

Dimensionamento de redes coletoras de esgoto sanitário

Alexander Augusto de Azevedo Filho¹, Jonas Tadeu Faria Costa Manso¹, João Paulo da Rocha¹, Samuel Oliveira Batista¹, Vicente Dias Junior¹

(alexanderaugustoa@outlook.com, jonasfariac1992@hotmail.com, joaoodarocha@hotmail.com, samuelbatistahnd@gmail.com, viicenteddias@icloud.com)

Professora orientadora: Laísa Cristina Carvalho

Coordenação de curso de Engenharia Civil

Resumo

O presente trabalho discute sobre as dificuldades e os impactos causados pela deficiência de investimento no saneamento básico brasileiro, já que 83,3% dos brasileiros não tem acesso ao abastecimento de água tratada, enquanto somente 50,3% da população tem acesso a rede coletora de esgoto, segundo Sistema Nacional de Informações de Saneamento (Snis, 2014). Ao longo do tempo a diferença entre água tratada e esgoto vem aumentando, causando impactos a saúde da população sendo que, para cada R\$1 investido em saneamento gera uma economia de R\$4 na área da saúde (CNBB,2015). Nesta perspectiva, o trabalho objetivou analisar e recomendar os procedimentos corretos de dimensionamento da rede coletora de esgoto para a cidade de Pouso Alegre- MG, mais especificamente para o bairro Vila São Geraldo, através da mostra de rede coletora de esgoto sanitário conforme a NBR 9649(ABNT,1986), buscando seguir os principais critérios da norma levando em conta as características de dimensionamentos de esgoto sanitário. Cada resultado obtido demonstra a importância em observar o diâmetro da tubulação, vazão em cada trecho e a lâmina d'água.

Palavras-chave: Esgoto Sanitário. Rede Coletora.

1. INTRODUÇÃO

O Saneamento Básico representa um conjunto de medidas que tencionam a melhoria da qualidade de vida da sociedade e a diminuição de ocorrências de doenças. As atribuições captadas por esse sistema são: coleta e tratamento de esgoto, controle de águas pluviais, tratamento de distribuição de água e coleta e destinação de resíduos sólidos.

De acordo com Santana (2014), o saneamento básico é um dos sistemas mais fundamentais diante à população, onde visa a boa qualidade de vida e a saúde das pessoas, porém a aplicação deste enfrenta diversas dificuldades, sendo elas: financeiros, jurídicos e

¹ Graduação em Engenharia Civil – Centro Universitário UNA.

administrativos para sua implementação e utilização para o serviço com mais qualidade e desenvolvimento.

Com o êxodo rural o Brasil, que era um país de população de minoria urbana, viu as suas cidades expandirem rapidamente devido ao crescimento de indústrias, onde a população rural migrou em busca de trabalho nas cidades, com isso, a chegada em massa de pessoas proveniente das áreas rurais para as cidades, promoveu um problema alarmante com crise de moradia, sistema de esgoto sanitário, água tratada e impactos na saúde de toda população (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019).

A falta de investimento frente ao crescimento das cidades, tem sido um dos grandes desafios desta década, pois o saneamento básico acaba sendo deixado de lado devido à falta de estudos e recursos. Se houvesse, por exemplo, um investimento correto, o Brasil teria uma economia considerável, já que o saneamento está diretamente ligado a saúde de população. Atualmente há dados alarmantes que estão diretamente ligados a falta ou a má gestão deste sistema, como 273 mil internações e 2.734 mortes com relação a má qualidade de saneamento e o índice de 30% de internações nacionais correlacionado a falta de saneamento, sendo que destas internações, 81 mil foram crianças de 0 a 4 anos (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019).

Por conseguinte, esse trabalho tem como objetivo demonstrar o dimensionamento correto de uma rede coletora de esgoto, visando uma forma técnica e econômica na cidade de Pouso Alegre - MG, no Sul de Minas Gerais. A presente cidade conta um com sistema de esgoto tipo separador parcial, ou seja, apenas uma pequena parte de águas da chuva procedentes de telhados e pátios são destinadas em conjunto com águas residuais e águas de infiltração do subsolo, junto a um sistema de coleta e transporte único de esgoto sanitário.

Estudos com este são de extrema importância para indicar a relevância do saneamento básico, essencialmente em esgotamento sanitário, para que seja indicado o melhor gasto de capital sustentável e que busque agregar na qualidade de vida dos habitantes e à preservação do meio ambiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Saneamento básico e saúde pública

Atualmente 35 milhões de habitantes no Brasil, não possuem acesso a água tratada, outros 100 milhões não possuem serviços de coleta de esgoto. O objetivo é garantir fornecimento à 99% da sociedade com água potável e de 90% com acesso a coleta de esgoto até o final do ano de 2033.

De acordo com a Lei nº 14.026/2020, estabeleceu-se o marco legal de saneamento básico, com metas a serem cumpridas nos próximos anos, sendo elas: revitalização de bacias hidrográficas, conservação do meio ambiente, redução do desperdício de água, procurando assim uma melhora na saúde, economia, geração de emprego e qualidade de vida.

De acordo com informações o saneamento tem ligação direta com sintomas prejudiciais ao bem-estar físico da sociedade, podem até mesmo vir afetar a saúde mental e social. A Organização Mundial de Saúde (OMS), aconselha o governo federal a tomar medidas de prevenção e incentivar o saneamento básico, coleta e tratamento de esgoto, fornecimento de água potável, drenagem das águas pluviais e manejo de resíduos sólidos, (ROUQUAYROL e ALMEIDA FILHO, 1999).

Com o plano de ação de saneamento básico ativo, garante à sociedade, mais saúde, conservação do meio ambiente, diminuição dos recursos servidos no tratamento de doenças, contaminação estética e visual minimizadas e gasto com tratamento de água reduzidos, (OLIVEIRA e FERNANDEZ, 2004).

2.2 O esgoto sanitário

Segundo o (Instituto Trata Brasil, 2020), ainda há no Brasil uma grande deficiência no esgotamento sanitário, que atende em média 55% da população com algumas regiões do país que ainda sofre grande deficiência, como é o caso da região Norte, que possui apenas 13,1% das residências com rede de esgoto. Seguido pelo Nordeste com 30,3%, Centro-Oeste com 59,5%, Sul com 47,4% e Sudeste sendo a região que possui maior percentual de saneamento, alcançando 80,5%. Pouso Alegre-MG conta com uma taxa de esgoto sanitário de 87,8% (SINIS, 2020).

