208/2020

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se o Volume útil (V<sub>u</sub>) pela equação 9:

$$V_u = \frac{Q_a \times t}{4} \quad (9)$$

Sendo:

V<sub>u</sub> – Volume útil (m<sup>3</sup>)

Q<sub>a</sub> – Vazão Afluente (m<sup>3</sup>/min)

t – Tempo de ciclo (min)

Ou seja,

$$V_u = \frac{0,36 \times 15}{4}$$

$$V_u = 1,35 \text{ m}^3$$

Portanto, as dimensões adotadas são: largura de 1,50 m, comprimento 1,50 m, altura 0,60 m. Vale ressaltar, que foi adotada a altura de 0,60 m por ser a altura de um CMB.

Em seguida, faz-se essencial realizar a verificação dos cálculos para encontrar o Tempo de Parada da Bomba, que é o tempo necessário para encher o poço de sucção, assim como, o Tempo de Funcionamento da Bomba, que é o tempo necessário para esvaziar o poço de sucção e o Tempo de Detenção (MENDONÇA, et. al 2017).

Para tanto, são considerados os seguintes dados da Tabela 10.

Tabela 10 – Dados para os cálculos de Tempo de Parada da Bomba, Tempo de Funcionamento da Bomba e Tempo de Detenção da Bomba.

Descrição	Dados	Fontes
Vazão Afluente ( $Q_a$ )	0,36 m <sup>3</sup> /min	Autor
Vazão de Recalque ( $Q_{rec}$ )	0,432 m <sup>3</sup> /min	Autor
Volume Útil ( $V_u$ )	1,35 m <sup>3</sup>	Autor

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se o Tempo de Parada da Bomba ( $T_P$ ) pela equação 10:

$$T_P = \frac{V_u}{Q_a} \quad (10)$$

Sendo:

$T_P$  – Tempo de Parada da Bomba (min)

$V_u$  – Volume Útil (m<sup>3</sup>/min)

$Q_a$  – Vazão Afluente (m<sup>3</sup>/min)

Ou seja,

$$T_P = \frac{1,35}{0,36}$$

$$T_P = 3,75 \text{ min}$$

Tempo de Funcionamento da Bomba ( $T_F$ ) pela equação 11:

$$T_F = \frac{V_u}{Q_{rec} - Q_a} \quad (11)$$

Sendo:

$T_F$  – Tempo de Funcionamento da Bomba (min)

$V_u$  – Volume Útil (m<sup>3</sup>/min)

$Q_{rec}$  – Vazão de Recalque ( $m^3/min$ )

$Q_a$  – Vazão Afluente ( $m^3/min$ )

Ou seja,

$$T_F = \frac{1,35}{0,432 - 0,36}$$

$$T_F = 18,75 \text{ min}$$

Tempo de Detenção ( $T_{det}$ ) pela equação 12:

$$T_{det} = T_P + T_F \quad (12)$$

Sendo:

$T_{det}$  – Tempo de Detenção (min)

$T_P$  – Tempo de Parada da Bomba (min)

$T_F$  – Tempo de Funcionamento da Bomba (min)

Ou seja,

$$T_{det} = 3,75 + 18,75$$

$$T_{det} = 22,50 \text{ min}$$

A NBR 12208/1992 (ABNT, 1992) admite o tempo de detenção menor ou igual a 30 min, para evitar a anaerobiose do esgoto. Portanto, o  $T_{det}$  encontrado de 22,50 min atende o parâmetro estabelecido na norma. Em seguida, para finalizar, precisa-se encontrar o Volume Efetivo, que é o volume compreendido do fundo do poço e o nível máximo de operação (MENDONÇA, et. al 2017).

Considerando, os seguintes dados na Tabela 11.

Tabela 11 – Dados para o cálculo de Volume Efetivo.

Descrição	Dados	Fontes
Vazão Média Afluente ( $Q_{méd}$ )	0,1992 $m^3/min$	Autor
Tempo de Detenção ( $T_{det}$ )	22,50 min	Autor

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se o Volume Efetivo ( $V_{efe}$ ) pela equação 13:

$$V_{efe} = Q_{méd} \times T_{det} \quad (13)$$

Sendo:

$V_{efe}$  – Volume Efetivo ( $m^3$ )

$Q_{méd}$  – Vazão Média Afluente ( $m^3/min$ )

$T_{det}$  – Tempo de Detenção (min)

Ou seja,

$$V_{efe} = 0,1992 \times 22,50$$

$$V_{efe} = 4,48 \text{ m}^3$$

Dessa forma, as dimensões adotadas são: largura de 1,50 m, comprimento 1,50 m, altura 2 m, o que totaliza 4,50  $m^3$ .

#### 4.5.5 Linha de Recalque

O diâmetro da tubulação de Recalque pode ser calculado para pequenas EEE, pela fórmula de Bresse. Vale ressaltar, que o coeficiente de Bresse varia de 1,2 a 1,5 (MENDONÇA, et. al 2017). Considerando os seguintes dados na Tabela 12.

Tabela 12 – Dados para o Diâmetro da LRE.

Descrição	Dados	Fontes
Vazão de Recalque ( $Q_{rec}$ )	0,0072 $m^3/s$	Autor
Coeficiente de Bresse (K)	1,2	MENDONÇA, et. al (2017)

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se o Diâmetro da tubulação de recalque pela equação 14:

$$D_i = K \sqrt{Q_{rec}} \quad (14)$$

Sendo:

$D_i$  – Diâmetro da tubulação de recalque (m)

K – Coeficiente de Bresse

$Q_{rec}$  – Vazão de Recalque ( $m^3/s$ )

Ou seja,

$$D_i = 1,20 \sqrt{0,0072}$$

$$D_i = 0,102 \text{ m ou } 102 \text{ mm}$$

De acordo com o Catálogo da Saint–Gobain Canalização (2021), o diâmetro comercial que atende essas especificações é o Tubo de DN 100, com espessura de 6,6 mm.

Ademais, necessita-se fazer a verificação do cálculo do diâmetro da tubulação. Por consequência, é essencial calcular a Velocidade de Recalque, considerando os dados já mencionados, e pela equação 15:

$$V_{rec} = \frac{Q_{rec}}{\text{Área da tubulação}} \quad (15)$$

Sendo:

$V_{rec}$  – Velocidade de Recalque (m/s)

$Q_{rec}$  – Vazão de Recalque (m<sup>3</sup>/s)

Área da tubulação (m<sup>2</sup>)

Ou seja,

$$V_{rec} = \frac{0,0072}{\frac{\pi \times D^2}{4}}$$

$$V_{rec} = \frac{0,0072}{\frac{\pi \times 0,100^2}{4}}$$

$$V_{rec} = 0,92 \text{ m/s}$$

De acordo com a NBR 16682/2020 (2020), a velocidade mínima e máxima na linha de recalque são 0,6 m/s a 1,5 m/s. Portanto, o diâmetro encontrado atende o parâmetro da norma.

#### 4.5.6 Altura Manométrica

A altura manométrica é a carga que deve ser vencida pela bomba, quando o esgoto está sendo recalcado (MENDONÇA, et. al 2017). Por consequência disso, para encontrar a Altura Manométrica necessária para vencer essa carga, necessitam-se dos desníveis geométricos e das perdas totais nas conexões de recalque e sucção.

Em primeiro, é preciso encontrar a Perda de Carga localizada nas conexões. Entretanto, precisa-se saber o valor do coeficiente de perdas nessas conexões, desse modo, adotou-se os valores propostos por Silvestre (1973) que estarão presentes na EEE, descritos na Tabela 13.

Tabela 13 – Coeficiente de perdas.

<b>Conexão</b>	<b>K</b>	<b>Unidade</b>
Curva 90° raio longo	0,4	5
Curva 90° raio curto	1,5	2
Válvula de gaveta aberto	0,2	5
Curva de 22°30'	0,1	1
Válvula de retenção	2,5	5
Tê de passagem direta	0,6	2
Tê de saída bilateral	1,8	2

Fonte: Adaptado Silvestre, 1973.

