

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO MULTIDISCIPLINAR - UFRJ MACAÉ  
INSTITUTO POLITÉCNICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA ZONA URBANA DE NATIVIDADE/RJ**

**CARLA YASMINI MELO DO NASCIMENTO**

**Macaé, RJ**

**2023**

**CARLA YASMINI MELO DO NASCIMENTO**

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA ZONA URBANA DE NATIVIDADE/RJ**

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Politécnico, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira.

Orientador: Profa. Beatriz Rohden  
Becker

Macaé, RJ

2023

### CIP - Catalogação na Publicação

N244

Nascimento, Carla Yasmini Melo do

Diagnóstico e proposta de implantação de um sistema de esgotamento sanitário na zona urbana de Natividade-RJ / carla Yasmini Melo do nascimento - Macaé, 2023.

74 f.

Orientador(a): Beatriz Rohden Becker.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia Civil, 2023.

1. Esgoto sanitário. 2. Sistemas de esgoto sanitário. 3. Dimensionamento-- sistemas de esgoto sanitário. I. Becker, Beatriz Rohden , orient. II. Título.

CDD 624

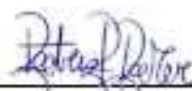
Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)  
Biblioteca Central do Centro Multidisciplinar UFRJ-Macaé  
Bibliotecário: Anderson dos Santos Guarino CRB7 – 5280

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA ZONA URBANA DE NATIVIDADE/RJ**

**CARLA YASMINI MELO DO NASCIMENTO**

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:



---

Beatriz Rohden Becker, M.Sc. (Orientadora)



---

Monique Amaro de Farias Rocha Nascimento, D.Sc.



---

Keilla Boehler Ferreira, M.Sc.

Macaé/RJ

2023

Dedico este trabalho a minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha trajetória acadêmica, em especial às minhas filhas que foram impulso para minha superação pessoal e a quem espero ser exemplo e modelo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, o maior orientador da minha vida. Ele nunca me abandonou nos momentos de necessidade e me manteve na trilha certa durante esta pesquisa.

Sou grata à minha família por sempre incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou. Agradeço em especial aos meus pais, Carlos Alberto e Josinele, por sempre incentivarem minha educação. Agradeço ao meu marido, Heitor, que não somente me apoiou, mas também diariamente me incentivando, ajudando e lembrando dos meus objetivos pessoais, de todo meu esforço físico e psicológico nesta trajetória conciliando trabalho e faculdade, mesmo com as demandas da família e do trabalho profissional atual. Este trabalho é a prova de que seus esforços pela minha educação valeram a pena.

Agradeço a minha orientadora Profa. D.Sc. Beatriz Becker pela sua postura impecável diante das adversidades que o tema apresentava, a quem tenho uma especial admiração pela trajetória e decência exemplar. Obrigada por me manter motivada durante todo o processo, pela sua dedicação e paciência. Seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado deste trabalho.

A todos os meus amigos sejam eles da vida ou da graduação, os quais me apoiaram e me deram suporte durante todo o curso, meu muito obrigada.

Agradeço a Universidade Federal do Rio de Janeiro – Câmpus Macaé-RJ, e a todos os seus servidores, os quais auxiliaram direta e indiretamente a conclusão deste projeto de pesquisa. Em especial aos mestres que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional, sempre transmitindo seu conhecimento com muito profissionalismo.

Por fim, agradeço a Prefeitura Municipal de Natividade-RJ e aos funcionários que cooperaram com este trabalho, fazendo com que fosse possível a realização deste diagnóstico.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

*Nelson Mandela*

## RESUMO:

O presente trabalho busca avaliar as condições atuais, as necessidades, e desafios para implementação de um sistema de esgotamento sanitário no município de Natividade/RJ. Para isso, foi realizada uma pesquisa de campo, além do levantamento de dados junto à Prefeitura local, ao IBGE, ao InfoSanbas, ao SUS, ao Painel Saneamento Brasil e ao SNIS. Para a rede coletora de esgotamento sanitário foi realizado o dimensionamento e levantamento de custos de implementação pelo software CEsg. Desprovida de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) esta pequena cidade com população inferior a 16.000 habitantes tem ainda parte das tubulações de esgoto ligadas à rede de drenagem de águas pluviais, causando problemas de lançamento de esgoto em épocas de chuvas intensas, devido ao transbordamento da rede. A maior parte do esgoto é lançado *in natura* no Rio Carangola, que também é a principal fonte de abastecimento de água da cidade. O recente o incentivo jurídico à privatização do abastecimento de água e tratamento de efluentes, demanda apresentar um projeto de implantação de rede de coleta e tratamento de esgoto no município. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) apresenta um diagnóstico local e estimativa de custos para a universalização do saneamento no município. Ao avaliar o PMSB de forma independente, foi possível propor um diagnóstico e levantar estimativa de custos próprios e verificou-se que existem discrepâncias entre os custos da implementação da rede coletora apontados no PMSB e os calculados neste trabalho que partem também de dados de entrada distintos. Assim, este trabalho subsidia os cidadãos e o poder público local de argumentos técnicos para discutir com a iniciativa privada o correto manejo dos efluentes no município e a universalização do serviço.

**Palavras-chave:** sistemas de esgoto sanitário; rede coletora de esgoto; universalização do saneamento básico; dimensionamento .



## **ABSTRACT:**

This work aims to evaluate the current conditions, needs and challenges for the implementation of a sewage collection and treatment network in Natividade/RJ city. Field research was carried out, data were collected from the local government, data from IBGE, InfoSanbas, SUS, Painel de Saneamento Brasil, SNIS were used. For the sewage network, a dimensioning was conducted by using the CEsg software, estimated the implementation costs. This small city with a population of less than 16,000 people does not have an effluent treatment plant (ETE), and the part of the sewage pipes are connected to the rainwater drainage network (which causes problems of sewage being released when in high rainfall times). Most of the sewage is discharged in natura into the Carangola River, the main local water body, which is also the main source for the city water supply. The recent privatization of the water supply and effluent treatment demands a project for the implementation of a sewage collection and treatment network. The municipal basic sanitation plan (PMSB) presents a local diagnosis and cost estimate for the universalization of sanitation in the municipality. By evaluating the PMSB independently this work was able to propose a diagnosis and estimate the costs for the effluent collection network and was verified a difference between the costs of implementing the collection network pointed out in the PMSB and those calculated in this work, that also has different input data. Therefore, this work provides citizens and the local government about technical arguments to discuss with the private sector the correct management of effluents in the municipality and the universalization of the service.

**Keywords:** Sewage network systems; Sanitation; Universalization; Dimensioning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de esgotamento unitário.....	14
Figura 2 - Sistema de separador absoluto .....	15
Figura 3 - Sistema de Esgotamento Sanitário .....	17
Figura 4. Mapa do estado do Rio de Janeiro, com destaque para Natividade/RJ.....	23
Figura 5. Gráfico de internações por ano por DRSAI's em Natividade/RJ .....	25
Figura 6. Gráfico de óbitos por ano por DRSAI's em Natividade/RJ .....	25
Figura 7 - Índice de cobertura da coleta de esgoto .....	28
Figura 8. Mapa da região do distrito-sede com os pontos de descarte fotografados	30
Figura 9 - Região contemplada no projeto e áreas não incluídas .....	37
Figura 10. Dados de consumo do software Cesg.....	38
Figura 11. Dados gerais de entrada do software CEsg.....	39
Figura 12. Critérios de cálculo do software CEsg.....	42
Figura 13. Rugosidade a partir da velocidade .....	43
Figura 14 - Mapa com ruas e curvas de nível de Natividade -RJ.....	44
Figura 15. Traçado realizado no CEsg da área urbana de Natividade/RJ .....	45
Figura 16 - Locação sugerida para a instalação da ETE.....	50
Figura 17 - Resumo das ações do Programa de Ações Estruturais.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos esgotos domésticos brutos .....	13
Tabela 2. Dados físicos do município de Natividade/RJ. ....	24
Tabela 3. Cobertura de serviços de saneamento (Percentual de habitantes).....	26
Tabela 4. Forma do esgotamento sanitário por número de residências.....	29
Tabela 5 - Fotos do levantamento de campo .....	31
Tabela 6. Distribuição da população de Natividade-RJ.....	34
Tabela 7. Projeções da População de Natividade/RJ para 2050. ....	34
Tabela 8. Consumo per capita de água .....	38
Tabela 9. Planilha de Orçamento completa com valores de mercado. ....	46
Tabela 10. EEE apontadas no traçado gerado no CEsg.....	48
Tabela 11. Custos do projeto .....	49
Tabela 12. Comparativo custos projeto x PMSB.....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>DATASUS</b>	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
<b>DRSAI</b>	Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado
<b>EEE</b>	Estação elevatória de esgotos
<b>ETE</b>	Estação de tratamento de esgotos
<b>FCTH</b>	Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica para Tubos e Conexões Tigre Ltda
<b>FIPE</b>	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IPOP</b>	Índice de Preços de Obras Públicas
<b>ODM</b>	Objetivos de desenvolvimento do milênio
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>PMSB</b>	Plano Municipal de Saneamento Básico
<b>PV</b>	Poço de Visita
<b>SNIS</b>	Sistema Nacional de Informações do Saneamento
<b>SUS</b>	Sistema Único de Saúde
<b>TCU</b>	Tribunal de Contas da União
<b>UFSC</b>	Universidade Federal de Santa Catarina
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	7
1.1. Contextualização.....	8
1.2. Motivação.....	9
2. Objetivos .....	10
2.1. Objetivo Geral .....	10
2.2. Objetivos específicos .....	10
3. Delimitação da pesquisa e Metodologia.....	11
4. Revisão Bibliográfica.....	12
4.1. Esgoto Sanitário.....	13
4.2. Partes constituintes do sistema de esgotamento sanitário.....	16
4.3. Métodos de projeção da população .....	17
5. Estudo de caso: esgotamento sanitário no município de Natividade/RJ.....	23
5.1. Dados Físicos .....	23
5.2. Indicadores de Saúde X Saneamento.....	24
5.3. Sistema de Esgotamento Sanitário .....	28
5.4. Levantamento de Campo .....	29
6. Dimensionamento do sistema de coleta de esgotamento sanitário .....	33
6.1. Projeção da população.....	33
6.2. Utilização do software CEsg como ferramenta de dimensionamento .....	35
6.3. Delimitação de área atendida no projeto.....	36
6.4. Dimensionamento da rede coletora e dados de entrada no software CEsg.....	37
6.4.1. Dados de entrada inseridos pelo usuário .....	37
6.4.2. Dados de entrada fornecidos (default) pelo software CEsg.....	41
6.4.3. Critérios de cálculo .....	42
6.5. Traçado da rede coletora .....	43
6.6. Resultados .....	45

6.7. Estações Elevatórias.....	47
6.8. Total Estimado de custos Rede coletora + EEEs.....	49
6.9. Sugestão de locação para instalação da ETE.....	49
7. Análise de consistência deste estudo em relação ao PMSB.....	51
8. Considerações Finais.....	53
9. Referências .....	55
10. Anexos .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um recurso imprescindível à manutenção da salubridade da vida humana e do meio ambiente a sua volta, e consiste em um conjunto de operações que visam à garantia da higiene e da saúde pública. Divide-se em quatro grandes frentes de ação: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e o tratamento e descarte de resíduos sólidos; além da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (NOHARA & POSTAL JÚNIOR, 2018).

Os baixos índices de cobertura dos serviços de saneamento básico no Brasil, sobretudo no que tange ao esgotamento sanitário, aumenta a preocupação no âmbito da saúde e do ambiente uma vez que 100 milhões de brasileiros em 2021 não tinham acesso a coleta de esgotos (SNIS, 2021). É observado ainda que os municípios que mais sofrem com a ausência ou precariedade desse tipo de serviço são aqueles com menos de 50 mil habitantes, pois são em sua maioria municípios predominantemente rurais, com poucos recursos (IBGE, 2010).

A nível mundial, dados de 2015 revelam que apenas 68% da população tem acesso ao saneamento adequado, contra 77% esperado pelos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Um montante de 2,4 bilhões de pessoas no mundo vivem sem saneamento adequado (WHO, UNICEF 2017).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, apenas 64,1% da população brasileira é atendida pela rede de coleta de esgoto sanitário e deste apenas 50,3% é tratado (SNIS, 2021). Cerca de 98,5 milhões de brasileiros não possuem acesso à rede coletora de esgoto. No estado do Rio de Janeiro, aproximadamente 6 milhões de habitantes não dispõem de sistema de esgotamento sanitário em suas residências (SNIS, 2021). Ademais, verifica-se segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), que há uma grande diferença quando comparamos grandes e pequenas cidades. Em municípios com população acima de 1 milhão de habitantes, a razão entre o esgoto tratado e o esgoto coletado é superior a 90%, já nos municípios menores as taxas de cobertura são muito inferiores. Logo, pode-se inferir que as políticas públicas devem voltar seu olhar às

idades de médio e pequeno porte, a fim de melhorar a qualidade de vida dessas populações, focando seus investimentos nesses locais.

O tratamento de esgoto é de vital importância para a qualidade da água e, por consequência, para a manutenção da qualidade de vida e ambiental, uma vez que, seu lançamento *in natura* na natureza acarreta poluição dos recursos hídricos, incidindo no contato e o contágio de doenças associadas, por conseguinte aumenta a demanda de recursos por parte do Sistema Único de Saúde (SUS) e, ainda, nas mazelas que atingem, principalmente o público infantil. (NERVIS, 2019.)

Segundo Jordão e Pessôa (2011), o lançamento de esgoto doméstico não tratado em corpos hídricos, contribui para a elevação da concentração de organismos patogênicos, que acarreta um risco de transmissão em comunidades circunvizinhas. Assim, os adequados tratamento e destinação dos efluentes sanitários proporcionam uma melhora no contexto ambiental como também agregam ao desenvolvimento econômico de uma região, podendo se tornar uma forma preventiva para o surgimento e proliferação de doenças. Diante deste cenário, o estabelecimento estratégico de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) é uma resposta coletiva, para tratar os esgotos gerados em áreas urbanas ou em aglomerados. (SCHUMANN, 2016)

### **1.1. Contextualização**

No Brasil, a Política Nacional de Saneamento Básico, regulamentada pela Lei nº 11.445/2007, estabelece alterações no setor, dentre as quais destacam-se a inclusão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, a drenagem e o manejo de águas pluviais, que passaram a titularidade desses serviços aos municípios, tornando-os responsáveis pela elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB (BRASIL, 2007). Cada município deveria ter elaborado seu PMSB até 2013, mas teve seu prazo alterado e, conforme o Decreto nº 10.203/2020, o titular dos serviços teria até 31 de dezembro de 2022 para a apresentação do Plano. A legislação brasileira prevê ainda, pela Lei nº 14.026/2020 (chamado de novo marco do saneamento), algumas alterações no setor de saneamento, objetivando sua universalização e qualificação da prestação de serviços (BRASIL, 2020). Para tanto, o novo Marco Legal do Saneamento estabeleceu a meta



de atingir o acesso à água potável a 99 % dos brasileiros e acesso a 90% ao tratamento e à coleta de esgoto, até 31 de dezembro de 2033 (BRASIL, 2020).

De maneira geral, observa-se que os municípios de pequeno e médio porte têm urgência por mão de obra qualificada, na medida em que as etapas de elaboração e gestão dos projetos apontam dificuldades operacionais. Logo, a prática de planejamento e gestão urbana nesses municípios fica defasada e, por vezes, incoerente com a realidade local (SILVA, 2010; BORJA, 2011).

A falta de responsabilidade do município pode prejudicar o fornecimento de verbas pela hierarquia estatal. Por isso, ao escolher o melhor sistema de tratamento de esgoto, é importante buscar a minimização do consumo de energia e outros insumos, a redução da geração de resíduos, a diminuição dos custos de implantação, operação e manutenção, além de garantir a eficiência na remoção de poluentes e matéria orgânica. É necessário também considerar os requisitos específicos do local em que o sistema será implantado. (OLIVEIRA, 2004).

## **1.2. Motivação**

O novo marco legal do saneamento trouxe mais incentivo e segurança jurídica para a privatização dos serviços de saneamento básico, porém a regulação e disponibilidade destes serviços é de real importância à população e não necessariamente são o foco das Companhias, principalmente as privadas, que sobretudo visam o lucro.

Assim, este trabalho visa identificar as principais dificuldades para se atingir a universalização do sistema de coleta e tratamento de esgoto no município de Natividade-RJ, propondo soluções para melhoria da eficiência e embasar seu anteprojeto buscando dar subsídios técnicos à administração pública e aos cidadãos dando informações e outro olhar sobre a real situação do município no que tange ao assunto, permitindo assim, que possam discutir e cobrar da empresa concessionária responsável por estes serviços soluções cabíveis e condizentes com a realidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Identificar as principais dificuldades para se atingir a universalização do sistema de coleta e tratamento de esgoto no município de Natividade-RJ e elaborar o traçado, dimensionamento e estimativas de custo da rede coletora de esgotamento sanitário da porção urbana do município de Natividade/RJ.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Realizar um levantamento da atual situação da coleta e tratamento de esgoto no Município de Natividade/RJ;
- Identificar os principais causadores da ineficiência ou inexistência do sistema de esgotamento sanitário da cidade;
- Fazer um traçado de rede coletora na área urbana do município de Natividade/RJ;
- Gerar custos da rede coletora e comparar valores com o PMSB.