Desde a lei 11.445/2007, que prevê que todo cidadão tem direito ao saneamento básico o Brasil vem investindo cada vez mais nesta área. Em 2019 o governo federal investiu 5,33 bilhões e em 2020 investiu 5,89 bilhões.

De acordo com A NBR 9648 (ABNT, 1986) todo líquido proveniente de esgoto residencial e industrial, águas pluviais parasitárias, águas de infiltrações, são consideradas esgoto sanitário.

O esgoto sanitário é constituído por compostos orgânicos e inorgânicos, sendo representado por 99,9% de água e 0,1 sólidos. O composto inorgânico é formado por 30%, sendo sua maior parte areia, já os outros 70% são de matéria orgânica. É necessário tratamento de efluente em condições específicas afim de dar o correto descarte ao material sólido presente nestes sistemas (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011; NUVOLARI, 2011).

2.3 Tipos de sistemas de esgotos

Segundo Nuvolari (2011), o sistema urbano de esgoto sanitário pode ser realizado por três metodologias, conforme o principal objetivo desse sistema é transportar águas residuais pelas tubulações e oferecer o correto tratamento, trazendo benefícios a natureza e a saúde de toda população.

- a) O Sistema unitário: trata das águas residuárias, águas de infiltração e águas pluviais, juntamente com os esgotos sanitários e despejos industriais que são transportadas por um único sistema. Na maioria das vezes os diâmetros dos condutos principais, resultam em grandes medidas.
- b) Sistema separador parcial, trata de águas de captação de telhados, pátios, que correspondem a uma parcela de água da chuva, que são transportadas por um único sistema. O sistema apresenta dimensões dos coletores menores e requerem investimentos menores.
- c) O Sistema separador absoluto é feito para receber somente esgotos sanitários e despejos industriais, as águas pluviais são descartadas em um sistema independente. Esse sistema é utilizado no Brasil desde o início do século e apresenta grandes vantagens.

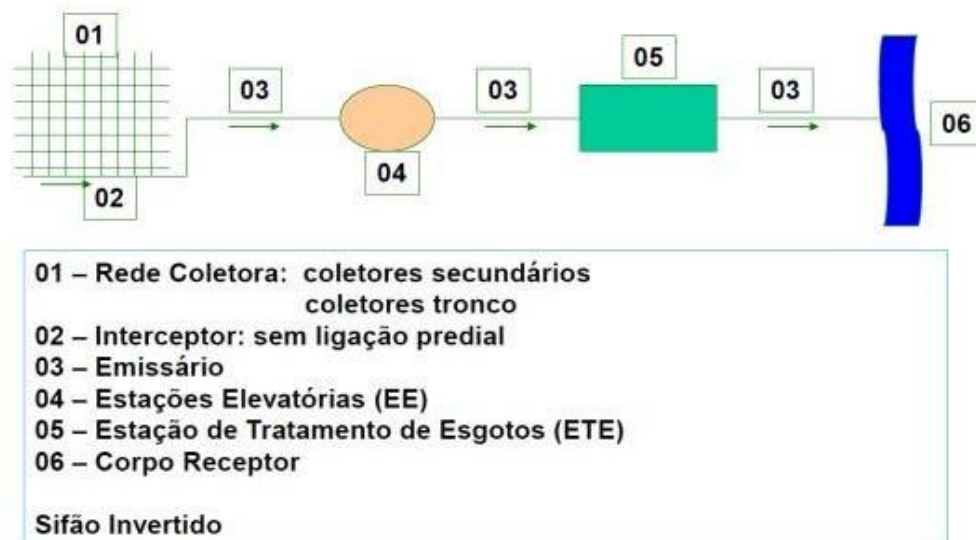
2.4 Partes constituintes de um sistema de esgoto

De forma geral as principais partes que constituem um sistema e suas definições, conforme terminologia da NBR 9649 (ABNT,1986), são:

- Coletor predial: é um coletor de capacidade particular, que conduz um ou mais edifícios à rede coletora.
- Coletor de esgoto ou coletor: a tubulação que trabalha de forma individual, como conduto livre, recebe carga em qualquer ponto ao longo de seu perímetro.
- Coletor Principal: é o coletor cujo diâmetro é maior que ao coletor predial e superior ao mínimo estabelecido para rede.
- Coletor tronco: são todos coletores que recebem a contribuição dos demais, podendo ser prediais e de vários outros coletores de esgoto.
- Interceptor: é a canalização que recebe a contribuição de coletores tronco e de alguns emissários.
- Emissões: é a canalização que recebe contribuição apenas em sua extremidade de montante.

- Poço de visita: é uma caixa visitável, com abertura em sua parte superior que permite a conexão de duas ou mais canalizações e a realização de serviços de manutenção dessas conexões.
- Estação Elevatória: é toda instalação construída e equipada de forma a poder transportar o esgoto do nível de sucção ou de chegada, ao nível de recalque ou de saída, acompanhando aproximadamente as variações das vazões afluentes.
- Tanque Flexível: É um dispositivo construído e equipado para dar descargas periódicas de águas nas canalizações .
- Estação de Tratamento (ETE): Conjunto de unidades destinadas a remoção de sólidos grosseiros e matéria orgânica em suspensão ou em solução, a níveis suficientes para evitar a poluição de cursos d'água, lagos e oceanos.
- Obras de Lançamento final: Canalizações destinadas a conduzir o efluente final das estações de tratamento de esgotos, ou o esgoto bruto, ao ponto de lançamento em rios, oceanos ou lagos.

Figura 1 - Fluxograma processo da rede coletora



Fonte: Knapik e Cubas (2016)