Foi considerado o coeficiente de perdas de 18,4, no qual, ponderou as conexões e quantidades que estarão presentes na EEE. Seguindo com os cálculos para encontrar as perdas de cargas localizadas nas conexões, considera-se os seguintes dados na Tabela 14.

Tabela 14 – Dados para Perda de Cargas localizadas nas conexões de sucção.

<b>Descrição</b>	<b>Dados</b>	<b>Fontes</b>
Coeficiente de perdas para cada conexão (K)	18,4	Autor
Velocidade de Recalque ( $V_{rec}$ )	0,92 m/s	Autor
Aceleração da gravidade (g)	9,81 m <sup>2</sup> /s	Autor

Fonte: Autor, 2023

Calcula-se a perda de carga localizada na conexão de sucção ( $h_f$ ) conforme a equação 16:

$$h_f = K \times \frac{V_{rec}^2}{2 \times g} \quad (16)$$

Sendo:

$h_f$  – Perda de carga localizada na conexão de sucção (m)

K – Coeficiente de perdas para cada conexão

$V_{rec}$  – Velocidade de Recalque (m/s)

$g$  – Aceleração da gravidade ( $m^2/s$ )

Ou seja,

$$h_f = 18,4 \times \frac{0,92}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,79 \text{ m}$$

O segundo passo é encontrar a perda de carga localizada nas tubulações, para isso será utilizado a equação de Hazen-Williams (equação 17). Vale ressaltar, que foi adotado o coeficiente de rugosidade ( $C$ ) da tubulação em PEAD. Considerando os seguintes dados na Tabela 15.

Tabela 15– Dados para Perda de Cargas localizadas nas tubulações.

Descrição	Dados	Fontes
Diâmetro da canalização ( $D$ )	0,100 m	Autor
Coeficiente da tubulação ( $C$ )	140	PEAD BRASIL (2023)
Vazão de Recalque ( $Q_{rec}$ )	0,0072 $m^3/s$	Autor
Comprimento da LRE	360 m	Autor

Fonte: Autor, 2023

Calcula-se a perda localizada nas tubulações ( $J$ ) pela equação 17:

$$J = 10,65 \times \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (17)$$

Sendo:

$J$  – Perda localizada nas tubulações (m/m)

$Q_{rec}$  – Vazão de Recalque ( $m^3/s$ )

$C$  – Coeficiente da tubulação

$D$  – Diâmetro da canalização (m)

Ou seja,

$$J = 10,65 \times \frac{0,0072^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,100^{4,87}}$$

$$J = 0,0092 \text{ m/m}$$

Para obter a perda de carga localizada nas tubulações da LRE, basta multiplicar a perda localizada nas tubulações com o comprimento da linha de recalque, conforme a equação 18:

$$\Delta H = J \times L \quad (18)$$

Sendo:

$\Delta H$  – perda de carga localizada nas tubulações da LRE (m)

J – Perda localizada nas tubulações (m/m)

L – Comprimento da linha de recalque (m)

Ou seja,

$$\Delta H = 0,0092 \times 360 = 3,30 \text{ m}$$

O terceiro passo é encontrar a Altura Geométrica, o qual necessita-se das cotas iniciais e finais da linha de recalque, assim como, a profundidade da rede de chega na EEE. Considerando os seguintes dados na Tabela 16.

Tabela 16 – Dados para Altura Geométrica.

<b>Descrição</b>	<b>Dados</b>	<b>Fontes</b>
Cota Final (CTF)	174,543 m	Autor
Cota Inicial (CTI)	171,604 m	Autor
Profundidade de chegada (P)	2 m	Autor

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se Altura Geométrica ( $H_g$ ) pela equação 19:

$$H_g = (CTF - CTI) + P \quad (19)$$

Sendo:

$H_g$  – Altura Geométrica (m)

CTF – Cota Final (m)

CTI – Cota Inicial (m)

P – Profundidade de chegada (m)

Ou seja,

$$H_g = (174,543 - 171,604) + 2$$

$$H_g = 4,94 \text{ m}$$

O quarto e último passo, é encontrar a Altura manométrica total, para isso basta somar as perdas de carga nas conexões e na tubulação de recalque, como também, a altura geométrica. Considerando os dados já encontrados na Tabela 17.

Tabela 17– Dados para Altura Geométrica

Descrição	Dados	Fontes
Perda localizada na conexão de sucção ( $H_f$ )	0,79 m	Autor
Perda de carga na tubulação da LRE ( $\Delta H$ )	3,30 m	Autor
Altura Geométrica ( $H_g$ )	4,94 m	Autor

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se Altura Manométrica Total ( $H_{man}$ ) pela equação 20:

$$H_{man} = H_f + \Delta H + H_g \quad (20)$$

Sendo:

$H_{man}$  – Altura Manométrica Total (m)

$h_f$  – Perda de carga localizada na conexão de sucção (m)

$\Delta H$  – Perda de carga localizada nas tubulações da LRE (m)

$H_g$  – Altura Geométrica (m)

Ou seja,

$$H_{man} = 0,79 + 3,30 + 4,94$$

$$H_{man} = 9,03 \text{ m} \cong 9,00 \text{ m}$$

#### 4.5.7 Potência dos equipamentos de Recalque

Para finalização do dimensionamento da EEE Lagoa do Jacaré, restam apenas encontrar as potências e as características do Conjunto Moto Bomba. Vale recordar, que a NBR 12208/2020 (ABNT, 2020) estabelece para EEE de vazões 7 l/s, o uso de Bombas Centrifugas do tipo Submersível, com a configuração 1 + 1, ou seja, dois CMB, sendo uma delas para reserva e outra para o funcionamento.

Para encontrar as potências necessárias para o CMB, será utilizado o modelo da SULZER (2022). Para essa estimativa, os dados de entrada são a Altura Manométrica e a Vazão

de Recalque. Esse modelo utiliza um *software* que permite encontrar as características do Motor, Descrição do Produto e Dimensões.

Considerando os valores já encontrados na Tabela 18.

Tabela 18 – Dados para a escolha do CMB.

<b>Descrição</b>	<b>Dados</b>	<b>Fontes</b>
Altura Manométrica ( $H_{man}$ )	9 m	Autor
Vazão de Recalque ( $Q_{rec}$ )	0,0072 m <sup>3</sup> /s	Autor

Fonte: Autor, 2023

O modelo do software da SULZER (2022) retornou as especificações do CMB conforme Tabela 19.

Tabela 19 – Descrição do CMB.

<b>MODELO AFP 100-403</b>	
Vazão	7,44 l/s
Altura manométrica	9,61 m
Rendimento hidráulico	46,05 %
Rendimento global	36,26 %
Potência do eixo	1.536 kW
Tipo de propulsor	Propulsor Contrablock, 1 canal
Potência	2,6 kW
Tensão	460 V
Frequência	60 Hz
Boca de descarga	DN 100 PN 10

Fonte: Adaptado SULZER (2022).

#### 4.5.8 Verificação de Golpe de Aríete

Com a finalização dos cálculos de dimensionamento da EEE, faz-se necessário realizar a verificação do Golpe de Aríete. Para isso, necessita-se calcular a Celeridade da Onda utilizando a formula de Allievi, o Período da Tubulação, que é o tempo em que a onda de sobrepressão leva para ir e voltar de uma extremidade a outra, assim como, a Sobrepressão pela formula de Jouksoshy, e por fim, Sobrepressão máxima (MENDONÇA, et. al 2017).

Considerando os seguintes dados na Tabela 20.

