

**DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE UM
LOTEAMENTO EM CARIACICA – ES**
**SIZING OF A SANITARY SEWER NETWORK OF A SUBDIVISION IN CARIACICA
- ES**

Bruno Gelcimar Gardi ¹

Clarisse Pereira Pacheco ¹

RESUMO: Ao se planejar um loteamento residencial deve-se pensar na qualidade de vida e nas necessidades que a população que ali se instalar está submetida, desta forma é possível planejar e projetar soluções para os problemas que possam surgir. O esgotamento sanitário é uma das necessidades que se faz na implantação de um empreendimento deste tipo. Inserido neste contexto o objetivo deste estudo é verificar a viabilidade do dimensionamento de uma rede de esgotamento sanitário que atenda a população de um loteamento residencial que será implantado na cidade de Cariacica, no Espírito Santo e que esteja de acordo com as normas técnicas e resoluções da companhia responsável pelo saneamento ambiental; para tal foi realizada revisão bibliográfica das instruções normativas e resoluções vigentes, além do levantamento de dados em campo, afim de conhecer o objeto de estudo e realizar o correto dimensionamento. Dessa forma foi possível alcançar o resultado pretendido, realizando o dimensionamento das declividades, diâmetro dos tubos entre outros parâmetros necessários ao funcionamento da rede e pode-se concluir que é possível realizar o dimensionamento da rede de esgotamento sanitário na região em estudo.

Palavras-chave: Esgoto; Sanitário; Loteamento; Tubos.

ABSTRACT: When planning a residential subdivision, one must consider the quality of life and the needs of the population that will settle there, making it possible to plan and design solutions for any problems that may arise. Sanitary sewage is one of the essential requirements for the implementation of such a project. Within this context, the aim of this study is to assess the feasibility of designing a sanitary sewage network that serves the population of a residential development to be established in the city of Cariacica, in the state of Espírito Santo, in accordance with technical standards and resolutions of the environmental sanitation company. To achieve this goal, a literature review of current normative instructions and resolutions was conducted, along with field data collection to understand the object of study and carry out the proper sizing. Thus, it was possible to achieve the desired result by determining the sizing of slopes, pipe diameters, and other parameters necessary for the network's operation, leading to the conclusion that it is feasible to design the sanitary sewage network in the study area.

Keywords: Sewage; Sanitary; Subdivision; Pipes.

¹ UNISALES – Centro Universitário Salesiano. Vitória/ES, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico desempenha um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida e no bem-estar da população. No entanto, muitas regiões ainda enfrentam desafios no tratamento e na destinação adequada dos esgotos sanitários. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINIS) de 2021 mostram que quase metade do esgoto gerado no país não é tratado, o que acarreta problemas ambientais, econômicos, sociais e de saúde pública. Nesse contexto, justifica-se este estudo, que tem como tema o dimensionamento de uma rede de esgotamento sanitário para um loteamento situado em Cariacica, no estado do Espírito Santo, na necessidade de enfrentar os desafios do saneamento básico no Brasil. O questionamento que se faz é a possibilidade de realizar o dimensionamento de uma rede de esgotamento sanitário que atenda a demanda da população deste loteamento específico. Essa questão é relevante, uma vez que o dimensionamento adequado da rede é essencial para garantir o tratamento correto e a correta disposição dos esgotos gerados pelos moradores.

O estudo visa desenvolver o projeto que atenda esta demanda da população do loteamento em Cariacica e para tal, foi necessário dimensionar a população de projeto; realizar levantamentos de dados sobre o consumo de água da população local e a topografia do terreno a fim de compreender as características da região; identificar as bacias contribuintes e mensurar sua contribuição para o sistema de esgotamento sanitário; analisar o melhor traçado para os coletores da rede de esgotamento sanitário, levando em consideração fatores como distâncias, declividades e viabilidade técnica e ambiental, além de realizar os cálculos de vazões lineares e calcular as vazões trecho a trecho, a fim de dimensionar os condutores e equipamentos necessários para o funcionamento eficiente da rede de esgotamento sanitário.

A premissa deste estudo é que é possível realizar o dimensionamento do sistema de esgotamento sanitário do loteamento em Cariacica, com base nas normas brasileiras e nos estudos vigentes. Levando em consideração as características do terreno, a população de projeto e as exigências da empresa responsável pelo esgotamento sanitário da região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Para a concepção do estudo se faz necessário aprofundar o conhecimento específico acerca das redes de esgotamento sanitário e seus componentes, revisando publicações existentes sobre o assunto e as especificações normativas vigentes.

2.1. ESGOTO DOMESTICO

Martinelli et al. (2014) em sua obra caracteriza o esgoto doméstico como os resíduos líquidos e sólidos resultantes das atividades humanas em residências, como banhos, descargas sanitárias, lavagem de louças, roupas e outras atividades domésticas. Esses resíduos contêm uma variedade de poluentes, como matéria orgânica, nutrientes, produtos químicos, microrganismos patogênicos e outros elementos indesejáveis.

2.2. REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

De acordo com a NBR 9648 (1986), para elaboração de um sistema de esgotamento sanitário, que faça a coleta do esgoto gerado pelos diferentes meios e a destinação correta ao seu tratamento é necessário estabelecer os requisitos e diretrizes para o estudo de concepção do sistema. Esse estudo consiste na análise dos arranjos das diferentes partes e dispositivos que irão compor o sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado, funcional, seguro e sustentável, que atenda a demanda a que está sujeito. Além de garantir que o arranjo adotado seja a melhor considerando os pontos técnicos, econômico-financeiros e sociais.

2.2.1. Dispositivos de uma rede de esgotamento sanitário

Os dispositivos presentes na rede de esgotamento sanitário são os componentes ou elementos que compõem o sistema e são responsáveis por desempenhar funções específicas. Eles são projetados e implementados com objetivos específicos dentro do sistema, contribuindo para o seu funcionamento adequado e eficiente (NBR 8160, 1999).

2.2.2. Caixa de ligação

Uma caixa de ligação domiciliar de esgoto, também conhecida como caixa de inspeção, segundo Braga (2014), é uma estrutura presente nas redes de esgotamento sanitário que tem a finalidade de receber o esgoto proveniente das residências antes de ser encaminhado para a rede pública de coleta.

2.2.3. Tubos coletores

A NBR 17015, (2022) estabelece que os tubos coletores possuem um papel fundamental no transporte do esgoto dentro da rede de esgotamento sanitário. De acordo com a norma, os tubos são fabricados em diferentes materiais, como PVC (policloreto de vinilla), PEAD (polietileno de alta densidade), concreto armado ou ferro fundido, e devem apresentar alta resistência para suportar as cargas de compressão exercidas em suas paredes. Esses tubos são comumente instalados abaixo do solo, onde estão sujeitos a condições adversas e exigem robustez para garantir a integridade estrutural e o funcionamento adequado do sistema de coleta de esgoto.

2.2.4. Poços de visita

A NBR 9649 (1986), estabelece que um poço de visita, também conhecido como PV, é uma estrutura subterrânea cilíndrica, confeccionada a partir de anéis de concreto pré-moldados ou retangulares, confeccionadas de concreto armado e/ou blocos de concreto, presente em redes de esgotamento sanitário e sistemas de drenagem pluvial. Implementado abaixo do nível do solo, o poço de visita possui uma tampa removível ou articulada, que permite o acesso e a manutenção adequada do sistema. Sua utilização abrange inspeção, limpeza, desobstrução e reparo das tubulações,

além de facilitar a conexão de ramais e o monitoramento do fluxo de esgoto ou água pluvial.