2.5 Topografia e redes coletoras de esgoto sanitário

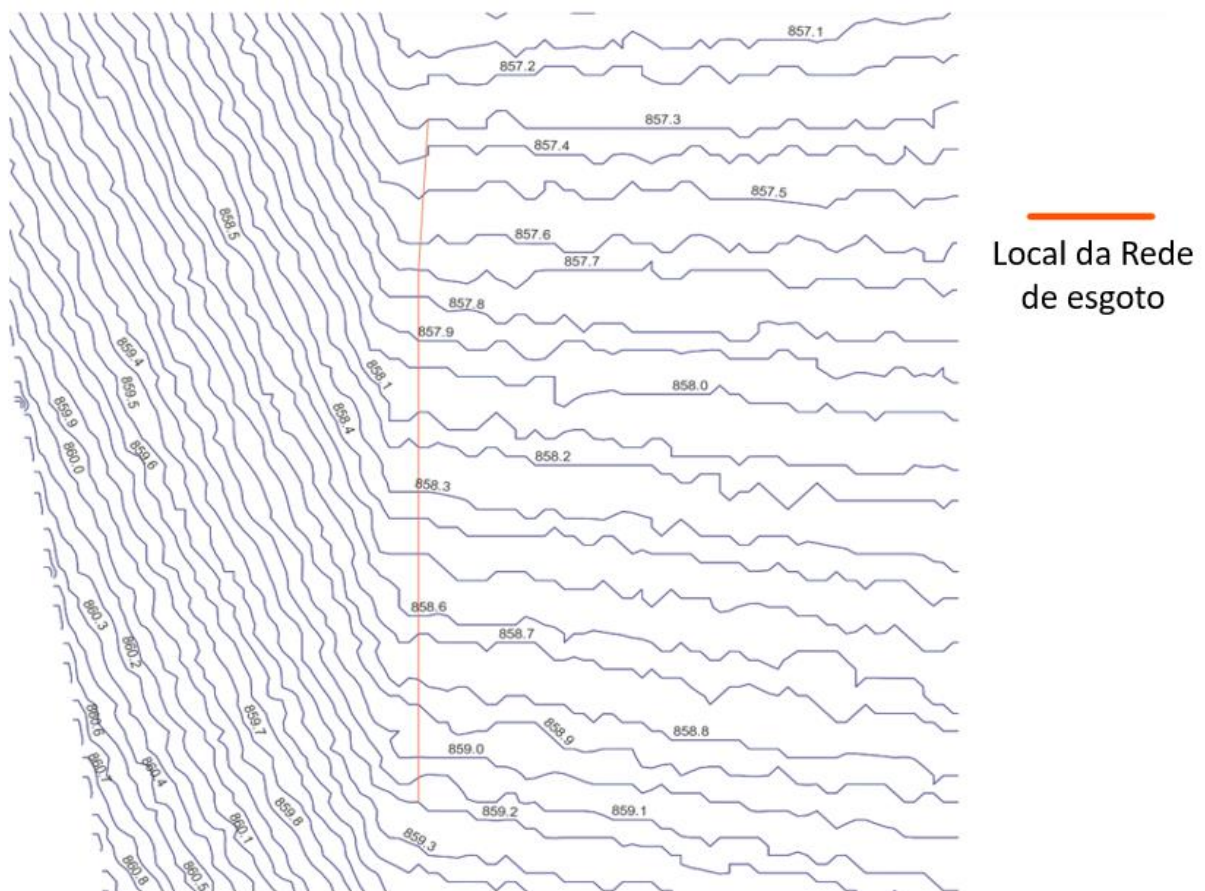
A topografia é um estudo inicial muito importante da concepção de um projeto de redes coletoras, ela visa compreender um contorno do terreno a favor, declive e obstáculos, afim de traçar um caminho por onde as águas de esgotamento, façam uso da gravidade para o escoamento, sem a necessidade de bombeamento. O projeto topográfico da rede executado foi

elaborado no google earth e pelo software QGIS (figura 2).

Os procedimentos para a efetivação de um levantamento topográfico são definidos pela NBR 13.133 (ABNT, 1996), que determina as condições exigíveis para sua execução de forma a obter:

- Noção geral do terreno: limites, relevo, área, posicionamento;
- Confrontantes e amarração;
- Dados sobre o terreno (cotas) para estudos preliminares de Projetos;
- Dados sobre o terreno (cotas) para anteprojetos ou projetos básicos;
- Dados sobre o terreno (cotas) para projetos executivos.
- A realização do estudo do traçado.
- Necessita da planta topográfica planialtimétrica, com nivelamento dos pontos em que precisam ser projetados os órgãos acessórios.

Figura 2 – Projeto Topográfico



Fonte – Autores (2022)

2.6 Normas para projeto de esgoto

Para o dimensionamento exato de redes e qualidade nos serviços é necessário o foco nas recomendações estabelecidas pelas normas relacionadas abaixo:

Tabela 1 – Normas ABNT

Normas ABNT	
NBR 12209	Projeto de Estações de Tratamento Sanitário
NBR 12208	Projetos de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário
NBR 12207	Projetos de Interceptores de Esgoto Sanitário
NBR 9649	Projetos de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário
NBR 9648	Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário

Fonte: Autores (2022)

3. METODOLOGIA

3.1 Projeto da rede coletora

Figura 3 – Projeto da rede coletora de Esgoto Sanitário



Fonte: Autores (2022)

3.2 Estudo populacional e consumo de água per capita (q)

A cidade de Pouso Alegre apresenta população de 154.293 habitantes, de acordo com o IBGE 2021 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), sendo a segunda maior cidade do sul de Minas Gerais e a 18ª do estado. Possui 105 bairros entre urbanos e rurais. A cidade apresenta um crescimento populacional de 1,14% ao ano (VINCE, 2021).

Com o crescimento na indústria a cidade vem se expandindo rapidamente trazendo consigo grandes desafios, como por exemplo o alto número de trabalhadores de cidades vizinhas que se deslocam até a cidade para trabalhar, gerando então uma população de até 200 mil pessoas durante a semana na cidade de acordo com o IBGE (2020).

O consumo per capita de água é a total de água consumida por uma pessoa em um prazo de 24 horas, em suas atividades diárias, expondo assim a contribuição para a rede de esgoto. Já a contribuição per capita da região é calculada somando a quantidade de água consumida em um dia pelo total de habitantes de uma determinada região em estudo (FUNASA, 2015).

Tabela 2 – Consumo per capita de água

Porte da Comunidade	Faixa da população (habitantes)	Consumo per capita (l/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 – 140
Vila	5.000 – 10.000	100 – 160
Pequena localidade	10.000 – 50.000	110 – 180
Cidade média	50.000 – 250.000	120 – 220
Cidade grande	> 250.000	150 – 300

Fonte: Von Sperling (1995)

A tabela acima mostra o consumo de água com inúmeras variações de uma localidade para outra, mostrando que o consumo de água existem variações entre hábitos de higiene, culturais, classe social, localidades com centro industrial e temperatura e clima da região.

Além disso os cálculos das demandas de sistemas de abastecimento de água considerando a região, a projeção de crescimento econômico pelo aumento da renda das sociedades ou PIB per capita, pois, o aumento do consumo de água está diretamente ligado aos tais crescimentos (FERREIRA e MARTINS, 2005).

3.3 Dimensionamento de coletas

Uma rede coletora de esgoto é feita por várias interligações de condutos interligados entre si, possuindo locais de inspeção chamados poços de visita (PV). Essas redes coletoras de

esgoto são construídas em ruas, avenidas e locais específicos de servidão com o objetivo de captar o esgoto sanitário de residências, comércios e indústrias. Para um exato dimensionamento da rede coletora de esgoto faz-se necessário a análise de vários critérios para uma atuação correta das redes coletoras.

