

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

THALES GOMES DA FONSECA

SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO: Proposta de solução para o sistema de esgoto, localizado entre, a rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos em São Gonçalo do Sapucaí.

Varginha

2018

THALES GOMES DA FONSECA

SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO: Proposta de solução para o sistema de esgoto, localizado entre, a rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos em São Gonçalo do Sapucaí.

Trabalho de conclusão de curso II apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Professora Mestra Ivana Prado de Vasconcelos.

Varginha

2018

THALES GOMES DA FONSECA

SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO: Proposta de solução para o sistema de esgoto, localizado entre, a rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos em São Gonçalo do Sapucaí.

Trabalho de conclusão de curso II apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em 05/12 /2018.

Prof. Me. Elker Lucas Garroni

Prof. Ma. Ivana Prado de Vasconcelos

Prof. Me. Roberto Luiz Queiroz

OBS.:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus; em seguida à minha esposa Flávia Silvério Taveira e à minha filha Leona Silvério Fonseca, que são a fonte de minha inspiração.

RESUMO

Este trabalho constitui um estudo sobre o sistema de esgoto, localizado entre, a rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos em São Gonçalo do Sapucaí, onde parte do córrego Saracura está localizado. Foi constatado através de visitas em campo, que os dejetos provenientes do esgoto sanitário das residências que fazem fundo para o curso d'água, são lançados de forma *in natura* e direta no córrego Saracura. Em função dos resultados obtidos, foi calculado um projeto de um interceptor margeando o canal para receber o esgoto proveniente das bacias à montante do trecho e uma rede coletora para as ruas, juntamente com seu quantitativo orçamentário que visa solucionar a atual situação do sistema de esgotamento sanitário do local de estudo.

Palavras-chave: Esgoto Sanitário. Interceptor. Rede coletora.

ABSTRACT

This work constitutes a study on the sewage system, located between Francisco E. Pereira Street and part of Fernando A. Lemos Street in São Gonçalo do Sapucaí, where part of the Saracura stream is located. It was verified through visits in the field that the waste from the sanitary sewage of the residences that make up the watercourse, are released *in natura* and direct form in the stream Saracura. Based on the results obtained, an interceptor project was calculated by marking the canal to receive the sewage from the basins upstream of the stretch and a collection network for the streets, together with its budget quantitative that aims to solve the current situation of the depletion system the study site.

Key words: Sanitary sewage. Interceptor. Network collector.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01: Foto do trecho em estudo, Travessa Fernanda A. Lemos, na ponte sobre o córrego Saracura, margem esquerda sentido R. Francisco Emílio Pereira para R. Fernando António Lemos..... | 11 |
| Figura 02: Foto do trecho em estudo, R. Eurico G. Dutra, na ponte sobre o córrego Saracura, margem esquerda sentido R. Francisco Emílio Pereira para R. Fernando António Lemos..... | 12 |
| Figura 03: Foto do trecho em estudo, R. Eurico G. Dutra, na ponte sobre o córrego Saracura, margem direita sentido R. Francisco Emílio Pereira para Fernando António Lemos..... | 12 |
| Figura 04: Foto aérea da área urbana da cidade de São Gonçalo do Sapucaí..... | 13 |
| Figura 05: Foto aérea da área das sub bacias que contribuem para a rede coletora..... | 14 |
| Figura 06: Foto aérea da área com curvas de nível das sub bacias que contribuem com esgoto à montante do córrego Saracura..... | 15 |
| Figura 07: Foto do lavador de carros, localizado na Travessa Fernanda A. Lemos nas margens do córrego Saracura..... | 16 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 09 |
| 2 OBJETIVOS..... | 10 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 10 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 10 |
| 3 DIAGNÓSTICO..... | 11 |
| 3.1 Caracterização do sistema de esgoto existente..... | 11 |
| 3.2 Análise dos resultados..... | 16 |
| 4 PROJETO..... | 18 |
| 4.1 Memorial Descritivo..... | 18 |
| 4.2 Concepção de projeto..... | 19 |
| 4.3 Parâmetros para projeto de rede coletora de esgoto..... | 20 |
| 4.3.1 Parâmetros da COPASA..... | 25 |
| 4.4 Parâmetros para projeto de interceptor..... | 26 |
| 4.5 Parâmetros para escavação do solo..... | 28 |
| 4.6 Memorial de cálculo..... | 29 |
| 4.7 Especificação do projeto..... | 33 |
| 4.7.1 Escavação do solo..... | 34 |
| 4.8 Considerações sobre o desenvolvimento do projeto..... | 35 |
| 4.9 Quantitativo e estimativa de custo..... | 35 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 36 |
| REFERÊNCIAS..... | 37 |
| APÊNDICE A - Planilha de estimativa populacional e de geração de esgoto..... | 38 |
| APÊNDICE B - Planilha de dimensionamento da rede coletora da rua Francisco Emílio Pereira..... | 39 |
| APÊNDICE C - Planilha de dimensionamento da rede coletora da rua Fernando Antônio Lemos..... | 40 |
| APÊNDICE D - Planilha de dimensionamento do interceptor..... | 41 |
| APÊNDICE E - FOLHA 1/3 - Traçado das Redes coletoras e do interceptor..... | 42 |
| APÊNDICE F - FOLHA 2/3 - Perfis longitudinais..... | 43 |
| APÊNDICE G - FOLHA 3/3 - Detalhes dos poços de visita..... | 44 |
| APÊNDICE H - Planilha de quantitativos e estimativa de custos..... | 45 |
| ANEXO A - Tabela para dimensionamento e verificação de tubulações – escoamento livre..... | 48 |

1 INTRODUÇÃO

O Saneamento básico está diretamente associado ao nível de desenvolvimento humano de uma determinada região, pois, “a participação do indivíduo na atividade econômica e social depende de uma vida saudável, para tanto, é fundamental o acesso ao saneamento básico, assim como à moradia, à saúde e à educação” (GALVÃO JUNIOR, 2009, p. 549).

Visto a importância do saneamento básico para população e que o esgotamento sanitário faz parte do saneamento básico, faz-se necessário conceituá-lo. Onde, esgotamento sanitário são as infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente (Lei nº. 11.445 de 2007, artigo 3º, inciso I, alínea “b”).

No estudo realizou-se um levantamento de campo no sistema de esgotamento sanitário, localizado entre, a rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos em São Gonçalo do Sapucaí/MG, onde foi possível diagnosticar o lançamento direto do esgoto no córrego Saracura, que corre entre as ruas em questão. Posteriormente foi calculado a estimativa populacional referentes as sub bacias que contribuem com esgoto, com isso, foi feito a estimativa da quantidade de esgoto gerado.

O projeto contemplará o atendimento de 100% da população. O interceptador que será alocado margeando do canal irá captar o esgoto proveniente nas sub bacias a montante das ruas em que serão implantadas as redes coletoras. A rede de esgoto sanitário foi projetada em redes simples, no passeio das residências.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi propor um projeto de interceptor no trecho de canal, localizado entre, a rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos em São Gonçalo do Sapucaí.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar estudo de campo do sistema de esgoto sanitário da rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos em São Gonçalo do Sapucaí para identificar o problema.
- Verificar as partes integrantes e quais bacias contribuem com esgoto sanitário no córrego entre as ruas em questão.
- Diagnosticar a situação do sistema de esgoto sanitário do local em questão.
- Propor o traçado da rede coletora da rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos.
- Indicar solução para que o sistema possa melhorar o aspecto social e ambiental.
- Apresentar projeto, memorial descritivo e planilha de quantitativos e estimativa de custos da proposta de solução.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 Caracterização do sistema de esgoto existente.

Foi constatado através de visitas em campo, nos seguintes logradouros: Travessa Fernanda A. Lemos, Rua Francisco Emílio Pereira, Rua Fernando Antônio Lemos e parte da Rua Eurico G. Dutra, que em todas as casas cujo o fundo faz divisa com o córrego, as mesmas possuem o seu coletor predial em tubulações de PVC com diâmetro de 100 mm na maioria dos casos. Ou seja, nessa parte do trecho, torna-se visível o lançamento dos dejetos dos coletores prediais no córrego, o conforme as figuras 01, 02 e 03.