### **3. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA E METODOLOGIA**

A pesquisa se direcionou ao levantamento de campo, com visitas aos principais pontos de despejo de esgoto sanitário na zona urbana do município, levantamento de relatos dos moradores, e diversas fotografias que subsidiaram de informações o estudo, permitindo cruzar os principais pontos de despejo com o mapa e com o curso do Rio Carangola. A partir destes levantamentos e de posse do PMSB de Natividade-RJ, somado aos dados do InfoSanbas, SNIS e DataSus, foi possível realizar uma análise crítica do diagnóstico acerca da situação do sistema de esgotamento sanitário atual.

Uma vez realizado o diagnóstico a ser discutido no estudo de caso, este trabalho propõe a instalação, dimensionamento e levantamento de custos de uma rede coletora de esgoto segregada da rede pluvial (sistema separador), levando em consideração o levantamento topográfico e definindo pontos estratégicos que otimizem a passagem da rede coletora e das Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), adotando como premissa o aproveitamento da declividade natural da região que atenda às necessidade e tamanho da população local, baseada em técnicas já consagradas na engenharia.

#### 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O saneamento básico é o conjunto de medidas que buscam a preservação ou modificação das condições do meio ambiente objetivando a prevenção de doenças e promoção da saúde, além da melhoria da qualidade de vida da população, a estimulação da produtividade das pessoas e das atividades econômicas (GARCIA & FERREIRA, 2017). Ele compreende o “conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas” (BRASIL, 2020).

Embora as preocupações relativas às políticas urbanas tenham se ampliado na América Latina desde o século XIX, apenas nos últimos anos o Brasil passou a considerar o acesso aos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário um tema ambiental de significativa importância (SOARES et al, 2002).

A desigualdade social, intensa em nosso país, faz com que o atendimento à população através de serviços de saneamento básico ainda seja bastante precário, especialmente no que tange ao esgotamento sanitário (NOHARA & JÚNIOR, 2018).

O município de Natividade/RJ ocupa o 1132º lugar na posição decrescente de classificação dos municípios brasileiros de renda per capita, com uma renda de R\$ 775,25 (IBGE, 2010). Para efeitos comparativos, o salário mínimo no Brasil em 2010 era de R\$ 510,00 (BRASIL, 2010). Vale ressaltar que esta é uma média de renda per capita, não levando em consideração as discrepâncias de rendas salariais causadas pela desigualdade social.

O saneamento, fator essencial para o desenvolvimento do Brasil, influencia diretamente nos índices de saúde, educação, mortalidade infantil, turismo, economia, preservação dos recursos hídricos, dentre outros. Quando deficiente, o saneamento, ocasiona impactos sociais mais profundos, como ansiedade, risco de agressão sexual e oportunidades educacionais perdidas, o que reduz o bem-estar humano e o desenvolvimento social e econômico (OMS, 2019).

#### 4.1. Esgoto Sanitário

Os esgotos sanitários se constituem principalmente de resíduos domésticos líquidos, juntamente com uma porção de águas pluviais e, ocasionalmente, uma pequena quantidade de resíduos industriais. Sua composição típica é de 99% de água e apenas 1% de sólidos e podem conter uma grande quantidade de organismos patogênicos diversos, representando um risco de transmissão para grupos populacionais que entrarem em contato com eles ou se forem lançados sem o devido tratamento em corpos receptores (BASTOS & BEVILACQUA, 2006; JORDÃO E PESSOA, 2011). A Tabela 1 apresenta as características comuns encontradas nos esgotos brutos domésticos.

Tabela 1. Características dos esgotos domésticos brutos

Parâmetro	Concentração (mg/L)	
	Faixa	Típico
Sólidos Totais	700 - 1350	1000
DBO <sub>5</sub>	200 - 500	350
DQO	400 - 800	700
Nitrogênio Total	35 - 70	50
Fósforo	5 - 25	14
pH	6,7 - 7,5	7
Alcalinidade	20 - 50	35
Cloreto	20 - 50	35
Óleos e graxas	55 - 170	110

Fonte: Von Sperling (2005)

A função de um Sistema de Tratamento de Esgoto é remover a maior parte do material sólido e impurezas da água, e retorná-la à natureza, objetivando atender aos padrões de qualidade de lançamento de efluentes, atendendo a legislação e preservando a saúde e a qualidade de vida da população. A escolha da adequada tecnologia para o tratamento de esgoto deve levar em consideração a dimensão da população atendida, a situação do corpo d'água receptor, e sua capacidade de autodepuração (BRASIL, 2009).

O esgotamento sanitário consiste nas atividades, infraestruturas e instalações operacionais responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição adequada dos esgotos sanitários, desde as conexões dos edifícios até a sua liberação final no meio ambiente (BRASIL, 2020). Existem basicamente três tipos de sistemas de

esgoto: o sistema de esgotamento unitário, o sistema de esgotamento separador parcial ou misto e o sistema de separação total.

### **Sistema de esgotamento unitário**

Conforme Barros (1995), o sistema de esgotamento unitário destina pelas mesmas tubulações o escoamento das águas pluviais, águas residuárias e águas de infiltração todas juntas, ou seja, veiculam conjuntamente no mesmo sistema (Figura 1). Nesse tipo de sistema o esgoto é destinado a uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) que tem vazão de entrada limitada e dimensionada principalmente para a vazão bruta de esgoto gerado, a rede dispõe de extravasores que, em dias de chuvas, lança o volume excedente diretamente para o corpo receptor sem tratamento.

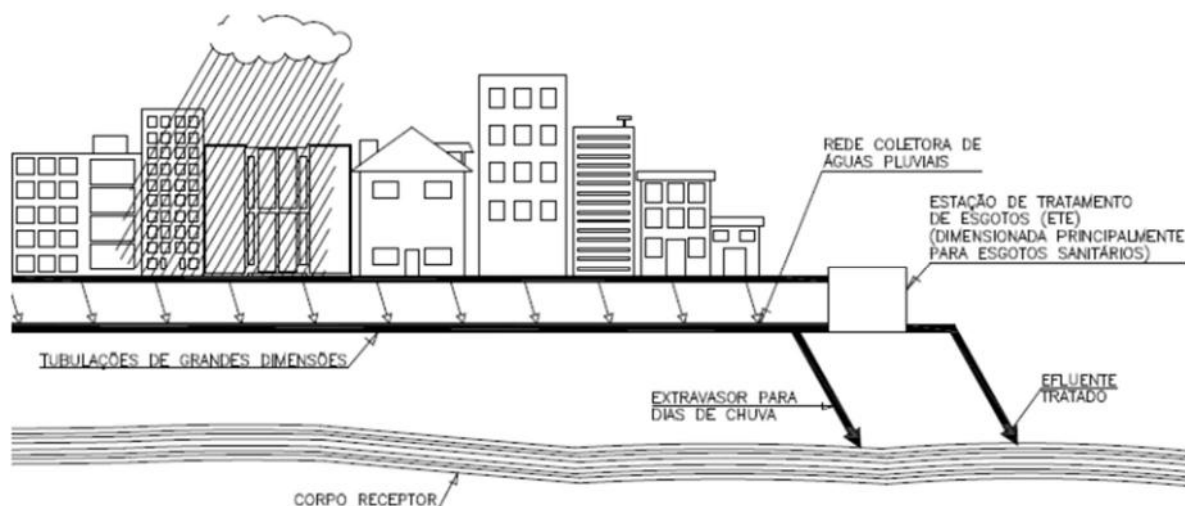


Figura 1 - Sistema de esgotamento unitário

Fonte: Santos (2018) *apud* Barros *et al.* (1995)

No passado, as redes de esgotamento eram majoritariamente construídas num sistema do tipo unitário, no entanto, quando a vazão combinada dessas duas cargas supera a vazão limite de projeto e conseqüentemente ultrapassa a vazão máxima das tubulações, ocorrem transbordamentos e partir disto, as águas pluviais e os esgotos sanitário são vertidos nos corpos receptores ou sobre as ruas, sem tratamento, podendo atingir a comunidade (SILVA, 2010).

### **Sistema de esgotamento por separador parcial**

O sistema de esgotamento por separador parcial consiste em dois sistemas de tubulações, um para águas pluviais e um para águas residuárias, no entanto, neste esquema admite-se que uma parte das águas pluviais é coletada na tubulação de esgoto sanitário, uma vez que, uma parcela da água de chuva das residências é destinada ao sistema de coleta de esgoto. Também nesse sistema o esgoto coletado e água pluvial admitida na rede de esgoto residencial são enviadas para a ETE para o tratamento antes da devolução ao corpo receptor. Nesse tipo de sistema a ETE é dimensionada prevendo um acréscimo de vazão bruta da ordem de 20% em função do aumento de vazão em dias de chuva.

### **Sistema de separador absoluto**

O sistema de esgotamento de separador absoluto, exemplificado na Figura 2, caracteriza-se pelo escoamento das correntes em tubulações distintas, uma para o esgoto sanitário e outra para águas pluviais (VON SPERLING,2014). A coleta pluvial residencial e das ruas segue por uma rede exclusiva pluvial destinada por múltiplos pontos ao corpo receptor, enquanto o esgoto coletado é destinado a uma ETE para tratamento e posterior devolução ao corpo receptor.

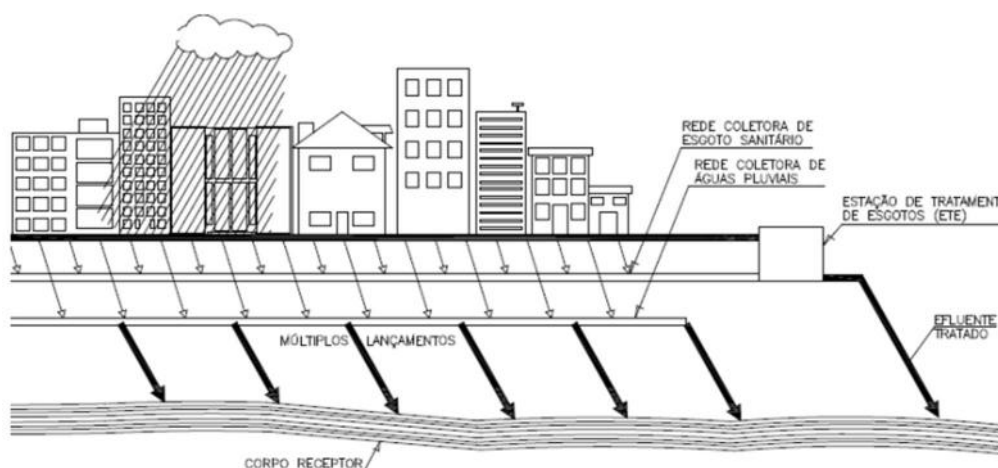


Figura 2 - Sistema de separador absoluto

Fonte: Santos (2018) *apud* Barros *et al.* (1995)

## 4.2. Partes constituintes do sistema de esgotamento sanitário

As principais partes que constituem um sistema de esgotamento sanitário e suas definições, conforme terminologia da ABNT NBR 9649 (1986), são:

- **Ligação predial:** é um coletor de capacidade particular, que conduz os efluentes de um ou mais edifícios à rede coletora.
- **Coletor de esgoto ou coletor:** tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento.
- **Coletor Principal:** coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia.
- **Coletor tronco:** tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores.
- **Interceptor:** é a canalização que recebe a contribuição de coletores tronco e de alguns emissários.
- **Emissário:** tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante.
- **Poço de visita:** câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção.
- **Corpo receptor:** corpo de água em que são lançados os esgotos tratados.
- **Estação Elevatória de Esgoto (EEE):** instalação que se destina ao transporte de esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações da vazão afluente ABNT NBR 12208 (1992).
- **Estação de Tratamento de Esgoto (ETE):** conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento ABNT NBR 12209 (2011).

Na Figura 3 é apresentada a disposição destes elementos constituintes do sistema de esgotamento sanitário.



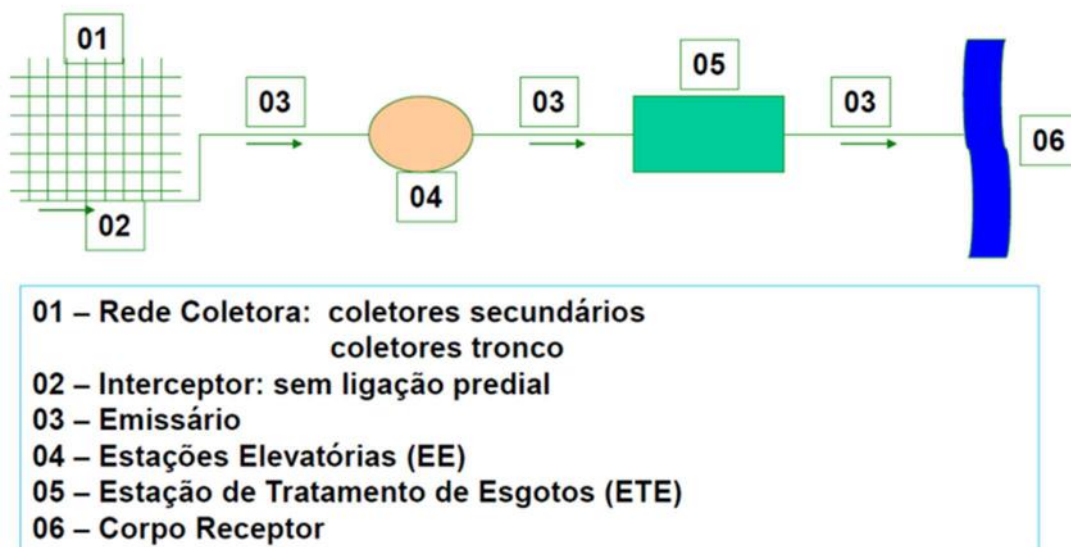


Figura 3 - Sistema de Esgotamento Sanitário

Fonte: Knapik & Cubas (2016)

#### 4.3. Métodos de projeção da população

Para o projeto da rede coletora, estações elevatórias e estação de tratamento, optou-se por concentrar o estudo na área urbana do município, para tanto, valendo-se dos valores encontrados nos últimos censos, faz-se necessário aplicar técnicas de projeção de crescimento populacional que abranjam o alcance previsto do estudo, neste caso definido em 2050, com uma estimativa consistente.

Segundo Matuda (2009), diversos modelos para estimativa de crescimento populacional são encontrados na literatura, assim deve-se avaliar de maneira adequada qual é o que melhor se enquadra para a área geométrica estudada de acordo com os dados disponíveis. De acordo com Quasim (1985), os modelos que mais se destacam são o modelo aritmético, o geométrico, taxa decrescente de crescimento e o crescimento logístico, já o IBGE, por sua vez, utiliza o método de tendência de crescimento demográfico desenvolvido pelos demógrafos Madeira e Simões (1972). Neste método é observada a tendência de crescimento populacional do município, entre dois censos demográficos consecutivos, em relação à tendência de crescimento de uma área geográfica hierarquicamente superior (área maior), em geral o estado a que pertence o município.

A seguir são apresentados os métodos anteriormente listados:

### **Método Aritmético**

O método aritmético tem como pressuposto uma taxa de crescimento constante para os anos que seguem a partir de dados conhecidos, por exemplo, a população do último censo, seguindo as fórmulas descritas abaixo (TSUTIYA, 2006).

$$\frac{dP}{dt} = k_a \quad \text{Equação 1}$$

Onde  $dP/dt$  representa a variação da população (P) por unidade de tempo (t), e  $K_a$  é uma constante que simula a taxa de crescimento. Considerando que  $P_1$  é a população do penúltimo ano (ano  $t_1$ ) e  $P_2$  a população do último ano (ano  $t_2$ ), tem-se:

$$P_2 = k_a(t_2 - t_1) + P_1 \quad \text{Equação 2}$$

$$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

$K_a$  = Taxa de crescimento anual;

$P_2$  = População no último ano considerado (habitantes);

$P_1$  = População no penúltimo ano considerado (habitantes);

$t_2$  = Ano do último ano considerado;

$t_1$  = Ano do penúltimo ano considerado.

### **Método Geométrico**

De acordo com Tsutiya (2006), o método geométrico pressupõe que o crescimento da população e o crescimento da taxa sejam proporcionais em todos os intervalos de tempo e proporcionais à população existente em um determinado período, e é determinado pela formulação abaixo:

$$\frac{dP}{dt} = k_g * P \quad \text{Equação 4}$$

$$k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Equação 5}$$

$$P_t = P_2^{k_g * (t_1 - t_2)} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

$k_g$  = Taxa de crescimento geométrico.

### **Método da Taxa de Crescimento Decrescente**

Nesse método a população é projetada com base na hipótese de que, com o crescimento populacional ao longo dos anos a taxa de crescimento anual torna-se gradativamente menor (TSUTIYA, 2006). Desse modo, estima-se uma população de saturação (S) e calcula-se a taxa de crescimento decrescente (Kd), sendo este método definido pelas seguintes fórmulas:

$$-\ln \frac{S - P_2}{S - P_1} = k_d (t_2 - t_1) \quad \text{Equação 7}$$

$$k_d = \frac{-\ln \frac{S - P_2}{S - P_1}}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Equação 8}$$

$$S = \frac{(2 * P_0 * P_1 * P_2) - (P_1^2 * (P_2 + P_0))}{(P_0 * P_2) - P_1^2} \quad \text{Equação 9}$$

O uso desse método prevê o atendimento as características apresentadas a seguir:

- O conhecimento de três populações referentes a três épocas diferentes equidistantes no tempo;
- Que as populações estudadas apresentem crescimento, ou seja  $P_0 < P_1 < P_2$ ;
- Que satisfaçam a condição de inflexão da curva, através de  $(P_1)^2 > P_0 \times P_2$ .