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011), são três os parâmetros a serem considerados para projetos de esgoto sanitário.

- a) **Hidráulico:** Os diversos tipos de coletores de esgoto são projetados como condutos livres, trabalhando assim somente com a pressão atmosférica agindo sobre a superfície hidráulica. Diferentemente de tubulações de água que trabalham como condutores forçados onde a pressão interna é maior que a pressão atmosférica (NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).
- b) **Sulfetos de Hidrogênio na tubulação:** Deve-se avaliar nas proporções que causam reações bioquímicas resultantes quando ocorrem acúmulo de resíduos sólidos no fundo da tubulação.
- c) **Autolimpeza na tubulação:** O acúmulo de resíduos sólidos na tubulação torna-se um problema crítico devido a vários fatores, pois dificulta no escoamento do esgoto em questões específicas de gravidade.

3.4 Aplicação de métodos de dimensionamento

Para o dimensionamento da rede deste trabalho, foi utilizado a NBR 9649 (ABNT,1986) respeitando a separação das águas residuais e pluviais, utilizando condutores individuais. A rede também contou com poços de visita estrategicamente instaladas em locais onde havia intercessões de mais rede coletora provenientes do bairro beneficiado.

Conforme a norma descreve a camada de aterro não deve ser inferior a 0,90 m para coletores posicionados em via de tráfego, assegurando uma camada mínima de solo, assim garantindo os coletores não sejam danificados. Onde não existem tráfego de veículos um recobrimento não deve ser inferior a 0,65 m. A profundidade apropriada é de 1 m até 2,5 m, sendo o máximo de 4 m até 4,5 m, não sendo apropriado devido a custos elevados para execução. (NETTO FERNÁNDEZ, 2015).

A menor profundidade dos coletores foi estabelecida como 2 m atendendo ao valor necessário para poder ser feita a ligação predial e proteção da tubulação contra cargas externas, todo o dimensionamento foi de acordo com a NBR 9649 (ABNT,1986) que determina uma profundidade mínima entre a parte superior da tubulação e a cota de superfície de no mínimo 90 cm.

Para realizar o dimensionamento da rede foi aplicado o critério de tensão tratativa, permitindo o uso do escoamento livre na tubulação sem a necessidade de bombeamento.

Através de um levantamento populacional e demográfico do local, foi possível realizar uma projeção da população com base no estudo de ocupação de solo. Para esta projeção foram usados cálculos matemáticos baseados em dados populacionais feito através de um levantamento de área identificando o número de residências construídas e habitadas na região.

Com dados fornecidos pela empresa responsável pela coleta (COPASA), foi informado que há no local 114 ligações que usariam a rede executada. De acordo com o último censo de 2019 (IBGE) a média do número de moradores por residência é de 2,9 pessoas, admitindo-se esta média foi possível estabelecer uma população atual aproximada de 331 pessoas.

Para o consumo per capita de água estabeleceu-se o valor de 170 l/hab.dia seguindo a tabela (Tabela 2) de Von Sperling (1995), onde adotou-se uma média aritmética utilizando os valores fornecidos para uma cidade com população entre 50.000 a 250.000 habitantes. Para o coeficiente de retorno adotou-se 0,80 de acordo com a NBR 9649 (ABNT,1986) , taxa de infiltração de 0,9 l/s.km e valor de vazão mínima considerado no cálculo foi de 1,5 l/s.

Foram apontados conforme recomendado pela NBR 9649 (ABNT,1986), para definição do diâmetro, o valor de 100mm, estando em conformidade com Tsutiya e Sobrinho (2011). Durante o perímetro definido da rede entre o ponto inicial e o ponto final foi criado 3 poços de visita com profundidade de 2,0m e 1,5m.

Foi criada uma planilha com cálculo, conforme é sugerido por Tsutiya e Sobrinho (2011), obedecendo todos os critérios para o funcionamento correto dos condutos de esgoto. Fundamentos importantes como declividade, diâmetro da tubulação, vazão, velocidades, tensão trativa e lâmina de água foram acrescentadas na planilha para execução dos cálculos.

Para o dimensionamento da rede coletora foi necessário conhecer todas as vazões que poderia influenciar no sistema de acordo com a NBR 9649(ABNT,1986). Inicialmente foi encontrado as vazões de início de plano e final de plano, com ponderações para evitar estrapolações.

$$Q_{di} = \frac{P_i \times C \times q \times K_2}{86400} + T_{xinf} \quad Q_{df} = \frac{P_f \times C \times q \times K_1 \times K_2}{86400} + T_{xinf} \quad (1)$$

Onde:

- Q_{di}= vazões de início de plano;
- Q_{df}= vazões de final de plano;
- C= coeficiente de retorno;
- q= consumo de água efetivo per capita, l/hab. dia.
- P_i = População inicial ;
- P_f = População final;

K1 = Coeficiente de máxima vazão diária = 1,2;
K2 = Coeficiente de máxima vazão horária = 1,5;
Txinf = Taxa de infiltração

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011), quando já obtida as vazões iniciais e finais, recomenda-se o cálculo da parcela de contribuição inicial e final. Sabendo que a parcela de esgoto é representada por um valor fixo em metros (m) de rede ou de área de terreno esgotada (ha), deve-se ser acrescentado a parcela que corresponde as águas de infiltração.

Para o cálculo da taxa de contribuição inicial e final, foi realizado conforme diretrizes da NBR 9649 (ABNT, 1986), como indicado abaixo:

$$T_{xi} = \frac{Q_{di}}{L_i} + T_{inf} \quad (2)$$

$$T_{xf} = \frac{Q_{df}}{L_f} + T_{inf} \quad (3)$$

Onde:

Q_{di} = vazões de início de plano;
Q_{df} = vazões de final de plano;
C = coeficiente de retorno;
T_{xi}, = taxa de contribuição em l/s.m;
L_i = extensão total da rede em m;
L_f = extensão total da rede em m;
T_{xinf} = Taxa de infiltração.

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011) as vazões finais são resultado da somatória da vazão.

- a) Vazão a montante: é a soma de todas as vazões acima do trecho considerado.
- b) Vazão de contribuição no trecho: É a vazão ocasionada exclusivamente do determinado trecho definido.
- c) Vazão a jusante: É o resultado da totalidade da vazão montante e vazão contribuição no trecho.

Com o resultado das vazões jusante e vazões de cada trecho que define as vazões do coletor no trecho estabelecido, pode-se encontrar o valor mínimo de declividade a ser usado nos coletores no trecho.

