

## *Sistema de esgotamento sanitário estação elevatória de esgoto e linha de recalque em um residencial*

O projeto apresentado consiste em atender as necessidades de um sistema de coleta de esgoto em um condomínio residencial denominada de Recanto Verde, onde por este se encontra em uma área de declive, impossibilitando o escoamento do esgoto das unidades habitacionais que deve acontecer por gravidade. Foi proposto a implantação de um projeto sanitário dentro de residencial composto por uma estação elevatória de esgoto e uma linha de recalque, com objetivo de realizar a coleta das contribuições por uma tubulação que enviará por ação da gravidade, onde será aproveitado a inclinação do terreno para transportar todo efluente até a estação elevatória, que através de um conjunto de bombas de uma linha de recalque.

**Palavras-chave:** Projeto Sanitário; Estação Elevatória de Esgoto; Lina de Recalque; Dimensionamento.

## *Draining system sanitary elevatory sewage station and repression line in a residential*

The project presented consists of meeting the needs of a sewage collection system in a residential condominium called Recanto Verde, where there is a slope area, preventing the drainage of housing units that must happen by gravity. It was proposed the implementation of a sanitary project inside the residential, consisting of a sewage pumping station and a discharge line, with the purpose of collecting contributions through a gravity pipe, where the slope of the ground will be used to transport all effluent to the pumping station, through a set of pumps from a setback line.

**Keywords:** Sanitary Project; Sewage Pumping Station; Repression Line; Dimensioning.

Topic: **Engenharia Civil**

Received: **12/08/2019**

Approved: **22/11/2019**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Danielle Cristina dos Santos Lisboa**   
Centro Universitário Dom Bosco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3350912872257730>  
<http://orcid.org/0000-0001-8707-2442>  
[daniellecristinaeng@gmail.com](mailto:daniellecristinaeng@gmail.com)

**Diefson Rafael Costa Mendonça**   
Centro Universitário Dom Bosco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3214919173439536>  
<http://orcid.org/0000-0002-5852-462X>  
[diefsoncosta@hotmail.com](mailto:diefsoncosta@hotmail.com)

**Lucas Nadler Rocha**   
Instituto Federal do Maranhão, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8693441362635767>  
<http://orcid.org/0000-0003-1424-2054>  
[lucasnadlerrocha@hotmail.com](mailto:lucasnadlerrocha@hotmail.com)

**Lucas dos Santos Zenkner**   
Centro Universitário Dom Bosco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7556110688320963>  
<http://orcid.org/0000-0002-9408-3833>  
[lucaszenkner1@hotmail.com](mailto:lucaszenkner1@hotmail.com)

**Matheus Oliveira Sena**   
Centro Universitário Dom Bosco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6139273453591965>  
<http://orcid.org/0000-0001-5146-2748>  
[matheus\\_osena@hotmail.com](mailto:matheus_osena@hotmail.com)

**Claudemir Gomes de Santana**   
Centro Universitário Dom Bosco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0005464426041071>  
<http://orcid.org/0000-0003-0917-2936>  
[csantana0405@gmail.com](mailto:csantana0405@gmail.com)

**Renata Medeiros Lobo Muller**   
Centro Universitário Dom Bosco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2366742124450336>  
<http://orcid.org/0000-0001-5202-837X>  
[renata.muller@undb.edu.br](mailto:renata.muller@undb.edu.br)



DOI: 10.6008/CBPC2318-3055.2019.003.0002

### Referencing this:

LISBOA, D. C. S.; MENDONÇA, D. R. C.; ROCHA, L. N.; ZENKNER, L. S.; SENA, M. O.; SANTANA, C. G.; MULLER, R. M. L.. Sistema de esgotamento sanitário estação elevatória de esgoto e linha de recalque em um residencial. **Engineering Sciences**, v.7, n.3, p.9-26, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2019.003.0002>

## **INTRODUÇÃO**

Com o decorrer do tempo o crescimento populacional e avanços tecnológicos trazem conseqüentemente, o aumento do consumo de água e claro do volume de água gerado, que se não se tornam reaproveitáveis. Em muitos municípios, uma parte da população é acolhida pela coleta de esgoto onde realizam afastamento da rede das imediações das casas, porém não efetua qualquer tipo de tratamento para a disposição final ao corpo receptor, gerando da mesma forma contaminação do solo, rios, lagos, oceanos e águas subterrâneas. No país, ainda é comum a pequena quantidade de cidades que dispõem de sistemas de esgotamento sanitário completos com rede coletora e tratamento, embora atenda somente uma parcela da população

A destinação adequada dos esgotos é fundamental para a saúde pública, visando o controle e a prevenção de doenças relacionadas, através de soluções que tenham como objetivo eliminar os focos de contaminação. Evitando, dessa forma, diversos problemas como a contaminação do solo e a poluição de mananciais de abastecimentos de água e o contato de vetores com fezes as fezes (FUNASA, 2015).

A execução de um sistema de esgotamento sanitário em uma cidade ou comunidade, visa alcançar alguns objetivos como: afastamento rápido e seguro dos esgotos; coleta dos esgotos individual ou coletiva; tratamento e disposição adequada dos esgotos tratados, trazendo benefícios como a conservação dos recursos naturais; melhoras as condições sanitárias locais; eliminar ao máximo focos de contaminação e poluição; reduzir os recursos utilizados para o tratamento de doenças; diminuir os custos no tratamento de água para abastecimento (LEAL, 2008).

É necessária à instalação de estações elevatórias, visando a transferência ou o bombeamento dos esgotos a partir de um ponto para outro de cota geralmente mais elevada (NUVOLARI, 2011). Logo, este trabalho tem como objetivo a proposta de implantação do projeto sanitário, com estação elevatória de esgoto e uma linha de recalque que bombeará, transmitirá e encaminhará todo efluente gerado no residencial Recanto Verde até a rede coletora pública para transportar e dar tratamento adequado até à disposição final do corpo receptor.

## **METODOLOGIA**

### **Caracterização do Local de Estudo**

O local de estudo fica situado na Estrada da Maioba – MA 202, São José de Ribamar - MA. Conforme mostra a Figura 1 abaixo, as unidades habitacionais do residencial utilizam um sistema de coleta de esgoto convencional de fossa séptica. Por meio, deste projeto de esgotamento sanitário e Estação Elevatória de Esgoto com Linha de Recalque visa-se uma proposta para a coleta e transporte dos esgotos das unidades até a rede coletora da concessionária responsável pelo município onde está localizado o residencial Recanto Verde.

O terreno encontra-se numa área de declive de acordo com as curvas de níveis geradas no Software Global Mapper através das coordenadas localizadas a uma latitude 2º33'00.48" Sul e longitude 44º12'17.38".