Tabela 20 – Dados para a verificação de Golpe de Aríete

<b>Descrição</b>	<b>Dados</b>	<b>Fontes</b>
Coefficiente de elasticidade do Material (K)	1	Azevedo Netto et al (1973)
Diâmetro Interno da Tubulação (D <sub>i</sub> )	100 mm	Autor
Espessura da Tubulação de recalque (e)	6,6 mm	SAN GLOBAIN (2021)
Comprimento da linha de recalque (L)	360 m	Autor
Velocidade de Recalque (V <sub>rec</sub> )	0,92 m/s	Autor
Aceleração da gravidade	9,81 m/s <sup>2</sup>	Autor

Fonte: Autor, 2023.

Calcula-se a Celeridade da onda com a formula de Allievi pela equação 21.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \cdot \frac{D_i}{e}}} \quad (21)$$

Sendo:

C – Celeridade da onda

K – Coeficiente de elasticidade do Material

D<sub>i</sub> – Diâmetro Interno da Tubulação (mm)

e – Espessura da Tubulação de recalque (mm)

Ou seja,

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 1 \cdot \frac{100}{6,6}}}$$

$$C = 424,34$$

Calcula-se o Período da Tubulação pela equação 22:

$$T = \frac{2 \times L}{C} \quad (22)$$

Sendo:

T – Período da Tubulação (s)

L – Comprimento da linha de recalque (m)

C – Celeridade da onda

Ou seja,

$$T = \frac{2 \times 360}{424,34}$$

$$T = 1,70 \text{ s}$$

Calcula-se a Sobrepressão pela fórmula de Joukoshy pela equação 23 :

$$h = \frac{C \times V_{rec}}{g} \quad (23)$$

Sendo:

$h$  – Sobrepressão (mca)

$C$  – Celeridade da onda

$V_{rec}$  – Velocidade de Recalque (m/s)

$g$  – Aceleração da gravidade ( $m^2/s$ )

Ou seja,

$$h = \frac{424,34 \times 0,92}{9,81}$$

$$h = 39,5 \text{ mca}$$

Calcula-se a Sobrepressão máxima pela equação 24:

$$H_{m\acute{a}x} = H_{man} + h \quad (24)$$

Sendo:

$H_{m\acute{a}x}$  – Sobrepressão máxima (mca)

$H_{man}$  – Altura Manométrica Total (m)

$h$  – Sobrepressão (mca)

Ou seja,

$$H_{m\acute{a}x} = 9 + 39,5$$

$$H_{m\acute{a}x} = 48,51 \text{ mca ou } 0,47 \text{ MPa}$$

De acordo com o Catálogo da Saint-Gobain Canalização (2021), a pressão interna máxima suportada pelo tudo integral de Ferro fundido cimentado de recalque, DN 100, é de 6,4 MPa. Logo, não há necessidade de instalação de dispositivo antigolpe, porque a Sobrepressão máxima será de 0,47 Mpa.

Dados os cálculos estimados para o dimensionamento hidráulico da Estação Elevatória de Esgoto, o próximo capítulo, Resultados e Discussões, abordará memorial do dimensionando Hidráulico da Vazão de Projeto, Volume do Poço do Cesto, Volume do Poço Desarenador, Volume do Poço de Sucção, Altura Manométrica e a Potência dos equipamentos de recalque.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados no decorrer deste capítulo os resultados obtidos no dimensionamento da EEE, contendo os dados do poço do cesto, do poço do desarenador, do poço de sucção e do poço do barrilete, além da elaboração do projeto executivo da Planta Baixa e Corte da EEE, como também a LRE, seguidos da lista de materiais hidráulicos utilizados para sua execução.

Os resultados numéricos encontrados na fase metodológica deste trabalho estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Resultados do dimensionamento hidráulico.

Variável	Símbolo	Valor
População estimada	P	2390 hab
Vazão Média	$Q_{\text{méd}}$	3,32 l/s
Vazão Máxima	$Q_{\text{máx}}$	6 l/s
Eficiência da Grade	E	85 %
Área Útil da grade	$A_U$	0,0015 m <sup>2</sup>
Área Total da grade	$A_T$	0,0175 m <sup>2</sup>
Largura da Base do cesto	L	0,30 m
Taxa de escoamento superficial	V	622,08 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d
Volume útil	$V_u$	1,35 m <sup>3</sup>
Vazão de Recalque	$Q_{\text{rec}}$	7,2 l/s
Tempo de Parada da Bomba	$T_p$	3,75 min
Tempo de Funcionamento da Bomba	$T_F$	18,75 min
Tempo de Detenção	$T_{\text{det}}$	22,50 min
Volume Efetivo	$V_{\text{efe}}$	4,50 m <sup>3</sup>
Diâmetro da tubulação de recalque	$D_i$	0,100 m
Velocidade de Recalque	$V_{\text{rec}}$	0,92 m/s
Coeficiente de perdas para conexão	K	18,4
Perda de carga localizada na conexão de sucção	$h_f$	0,79 m
Perda de carga localizada nas tubulações	J	0,0092 m/m
Perda de carga localizada na tubulação de recalque	$\Delta H$	3,30 m
Altura Geométrica	$H_g$	4,94 m

Variável	Símbolo	Valor
Altura Manométrica Total	$H_{man}$	9 m
Celeridade da onda	C	424,34
Período da Tubulação	T	1,70 s
Sobrepessão	h	39,5 mca
Sobrepessão máxima	$H_{máx}$	0,47 MPa

Fonte: Autor, 2023.

## 5.1 Poço do Cesto

Para projetar o Poço do Cesto, foi considerado inicialmente o formato de um prisma retangular de altura 2 m (que é a profundidade de chegada da rede coletora no poço), e largura de 1 m, assim como, o formato do cesto com base de 0,30 m, de 3 cm e espessura da barra de 0,5 cm.

Foi prevista uma Válvula de Gaveta flangeada de corpo curto com cabeçote DN 150 conectada com o tubo flangeado DN 150 de chegada no poço. Essa medida foi tomada prevendo as manutenções necessárias do poço com a limpeza do cesto. Essa válvula terá o objetivo de interromper o fluxo dentro da tubulação, e prevenir que durante as limpezas do cesto não passem sólidos pelo poço sem o tratamento preliminar do gradeamento.

Ademais, para facilitar a limpeza do cesto, foi colocado no projeto um tubo guia com correntes para o içamento manual do cesto. Vale ressaltar, que tanto o cesto como o tubo guia e as correntes, serão de aço inox, em decorrência de serem mais resistentes e não enferrujarem por consequência do contato com o líquido e com gases corrosivos como o sulfeto.

Além disso, para que o cesto não seja movido pela velocidade da água residuária que chegará no poço, foi projetada uma soleira baixa de 5 cm de profundidade considerando as dimensões de base do cesto, para bloquear o deslocamento do mesmo.

Vale evidenciar que foi adotada uma distância de 10 cm a mais no conduto de chegada e na base do poço do cesto, para facilitar na colocação dos parafusos entre a Válvula de gaveta flangeada e o tubo de chegada flangeado. Adicionalmente, é prevista a contenção de concreto em torno da válvula e do tubo, considerando as medidas do cesto. Essa medida evitará que o líquido e os sólidos passem por fora do cesto onde não há grades.

Por fim, foi escolhido um tampão de ferro fundido de DN 600 para colocar no poço do cesto, com o objetivo de permitir o acesso para limpeza do cesto e fechamento da Válvula de

gaveta. Foi também prevista a colocação de um tubo FOFO flange/ponta DN 150, com comprimento de 1050 mm para conduzir o efluente até o poço desarenador.

## **5.2 Poço Desarenador**

Para projetar o Poço de areia, ou desarenador, foi considerado inicialmente o formato de um prisma retangular de altura útil de 1 m, e largura de 1 m, no qual foram dimensionados hidraulicamente.

A altura útil do poço de areia deve iniciar na mesma cota final da altura do poço do cesto, logo, foi projetado 2,10 m a mais de altura no poço desarenador. O tubo flange/ponta FOFO DN 150 de comprimento 1050 mm, que chegará no poço, terá uma folga de 10 cm de comprimento, para facilitar na parafusação do tubo com a válvula de gaveta flangeado de corpo curto com cabeçote DN 150, como também, foi adotado 15 cm a mais sobre a altura útil. Em função disso, as novas dimensões do poço desarenador serão de 3,25 m de profundidade e 1 m de base.