A NBR 9649 (1986), completa a definição de poços de visita classificando-os como essenciais para garantir o funcionamento adequado dos sistemas de esgoto por desempenharem o papel de realizar mudanças de direção no fluxo do esgoto, uma vez que as redes coletoras evitam o uso de conexões como Tês e joelhos, a fim de reduzir a possibilidade de entupimentos.

2.2.5. Registro

A NBR 15420 (2022), define o registro como o dispositivo utilizado nas redes de esgotamento sanitário que permite a interrupção temporária ou a liberação do escoamento em pontos específicos da rede. Geralmente feito de materiais duráveis, como ferro fundido ou plástico de alta resistência e projetado para suportar as condições adversas encontradas nas redes de esgoto. É comumente encontrado em locais como estações elevatórias, estações de tratamento e linhas de recalque de esgoto onde deve ser instalado em poços de visita apropriados para esse dispositivo. Sua principal função é regular o fluxo de esgoto, possibilitando a manutenção, derivação e controle eficiente do sistema de esgotamento sanitário.

2.2.6. Descargas

De acordo com a NBR 15420 (2022), na rede de esgotamento sanitário, a descarga é uma estrutura instalada nas tubulações de recalque e sifões invertidos, similar a um poço de visita uma vez que esta também é instalada sob o solo e possui tampas articuladas ou removíveis para acesso. Consiste em duas caixas retangulares de concreto armado ou blocos de concreto, posicionadas lado a lado; no interior da primeira caixa passa a tubulação de esgoto principal e nessa tubulação fica instalado um Tê que deriva a tubulação principal por meio de um tubo de igual ou maior diâmetro para a segunda caixa; logo após o Tê, fica instalado um registro, que permite a liberação ou interrupção desse fluxo; na segunda caixa o esgoto presente na tubulação é despejado e deve ser coletado por caminhão de sucção a vácuo. A descarga como o nome sugere tem a função de descarregar a rede de esgoto naquele trecho para possibilitar a manutenção. Uma vez que o bombeamento do recalque é suspenso, o esgoto presente na tubulação fica estagnado, por este motivo as descargas devem ser instaladas nos pontos mais baixos da rede de recalque, para que o esgoto seja descarregado por gravidade.

2.2.7. Ventosas

As ventosas utilizadas nas redes de recalque de esgoto são dispositivos hidráulicos projetados para controlar o fluxo de líquidos e gases e tem papel fundamental na prevenção de golpes de aríete, que são variações bruscas e prejudiciais de pressão que podem ocorrer quando há interrupção súbita do fluxo de líquido em uma tubulação; são compostas por uma carcaça ou corpo que contém uma válvula de retenção e um obturador. A válvula de retenção permite o fluxo unidirecional do

líquido, impedindo o refluxo indesejado. O obturador se movimenta dentro da ventosa para abrir ou fechar a passagem de líquido, dependendo das condições de pressão; quando ocorre uma interrupção repentina no fluxo, como o desligamento de uma bomba, a ventosa atua instantaneamente para permitir a entrada de ar na tubulação e evitar a formação de vácuo, evitando assim a ocorrência de golpes de aríete. Isso protege a integridade da tubulação, das bombas e outros componentes do sistema de recalque (NBR 15420, 2022).

2.2.8. Estações elevatórias de esgoto bruto (EEEB)

A NBR 12208 (1992) define a estação elevatória de esgoto como uma estrutura presente nas redes de esgotamento sanitário responsável por coletar e bombear o esgoto para áreas que estão em um nível mais elevado ou distante da rede de coleta principal. Ela é projetada para superar as diferenças de elevação topográfica entre os pontos de coleta e os pontos de disposição final ou tratamento.

Ainda conforme a NBR 12208 (1992) uma estação elevatória é composta por equipamentos como bombas, válvulas de controle, dispositivos de medição de nível, painéis de controle e sistemas de proteção e segurança. Essa estrutura desempenha um papel crucial no funcionamento do sistema de esgotamento sanitário, garantindo a coleta e o transporte adequado do esgoto até os pontos de destino final ou tratamento.

2.2.9. Estação de tratamento de esgoto

As estações de tratamento de esgoto (ETEs) são descritas pela NBR 12209 (2011) como instalações complexas projetadas para tratar e purificar as águas residuais coletadas de áreas urbanas, pelas redes coletoras, antes de serem descartadas no meio ambiente. Essas estações desempenham um papel crucial na proteção dos corpos d'água e na preservação da saúde pública, ao remover poluentes e substâncias nocivas do esgoto. As ETEs possuem várias etapas e processos que visam remover contaminantes físicos, químicos e biológicos presentes no esgoto. Essas estações recebem os esgotos das redes coletoras por gravidades e/ou os advindos das estações de bombeamento de esgoto.

2.2.10. Emissário

O Emissário, segundo Villas Bôas (2012) é a tubulação ou canal responsável por transportar o esgoto sanitário tratado da estação de tratamento até um corpo receptor. Geralmente, são tubulações de grande diâmetro feitas de materiais resistentes, como concreto, ferro fundido, polietileno de alta densidade (PEAD) ou PVC. Ficam instalados abaixo do solo, seguindo um trajeto que pode ser retilíneo ou sinuoso, dependendo das características do terreno e das necessidades do sistema de esgoto. Essa localização subterrânea garante a proteção da tubulação contra danos externos e minimiza interferências com a infraestrutura urbana.

2.2.11. Corpo receptor

Para Lopes (2015), um corpo receptor, também pode ser chamado corpo hídrico e refere-se a um ambiente natural que recebe água proveniente de fontes diversas, como rios, lagos, lagoas, córregos ou oceanos. É um termo utilizado na área de recursos hídricos e meio ambiente para descrever o local onde ocorre a descarga de efluentes líquidos, incluindo o esgoto tratado ou não tratado, águas pluviais e outros tipos de descargas; é caracterizado por sua capacidade de receber, armazenar, diluir e transportar água e substâncias presentes nos efluentes lançados. É considerado um sistema complexo, influenciado por fatores físicos, químicos e biológicos, como o fluxo de água, a qualidade da água, os organismos aquáticos e as interações ecológicas.

2.3. PARÂMETROS PARA O DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A compreensão dos parâmetros de dimensionamento de uma rede de esgotamento sanitário é fundamental para garantir a eficiência e a longevidade do sistema. Esses parâmetros orientam o projeto e a construção da rede, influenciando diretamente sua capacidade, desempenho e manutenção. Eles são essenciais para garantir que a rede possa atender adequadamente à população servida, agora e no futuro. Além disso, um dimensionamento adequado pode minimizar os custos operacionais e de manutenção, ao mesmo tempo em que maximiza a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

2.3.1. População de projeto

De acordo com a NBR 9648 (1986) a população de projeto, no contexto de projetos de esgotamento sanitário, refere-se ao número estimado de habitantes que serão atendidos pelo sistema de esgoto planejado. É uma estimativa da quantidade de pessoas que utilizarão o sistema de coleta e tratamento de esgoto ao longo do tempo, levando em consideração o crescimento populacional previsto para a área abrangida pelo projeto.

Para Martinelli et al. (2014) a determinação da população de projeto é crucial para dimensionar corretamente os componentes do sistema, como redes de coleta, estações de bombeamento, estações de tratamento e outras estruturas relacionadas. Essa estimativa considera fatores como a densidade populacional da região, taxas de crescimento demográfico, expansão urbana, projeções de desenvolvimento e outros dados relevantes.

