



**Ministério da Educação**  
**Universidade Federal da Integração Latino-Americana**  
**Instituto de Tecnologia, Infraestrutura e Território**  
**Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura**

**DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE  
ESGOTO: O CASO DE UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL FECHADO  
NA CIDADE DE HERNANDARIAS**

**RAUL AUGUSTO GARCETE SILVA**

Foz do Iguaçu, PR

Julho de 2016



**Ministério da Educação**  
**Universidade Federal da Integração Latino-Americana**  
**Instituto de Tecnologia, Infraestrutura e Território**  
**Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura**

# **DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ESGOTO: O CASO DE UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL FECHADO NA CIDADE DE HERNANDARIAS**

**RAUL AUGUSTO GARCETE SILVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura da UNILA, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. Dr. Herlander da Mata Fernandes Lima

Foz do Iguaçu, PR

Julho de 2016



**ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Ao(s) dia(s) 4 do mês de Julho do ano de 2016 realizou-se a apresentação pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ESGOTO: O CASO DE UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL FECHADO NA CIDADE DE HERNANDARIAS apresentado pelo discente RAUL AUGUSTO GARCETE SILVA, do curso ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA. Os trabalhos foram iniciados às 09 h 00, pelo(a) docente orientador(a) HERLANDER DA MATA FERNANDES LIMA presidente da banca examinadora, juntamente com o(a) docente JIAM PIRES FRIGO, e o(a) docente GLÁUCIO ROLOFE.

**Observações da Banca Examinadora:**

A BANCA APROVA O TRABALHO E SUGERE PEQUENAS CORREÇÕES DE FORMA, NÃO TENDO NA A ACRESCENTAR SOBRE O CONTEÚDO.

A Banca Examinadora, ao término da apresentação oral e da arguição do acadêmico, encerrou os trabalhos às     h    . Os examinadores atribuíram as seguintes notas:

orientador(a)	nota final: <u>10</u>	Média final: <u>10</u>
docente	nota final: <u>10</u>	
docente	nota final: <u>10</u>	

Proclamado o resultado pelo presidente da banca examinadora, encerraram-se os trabalhos e, para constar, eu HERLANDER DA MATA FERNANDES LIMA lavrei a presente Ata, que assino juntamente com os demais membros da banca.

Foz do Iguaçu, 04 de Julho de 2016.

Assinaturas:

--	--	--



Universidade Federal da Integração Latino-Americana

**ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA**  
**FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – BANCA FINAL TCCII – 01 Semestrel 2016**

DATA: <u>04/07/2016</u>	HORÁRIO: <u>10:00</u>
TEMA: <u>DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ESGOTO: OCASO DE UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL FECHADO NA CIDADE DE HERNAN- DIAS</u>	
ASSINATURAS:	
ALUNO: <u>RAUL AUGUSTO GARCETE SILVA</u>	
ORIENTADOR:	<u>Abelardo M.F. Lima</u>
EXAMINADOR INTERNO 01: <u>JIAN PIRES FRIGO</u>	
EXAMINADOR INTERNO 02: <u>GLÁUCIO ROLOFF</u>	

OBSERVAÇÕES:

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

BANCA FINAL DE TCC:  
Aprovado (x)    Reprovado ( )

NOTA: 10

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho  
Ao meu avô paterno, aos meus avos maternos (in memorian),  
e ao anjo que está no céu.  
À minha avó.  
Ao meu pai, à minha mãe e família.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir cumprir mais uma missão das muitas que me esperam, por renovar a cada momento a minha força e disposição e ter me guiado ao longo desse caminho.

O agradecimento mais especial para o meu pai e minha mãe, fontes de inspiração e motivação para seguir cada dia, pelo amor, sem vocês não seria nem metade do que sou hoje e as minhas conquistas não teriam o mesmo significado, por me ajudar sempre a alcançar os meus sonhos, às minhas irmãs pela paciência, à minha princesa, aos meus tios e tias, primos e primas que sempre estão torcendo por mim.