Ademais, será conectado o tubo flange/ponta FOFO DN 150 de chegada do poço desarenador com a Válvula de Gaveta flanges de corpo curto com cabeçote DN 150. Ela exercerá a mesma função que exerce no poço do cesto, ou seja, interromper o fluxo dentro da tubulação, considerando as manutenções e limpezas no poço desarenador com a retirada de areias e sólidos finos.

Em razão dessas manutenções e limpezas que serão necessárias para manter o funcionamento do poço, foi projetado um caminho alternativo que liga o poço do cesto com o poço de sucção, que contará com tubos pontas de PVC DN 100 de comprimento 250 mm, 2760 mm e 520 mm, conectados com curvas de 90° com bolsas PVC DN 100. Dessa forma, será possível fechar a Válvula de gaveta sem impedir o fluxo da água residuária, como também, evitará o extravasamento do poço do cesto.

Por fim, foi escolhido um tampão de ferro fundido de DN 900 para colocar no poço desarenador, o qual também terá o objetivo de permitir o acesso ao poço, e a limpeza, assim como, o fechamento da Válvula de gaveta. Ademais, haverá um tubo flange/ponta FOFO DN 150 com comprimento de 1100 mm na altura útil de 1 m no poço de areia para conduzir o efluente para o poço de sucção.

## **5.3 Poço de Sucção**

Para projetar o Poço de Sucção, foi considerado inicialmente o formato de um prisma retangular com os dimensionamentos hidráulicos obtidos na metodologia, sendo eles o volume útil com dimensões de 1,50 m de bases e 0,60 m altura, e o volume efetivo com 1,50 m de bases e 2 m de altura.

A chegada do tubo flange/ponta FOFO DN 150, de comprimento 1100 mm que conecta o poço desarenador com o poço de sucção, o qual chega com a profundidade de 2,25 m, deve ser somado as alturas mínimas e máximas encontradas no dimensionamento. Logo, as dimensões do poço de sucção serão de 4,25 m de profundidade, sendo que 0,60 m e 2 m, correspondem respectivamente às alturas mínima e máxima no poço, e base de 1,50 m.

O poço de sucção contará com dois CMB da marca Sulzer ®, modelo AFP 100-403. Eles terão os seus pedestais parafusados sobre um degrau de 8 cm com base de concreto, para poder fixar o tubo guia e içar as bombas submersíveis quando houver necessidade.

Ademais, foram escolhidos dois tampões de ferro fundido de DN 600 para colocar no poço de sucção. Essa medida também possui o objetivo de permitir o acesso ao poço, e o içamento dos CMB. Ademais, o poço de sucção contará com dois com tubos flanges FOFO DN 100 de comprimento 2500 mm conectados a dois CMB, para realizar o recalque do poço.

Os dois de tubos flanges FOFO DN 100, de comprimento 2500 mm, responsáveis pelo recalque do poço de sucção estarão conectados com duas curvas de 90° flanges FOFO DN 100. Esses dois tubos flanges FOFO DN 100, de comprimento 2500 mm serão parafusados com dois tubos flanges FOFO DN 100 com comprimento de 1350 mm, que conectarão o poço de sucção com o poço do barrilete, e desse modo, permitir recalcar a água residuária.

#### **5.4 Poço do Barrilete**

Para projetar o Poço do Barrilete foi considerada a profundidade de 1,50 m e base de 1,50 m com formato de prisma retangular. Essas medidas levaram em consideração os barriletes necessários para recalcar o esgoto até o PV localizado a jusante da LRE.

No poço do barrilete chegarão dois tubos flanges FOFO DN 100 de comprimento de 1350 mm, ambos serão conectados com válvulas de retenção flanges de DN 100, exercendo a função de impedir que o fluido recalcado volte para o poço de sucção. Essas válvulas de retenção DN 100 serão parafusadas com válvulas de gaveta flanges FOFO com corpo longo e cabeçote DN 100.

Essas duas válvulas de gaveta flanges FOFO com corpo longo e cabeçote DN 100 serão conectadas com uma curva de 90° flanges FOFO DN 100 e um Tê com flanges FOFO DN 100x100. Vale ressaltar que entre os dois barriletes do recalque de sucção, será adicionado mais um tubo flange FOFO DN 100 de comprimento de 1350 mm, que terá a função de realizar o descargue da linha de recalque, no poço de sucção, quando houver necessidade de manutenção em algum ponto da LRE, e assim esvaziá-la.

As três saídas presentes no barrilete, sendo duas para o recalque da sucção e uma para o descargue da LRE, estarão conectadas pelo tê com flanges FOFO DN 100x100. Cabe acrescentar que no barrilete de descargue da LRE haverá uma válvula de gaveta flanges FOFO com corpo curto e cabeçote DN 100, que só será aberta quando tiver a necessidade de manutenção na LRE.

Por fim, foi escolhido um tampão de ferro fundido de DN 900 para colocar no poço do barrilete, o qual também terá o objetivo de permitir o acesso ao poço e o fechamento da Válvula de gaveta. Como também, o tubo flange/bolsa FOFO DN 100 de comprimento 1200 mm, que estará conectado com o tê flanges FOFO DN 100x100 ligando nos barriletes de recalque de sucção e descarga e a LRE.

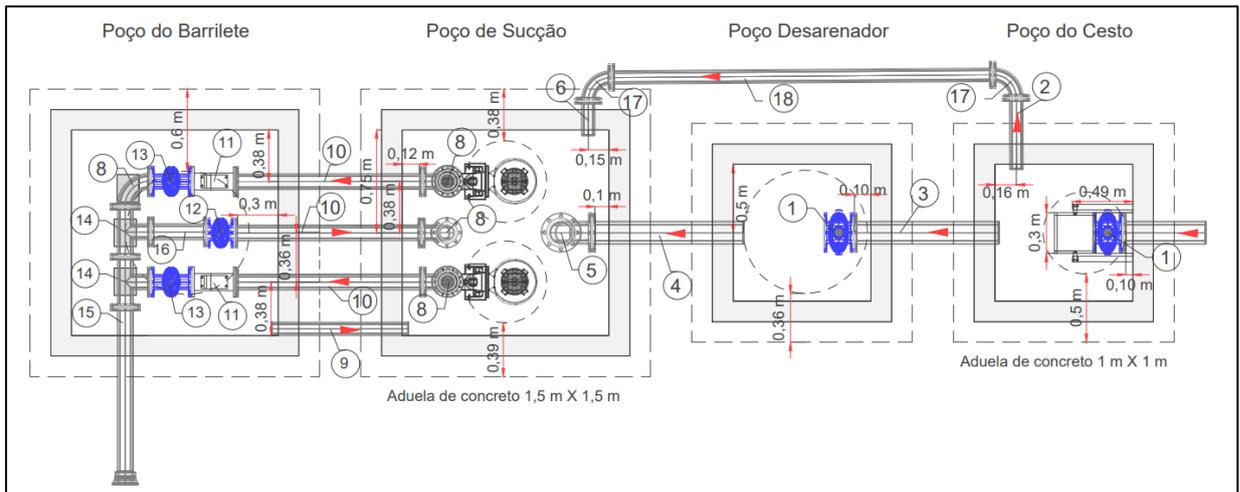
## 5.5 Projeto Executivo

O projeto da Estação Elevatória de Esgoto foi desenvolvido em consonância com a NBR 12208/2020 (ABNT, 2020), por meio do *software* AutoCAD® 2022, utilizando a ferramenta DúctilCad 3D, disponibilizado para download pelo endereço eletrônico da Saint-Gobain, que tem a função de auxiliar nos projetos hidráulicos com os modelos de peças disponíveis.