2.3.2. Bacias coletoras

Bacias coletoras são áreas geográficas delimitadas que contribuem com o esgoto para um determinado sistema de esgotamento sanitário. Essas bacias são definidas com base na divisão hidrográfica do local, considerando a topografia, o fluxo de esgoto e a disposição dos imóveis (Silva, 2022).

2.3.3. Estudo de traçado

É a análise e definição do melhor caminho para os coletores que irão coletar o esgoto gerado na área de estudo e direcioná-lo até o ponto de tratamento adequado. Esse estudo é realizado a partir de diversos fatores, como topografia do terreno, disponibilidade de espaço para instalação dos coletores, restrições ambientais, infraestrutura existente, densidade populacional, vias de acesso e outros aspectos técnicos e operacionais (Martinelli et al, 2014).

2.3.4. Taxa de infiltração

Na rede de esgotamento sanitário, a taxa de infiltração refere-se à quantidade de água que penetra nos tubos e coletores da rede de esgoto devido a falhas estruturais, rachaduras ou conexões mal vedadas. Essa infiltração indesejada pode ocorrer ao longo do sistema de esgoto, desde a coleta nas residências até a estação de tratamento (Silva, 2022).

2.3.5. Vazão de projeto

A vazão de projeto, na rede de esgotamento sanitário, conforme a NBR 9648 (1986), é a quantidade de esgoto a ser transportada pelo sistema em determinado período de tempo. Essa vazão é calculada utilizando diversos fatores, como a população atendida, a demanda de água per capita, os padrões de consumo, as características do local e os padrões de descarga de esgoto.

2.3.6. Vazão doméstica

A vazão doméstica na rede de esgotamento sanitário refere-se à parcela da vazão de projeto proveniente da utilização pela população de projeto da área atendida pelo sistema de esgoto. Essa vazão é calculada a partir da média de consumo de água per capita da região (Martinelli, 2014).

2.3.7. Vazão concentrada ou singular

A vazão concentrada ou singular é descrita pela NBR 9648 (1986), como o fluxo de esgoto que ocorre em pontos específicos do sistema de esgotamento sanitário, como em poços de visita que recebem tubulações de recalque. Seu dimensionamento é essencial para garantir que a estrutura seja capaz de receber e direcionar corretamente o esgoto, evitando o transbordamento ou o acúmulo de resíduos.

2.3.8. Vazão linear

A vazão linear refere-se ao fluxo de esgoto ao longo de uma tubulação em um determinado trecho da rede de esgotamento sanitário. É a quantidade de esgoto que percorre uma unidade de comprimento da tubulação em um intervalo de tempo específico. O cálculo da vazão linear é importante para determinar a capacidade de transporte da tubulação, garantindo que ela seja dimensionada adequadamente para suportar o fluxo de esgoto esperado em cada trecho (Martinelli, 2014).

2.3.9. Vazão Mínima

A vazão mínima é a quantidade de esgoto que flui continuamente no sistema de esgotamento sanitário, mesmo nos períodos de menor demanda. Essa vazão geralmente está associada a atividades essenciais que geram um fluxo constante de esgoto e não deve ser inferior a 1,5 l/s (litros por segundo) (NBR 9648, 1986).

2.3.10. Declividades

Inclinação ou o gradiente dos condutos da rede, de acordo com a NBR 17015 (2022), é um parâmetro essencial nos dimensionamentos hidráulico, pois influencia diretamente o fluxo do esgoto. É expressa como a relação entre a variação vertical e a distância horizontal de um trecho da tubulação. Geralmente é representada em porcentagem ou em unidades de altura por unidade de comprimento (como metros por metro ou pés por pé). A escolha adequada da declividade garante que o esgoto flua de forma eficiente na rede, evitando problemas como estagnação, sedimentação e obstruções. Uma declividade muito alta pode resultar em velocidades excessivas, levando a erosão e desgaste prematuro dos tubos, enquanto uma declividade muito baixa pode resultar em baixas velocidades e acúmulo de sólidos.

2.3.11. Tensão trativa

De acordo com Martinelli (2014), é a grandeza hidrodinâmica responsável por promover o repouso ou movimento do particulado sólido na rede de esgotamento sanitário. Seu correto dimensionamento elimina problemas como acúmulo de areia e outros materiais na geratriz inferior dos tubos.

2.3.12. Lâmina d'água

A lâmina d'água é a altura do nível de água dentro dos condutos da rede de esgotamento sanitário. Ela representa a profundidade do esgoto no interior dos tubos e é um parâmetro importante a ser considerado no dimensionamento hidráulico do sistema. Pode ser influenciada por vários fatores, incluindo a vazão de esgoto, o diâmetro dos tubos, a declividade da rede e as características do esgoto (como sua viscosidade e concentração de sólidos). Em um sistema de esgoto projetado corretamente, a lâmina d'água deve ser mantida em um nível que permita o transporte eficiente do esgoto, evitando problemas como o transbordamento dos condutos (Silva, 2022).

2.3.13. Recobrimento

Conforme a NBR 17015 (2022), este parâmetro refere-se à camada de solo ou material de preenchimento que é colocada sobre os tubos após sua instalação. Essa camada tem a finalidade de proteger as tubulações contra cargas externas, como o peso do solo, tráfego de veículos e eventuais escavações próximas. O recobrimento adequado garante a integridade estrutural das tubulações de esgoto e evita danos,

deformações ou rupturas. Ele ajuda a distribuir as cargas externas de maneira uniforme ao redor dos tubos, minimizando os efeitos negativos sobre sua resistência.

3. METODOLOGIA

A fim de realizar a correta coleta e transporte das águas residuais oriundas da utilização pela população do loteamento, a presente pesquisa objetivou dimensionar uma rede de esgotamento sanitário com suas estruturas e dispositivos calculados, neste contexto os tópicos seguintes descrevem os caminhos adotados pelo estudo para chegar ao objetivo.

3.1. DEFINIÇÃO DO LOCAL

De acordo com o IBGE (2023), Cariacica é um município Espírito Santense situado na região metropolitana da Grande Vitória, cuja população é de 353.510 habitantes (terceira maior população do estado), que possui uma média de habitantes/moradia de 2,71 e com crescimento populacional de 1,96 na última década, possui área de 279,718 km² dos quais apenas 63,19 km² são considerados área urbanizada; o local onde foi realizado o estudo trata-se de uma fazenda, situada às margens do bairro Padre Gabriel, em Cariacica, que foi transformada em loteamento residencial por iniciativa particular. O terreno em questão possui área de 196.120,21m² e foi dividido em 536 lotes com áreas de 160 a 300m², além das áreas da estrutura viária e áreas comuns. Esta demanda implicou na necessidade de infraestrutura adequada a moradia e que garantisse o desenvolvimento socioeconômico da região e para execução dessa infraestrutura foi preciso a confecção de projetos de engenharia, tais como projeto de terraplenagem, drenagem, pavimentação, abastecimento de água entre outros, além do projeto de esgotamento sanitário. A imagem 1 mostra a delimitação da área em estudo no bairro Padre Gabriel em Cariacica.

Imagem 01 – Local em estudo.



Fonte: GOOGLE. Google Earth. Alterado pelo autor.

3.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS DO PROJETO

Para obtenção dos dados necessários para se chegar ao objetivo da pesquisa – desenvolver um projeto de esgotamento sanitário que atenda a demanda da população do loteamento que será executado em Cariacica, Espírito Santo - foram utilizados diferentes métodos. Inicialmente, recorreu-se à pesquisa bibliográfica, que consistiu na revisão e análise crítica de literatura já publicada sobre o tema de interesse e nas normas regulamentadoras vigentes sobre o assunto, tais como a ABNT NBR 12208, NBR 12209, ABNT NBR 15420, ABNT NBR 17015, ABNT NBR 7362-1, ABNT NBR 8160, ABNT NBR 9648 e ABNT NBR 9649.