O perfil longitudinal gerado por meio do Google Earth, onde o traçado começa da frente do condomínio na cota superior e segue ao fundo do terreno na cota inferior com o objetivo de mostrar a elevação do terreno, e como foi citado anteriormente o desnível entre as cotas superior e inferior tem uma diferença de quatro metros, tornando necessário e fundamental como única solução a instalação de uma estação elevatória de esgoto no ponto mais baixo do terreno. Para que seja possível e torne viável o projeto da EEE com Linha de Recalque do Residencial é necessário a aquisição de uma área que se encontra no fundo do terreno na cor verde como mostra a Figura 2 a seguir.



**Figura 1:** Imagem ilustrativa da localização do condomínio.



**Figura 2:** Área para instalação da EEE.

O escoamento dos esgotos das residências fluirá por meio da ação da gravidade até a EEE, que estará situada no ponto mais baixo do terreno. Em seguida, a linha de recalque transportará todo efluente numa extensão que encaminhará os esgotos até a cota superior do terreno para seguir pela rede coletora da Concessionária responsável pelo Município, para o devido tratamento antes da disposição final do efluente no corpo receptor.

### **Critérios adotados para projeto de esgoto do residencial**

Os dados, parâmetros e fórmulas que serão utilizados no dimensionamento da rede coletora de esgoto do condomínio residencial observam as Normas Técnicas da ABNT – NBR 9649: 1986. A NBR 9649:1986 recomenda que em casos que não haja dados pesquisados e comprovados, utiliza-se em qualquer trecho da rede uma vazão menor que 1,5 L/s. Na mesma norma o diâmetro previsto não seja inferior a DN 100 mm. Na maioria dos casos utiliza-se diâmetros maiores que DN 150 mm, principalmente em projetos de saneamentos. A declividade mínima foi baseada na NBR 9649:1986, cada trecho da rede coletora deve ser verificado através do critério do valor da tensão trativa maior que 1,0 Para declividade mínima, e para declividade máxima admissível que não seja superior a 5,0 m/s a velocidade do líquido.

As lâminas d'água são obrigatoriamente dimensionadas com o único objetivo de que o escoamento trabalhe como conduto livre em regime uniforme e permanente, sendo utilizado seu valor máximo para vazão final de projeto, igual ou inferior a 75% do diâmetro do coletor. A NBR 9649:1986, recomenda que a

taxa de contribuição de infiltração deve permanecer no intervalo entre 0,05 a 1,00 L/s.km. Adotaremos o valor intermediário de 0,5 l/s.km para o projeto. Adota-se o coeficiente de retorno de  $C=0,80$ , pelo fato de não existir dados locais e fundamentados com base em pesquisas. O coeficiente de variação da vazão pela NBR 9649:1986, deve possuir um K1- coeficiente e máxima vazão diária de 1,20, K2- coeficiente de máxima vazão horária de 1,50 e K3- coeficiente de mínima vazão horária de 0,50.

Os habitantes por economia de acordo com o Manual de Serviços de Instalação Predial de Água e Esgotos Sanitários da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) recomenda-se adotar o valor de 5 hab/economia. Foi utilizado o valor de consumo per capita  $q=200$  L/hab.dia pela CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) representando a contribuição per capita para unidades residenciais, como mostra a Tabela 1 a seguir:

**Tabela 1:** Contribuição per capita para unidades residenciais.

PORTE DO MUNICÍPIO	FAIXA DA POPULAÇÃO (HAB.)	CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA (L/hab.d)
Pequeno e Médio	< 250.000	160
Grande	> 250.000	200
Municípios Balneários	Qualquer	200

**Legenda:** Adaptado do Manual CASAN (2014).

A Norma Técnica Sabesp do Estado de São Paulo utiliza uma estimativa de consumo predial médio diário para cada tipo de imóvel, com base na NTS 181:2017 o consumo para residências de padrão médio ou de luxo está entre 120 a 210 L/dia, como mostrar a Tabela 2. Adotaremos o valor de 200 L/hab.d para o consumo per capita dos moradores do residencial Recanto Verde.

**Tabela 2:** Estimativa de Consumo Predial Médio Diário.

Imóvel	Consumo (L/dia)
Alojamentos provisórios	50 a 80 per capita
Ambulatórios	20 a 25 por atendimento
Apartamentos sem individualização	95 a 160 per capita
Apartamentos com individualização	75 a 125 per capita
Apartamento de luxo	165 a 280 per capita
Residências	70 a 120 per capita
Residências de luxo	120 a 210 per capita
Cinemas e teatros	1 a 2 por lugar
Edifícios públicos ou comerciais	30 a 50 per capita
Escolas – com período integral	35 a 55 per capita

**Legenda:** Adaptado da NTS 181 da Sabesp (2017).

### Critérios adotados para projeto de EEE e linha de recalque

A Estação Elevatória projetada para o residencial Recanto Verde foi necessária devido à imposição da topografia estando situada numa cota inferior ao do lançamento final. O projeto da elevatória observa as Normas da ABNT-NBR 12208:1992. Para determinação do volume útil do poço de sucção foram considerados para um intervalo de uma hora no máximo de duas partidas consecutivas, com o tempo entre as duas partidas consecutivas de 30 minutos. Para a vazão de bombeamento adotada com apenas uma bomba operando resultou, um volume útil para o poço de sucção de 1,00 m<sup>3</sup> e um volume efetivo de 0,80 m<sup>3</sup>. O poço de sucção será construído em material de concreto armado e terá as seguintes dimensões: largura – 1,00m,

comprimento – 1,00m, altura útil – 0,80m.

A vazão total de bombeamento ( $Q = 0,30 \text{ l/s}$ ) será para 01 (uma) bomba em funcionamento, operando. Deverá ser instalado um segundo conjunto motor-bomba que ficará na condição de rodízio e reserva. No dimensionamento de tubulação de recalque foi levado em consideração os seguintes critérios da norma ABNT-NBR 12208:1992: uma velocidade mínima de 0,35 m/s e uma velocidade máxima de 3,00m/s.

Serão instalados 02 dois conjuntos motor- bombas do tipo centrifuga submersíveis, sendo que um irá funcionar de reserva com as seguintes características: possui uma vazão de bombeamento: 0,30 l/s, vazão de cada conjunto de 0,30l/s e altura manométrica de 20,00 m utilizando uma potência de 3,0 CV. Devido à necessidade de abrigo e proteção para as instalações da Estação Elevatória EEE, será construído um abrigo em alvenaria e cobertura com telhado de madeira e telhas em fibrocimento para proteção das instalações, para abrigar os trabalhos de manutenção preventiva.