Aos professores que fizeram parte da minha formação acadêmica ao longo dos anos, especialmente ao Professor Herlander da Mata Fernandes Lima, pelo conhecimento transmitido, por ter aceitado me orientar, pela paciência e sua incansável dedicação, sempre exigindo o melhor de mim, sem a sua orientação este trabalho não seria o mesmo. À Professora Helenice Maria Sacht pela ajuda desde o começo do trabalho. Ao Professor Noé Villegas Flores pelo material que me ajudou a desenvolver o estudo nesta área.

Aos meus colegas da faculdade, hoje mais que colegas, pela paciência e ajuda quando mais precisei.

Aos meus amigos e amigas de todos os dias, pelo apoio desde o começo do curso, aos que dividem a minha felicidade.

Ao Engenheiro Dario Franco, pela ajuda brindada desde o começo ao fim deste trabalho, pela disponibilidade diária e pelas informações fornecidas. Ao Departamento de Obras do Paraná Country Club.

A todas as pessoas que fizeram parte da minha vida nestes anos, todas as que passaram e deixaram algo de si.

## RESUMO

O saneamento básico é fundamental para prevenir a proliferação de doenças típicas do meio hídrico e melhorar a qualidade de vida das populações. A coleta, transporte e tratamento correto do esgoto é capaz de reduzir doenças (e.g., cólera, dengue, diarreia, entre outras) e possibilitar o reaproveitamento da água para usos não potáveis. Este trabalho tem como objetivo projetar uma rede de drenagem de esgoto adequada para a área comercial de um condomínio horizontal na cidade de Hernandarias, Paraguai. O condomínio possui uma área de 450 ha das quais 64 ha pertencem a área comercial (com lojas, escolas, universidade, escritórios e outros serviços) que diariamente recebe clientes e alunos. É uma área com previsão de ser densamente edificada. A coleta de dados incluiu visitas ao local para verificar as características fisiográficas e de ocupação e uso da área do solo que constam dos mapas topográficos de estudos prévios. Definiu-se o melhor traçado da rede de drenagem, que funciona integralmente por gravidade, com base em critérios de dimensionamento hidráulico estabelecidos nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), de modo a viabilizar um destino final adequado para o esgoto. Por último, apresenta-se uma análise econômica, comparando custos de cenários alternativos.

**Palavras chave:** Drenagem Urbana; Rede de Esgoto; Tratamento; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Sanitation constrains the level of urbanization of a region. This entails a number of changes in various factors such as the spread of contaminants in aquatic environment that may affect the society due to lack of investment, which interfere with the quality of life. The correct sewage treatment is able to reduce diseases (e.g., cholera, dengue, diarrhea, dysentery, elephantiasis, yellow fever, giardiasis, hepatitis, infections of the skin and eyes and polio, among others) and, in addition, enables the reuse of water in certain conditions. Thus, the objective of this study was to design a suitable sewer system for the commercial area of a confined residential area in the city of Hernandarias, Paraguay. The total area consists of 450 ha of which 64 ha is respecting to commercial area (with shops, schools, universities and units of goods and services), which mainly receive costumers and students. Data collection included site visits to first identify the characteristics and conditions of the area by using topographic maps of previous studies. A scheme for the best option of collecting the sewage system was set on the basis of sanitation knowledge and hydraulic design according to ABNT regulations, so that we can adopt the most suitable sewage system. Finally, an economic analysis comparing cost of different scenarios is presented.