Figura 01: Foto do trecho em estudo, Travessa Fernanda A. Lemos, na ponte sobre o córrego Saracura, margem esquerda sentido R. Francisco Emílio Pereira para R. Fernando Antônio Lemos.



Fonte: Própria Autoria. (05/08/2018)

Figura 02: Foto do trecho em estudo, R. Eurico G. Dutra, na ponte sobre o córrego Saracura, margem esquerda sentido R. Francisco Emílio Pereira para R. Fernando Antônio Lemos.



Fonte: Própria Autoria. (05/08/2018)

Figura 03: Foto do trecho em estudo, R. Eurico G. Dutra, na ponte sobre o córrego Saracura, margem direita sentido R. Francisco Emílio Pereira para Fernando Antônio Lemos.



Fonte: Própria Autoria. (05/08/2018)

Para diagnosticar o problema, foi feito o cálculo completo do sistema de esgotamento existente, possibilitando verificar com maior precisão cada trecho.

Pra realização dos cálculos foi consultado o Google *Earth Pro* para verificação da área urbana do município de São Gonçalo do Sapucaí, conforme figura 04.

Figura 04: Foto aérea da área urbana da cidade de São Gonçalo do Sapucaí.



Fonte: Google Earth Pro, adaptada. (05/08/2018).

E foi consultado também o IBGE para consulta censo de 2000 e 2010. Com esses levantamentos foi constatado os seguintes resultados.

- Área urbana de São Gonçalo do Sapucaí = 4.425.624 m²;
- Habitantes residentes na área urbana em 2010 = 19.746 Habitantes;
- Densidade urbana de São Gonçalo do Sapucaí:

$$D = 19.742 / 4.425.624$$

$$D = 0,0045 \text{ hab/m}^2$$

Posteriormente foi calculado a estimativa populacional referentes as sub bacias 12B e 14B, conforme a figura 05.

Figura 05: Foto aérea da área das sub bacias que contribuem para a rede coletora.



Fonte: Google Earth Pro, adaptada. (05/08/2018).

- Cálculo da população inicial:
- Rua Francisco Emílio Pereira:

$$\text{Pop. Sub bacia 12B de contribuição} = 0,0045 \times 26.902$$

$$\text{Pop. Sub bacia 12B de contribuição em 2010} = 121 \text{ Habitantes.}$$

- Rua Fernando Antônio Lemos:

$$\text{Pop. Sub bacia 14B de contribuição} = 0,0045 \times 31.017$$

$$\text{Pop. Sub bacia 14B de contribuição em 2010} = 140 \text{ Habitantes.}$$

- Cálculo da estimativa populacional em 2018, através do processo geométrico:

$$kg = (2010 - 2000) \sqrt{\left(\frac{23.906}{22.308}\right)}$$

$$kg = 1,006942$$

- População em 2018:

- Rua Francisco Emílio Pereira:

$$Pf = 121 \cdot 1,006942^{(2018-2010)}$$

$$Pf = 128 \text{ habitantes}$$

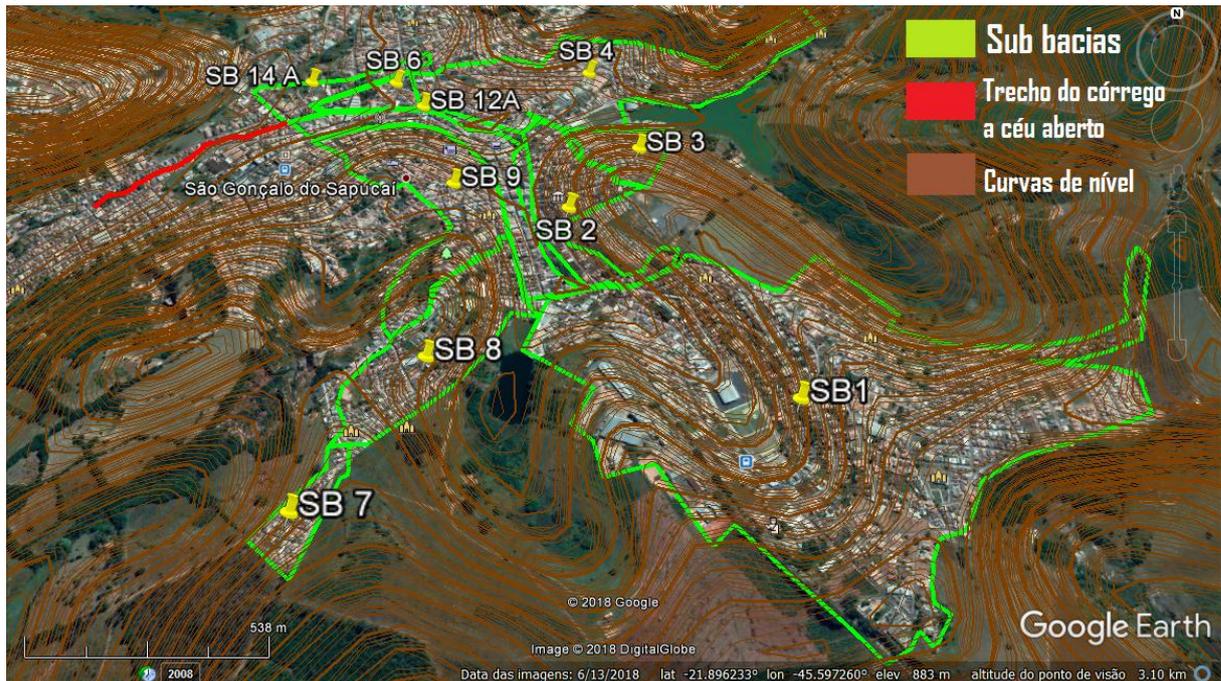
- Rua Fernando Antônio Lemos:

$$Pf = 140 \cdot 1,006942^{(2018-2010)}$$

$$Pf = 148 \text{ habitantes}$$

Entretanto uma grande parte da área urbana da cidade, constituída de várias sub bacias, contribuem com o lançamento de esgoto sanitário no córrego Saracura, à montante do trecho citado, conforme a figura 06.

Figura 06: Foto aérea da área com curvas de nível das sub bacias que contribuem com esgoto à montante do córrego Saracura.



Fonte: Google Earth Pro, adaptada. (05/08/2018).

Após a consulta ao representante de um lavador de carros, localizado na Travessa Fernanda A. Lemos nas margens do córrego Saracura, conforme figura 07, foi constatado que o mesmo utiliza cerca de 216 litros por carro em média. E que a quantia média de carros lavados por dia é de 5 veículos, pode se obter através dos cálculos um valor de vazão concentrada (Q_c) de 0,0125 l/s.

Figura 07: Foto do lavador de carros, localizado na Travessa Fernanda A. Lemos nas margens do córrego Saracura.



Fonte: Própria Autoria. (05/08/2018)

Para o dimensionamento total do sistema de esgotamento sanitário foi utilizado o EXCEL para facilitar os cálculos conforme resultados apresentados no Apêndices A, B, C e D.

3.2 Análise dos resultados

- As residências das ruas Francisco Emílio Pereira e Fernando Antônio Lemos situadas nas bacias 12B e 14B lançam respectivamente 0,27 e 0,32 L/s no córrego no trecho onde o mesmo corre à céu, conforme Apêndice A.
- A parte do córrego onde será proposto a implantação do interceptor possui 597 metros de extensão. À montante do trecho à céu aberto recebe contribuição de esgoto das sub bacias 1, 2, 3, 7, 8, 4, 6, 9, 12A e 14A, podendo ser visualizado cada sub bacia de contribuição, conforme figura 06.
- As sub bacias de contribuição 1; 2; 3; 7 e 8 lançam 11,62 L/s.
- A sub bacia de contribuição 4 lança 2,86 L/s.
- A sub bacia de contribuição 6 lança 0,28 L/s.
- As sub bacias de contribuição 9; 12A e 14A lançam 3,05, L/s.