O abrigo será construído de uma fundação contendo uma sapata corrida e cintas de concreto armado, alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, as paredes serão revestidas com chapisco, emboço e reboco, as esquadilhas para ventilação serão em elementos vazado e porta principal em ferro a cobertura em estrutura em madeira e telhas de fibrocimento. A edificação será dotada de iluminação interna, tomadas e interruptores no padrão ABNT. As instalações hidráulicas serão dotadas de drenagem para águas de lavagem e torneira de alimentação de água. Prevendo uma interrupção de energia no sistema, a elevatória deverá ser interligada ao grupo gerador de energia do Condomínio Residencial Recanto Verde. O mesmo será acionado com partida automática, entrando em operação logo após o corte do fornecimento de energia elétrica na estação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Dimensionamento da rede coletora de esgoto

Os dados, parâmetros e fórmulas utilizados no dimensionamento da rede coletora de esgoto do condomínio residencial Recanto Verde observam as Normas Técnicas da ABNT – NBR 9649: 1986. A rede coletora dimensional do residencial segue a Tabela 3, encontram-se alguns critérios utilizados para o dimensionamento da rede coletora do Residencial Recanto Verde de acordo com normas e recomendações, no qual terá como objetivo encaminhar os esgotos das unidades do condomínio até a Estação Elevatória de Esgoto.

**Tabela 3:** Critérios adotados para rede coletora do Residencial Recanto Verde.

DADOS A SEREM UTILIZADOS NO PROJETO DA REDE COLETORA	
CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA (l/hab.dia)	200
K1 – COEF. DE MÁXIMA VAZÃO DIÁRIA	1,2
K2 – COEF. DE MÁXIMA VAZÃO HORÁRIA	1,5
K3 – COEF. MÍNIMA VAZÃO HORÁRIA	0,5
DIÂMETRO MÍNIMO ADOADO (mm)	150
TENSÃO TRATIVA MÍNIMA (Pa)	1,0
VAZÃO MÍNIMA (l/s)	1,5
TAXA DE INFILTRAÇÃO MÍNIMA (l/s.m)	0,0005
COEFICIENTE DE RETORNO – C	0,80
LÂMINA D'ÁGUA MÁXIMA DENTRO DO TUBO (%)	75
NÚMERO DE PESSOAS POR ECONOMIA	5

### Critérios para cálculo de consumo diário

O condomínio residencial Recanto Verde possui 12 (doze) unidades com 05 (cinco) moradores cada totalizando em 60 moradores, 05 funcionários e recebe um número de visitantes de 10 (dez) pessoas por dia, gerando um consumo de água per capita diário de acordo com a Equação (1): Per capita moradores: 200 L/hab.d; Per capita funcionários: 100 L/hab.d; Per capita visitantes: 80 L/hab.d.

$$\text{consumo diário} = (60 \times 200) + (5 \times 100) + (10 \times 80) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\text{consumo diário total} = 13.300 \text{ L/dia}$$

### Cálculo das vazões

A vazão de infiltração é calculada por meio da Equação 2:

$$Q_{\text{inf.média}} = L(m) \times Ti \quad \text{Eq. (2)}$$

$$Q_{\text{inf.média}} = 560 \text{ m} \times 0,0005 \text{ l/s} \cdot \text{m}$$

$$Q_{\text{in.média}} = 0,28 \text{ l/s}$$

A vazão média diária calcula-se através da Equação:

$$Q_{\text{média}} = \frac{C \times Cd_{\text{total}}}{t} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$Q_{\text{média}} = \frac{0,80 \times 13.300}{86.400}$$

$$Q_{\text{média}} = 0,123 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{média total}} = Q_{\text{média}} + Q_{\text{inf.média}}$$

$$Q_{\text{média total}} = 0,403 \text{ l/s}$$

A vazão máxima horária é calculada por meio da Equação 4.

$$Q_{\text{máxima}} = \frac{C \times Cd_{\text{total}} \times K1 \times K2}{t} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$Q_{\text{máxima}} = \frac{0,80 \times 13.300 \times 1,2 \times 1,5}{86.400}$$

$$Q_{\text{máxima}} = 0,22 \text{ l/s} + 0,28 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{máxima}} = 0,50 \text{ l/s}$$

A vazão mínima calcula-se através da Equação 5 abaixo:

$$Q_{\text{mínima}} = \frac{C \times Cd_{\text{total}} \times K3}{t} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$Q_{\text{mínima}} = \frac{0,80 \times 13.300 \times 0,5}{86.400}$$

$$Q_{\text{mínima}} = 0,062 \text{ l/s} + 0,28 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{mínima}} = 0,34 \text{ l/s}$$

$$\text{Declividade mínima: } I_{\text{min}} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47} \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:  $I_{\text{min}}$ : declividade mínima em m/m  
 $Q_i$ : vazão de jusante do trecho no início do plano em l/s.

### Cálculo das declividades máxima e mínima

A declividade máxima é calculada por meio da Equação 6.1.

$$I_{max} = 4,65 \times Q_f^{-0,67} \quad \text{Eq. (6.1)}$$

Onde: I<sub>max</sub>: declividade máxima em m/m;

Q<sub>f</sub>: vazão de jusante do trecho no final do plano em l/s.

A declividade mínima calcula- se através da Equação 7.

$$I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47} \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde: I<sub>min</sub>: declividade mínima em m/m;

Q<sub>i</sub>: vazão de jusante do trecho no início do plano em l/s.

### Cálculo da lâmina d'água máxima

Para calcular a lâmina d'água máxima utiliza- se a Equação 8.

$$D = \left(0,0463 \frac{Q_f}{\sqrt{I}}\right)^{0,375} \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde: D: diâmetro em m;

Q<sub>f</sub>: vazão final em m<sup>3</sup>/s;

I: declividade em m/m.

### Cálculo da velocidade crítica

A velocidade crítica é calculada por meio da Equação 9.

$$\text{Velocidade crítica: } V_c = \sqrt[6]{gR_h} \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde: V<sub>c</sub>: velocidade crítica em m/s;

g: aceleração da gravidade em m/s<sup>2</sup>;

R<sub>h</sub>: raio hidráulico para a vazão final em m.

### Trecho do projeto sanitário do condomínio residencial Recanto Verde

O projeto de rede de esgoto do residencial Recanto Verde foi desenvolvido no software Hydros v4, com base nos dimensionamentos estabelecidos pela norma NBR 9649:1986 da ABNT. A Figura 3 a seguir mostra um trecho da rede de esgoto com os diâmetros das tubulações, caixas de passagem, caixas de gordura e caixas de inspeção para cada unidade habitacional do residencial exportada para o software AutoCAD 2018, que seguirá da caixa de inspeção das residências para a rede coletora com sua respectiva inclinação aproveitando o declive do terreno que encaminhará as contribuições de esgotos das residências até a Estação Elevatória de Esgoto por meio da ação da gravidade.