Essa abordagem permitiu embasar teoricamente o estudo, identificar conceitos-chave e compreender o contexto em que a pesquisa se insere. Na sequência, foi realizada a pesquisa documental, onde foram obtidas as pranchas do projeto urbanístico do loteamento em questão; em posse do projeto urbanístico foi levantado a quantidade de unidades consumidoras que juntamente com os dados do crescimento populacional da região, obtidos através do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e os dados de consumo de água, retirados do site da ANA (Agência Nacional de Águas) possibilitou realizar os cálculos necessários para dimensionar a rede de esgotamento sanitário.

Os Softwares Autodesk Civil 3D e Autodesk Storm & Sanitary Analysis, ambos da empresa Autodesk juntamente com o Microsoft Excel da Microsoft foram empregados na concepção do estudo, auxiliando no estudo do melhor traçado para a rede e na formulação dos cálculos para o correto funcionamento da rede.

3.3. ETAPAS DO DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento de um projeto de esgotamento sanitário envolve diversas etapas, que devem ser realizadas de forma integrada e coerente, seguindo as normas técnicas e os critérios de qualidade ambiental. As principais etapas do dimensionamento de um projeto de esgotamento sanitário são:

3.3.1. Definição do traçado da rede

Para um traçado eficiente, o primeiro ponto a ser observado é a topografia da região, devendo-se desenvolver as redes em sentido favorável. Ou seja, o sentido de escoamento deverá partir da região mais alta para a mais baixa, de modo a economizar com estações elevatórias. Para isso, foi realizado levantamento topográfico na região de implantação da rede, possibilitando a criação do modelo 3D do terreno pelo software Civil 3D da Autodesk. Em posse dessa modelagem, foi possível fazer a análise prévia das declividades do terreno e que se fizeram cruciais para definição do traçado adotado e das bacias contribuintes. A figura 1 apresenta a planificação do modelo 3D gerado:

Figura 01 – Relevo, curvas de nível.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3.3.2. Definição da população de projeto

De acordo com o mencionado no item 2.3.1 para a implantação da rede de esgotamento sanitário se faz necessários a obtenção dos valores de população inicial e final que será atendida pela rede. Sendo a população inicial aquela formada pelos utilizadores da rede assim que ela é entregue a concessionária responsável pelo esgotamento sanitário da região e a população final a máxima a que a rede coletora suporta atender. Para Damiani (2014), no Brasil é possível estimar o número de habitantes por residência de determinada região por meio de equações matemáticas e/ou através de dados anteriormente coletados nos censos realizados pelo IBGE. Deste modo, será utilizado o dado da média de residentes por moradia ocupada do município de Cariacica obtido através do censo de 2022, disponibilizado no site do IBGE, que equivale a 2,71 habitantes/residência.

De acordo com Farias (2009), a projeção da população em um período específico pode ser determinada por meio de métodos gráficos e matemáticos. Neste contexto, a população final a ser atendida é calculada utilizando a fórmula de crescimento populacional geométrico, conforme apresentado na equação 1 a seguir:

$$r = \left[\left(\sqrt[n]{\frac{PF}{PI}} \right) - 1 \right] \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

onde:

r: Taxa de crescimento populacional

Pf: População Final

Pi: População Inicial

n: Variação do tempo em anos

Nos sistemas de esgotamento sanitário a variável “n” é adotada como o tempo de validade do sistema, ou seja, após a concepção da rede, levando em consideração o crescimento populacional da região, quanto tempo levará para que esta rede de esgotamento se torne ineficiente.

3.3.3. Geração de esgoto

De acordo com a Agência Nacional de Águas a média de consumo de água per capita no Brasil é de aproximadamente 200 L/hab/dia (litros/habitante/dia), o que confirma os dados da Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Estado do Espírito Santo (ARSI), que estipula como média da geração de esgoto per capita a quantidade de 160 L/hab/dia no Espírito Santo, considerando como taxa de retorno 0,8, ou seja, 80% da água consumida por pessoa no estado retorna como esgoto sanitário.

3.3.4. Cálculo de vazões

A vazão de esgoto sanitário de cada trecho, de acordo com Martinelli (2014) é a resultante da soma algébrica de três componentes: a vazão proveniente do ponto de entrada do coletor, a contribuição linear ou vazão da extensão do coletor e a vazão singular, que engloba contribuições de locais como shoppings, estádios e indústrias, entretanto, esta não se aplica a este estudo, uma vez que o loteamento é destinado a residências unifamiliares. Portanto o cálculo da vazão de esgoto sanitário é realizado utilizando a equação 2:

$$Q_j = Q_m + Q_t + Q_s \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

Q_j = Vazão de jusante do coletor, L/s;

Q_m = Vazão de montante do coletor, L/s;

Q_t = Vazão de trecho do coletor, L/s;

Q_s = Vazão singular, L/s.

A vazão de trecho do coletor se dá pela multiplicação da taxa de contribuição linear pelo comprimento do trecho conforme equação 3:

$$Q_t = T_x \times l_{\text{trecho}} \quad (\text{equação 3})$$

Para calcular a taxa de contribuição linear a NBR – 9649 (1986) recomenda a utilização dos coeficientes k_1 , que corresponde ao coeficiente de consumo de água no dia de maior consumo e k_2 , que corresponde ao coeficiente de consumo de água no horário de maior consumo, para garantir a efetividade do sistema nos horários mais críticos de sua utilização, além de fornecer o valor de 0,8 para o coeficiente C que é a relação de volume entre o consumo de água e a produção de esgoto, logo tem-se as equações para cálculo de taxa de contribuição linear para população de início de projeto (equação 4) e população final de projeto (equação 5) respectivamente:

$$T_{xi} = \frac{C \times k_2 \times d_i \times q_i}{86400 \times l} + T_i \quad (\text{equação 4})$$

$$T_{xf} = \frac{C \times k_1 \times k_2 \times d_f \times q_f}{86400 \times l} + T_i \quad (\text{equação 5})$$

Onde:

T_{xi} e T_{xf} = Taxa de contribuição linear inicial e final (L/s*m);

C : Coeficiente de retorno;

k_1 : Coeficiente de vazão diária máxima;

k_2 : Coeficiente de vazão horária máxima;

d_i e d_f : População inicial e população final;

$q_f = q_i$: Consumo de água per capita (L/hab*dia);

l : Comprimento total da rede

T_i = Taxa de infiltração do conduto, L/s*m;

Conforme a norma ABNT NBR 9649 de 1986, não se deve adotar vazão inferior a 1,5 l/s.

Para Azevedo Netto et al. (1998) os valores usuais de K_1 e K_2 para projetos de sistemas públicos de abastecimento de água variam de 1,1 a 1,4 para o K_1 e de 1,5 a 2,3 para o K_2 ; entretanto, de acordo com a NBR 9.649 (ABNT, 1986), na ausência de valores medidos, é aconselhável utilizar $K_1 = 1,2$, $K_2 = 1,5$ e $K_3 = 0,5$ para o projeto de sistemas de esgotamento sanitário.

Já para a taxa de infiltração, a NBR 9649 (ABNT, 1986), adverte a utilização de valores entre 0,05 e 1,0 L/s.km em redes coletoras de esgotos.