- As declividades na rua Francisco Emílio Pereira (Trechos 23-30 e 50-53) estão abaixo da mínima 0,00455 m/m e que conseqüentemente a tensão trativa está resultando em menor 1,0 Pa.
- A relação y/d na rua Francisco Emílio Pereira (Trechos 32-50) está menor que 0,20.
- As declividades na rua Fernando Antônio Lemos (Trechos 13-20, 23-24, 38-41 e 45-51, estão abaixo da mínima 0,00455 m/m e que conseqüentemente a tensão trativa está resultando em menor 1,0 Pa.
- A relação y/d na rua Fernando Antônio Lemos (Trechos 1-10, 27-33 e 50 ao 53) está menor que 0,20.

4 PROJETO

4.1. Memorial descritivo

A rede de esgoto sanitário foi projetada em redes simples, pelo passeio da rua mais próximo às residências. Os pontos de coletas dos lotes foram determinados a uma distância de 0,60m para dentro da calçada

O interceptor que será alocado margeando do canal irá captar o esgoto proveniente nas sub bacias a montante das ruas em que serão implantadas as redes coletoras.

O projeto contemplou o atendimento de 100% da população.

Quadro 01: Critérios e parâmetros de projeto.

| | |
|--|--|
| População de início de plano das ruas em que serão implantadas as redes coletoras. | 276 habitantes |
| População de final de plano das ruas em que serão implantadas as redes coletoras. | 328 habitantes |
| População de inicial de plano das sub bacias que contribuem para o interceptor | 9.597 habitantes |
| População de final de plano das sub bacias que contribuem para o intercetor. | 11.410 habitantes |
| Coefficiente da hora de maior consumo (K2) | 1,5 |
| Coefficiente de retorno água / esgoto (C) | 0,8 |
| Comprimento total da rede coletora | 1.222 metros |
| Comprimento total do interceptor | 597 metros |
| Vazão de Infiltração para rede coletora | 0,00002 L/s . m de coletor |
| A contribuição pluvial parasitária no interceptor | 0,006 L/s m de coletor contribuinte ao trecho em estudo. |
| Consumo “per capita” | 126 L/hab/dia |
| Recobrimento mínimo da rede | 0,75m |
| Vazão mínima | 1,5 L/s |

| | |
|---|---|
| Coefficiente de rugosidade (Manning) | 0,013 (MBV, concreto, FoFo e PVC) |
| Tensão trativa para rede coletora | Maior ou igual a 1,0 Pa |
| Tensão trativa para interceptor | Maior ou igual a 1,5 Pa |
| Velocidade máxima | 5,0 m/s |
| Diâmetro mínimo da tubulação | 150mm |
| γ água (kgf/m ³) | 1000 |
| Gravidade (m/s ²) | 10 |
| Lâmina d'água mínima (y/d) | 20% |
| Lâmina d'água máxima (y/d) | 75% |
| Lâmina d'água máxima (y/d), para velocidade superior à velocidade crítica | 50% |
| Declividade máxima | Condicionada pela velocidade máxima |
| Declividade mínima | Condicionada pela tensão trativa mínima |
| Material da tubulação | PVC JE Ocre |
| Espaçamento máximo entre TILs e PVs | 80m |
| Profundidade mínima da geratriz superior da rede coletora | 0,90m |
| Vazão do lavador de carros | (Q_c) de 0,0125 l/s. |

Fonte: O autor (2018).

4.2 Concepção de projeto

Conforme visto anteriormente nas figuras 01, 02 e 03 o lançamento do esgoto se faz no fundo dos terrenos das casas que margeiam o curso d'água em questão. A partir desse pressuposto o presente trabalho propõe um projeto de esgotamento sanitário criando uma rede coletora nas ruas Francisco E. Pereira e parte da Fernando A. Lemos. Com isso será invertido o sentido dos coletores das residências, onde os mesmos lançarão o esgoto na rede que será implantada.

Paralelo ao canal, margeando o córrego, será alocado o interceptor para receber o esgoto proveniente a das bacias à montante do trecho das ruas citadas anteriormente.

4.3 Parâmetros para projeto de rede coletora de esgoto

Vazões de projeto

Segundo a NBR 9649, p.3 (ABNT, 1986) “para todos os trechos da rede devem ser estimadas as vazões inicial e final (Q_i e Q_f). Inexistindo dados pesquisados e comprovados, com validade estatística, recomenda-se como menor valor de vazão 1,5 l/s em qualquer trecho”.

Segundo a NBR 9649, p.5 (ABNT, 1986), inexistindo medições de vazão utilizáveis no projeto, utiliza-se as fórmulas:

$$Q_i = (k_2 \cdot \bar{Q}_i) + I + \Sigma Q_{ci}$$

Equação 01.

$$Q_f = (k_1 \cdot k_2 \cdot \bar{Q}_f) + I + \Sigma Q_{cf}$$

Equação 02.

Onde:

Q_i = Vazão inicial de um trecho da rede em l/s;

Q_f = Vazão final de um trecho da rede em l/s;

K_1 = Coeficiente de máxima vazão diária;

K_2 = Coeficiente de máxima vazão horária;

\bar{Q}_i = Contribuição média inicial de esgoto doméstico em l/s;

\bar{Q}_f = Contribuição média final de esgoto doméstico em l/s;

I = Contribuição de infiltração

Q_{ci} = Contribuição singular inicial em l/s;

Q_{fi} = Contribuição singular inicial em l/s;

A vazão de esgoto sanitário é constituída das vazões de esgoto doméstico, de água de infiltração e de contribuição concentrada (NUVOLARI, 2011), podendo ser visualizada na equação 03:

$$Q = Q_d + I + Q_c$$

Equação 03.

Onde:

Q = Vazão de esgoto sanitário em l/s ;

Qd = Contribuição de esgoto doméstico em l/s ;

I = Vazão de água de infiltração em l/s ;

Qc = Vazão de contribuição concentrada em l/s ;

A contribuição de esgoto doméstico inicial e final são representadas respectivamente pelas equações 04 e 05.

$$Qdi = \frac{C \cdot P \cdot q \cdot K2}{86400}$$

Equação 04.

$$Qdf = \frac{C \cdot P \cdot q \cdot K1 \cdot K2}{86400}$$

Equação 05.

Onde:

C = Coeficiente de retorno de abastecimento;

P = População em unidades de habitantes;

q = consumo efetivo per capita em l/s ;

$K1$ = Coeficiente de máxima vazão diária, valor adotado no Brasil de 1,20;

$K2$ = Coeficiente de máxima vazão horária, valor adotado no Brasil de 1,50.

A vazão de água de infiltração é obtida pelo produto da taxa de contribuição linear e a distância do trecho.

$$Ii = Txi \cdot L$$

$$If = Txf \cdot L$$

Equação 06.

População de projeto

A população deve ser levada em consideração, tanto a atual quanto a futura, com o intuito de estimar a data em que o sistema passará a operar com capacidade máxima (NUVOLARI, 2011).

O método aritmético consiste na projeção de um crescimento populacional segundo uma taxa constante (MENDES, 2014). Conforme equação 07.

$$K_a = \frac{P_1 - P_2}{t_1 - t_2}$$

$$P_f = P_2 + K_a \cdot (t_f - t_2)$$

Equação 07.

Já o método geométrico, realiza a projeção em função da população existente a cada instante (MENDES, 2014). Conforme equação 08:

$$k_g = (t_1 - t_2) \sqrt{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$P_f = P_2 \cdot K_g^{(t_f - t_2)}$$

Equação 08.

Onde:

K_a : taxa de crescimento aritmética;

K_g : taxa de crescimento geométrica;

P_2 e P_1 : população final e inicial conhecidas;

P_f : população de projeto;

t_2 e t_1 : ano final e inicial conhecidos;

t_f : ano de final de projeto.

Taxa de contribuição

Segundo NBR 9649, p.6 (ABNT, 1986) as taxas de contribuição linear inicial e final são definidas pelas fórmulas abaixo:

$$Tx_i = \frac{Q_{di}}{L} + TI$$

$$Tx_f = \frac{Q_{df}}{L} + TI$$

Equação 09.

Onde:

T_x = taxas de contribuição linear em $l/s\ m$;

L = distância do trecho em m ;

TI = taxa de contribuição de infiltração em $l/s\ m$.

Taxa de contribuição de infiltração

Segundo a NBR 9649, p.7 (ABNT, 1986) a TI – “ Taxa de contribuição de infiltração; depende de condições locais como: Nível do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizada. O Valor entre 0,05 a 1,0 $l/s.km$ adotado deve ser justificado”.