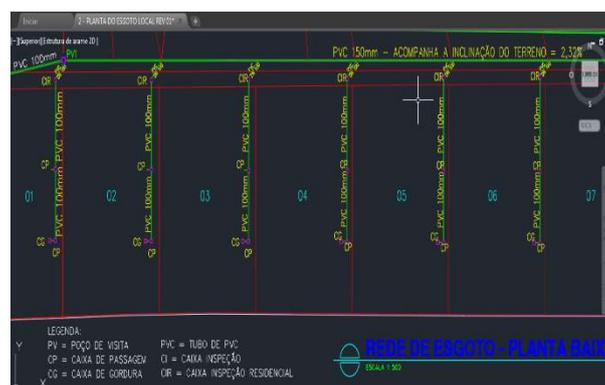


Figura 3: Trecho da rede de esgoto do residencial Recanto Verde no AutoCAD.

## Dimensionamento para estação elevatória e linha de recalque

Os dados, parâmetros e fórmulas que serão utilizados no dimensionamento da rede coletora de esgoto do condomínio residencial Recanto Verde observam as Normas Técnicas da ABNT – NBR 12208:1992. A Tabela 4 a seguir mostra as vazões de contribuição que serão utilizadas no dimensionamento da Estação Elevatória de Esgoto.

**Tabela 4:** Vazões de contribuições.

Empreendimento	Vazões (L/s)			
	Mínima	Média	Máxima	Qbomb.
Condomínio Residencial Recanto Verde	0,34	0,40	0,50	0,30
<b>TOTAL</b>	<b>0,34</b>	<b>0,40</b>	<b>0,50</b>	<b>0,30</b>

**Legenda:** Valores de vazão mínima, média e máxima.

## Gradeamento

De acordo com NBR 12208:1992, será utilizada uma grade fina com espaçamento entre as barras e do tipo inclinada com limpeza manual. A característica da grade de limpeza manual possui espessura das barras e de 15mm, o espaçamento entre as barras (e) é de 10mm, a abertura do canal (B) é de 0,30m e a inclinação é de 45 graus. Adotar velocidade do esgoto  $v = 0,40$  m/s conforme NBR 12208:1992 da ABNT. A área útil da grade será calculada através da equação 10, onde a vazão média de contribuição do residencial Recanto Verde (Tabela 12) dividida pela velocidade do esgoto conforme NBR 12208:1992.

$$A_u = \frac{Q_{m\u00e9dia}}{v_{esgoto}} \quad \text{Eq. (10)}$$

$$A_u = \frac{0,004 \frac{m^3}{s}}{0,4 \frac{m}{s}}$$

$$A_u = 0,001 \text{ m}^2$$

A eficiência da grade será calculada através da equação 11, em que o espaçamento entre as barras dividido pela somatória do espaçamento entre as barras e espessura da barra.

$$E = \frac{a}{(a+e)} \quad \text{Eq. (11)}$$

$$E = \frac{10}{(10 + 15)}$$

$$E = 0,4$$

## Seção de escoamento do canal

A seção de escoamento do canal é calculada através da área útil da grade dividida pela eficiência da grade, conforme Equação 12 abaixo:

$$A_t = \frac{A_u}{E} \quad \text{Eq. (12)}$$

$$A_t = \frac{0,001 \text{ m}^2}{0,4}$$

$$A_t = 0,025 \text{ m}^2$$

## Largura do canal

A largura do canal é calculada por meio da seção de escoamento do canal dividido pela altura máxima da inclinação na entrada do canal até a grade, de acordo com a Equação 13 a seguir:

$$B = \frac{A_t}{H_{máx}} \quad \text{Eq. (13)}$$

$$B = \frac{0,025 \text{ m}^2}{0,11 \text{ m}}$$

$$B = 0,23 \text{ m}$$

$$\text{Adotar } B = 0,30 \text{ m}$$

Adotaremos 30 centímetros para largura ou abertura do canal para facilitar a execução na construção. A Tabela 5 a seguir mostra a verificação das velocidades de acordo com as vazões de contribuições do Residencial Recanto Verde da Tabela 6.

**Tabela 5:** Verificações das velocidades.

VERIFICAÇÕES DAS VELOCIDADES					
Vazão	H	At= B*H	Au= At*E	V= Q/Au	Situação
0,34	0,11	0,02	0,01	0,34	Ok
0,40	0,07	0,01	0,01	0,40	Ok
0,50	0,05	0,01	0,01	0,50	Ok

## Número de barras

O número de barras será calculado através da altura da entrada do canal dividido pela somatória do espaçamento entre as barras e espessura da barra, conforme mostra a Equação 14.

$$N = \frac{H_{canal}}{(a+e)} \quad \text{Eq. (14)}$$

$$N = \frac{200\text{mm}}{(10 + 15)\text{mm}}$$

$$N = 8 \text{ barras}$$

De acordo com a tabela do catálogo SaneconFibra, onde se refere à capacidade hidráulica para calha Parshall, adotaremos uma garganta 2", com vazão mínima 1,00 m<sup>3</sup>/h e comprimento de canal 1,20 m como mostra a Figura 7 a seguir.

## Dimensionamento do poço de sucção

- Vazão de bombeamento: 1,00 m<sup>3</sup>/h = 0,017 m<sup>3</sup>/min = 0,28 L/s
- Número de bombas: 1 + 1
- Número máximo de partida consecutiva: 2
- Tempo entre duas partidas consecutivas: 30 min

Segundo a NBR 12208: 1992 da ABNT o tempo de detenção média está relacionada com o volume efetivo e a vazão média na entrada do efluente, o maior valor recomendado é de 30 minutos. Para calcular o volume útil do poço de sucção deve considerar a bomba de maior vazão e o intervalo de tempo superior entre consecutivas partidas do motor de acionamento, conforme mostra a Equação 15.

$$V_{\text{útil}} = Qb \times T \quad \text{Eq. (15)}$$

$$V_{\text{útil}} = 0,017 \times 30$$

$$V_{\text{útil}} = 0,51 \text{ m}^3$$

Para o cálculo da altura útil do poço de sucção foi utilizado a Equação 16

$$H_{\text{útil}} = NA_{\text{max}} - NA_{\text{min}} \quad \text{Eq. (16)}$$

$$H_{\text{útil}} = 23,50 - 22,80$$

$$H_{\text{útil}} = 0,70 \text{ m}$$

Para calcular o volume efetivo do poço de sucção foi utilizado a Equação 17

$$V_{\text{efetivo}} = \text{comprimento} \times \text{largura} \times H_{\text{útil}} \quad \text{Eq. (17)}$$

$$V_{\text{efetivo}} = 2,35 \times 2,00 \times 0,70$$

$$V_{\text{efetivo}} = 3,29 \text{ m}^3$$

### Dimensões do poço de sucção

- Volume útil: 0,51 m<sup>3</sup>
- Volume efetivo: 3,29 m<sup>3</sup>
- Altura útil: 0,70 m
- Largura do poço: 2,00 m
- Comprimento do poço: 2,35 m