O projeto executivo finalizado consiste em uma planta baixa da EEE, com o corte, os quais apresentam os Poços do cesto e Poço Desarenador, representados nas Figuras 6 e 7, que exercem a função dos Tratamentos Preliminares na EEE, de modo que consigam reter os sólidos e areias para prolongar a vida útil do CMB, e evitar qualquer dano ao rotor.

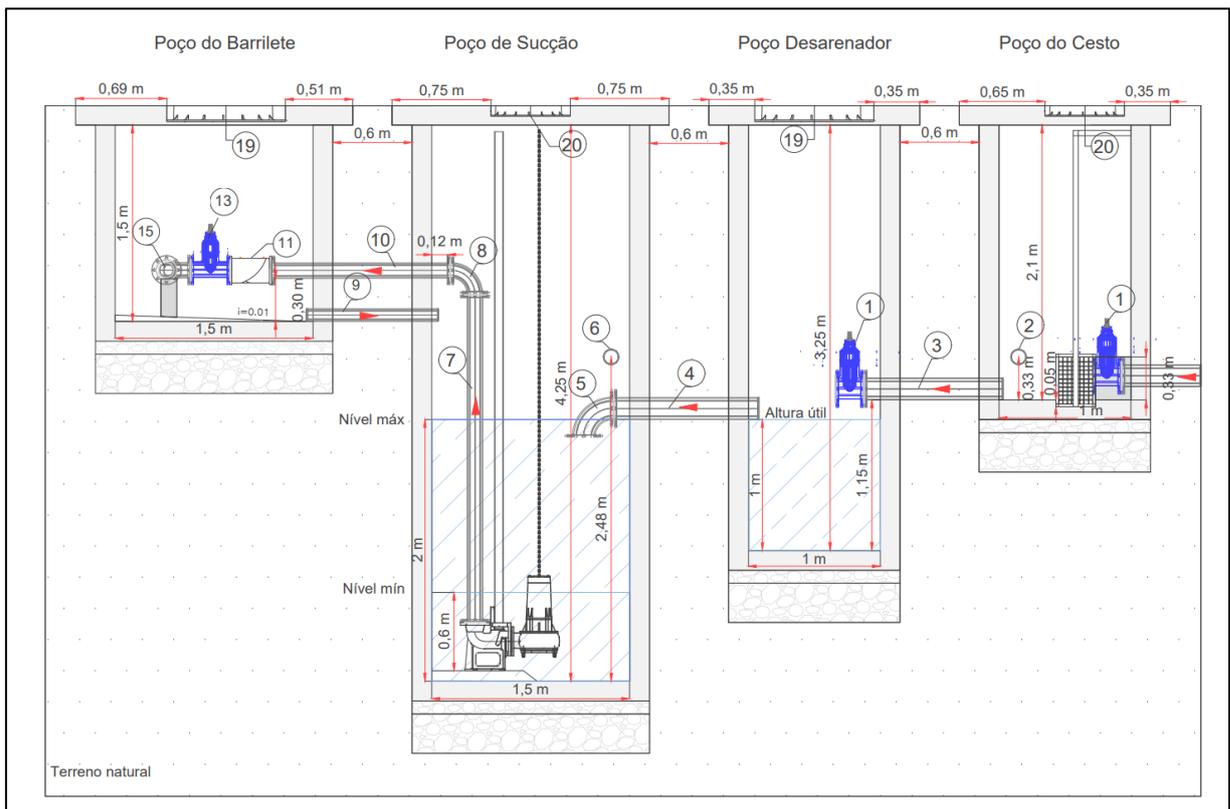
Ademais, o Poço de Sucção e Poço do Barrilete exercerão as funções de recalcar o fluido pelos condutos forçados utilizando o CMB, conforme evidenciado nas Figuras 6 e 7. Vale salientar, que nas imagens contidas nas Figuras 6 e 7 da Planta baixa e corte, são identificados cada peça conforme a sua numeração. Essas peças serão descritas na lista de materiais na Tabela 22, como também, a direção do caminho do fluxo do esgoto pelos poços. As Figuras 6 e 7 estão apresentadas em maior escala no capítulo do Apêndice.

Figura 6 – Planta Baixa da EEE.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 7 – Corte da planta baixa da EEE.



Fonte: Autor, 2023.

Conforme o projeto da estação elevatória, na Tabela 22, tem-se a lista de materiais necessários para a execução da estrutura hidráulica com as peças em ferro fundido e os fixadores. A Tabela 22 está apresentada em maior escala no capítulo do Apêndice.

Tabela 22 – Lista de Materiais da EEE.

Item	Descrição	DN	Comprimento (mm)	Material	Unidade
1	Válvula de gaveta com flanges corpo curto e cabeçote	150	-	FOFO	2
2	Tubo com pontas	100	520	PVC	1
3	Tubo com flange e ponta	150	1050	FOFO	1
4	Tubo com flange e ponta	150	1100	FOFO	1
5	Curva 90° com flanges	150	-	FOFO	1
6	Tubo com pontas	100	250	PVC	1
7	Tubo com flanges	100	2500	FOFO	2
8	Curva 90° com flanges	100	-	FOFO	4
9	Tubo com pontas	100	1000	PVC	1
10	Tubo com flanges	100	1350	FOFO	3
11	Válvula de retenção c/ flanges	100	-	FOFO	2
12	Válvula de gaveta c/ flanges corpo curto e cabeçote	100	-	FOFO	1
13	Válvula de gaveta c/ flanges corpo longo e cabeçote	100	-	FOFO	2
14	Tê com flanges	100x100	-	FOFO	2
15	Tubo com flange/bolsa	100	1200	FOFO	1
16	Tubo com flanges	100	400	FOFO	1
17	Curva 90° com bolsas	100	-	PVC	2
18	Tubo com pontas	100	2760	PVC	1
19	Tampão	900	-	FOFO	2
20	Tampão	600	-	FOFO	3
-	Arruelas de Borracha	150	-	-	24
-	Arruelas de Borracha	100	-	-	136
-	Parafuso M 20	100	-	Aço galvanizado	136
-	Parafuso M 24	150	-	Aço galvanizado	24

Fonte: Autor, 2023.

Vale ressaltar que os dois CMB escolhidos para essa EEE são AFP 100-403, da Sulzer® de DN 100, representado na Figura 8, que trabalhará com 1 unidade operando e 1 unidade reserva (1 + 1). Para essa configuração, o fabricante descreve um conjunto de bombas submersíveis para águas residuárias, sendo um modelo econômico que pode ser aplicado tanto para águas limpas quanto para águas residuárias com presença de sólidos (SULZER, 2023).

Figura 8 – CMB AFP 100-403.



Fonte: SULZER, 2023.

## 5.6 Linha de Recalque

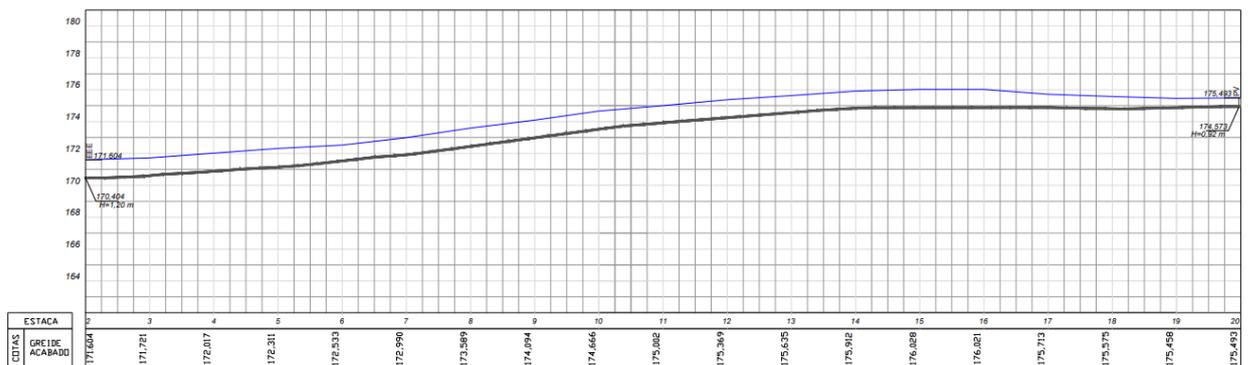
O projeto do perfil da LRE também foi desenvolvido no *software* AutoCAD® 2022, utilizando a ferramenta DúctilCad 3D, disponibilizado pelo site da Saint-Gobain. Para início do traçado do perfil da LRE, foi considerada a cota de saída da EEE, que corresponde com a cota do barrilete com a profundidade de 1,20 m, o qual percorra a distância de 360 m até o ponto do deságue do efluente, localizado no PV de profundidade 0,92 m.