Para Coletores situados acima do lençol freático é de 0,020 $l/s.km$ e para os coletores situados abaixo do lençol freático é de 0,10 $l/s.km$ (BEVILACQUA, 2006).

Diâmetro mínimo

A lâmina d'água máxima nos coletores não deve ser maior que 75% de seus diâmetros. O diâmetro da máxima vazão esperada nessa condição é calculado na equação 10. Todavia, o diâmetro mínimo não deve ser inferior a 100 mm (NBR 9649, ABNT, 1986).

$$do = 0,3145 \left(\frac{Qf}{\sqrt{Io}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Equação 10.

Onde:

Io = declividade em m/m;

Qf = vazão final em m^3/s ;

do = diâmetro em m.

Declividade mínima e tensão trativa

A declividade mínima é calculada em função da vazão de esgoto sanitário inicial (Qi) e é a condição necessária para garantir a que a tensão trativa (σ) seja de no mínimo 1 Pa, para um coeficiente de Manning de $n = 0,013$ (NBR 9649, ABNT, 1986). A equação utilizada para o cálculo da declividade é a 11.

$$Io\ min = 0,0055 \cdot Qi^{-0,47}$$

Equação 11.

Onde:

$Io\ min$ = declividade mínima em m/m;

Q_i = vazão inicial em m^3/s ;

A tensão trativa é a força tangencial unitária exercida nas paredes do coletor pelo líquido em escoamento (NUVOLARI, 2011). Sendo o seu valor mínimo recomendado em $\sigma = 1,0$ Pa, pela NBR 9649, pois tal parâmetro se faz necessário para que haja o arraste de partículas de até 1,0 mm de diâmetro (NBR 9649, ABNT, 1986). A tensão trativa nada mais é que o produto dos fatores: peso específico do líquido, raio hidráulico e a declividade do coletor; escrita na equação 12.

$$\sigma t = Y \cdot Rh \cdot I_o \text{ min}$$

Equação 12.

Onde:

σt = tensão trativa em Pa;

Y = peso específico do líquido em N/m^3 ;

Rh = raio hidráulico em m;

I_o = declividade do conduto em m/m.

Velocidade final e velocidade crítica

A velocidade final, (V_f), não deve ser superior a 5 m/s, como intuito de prevenir que a tubulação sofra corrosão (NBR 9649, ABNT, 1986). Em situações onde a velocidade final é maior que a velocidade crítica, (V_c), a lâmina d'água máxima não deve ser superior a 0,5do e não mais 0,75do. Essa redução é feita com o intuito de prevenir a mistura de ar no líquido, majorando a área molhada. Pois se o conduto vir a funcionar na condição de conduto forçado a pressão interna poderá causar danos na tubulação pelo fenômeno da cavitação (AZEVEDO NETTO, 1998). Os cálculos das velocidades final e crítica são definidos pelas equações 13 e 14 respectivamente.

$$v_f = \frac{1}{n} \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot I_o^{\frac{1}{2}}$$

Equação 13.

$$v_c = 6 \cdot (g \cdot Rh)^{\frac{1}{2}}$$

Equação 14.

Onde:

v_f = velocidade final, em m/s;

n = coeficiente de rugosidade, adimensional;

Rh = raio hidráulico, em m.

Io = declividade do conduto em m/m.

vc = velocidade crítica, em m/s;

g = aceleração da gravidade, em m/s².

Profundidade do coletor

Sendo que a profundidade mínima recomendada em regiões de alto tráfego é de 1,50 metros em relação a parte inferior dos tubos, com a finalidade de proteger os mesmos das cargas externas. Entretanto, a norma permite em situações onde o tubo será instalado no leito da via um cobrimento mínimo de 0,90 metros em ruas com baixo trânsito e 0,65 metros, quando no passeio. Não podendo essa profundidade ultrapassar 4,50 metros, pois quanto profundo é a rede de esgoto mais onerosa ela se torna (AZEVEDO NETTO, 1998).

4.3.1 Parâmetros da COPASA

Parâmetros para dimensionamento da rede coletora

A COPASA são determina seus parâmetros construtivos pela norma T.194/0 a seguir:

- Coeficiente da hora de maior consumo (K_2) = 1,5
- Taxa de retorno da água/esgoto (Tr) = 0,8
- Taxa de infiltração = 0,00033 l/s.m ou 0,05 l/s.ha;
- Vazão mínima = 1,5 l/s;
- Coeficiente de rugosidade de Manning = 0,013;
- Taxa de contribuição linear mínima = 0,02 l/s.m;
- Tensão trativa mínima = 1,0 Pa;
- Diâmetro mínimo = 150 mm;
- Velocidade máxima = 5,0 m/s;
- Lâmina d'água (y/d) = 75%
- Lâmina d'água máxima (y/d), para a velocidade final superior à velocidade crítica = 50%;

- Contribuição pontual mínima para áreas de expansão, incluindo a infiltração = 0,3 l/s.ha.

Parâmetros construtivos

- Recobrimento mínimo de 0,90 m acima da geratriz superior das tubulações;
- A profundidade máxima da rede deve ser de 5,00m, exceto para atendimento às normais críticas, quando será de 3,50m;
- Distância máxima entre PV's deve ser de 80 m, para diâmetros menores a 350 mm;
- Para diferenças de lâminas superiores a 1,2 cm, ou nas mudanças de diâmetro, o degrau mínimo a ser adotado nos PV's é de 5 cm;
- Deve ser previsto tubo de queda nos PV's (para $D < 350\text{mm}$), para desníveis superiores a 0,5 m entre as cotas de chegada e de saída;
- Deve ser previsto um único coletor para cada edificação locado no passeio da via (exceto em situações impostas por interferências ou pelo tipo de ocupação);
- Devem ser previstos coletores auxiliares, paralelos às canalizações que apresentem material ou profundidade que não permitam a execução de ligações prediais;
- Devem ser previstas placas de ancoragem em concreto, a cada bolsa, para tubulações com declividades superiores a 20%.

4.4 Parâmetros para o projeto interceptores

Nos interceptadores, os trechos entre dois postos de visita, não existe contribuição em marcha (NUVOLARI, 2011).

Em todos os trechos do interceptador deve ser realizada a estimativa das vazões inicial e final (NBR 12207, ABNT, 1992).

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

Equação 15.

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

Equação 16.

Segundo Tsutiya e Além Sobrinho, (1999 apud NUVOLARI, 2011, p.83), A Vazão contribuinte para o último trecho do interceptor deve ser calculada levando-se em consideração o coeficiente de amortecimento “K”, onde: “ $K = K_1 \cdot K_2$ ”.

Para a SABESP (Tsutiya e Além Sobrinho, 1999) as vazões maiores que 750 l/s, K pode ser calculado pela equação a seguir:

$$K = 1,2 + 17,4485 \cdot Qm^{-0,509}$$

Equação 17.

Onde:

Q_m = vazão média final de esgoto doméstico somada à contribuição de infiltração em l/s.

Para a SABESP (Tsutiya e Além Sobrinho, 1999) caso a vazão for menor que 750 l/s, é proposto utilizar o coeficiente de amortecimento $K = 1,80$.

$$Q_i = K / K_1 \cdot Q_i + I + \sum Q_{ci}$$

Equação 18.

$$Q_f = K \cdot Q_f + I + \sum Q_{cf}$$

Equação 19.

Onde:

Q_{ci} e Q_{cf} , são vazões concentradas inicial e final.

Durante o tempo seco o interceptor deve trabalhar com a tensão trativa média em um valor não inferior a 1,5 Pa para vazão inicial e coeficiente de Manning $n = 0,0013$. A declividade mínima necessária para esta condição é calculada pela expressão seguinte (NBR 12207, ABNT, 1992).

$$I_{o \min} = 0,00035 \cdot Q_i^{-0,47}$$

Equação 20.

Onde:

$I_{o \min}$ em m/m e Q_i em m^3/s

Tensão trativa mínima de 1,5 Pa, calculada pela fórmula abaixo:

$$\sigma_t = Y \cdot Rh \cdot I_{o \min}$$

Equação 21.