### Níveis

- Cota do terreno na E.E.: 24,35
- Cota de chegada do poço: 24,10
- N.A Máximo: 23,50
- N.A Mínimo: 22,80
- Cota de fundo do poço: 22,50
- Cota do ponto de descarga: 24,48
- Cota do ponto mais alto do emissário: 29,35

### Emissário de Recalque

A tubulação de recalque será projetada com diâmetro DN 100 mm com material do tipo PVC com extensão de 497,45 metros. Para verificação da velocidade da tubulação de recalque calculou-se através da Equação 18.

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \text{Eq. (18)}$$

$$V = 4 * 0,00028 / 3,15 * 0,1^2 = 0,36 \text{ m/s}$$

$$\text{Velocidade: } 0,36 \text{ m/s} < 3,00 \text{ m/s (NBR 12.208/92)}$$

### Cálculos de perdas de cargas

Para o cálculo da altura geométrica máxima utilizou-se a Equação 19, como mostra abaixo:

$$Hg_{\text{max}} = CALR - NA_{\text{min}} \quad \text{Eq. (19)}$$

$$Hg_{\text{max}} = 29,34 - 28,80$$

$$Hg_{\text{max}} = 6,54 \text{ m}$$

## Níveis

- Cota do ponto mais alto da LR: 29,341 m
- N.A. min. no poço de sucção: 22,80 m
- Hg max: 6,54 m

Para o cálculo de perdas de cargas localizadas foram utilizadas a Equação 20.

$$h_{fl} = \sum K \frac{v^2}{2g} \quad \text{Eq. (20)}$$

Sendo: K= coeficiente de perda de carga para as peças;  
V= velocidade média em m/s na tubulação de recalque;  
g= aceleração da gravidade (9,81 m<sup>2</sup>/s)

As perdas de cargas contínuas foram calculadas utilizando a Equação 21.

$$h_{fc} = L \times J \quad \text{Eq. (21)}$$

Onde: L= extensão da linha de recalque (emissário);  
J= perda de carga unitária em m/m para C=125 (tubos de FoFo).

Sendo assim, as perdas de cargas totais (hf) são calculadas através da soma das perdas de cargas contínuas e localizadas, conforme a Equação 22.

$$h_f = h_{fl} + h_{fc} \quad \text{Eq. (22)}$$

## Cálculo de perda de carga no barrilete (FoFo DN 100)

A Tabela 6 a seguir mostra as perdas de carga localizadas no barrilete além das perdas de carga localizada na linha de recalque.

**Tabela 6:** Perda de carga localizada no barrilete.

Conexões	Quant.	Valor de K	Diâmetro (mm)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)	V <sup>2</sup> /2g	hf
Curva 90°	2	0,4	100	0,00003	0,40	0,01	0,04
Válvula de retenção	1	2,5	100	0,00003	0,40	0,01	0,12
Registro de gaveta	1	0,2	100	0,00003	0,40	0,01	0,01
Tê passagem direta	2	0,6	100	0,00003	0,40	0,01	0,06
						TOTAL	0,22

### Perda de carga contínua (FoFo DN 100):

$$C = 125$$

$$J = 0,01197$$

$$L = 2,62 \text{ m}$$

$$H_{fc} = 2,62 \times 0,01197 = 0,03 \text{ m} \quad \text{Eq. (21)}$$

### Perda de carga contínua no emissário de recalque (PVC DN 100):

$$C = 140$$

$$J = 0,00971 \text{ m/m}$$

$$L = 497,45 \text{ m}$$

$$H_{fc} = 497,45 \times 0,00971 = 4,83 \text{ m} \quad \text{Eq. (21)}$$

### Perda de Carga Total

$$H_{fc} = 4,83 \text{ m}$$

$$H_{fl} = 0,22 \text{ m}$$

$$H_f = 4,83 + 0,22 = 5,05 \text{ m} \quad \text{Eq. (22)}$$

**Tabela 7:** Perda de carga localizada na linha de recalque.

Conexões	Quant.	Valor de K	Diâmetro (mm)	Vazão (m³/s)	Velocidade (m/s)	V²/2g	hf
Curva 90°	2	0,8	100	0,00003	0,80	0,01	0,02
Curva 45°	4	0,2	100	0,00003	0,80	0,01	0,02
Curva 11°	4	0,1	100	0,00003	0,40	0,01	0,02
Saída de canalização	1	1	100	0,00003	0,40	0,01	0,05
						TOTAL	0,11

**Perda de carga total**

$$h_{ft} = 0,22 + 0,03 + 4,83 + 0,11 = 5,19 \text{ m} \quad \text{Eq. (22)}$$

**Altura manométrica (Hm)**

$$H_m = H_{g_{máx}} + h_f \quad \text{Eq. (23)}$$

$$H_m = 6,54 + 5,19 = 11,73 \text{ m}$$

$$\text{Adotado } H_m = 11,80 \text{ m}$$

**Potência Estimada da bomba**

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times N} \quad \text{Eq. (24)}$$

$$P = \frac{3 \times 11,80}{75 \times 0,45}$$

$$P = 1,05 \text{ cv}$$

Potência adotada = 2,00 cv

Sendo:

P= potência total consumida pelo sistema de bombeamento (CV);

Q= vazão recalçada (L/s);

Hm= altura manométrica (m);

N= rendimento do conjunto de bombas (45% adotado para bombas submersíveis).

**Bomba Selecionada**

Bomba Centrífuga submersível  $H_m \geq 12,00$  mca, vazão = 21,50 m³/h e potência estimada do motor = 2,00 cv.

**Desenvolvimento do projeto sanitário**

O cálculo de consumo diário do residencial utilizou-se os parâmetros da Equação 1, onde é calculado através da quantidade de moradores multiplicada pelo consumo per capita diário em litros por habitante por dia (L/hab.d), somado pela multiplicação da quantidade funcionários pelo consumo per capita, mais a multiplicação entre a quantidade de visitantes e o consumo per capita diária, onde é o total da Equação 1 é dada em litros por dia (L/dia).