## **Método da Curva Logística**

Admite-se neste método que o crescimento da população obedece a relação matemática do tipo curva logística, na qual a população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação, seguindo a fórmula apresentada em Tsutiya (2006).

$$P = \frac{S}{1+e^{(a+b t)}} \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

S = População de saturação;

“a” = valor tal que, para  $t=a/b$ , há uma inflexão na curva;

“b” = razão de crescimento da população.

Os parâmetros da equação da curva logística são determinados por meio das equações listadas a seguir:

$$b = -\frac{1}{0,4343} * \log \frac{P_0(S-P_1)}{P_1(S-P_0)} \quad \text{Equação 11}$$

$$a = \frac{1}{0,4343} * \log \frac{S-P_0}{P_0} \quad \text{Equação 12}$$

A curva logística possui três trechos distintos: o primeiro correspondente a um crescimento acelerado, o segundo a um crescimento retardado e o último a um crescimento tendente à estabilização. Entre os dois primeiros trechos, fica um ponto de inflexão. Esse método também leva em consideração o conceito de população de saturação, sua utilização mais uma vez é condicionada aos seguintes termos:

- O conhecimento de três populações referentes a três épocas diferentes e equidistantes no tempo;
- Que as populações estudadas apresentem crescimento, ou seja  $P_0 < P_1 < P_2$ ;
- Que satisfaçam a condição de inflexão da curva, através de  $(P_1)^2 > P_0 \times P_2$ .

### **Método de tendência de crescimento demográfico AiBi**

Esta técnica, também chamada de AiBi e adotada pelo IBGE, considera que existe um crescimento linear entre a taxa de crescimento de uma área maior àquela estudada e áreas menores nela inseridas. Assim, unidades da federação, UF, ou estados, são considerados a área maior, e os municípios ali determinados são as áreas menores.

O modelo desenvolvido pelos demógrafos Madeira e Simões (1972) para estimar os contingentes populacionais dos municípios brasileiros emprega uma metodologia, na qual se observa a tendência de crescimento populacional do município, entre dois censos demográficos consecutivos, em relação à tendência de crescimento de uma área geográfica hierarquicamente superior (área maior).

O método de tendência de crescimento demográfico adotado tem como princípio fundamental a subdivisão de uma área maior, cuja estimativa já se conhece, em n áreas menores, de tal forma que seja assegurada ao final das estimativas das áreas menores a reprodução da estimativa, previamente conhecida, da área maior através da soma das estimativas das áreas menores.

As estimativas das populações dos municípios com data de referência em 1º de julho de 2019, utilizaram como área maior na aplicação da metodologia, as Unidades da Federação projetadas pelo método das componentes demográficas, obtidas das Projeções da População, Brasil e Unidades da Federação, Revisão 2018 (IBGE, 2018). Considere-se, então, uma área maior cuja população estimada em um momento t é P(t). Subdivide-se esta área maior em n áreas menores, cuja população de uma determinada área i, na época t, é:

$$P_i(t); i = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{Equação 13}$$

Desta forma, tem-se que:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t) \quad \text{Equação 14}$$

Decomponha-se, por hipótese, a população desta área i, em dois termos: ai P(t), que depende do crescimento da população da área maior, e bi. O coeficiente ai é denominado coeficiente de proporcionalidade do incremento da população da área

menor  $i$  em relação ao incremento da população da área maior, e  $b_i$  é o denominado coeficiente linear de correção. Como consequência, tem-se que:

$$P_i(t) = a_i P(t) + b_i \quad \text{Equação 15}$$

Para a determinação destes coeficientes utiliza-se o período delimitado por dois Censos Demográficos. Sejam  $t_0$  e  $t_1$ , respectivamente, as datas dos dois Censos. Ao substituir-se  $t_0$  e  $t_1$  na equação acima, tem-se que:

$$P_i(t_0) = a_i P(t_0) + b_i \quad \text{Equação 16}$$

$$P_i(t_1) = a_i P(t_1) + b_i \quad \text{Equação 17}$$

Através da resolução do sistema acima, obtemos:

$$a_i = \frac{P_i(t_1) - P_i(t_0)}{P(t_1) - P(t_0)} \quad \text{Equação 18}$$

$$b_i = P_i(t_0) - a_i P(t_0) \quad \text{Equação 19}$$

No caso das estimativas de população, deve-se considerar:

$P_i$ : População do município  $i$ ;

$P_t$ : População da Unidade da Federação; valor projetado pelo método das componentes demográficas, obtido das Projeções da População, Brasil e UFs (IBGE, 2018).

$t_0$ : 1º de julho de 2000;

$t_1$ : 1º de julho de 2010;

Serão utilizados neste trabalho as metodologias de projeção aritmética, geométrica e de tendência do crescimento demográfico (AiBi), devido a característica peculiar de redução da população nos últimos censos para a cidade de Natividade-RJ.

## 5. ESTUDO DE CASO: ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE NATIVIDADE/RJ

Para a análise da atual situação do esgotamento sanitário em Natividade, foi realizado levantamento de campo, além do levantamento dos dados do SNIS (Sistema Nacional de Informações do Saneamento), do PMSB (Plano Municipal de Saneamento Básico), e pesquisa em dados censitários e documentos municipais.

### 5.1. Dados Físicos

O município de Natividade está localizado no estado do Rio de Janeiro a uma altitude de 182 metros e subdivide-se nos distritos Sede, Ourânia e Bom Jesus do Querendo. Possui uma população de 15.074 habitantes distribuída em uma área de 387,073 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). O município localiza-se na região Noroeste Fluminense, próximo à divisa com os estados de Minas Gerais e Espírito Santo e tem divisas territoriais com os municípios de Porciúncula-RJ, Itaperuna-RJ, Varre-Sai-RJ, Bom Jesus do Itabapoana e Antônio Prado de Minas-MG. A Figura 4 apresenta a localização geográfica em relação ao Estado, bem como os municípios da região.



Figura 4. Mapa do estado do Rio de Janeiro, com destaque para Natividade/RJ

Fonte: Adaptado de IBGE (2010)

O município de Natividade é banhado pelo rio Carangola, um subafluente do rio Paraíba do Sul, sendo assim integrante do Comitê da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Na Tabela 2 são apresentadas as informações que caracterizam a localidade.

Tabela 2. Dados físicos do município de Natividade/RJ.

Município	Natividade-RJ
Região	Noroeste Fluminense
Latitude	21° 2' 31" S
Longitude	41° 58' 22" W
Altitude	182 m
Extensão territorial	387,026 km <sup>2</sup>
Região Hidrográfica	Rio Carangola
Bacia Hidrográfica	Bacia Paraíba do Sul
Precipitação Média Anual	1023,4 mm
Clima	Tropical semiúmido
Temperatura Média Anual	25

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Natividade (2023)

## 5.2. Indicadores de Saúde X Saneamento

As Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAIs) são um grupo de agravos transmissíveis à saúde, que se relacionam ao contexto ambiental, à infraestrutura, aos serviços e às instalações operacionais que prejudicam ou agravam a saúde e qualidade da vida humana. As DRSAIs estão comumente relacionadas aos sistemas e serviços de saneamento inadequados, depósito indevido de resíduos sólidos, incorreto manejo de águas pluviais, proliferação de vetores; ou às condições precárias das habitações (IBGE, 2011).

De acordo com o site InfoSanbas (2022), a lista de doenças considerada está descrita em Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. Nas Figura 5 e Figura 6 são apresentadas as séries históricas de internações/ano e número de óbitos/ano devido a DRSAI's, respectivamente.



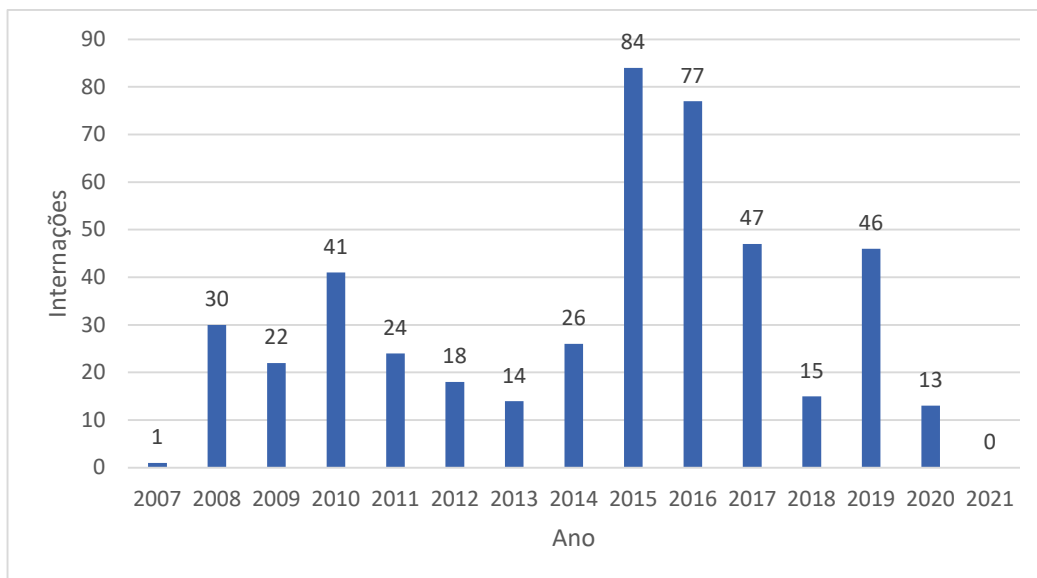


Figura 5. Gráfico de internações por ano por DRSAI's em Natividade/RJ  
 Fonte: Adaptado de DATASUS (2021)

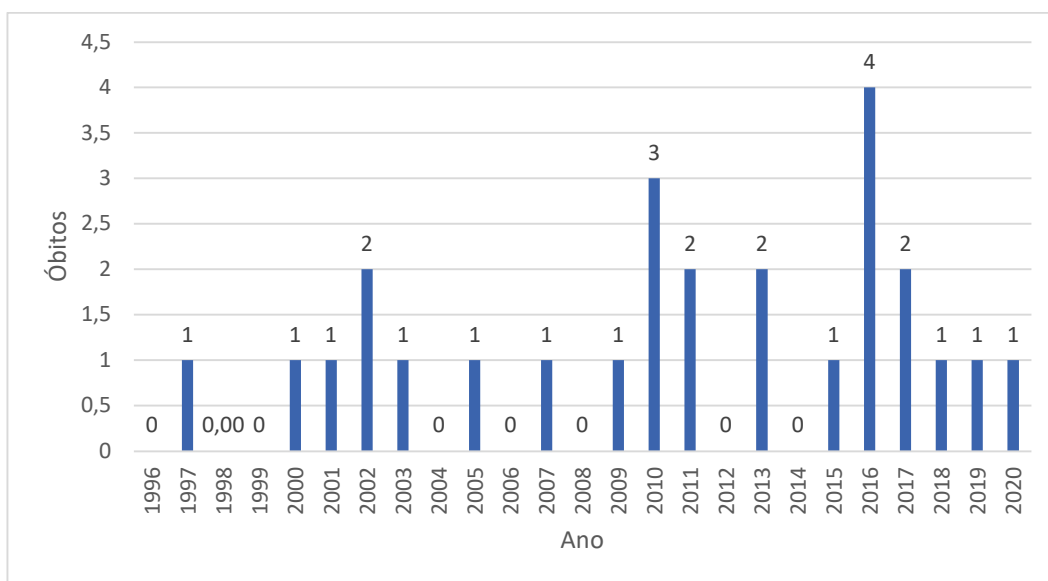


Figura 6. Gráfico de óbitos por ano por DRSAI's em Natividade/RJ  
 Fonte: Adaptado de DATASUS (2021)

Utilizando a série histórica de 2007 a 2021, observa-se uma média de 40 internações/ano hospitalares decorrentes de doenças associadas ao saneamento inadequado e cerca de 1,5 morte/ano. Tais ocorrências seriam evitáveis se houvesse investimentos na universalização do acesso ao saneamento adequado e ao tratamento do esgotamento sanitário.

Pontua-se também que os anos, 2010, 2015, 2016 e 2019 em que são observados picos de internações e de óbitos coincidem com anos em que foram relatadas grandes cheias com enchentes e inundações de trechos de ruas e residências. Além disso uma parcela da população se utiliza da pesca para alimentação elevando a preocupação com o descarte e tratamento do esgoto, haja visto que a alimentação é via de entrada para outras doenças por vezes, não diretamente correlatas a falta de tratamento de esgoto com algumas causando problemas de saúde mais brandos como dores abdominais ou desconfortos nos moradores que sequer procuram a rede de saúde para tratamento.

Ao contrário de indicadores e índices que avaliam o saneamento de maneira indireta, os indicadores sanitários fornecem uma representação direta da situação de três dos quatro principais eixos do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo e gestão de resíduos). O DATASUS disponibiliza os dados correspondentes identificados na Tabela 3.

Tabela 3 – Cobertura de serviços de saneamento básico (Percentual de habitantes)

<b>Abastecimento de Água</b>	<b>1991</b>	<b>2000</b>
Rede Geral	50,3%	75,9%
Poço ou nascente (na propriedade)	46,6%	23,1%
Outra forma	3,1%	1,0%
<b>Instalação Sanitária</b>	<b>1991</b>	<b>2000</b>
Rede geral de esgoto ou pluvial	38,4%	56,8%
Fossa séptica	4,0%	1,2%
Fossa rudimentar	5,5%	7,1%
Vala	8,5%	11,2%
Rio, lago ou mar	-	20,7%
Outro escoadouro	32,8%	1,1%
Não sabe o tipo de escoadouro	0,9%	-
Não tem instalação sanitária	9,9%	1,9%
<b>Coleta de Lixo</b>	<b>1991</b>	<b>2000</b>
Coletado	47,4%	79,2%
Queimado (na propriedade)	3,1%	15,9%
Enterrado (na propriedade)	0,3%	0,4%
Jogado	9,5%	3,8%
Outro destino	29,7%	0,8%

Fonte: Adaptado de Ministério da Saúde – DataSUS (2021)

Devido à falta de atualizações, não foi possível realizar uma análise dos dados apresentados frente ao cenário atual, uma vez que o último levantamento pelo DATASUS foi realizado no ano de 2000. Os indicadores sanitários dos municípios são fundamentais para avaliar a cobertura dos serviços relacionados ao saneamento e a qualidade de vida da população. Nos últimos anos, houve avanços significativos no município em relação a temas de saneamento, com destaque para a coleta de lixo. Entretanto, ainda há necessidade de melhorar e dar continuidade aos serviços de instalações sanitárias, envolvendo todos os eixos do saneamento.

As discussões e ações relacionadas ao saneamento básico no município progrediram consideravelmente nos últimos anos, principalmente na vigência da lei 11.445/2007 (Lei do Saneamento Básico), que estabelece regulamentos e sugere medidas de melhoria para os municípios sobre o tema. Natividade, através do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), proposto e exigido pela Lei do Saneamento, busca melhorar a qualidade e a cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos, além de prever ações preventivas e corretivas para a drenagem urbana no município.

Observou-se, entretanto, mediante pesquisa amostral de campo, relatos de moradores e avaliação de documentos, que o atual PMSB, pode ter tido um olhar abrandado sobre a realidade local da coleta de esgoto sanitário, devido a divergência de dados e constatações levantadas nesse projeto.

O município que se desenvolve majoritariamente ao longo do curso do Rio Carangola, tem boa parte das residências localizadas a sua margem, e estas lançam *in natura* o esgoto sobre o corpo hídrico, outros bairros mais distantes do corpo hídrico, dispõem seu esgoto na rede de coleta unitária local, porém mais adiante este também é despejado sem tratamento no leito do Rio Carangola, uma vez que a cidade não possui nenhum tipo de ETE instalada. Desta forma, o diagnóstico apresentado no PMSB possui provável discrepância com a realidade observada, uma vez que menciona algumas ligações ou lançamento direto no Rio, quando na verdade esta é uma máxima em toda a zona urbana, sendo raro o oposto. A partir disto, mostra-se ainda mais urgente o trabalho e implementação de uma rede coletora de separação absoluta e implementação de uma estação de tratamento de esgoto sanitário.

### 5.3. Sistema de Esgotamento Sanitário

Segundo dados do SNIS (2020), o indicador IN015 indica que o município coleta 82,01% do esgoto gerado (Figura 7), percentual acima da média do Estado (63,14%), do Sudeste (73,55%) e do Brasil (60,27%). Porém o indicador IN016, demonstra que apenas 40,62 % da população da cidade de Natividade tem o esgoto tratado.

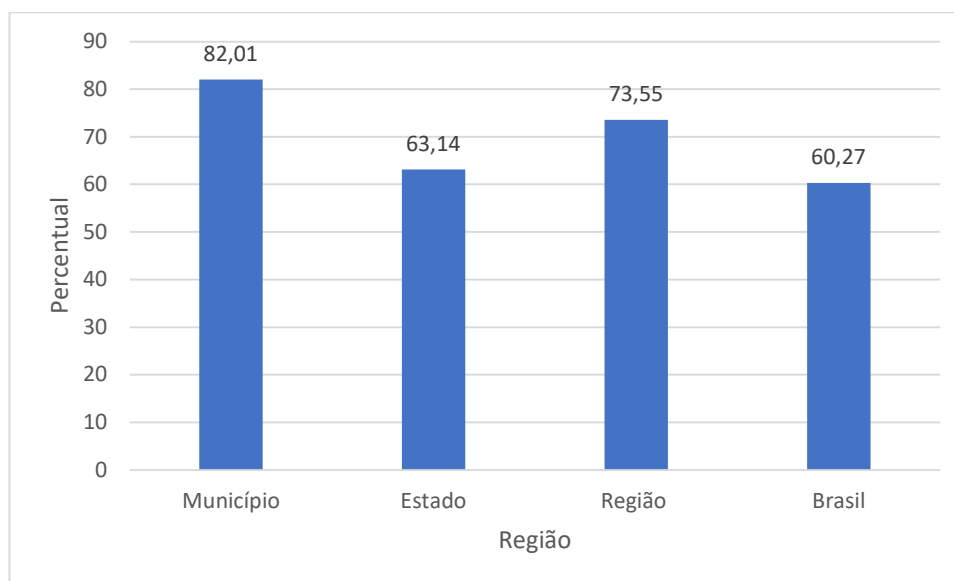


Figura 7 - Índice de cobertura da coleta de esgoto

Fonte: SNIS (2020)

Esse o índice IN016 embora indique que existe tratamento de 40% do esgoto gerado, conforme mencionado neste trabalho, a cidade não dispõe de ETE – Estação de tratamento de esgoto, fez-se então trabalho de pesquisa buscando detalhar os dados para entender a que se refere o valor de 40,62% do esgoto tratado.