Segundo a NBR 12207, p.7 (ABNT, 1992) a “TI A contribuição pluvial parasitária deve ser determinada com base em medições, locais. Inexistindo tais medições, pode ser adotada uma taxa cujo valor deve ser justificado e que não deve superar 6 L/s.km de coletor contribuinte ao trecho em estudo.”

Para Nuvolari (2011, p.85), “Quando os condutos são de seção circular, caso mais comum, pode ser adotada uma lâmina d’água máxima de 0,80 do e o diâmetro (do), para o coeficiente de Manning $n = 0,013$, pode ser calculado pela equação:”

$$do = 0,0364 \cdot (Qf/Io^{-1/2})^{3/8}$$

Equação 22.

Calculo da velocidade final (Vf) e velocidade crítica (Vc), através da fórmulas e do ANEXO D.

$$vc = 6 \cdot (g \cdot Rh)^{1/2}$$

Equação 23.

Máximo $y/d = 80\%$

Verificação de y/d com acréscimo de água parasitária: 0,006 l/s.m. Foi adotado este valor em função do local que o interceptor estará alocado, as margens do curso d’água.

4.5 Parâmetros para escavação do solo

A abertura de vala deve ser feita do nível mais baixo em direção ao mais alto, de forma a permitir a auto evacuação da água do fundo da vala. Quando a vala é realizada em um terreno encharcado de água (NBR 12.266, ABNT, 1992).

As regiões de implantação de PV’s devem ser executadas a escavação de um quadrado de 2,20 x 2,20m e para Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL) 1,60 x 1,60 m, dependendo das dimensões do TIL é necessário somar o diâmetro com 0,15m de cada lado. Para os TLs (terminais de limpeza), marca-se o seu posicionamento, mas não há necessidade de alargamento adicional da vala (NUVOLARI, 2011).

Em redes de esgoto quando situadas no passeio a distância mínima entre a rede de água e esgoto é de 0,60m, sendo necessário a colocação da rede de água no mínimo de 0,20m acima da rede coletora de esgoto. (NBR 12.266, ABNT, 1992).

A distância mínima da rede de esgoto para a divisa do lote deve ser de 0,50m. (NBR 12.266, ABNT, 1992).

4.6 Memorial de cálculo

O presente memorial descreve os cálculos realizados para implantação do projeto que visa solucionar o problema abordado.

Para o dimensionamento total da rede coletora das ruas Francisco Emílio Pereira e Fernando Antônio Lemos foi utilizado o EXCEL para facilitar os cálculos conforme resultados apresentados no Apêndices A, B e C.

População inicial e final

Abaixo está descrito apenas a bacia correspondente à rua Fernando Antônio Lemos para demonstração das fórmulas utilizadas em planilha:

- Área urbana de São Gonçalo do Sapucaí = 4.425.624 m²;
- Habitantes residentes na área urbana em 2010 = 19.746 Habitantes;
- Densidade urbana de São Gonçalo do Sapucaí:

$$D = 19.742 / 4.425.624$$

$$D = 0,0045 \text{ hab/m}^2$$

- Cálculo da população inicial:

$$\text{Pop. Bacia de contribuição} = 0,0045 \times 31.017$$

$$\text{Pop. Bacia de contribuição em 2010} = 140 \text{ Habitantes.}$$

- Cálculo da população final de plano, através do processo geométrico:

$$kg = (2010 - 2000) \sqrt{\left(\frac{23.906}{22.308}\right)}$$

$$kg = 1,006942$$

- Horizonte de projeto para 25 anos a partir de 2018:

$$Pf = 140 \cdot 1,006942^{(2043-2010)}$$

$$Pf = 176 \text{ habitantes}$$

Esgoto sanitário

Abaixo está descrito apenas o trecho 1-2 da rua Fernando Antônio Lemos para demonstração das fórmulas utilizadas em planilha:

- Comprimento do trecho: 6,93 m
- Vazão média inicial e final:

$$Qd,i = \frac{0,8 \cdot 148 \cdot 126 \cdot 1,5}{86400}$$

$$Qd,i = 0,259 \text{ l/s}$$

$$Qd,f = \frac{0,8 \cdot 176 \cdot 126 \cdot 1,2 \cdot 1,5}{86400}$$

$$Qd,f = 0,369 \text{ l/s}$$

- Vazão específica inicial e final do trecho:

$$Tx,i = \frac{0,259}{605} + 0,00002$$

$$Tx,i = 0,000448 \text{ l/s m}$$

$$Tx,f = \frac{0,369}{605} + 0,00002$$

$$Tx,f = 0,000631 \text{ l/s m}$$

- Vazão inicial e final do trecho:

$$Qi,i = 0,000448 \cdot 6,93$$

$$Qi,i = 0,0031 \text{ l/s}$$

$$Qi,f = 0,000631 \cdot 6,93$$

$$Q_{i,f} = 0,0044 \text{ l/s}$$

- Declividade econômica:

$$I_{o, econ.} = \frac{846,0 - 845,9}{6,9}$$

$$I_{o, econ.} = 0,0144 \text{ m/m}$$

- Declividade mínima:

$$I_{o min} = 0,0055 \cdot 1,5^{-0,47}$$

$$I_{o min} = 0,00455 \text{ m/m}$$

- Diâmetro mínimo:

$$d_o = 0,3145 \left(\frac{0,00150}{\sqrt{0,0144}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$d_o = 0,0608 \text{ m}$$

- Diâmetro adotado: 150mm
- Verificação hidráulica. Tabela no ANEXO A:

$$\frac{Q_f}{\sqrt{I_o}} = \frac{0,00150}{\sqrt{0,0144}} = 0,0125$$

$$\frac{y_f}{d_o} = 0,20$$

- Tensão trativa
- ANEXO A, $\beta = Rh/d$

$$\left(\frac{Rh}{d_o} \right) = 0,121$$

$$Rh = 0,121 \cdot 0,15$$

$$Rh = 0,018 \text{ m}$$

$$\sigma = 1000 \cdot 0,018 \cdot 0,0144$$

$$\sigma = 0,259 \text{ Kgf/m}^2$$

ou,

$$\sigma = 2,60 \text{ Pa}$$

- Velocidade crítica:

$$vc = 6 \cdot (10 \cdot 0,018)^{\frac{1}{2}}$$

$$vc = 2,56 \text{ m/s}$$

- Velocidade no trecho
- ANEXO A encontra-se $\frac{vf}{\sqrt{I_o}}$:

$$\frac{vf}{\sqrt{I_o}} = 5,3$$

$$vf = 5,3 \cdot \sqrt{0,0144}$$

$$vf = 0,64 \text{ m/s}$$

Dimensionamento do interceptor

Para o dimensionamento total do interceptador foi utilizado o EXCEL para facilitar os cálculos conforme resultados apresentados no Apêndices A e D.

- Cálculo das vazões inicial e final de plano no último trecho do interceptador

$$Q_i = 1,8/1,2 \cdot (11,62 + 2,86 + 0,279 + 2,55) + (0,006 \cdot 597)$$

$$Q_i = 29,55 \text{ l/s}$$

$$Q_f = 1,8 \cdot (13,81 + 3,39 + 0,33 + 3,03) + (0,006 \cdot 597)$$

$$Q_f = 40,59$$

- Declividade do trecho:

$$I_o = \frac{847,0 - 843}{597}$$

$$I_o = 0,00670 \text{ m/m}$$

- Declividade mínima:

$$I_o \text{ min} = 0,00035 \cdot 0,03764^{-0,47}$$

$$I_o \text{ min} = 0,00006$$

- Diâmetro mínimo:

$$d_o = 0,3064 \cdot (0,04059 \cdot 0,00670^{-1/2})^{3/8}$$

$$d_o = 0,199 \text{ m}$$

- Diâmetro adotado: 250mm
- Verificação hidráulica: Tabela no ANEXO A

$$\frac{Qf}{\sqrt{I_0}} = \frac{0,04059}{\sqrt{0,00670}} = 0,4958$$

$$\frac{yf}{do} = \mathbf{0,700}$$

- Tensão trativa
- ANEXO A, $\beta = Rh/d$

$$\left(\frac{Rh}{do}\right) = 0,296$$

$$Rh = 0,296 \cdot 0,250$$

$$\mathbf{Rh = 0,074m}$$

$$\sigma = 1000 \cdot 0,073 \cdot 0,00670$$

$$\sigma = 0,491 \text{ Kgf/m}^2$$

ou,

$$\mathbf{\sigma = 4,91 Pa}$$

- Velocidade crítica:

$$vc = 6 \cdot (10 \cdot 0,074)^{\frac{1}{2}}$$

$$\mathbf{vc = 5,14m/s}$$

- Velocidade no trecho
- ANEXO A encontra-se $\frac{vf}{\sqrt{I_0}}$:

$$\frac{vf}{\sqrt{I_0}} = 12,59$$

$$vf = 12,59 \cdot \sqrt{0,00670}$$

$$\mathbf{vf = 1,102m/s}$$

4.7 Especificação do projeto

Para implantação de um projeto de esgotamento sanitário que atenda às necessidades da área de estudo é necessário:

- Inverter o sentido dos coletores residências que estão voltados para o fundo do canal para o rede pública que será implantada.
- Construir muro de gabião na margem do canal do córrego para alocar o interceptor.
- Lançar a rede coletora nas ruas Francisco Emílio Pereira e Fernando Antônio Lemos, sentido maior cota para a menor cota.
- Adequar as profundidades e declividades dos coletores na rua Francisco Emílio Pereira (Trechos 23-30 e 50-53).
- Estabelecer uma profundidade adequada para implantação dos poços de visita na rua Francisco Emílio Pereira.
- Adequar as profundidades e declividades dos coletores na rua Fernando Antônio Lemos (Trechos 13-20, 23-24, 38-41 e 45-51).
- Estabelecer uma profundidade adequada para implantação dos tubos dos poços de visita na rua Fernando Antônio Lemos.

4.7.1 Escavação do solo

- A abertura de vala para a implantação do interceptor deve ser feita do nível mais baixo em direção ao mais alto, de forma a permitir a auto evacuação da água do fundo da vala.
- Durante a locação da vala é necessário que o topografo estaqueie o local onde haverá o poço de visita (PV) e deixe marcado na estaca a sua profundidade de assentamento para que não seja esquecida pelos empreiteiros a execução de nenhum PV.
- A distância mínima entre a rede de água e esgoto é de 0,60m, sendo necessário a colocação da rede de água no mínimo de 0,20m acima da rede coletora de esgoto.
- A distância mínima da rede de esgoto para a divisa do lote deve ser de 0,50m.
- Para implantação dos PV's devem ser executadas a escavação de um quadrado de 2,20 x 2,20m.

4.8 Considerações sobre o desenvolvimento do projeto

Para elaboração desse projeto não foram previstos os projetos complementares, tais como, rede predial de esgoto das edificações localizadas nas ruas em questão do projeto, as redes coletoras de esgoto das bacias de contribuição de esgoto à montante do córrego e o tratamento final do esgoto coletado, nem sondagem de solo e parâmetros ambientais para instalação; pois necessita de uma equipe multidisciplinar para solução do mesmo. Com isso há possibilidade de alterações da solução da proposta.

Para essa proposta de solução de interceptor no interior do canal foram realizados os projetos que estão descritos abaixo:

- **APÊNDICE E (Folha 1/3)** - Traçado das redes coletoras e do interceptor;
- **APÊNDICE F (Folha 2/3)** - Perfis longitudinais;
- **APÊNDICE G (Folha 3/3)** - Detalhes dos poços de visitas.

4.9 Quantitativo e estimativa de custo

Foi realizada apenas uma estimativa de preços para a execução dos serviços conforme projeto e seguindo as planilhas de preços do SINAPI de Minas Gerais do mês de setembro de 2018 e SETOP de julho de 2018, conforme apêndice H.

5 CONCLUSÃO

Na análise do sistema de esgotamento sanitário existente pode-se verificar que no trecho em que o córrego está localizado entre a rua Francisco E. Pereira e parte da rua Fernando A. Lemos, o mesmo recebe contribuição de esgoto das casas cujo o fundo faz o divisa. E a montante desse trecho o córrego recebe esgoto das bacias de contribuição.

Através do *software Google Earth Pro*, foi possível identificar cada bacia que contribui com esgoto a montante do trecho do córrego em estudo, bem como, estimar sua população em função das respectivas áreas e da densidade demografia do município.

Com a utilização de um GPS, *Global Position System* foram coletados os dados referentes as cotas de cada edificação. Com a aquisição de tais dados e com a ajuda de planilhas eletrônicas foi diagnosticado a quantidade de esgoto gerado.

Por meio do *software Global Mapper 18*, foi possível gerar as curvas de nível utilizadas nos desenhos feitos pelo *software AutoCad* para elaboração do traçado da rede coletora e do interceptor.

Na construção do interceptor, será necessário fazer a escavação de forma manual pois o local dificulta o acesso de máquinas de grande porte. Bem como, aloca-lo por meio muro de gabião na margem do canal do córrego. Para implantação da rede coletora de esgoto haverá a necessidade de alteração de alguns trechos, pois as declividades estão abaixo da mínima o que resulta em uma tensão trativa menor que 1,0 Pa.

Por último foi feita uma planilha dos quantitativos e estimativa de custos da proposta de solução utilizando com dados, o SINAPI de Minas Gerais do mês de setembro de 2018 e SETOP de julho de 2018.

Com base nos estudos, pode-se concluir que o dimensionamento do interceptor bem como da rede coletora do esgoto sanitário atendem as normas vigentes e outras referências bibliográficas citadas, resultando em uma solução que atenderá o local por um período de 25 anos sem necessidade de ampliação. Esta solução servirá como base para melhoria da qualidade de vida dos moradores e também contribuirá para diminuição da poluição do córrego Saracura.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 9648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 9649: **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 12207: **Projeto de interceptores de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 12226: **Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de esgoto ou drenagem urbana**. Rio de Janeiro, 1992.
- BRASIL. Lei nº. 11.445 de 05 de janeiro de 2007.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA) – Norma técnica T.194/0 – **Projeto de esgotamento sanitário para loteamento e conjuntos habitacionais**.
- GALVÃO JUNIOR, Alceu Castro. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. In **Rev Panam Salud Publica.**, 25(6): 548–556, 2009.
- GLOBAL MAPPER, versão 18.0.0 (64 - bit), 2017
- GOOGLE Earth Pro, versão 7.1.8.3036 (32-bit), 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (Brasil). **Panorama da Cidade de São Gonçalo do Sapucaí**. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/mg/sao-goncalo-do-sapucaai/panorama>>. Acesso em: 09 julho 2018.
- MENDES, Luana Ferreira. **Avaliação do sistema de esgotamento sanitário no município de Eloi Mendes / MG**. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário do Sul de Minas. Varginha, 2014.
- NETTO, José Martiniano de Azevedo et al. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Blücher, 1998.
- NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: coleta, transporte e reúso agrícola**. 2 ed. São Paulo: Blücher, 2011.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS), Disponível em <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 08 abril 2018
- 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.

APÊNDICE A - Planilha de estimativa populacional e de geração de esgoto.

APÊNDICE B - Planilha de dimensionamento da rede coletora da rua Francisco Emílio Pereira.

APÊNDICE C - Planilha de dimensionamento da rede coletora da rua Fernando Antônio Lemos.

APÊNDICE D - Planilha de dimensionamento do interceptor.

APÊNDICE E - FOLHA 1/3 - Traçado das Redes coletoras e do interceptor.

APÊNDICE F - FOLHA 2/3 - Perfis longitudinais.

APÊNDICE G - FOLHA 3/3 - Detalhes dos poços de visita.