De acordo com a NBR 9849 (ABNT,1986), a declividade mínima necessária para atender o critério de tensão trativa é igual ou maior que 1,00 Pa. Para garantir a autolimpeza de

acordo com Tsutiya e Sobrinho (2011), é necessária uma inclinação mínima calculada das vazões iniciais através da seguinte fórmula:

$$I_{\text{mim}} = 0,0055 Q_i^{-0,47} \quad (4)$$

Onde:

I_{min} = declividade mínima, m/m;

Q_i = vazão de jusante do trecho no início do plano, l/s.

Definidas as vazões a jusantes do trecho e inclinação mínima que proporcionam um deslocamento do esgoto, foi definido o diâmetro mínimo da tubulação no qual a lâmina d'água não deve ser superior a 75% do diâmetro da tubulação, destinando os 25% restantes para a circulação de ar de acordo com NBR 9649 (ABNT, 1986). Com a execução do cálculos verifica-se que os diâmetros atendem o resultado $Y/D=0,75$, conforme fórmula a seguir, onde seus coeficientes obtidos de acordo com a (Tabela 3), assim como o valor da lâmina (Y/D) e raio hidráulico (R_h/D).

$$D = (0,0463 \frac{Q_f}{\sqrt{I}})^{0,375} \quad (5)$$

Onde:

D = diâmetro, m;

Q_f = vazão final, m³/s;

I = declividade, m/m.

Com o conhecimento dos valores da lâmina líquida atuante e velocidade iniciais e finais, passa-se ao cálculo dos valores de tensão trativa operante no trecho. A tensão trativa evita a estroplação da tubulação, ou seja, a formação de obstáculos que venham a obstruir a tubulação e a formação de sulfetos.

Segundo a NBR 9649 (ABNT,1986), o peso que opera sobre as paredes da tubulação através de uma força tangencial é denominada tensão trativa, adota-se um valor mínimo de 1,00 Pa para possibilitar um melhor arraste. Usou-se a equação a seguir para verificar a tensão trativa:

$$\sigma = \gamma \times RH \times I_p \quad (6)$$

Onde:

γ = peso específico (N/m³);

RH = raio hidráulico (m);.

I_p = declividade de projeto da tubulação (m/m).

Tabela 3 – Tabela para Dimensionamento e Verificação de Tubulações de Esgoto - Fórmula de Manning