O local da instalação, será ao longo da av. Murilo Domingos, pelo canteiro central, margeando o meio-fio. Nos últimos 20 metros, há uma mudança de direção, ao cruzar a avenida do canteiro central em direção ao PV de jusante da LRE. O PV de deságue do recalque é o PV já existente no cruzamento entre rua Presidente Luis Prado e av. Murilo Domingos essa ligação será com tubo PEAD DN 100 mm. A LRE tem distância de 360 m, com a cota de montante de 170,404 m e cota de jusante de 174,573 m.

Serão utilizados tubos com ponta/bolsa PEAD DN 100, em todo o trajeto da LRE. Vale ressaltar que para manter a profundidade a menor possível e evitar trechos com rupturas de declividade, serão adotadas alturas que variam de 1,20 m nos primeiros 280 m até chegar a 0,92 m nos últimos 10 m. Desse modo, evitará aparecimento de bolhas de ar na LRE e a utilização de ventosas.

Na Figura 10, pode-se ver o perfil do terreno na cor azul, e o perfil da LRE na cor cinza. Essa figura está apresentada em maior escala no capítulo do Apêndice.

Figura 9 –Perfil do projeto da LRE.



Fonte: Autor, 2023.

Conforme o perfil do projeto da LRE, na Tabela 23 demonstra a relação de materiais necessários para a execução dessa obra com a quantidade de tubos e curvas. Essa tabela está apresentada em maior escala no capítulo do Apêndice.

Tabela 23 – Lista de Materiais da LRE.

Item	Descrição	DN	Comprimento (mm)	Material	Unidade
1	Tubo ponta e bolsa	100	360.000	PEAD	-

Fonte: Autor, 2023.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho pretendeu dimensionar uma Estação Elevatória de Esgoto, considerando a bacia hidrográfica da Lagoa do Jacaré no município de Várzea Grande - MT, com a intenção de melhorar o sistema de esgotamento sanitário dessa cidade, e qualidade de vida e saúde dos moradores. Para isso, foram realizadas as etapas de estudo da área da bacia e das estratégias para definir as localizações da EEE e LRE, considerando o dimensionamento hidráulico dos poços presentes na EEE, o conjunto moto-bomba e a própria LRE.

Para atingir uma compreensão do Dimensionamento de Estação Elevatória de Esgoto na bacia definiram-se quatro objetivos específicos. O primeiro foi definir o ponto de lançamento da EEE, o segundo foi estimar a vazão de esgoto, o terceiro foi determinar os tratamentos preliminares na EEE, e o quarto e último foi traçar e dimensionar a LRE. Verificou-se, que o ponto mais próximo pra lançar o efluente da EEE, será no PV de profundidade de 0,92 m, localizado a 360 m da EEE, o qual receberá uma vazão de esgoto doméstico de 0,006 m<sup>3</sup>/s, logo a EEE será pequena. Por consequência da pouca contribuição de água residuária, a EEE contará com dois tratamentos preliminares, sendo eles o poço do cesto e o poço desarenador, nos quais, o primeiro será responsável por reter os sólidos, e o segundo com a função de deter os resíduos que não foram removidos no gradeamento e areia.

O trabalho obteve êxito em seu objetivo de realizar o dimensionamento de uma Estação Elevatória de Esgoto, o qual será dotado de dois poços com tratamentos preliminares, um poço de sucção, que tem a função de abrigar os CMB responsáveis por realizar o recalque e um poço do barrilete, o qual, contará com conjuntos hidráulicos e válvulas que serão responsáveis por conduzir o esgoto para linha de recalque, assim como, o descargue do mesmo. Além disso, o sistema contará com dois conjuntos moto bombas do modelo AFP 100-403 Sulzer®, que trabalhará com um conjunto moto-bomba operando e um conjunto moto-bomba de reserva.

Vale ressaltar que na planta-baixa do projeto executivo da EEE, é apresentada cada parte do sistema e suas dimensões, ponderando o sentido do fluxo da água residuária pelas tubulações e a numeração para a identificação de cada componente hidráulico. Esses elementos podem ser verificados na lista de materiais com sua descrição, comprimento e quantidade, assim como, o perfil de projeto da LRE, que demonstra o traçado da linha de recalque, cuja montante é a estação elevatória e sua jusante é o PV para deságue do esgoto.

Além disso, o projeto que foi desenvolvido é de qualidade de projeto executivo, e pode, assim que forem reunidos recursos financeiros suficientes, ser orçado, licitado e executado,

deve pontuar que como o sistema foi projetado para o separador absoluto logo as ligações clandestinas de águas pluviais podem prejudicar enormemente o sistema e ocasionar extravasamento na EEE.

E por fim, vale evidenciar que Estações Elevatórias automatizadas são a tendência no Brasil, como exemplos têm-se adoção de boias sensores de níveis no poço de sucção localizados nos níveis mínimo e máximo, que tem o objetivo de identificar e alerta o funcionamento do poço, como também, sensores para detecção de gases, o qual, são responsáveis por medir as quantidades de gases gerados pelo esgoto nos poços da EEE, e medidores de vazão na saída do barrilete, com a função de medir o volume da vazão recalçados. Atualmente essa medida não é adequada para a EEE da Lagoa do Jacaré no atual contexto, pois, para isso, é necessário a estruturação no planejamento dos sistemas de esgotamento sanitário, e adoção de Centro de Controle Operacional (CCO) no município. Caso aconteça a consolidação desse SES na cidade de Várzea Grande há possibilidade de inclusão da EEE Lagoa do Jacaré para receber essas tecnologias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, W.; PAYYAPPAT, S.; CASSIDY, M.; BESLEY, C.; POWER, K. **Novel crassphage marker genes ascertain reage pollution in a recreational lake receiving urban stormwater runoff.** *Water Research*, v. 145, 2018, ISSN.

ARTHUR DINIZ. **Modelagem e Análise de Transitórios Hidráulicos e Cavitação em Linhas de Recalque com Ventosas.** 2020. 15 p. Dissertação de (Mestrado) – Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. E. **Manual de hidráulica.** 9ª Edição. São Paulo: Blucher, 2015.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. E. **Sistemas de esgotos sanitários.** São Paulo: CETESB, 1973.

CARVALHO, B. **Glossário de saneamento e ecologia.** Rio de Janeiro: ABES, 1981.

COVAS, D. I. C. (2003). **“Inverse Transient Analysis for Leak Detection and Calibration of Water Pipe Systems Modelling Special Dynamic Effects”.** PhD Thesis – Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London, UK.

CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidodinâmicos.** Ed. Blucher, 2012.

DACACH, N.O, **Sistemas' urbanos de água.** Livros Técnicos o Científicos Editora, 2ª edição, Rio de Janeiro, 1979.

FARIAS, T.Q. **Outorga de direito de uso dos recursos hídricos no ordenamento jurídico brasileiro.** *Revista Direito e Liberdade*, v. 8, n.1, p. 1-11, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área Territorial do município de Várzea Grande**, 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Densidade Demográfica no bairro Cristo Rei – VG**, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada do município de Várzea Grande**, 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2023: 100 maiores cidades brasileiras**. São Paulo, 20 de março de 2023. Disponível em: <[https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Versao-Final-do-Relatorio\\_Ranking-do-Saneamento-de-2023-2023.03.10.pdf](https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Versao-Final-do-Relatorio_Ranking-do-Saneamento-de-2023-2023.03.10.pdf)>. Acesso: 05/05/2023.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **‘Tratamento de Esgotos Domésticos’**. 4ª Edição. Rio de Janeiro, 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 8ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 2017.