APÊNDICE H – Planilha de quantitativos e estimativa de custos.

| APÊNDICE H – Planilha de quantitativos e estimativa de custos. | | | | | | |
|--|----------------------|---|-------|-------------|--------|-------------------|
| REFERÊNCIAS SINAPI/ MINAS - 09/2018 E SETOP JULHO DE 2018 | | | | | | |
| ITEM | CÓDIGO SINAPI/ SETOP | DESCRIÇÃO | UNID. | VALOR UNIT. | QUANT. | VALOR TOTAL R\$ |
| REDE COLETORA | | | | | | 373.527,35 |
| 1.1 | ED-50135 | BARRACÃO DE OBRA, INCLUSIVE SANITÁRIOS | M² | 411,28 | 60 | 24.676,80 |
| 1.2 | 72917 | ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS 1,50 M < H <= 3,00 M | M³ | 137,3 | 1833 | 251.670,90 |
| 1.3 | 90695 | TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. | M | 37,80 | 1222 | 46.191,60 |
| 1.4 | 94057 | ESCORAMENTO DE VALA, TIPO DESCONTÍNUO, COM PROFUNDIDADE DE 1,5 M A 3,0 M, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016 | M² | 20,07 | 735 | 14.751,45 |
| 1.5 | ED-48666 | TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO PARA POÇO DE VISITA | UN | 394,68 | 20 | 7893,6 |
| 1.6 | 98417 | (COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,0 M, PROFUNDIDADE DE 2,00 A 2,50 M, EXCLUINDO TAMPÃO. | UN | 1.087,02 | 14 | 15.218,28 |
| 1.7 | 98749 | (COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,0 M, PROFUNDIDADE DE 3,00 A 3,50 M, EXCLUINDO TAMPÃO. | UN | 1278,76 | 6 | 7672,56 |
| 1.8 | 72131 | ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO MACICO 5X10X20CM 1 VEZ (ESPESSURA 20CM), ASSENTADO COM ARGAMASSA TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA) | M² | 97,36 | 56 | 5.452,16 |
| INTERCEPTOR | | | | | | 357.615,12 |
| 1.1 | 72917 | ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS 1,50 M < H <= 3,00 M | M³ | 137,3 | 438 | 60.137,40 |
| 1.2 | 94059 | ESCORAMENTO DE VALA, TIPO DESCONTÍNUO, COM PROFUNDIDADE DE 3,0 A 4,5 M, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016 | M² | 17,98 | 438 | 7.875,24 |
| 1.3 | 92743 | MURO DE GABIÃO, ENCHIMENTO COM PEDRA DE MÃO TIPO RACHÃO, DE GRAVIDADE, COM GAIOLAS DE COMPRIMENTO IGUAL A 2 M, PARA MUROS COM ALTURA MENOR OU IGUAL A 4 M – FORNECIMENTO E EXECUÇÃO. AF_12/2015 | M³ | 355,29 | 597 | 212.108,13 |
| 1.4 | 94964 | CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016 | M³ | 253,65 | 60 | 15.219,00 |
| 1.5 | ED-50107 | LOCAÇÃO DE ADUTORAS, COLETORES TRONCO E INTERCEPTORES - ATÉ DN 500 MM | M | 2 | 597 | 1.194,00 |

| | | | | | | |
|-----|----------|--|----|----------|-----|----------|
| 1.6 | 90697 | TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 250 MM, | M | 97,35 | 597 | 58117,95 |
| 1.7 | ED-48666 | TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO PARA POÇO DE VISITA | UN | 394,68 | 2 | 789,36 |
| 1.8 | 98417 | (COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,0 M, PROFUNDIDADE DE 2,00 A 2,50 M, EXCLUINDO TAMPÃO. | UN | 1.087,02 | 2 | 2.174,04 |

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|-----------------------|----|------|------|----------|
| SERVIÇOS COMPLEMENTARES | | | | | | |
| 1.1 | 9537 | LIMPEZA GERAL DA OBRA | M² | 1,89 | 5182 | 9.793,98 |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|-------------------|
| VALOR TOTAL ESTIMADO DA OBRA | | | | | | 740.936,45 |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|-------------------|

ANEXO A – Tabela para dimensionamento e verificação de tubulações – escoamento livre
Fórmula de Manning – n =0,013.