D (m)	V (m/s)	Q (l/s)	C (coef)																												
			0,050	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250	0,275	0,300	0,325	0,350	0,375	0,400	0,425	0,450	0,475	0,500	0,525	0,550	0,575	0,600	0,625	0,650	0,675	0,700	0,725	0,750	0,800
0,100	0,9021	1,2870	1,4455	1,5908	1,7264	1,8546	1,9769	2,0944	2,2081	2,3186	2,4265	2,5322	2,6362	2,7389	2,8405	2,9413	3,0416	3,1416	3,2416	3,3419	3,4427	3,5443	3,6470	3,7510	3,8567	3,9646	4,0751	4,1888	4,3064	4,4286	4,5564
0,150	0,9032	0,1312	0,2092	0,3054	0,4193	0,5502	0,6976	0,8607	1,0386	1,2204	1,4353	1,6521	1,8798	2,1174	2,3635	2,6171	2,8769	3,1416	3,4098	3,6801	3,9511	4,2213	4,4890	4,7527	5,0104	5,2605	5,5009	5,7295	6,1416	6,4744	
0,200	0,9033	0,0564	0,0778	0,0931	0,107	0,121	0,134	0,147	0,159	0,171	0,182	0,193	0,204	0,214	0,224	0,233	0,242	0,250	0,258	0,265	0,272	0,278	0,283	0,288	0,293	0,296	0,299	0,302	0,304	0,303	
0,250	0,9002	0,0011	0,0017	0,0025	0,0034	0,0045	0,0057	0,0071	0,0085	0,0101	0,0118	0,0136	0,0155	0,0174	0,0194	0,0215	0,0237	0,0258	0,0280	0,0303	0,0325	0,0347	0,0369	0,0391	0,0412	0,0432	0,0452	0,0471	0,0505	0,0532	
0,300	0,9007	0,0032	0,0051	0,0074	0,0102	0,0133	0,0169	0,0209	0,0252	0,0298	0,0348	0,0400	0,0456	0,0513	0,0573	0,0634	0,0697	0,0761	0,0826	0,0892	0,0958	0,1023	0,1088	0,1152	0,1214	0,1275	0,1333	0,1389	0,1449	0,1509	
0,375	0,9016	0,0068	0,0109	0,0159	0,0219	0,0287	0,0364	0,0449	0,0542	0,0642	0,0749	0,0862	0,0981	0,1105	0,1234	0,1366	0,1502	0,1640	0,1780	0,1921	0,2063	0,2204	0,2343	0,2481	0,2615	0,2746	0,2871	0,2991	0,3206	0,3380	
0,450	0,9029	0,0124	0,0198	0,0289	0,0397	0,0521	0,0660	0,0815	0,0983	0,1165	0,1358	0,1564	0,1779	0,2004	0,2237	0,2477	0,2723	0,2973	0,3227	0,3483	0,3740	0,3995	0,4249	0,4498	0,4742	0,4979	0,5206	0,5423	0,5813	0,6128	
0,500	0,9004	0,0202	0,0322	0,0470	0,0645	0,0847	0,1074	0,1325	0,1598	0,1894	0,2209	0,2543	0,2893	0,3259	0,3638	0,4028	0,4428	0,4835	0,5248	0,5664	0,6081	0,6497	0,6909	0,7315	0,7711	0,8096	0,8466	0,8818	0,9452	0,9964	
0,600	0,9008	0,0366	0,0584	0,0852	0,1170	0,1535	0,1947	0,2402	0,2898	0,3434	0,4005	0,4610	0,5246	0,5908	0,6595	0,7303	0,8028	0,8767	0,9515	1,0269	1,1026	1,1779	1,2526	1,3262	1,3981	1,4679	1,5350	1,5988	1,7138	1,8067	
0,700	0,9010	0,0435	0,0694	0,1012	0,1390	0,1824	0,2312	0,2853	0,3442	0,4078	0,4757	0,5476	0,6231	0,7018	0,7834	0,8675	0,9536	1,0413	1,1302	1,2198	1,3096	1,3992	1,4879	1,5753	1,6607	1,7436	1,8233	1,8991	2,0356	2,1460	
0,800	0,9013	0,0595	0,0949	0,1386	0,1902	0,2497	0,3166	0,3905	0,4713	0,5583	0,6513	0,7497	0,8530	0,9608	1,0725	1,1876	1,3054	1,4255	1,5472	1,6699	1,7929	1,9155	2,0369	2,1566	2,2735	2,3870	2,4961	2,5998	2,7868	2,9378	
0,900	0,9018	0,0788	0,1257	0,1835	0,2520	0,3307	0,4192	0,5172	0,6242	0,7394	0,8626	0,9928	1,1297	1,2724	1,4204	1,5728	1,7289	1,8880	2,0492	2,2116	2,3745	2,5368	2,6977	2,8562	3,0111	3,1614	3,3058	3,4432	3,6909	3,8509	
1,000	0,9025	0,1282	0,2045	0,2985	0,4097	0,5377	0,6817	0,8411	1,0149	1,2024	1,4026	1,6145	1,8370	2,0691	2,3097	2,5575	2,8114	3,0701	3,3322	3,5963	3,8612	4,1252	4,3868	4,6444	4,8963	5,1407	5,3757	5,5990	6,0018	6,3270	
1,100	0,9045	0,1934	0,3084	0,4502	0,6180	0,8111	1,0283	1,2687	1,5310	1,8138	2,1157	2,4353	2,7710	3,1212	3,4840	3,8579	4,2408	4,6310	5,0263	5,4248	5,8243	6,2225	6,6172	7,0058	7,3858	7,7544	8,1088	8,4457	9,0532	9,5439	
1,200	0,9089	0,3780	0,6029	0,8800	1,2080	1,5853	2,0100	2,4798	2,9924	3,5452	4,1353	4,7600	5,4162	6,1005	6,8098	7,5405	8,2890	9,0516	9,8243	10,603	11,384	12,162	12,934	13,699	14,436	15,157	15,849	16,508	17,695	18,654	
1,300	1,0151	0,5006	0,7985	1,1654	1,5999	2,0996	2,6620	3,2842	3,9631	4,6952	5,4769	6,3042	7,1732	8,0796	9,0189	9,9866	10,978	11,988	13,011	14,043	15,077	16,108	17,130	18,136	19,119	20,073	20,991	21,863	23,436	24,705	
1,400	1,0185	0,6454	1,0295	1,5027	2,0629	2,7072	3,4323	4,2346	5,1100	6,0539	7,0617	8,1285	9,2489	10,418	11,629	12,877	14,155	15,457	16,777	18,107	19,440	20,769	22,086	23,384	24,652	25,882	27,065	28,190	30,217	31,855	
1,500	1,0187	0,8140	1,2984	1,8951	2,6016	3,4142	4,3287	5,3406	6,4445	7,6349	8,9060	10,251	11,664	13,138	14,666	16,239	17,851	19,494	21,158	22,835	24,517	26,193	27,854	29,490	31,090	32,642	34,133	35,552	38,109	40,174	
1,750	0,9395	1,4758	2,3541	3,4361	4,7170	6,1903	7,8485	9,6831	11,685	13,843	16,148	18,587	21,149	23,821	26,591	29,444	32,367	35,344	38,362	41,403	44,452	47,491	50,504	53,470	56,370	59,183	61,888	64,459	69,096	72,840	
2,000	0,9510	2,2262	3,5510	5,1832	7,1152	9,3376	11,839	14,606	17,625	20,881	24,357	28,037	31,902	35,933	40,110	44,414	48,823	53,314	57,866	62,454	67,053	71,638	76,181	80,655	85,030	89,274	93,353	97,232	104,23	109,87	
2,000	0,7311	3,1784	5,0699	7,4001	10,159	13,332	16,903	20,854	25,164	29,813	34,776	40,029	45,547	51,302	57,266	63,411	69,706	76,118	82,617	89,167	95,733	102,288	108,77	115,15	121,40	127,46	133,28	138,82	148,81	156,87	
0,100	1,69	2,64	3,04	3,40	3,73	4,05	4,34	4,61	4,86	5,10	5,33	5,54	5,74	5,93	6,11	6,28	6,43	6,58	6,71	6,84	6,95	7,05	7,15	7,23	7,30	7,36	7,42	7,45	7,50	7,48	
0,150	2,21	3,46	3,98	4,45	4,89	5,30	5,68	6,04	6,37	6,69	6,99	7,26	7,53	7,77	8,01	8,22	8,43	8,62	8,79	8,96	9,11	9,24	9,36	9,47	9,57	9,65	9,72	9,77	9,82	9,80	
0,200	2,68	4,19	4,82	5,40	5,93	6,42	6,88	7,32	7,72	8,10	8,46	8,80	9,12	9,42	9,70	9,96	10,21	10,44	10,65	10,85	11,03	11,20	11,34	11,48	11,59	11,69	11,77	11,83	11,90	11,87	
0,250	3,11	4,86	5,59	6,26	6,88	7,45	7,99	8,49	8,96	9,40	9,82	10,21	10,58	10,93	11,26	11,56	11,85	12,11	12,36	12,59	12,80	12,99	13,16	13,32	13,45	13,57	13,66	13,73	13,81	13,78	
0,300	3,51	5,49	6,31	7,07	7,77	8,41	9,02	9,59	10,12	10,62	11,09	11,53	11,95	12,34	12,71	13,06	13,38	13,68	13,96	14,22	14,46	14,67	14,87	15,04	15,19	15,32	15,42	15,51	15,59	15,56	
0,375	4,08	6,37	7,33	8,20	9,01	9,76	10,47	11,12	11,74	12,32	12,87	13,38	13,87	14,32	14,75	15,15	15,53	15,87	16,20	16,50	16,77	17,02	17,25	17,45	17,63	17,78	17,90	17,99	18,09	18,06	
0,400	4,26	6,65	7,65	8,56	9,41	10,19	10,93	11,61	12,26	12,86	13,43	13,97	14,48	14,95	15,40	15,82	16,21	16,57	16,91	17,22	17,51	17,77	18,01	18,22	18,40	18,56	18,69	18,78	18,89	18,85	
0,450	4,61	7,19	8,27	9,26	10,18	11,03	11,82	12,56	13,26	13,91	14,53	15,11	15,66	16,17	16,66	17,11	17,53	17,93	18,29	18,63	18,94	19,22	19,48	19,71	19,90	20,07	20,21	20,32	20,43	20,39	
0,500	4,94	7,71	8,88	9,94	10,92	11,83	12,68	13,47	14,22	14,93	15,59	16,21	16,80	17,35	17,87	18,35	18,81	19,23	19,62	19,99	20,32	20,62	20,90	21,14	21,35	21,53	21,68	21,80	21,92	21,87	
0,600	5,58	8,71	10,02	11,22	12,33	13,36	14,32	15,22	16,06	16,85	17,60	18,31	18,97	19,59	20,16	20,73	21,24	21,72	22,16	22,57	22,95	23,29	23,60	23,87	24,11	24,32	24,49	24,61	24,75	24,70	
0,700	6,18	9,65	11,11	12,44	13,64	14,80	15,87	16,86	17,80	18,68	19,51	20,29	21,02	21,71	22,36	22,97	23,54	24,07	24,56	25,01	25,43	25,81	26,15	26,46	26,72	26,95	27,14	27,28	27,43	27,37	
0,800	6,76	10,55	12,14	13,60	14,94	16,18	17,34	18,43	19,46	20,42	21,32	22,18	22,98	23,73	24,44	25,11	25,73	26,31	26,84	27,34	27,80	28,21	28,59	28,							

Foi calculada a tensão trativa e declividade para que se obtivesse dados da topografia. Os trechos foram analisados separadamente até cada poço de visita existente ao longo do percurso.