KIDDE. **Relatório de Estudo: Golpe de Aríete perigo potencial e real, com foco em Mangueiras de Incêndio**, São Paulo 2007. Disponível em: <<https://www.kidde.com/fire-safety/pt/br/search.html?q=golpe+de+ariete>>. Acesso: 07/05/2023.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2 ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MASIERO JUNIOR, Pedro Antonio. **Análise de transientes hidráulicos em uma adutora utilizando o método das características**. 2008. 89 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MATO GROSSO (Estado). **LEI ESTADUAL COMPLEMENTAR N.º 126/1948**. Dispõe sobre de Várzea Grande, a criação do município e dá outras providências. Palácio Alencastro, em Cuiabá, 23 de setembro de 1948.

MATO GROSSO (Estado). **LEI MUNICIPAL COMPLEMENTAR N.º 4.696/2021**. Dispõe sobre a delimitação do Perímetro Urbano da cidade de Várzea Grande – sede municipal, Estado do Mato Grosso, e dá outras providências. Várzea Grande, 22 de janeiro de 2021.

MENDONÇA, S. R. et al. **Sistemas sustentáveis de esgotos**, 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2017.

MENDONÇA, S. R. et al. **Sistemas sustentáveis de esgotos: orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reuso na agricultura**. São Paulo: Blucher, 2016.

MENDONÇA, S. R. **Tópicos avançados em sistemas de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 1987. 259 p.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

MORESCHI, Isabella Cristina. **Transiente Hidráulico em Sistema Elevatório de Água Bruta: Abordagem para Situação Real**. 2018. 124 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

NBR 12208: **Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto: Requisitos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2020. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.

NBR 12209: **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro, 2011. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.

NBR 16682: **Projeto de linha de recalque para sistema de esgotamento sanitário: Requisitos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2018. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.

NBR 9648: **Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário: Procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 1986. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.

NBR 9649: **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - Procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 1986. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.

NUVOLARI, A. et al. **Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2ª ed, São Paulo: Blucher, 2011.

OLIVEIRA, J. D.; SILVA FILHO, A. C.; SILVA, J. B. **A Água e suas Correlações com Doenças na Cidade de Campina Grande-PB**. HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. 2017. ISSN: 1980-1726.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **“Pollution and Health”**. Genebra, 1986.

PDMVG. Plano Diretor - **Prefeitura Municipal de Várzea Grande** – Mato Grosso, 2023. Disponível em: <<http://www.varzeagrande.mt.gov.br/plano-diretor/contextualizacao>>. Acesso: 24/04/2023.

PEAD BRASIL. **Catálogo de produtos - Especialista em soluções duráveis, sustentáveis, e de qualidade em polietileno**. Versão 1.0. São Paulo, 2023.

PORTO, M. F. A. et al. **Bacias críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão**. Curitiba: UFPR – Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2006.

PORTO, R. de M. **Hidráulica Básica**. 4.ed. São Carlos: EESC/USP, 2006. 540p.

PROJETO LAGOA DO JACARÉ. **Local do Projeto, UFMT e PPGRH**, 2021. Disponível em: <<https://lagoadojacare.com.br/>>. Acesso: 01/05/2023.

SABESP - **Orientador do Empreendedor**. Caderno Técnico. Dezembro de 2018.

SAINT GOBAIN. **Download softwares – Saneamento**, 2023. Disponível em: <<https://www.sgpam.com.br/saneamento/downloads/204/softwares>>. Acesso em:09/05/2023.

SAINT GOBAIN. **Catálogo Saint – Gobain Canalização**. Versão 2021.1. 2021.

SILVESTRE, P. **Hidráulica geral**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1973.

SULZER. **Bomba submersível para esgoto modelo ABS AFP**, 2023. Disponível em: <<https://www.sulzer.com/pt-br/brazil/shared/products/submersible-sewage-pump-type-abs-afp>>. Acesso em: 08/05/2023.

SULZER. **Seleção Hidráulica**, 2022. Disponível em: <<https://absel.sulzer.com/StartMain.aspx>>. Acesso em: 08/05/2023.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

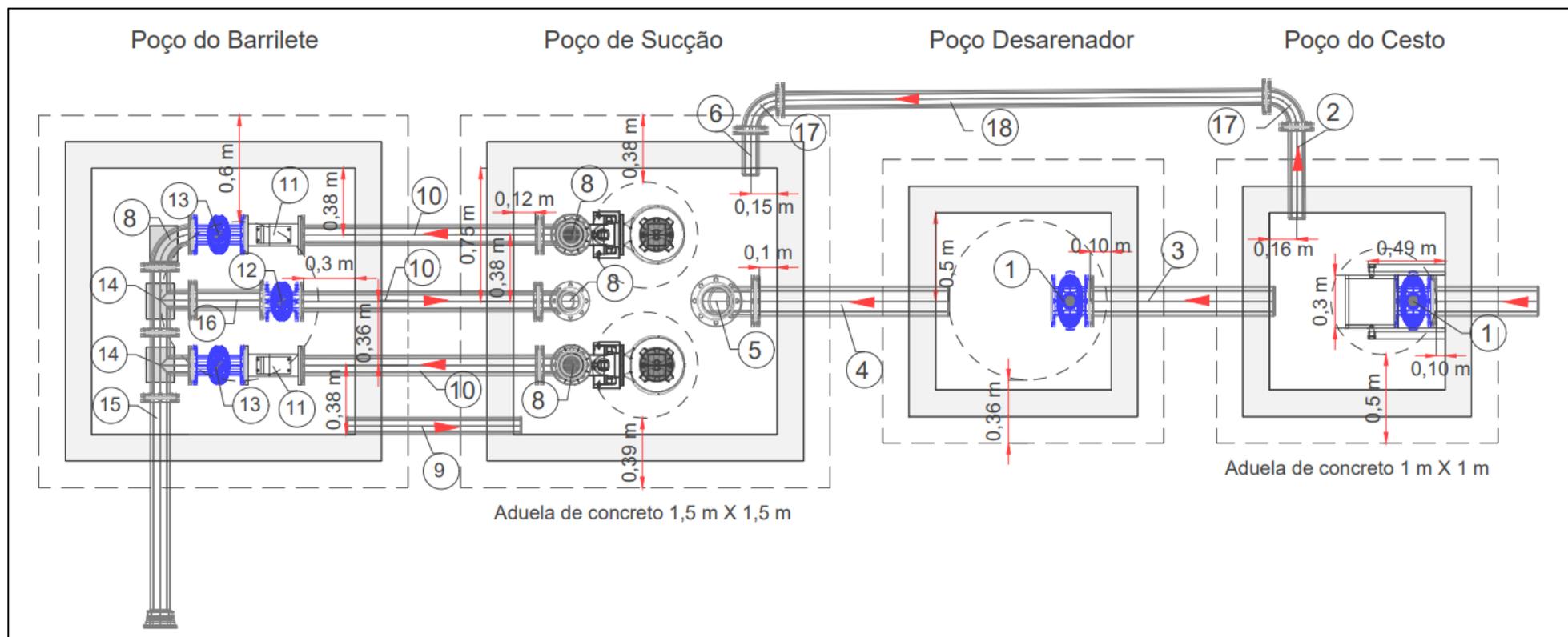
TSUTIYA, M. T., & SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 4ª Edição. v. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