A partir de dados obtidos no site InfoSanbas (2022), que faz uso de levantamento do Censo IBGE de 2010, pôde-se elaborar a Tabela 4, que concatena as formas de esgotamento sanitário por número de residências do município.

Tabela 4. Forma do esgotamento sanitário por número de residências Natividade-RJ

Forma de esgotamento sanitário	Urbano(qtd)	Rural(qtd)	Somatório
Rede Geral de Esgoto ou Pluvial	3.213	303	3516
Fossa Séptica	76	215	291
Fossa Rudimentar	53	198	251
Vala	247	299	546
Rio, Lago ou Mar	239	76	315
Outro Escoadouro	5	29	34
Não tinham	4	6	10
<b>Total</b>	<b>3.837</b>	<b>1.126</b>	<b>4963</b>

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2010)

Observa-se que o somatório de tratamento via fossa séptica ou fossa rudimentar dividido pelo total da rede de esgoto coletado ou pluvial, resulta em aproximadamente apenas 15,4% do total de residências com “esgoto tratado”. Por outro lado, o somatório de tratamentos por fossa, vala, outros escoadouros ou descarte direto para o rio, em relação ao total da rede geral de esgoto, resulta em 40,87%, valor próximo ao informado via SNIS para o esgoto tratado. Esses valores destoam, entretanto, do fato de o município sequer dispor de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), e por isso, essas informações precisam ser adequadamente tratadas e discutidas, garantindo dados fiéis a fim de adequar as políticas públicas que tem por efeito destinar recursos a questão demandada. Logo, um adequado gerenciamento das informações deve ser o ponto de partida para uma solução efetiva e correta universalização do esgotamento para os munícipes.

#### 5.4. Levantamento de Campo em novembro de 2022

O levantamento de campo consistiu na investigação ao longo do leito do Rio Carangola, em todo o trecho urbano do primeiro distrito, tomando fotos em grandes pontos de descarte dos bairros, como também das residências unifamiliares, fotos expostas na Tabela 5, contemplando um total de seis pontos. O mapa da região urbana do primeiro distrito com todos os pontos de descarte fotografados, residências que lançam esgoto sanitário diretamente no corpo hídrico, além dos locais de coleta de água para tratamento e distribuição de água potável estão apontados na Figura 8.



Figura 8. Mapa da região do distrito-sede com os pontos de descarte fotografados

Fonte: Adaptado do Google Earth (2023)

Verificou-se mediante a pesquisa de campo que mesmo em localidades onde há sistema de coleta de efluentes são comuns as ligações de esgoto sanitário das residências diretamente na rede pluvial ou lançamento *in natura* para o rio. E, a partir disso, percebe a necessidade da conscientização popular sobre o correto manejo e importância do adequado esgotamento sanitário para melhora dos índices de saúde local, e possibilidade de recuperação da saúde do corpo hídrico que pode também viabilizar abertura de iniciativas para o turismo ecológico. Deve-se frisar também que uma intensificação da fiscalização, por parte da concessionária, e estabelecimento de penalizações para os que não cumprirem com as diretrizes além de prover a Lei Orgânica Municipal e seu código de obras de instrumentos que obriguem novos projetos a cumprirem com as políticas estabelecidas para o esgotamento sanitário são ferramentas necessárias para a busca pela adequação. Somado a isso, relatos de moradores sobre as condições atuais de descarte e sobre os impactos durante os períodos de elevados índices pluviométricos também foram levados em conta. A Tabela 5 traz as fotos do levantamento realizado em campo.



Tabela 5 - Fotos registradas durante levantamento de campo no município de Natividade/RJ, para o diagnóstico do esgotamento sanitário

<p><b>Ponto 01:</b> Descarte do Bairro ilha, todo o esgoto coletado está aparentemente interligado a rede de drenagem pluvial e uma vez canalizado, transpassa por via subterrânea o asfalto da RJ-220, e é lançado diretamente no após a entrada da cidade.</p>	<p><b>Ponto 02:</b> Tubulação na direção do Hospital Municipal de Natividade, único da cidade segue em direção ao Rio Carangola. Não há como afirmar que está sendo lançada diretamente no rio, porém é visível que há um vazamento nesta tubulação permitindo que todo o fluido ali passante escorra pela margem do corpo hídrico.</p>
 <p>Rio Carangola</p> <p>Descarte de Efluentes bairro Ilha</p> <p>01</p>	 <p>Rio Carangola</p> <p>02</p>
<p><b>Ponto 03:</b> Vistas da passarela entre os Bairros Pito e Popular Velha. É nítido que a vasta maioria das residências a beira-rio lança os dejetos diretamente no rio</p>	
 <p>03</p>	 <p>03</p>
<p><b>Ponto 04 (a):</b> Saída da boca de lobo do Esgoto do bairro Morro da Formiga. É possível observar alto fluxo de efluentes em dia de pleno sol, imediatamente a frente Posto de saúde municipal. Há que se pontuar que esta região em específico é frequentemente afetada por enchentes ainda que os índices pluviométricos não sejam extraordinariamente elevados, fato que traz ainda mais preocupação haja visto a grande proximidade com a boca de lobo que esgota um dos bairros mais populosos do município.</p>	
<p><b>Ponto 04(b):</b> Saída da tubulação da rede de coleta pluvial/ esgoto do Morro da Formiga seguindo diretamente para o rio. Foto tirada da margem oposta no campo do Natividade Atlético Clube (NAC).</p>	



**Ponto 5:** Tubulação da adutora de água que abastece a estação de tratamento e abastecimento de água municipal. É possível observar imediatamente ao lado do ponto de coleta de água uma residência lançando o esgoto *in natura* no rio. Em vermelho os pontos de descarte residencial e em azul a linha de coleta da estação de elevação.



**Ponto 6:** Tubulação de coleta pluvial/ esgoto, advindo dos bairros Liberdade e Corte. É possível verificar o contínuo descarte de esgoto em grande volume que segue por uma vala até atingir poucos metros diante o Rio Carangola.



Fonte: Autora (2023)



## **6. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Para o adequado dimensionamento do sistema de tratamento faz-se necessário mapear a rede coletora atual e distinguir os diferentes tipos de sistema de coleta atualmente instalados no município. Além disto, para este dimensionamento foi preciso lançar mão do contingente populacional atual e estimar a projeção de crescimento baseado em parâmetros da literatura a fim de certificar que o projeto sugerido atenda a cidade ainda que no futuro. Deve-se eleger um alcance de projeto que considere que a obra pode demorar em função de dificuldades de projeto, aprovação e implementação e este alcance deve também ser suficiente objetivando minimizar obras de expansão, melhoria ou manutenção precoce. Segundo Von Sperling (2014) 25 à 30 anos é um prazo médio e razoável para alcances de projetos de redes de esgotamento sanitário. Os modelos matemáticos propostos para a projeção, premissas, dados de entrada e cálculos são mostrados a seguir.

### **6.1. Projeção da população**

O alcance deste projeto foi determinado em 2050, logo foi estimada a população para o ano 2050 considerando os métodos aritmético, geométrico e tendência de crescimento demográfico, que são aqueles aplicáveis ao objeto de estudo e posteriormente foi avaliada a discrepância entre as projeções para a escolha. A partir dos dados dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010 do IBGE concernentes ao município de Natividade-RJ, foi possível determinar a população total e urbana para cada um dos censos apontados. De igual forma, mas apenas para o censo 2010 foi possível, de posse dos dados de setores censitários do IBGE determinar exatamente a população abrangida no escopo deste projeto. Os dados do IBGE para a população de Natividade-RJ relativas ao censo 2022, apontam apenas a população total.

A seguir são apresentados os dados dos censos de 1991, 2000, 2010 e 2022, além dos percentuais das populações urbana, rural e população calculada nos limites deste estudo, relativo ao censo de 2010 (Tabela 6).

Tabela 6. Distribuição da população de Natividade-RJ

Censo	População	Urbana	Rural	Estudo	% (urbana/ total)	% (estudo/ total)	% (estudo/ urbana)
2022	15074	---	---	---	---	---	---
2010	15082	12046	3036	8877	80%	59%	74%
2000	15125	11741	3384	---	78%	---	---
1991	21765	12136	9629	---	56%	---	---

Fonte: Adaptado dos Censos IBGE 1991, 2000, 2010 e 2022

Pela observação direta da Tabela 6 verifica-se que a população de Natividade-RJ decai com o tempo tanto em sua totalidade como no trecho urbano, fato que explica a não utilização dos métodos da taxa de crescimento decrescente e o método da curva logística, que tem por premissa um crescimento populacional entre censos anteriores.

A partir da aplicação dos métodos aritmético, geométrico e tendência do crescimento demográfico deve-se avaliar qual deles guarda menor discrepância com as estimativas do IBGE, a partir de cálculo de erro, entretanto como um dos 3 métodos é o próprio método utilizado pelo IBGE, conclui-se que neste método teremos erro zero, portanto, elencamos o método de tendência de crescimento demográfico como o mais adequado para estimar a população local no ano 2050. Na Tabela 7 são apresentadas as projeções populacionais para Natividade em 2050, segundo os 3 métodos antes mencionados sendo que as duas últimas linhas são as estimativas da população abarcada no presente estudo aplicando os percentuais de concentração de população obtidos na Tabela 6 sobre as projeções para cada método.

Tabela 7. Projeções da População de Natividade/RJ para 2050.

População 2050	Método Aritmético	Método Geométrico	Método Aibi (IBGE)
Total	14910	15254	15023
Urbana	13266	10871	12121
Est 1 pop Estudo	8775,764	8978,2362	8842,2736
Est 2 pop Estudo	9776,049	8011,113	8932,2694

Fonte: Autora (2023)

Em Est 1 pop Estudo, aplicou-se o percentual de 59% (percentual da população abarcada na área estudada sobre a população total do município), sobre os valores

de população projetada totais de 2050. E em Est 2 pop Estudo, aplicou-se o percentual de 74% (percentual da população abarcada na área estudada sobre a população urbana do município), sobre os valores de população projetada urbana de 2050.

Como os valores estimados por todas as técnicas apresentadas variam pouco entre si, tomamos como valor de população projetada no trecho estudado para o ano 2050, o total de 9000 habitantes, que é o valor aproximado entre os resultados de todas as estimativas. Este valor será, portanto, a população final de plano.

Já a população de início de plano será de 8872 habitantes, que foi obtida pela simples multiplicação da população total do município extraída do censo 2022 multiplicada pelo percentual de ocupação do trecho estudado, de 59% (população do estudo/ população total 2010) obtido na Tabela 6.

## **6.2. Utilização do software CEsg como ferramenta de dimensionamento**

Segundo o manual do CEsg, é um software gratuito que possui um Sistema Automático de Cálculo de Redes de Esgoto Sanitário e gera o dimensionamento de redes de esgotamento sanitário urbano, bem como seu traçado mapeado. Este software desenvolvido no Sistema Operacional Windows, gera o dimensionamento de acordo com os padrões estabelecidos pelas normas técnicas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas:

- NBR - 9648 - Estudo de Concepção de Esgoto Sanitário e
- NBR - 9649 - Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário.

Além de realizar o traçado da rede, o CEsg possibilita a criação de perfis hidráulicos e disponibiliza planilhas de resultados. Desenvolvido pela FCTH – Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica para Tubos e Conexões Tigre Ltda o CEsg é muito utilizado em projetos de ligações prediais a rede coletora e nas universidades como a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Universidade de São Paulo (USP) para fins didáticos.

### **6.3. Delimitação de área atendida no projeto**

Este projeto se destina a área urbana do município de Natividade/RJ. Não foram localizados junto a prefeitura mapas que apresentassem as curvas de nível para toda a região urbana ou que demonstrassem o traçado da rede coletora do sistema unitário atualmente instalado, dessa forma esse projeto parte do princípio de projetar toda a rede coletora do zero desconsiderando a rede atual instalada que deverá futuramente ser revertida para uma rede de coleta pluvial somente. O mapa com as curvas de nível da cidade e traçado das ruas do trecho urbano de Natividade foi obtido a partir do site da ANA, Agência Nacional das Águas (Estudos auxiliares para a gestão de risco de inundações), que disponibiliza a restituição aerofotogramétrica na escala de 1:10.000, com curvas de nível de 5 em 5 metros e pontos cotados e as ortofotocartas. Entretanto este mapa não contempla os bairros de Cantinho do Fiorelo, Popular Nova e Corte (ANA, 2012). A Figura 9 demonstra a região contemplada no estudo e explicita os bairros que não foram incluídos no projeto de rede coletora. Em azul pode-se verificar a área abarcada pelo estudo e em vermelho as regiões não incluídas. A área total abrangida pelo projeto corresponde a 5205 m<sup>2</sup> abarca cerca de 80% de toda a população urbana e tem cerca de 3300 residências permanentes construídas.

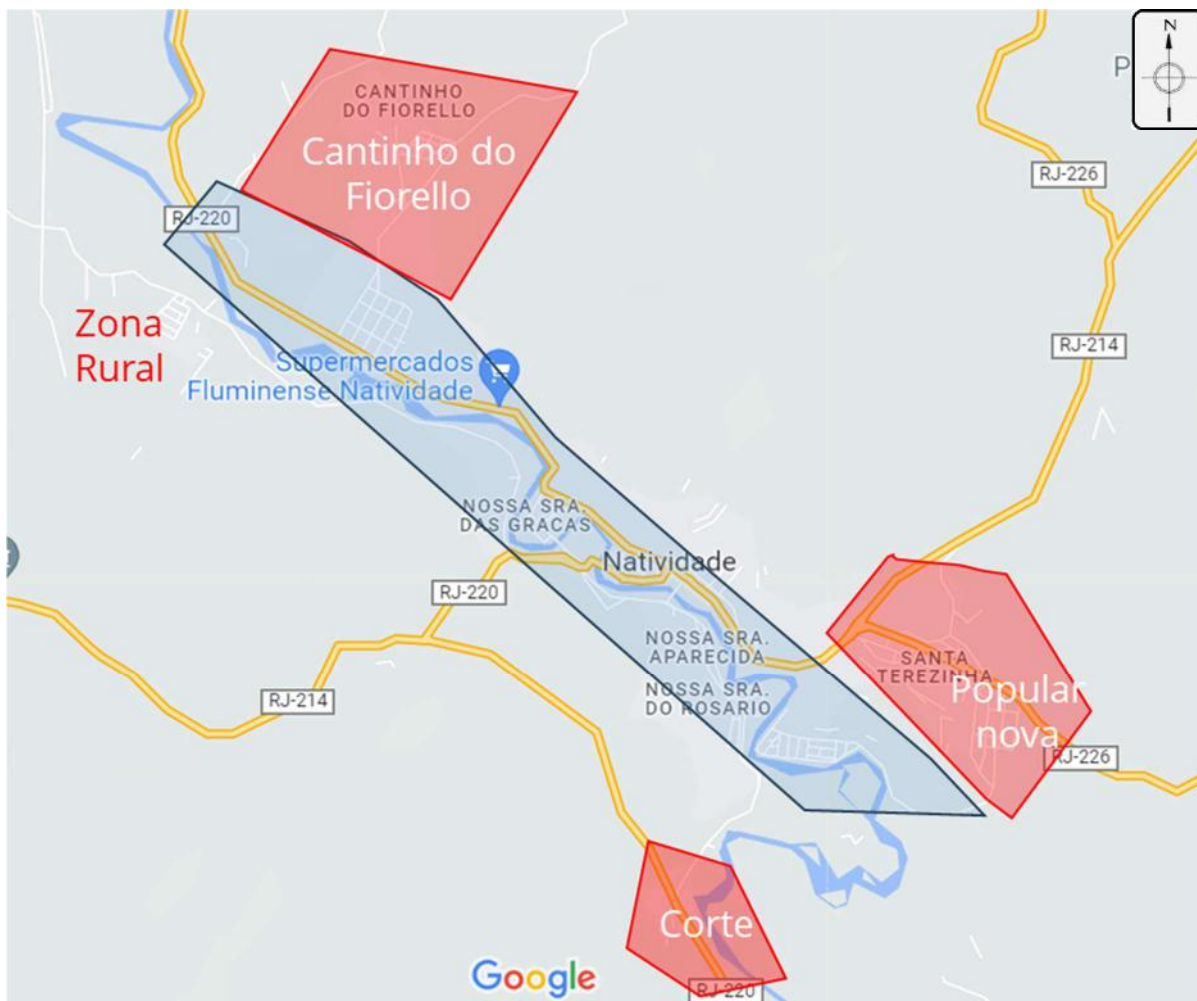


Figura 9 - Região contemplada no projeto e áreas não incluídas

Fonte: Adaptado do Google Earth (2023)

## 6.4. Dimensionamento da rede coletora e dados de entrada no software CEsg

### 6.4.1. Dados de entrada inseridos pelo usuário

Primeiramente, foram inseridos os parâmetros de projeto referentes às etapas de início e fim de plano e os dados gerais de cálculo. Estes parâmetros são utilizados no cálculo da vazão de contribuição nos diversos trechos da rede, são necessários os dados de consumo (Figura 10) e os dados gerais (Figura 11).