3.3.5. Declividades

Para Tsutiya e Sobrinho (2011), através dos resultados das vazões a jusante e das vazões dos coletores em cada trecho, é possível determinar o valor mínimo da declividade a ser aplicado nos coletores nesse trecho. A NBR 9849 (ABNT, 1986) e a NBR 7362-1 (ABNT, 2005) estabelecem que a declividade mínima necessária para o trecho é aquela que atenda o critério de tensão trativa igual ou maior que 1,00 e pode ser determinada através da seguinte equação 6:

$$I_{\min} = 0,0055 \times Qi^{-0,47} \text{ (equação 6)}$$

Onde:

I_{\min} = declividade mínima (m/m);

Qi = vazão de jusante do trecho no início do plano (l/s).

Entretanto, Martinelli (2014) ressalta que também é necessário verificar a declividade econômica, que é aquela que acompanha a declividade do terreno e tem menor custo de execução e se dá pela equação 7 a seguir:

$$D_{\text{econ}} = \frac{\text{Cota de topo}_{\text{montante}} - \text{Cota de topo}_{\text{jusante}}}{l_{\text{coletor}}} \text{ (equação 7)}$$

Onde:

D_{econ} = Declividade econômica (m/m);

Cota de topo $_{\text{montante}}$ = cota do terreno ou pista a montante do coletor (m);

Cota de topo $_{\text{jusante}}$ = cota do terreno ou pista a jusante do coletor (m);

l_{coletor} = comprimento do coletor (m).

Após a verificação da declividade mínima e da econômica, caso não haja impedimentos para execução da rede como por exemplo rochas e/ou trechos que não atinjam o recobrimento mínimo necessário para a tubulação, adota-se a maior declividade dentre as verificadas.

3.3.6. Diâmetro dos tubos

De acordo com a NBR 9649 (ABNT, 1986), definidas as vazões do trecho e a inclinação mínima necessárias ao deslocamento contínuo do esgoto, deve-se definir o diâmetro mínimo da tubulação no qual a lâmina d'água não deve ser superior a 75% do diâmetro da tubulação, destinando os 25% restantes para a circulação de ar, não sendo aconselhável a instalação de coletores com diâmetro inferior a 100mm e deve ser calculado pela equação de cálculo de diâmetro (equação 8):

$$D_0 = 0,3145 \left(\frac{Q_f}{l_0^2} \right)^{3/8} \quad (\text{equação 8})$$

Onde:

D_0 = diâmetro (m);

Q_f = vazão final (m³/s);

l_0 = declividade (m/m).

Uma vez calculado o diâmetro deve-se realizar o arredondamento do valor obtido para um diâmetro comercial existente, maior do que o calculado, além de respeitar o diâmetro mínimo de 100mm estabelecido pela NBR 9648 (1986). Todavia, nas regiões administradas pela CESAN, companhia responsável pelo saneamento básico e esgotamento sanitário da região em estudo deve-se observar o disposto na RESOLUÇÃO N° 6362/2021, que estabelece que nos projetos das redes coletoras de esgoto sanitário não se deve utilizar tubos coletores com diâmetro inferior 150mm.

3.3.7. Verificação de tensão trativa

De acordo com a NBR 9649 (ABNT, 1986), a força que atua sobre as paredes de uma tubulação devido a força tangencial é referida como tensão trativa, e para otimizar o arrasto deve ser adotado um valor mínimo de 1,00 Pa. A seguinte equação (equação 9), demonstrada por Nuvolari (2023) foi utilizada para avaliar a tensão trativa

$$\sigma = \gamma \times RH \times l_p \quad (\text{equação 9})$$

Onde:

γ = peso específico (N/m³);

RH = raio hidráulico (m);

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

Conforme a norma ABNT NBR 9649 (1986), o cálculo do dimensionamento hidráulico de sistemas que utilizem tubos de PVC, se faz necessário a utilização do coeficiente de rugosidade ou coeficiente de Manning igual a 0,013 e em cada segmento, é necessário garantir uma tensão trativa de 1,0 Pascal, que fará com que não haja sedimentação e conseqüentemente entupimento do trecho por sedimentos presentes no efluente. Caso a verificação retorne valor de tensão trativa menor do que 1,0 Pascal, deve-se optar por aumentar a inclinação da tubulação e/ou nos casos onde não for possível realizar essa modificação, pode-se optar por aumentar o diâmetro da tubulação, porém esta opção pode tornar-se inviável uma vez que não é permitido fazer redução do diâmetro da tubulação nos trechos seguintes; o diâmetro do trecho seguinte deve ser igual ou superior ao diâmetro do trecho anterior. Após feitas as análises devem ser feitas novas verificações da tensão trativa.

3.3.8. Cálculo da EEEB

Conforme a ABNT NBR 16682 (2017) para se calcular uma estação elevatória de esgoto bruto funcional para determinada vazão, se faz necessário o cálculo de 4 variáveis: tamanho do desarenador, tamanho do poço de sucção, diâmetro do tubo de recalque e potência das bombas que serão responsáveis por realizar o recalque dos efluentes.

Para o cálculo das dimensões do desarenador, tem-se a equação 10:

$$S = \frac{Q}{V \times t} \quad (\text{equação 10})$$

Onde:

S = seção do desarenador, em metros quadrados (m²);

Q = vazão máxima de esgoto bruto que chega ao desarenador, em metros cúbicos por segundo (m³/s);

V = velocidade do esgoto no desarenador, em metros por segundo (m/s);

t = tempo de detenção do esgoto no desarenador, em segundos.

Para o dimensionamento do volume útil do poço de sucção, é necessário conhecer a vazão de esgoto bruto afluente ao poço de sucção e o tempo de detenção do esgoto no poço de sucção; o tempo de detenção do esgoto no poço de sucção deve ser suficiente para que as bombas possam se desligar e assim evitar superaquecimento e evitar constantes ciclos de liga/desliga, ou seja, a relação volume de efluentes no poço versus a potência das bombas tem que ser tal que as bombas possam recalcar o esgoto, desligarem e resfriarem enquanto o volume volta ao nível em que seja necessário religar as bombas.

Para o cálculo do volume do poço de sucção utiliza-se a equação 11:

$$V = Q \times T_d \quad (\text{equação 11})$$

Onde:

V = volume necessário do poço de sucção, em metros cúbicos (m³);

Q = vazão de esgoto bruto afluente ao poço de sucção, em metros cúbicos por segundo (m³/s);

T_d = tempo de detenção do esgoto no poço de sucção, em segundos (recomendado de 10 a 15 minutos).

Em seguida se faz necessário calcular o diâmetro do tubo que será utilizado, para tal utiliza-se da vazão que será recalçada conforme equação 12:

$$D_0 = 1,2 \times \sqrt{\frac{Q}{1000}} \times 1000 \quad (\text{equação 12})$$

Onde:

D0 = diâmetro hidráulico, em mm;

Q = vazão, em l/s;

Obtido o diâmetro da tubulação de recalque é possível realizar o cálculo para determinar a potência da bomba necessária para realização do recalque utilizando a equação 13:

$$\text{Potência} = Q \cdot \frac{H_m}{75 \times E.\text{Bomba}} \quad (\text{equação 13})$$

Onde:

Potência = Potencia da bomba em Cavalos (Cv);

Q = Vazão em m³/h é a vazão em metros cúbicos por hora;

Hm = Altura Manométrica (m);

E.Bomba = Eficiência da Bomba, expressa em porcentagem.

Para obtenção da altura manométrica se faz necessário conhecer a diferença entre as cotas do ponto de sucção e do ponto de recalque, além da perda de carga e do comprimento do tubo condutor.