3.5 Taxa de infiltração

De acordo com a NBR 9649 (ABNT, 1986), para a utilização de 0,05 a 1,0 L/s.km de taxa de infiltração para redes coletoras de esgotos sanitário. Na falta de dados referentes ao solo de Pouso Alegre – MG, adota-se o valor de 0,9 L/s.km que corresponde ao solo de São Paulo.

Tabela 4 – Taxa de infiltração

Tabela 3.8 - Taxas de infiltração, em l/s.km, em redes de esgotos sanitários obtidas por medições ou recomendadas para projetos.

Autor	Local	Ano	Taxa de infiltração	Condições de obtenção dos valores
Saturnino de Brito	Santos e Recife	1911	0,1 a 0,6	Medições.
Jesus Netto	São Paulo	1940	0,3 a 0,7	Medições em redes secas.
Azevedo Netto	São Paulo	1943	0,4 a 0,9	Medições em redes novas.
Greeley & Hansen	São Paulo	1952	0,5 a 1,0*	Medições.
Des. Sursan	Rio de Janeiro	1959	0,2 a 0,4	Medições.
Hazen & Sawyer	São Paulo	1965	0,3 a 1,7*	Medições.
SANESP/Max A. Veit	São Paulo	1973	0,3	Medições.
Dario P. Bruno & Milton T. Tsutiya	Cardoso, Ibiúna, Lucélia, e São João da Boa Vista	1983	0,02 a 0,10	Medições em redes secas, localizadas acima e abaixo do lençol freático. Medições em redes operando há vários anos.
SABESP	Estado de São Paulo	1984	0,05 a 0,50	Recomendações para projeto
Carlos A. Santos & Adejalmo F. Gazen	Canoas, Santa Maria, Tramandai, Capão da Canoa, Guaíba e Alvorada (Estado do Rio Grande do Sul)	1985	0,013 a 0,720	Medições em redes secas, localizadas acima e abaixo do lençol freático, com tubulações de junta elástica e não elástica.
NBR 9649 - ABNT	Brasil	1986	0,05 a 1,0	Recomendações para projetos. O valor deve ser justificado.
Luis P. Almeida Neto, Gilberto O. Gaspar, João B. Comparini & Nelson L. Silva	Cardoso, Indaiaporã, Guarani D'Oeste e Valentim Gentil (Estado de São Paulo)	1989	0,010 a 0,116	Medições em sistemas operando há vários anos.
João B. Comparini	Cardoso, Indaiaporã, Guarani D'Oeste e Pedranópolis (Estado de São Paulo)	1990	0,021 a 0,038	Medições em sistemas operando há vários anos.
Lineu R. Alonso, Rodolfo J. Costa e Silva Jr., Francisco J.F. Paracampos	São Paulo	1990	0,24 a 0,35	Medições em sistemas operando há vários anos.
Milton T. Tsutiya & Orlando Z. Cassettari	Tatuí (Estado de São Paulo)	1995	0,33	Medições em sistema operando há vários anos.
Frederico Y. Hanai & José R. Campos	Araraquara (Estado de São Paulo)	1997	0,17	Medições em sistema operando há vários anos.
T. Merriman	ELJA	1941	0,03 a 1,4	Medições.
E.W. Steel	ELJA	1960	0,40 a 1,37	Recomendações para projeto.
I.W. Santry	ELJA	1964	0,3 a 1,4	Medições.
WPCF	ELJA	1969	0,27 a 1,09	Recomendações para projeto.
Metcalf & Eddy Inc.	ELJA	1981	0,15 a 0,60*	Recomendações para projeto.

* Valores para 160 m de rede por ha. Dados originais em função de área esgotada

Fonte: Tsutiya e Sobrinho (2011)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise dos resultados, chega-se alguns dados que alimentam a planilha de dimensionamento, que estabelece todos os valores a serem usados na execução do projeto. Em uma rede de esgoto sanitário a lâmina de água deve ser inferior a 75% do tubo para ser alcançada as suas vazões nos trechos adotados, garantindo êxito nos condutos livres, para que a circulação de ar seja satisfatória na rede.

A tabela 5 apresenta o número real de ligações e a extensão de redes coletoras construídas na cidade de Pouso Alegre, com os dados obtidos é possível notar uma redução na extensão de redes, que em 2020 contava com um total de 550.669 metros para 524.500 no ano

de 2021. Já no ano vigente, 2022, nota-se uma ampliação nesse número, passando de 524.550 para 534.319 metros, até o mês de setembro. A redução da extensão de redes se deve ao fato de novas redes construídas em locais estratégicos que possibilitaram a redução de percurso na coleta. Ao ritmo de expansão nos últimos anos na cidade de Pouso Alegre aumentou também o número de ligações operadas atingindo até o mês de setembro deste ano o número de 56.725.

Com os dados obtidos através de um levantamento populacional da área de execução da rede foi possível realizar um projeção populacional, com o estudo realizado chega-se a uma população atual de 331 habitantes e uma possível população futura de 406 habitantes. Com o número de habitantes projetados e com valores estabelecidos por normas, é possível calcular a vazão da rede coleta e o dimensionamento do diâmetro do tubo a ser utilizado, conforme apresentado na Tabela 6.

Com a análise dos resultados nota-se a importância do dimensionamento correto da rede de esgoto sanitária, antes da execução da obra, pois com o mesmo pode-se definir a inclinação adequada, diâmetro, vazão, população futura evitando assim gastos desnecessários, erros por falta de projeto ocasionando em atrasos na execução da obra.