Figura 10. Dados de consumo do software CEsg.

Fonte: Autora (2023)

**População (hab):** deve ser informada a população em número de habitantes a ser servida pelo sistema. Para a população início de plano obtemos 8872 habitantes, que equivale a 58,85% da população total do município no censo de 2022, que é o percentual de habitantes da região estudada frente ao total pelo censo de 2010. Para a população final de plano foi adotado o valor de 9000 habitantes próximo a projeção AiBi calculada e que ainda garante uma folga de projeto.

**Consumo efetivo per capita (l/hab.dia):** é o consumo de água efetivo por habitante. Para o consumo per capita de água estabeleceu-se o valor de 150 l/hab.dia seguindo a Tabela 8. Consumo per capita de água de Von Sperling (1996), onde adotou-se uma média aritmética utilizando os valores fornecidos para uma cidade com população entre 10.000 e 50.000 habitantes.

Tabela 8. Consumo per capita de água

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

Fonte: Von Sperling (1996)

**Coeficientes:** de acordo com a norma ABNT NBR 9649 (1986), k1, Coeficiente de máxima vazão diária é 1,2; k2, Coeficiente de máxima vazão horária é 1,5 e C, Coeficiente de retorno é 0,8.

Condições de Cálculo	
Vazão Mínima (l/s):	1.50
Diâmetro Mínimo (mm):	150
Taxa de Infiltração (l/s/km):	0.05
Recobrimento Mínimo (m):	1.00
Profundidade Máxima (m):	4.50
<input type="checkbox"/> Numeração automática de nós e trechos	
Tensão Trativa Mínima (Pa):	1.0
Velocidade Máxima (m/s):	5.00
Alt. de Degrau Mínima (cm):	5
Alt. de Degrau Máxima (cm):	50
Declividade Mínima Construtiva (m/m):	0.0005

Figura 11. Dados gerais de entrada do software CEsg

Fonte: Autora (2023)

**Vazão mínima (l/s):** Descarga mínima de dimensionamento do condutor. De acordo com a norma ABNT NBR 9649 (1986), a vazão mínima é de 1.5 l/s.

**Diâmetro mínimo (mm):** Valor mínimo a ser adotado durante o dimensionamento, definido em função da disponibilidade de materiais. De acordo com a norma ABNT NBR 9649 (1986), o diâmetro mínimo é de 150mm.

**Taxa de Infiltração (l/s/km):** Contribuição compulsória do lençol freático

A norma ABNT NBR 9649 (1986) determina a taxa de infiltração com variação de 0,05 a 1,0 l/s.km de acordo com o lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizado.

De acordo com Bruno e Tsutiya (1983), Coletores situados acima do lençol freático: 0,02 L/s.km; Coletores situados abaixo do lençol freático: 0,10 L/s.km. E segundo Comparini e Sobrinho (1992, apud Hanai et al., 1997), para cidades de pequeno porte, ou seja, pequenas extensões de coletores, redes acima do lençol freático, recomenda-se a utilização do valor mínimo sugerido pela ABNT NBR 9649 (1986), de 0,05 L/s.km. Logo, a taxa de infiltração é um dado de entrada no software CEsg.

**Recobrimento Mínimo (m):** Valor mínimo a ser utilizado no dimensionamento. De acordo com a norma ABNT NBR 9649 (1986), item 5.2.8, o recobrimento não deve ser inferior a 0,90 m para coletor assentado no leito da via de tráfego. Portanto, adotado 1,0 m, dentro do range.

**Profundidade Máxima (m):** Valor máximo a ser utilizado no dimensionamento. Para dado de entrada foi usado profundidade de 4,5 m devido às limitações do software CEsg. Segundo a norma ABNT NBR 9649 (1986), quando a profundidade for maior ou igual a 3,00 m, deve-se usar poço de visita. E obedecendo a ABNT NBR 12266 (1992) para profundidade das valas, desde que seção seja retangular, indicada para valas simples com até 1,30 m de profundidade ou para valas mais profundas, desde que convenientemente escoradas. Assim optou-se por 4,5 m atendendo ao esperado e imposto pelas normas citadas que embora onere o projeto com maiores custos de escoramento reduzem o número de Estações Elevatórias no projeto que tem também elevado custo de implementação e custo recorrente de manutenção e operação.

**Tensão Trativa Mínima (Pa):** Parâmetro de dimensionamento mínimo a ser assumido para garantir a autolimpeza da rede. Conforme a norma ABNT NBR 9649 (1986), cada trecho deve ser verificado pelo critério de tensão trativa média de valor mínimo  $\sigma_t = 1,0$  Pa.

**Declividade mínima construtiva:** representa o valor mínimo de declividade que pode ser executado em obra, dependendo da precisão dos métodos construtivos e equipamentos utilizados. Este valor será imposto no cálculo somente se a declividade calculada for menor que a declividade mínima construtiva.

Apontado pela norma ABNT NBR 9649 (1986):

A declividade:

$$I_0 = 0,0055 * Q_i^{-0,47} \quad \text{Equação 20}$$

$I_0$  = declividade calculada

Para tanto, é necessário calcular a vazão  $Q_i$  (vazão de projeto de início do plano) conforme ABNT NBR 9649 (1986) para inserir como dado de entrada no software CEsg. Desta forma, são determinadas as vazões de início de plano e final de plano, segundo as equações 21 e 22.



$$Q_{di} = \frac{P_i * C * q * k_2}{86400} + T_{xinf}$$

Equação 21

$$Q_{df} = \frac{P_f * C * q * k_1 * k_2}{86400} + T_{xinf}$$

Equação 22

Onde:

$Q_{di}$  = vazão de início do plano = 18,53333 l/s

$Q_{df}$  = Vazão de final do plano = 22,55 l/s

C = coeficiente de retorno = 0,8

q = consumo de água efetivo per capita = 150 l/hab\*dia

$P_i$  = População inicial = 8872 habitantes

$P_f$  = população final = 9000 habitantes

$K_1$  = coeficiente de máxima vazão diária = 1,2

$K_2$  = coeficiente de máxima vazão horária = 1,5

$T_{xinf}$  = Taxa de infiltração = 0,05 l/s/km

Resultando em  $I_0 = 0,001395$

Como a declividade mínima calculada é 0,001395, maior que a declividade construtiva, então deve-se adotar a declividade mínima construtiva de 0,0005.

#### **6.4.2. Dados de entrada fornecidos (default) pelo software CEsg**

**Velocidade Máxima (m/s):** admitida em função da resistência do material do coletor;

**Altura de Degrau Mínima (m):** adotada para inclusão de um degrau para redução da declividade do coletor.

**Altura de Degrau Máxima (m):** adotada em função das características e resistência do material do coletor. Confirma o valor limite para a não utilização de tubo de queda.

### 6.4.3. Critérios de cálculo

**Método de Cálculo:** Permite que seja escolhido o método de cálculo a ser utilizado no dimensionamento: no método de Manning, o coeficiente de descarga é calculado segundo o número de Manning, fornecido para cada material de tubo constante no banco de dados; no método universal, o coeficiente de descarga é calculado a partir da rugosidade equivalente  $k$ , fornecida para cada material de tubo constante no banco de dados. Foi selecionado o método Manning conforme Figura 12 para fins de cumprimento de parâmetros de dados de entrada da norma ABNT NBR 9649 (1986).

**Ajuste de Rugosidade pela velocidade:** Por este critério, a rugosidade da tubulação é estimada a partir da velocidade calculada no dimensionamento (Figura 13). A opção "Utiliza o valor do banco de dados" não está disponível na versão gratuita do CEsg.

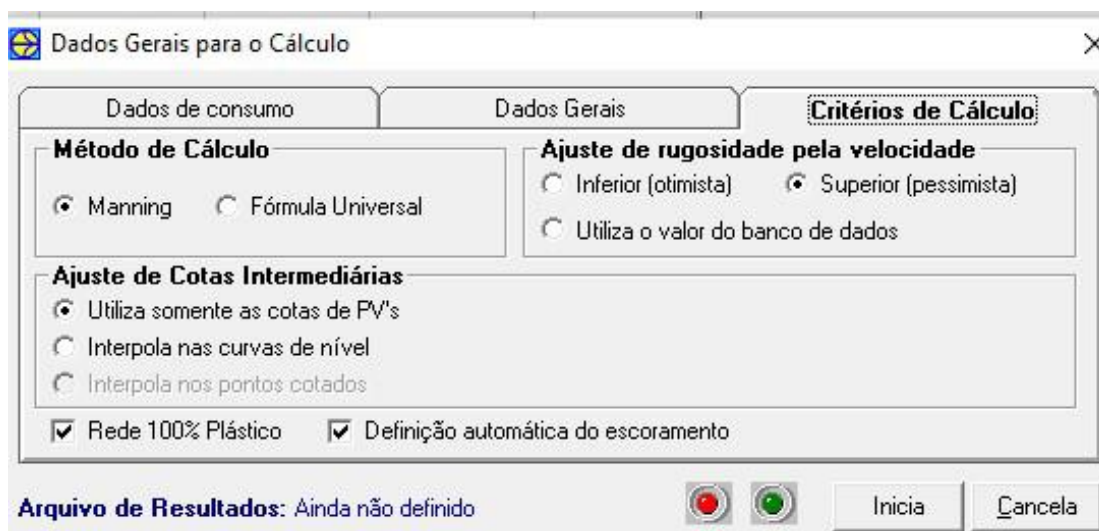


Figura 12. Critérios de cálculo do software CEsg

Fonte: Autora (2023)

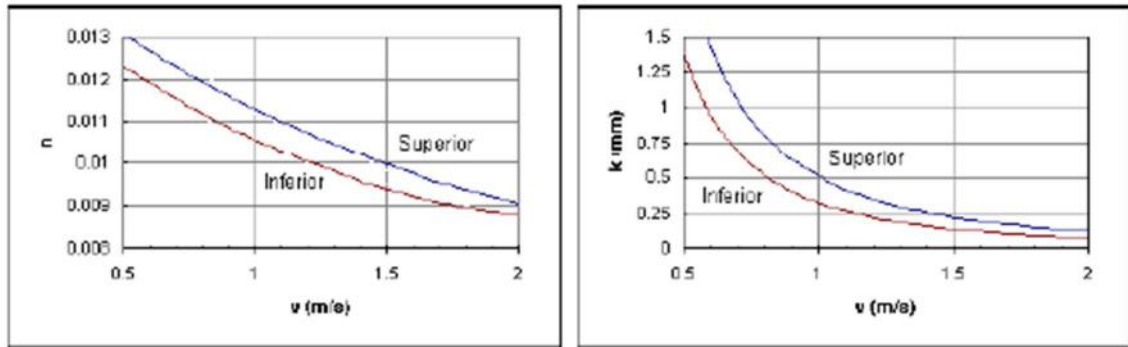


Figura 13. Rugosidade a partir da velocidade

Fonte: Manual CEsg (FCTH, 2022)

**Ajuste de Cotas Intermediárias:** Nesta opção, define-se qual critério será adotado para o cálculo de cotas no dimensionamento dos coletores.

**Rede 100% plástico:** Se esta opção estiver selecionada, o dimensionamento da rede atribuirá automaticamente o Til radial rede de PVC para os PV's (poço de visita).

**Definição Automática do Escoramento:** Permite que o CEsg atribua a cada trecho o escoramento que satisfaça os critérios de profundidade mínima e máxima especificados no banco de dados do CEsg.

## 6.5. Traçado da rede coletora

A Figura 14 apresenta o mapa com o traçado das ruas e as curvas de nível inseridos no programa CEsg antes inserção dos trechos da rede coletora. Já na Figura 15 é possível analisar o traçado simulado da rede coletora, elaborado objetivando otimizar o projeto e minimizar a necessidade de estações elevatórias. Quando gerado o arquivo de resultados, é criada também uma planilha de observações com erros e pontos de atenção no projeto.

Os pontos mais importantes referem-se a situações em que trechos e nós alcançaram limites superiores a distância máxima entre nós e situações em que o limite de profundidade máxima da vala foi superado.

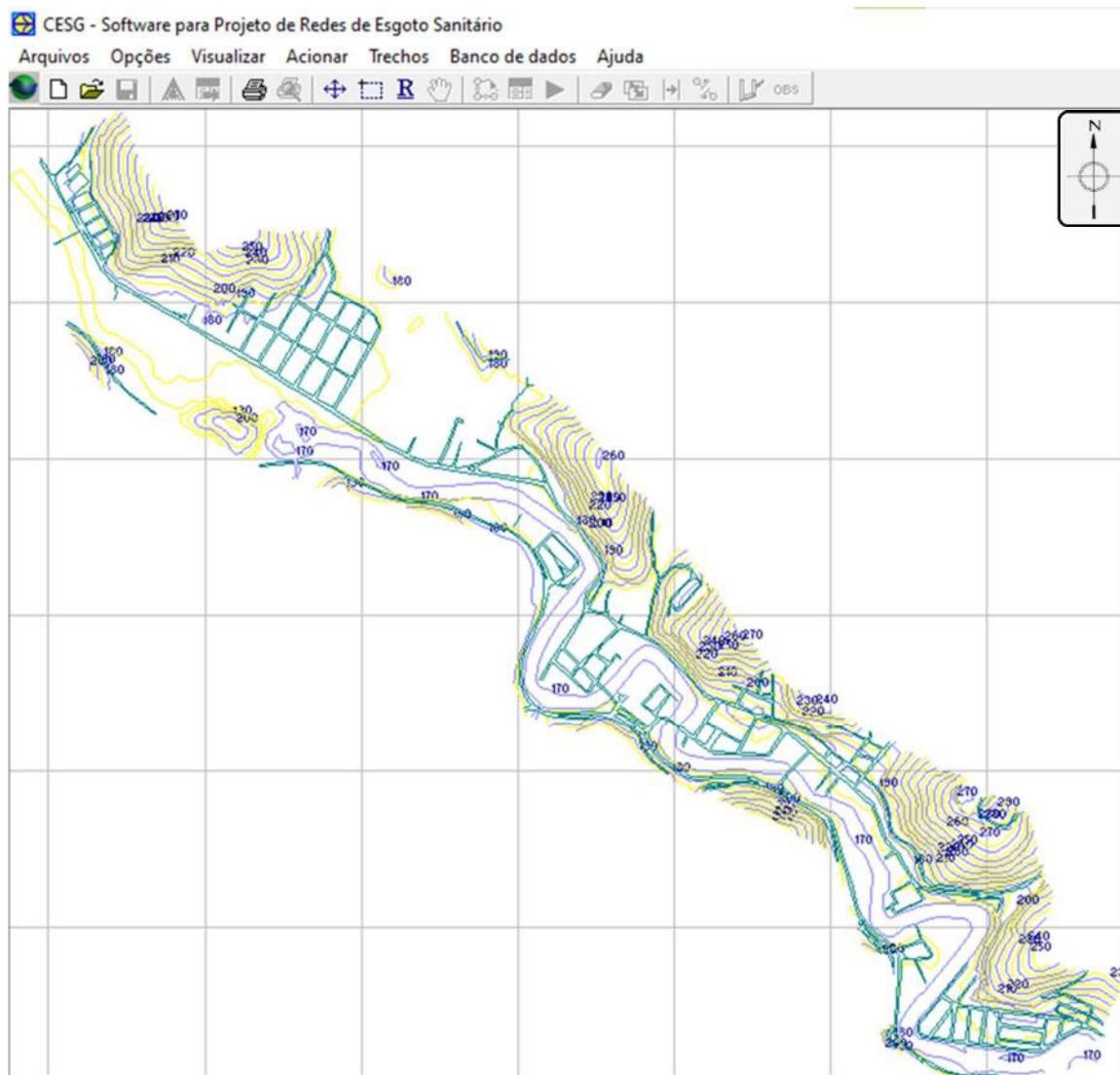


Figura 14 - Mapa com ruas e curvas de nível de Nível de Natividade -RJ

Fonte: ANA, 2012

Como o programa não disponibiliza ferramenta para o dimensionamento de estações elevatórias nas situações em que a profundidade máxima foi alcançada o último nó do trecho imediatamente a montante do ponto onde se alcançou tal profundidade máxima, foi cortado e renomeado para estação elevatória “i”, onde i denota o número sequencial das estações elevatórias.

Como resultado para contornar a profundidade máxima excedida e para vencer aclives no curso até a Estação de Tratamento de Esgoto, foram necessárias 11 estações elevatórias (EEE's).