| DN ↓ | $y/D \Rightarrow$ | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
|------|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100 | $v + l_0^{1/2}$ | 1,69 | 2,64 | 3,40 | 4,04 | 4,61 | 5,10 | 5,54 | 5,93 | 6,28 | 6,58 | 6,88 | 7,05 | 7,23 | 7,36 | 7,45 | 7,50 | 7,48 | 7,39 | 7,20 | 6,58 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,0002 | 0,001 | 0,003 | 0,005 | 0,007 | 0,010 | 0,014 | 0,017 | 0,022 | 0,026 | 0,030 | 0,035 | 0,039 | 0,043 | 0,047 | 0,050 | 0,053 | 0,055 | 0,056 | 0,052 |
| 150 | $v + l_0^{1/2}$ | 2,22 | 3,46 | 4,45 | 5,30 | 6,04 | 6,69 | 7,26 | 7,77 | 8,22 | 8,62 | 8,96 | 9,24 | 9,47 | 9,65 | 9,77 | 9,82 | 9,80 | 9,69 | 9,44 | 8,62 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,001 | 0,003 | 0,007 | 0,013 | 0,021 | 0,030 | 0,040 | 0,051 | 0,063 | 0,076 | 0,089 | 0,102 | 0,115 | 0,127 | 0,139 | 0,149 | 0,157 | 0,162 | 0,164 | 0,152 |
| 200 | $v + l_0^{1/2}$ | 2,68 | 4,19 | 5,40 | 6,42 | 7,31 | 8,10 | 8,80 | 9,42 | 9,96 | 10,44 | 10,85 | 11,19 | 11,47 | 11,69 | 11,83 | 11,90 | 11,87 | 11,74 | 11,43 | 10,44 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,002 | 0,007 | 0,016 | 0,029 | 0,045 | 0,064 | 0,086 | 0,111 | 0,137 | 0,164 | 0,192 | 0,220 | 0,248 | 0,275 | 0,299 | 0,321 | 0,338 | 0,349 | 0,352 | 0,328 |
| 250 | $v + l_0^{1/2}$ | 3,11 | 4,86 | 6,26 | 7,45 | 8,49 | 9,40 | 10,21 | 10,93 | 11,56 | 12,11 | 12,59 | 12,99 | 13,31 | 13,56 | 13,73 | 13,81 | 13,78 | 13,62 | 13,27 | 12,11 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,003 | 0,012 | 0,029 | 0,052 | 0,081 | 0,116 | 0,156 | 0,200 | 0,248 | 0,297 | 0,348 | 0,399 | 0,450 | 0,498 | 0,542 | 0,581 | 0,613 | 0,634 | 0,639 | 0,595 |
| 300 | $v + l_0^{1/2}$ | 3,52 | 5,49 | 7,07 | 8,41 | 9,58 | 10,62 | 11,53 | 12,34 | 13,06 | 13,68 | 14,22 | 14,67 | 15,04 | 15,32 | 15,51 | 15,59 | 15,56 | 15,38 | 14,98 | 13,68 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,005 | 0,020 | 0,047 | 0,085 | 0,132 | 0,189 | 0,254 | 0,326 | 0,403 | 0,483 | 0,566 | 0,650 | 0,731 | 0,809 | 0,882 | 0,945 | 0,996 | 1,030 | 1,039 | 0,967 |
| 350 | $v + l_0^{1/2}$ | 3,90 | 6,08 | 7,84 | 9,32 | 10,62 | 11,76 | 12,78 | 13,68 | 14,47 | 15,16 | 15,76 | 16,26 | 16,66 | 16,97 | 17,18 | 17,28 | 17,24 | 17,04 | 16,60 | 15,16 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,007 | 0,030 | 0,071 | 0,128 | 0,200 | 0,286 | 0,384 | 0,492 | 0,608 | 0,729 | 0,854 | 0,980 | 1,103 | 1,221 | 1,330 | 1,426 | 1,503 | 1,554 | 1,567 | 1,459 |
| 400 | $v + l_0^{1/2}$ | 4,26 | 6,65 | 8,56 | 10,19 | 11,61 | 12,86 | 13,97 | 14,95 | 15,82 | 16,57 | 17,22 | 17,77 | 18,21 | 18,55 | 18,78 | 18,89 | 18,85 | 18,63 | 18,15 | 16,57 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,010 | 0,043 | 0,101 | 0,182 | 0,285 | 0,408 | 0,548 | 0,702 | 0,867 | 1,041 | 1,220 | 1,399 | 1,575 | 1,743 | 1,899 | 2,036 | 2,146 | 2,219 | 2,238 | 2,082 |
| 450 | $v + l_0^{1/2}$ | 4,61 | 7,19 | 9,26 | 11,03 | 12,56 | 13,91 | 15,11 | 16,17 | 17,11 | 17,93 | 18,63 | 19,22 | 19,70 | 20,07 | 20,32 | 20,43 | 20,39 | 20,15 | 19,63 | 17,93 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,014 | 0,060 | 0,139 | 0,250 | 0,390 | 0,558 | 0,750 | 0,961 | 1,188 | 1,425 | 1,670 | 1,915 | 2,156 | 2,387 | 2,600 | 2,787 | 2,938 | 3,038 | 3,064 | 2,851 |
| 500 | $v + l_0^{1/2}$ | 4,94 | 7,71 | 9,94 | 11,83 | 13,47 | 14,92 | 16,21 | 17,35 | 18,35 | 19,23 | 19,99 | 20,62 | 21,14 | 21,53 | 21,80 | 21,92 | 21,87 | 21,62 | 21,06 | 19,23 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,018 | 0,079 | 0,184 | 0,331 | 0,517 | 0,739 | 0,993 | 1,272 | 1,573 | 1,888 | 2,211 | 2,536 | 2,856 | 3,161 | 3,443 | 3,691 | 3,891 | 4,024 | 4,057 | 3,776 |
| 600 | $v + l_0^{1/2}$ | 5,58 | 8,71 | 11,22 | 13,36 | 15,21 | 16,85 | 18,31 | 19,59 | 20,72 | 21,71 | 22,57 | 23,29 | 23,87 | 24,31 | 24,61 | 24,75 | 24,70 | 24,41 | 23,78 | 21,71 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,029 | 0,128 | 0,299 | 0,538 | 0,841 | 1,202 | 1,615 | 2,069 | 2,558 | 3,070 | 3,596 | 4,124 | 4,643 | 5,140 | 5,597 | 6,002 | 6,325 | 6,543 | 6,598 | 6,140 |
| 700 | $v + l_0^{1/2}$ | 6,19 | 9,65 | 12,44 | 14,80 | 16,86 | 18,67 | 20,29 | 21,71 | 22,97 | 24,07 | 25,01 | 25,81 | 26,45 | 26,95 | 27,28 | 27,43 | 27,37 | 27,05 | 26,35 | 24,07 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,045 | 0,193 | 0,450 | 0,811 | 1,268 | 1,814 | 2,435 | 3,121 | 3,858 | 4,631 | 5,424 | 6,221 | 7,004 | 7,753 | 8,446 | 9,053 | 9,544 | 9,870 | 9,952 | 9,261 |
| 800 | $v + l_0^{1/2}$ | 6,76 | 10,55 | 13,60 | 16,18 | 18,43 | 20,41 | 22,18 | 23,73 | 25,11 | 26,31 | 27,34 | 28,21 | 28,92 | 29,45 | 29,82 | 29,98 | 29,92 | 29,57 | 28,81 | 26,31 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,064 | 0,276 | 0,643 | 1,158 | 1,810 | 2,589 | 3,477 | 4,456 | 5,508 | 6,611 | 7,745 | 8,882 | 10,000 | 11,07 | 12,06 | 12,93 | 13,63 | 14,09 | 14,21 | 13,22 |
| 900 | $v + l_0^{1/2}$ | 7,32 | 11,41 | 14,71 | 17,50 | 19,93 | 22,08 | 23,99 | 25,67 | 27,16 | 28,45 | 29,57 | 30,51 | 31,28 | 31,86 | 32,25 | 32,43 | 32,37 | 31,99 | 31,16 | 28,45 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,087 | 0,378 | 0,880 | 1,585 | 2,479 | 3,545 | 4,760 | 6,100 | 7,538 | 9,051 | 10,60 | 12,16 | 13,69 | 15,15 | 16,51 | 17,70 | 18,65 | 19,29 | 19,45 | 18,10 |
| 1000 | $v + l_0^{1/2}$ | 7,85 | 12,24 | 15,78 | 18,78 | 21,39 | 23,69 | 25,73 | 27,54 | 29,13 | 30,53 | 31,73 | 32,73 | 33,55 | 34,18 | 34,60 | 34,79 | 34,72 | 34,32 | 33,43 | 30,53 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,115 | 0,501 | 1,166 | 2,099 | 3,283 | 4,695 | 6,305 | 8,079 | 9,987 | 11,99 | 14,04 | 16,11 | 18,13 | 20,07 | 21,86 | 23,44 | 24,71 | 25,55 | 25,76 | 23,98 |
| 1100 | $v + l_0^{1/2}$ | 8,36 | 13,05 | 16,81 | 20,01 | 22,79 | 25,24 | 27,42 | 29,34 | 31,05 | 32,53 | 33,81 | 34,88 | 35,75 | 36,42 | 36,87 | 37,07 | 37,00 | 36,57 | 35,62 | 32,53 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,149 | 0,646 | 1,503 | 2,707 | 4,233 | 6,054 | 8,129 | 10,42 | 12,88 | 15,46 | 18,11 | 20,77 | 23,38 | 25,88 | 28,19 | 30,22 | 31,86 | 32,94 | 33,22 | 30,91 |
| 1200 | $v + l_0^{1/2}$ | 8,86 | 13,82 | 17,82 | 21,20 | 24,15 | 26,75 | 29,06 | 31,10 | 32,90 | 34,47 | 35,83 | 36,96 | 37,89 | 38,60 | 39,07 | 39,29 | 39,21 | 38,75 | 37,75 | 34,47 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,188 | 0,814 | 1,896 | 3,413 | 5,338 | 7,635 | 10,25 | 13,14 | 16,24 | 19,49 | 22,83 | 26,19 | 29,49 | 32,636 | 35,55 | 38,11 | 40,17 | 41,55 | 41,90 | 38,99 |
| 1500 | $v + l_0^{1/2}$ | 10,29 | 16,04 | 20,67 | 24,60 | 28,05 | 31,04 | 33,72 | 36,08 | 38,27 | 40,00 | 41,82 | 42,89 | 43,97 | 44,82 | 45,34 | 45,59 | 45,50 | 45,04 | 43,80 | 40,00 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,340 | 1,469 | 3,427 | 6,199 | 9,693 | 13,84 | 18,59 | 23,82 | 29,61 | 35,34 | 41,65 | 47,48 | 53,46 | 59,17 | 64,46 | 69,10 | 72,84 | 75,42 | 76,66 | 70,69 |
| 1800 | $v + l_0^{1/2}$ | 11,61 | 18,12 | 23,35 | 27,78 | 31,65 | 35,05 | 38,08 | 40,75 | 43,11 | 45,17 | 46,95 | 48,44 | 49,65 | 50,58 | 51,20 | 51,48 | 51,38 | 50,78 | 49,47 | 45,17 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,553 | 2,401 | 5,590 | 10,06 | 15,74 | 22,51 | 30,23 | 38,74 | 47,88 | 57,47 | 67,32 | 77,21 | 86,93 | 96,22 | 104,8 | 112,4 | 118,5 | 122,5 | 123,5 | 114,9 |
| 2000 | $v + l_0^{1/2}$ | 12,46 | 19,43 | 25,05 | 29,80 | 33,98 | 37,63 | 40,85 | 43,76 | 46,36 | 48,46 | 50,66 | 51,96 | 53,26 | 54,29 | 54,93 | 55,23 | 55,12 | 54,56 | 53,07 | 48,46 |
| mm | $Q + l_0^{1/2}$ | 0,733 | 3,163 | 7,381 | 13,36 | 20,88 | 29,85 | 40,06 | 51,30 | 63,78 | 76,12 | 89,70 | 102,3 | 115,1 | 127,5 | 138,8 | 148,8 | 156,9 | 162,4 | 165,1 | 152,2 |
| | $\beta = R_v/D$ | 0,033 | 0,064 | 0,093 | 0,121 | 0,147 | 0,171 | 0,194 | 0,214 | 0,233 | 0,250 | 0,265 | 0,278 | 0,288 | 0,296 | 0,302 | 0,304 | 0,303 | 0,298 | 0,287 | 0,250 |

Fonte: (NUVOLARI, 2011).