Após encontrado o diâmetro calculado, deve-se optar pelo diâmetro comercial imediatamente superior ao calculado.

A ABNT NBR 16682 (2017) estipula que o material do tubo de recalque deve ser tal qual resista as pressões exercidas no tubo pelo solo e pelo próprio recalque, comumente adota-se o ferro fundido, DeFoFo (Tubo de PVC com diâmetro externo de ferro fundido) e/ou PVC-O que possuem resistências a pressões maiores do que a tubulação de PVC comum, usualmente utilizada nas redes de coleta de esgoto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a definição da metodologia a ser aplicada, se faz necessária a correlação dessa metodologia com os dados levantados do estudo a fim de verificar os resultados obtidos

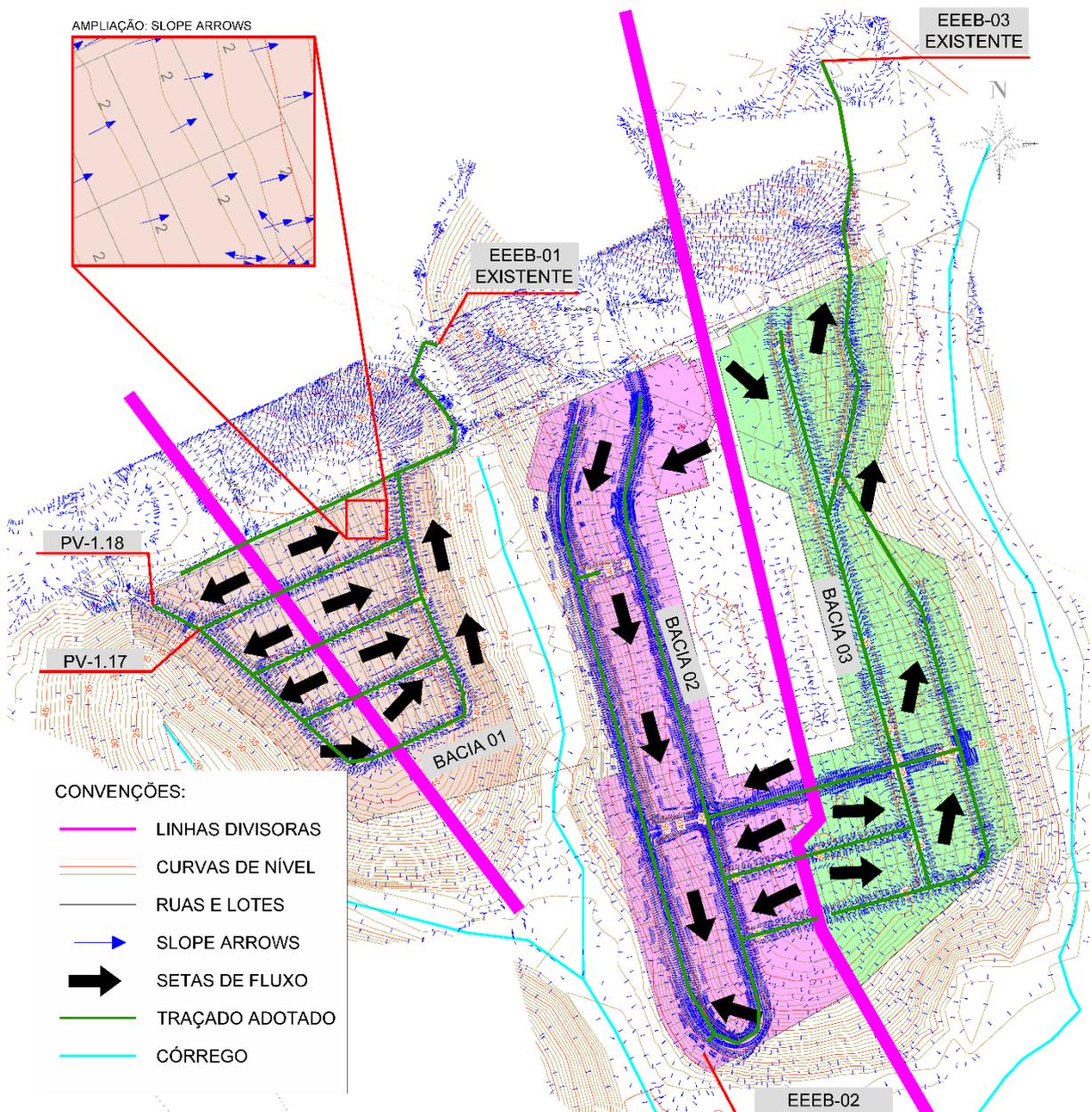
4.1. DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA

Em posse do modelo 3D do terreno objeto deste estudo, foi definido o traçado da rede apresentado na figura 3, bem como as bacias contribuintes, onde a coleta de esgoto se dá do ponto mais elevado em direção ao ponto mais baixo, fazendo o transporte das águas residuais por meio da gravidade. Devido à configuração predeterminada das vias no loteamento, as áreas para instalação da rede coletora já estavam definidas, visto que para cara lote se faz necessário uma ligação predial de esgoto com a rede coletora.

Para a delimitação das bacias coletoras, foi necessário realizar análise topográfica minuciosa do terreno: com o auxílio das ferramentas do software Civil 3D: *spot*

elevation que mostra a cota exata no ponto em que se está fazendo a análise; *slope arrows* que cria setas indicativas de sentido de inclinação para toda a superfície, juntamente com a análise das curvas de nível, foram identificados os pontos altos do loteamento, ou seja, os pontos com as cotas mais elevadas (aproximadamente 51m); esses pontos foram interligados por uma linha, com intuito de encontrar os divisores de água/fluxo da área em análise, a partir dessas linhas a declividade segue em direções opostas, delimitando as inclinações para os diferentes lados do terreno. A representação visual do conceito pode ser visualizada na figura 02:

Figura 02 –Delimitação das bacias e traçado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com a delimitação das bacias contribuintes foi possível identificar e direcionar os efluentes para três estações elevatórias de esgoto bruto (EEEB) diferentes, denominadas EEEB-01, EEEB-02 e EEEB-03. Sendo as estações 01 e 03 existentes e parte do sistema de esgotamento da companhia de saneamento e a estação 02 que deverá ser executada para recalcar os efluentes da BACIA 02 até um dos pontos altos da BACIA 03, para então seguir por gravidade até a EEEB-03. O traçado adotado para a rede proposta pode ser visualizado na figura 02.

Através deste traçado, utilizando a ferramenta computacional Civil 3D, obtém-se os comprimentos de cada trecho do sistema, as cotas de topo do ponto a montante e a jusante de cada trecho, além do comprimento total da rede, que se dá pelo somatório do comprimento de todos os trechos, totalizando 4110m de tubulação, a exemplo tem-se os dados do primeiro trecho, que se inicia no PV-1.18 até o PV-1.17 (tabela 1):

Tabela 1 – Trecho, cotas de topo e fundo

TRECHO		COMPR. TRECHO (m)	COTA TOPO	
montante	jusante		montante	jusante
PV-1.18	PV-1.17	41,45	47,510	46,350

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Após definição do traçado, se fez necessário calcular a população total a ser atendida pela rede multiplicando a quantidade de lotes pela relação habitantes/residência disponibilizada pelo IBGE referente a cidade de Cariacica (2,71), logo obtém-se uma população inicial $P_i \approx 1453$ habitantes. A partir do dado obtido de população inicial, a população final a ser atendida foi calculada aplicando a fórmula de crescimento populacional (equação 1) juntamente com os dados de crescimento populacional da cidade de Cariacica e obtém-se população final (estimada para 20 anos) de 2144 habitantes. Os dados de população final e inicial calculados, juntamente com os coeficientes de retorno, k_1 , k_2 , o consumo total de água e a taxa de infiltração, são então utilizados para obter o valor da taxa de contribuição linear inicial e final, que foi utilizado para o dimensionamento de cada trecho da rede.