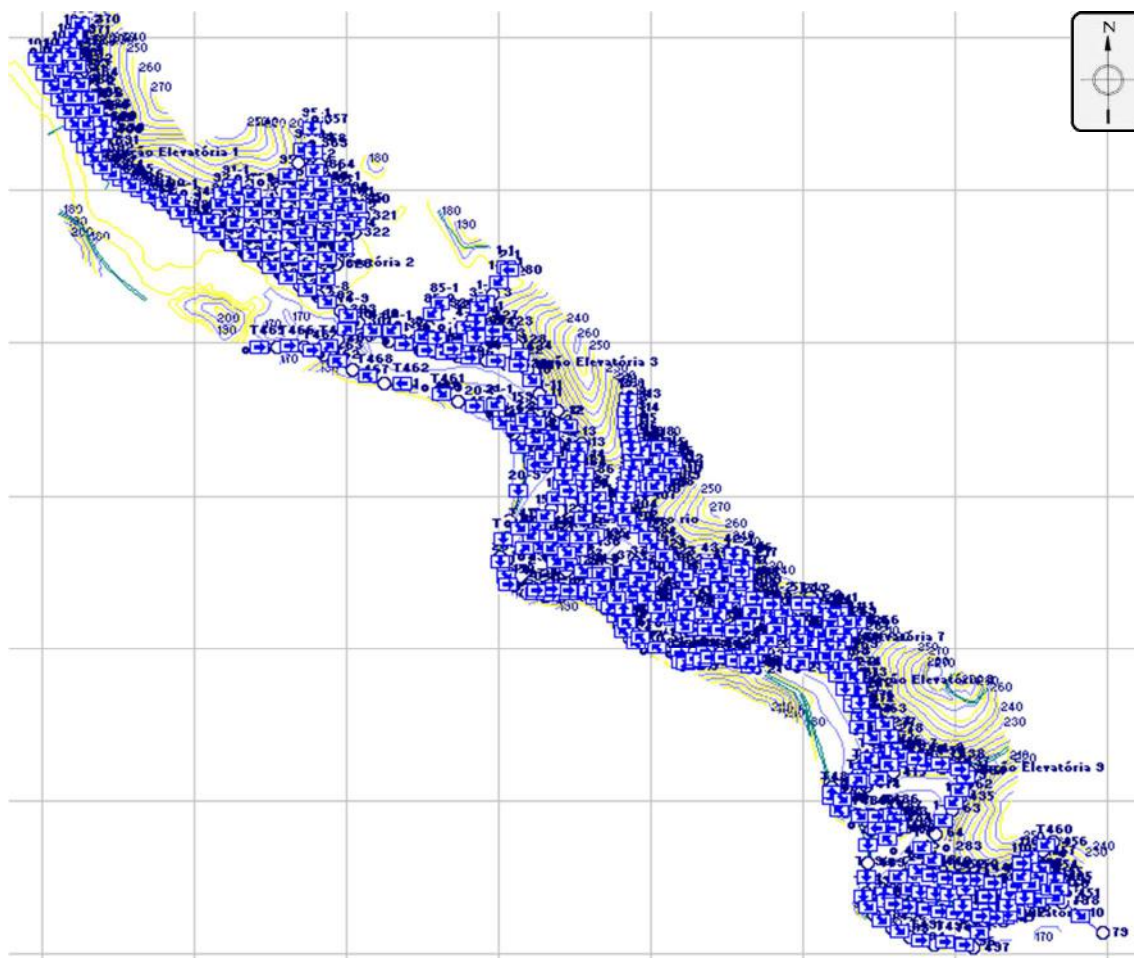


Figura 15. Traçado realizado no CEsq da área urbana de Natividade/RJ

Fonte: Autora (2023)

Os traçados da rede coletora em maior zoom, segmentados por bairros podem ser verificados nos anexos deste trabalho.

## 6.6. Resultados

Após o encerramento do cálculo, a análise e produção de dados resultantes do dimensionamento, bem como o envio destes para os aplicativos de desenho, planilhas eletrônicas e aplicativos gráficos, podem ser feitos de forma integrada ao traçado e edição da rede. As opções adicionais relacionadas ao resultado do cálculo ficam ativadas na barra de botões da área de trabalho e na tela de edição com planilhas.

A Tabela 9 apresenta as quantidades de material e orçamento da rede coletora.

Tabela 9 - Planilha de Orçamento completa com valores de mercado.

Descrição	Qtd	Uni	Custo unitário	Custo Unitário	Custo Total	Fonte Custos
<b>Trechos:</b>			<b>Fornecimento</b>	<b>Assentamento</b>		
PVC vinilfort Tigre - NBR7362 - ø150	24076,3	m	R\$ 46,32	R\$ 37,05	2.007.241,13	lojamerccom.br
PVC vinilfort Tigre - NBR7362 - ø250	568,5	m	R\$ 119,82	R\$ 37,05	89.180,60	lojamerccom.br
PVC vinilfort Tigre - NBR7362 - ø300	253,8	m	R\$ 189,48	R\$ 37,05	57.495,01	lojamerccom.br
<b>Total de 25 km de linhas de coleta</b>						
<b>Poços de Visita e similares:</b>						
Poço de Visita(PV)	255	un	R\$ 2.760,00	R\$ 88,93	726.476,64	lojamerccom.br
PV com tubo de queda (TQ)	84	un	R\$ 955,07	R\$ 88,93	87.695,83	lojamerccom.br
Comprimento dos Tubos de queda:	211,1	m				
<b>Total de 339 PVs</b>						
<b>Reconstituição de Pavimentos:</b>			<b>Retirada</b>	<b>Colocação</b>		
Sem revestimento	19927,4	m²	R\$ 31,72	R\$ 31,72	1.263.994,98	Default CESG
<b>Escoramento:</b>						
Contínuo	9661,5	m²		10,77	85550,94	Default CESG
Descontínuo	8096,7	m²		7,12	67369,16	Default CESG
Especial	7128,6	m²		22,24	175.969,40	Default CESG
Metálico e Madeira	41171,3	m²		51,61	2063902,00	Default CESG
Pontalete	69468,9	m²		2,78	191942,70	Default CESG
Sem escoramento	23685	m²		0,00	0,00	Default CESG
<b>Acessórios:</b>						
Curva PVC 90° diam. 150 mm:	122	un	R\$ 97,90	0,00	11.943,80	lojamerccom.br
Tampao PVC diam. 150 mm:	122	un	R\$ 39,90	0,00	4.867,80	lojamerccom.br
<b>Total:</b>					<b>R\$ 6.833.629,99</b>	
Custos unitários estimados a partir de busca na internet fornecedor www.lojamerccom.br em 03/07/2023 e dados default do programa CESG atualizados para 2022.						

Fonte: Autora (2023)

Os valores dos materiais e insumos foram imputados na planilha a partir de pesquisa do preço médio dos materiais na internet e dados *default* do programa CEsg.

Como pode-se verificar a partir da Tabela 9 foram dimensionados aproximadamente 25km de tubulação para a rede coletora de esgotamento sanitário, 339 PVs, além de um custo de escoramento que supera R\$ 2.000.000,00, isso pois, admitiu-se nesse projeto que não existe rede prévia instalada, partindo portanto o projeto do zero, e ainda uma profundidade de vala máxima de 4,5m que requer mais investimento em escoramento mas que permitiu minimizar o número de EEEs a serem implementadas reduzindo desta forma os custos de implementação destas EEE bem como os custos gerais de manutenção e operação das mesmas.

### **6.7. Estações Elevatórias**

A instalação de estações elevatórias de esgoto (EEE) são utilizadas quando o esgotamento por gravidade é tecnicamente e economicamente inviável. Logo, faz-se necessário bombear o fluxo de esgoto para uma cota mais elevada (ALEM SOBRINHO & TSUTIYA, 1999). As estações elevatórias devem ser projetadas especificamente para o projeto em que se insere, a fim de minimizar os custos de construção e de equipamentos, sem perder a eficiência requerida. A ABNT NBR 12208 (1992) dispõe das exigências que devem ser levadas em consideração no projeto das estações de bombeamento de esgoto. Destaca-se que devem ser instalados no mínimo dois conjuntos elevatórios, para que operem em rodízio, um em funcionamento, e outro como reserva (AZEVEDO NETTO & FERNÁNDEZ, 2015; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

Quanto ao valor da estação elevatória de esgotos (EEE), este foi estimado a partir da metodologia proposta por Pacheco (2011), o qual caracterizou uma linha de tendência que melhor representava os custos das estações elevatórias de esgoto com altura manométrica até 15 m.c.a e vazões entre 0 e 40 L/s. O custo por ser estimado de acordo com a equação 23.

$$y = 98.000 * \ln(x) + 250.000$$

Equação 23

Onde:

y: custo da EEE [R\$];

x: vazão [L/s].

Vale ressaltar que o custo obtido teve como base orçamentária o mês de maio de 2011 e, portanto, deve ser corrigido para o período atual.

Desta forma, para cada uma das estações elevatórias previstas e da vazão requisitada individualmente é possível estimar os custos. Logo, aplicando as vazões estimadas para cada uma das 11 EEEs dimensionadas na simulação do CEsg, na

Equação 23, foi possível estimar o custo unitário e posteriormente obter o total de custo estimado para as EEEs (Tabela 10).

Tabela 10 - EEE apontadas no traçado gerado no CEsg.

(Pv ini)/ (PV fim)	Q montante (l/s) ini/fim	Q jusante (l/s) ini/fim	Altura manométrica	Custo Estimado
EEE 1	1,027	1,135	4,406	R\$ 262.410,00
EEE 2	3,561	3,881	3,454	R\$ 382.897,10
EEE 3	6,779	6,888	3,49	R\$ 439.118,52
EEE 4	21,721	21,966	5,49	R\$ 552.770,59
EEE 5	1,673	1,819	1,15	R\$ 308.632,12
EEE 6	2,193	2,286	3,156	R\$ 331.026,75
EEE 7	27,948	28,09	5,81	R\$ 576.870,54
EEE 8	15,696	15,754	4,408	R\$ 520.195,24
EEE 9	1,943	2,128	5,015	R\$ 324.007,89
EEE 10	2,161	2,415	3,813	R\$ 336.406,53
EEE 11	13,755	13,901	4,158	R\$ 507.932,16
Total do custo estimado para EEE's -->				R\$ 4.542.267,43

Fonte: Autora (2023)

Dado que o trabalho de Pacheco (2011) que é referência para o cálculo de custos das EEEs foi elaborado em 2011, faz-se necessário corrigir o valor destas estações desde 2011 até 2023 a fim de obtermos uma estimativa real de custos. Para tanto, sobre o valor encontrado será aplicado a taxa acumulada do IPOPOP (Índice de Preços de Obras Públicas) da FIPE (Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas), que é o mais comumente aplicado a reajuste orçamentário de obras públicas.



O IPOP acumulado de agosto/2011 (dada da publicação de Pacheco, 2011) até fevereiro/2023 (último dado disponível no site da FIPE), foi de 121,55%. Aplicando este índice (121,55%) sobre o total do custo estimado para as EEEs (R\$ 4.542.267,43) obtemos o valor de R\$ 10.063.393,48. Que é o valor atualizado para o custo total das 11 EEEs a serem implementadas em Natividade-RJ.

### **6.8. Total Estimado de custos Rede coletora + EEEs**

O total estimado por este projeto para a rede coletora e EEEs atualizado para o ano de 2023, são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Custos do projeto

<b>Item</b>	<b>Custos</b>
Rede coletora	R\$ 6.833.629,99
EEEs	R\$ 10.063.393,48
<b>Total</b>	<b>R\$ 16.897.023,47</b>

Fonte: Autora (2023)

### **6.9. Sugestão de localização para instalação da ETE**

Recomenda-se observando a topografia local que esta ETE seja preferencialmente instalada a jusante da região urbana, em terreno próximo ao leito do rio Carangola, o que reduzirá os esforços necessários para levar os dejetos e, também facilitará a devolução do efluente tratado desde a ETE até o rio Carangola. A Figura 16, sugere a localização para a instalação da ETE na qual pode ser observado o local para a potencial ETE na região a jusante da cidade cerca de 1km após o bairro Corte (último bairro do trecho urbano), em um ponto de topografia mais baixa, e onde uma cadeia de montanhas formaria uma cortina natural contra odores advindos da estação.

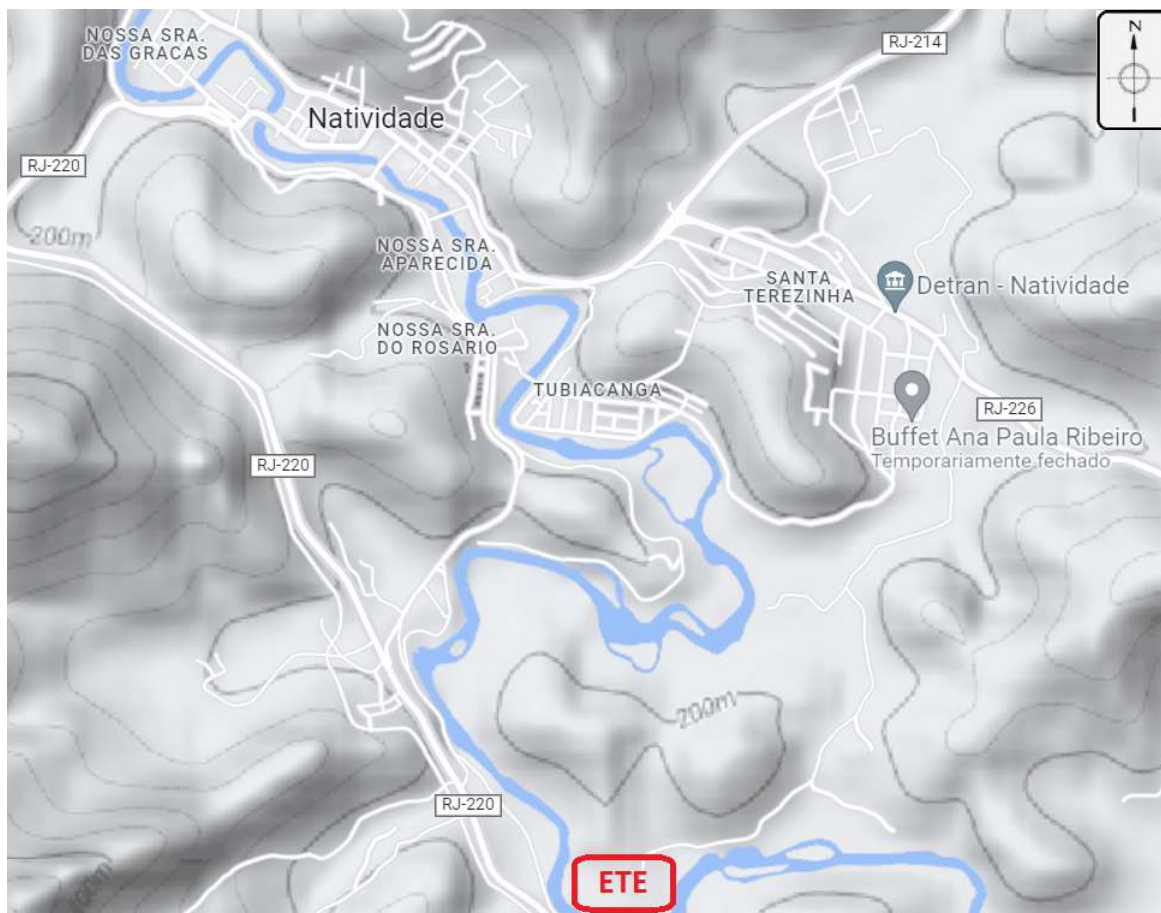


Figura 16 - Localização sugerida para a instalação da ETE

Fonte: Adaptado do Google Earth (2023)

## 7. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DESTE ESTUDO DE CASO EM RELAÇÃO AO PMSB

O produto 8 do PMSB do município de Natividade traz os custos de implementação do sistema de esgotamento sanitário exibidos na Figura 17.

Programa Municipal de Ações Estruturais			
Ações	Prazo	Investimento	
		Total	
E7 – Projeto de sistema de esgotamento sanitário para Sede e Distritos de Natividade	Imediato	R\$	150.000,00
<b>E8 - Adequação das redes de esgotamento sanitário no 1º Distrito-Sede</b>	Curto	R\$	<b>7.709.668,63</b>
E9 - Implantação de sistema adequado de tratamento para o esgoto sanitário no 1º Distrito-Sede	Curto	R\$	4.052.475,05
E10 - Implantação de sistema coletivo de coleta e tratamento de esgoto sanitário nos distritos de Ourânia e Bom Jesus do Querendo	Curto	R\$	2.146.011,61
E11 – Implantação de sistemas individuais de fossas sépticas na zona rural	Imediato, Curto, Médio e Longo	Rio Rural	
E12 - Disposição adequada do lodo gerado pelo sistema de esgotamento sanitário	Médio e Longo	R\$	569.766,43
<b>TOTAL</b>		R\$	<b>14.627.921,72</b>

Figura 17 - Resumo das ações do Programa de Ações Estruturais

Fonte: Produto 8 do PMSB Natividade (2014)

No PMSB, A ação E8 – Adequação das redes de esgotamento sanitário no 1º Distrito-sede - totaliza o valor de R\$ 7.709.668,63. Cabe lembrar que o PMSB aqui avaliado foi elaborado no ano de 2014, logo este valor também deve ser corrigido para o valor presente aplicado o IPOP acumulado desde 2014 até hoje de modo a permitir uma comparação adequada entre a estimativa final deste projeto e o próprio PMSB.

O índice IPOP acumulado de 2014 a 2023 é de 80,31%. Essa taxa aplicada sobre o montante de R\$ 7.709.668,63 previsto no PMSB resulta em R\$ 13.899.499,27.

Ressalta-se, entretanto que o PMSB fora dimensionado para todo o distrito sede, ao passo que este projeto abarcou apenas 80% da população estimada na parte urbana da cidade. A Tabela 12 traz o comparativo entre as estimativas de custo para rede coletora e EEEs deste projeto e do PMSB.