## APÊNDICE

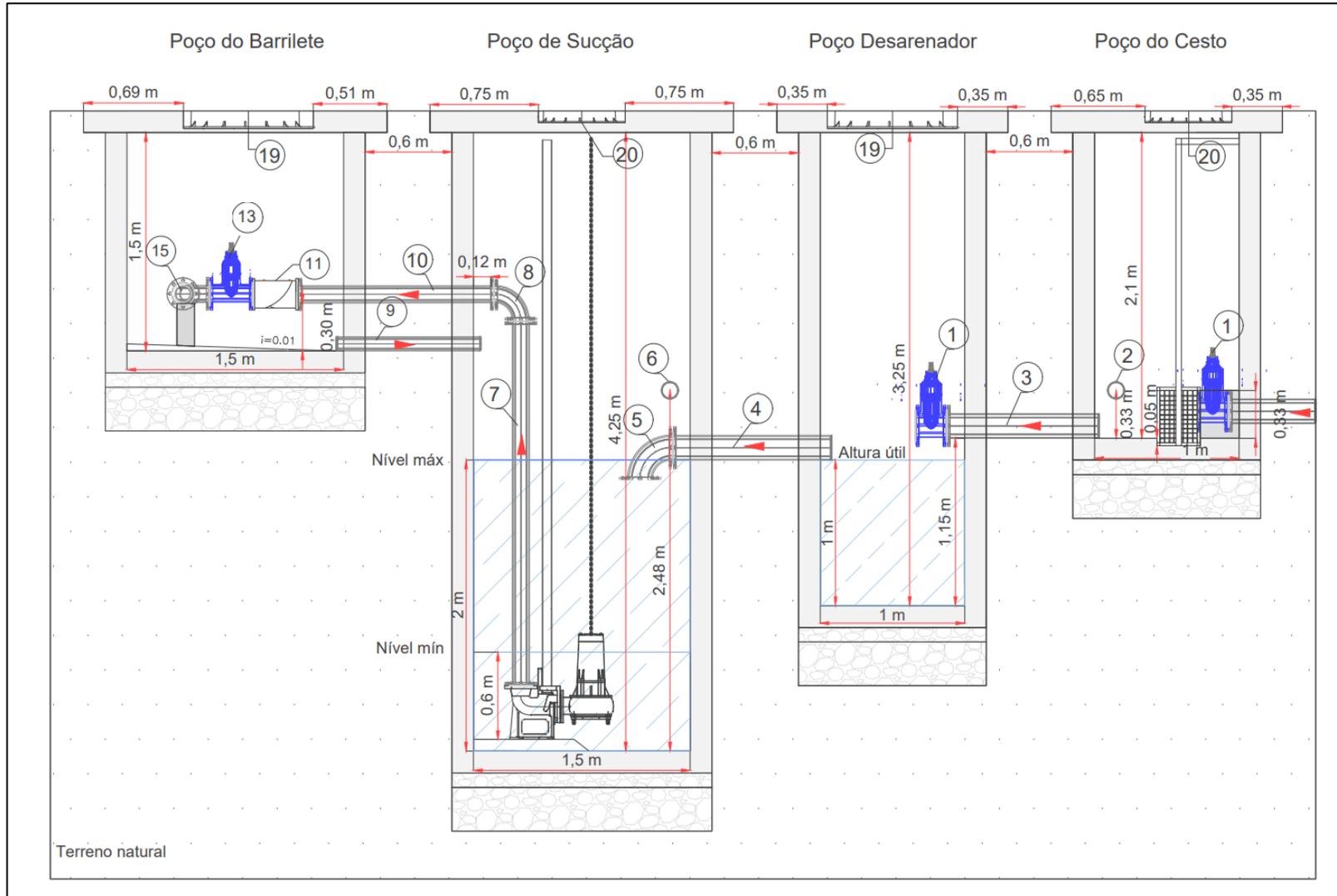
## APÊNDICE A

## Planta baixa da EEE



## APÊNDICE B

### Corte da EEE



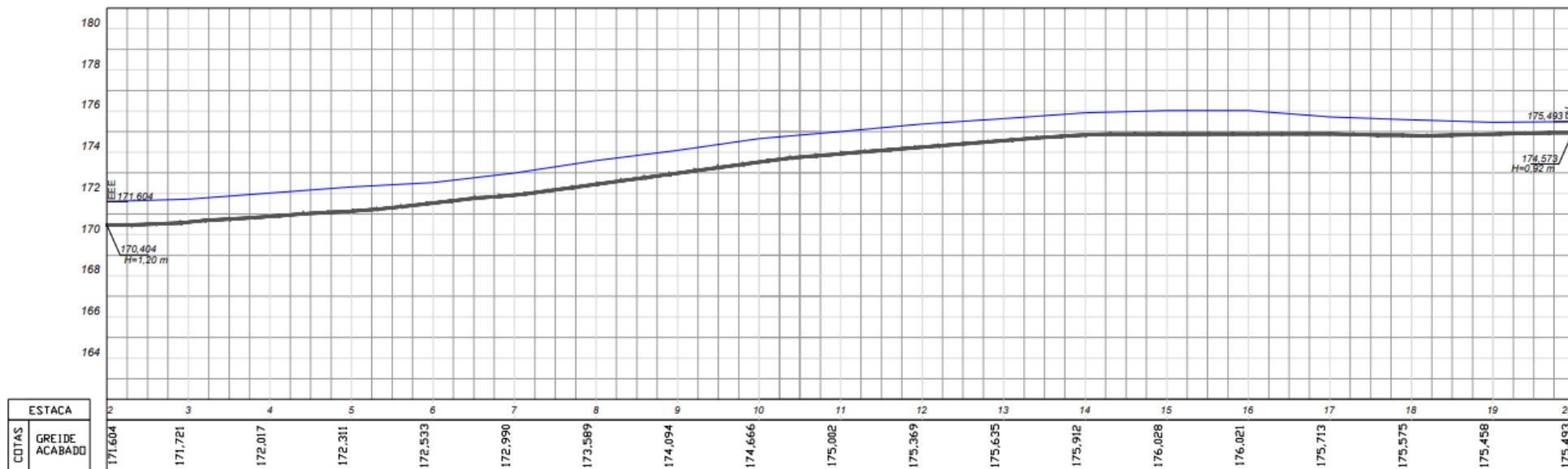
## APÊNDICE C

### Lista de materiais da EEE

Item	Descrição	DN	Comprimento (mm)	Material	Unidade
1	Válvula de gaveta c/ flanges corpo curto e cabeçote	150	-	FOFO	2
2	Tubo pontas	100	520	PVC	1
3	Tubo com flange e ponta	150	1050	FOFO	1
4	Tubo com flange e ponta	150	1100	FOFO	1
5	Curva 90° com flanges	150	-	FOFO	1
6	Tubo com pontas	100	250	PVC	1
7	Tubo com flanges	100	2500	FOFO	2
8	Curva 90° com flanges	100	-	FOFO	4
9	Tubo pontas	100	1000	PVC	1
10	Tubo com flanges	100	1350	FOFO	3
11	Válvula de retenção c/ flanges	100	-	FOFO	2
12	Válvula de gaveta c/ flanges corpo curto e cabeçote	100	-	FOFO	1
13	Válvula de gaveta c/ flanges corpo longo e cabeçote	100	-	FOFO	2
14	Tê com flanges	100 x 100	-	FOFO	2
15	Tubo com flange/bolsa	100	1200	FOFO	1
16	Tubo com flanges	100	400	FOFO	1
17	Curva 90° com bolsas	100	-	PVC	2
18	Tubo com pontas	100	2760	PVC	1
19	Tampão	900	-	FOFO	2
20	Tampão	600	-	FOFO	3
-	Arruelas de Borracha	150	-	-	24
-	Arruelas de Borracha	100	-	-	136
-	Parafuso M 20	100	-	Aço galvanizado	136
-	Parafuso M 24	150	-	Aço galvanizado	24

## APÊNDICE D

## Perfil do Projeto da Linha de Recalque



**APÊNDICE E**

## Lista de materiais da Linha de Recalque

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>DN</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Material</b>	<b>Unidade</b>
1	Tubo ponta e bolsa	100	360.000	PEAD	-