Para o cálculo das vazões, utilizou-se a Equação 2 para obtenção da vazão de infiltração, que é a multiplicação do comprimento da tubulação coletora em metros (m) pela taxa de infiltração mínima em litros por segundos por metros (L/s.m), em seguida calculou-se a vazão média diária conforme Equação 3, onde é a multiplicação do coeficiente de retorno (C) pelo consumo diário total em (L/dia) dividido pelo tempo de um

dia em segundos (s), somando com a vazão de infiltração da Equação 2. A vazão máxima horária é calculada de acordo com a Equação 4, multiplicando o coeficiente de retorno pelo consumo diário total e pelo coeficiente de máxima vazão diária e horária (K1 e K2) dividindo pelo tempo diário em segundos, somando o resultado pela vazão de infiltração da Equação 2. A vazão mínima foi obtida através da Equação 5, onde multiplica-se o coeficiente de retorno pelo consumo diário total e coeficiente de vazão mínima horária (K3) dividindo pelo tempo diário em segundos, somando o resultado pela vazão de infiltração da Equação 2.

A obtenção da declividade mínima é calculada através da Equação 6, onde a vazão de jusante do trecho no início do plano em litros por segundo (L/s) elevada a -0,47 expoentes fixo da fórmula, em seguida multiplicado por 0,0055 valor dado pela fórmula. A declividade máxima é calculada por meio da Equação 7, onde a vazão da jusante do trecho no final do plano em (L/s) elevada ao expoente de -0,67 da equação, é multiplicado por 4,65 valor fixo da fórmula.

Para o cálculo da lâmina d'água máxima é dada através da Equação 8, onde a vazão final do trecho é dividida pela raiz quadrada da declividade máxima obtida pela Equação 7, multiplicado por 0,0463 valor fixo da fórmula, elevado ao expoente de 0,375 valor fixo da equação, obtendo o diâmetro da lamina d'água em metros (m).

O cálculo da velocidade crítica é obtido através da Equação 9, onde é multiplicada a aceleração da gravidade em metros por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ) pelo raio hidráulico em metros, toda a multiplicação dentro de uma raiz a sexta. Para dimensionar foram divididos por trechos numerados de montante para jusante das tubulações até a estação elevatória de esgoto (EEE), utilizou-se o software EXCEL para obtenção dos elementos hidráulicos e construtivos, conforme mostra a Tabela 8.]

**Tabela 8:** Dimensionamento da rede coletora – fim de plano.

Trecho		Comp. Trecho (m)	Cota da Tubulação		Cota do terreno		Profundidade		Diam. Tubo	Inclin. Coletor	
Nº PV Montante	Nº PV Jusante		Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	(mm)	(m/m)	
1	2	69,22	28,100	26,50	29,20	27,60	1,050	1,050	150	0,0231	
2	3	69,22	26,500	24,90	27,60	26,00	1,050	1,050	150	0,0231	
3	4	21,45	24,900	24,45	26,00	25,60	1,050	1,050	150	0,0209	
4	EEE	11,90	24,450	24,10	25,60	24,35	1,050	1,050	150	0,0210	
<b>TRECHO</b>		<b>C</b>					<b>V</b>	<b>Vcrit</b>			
<b>Nº PV</b>										<b>Tt</b>	
Montante	Jusante	Montante	Trecho	Pontual	Jusante	Projeto	(m/s)	(m/s)		<b>Mpa</b>	
1	2	0,00	1,25		1,25	1,50	0,98	3,64	0,475	8,66	
2	3	1,25	1,25		2,50	2,50	0,84	2,,62	0,350	4,48	
3	4	0,00	0,39		0,39	1,50	0,90	2,97	0,500	4,66	
4	EEE	0,39	0,21		0,60	1,50	2,58	3,21	0,350	36,68	

O projeto sanitário foi desenvolvido no software HYDROS V4, onde foi feito o dimensionamento das tubulações de acordo com a NBR 9649: 1986, em seguida foi exportado em arquivo DXL para o programa AutoCAD 2018 e transformado em arquivo DWG, para organizar esteticamente todo o projeto e facilitar a leitura do mesmo com as informações necessárias. A Figura 4 a seguir mostra o traçado da rede de esgoto do Trecho 1 dentro residencial.

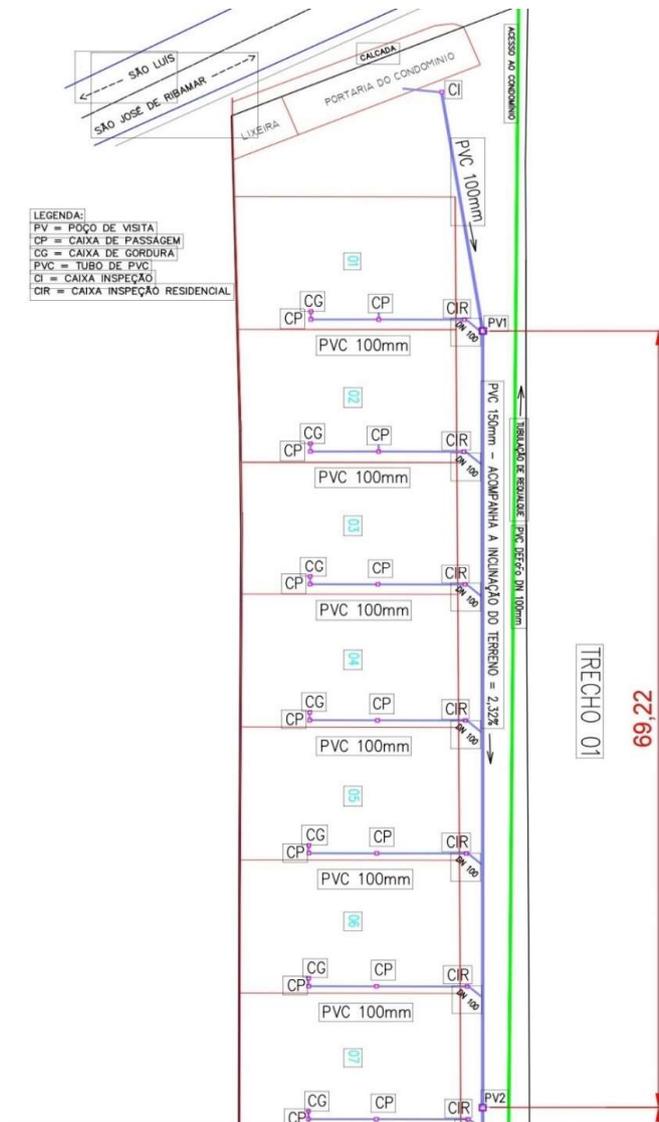


Figura 4: Traçado do trecho 01 do projeto sanitário.