Tabela 12 - Comparativo custos projeto x PMSB

	Custos
Projeto Autora (2023)	R\$ 16.897.023,47
PMSB atualizado para 2023	R\$ 13.899.499,27

Fonte: Autora (2023)

Aqui pode-se constatar que o valor estimado total para o projeto de rede coletora de esgoto sanitário e Estações Elevatórias de esgoto, fica cerca de R\$ 3.000.00,00 superior ao valor calculado no PMSB corrigido para 2023, com a ressalva de que o projeto aqui considerado não abarca toda a população do distrito-sede devido a limitação de dados de entrada. Há que se frisar ainda que o PMSB produto 8 considera o consumo de água per capita de 207,5 L/hab.dia, diferente dos 150 l/hab. dia adotados neste projeto.

A taxa de infiltração usado no PMSB produto 5 é de 15% da vazão de esgoto gerado. A taxa de infiltração adotada no projeto é de 0,05 l/s/km.

O crescimento populacional no PMSB abrange até o ano de 2034 (20 anos de projeção, pois o PMSB é de 2014), sendo que o ano base dos censos é 2000 e 2010.

O alcance da projeção populacional deste projeto é maior, 2050 (27 anos). Apesar dessas projeções serem em datas futuras distintas, o município de Natividade/RJ é uma cidade pequena, onde a taxa de crescimento é baixa, logo, os valores populacionais de projeções em 2050 e em 2034 também são próximos.

Estas considerações são distintas, e a discrepância de valores para a implementação da rede sugere a necessidade de revisão do PMSB para que haja mais uma fonte para comparação e determinação da melhor solução para o município.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Durante a elaboração deste trabalho foi possível observar as grandes dificuldades que municípios de pequeno porte tem para implantar um sistema de esgotamento sanitário adequado. As prováveis causas que acarretam estas dificuldades de implantação do sistema sobretudo advêm da falta de recursos financeiros e da falta de equipe técnica e profissional para o correto diagnóstico, dimensionamento, elaboração e implantação do sistema.

É latente ainda a deficiência nos dados geográficos e estatísticos do município de Natividade-RJ, bem como plantas e levantamentos planialtimétricos da região. Na realização de um projeto executivo e conseqüente execução da obra, a falta de consistência destas informações além dos desafios ambientais, inevitavelmente, impactarão no custo final. Sugere-se que seja realizado o quanto antes possível, um trabalho de revisão de todo o PMSB e que seja realizado o acompanhamento e avaliação das metas de universalização do saneamento federais a luz da legislação vigente.

As dificuldades existentes expõem o quanto trabalhos como esse podem contribuir com a comunidade propondo soluções que objetivem o desenvolvimento social e o bem-estar geral e devem servir de estímulo para que mais estudos sejam desenvolvidos no meio acadêmico, buscando atender a demandas locais e de suma importância como o aqui explanado.

Por fim, apesar das dificuldades e dos custos, ressalta-se a importância da implantação de Sistema de Esgotamento Sanitário, tendo em vista os benefícios para a saúde, meio ambiente e incremento da qualidade de vida da população.

Assim, espera-se que o anteprojeto elaborado seja útil para o município de Natividade, e que o município possa, em conjunto com a companhia de saneamento responsável, implantar um sistema de esgotamento sanitário adequado e a infraestrutura básica de atendimento à população. Podendo servir como um trabalho comparativo para projetos de implementação de sistema de esgotamento sanitário em Natividade/RJ.

A cidade de Natividade-RJ ainda tem muito o que evoluir no quesito saneamento básico, em todas as 4 dimensões da disciplina, muito além do que é explanado neste trabalho que focou no sistema de esgotamento sanitário.

Apesar de questões sociais não serem o foco deste trabalho, foram embasados argumentos necessários para concluir que populações mais pobres não tem acesso ao saneamento adequado e questões de privatizações de setores essenciais a vida humana seja uma questão de grande discussão e relevância.

No levantamento de campo pode-se observar que é urgente a melhoria do depósito de lixo urbano municipal que até hoje se vale de técnicas de queima do lixo, como alternativa para reduzir o acúmulo de resíduos, tal técnica traz malefícios não somente ao meio ambiente como também as pessoas que habitam as regiões circunvizinhas, e atinge até regiões mais longínquas do município, a exemplo do bairro balneário, onde são percebidos em dias de queimadas de lixo a presença também de cinzas e fortes odores de fumaça por toda a zona urbana. É imperativo que políticas de saneamento básico sejam aplicadas para uma melhor qualidade de vida humana.

Com relação a coleta de águas pluviais, observa-se também que há muito a se fazer, principalmente no que tange a segregação da rede coletora de água pluvial e de esgoto, de modo a evitar que em dias de grandes volumes de chuva haja o extravasamento e conseqüente lançamento de esgoto sanitário sobre as ruas e residências.

Por fim, sugiro um trabalho que lance mão de dados de municípios de população próxima à deste estudo, abrangendo também outros estados a fim de possibilitar uma análise mais global do estado do saneamento básico nestas cidades e subsidiar a autarquia pública de informações mais consistentes que viabilizem a elaboração e posterior implementação de políticas específicas e com foco nestes cenários.

## 9. REFERÊNCIAS

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo - USP, 1999. 547p. ISBN:978-859-008-231-6.

ANA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Agência Nacional de águas e saneamento Básico – ANA. **ATLAS ESGOTO**. Brasília-DF, 2013. Disponível em < <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em 08/05/2023.

ANA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Agência Nacional de águas e saneamento Básico – ANA. **Estudos auxiliares para a gestão de risco de inundações**. Bacia do Rio Paraíba do Sul, Brasília, 2012. Disponível em <http://gripbsul.ana.gov.br/LevantamentoRSC-C01.html> Acesso em 14/05/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto**. Rio de Janeiro, 1986.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana**. Rio de Janeiro, 1992.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de Hidráulica**. 9ª edição. São Paulo: Blucher, 2015. ISBN: 978-85-212-0500-5.

BARROS, R. T. V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, v.2, 1995. 362p

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

BORJA, P. C. **Guia para a Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico**. Brasília, 2011. 2ª edição, 152p. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Módulo Específico: **Licenciamento Ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários**. Brasília, p. 7-33, 2009.

BRASIL, Presidência da República. Brasília. **Lei nº 11.445** de 05 de janeiro de 2007.; Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)> Acesso em 06/07/2023.

BRASIL, Presidência da República. Brasília. **Lei Nº 12.255**, de 15 de Junho de 2010. Disponível em < [http://portalbrasil.net/salariominimo\\_2010.htm](http://portalbrasil.net/salariominimo_2010.htm) > Acesso em 20/12/2023.

BRASIL, Presidência da República. Brasília. **Lei Nº 14.026**, de 15 de julho de 2020. Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm)> Acesso em 06/07/2023

COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A. **Contribuição ao estudo de vazões de esgoto sanitário em comunidades de pequeno porte**. SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE



ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1., Rio de Janeiro, 1992. Anais. p.18- 30, v.2, tomo3.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Manual do Usuário – Cesg versão 7.0.1 (Jan/2002)**. Tigre S.A. Tubos e Conexões. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/435665994/Manual-CEsg-da-Tigre#>> Acesso em 07/06/2023.

FERREIRA, M. P.; GARCIA, M. S. D. **Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana**. Dignidade Re-Vista, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 12, July 2017. ISSN 2525-698X. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>. Acesso em 06 julho 2023.

Google Earth – **Mapa de Natividade-RJ**, 2023. Imagens 2023 Maxar Technologies, Imagens 2023 CNES/ Airbus, Landsat/ Copernicus. Disponível em <<https://www.google.com/maps/place/Natividade+-+RJ/@-21.0468257,-41.9854503,3021m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0xbc87c335b30b45:0xb1f383e6386bf5aa!8m2!3d-21.0333527!4d-41.9878207!16s%2Fm%2F027m6qb?entry=ttu>> Acesso em 13/04/2023.

HANAI, F. Y. et al. **Avaliação da infiltração na rede coletora de esgotos na bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP**. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. 1997. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/coletora.pdf>> Acesso em 04 fev. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **ATLAS DE SANEAMENTO**, 2011 Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/atlas/tematicos/16365-atlas-de-saneamento.html>> Acesso em 14/03/2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 1991**. Brasília: IBGE, 1991.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2000**. Brasília: IBGE, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010**. Brasília: IBGE, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2022**. Brasília: IBGE, 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Projeções da População Tabelas 2018**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>> Acesso em 06/06/2023.

INFOSANBAS - **Plataforma de dados e informações sobre saneamento básico dos municípios brasileiros**. 2022. Disponível em <https://infosanbas.org.br/municipio/natividade-rj/>. Acesso em 11/12/2022.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

KNAPIK, H. G.; CUBAS, S. **Coleta e Tratamento de Esgotos**. Qualidade e Conservação ambiental – TH041. Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2016.

MADEIRA, J. L.; SIMÕES, C. C. S. **Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia**. Revista Brasileira de Estatística, Rio de Janeiro: IBGE, v. 33, n. 129, p. 3-11, jan./mar. 1972.

MATUDA, N. **Introdução a Demografia: Notas de Aula**. Departamento de Estatística, UNIVERSIDADE FEDERAL PARANÁ. Paraná. 2009.

NATIVIDADE. **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Natividade-RJ.** 2014, Disponível em <<https://www.natividade.rj.gov.br/planos-municipais-de-meio-ambiente/2198-pmsb-natividade/file.html>> Acesso em 02 fev. 2023.

NATIVIDADE, Prefeitura Municipal de Natividade-RJ. **Dados gerais do município.** 2023, Disponível em < [natividade.rj.gov.br/a-cidade/dados-gerais.html](https://www.natividade.rj.gov.br/a-cidade/dados-gerais.html)> Acesso em 27/06/2023.

NERVIS, I. R. **Viabilidade de implantação de um sistema de esgotamento sanitário no município de Santa Maria do Oeste - PR.** 2019. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2019.

NOHARA, I. P.; POSTAL JÚNIOR, J. **Perspectiva da gestão do saneamento básico no Brasil: Prestação indireta e deficiências setoriais.** Revista de Direito Econômico e Socioambiental, Curitiba, v.9, n.1, p. 380-398, janeiro/abril 2018. Disponível em: < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6511244>> Acesso em 02/02/2023.

OLIVEIRA, S. V. W. B. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário.** 2004. 197f. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Sanitation.** 2019. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em 11 out. 2020.

PACHECO, R. P. **Custos para implantação de sistemas de esgotamento sanitário.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <[https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/29604/R%20-](https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/29604/R%20)

%20D%20%20RODRIGO%20PINHEIRO%20PACHECO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 10 outubro. 2022.

QUASIM, S. R. **Wastewater treatment plants: planning, design, and operation.** CBS College Publishing, Estados Unidos, 1985.

SANTOS, C. D. R. **Avaliação da execução de repavimentação asfáltica e possíveis manifestações patológicas nas valas da rede coletora de esgoto sanitário no município de Ijuí/RS.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2018. Disponível em <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5361/Carina%20Dalla%20Roza%20dos%20Santos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 03/07/2023.

SCHUMANN, Cauana. **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômico-financeira do Tratamento de Esgoto no município de Arroio Grande/RS.** 2016. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SILVA, J. N. **Diretrizes para elaboração de projetos de Sistema de Esgotamento Sanitário.** 2010, 76f. Originalmente apresentada como trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

SNIS. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - **SNIS: Série Histórica: Informações e Indicadores municipais consolidados.** Brasília, DF, 2021. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em 13/04/2023.

SNIS. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento -

**SNIS: Série Histórica.** Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em 20 maio 2023.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

SUS. Ministério da Saúde - **Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS).** 2021, Disponível em <https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/morbidade-hospitalar-do-sus-sih-sus/> Acesso em 14/01/2023.

TSUTIYA, Milton. **Abastecimento de água.** 3a. ed. São Paulo. Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da escola politécnica da universidade de São Paulo. 2006.

TSUTIYA, M.T.; BRUNO, D.P. **Infiltração de água em coletores de esgotos sanitários.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12., Santa Catarina, 1983. Anais. Santa Catarina: ABES, 1983.

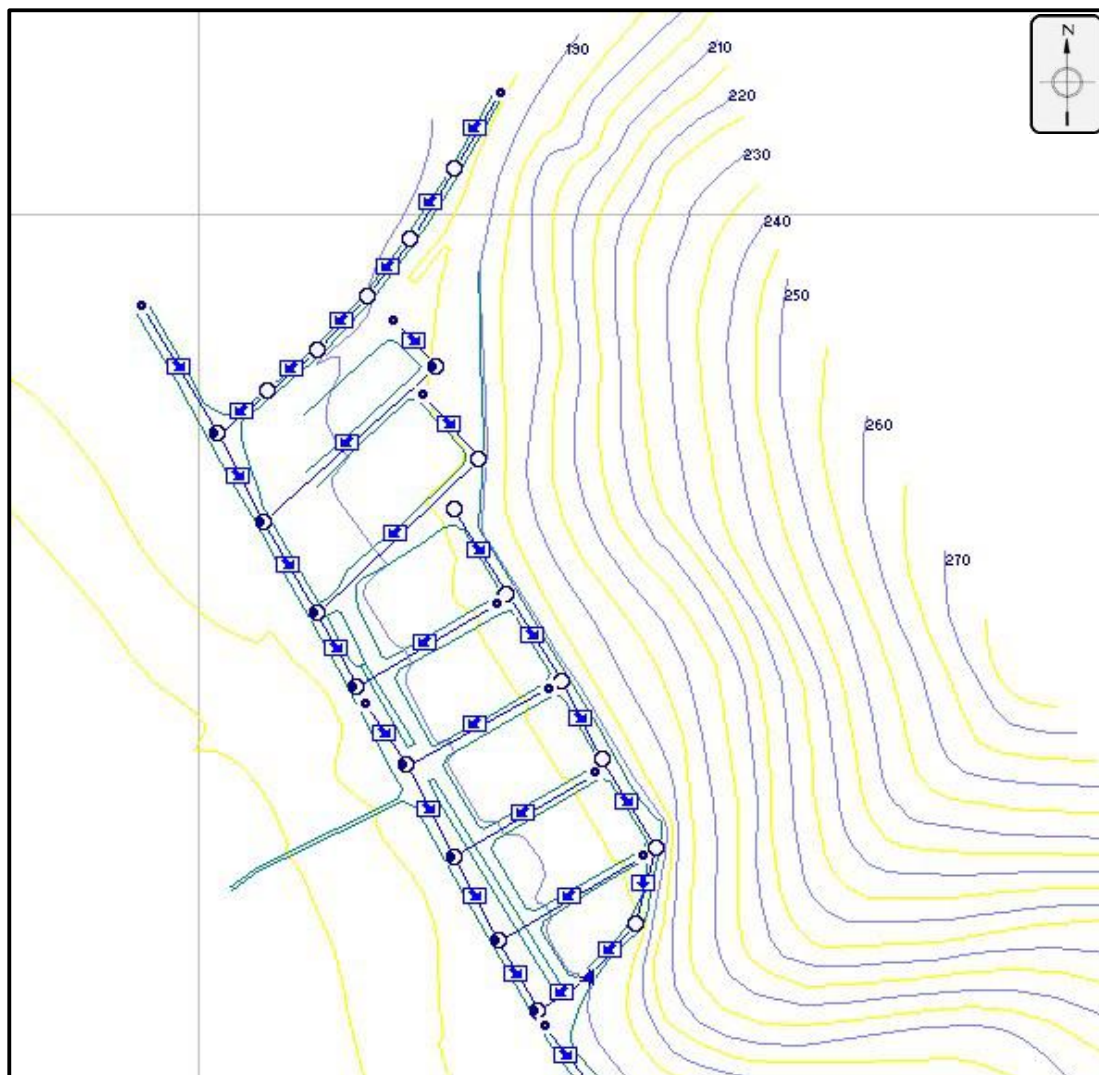
VON SPERLING, M. **Princípio de tratamento biológico de águas residuárias.** 2 ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG. v.1. p. 283, 2005.

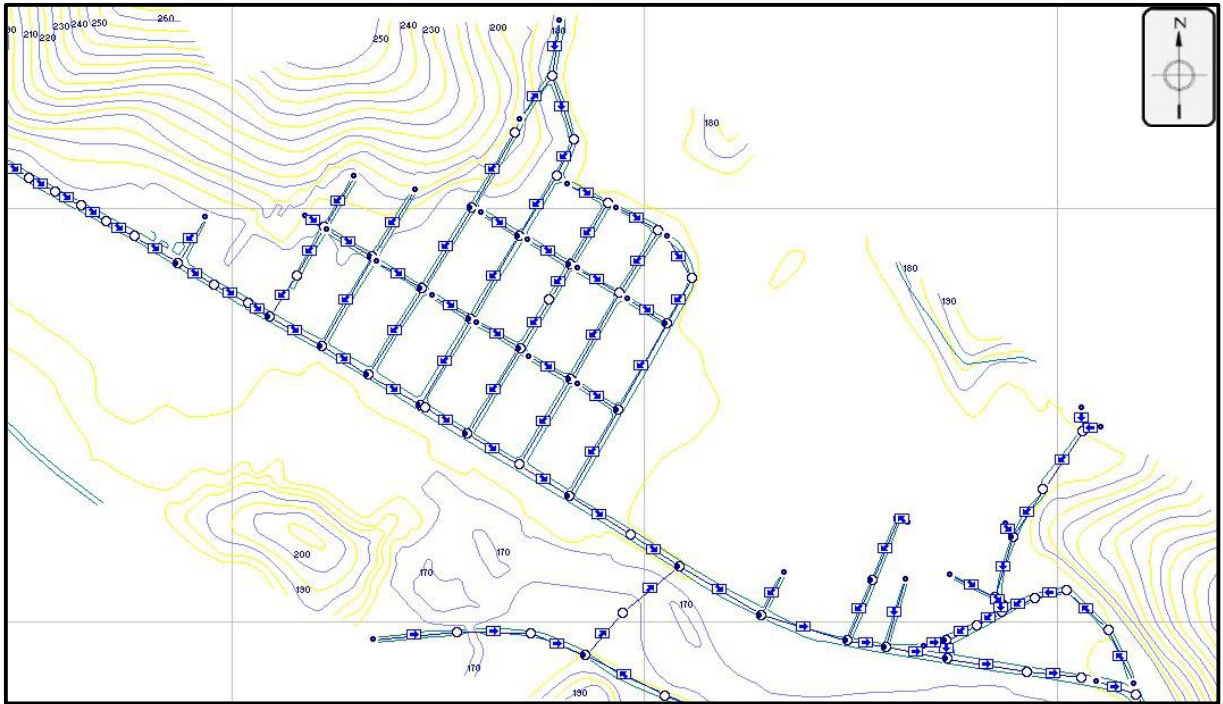
VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4ª edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. ISBN:978-85-423-0053-6.