Para efeito de demonstração será tomado como exemplo um dos trechos da rede e realizado o dimensionamento deste, uma vez que após definidos os parâmetros, o cálculo de vazões, declividades, diâmetro e verificação da tensão trativa se dá de forma semelhante para todos os trechos; o trecho tomado como exemplo será o trecho que tem o PV-1.18 a montante e o PV-1.17 a jusante, os dados calculados referentes aos demais trechos se encontram no Anexo 1.

Para o cálculo da vazão a montante foram analisados os trechos a montante do trecho, para se obter o valor de vazão que chega ao trecho por contribuições a montante deste. O trecho em análise trata-se de um trecho inicial, portanto não possui vazões a montante. Já a vazão do trecho foi obtida através da multiplicação do comprimento do trecho pela taxa de contribuição linear inicial e final, resultando em vazão do trecho final e inicial.

Vazões pontuais são as provenientes de contribuições pontuais como por exemplo o recalque da vazão total da sub-bacia 2 que se apresenta como vazão pontual na sub-bacia 3, entretanto o trecho tomado como exemplo não possui vazão pontual.

A vazão a jusante foi obtida pelo somatório da vazão a montante, a vazão do trecho e a vazão pontual, caso exista no trecho e deve ser calculado tanto para população de início de projeto quanto final.

Calculadas as vazões deve-se observar o estipulado pela NBR 9648 (1986), que recomenda não utilizar vazões inferiores a 1,5l/s para cálculo de dimensionamento de redes, portanto faz-se a verificação da vazão que será utilizada para o dimensionamento, averiguando se as vazões calculadas são superiores a vazão mínima, caso isto não ocorra, deve-se utilizar a vazão mínima como a vazão de projeto. Desta forma a tabela 2 demonstra de forma organizada os dados obtidos das vazões do trecho:

Tabela 2 – Vazões.

TRECHO		COMPR. TRECHO (m)	VAZÃO (l/s) - inicial					VAZÃO (l/s) - final				
montante	jusante		montante	trecho	pontual	jusante	projeto	montante	trecho	pontual	jusante	projeto
PV-1.18	PV-1.17	41,45	0,00	0,05	0,00	0,05	1,50	0,00	0,06	0,00	0,06	1,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Em posse das vazões do trecho, o próximo passo foi dimensionar a declividade necessária para o funcionamento de cada trecho, observando-se a declividade mínima estabelecida em norma (0,45%) e a declividade tida como econômica, que é aquela que se iguala a declividade do terreno e que requer o menor volume de escavação para implantação da tubulação. Para tal se faz uso das equações 6 e 7, declividade mínima e declividade econômica, juntamente com os dados da tabela 1.

A tabela 3 apresenta os dados de declividade do coletor, e a coluna "INCL. ADOTADA (%)" indica a inclinação que será adotada para os cálculos seguintes e a que será implementada na rede in loco, obedecendo o critério de declividade mínima e observada declividade econômica, que em alguns casos pode se apresentar de forma negativa, uma vez que a cota a jusante do coletor pode ser maior do que a cota a montante; nesses casos se faz necessário aprofundar mais o coletor para que o sentido de escoamento dos efluentes se mantenha sempre constante, da montante para jusante.

Tabela 3 – Declividades.

TRECHO		COMPR. TRECHO (m)	COTA TOPO (m)		DECLI. ECON. (%)	DECLI. MIN. (%)	INCL. ADOTADA (%)
montante	jusante		montante	jusante			
PV-1.18	PV-1.17	41,45	47,510	46,350	2,80	0,45	2,80%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A declividade adotada, juntamente com a vazão de projeto para população final, calculada anteriormente, devem ser aplicadas a equação 8 para definição dos diâmetros da tubulação trecho a trecho. Neste ponto se faz necessário observar que, nas ocasiões em que o diâmetro calculado não for superior as dimensões de diâmetro

mínima exigidas na resolução N° 6362/2021, da CESAN, adota-se o mínimo (150mm), como disposto na tabela 4:

Tabela 4 – Diâmetro.

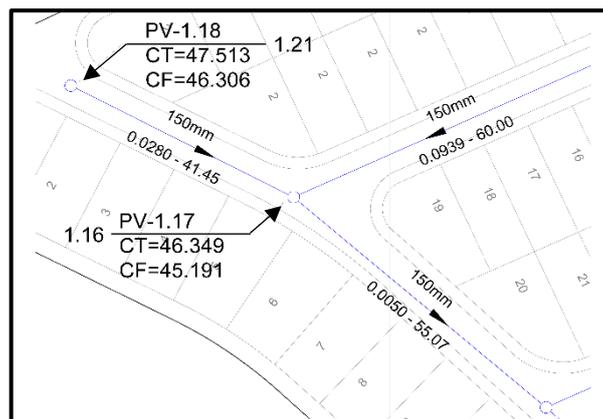
TRECHO		DIAM. CALCULADO (mm)	DIAM. ADOTADO (mm)
montante	jusante		
PV-1.18	PV-1.17	33,30	150

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As tensões trativas associadas a cada trecho foram determinadas utilizando a equação 9. Observou-se que para todos os trechos a tensão trativa ficou acima do mínimo (1Pa) estipulado por norma, portanto não houve a necessidade de realizar modificações na rede para ajustar a tensão trativa dos seguimentos.

Após realizar o dimensionamento do trecho, tem-se as informações necessárias para apresentar os dados de forma gráfica, como mostra a Figura 3:

Figura 03 – Representação gráfica do trecho dimensionado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para fins de demonstração, o dimensionamento da rede de esgotamento sanitário foi realizado apenas para um trecho representativo da área de estudo. Os demais trechos foram dimensionados de forma semelhante e estão apresentados no Apêndice 6.1, na forma de tabelas e no Apêndice 6.2 na forma da prancha do projeto executivo.

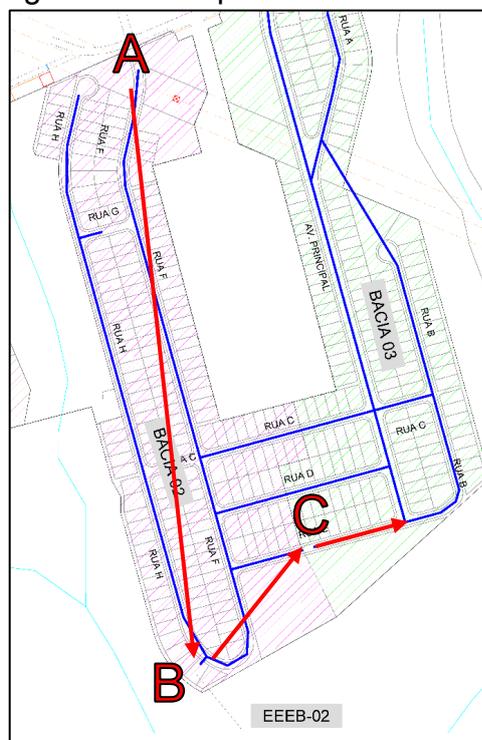
4.2. DIMENSIONAMENTO DA ELEVATÓRIA

A escolha de implementar uma estação elevatória de esgoto, destinada a transportar efluentes de uma localização situada a uma cota inferior na rede de esgoto para um ponto mais elevado, representa uma decisão estratégica orientada pela necessidade de superar limitações topográficas e garantir o eficiente encaminhamento dos resíduos líquidos. Tal seleção se baseia na premissa de que, em circunstâncias em que a inclinação natural do terreno não é favorável, a elevatória se revela uma alternativa viável para promover o transporte contínuo do esgoto, mitigando congestionamentos e assegurando a manutenção das condições de operação

adequadas em todo o sistema de saneamento. A utilização de uma elevatória nesse contexto é justificada, uma vez que viabiliza o encaminhamento do esgoto para um nível superior na rede, promovendo a eficácia do processo de coleta e tratamento, além de reduzir os riscos de refluxo e obstrução, culminando em um sistema de saneamento mais eficiente e funcional.