Tabela 5 – Ligações e extensões de rede esgoto de Pouso Alegre - MG

Ligações e extensões de Rede Esgoto - Posição em 30/09/22 (Dados provisórios)								
Rede Esgoto / Pouso Alegre - MG								
Período	Nº de ligações operadas (UN)	Nºde economia operadas (UN)	Economias por ligação (UN)	Extensão de rede (metros)	Metros de rede por ligação (metros)	Metros de rede por economia (metros)	GRPG	UNSL
Ano : 2020								
Total de 2020	54.003	64.040	1,18	550.669	10,2	8,60	8,49	8,27
Ano : 2021								
Total de 2021	55.853	66.367	1,19	524.500	9,39	7,90	8,10	9,48
Ano : 2022								
jan/22	55.919	66.431	1,19	524.500	9,38	7,90	8,24	9,51
fev/22	56.064	66.573	1,19	524.500	9,36	7,89	8,20	9,49
mar/22	56.153	66.664	1,19	524.500	9,34	7,87	8,19	9,48
abr/22	56.301	66.321	1,19	524.558	9,32	7,85	8,17	9,46
mai/22	56.314	66.961	1,19	524.558	9,30	7,83	8,15	9,46
jun/22	56.492	67.029	1,19	524.558	9,29	7,83	8,14	9,46
jul/22	56.621	67.161	1,19	525.173	9,28	7,82	8,16	9,48
ago/22	56.699	67.277	1,19	533.391	9,41	7,93	8,33	9,55
set/22	56.725	67.294	1,19	534.319	9,42	7,94	8,33	9,54
Total de 2022	56.725	67.294	1,19	534.319	9,42	7,94	8,21	9,49

Fonte: Autores (2022)

Tabela 6 – Dimencionamento e vazão da rede

Parâmetros de projeto						Parâmetros físicos								
População inicial do trecho 1	198						Peso Especifico 1000 N/m ³							
População final trecho 1	243						Aceleração da gravidade 9,8m/s ²							
População inicial do trecho 2	133													
População final trecho 2	163													
profundidade maxima adotada (Pvs) (m)	2													
População atual	331													
População futura	406													
Consumo per capita (l/hab.dia)	170													
Coefficiente de retorno	0,8													
Taxa de infiltração (l/s.km)	0,9													
K1	1,2													
K2	1,5													
Raio Hidráulico (Tabela) Trecho 1	0,159													
Raio Hidráulico (Tabela) Trecho 2	0,182													
Vazão mínima de projeto	l/s													
Comprimento total da rede(m)	116													
						K1 (coeficiente do dia de maior contribuição)								
						K2 (coeficiente da hora de maior contribuição)								
PV	Cota do tampão (m)	Cota de fundo do PV (m)	Trecho	Comprimento(m)	Vazão no trecho (l/s)		Inclinação Mínima (m/m)	Declividade mínima (m/m)	Diâmetro mínimo (m)	Diâmetro adotado (m)	Velocidade crítica (m/s)	Lâmina (Y/D)	Tensão trativa (Pa)	
					Inicial	Final								
1	859,2	857,7	1 - 2	70	0,594	0,815	0,007	0,164	0,712	100	2,986	0,275	26,123	
2	857,7	857,3	2 - 3	40	0,917	1,285	0,006	0,292	0,901	100	3,419	0,325	53,154	
Cálculos														
1 - 2		Qdi (l/s)	0,531	Qi(l/s)		0,594	Inclinação Mínima (m/m)		Declividade Min. (m)		Diâmetro mínimo (m)			0,712
		Txi (l/s.km)	8,479											
		Qdf(l/s)	0,752											
		Txf(l/s.km)	11,636											
		Qf(l/s)	0,815											
2 - 3		Qdi (l/s)	0,881	Qi(l/s)		0,917	Inclinação Mínima (m/m)		Declividade Min. (m)		Diâmetro mínimo (m)			0,901
		Txi (l/s.km)	22,913											
		Qdf(l/s)	1,249											
		Txf(l/s.km)	32,133											
		Qf(l/s)	1,285											

Fonte: Autores (2022)

5. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados desse trabalho, foi possível verificar a importância do dimensionamento correto de uma rede de esgoto sanitário, para que seja evitado extrapolações, rebaixamentos e superdimensionamentos. Pois, quando não acontece o dimensionamento correto, pode ocasionar prejuízos na qualidade de vida da população e danos ao meio ambiente.

Com os estudos obtidos foi observado que a topográfica (Figura 2) é primordial para o funcionamento correto da rede de esgoto sanitário, observando que é indispensável a manutenção onde a tensão trativa é maior de 1Pa, para proporcionar o deslocamento do esgoto na rede e garantir o funcionamento correto.

Para o dimensionamento correto de uma rede de esgoto sanitário, são necessárias diversas análises, tais como: população do local, estudo da área e sua declividade, recursos financeiros e etc. Onde através dessas análises é dado início à execução, seguindo as normativas para a conclusão do mesmo.

Para atender as três ruas situadas no bairro Vila São Geraldo, foram traçados 116 metros, sendo dois trechos, sendo o primeiro trecho com 70 m e o segundo com 40 m, construídos para a coleta de esgoto gerado pela população do bairro, a rede dimensionada obedeceu o diâmetro mínimo exigido, onde foi feita a construção de 3 PV obedecendo a avaliação das cotas de elevação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

GAMEIRO, Luiz Fernando de Souza. Dimensionamento otimizado de redes de esgotos sanitários com a utilização de algoritmos genéricos. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2003.

MACHADO NETO, Joaquim Gabriel Oliveira e TSUTIYA, Milton. Tensão Trativa: um Critério Econômico para o Dimensionamento das Tubulações de Esgoto. Revista Dae. v.45. n140, p. 73-87, Rio de Janeiro, 1985.

NUVOLARI, Ariovaldo. Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola.

São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. 2ª Edição Revista, Atualizada e Ampliada. 2011.

OLIVEIRA, Anderson Luis Silva de e FERNANDEZ, José Carrera. Análise da Eficiência do Setor de Saneamento Básico no Brasil. Fórum Banco Do Nordeste De Desenvolvimento: IX Encontro Regional De Economia Da ANPEC, 2004.

OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE) Disponível em www.who.int/eportuguese/publications/pt:. Acesso em: 14 out. 2015.

PEREIRA, José Almir Rodrigues. Rede Coletora de Esgoto Sanitário: Projeto, Construção e Operação. 2. Ed. rev. e ampliada. Universidade Federal do Pará, 2006.

VINCE, André. População de Pouso Alegre registra crescimento entre 2020 e 2021, segundo o IBGE. Prefeitura Pouso Alegre, 2021. Disponível em: <https://pousoalegre.mg.gov.br/noticias>. Acesso em 09 novembro de 2022.