WHO - World Health Organization – WHO and the United Nations Children’s Fund - UNICEF. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017.** Update and SDG baselines, 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

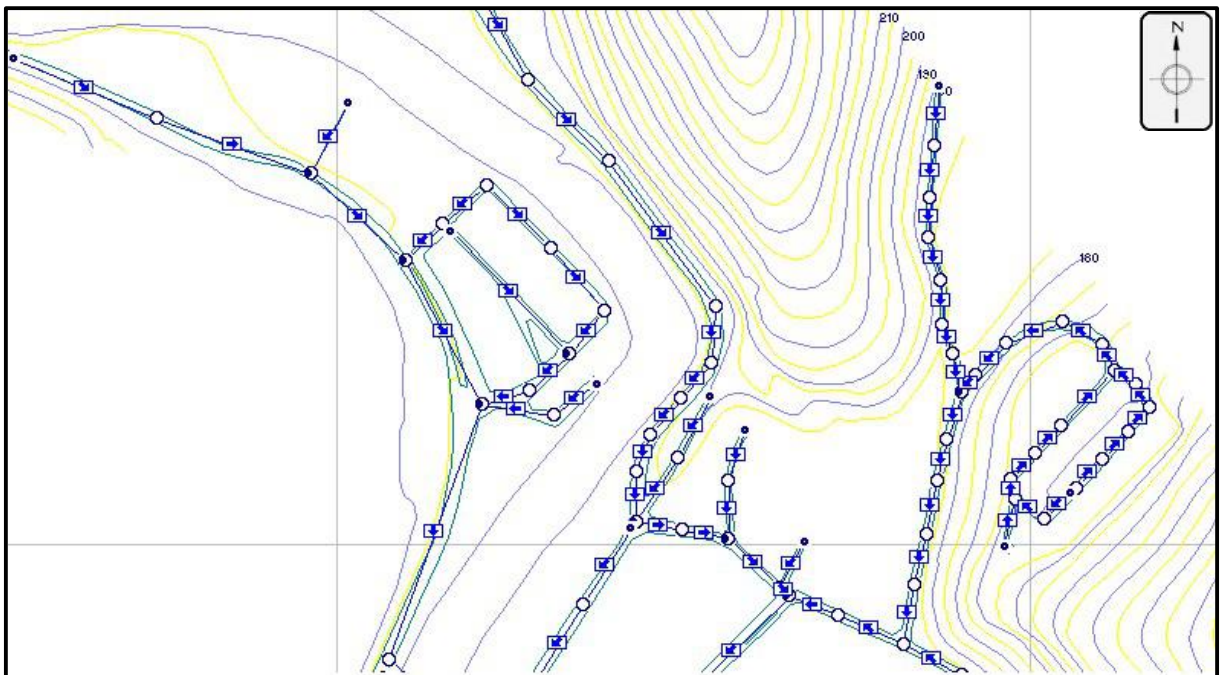
## 10. ANEXOS



Traçado Bairro Ilha

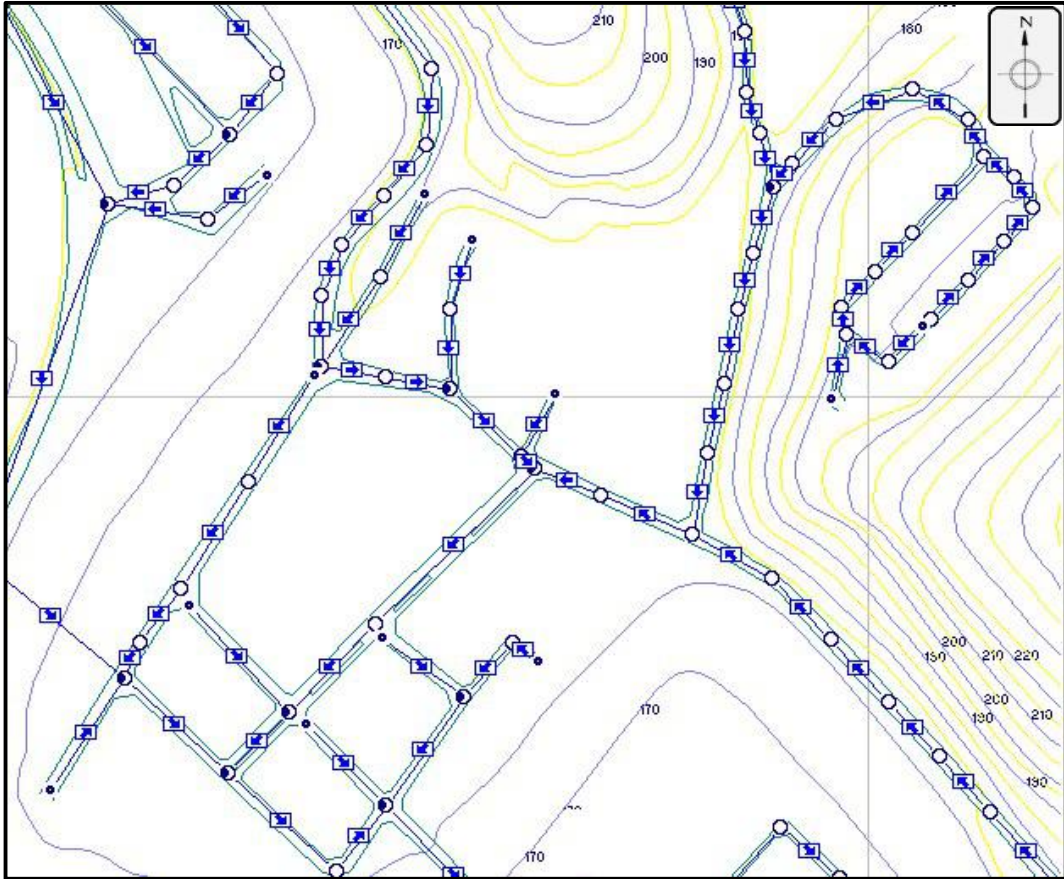


Traçado Bairro Balneário



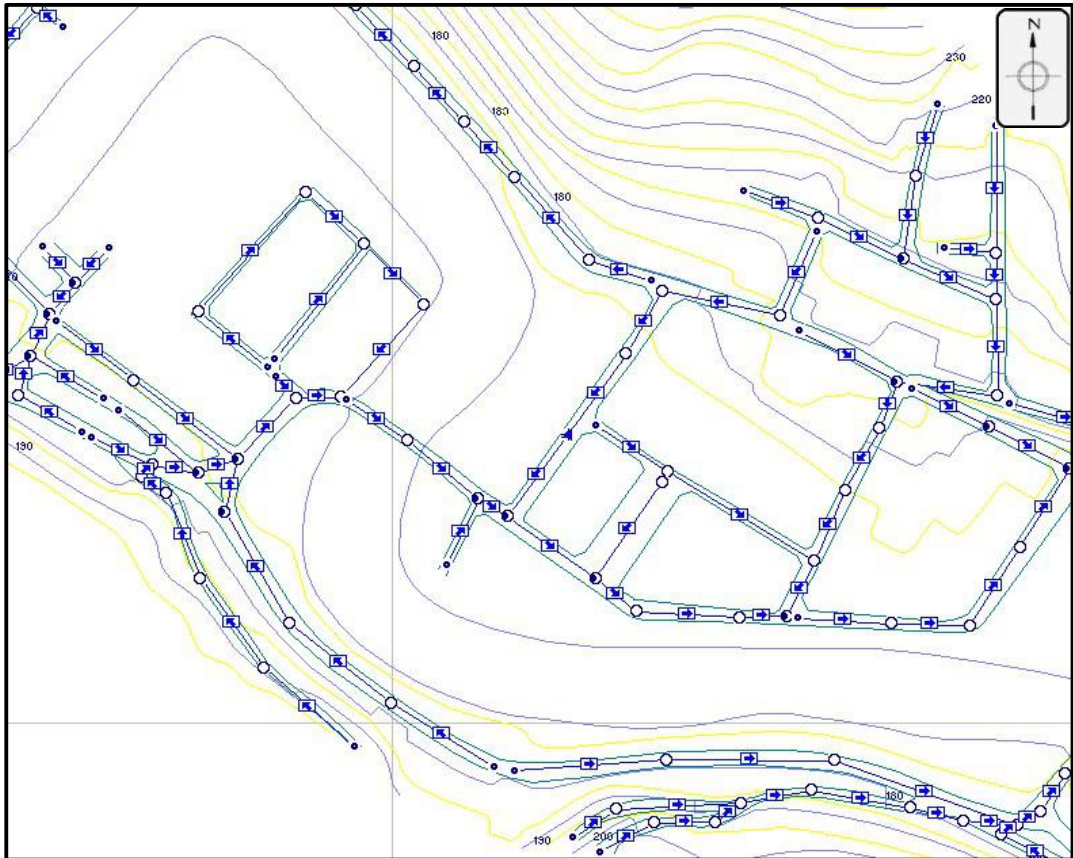
Traçado Bairros Popular Velha e Pito



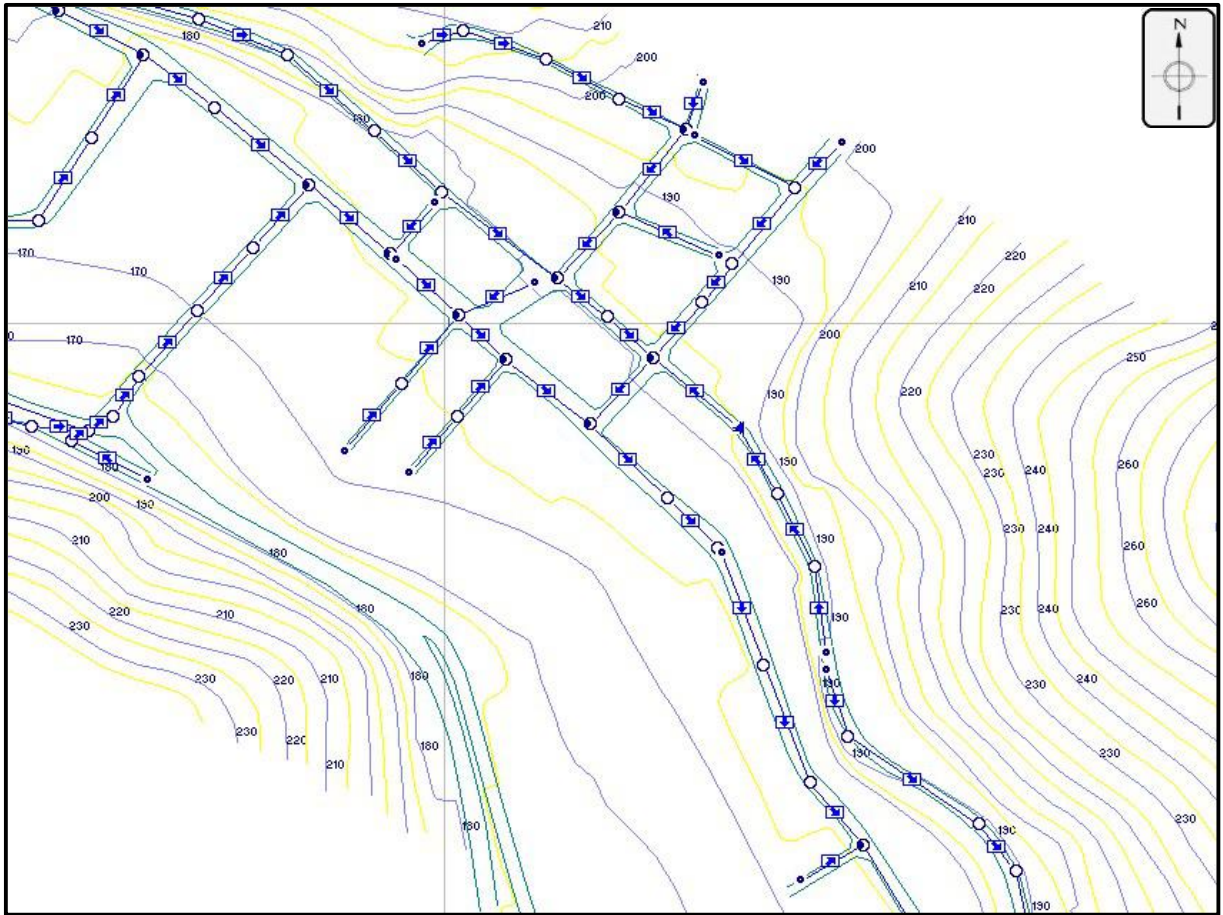


Traçados Bairros Sindicato e Morro da Formiga

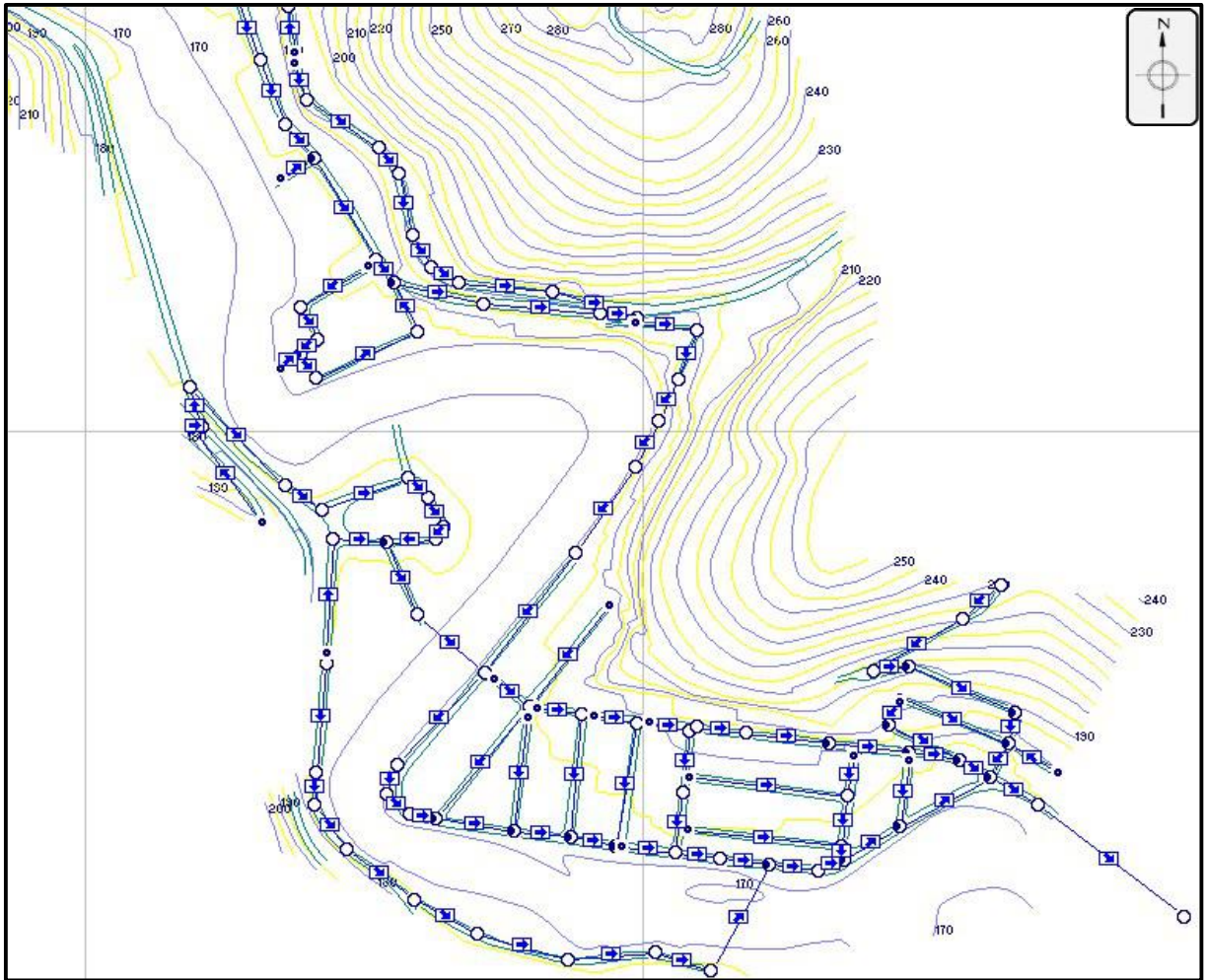




Traçado Bairros Linha, Rua do Campo e Morro do Castelo



Traçado Bairros Centro, Morro do Areião e Bagaceira



Traçado Bairros Liberdade e Tubiacanga