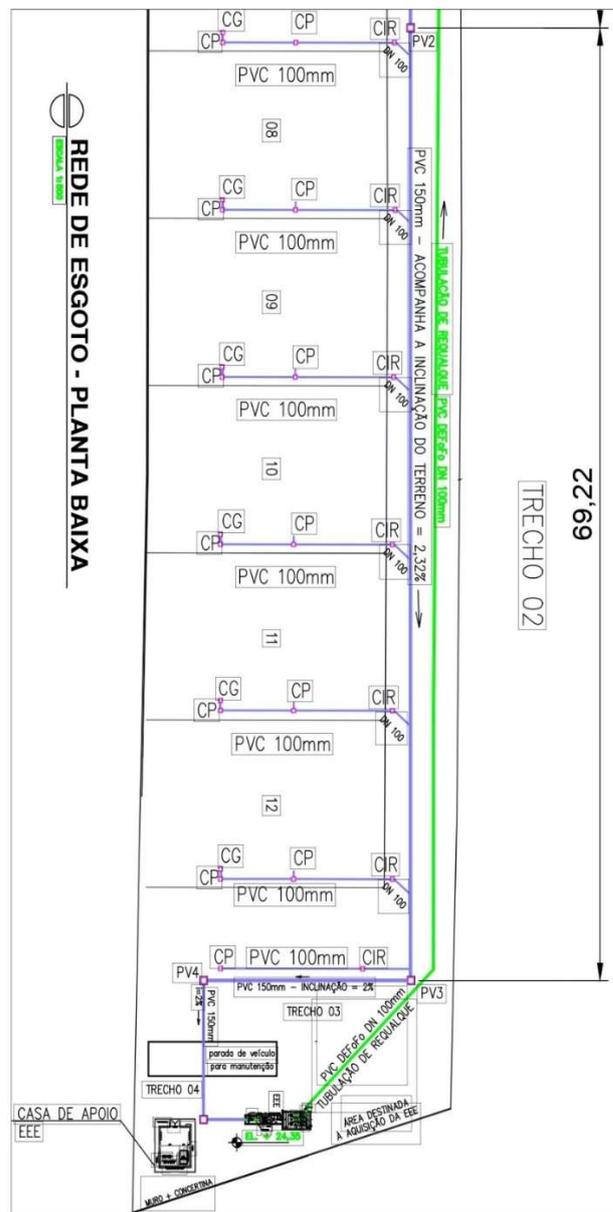


Figura 5: Traçado do Trecho 02-04 do projeto sanitário.

### Desenvolvimento do projeto da EEE e linha de recalque

A obtenção de dados e critérios para dimensionamento da estação elevatória de esgoto e linha de recalque observam a NBR 12208:1992, no item 12.2 da Tabela 8 encontram-se as vazões de contribuições do residencial, podendo ser observada a vazão mínima, média, máxima e vazão de bombeamento. O gradeamento é do tipo inclinada com 45 graus e com limpeza manual devido a vazão ser menor que 250 litros por segundo (L/s) como estabelece a norma vigente, espessura das barras de 15 milímetros (mm), espaçamento entre as barras de 10 milímetros (mm).

Para o cálculo de área útil da grade utilizou-se a Equação 10, onde dividiu-se a vazão média de contribuição em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) pela velocidade do efluente em metros por segundo (m/s), obtendo o resultado em metros quadrados ( $m^2$ ). A eficiência da barra é calculada pela Equação 11, em que o espaçamento entre as barras dividido pela somatória do espaçamento entre as barras e espessura da barra. Para o cálculo da seção de escoamento do canal conforme Equação 12, em que dividiu-se a área útil da

grade pela eficiência da grade, obtendo o resultado em metros quadrados. Para o número de barras utilizou-se a Equação 14, onde é calculado através da altura da entrada do canal dividido pela somatória do espaçamento entre as barras e espessura da barra.

A largura do canal ou abertura é calculada através da Equação 13, dividindo a seção de escoamento obtido na Equação 12 pela altura máxima da inclinação na entrada do canal até a grade, obtendo o resultado mínimo de 0,23 metros, mas adotaremos 0,30 metros para facilitar a execução caso seja construída. O dimensionamento do poço de sucção foi levado em consideração alguns dados como: vazão de bombeamento, números de bombas, número de partidas consecutivas das bombas e tempo de partida entre as duas. A primeira etapa do dimensionamento foi em relação ao volume útil ( $V_{\text{útil}}$ ), utilizou-se para o cálculo a Equação 15 onde multiplica-se bomba de maior vazão e o intervalo de tempo superior entre consecutivas partidas do motor de acionamento. Na segunda etapa foi utilizada a Equação 16 para obtenção da altura útil do poço ( $H_{\text{útil}}$ ), subtraindo os níveis de altura máximo ( $NA_{\text{máx}}$ ) e mínimo ( $NA_{\text{mín}}$ ). A terceira etapa do dimensionamento do poço de sucção é calculada conforme Equação 17, referente ao volume efetivo do poço ( $V_{\text{efetivo}}$ ) onde multiplica-se o comprimento, largura e altura útil, obtendo resultado em metro cúbico ( $m^3$ ).

Para verificação da velocidade da tubulação de recalque calculou-se por meio da Equação 18 em função da velocidade, onde utilizou-se a vazão em metro cúbico por segundo ( $m^3/s$ ) multiplicada por 4 valor fixo da equação, dividindo por diâmetro em metros (m) elevado ao quadrado multiplicado pela letra grega Pi ( $\pi$ ), obtendo resultado da velocidade em metros por segundo (m/s), a tubulação de recalque foi adotado o diâmetro DN 100 milímetros, onde utilizou a Equação 18 em função do diâmetro. Para o cálculo da altura geométrica máxima ( $Hg_{\text{máx}}$ ) utilizou-se a Equação 19, onde subtrai-se a cota do ponto mais alto da linha de recalque (CALR) pela altura mínima do poço de sucção ( $NA_{\text{mín}}$ ), obtendo o resultado da diferença em metros.

Para o cálculo das perdas de cargas foi levado em consideração as perdas de cargas localizadas, contínuas e totais. A perda de carga localizada ( $h_{f_l}$ ) foi calculada através da Equação 20, onde utiliza-se o somatório do coeficiente de perda de carga para as peças (K) multiplicado pela divisão entre velocidade média em metros por segundo (m/s) na tubulação de recalque e aceleração da gravidade em metro quadrado por segundo ( $m^2/s$ ). Para a perda de carga contínua ( $h_{f_c}$ ) calcula-se por meio da Equação 21, onde multiplica-se a extensão da linha de recalque pela perda de carga unitária de acordo com o tipo de tubo utilizado. Logo, a perda total ( $h_f$ ) é calculada através da Equação 22, onde soma-se as perdas de cargas localizadas com as perdas de cargas contínuas. Na Tabela 11 mostra as perdas de cargas localizadas no barrilete e a Tabela 12 as perdas de cargas localizadas calculadas na linha de recalque.