A estação elevatória proposta, EEEB-02, se fez necessária uma vez que os efluentes da Bacia contribuinte 02, tem a tendência de escoar por gravidade do ponto A, ponto mais alto da bacia que está situado na cota 50m, para o ponto B, ponto mais baixo da bacia com cota de 25m, conforme Figura 04. Do ponto B, não há possibilidade de continuação da rede, uma vez que o loteamento se encontra cercado por terrenos pertencentes a terceiros e córregos, salvo a parte norte que faz divisa com rua pública (Figura 2), porém não é possível vencer o desnível em acive de 25m entre os dois pontos, o que impossibilita a continuidade da rede até um ponto de coleta mais baixo por meio de gravidade. A implantação de uma elevatória gera custos para a empresa executante da rede de esgoto e para a empresa responsável pelo saneamento que deverá dar manutenção e manter o pleno funcionamento da elevatória, fazendo com que a ideia dessa implantação não seja bem recebida. Desta forma, se faz necessário análise de todas as opções mais simples e apenas depois de esgotadas as demais alternativas considera-se a implantação de um EEEB. A elevatória fará o recalque dos efluentes até o ponto C (PV-3.16, cota 50m), situado na Bacia 03, a 199m de distância do ponto B de onde os efluentes retornam ao transporte por gravidade.

Figura 03 – Esquema da elevatória.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Após o cálculo da rede coletora, tem-se que a vazão total da Bacia-02 que deve ser recalçada do ponto B ao ponto C e que também será utilizada para os cálculos necessários ao dimensionamento da estação elevatória, aplicando as equações 10 e 11 obtém-se as dimensões do desarenador e do poço de sucção, demonstradas na tabela 5:

Tabela 5 – Desarenador.

Estação Elevatória	Vazão (L/s)	Área mínima calculada (m ²)	Largura do canal (m)	Altura do canal calculada (m)	Altura do canal adotada	Área do canal adotada	Comprimento do canal calculado (m)	Comprimento do canal adotado
EEEB-02	1,60	0,004	0,4	0,009	0,30	0,12	0,21	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por se tratar de uma vazão pequena, o cálculo resultou em dimensões abaixo do mínimo estipulado pela companhia de saneamento CESAN, portanto adotou-se o mínimo recomendado o que facilita os métodos construtivos e viabilizar possíveis expansões da estação elevatória, uma vez que o desarenador nessas proporções seria suficiente para realizar a desarenação de vazões maiores.

O poço de sucção, comumente, no que se refere a estações elevatórias de esgoto bruto é dimensionado na forma de um cilindro (usualmente utiliza-se anéis de concreto pré-moldados). O diâmetro do cilindro é arbitrado levando em consideração os diâmetros comerciais dos anéis de concreto pré-moldados e então calcula-se a altura necessária do poço de sucção. Para o poço de sucção em questão foi arbitrado o diâmetro de 2,00m, diâmetro comercial comum para anéis de concreto pré-moldados e então utilizando a equação 11 para delimitar a altura mínima do poço de sucção conforme tabela 6:

Tabela 6 – Poço de sucção.

Estação Elevatória	Q (L/s)	Vol. (m ³)	Diâmetro do Poço (m)	Área do Poço (m ²)	Altura do poço (m)
EEEB-02	1,60	0,24	2,00	3,14	0,08

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O passo seguinte no dimensionamento da estação elevatória é a definição do diâmetro do tubo de recalque e da potência da bomba que será necessária para realizar o recalque dos efluentes, que podem ser calculados aplicando as equações 12 e 13 e estão apresentados na tabela 7:

Tabela 7 – Potência da bomba.

Tubo recalque Calculado (mm)	Tubo recalque Adotado (mm)	Hf (m/m)	Comp. da Linha de recalque (m)	Hg (m)	Hm (m)	P1 (CV)
50,47	80,00	0,00266	199,000	27,08	27,61	1,30

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo teve como objetivo a avaliação da viabilidade de dimensionar uma rede de esgotamento sanitário para atender à população do loteamento planejado em Padre Gabriel, Cariacica. Com base na análise dos resultados obtidos, foi confirmada a hipótese de que é possível dimensionar essa rede em conformidade com as normas regulatórias de engenharia e ambientais, respeitando as especificações da entidade responsável pelo saneamento na região em estudo. O estudo ressalta a importância do conhecimento da topografia local e da utilização de parâmetros adequados para o dimensionamento de uma rede de coleta de esgoto, destacando a possibilidade de se planejar obras de engenharia de acordo com o crescimento populacional previsto para a região, desde que todas as variáveis relevantes sejam consideradas. Torna-se evidente a necessidade de um dimensionamento preciso da rede, uma vez que qualquer subdimensionamento pode resultar em danos materiais e ambientais significativos, caso a capacidade do sistema seja excedida. Da mesma forma, um superdimensionamento pode acarretar custos excessivos na implantação da rede.

Este estudo proporciona ainda perspectivas para futuras análises, como a expansão do sistema de coleta, os custos do sistema projetado ou alternativas para o dimensionamento, como a utilização de diferentes materiais ou técnicas construtivas.

6. APÊNDICE

6.1. PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA

<https://drive.google.com/file/d/11XNbiVnMHCpXCFSrRUFrv081i77TCu8Z/>

6.2. PROJETO EXECUTIVO

<https://drive.google.com/file/d/1Vndvy8ztqGnr4QNJi0XY-UuuVVH2tku0/>

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12208: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15420: Tubos, conexões e acessórios de ferro dúctil para sistemas de esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16682: Projeto de linha de recalque para sistema de esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17015: Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7362-1: Sistemas enterrados para condução de esgoto. Parte 1: Requisitos para tubos de PVC com junta elástica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

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

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

BRAGA, B. et al. Saneamento básico no Brasil: história, teoria e prática. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2014.

COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO (CESAN). RESOLUÇÃO Nº 6362/2021 CESAN. Vitória, 2021.

FONSECA, R.M.C; SARMENTO, A.P; PAULA, H.M. Práticas executivas de redes coletoras de esgoto sanitário. Universidade Federal de Goiás, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama>. Acesso em: 02 julho 2023.

LOPES, A. F. Corpos d'água e seus usos múltiplos. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

MARTINELLI, A. et al. Esgotamento sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2014.

PEREIRA, J.M.S; MOREIRA, R.A. Manual de execução do sistema de esgoto sanitário em loteamento utilizando tubo de PVC JEI ocre. DOCTUM - Minas Gerais, 2015.

SILVA, J. C. Hidráulica de Sistemas de Esgotamento Sanitário. 2ª ed. São Paulo: Editora XPTO, 2022.

SNIRH. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br>. Acesso em: 27 agosto 2023.

VILLAS BÔAS, W. G. Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão. São Paulo: Editora Blucher, 2012.