O cálculo da altura manométrica (Hm) é obtido através da Equação 23, onde soma-se a altura geométrica máxima ( $Hg_{\text{máx}}$ ) e a perda de carga total ( $h_{f_t}$ ), tendo o resultado em metros. Em seguida, calcula-se a potência estimada da bomba através da Equação 24, onde multiplica-se a vazão recalçada em litros por segundo (L/s) pela altura manométrica (Hm), dividindo pela multiplicação entre 75 valor fixo da equação pelo rendimento do conjunto de bombeamento, o qual adotou-se 45 % por estarmos trabalhando com bombas submersíveis, obtendo-se o resultado da estimativa da potência em CV.



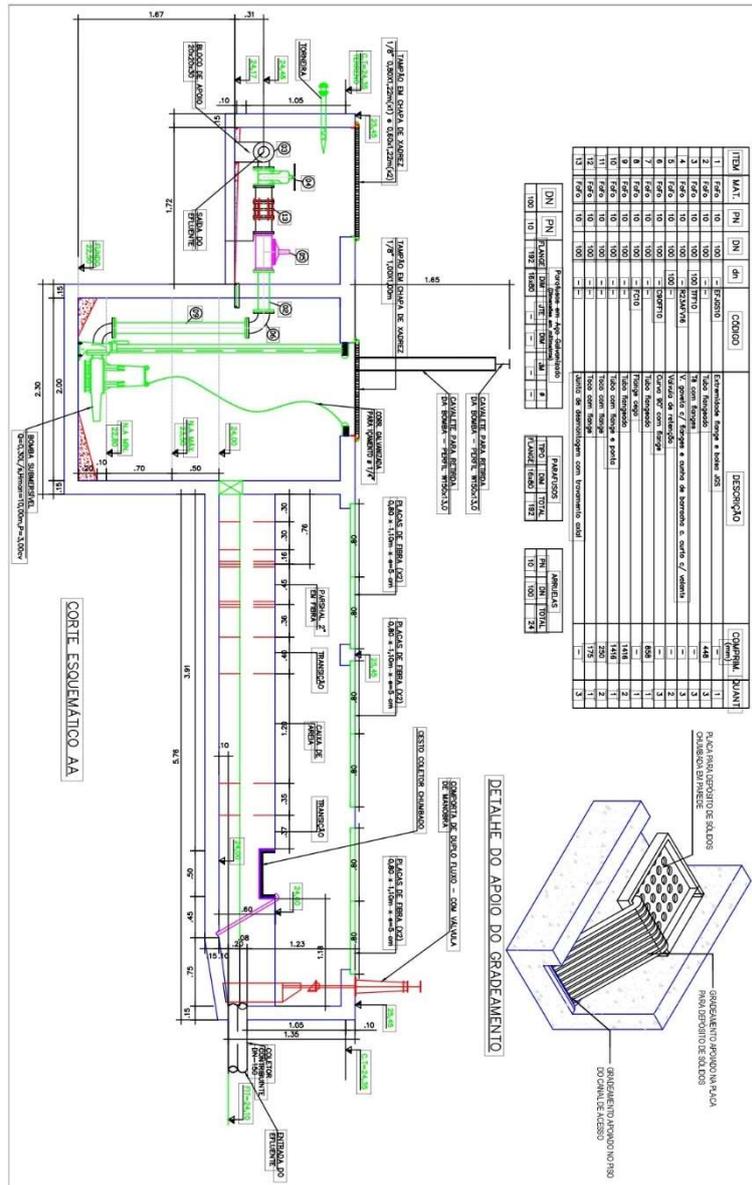


Figura 7: Corte AA da estação elevatória de esgoto.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho se realizou o desenvolvimento de uma proposta técnica e viável para implantação de projeto sanitário com estação elevatória de esgoto e linha de recalque para o condomínio residencial Recanto Verde. O presente estudo se deve ao fato do residencial utilizar um sistema convencional com fossa séptica bastante antigo desde à construção do empreendimento, gerando acúmulo de efluentes. Com base na topografia da área, constatou-se que o terreno se situava em área de declive, facilitando o traçado do projeto sanitário para coleta das contribuições das unidades habitacionais, que devido a inclinação natural do terreno o esgoto fluirá pela ação da gravidade até a EEE.

Em relação ao dimensionamento do projeto sanitário, foi de grande importância a utilização do software Hydros v4 como ferramenta no auxílio do dimensionamento do sistema dentro do condomínio. Contudo, o programa observa as normas em vigor, possibilitando assim inserir dados para que as simulações dentro do programa se aproxime ainda mais da realidade, gerando confiança e segurança nos resultados apresentados. O projeto da EEE e linha de recalque foi dimensionado observando as normas técnicas

vigentes. A parte de elaboração de desenho técnico foi feita através do AutoCAD 2018 outro importantíssimo software utilizado na área da engenharia.

Lembrando que, o projeto sanitário com EEE e linha de recalque só será possível caso, ocorra a aquisição da área citada no item 6.4.2 para instalação da estação elevatória de esgoto e implantação da casa de apoio ou abrigo. Por outro lado, vem surgindo no mercado novas tecnologias visando menor custo, menor área e claro menor tempo de instalação, que são as estações elevatórias compactas citadas no item 5.7, onde são compostas por todos elementos de uma EEE convencional.

Por fim, conclui-se que este estudo serve como proposta e importante ferramenta no auxílio da execução e implantação do projeto sanitário com EEE e linha de recalque no residencial Recanto Verde, colaborando para o avanço na infraestrutura do esgotamento sanitário do município, proporcionando qualidade de vida aos moradores do residencial e disposição adequada dos efluentes através da rede coletora pública para o devido tratamento, por seguinte corpo receptor.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12208:1992**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9649:1986**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

CASAN. Companhia Catarinense de Água e Saneamento. **Manual de Serviços de Instalação Predial de Água e Esgotos Sanitários**. CASAN, 2014.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de**

**saneamento**. 4 ed. Brasília: FUNASA, 2015.

LEAL, F. C. T.. **Sistemas de saneamento ambiental**. Dissertação (Especialização em análise ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

NTS. Norma Técnica Sabesp. **NTS 181**: Dimensionamento de ramal predial de água e do hidrômetro – procedimento. São Paulo, 2017.

NUVOLARI, A.. **Esgoto Sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2011.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.