**Keywords:** Urban Drainage; Sewerage System; Treatment; Sustainability.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeção da cobertura de saneamento básico até 2015 (CODAS, 2012). .....	19
Figura 2 - Esquema de um sistema unitário (TOSETTI, 2012). .....	21
Figura 3 - Esquema de um sistema separativo (TOSETTI, 2012).....	22
Figura 4 - Sistema convencional de esgoto (TOSETTI, 2012). .....	24
Figura 5 - Planta das instalações do PTI (cortesia: Serviço de Infraestrutura do PTI, 2015).30	
Figura 6 - Área comercial do condomínio Paraná Country Club ( <i>Google Earth</i> , 2015). .....	31
Figura 7 – Área comercial dividida em parcelas ( <i>Google Earth</i> , 2015). .....	32
Figura 8 - Parte do plano da área comercial (Departamento de Obras – PCC, 2015).....	33
Figura 9 - Caracterização topográfica do terreno ( <i>Global Mapper</i> , 2015). .....	34
Figura 10 - Modelo 3D do terreno ( <i>Civil 3D</i> , 2015). .....	35
Figura 11 – Integração de imagem do satélite com curvas de nível e planta de ocupação da área ( <i>Civil 3D</i> , 2016). .....	37
Figura 12 - Rede existente na área 2 (Departamento de Obras – PCC, 2015). .....	38
Figura 13 - Rede preliminar de esgotamento sanitário ( <i>Civil 3D</i> , 2015). .....	39
Figura 14 - Localização da ETE ( <i>Google Earth</i> , 2015).....	40
Figura 15 - ETE na área 5 ( <i>Civil 3D</i> , 2015).....	41
Figura 16 - Condomínio Paraná Country Club ( <i>Google Earth</i> , 2014). .....	43
Figura 17 – <i>Softwares</i> relevantes para o desenvolvimento do projeto. Foram usados no tratamento de dados e dimensionamento da rede de drenagem. ....	44
Figura 18 – Tubulação parcialmente cheia. ....	46
Figura 19 – Fluxograma do algoritmo de dimensionamento da rede de drenagem de esgoto. .....	48
Figura 20 – Cenário 1: escolhido para o projeto da rede de esgoto ( <i>Civil 3D</i> , 2016). .....	50
Figura 21 – Cenários 2 (à esquerda) e 3 (à direita) ( <i>Civil 3D</i> , 2016).....	51
Figura 22 – Rede implantada considerando o Cenário 1 ( <i>Civil 3D</i> , 2016).....	52
Figura 23 – Seção tipo dos coletores. ....	53
Figura 24 - Seção tipo dos poços de visita de 1,20 m de diâmetro. ....	54
Figura 25 – Regra estabelecida para os coletores ( <i>Civil 3D</i> , 2016). .....	55
Figura 26 – Distribuição das velocidades nos trechos da rede. Simulação realizada para o ano zero – rede de concreto.....	56
Figura 27 – Distribuição das velocidades nos trechos da rede. Simulação realizada para horizonte do projeto – rede de concreto. ....	58
Figura 28 – Distribuição das velocidades nos trechos da rede. Simulação realizada para ano zero – rede de PVC.....	59

Figura 29 – Distribuição das velocidades nos trechos da rede. Simulação realizada para o horizonte do projeto – rede de PVC.....	60
Figura 30 – Perfil longitudinal do coletor tronco.....	61
Figura 31 – Perfis dos últimos dez trechos da rede.....	62
Figura 32 – Modelo 3D do projeto ( <i>CIVIL 3D</i> , 2016).....	63
Figura 33 – Principais componentes da rede de esgoto.....	64
Figura 34 – Gráficos comparativos dos preços.....	72
Figura 35 - ETE instalada no condomínio.....	74
Figura 36 - Campos de golfe do condomínio ( <i>GoPro Paraguai</i> , 2016).....	75
Figura 37 – Salvando a área no Google Earth.....	82
Figura 38 – Configuração inicial do <i>Global Mapper</i> .....	83
Figura 39 – Arquivo KMZ aberto no <i>Global Mapper</i> .....	83
Figura 40 – Localização da área de estudo no mundo.....	84
Figura 41 – Gerando curvas de nível no <i>Global Mapper</i> .....	84
Figura 42 – Exportação para o <i>Civil 3D</i> (formato DWG).....	85
Figura 43 – Importando o Mapa do <i>Google Earth</i> para o <i>Civil 3D</i> .....	86
Figura 44 – Projeção da rede de drenagem de esgoto.....	86
Figura 45 – Exportação para o <i>Storm and Sanitary Analysis</i> .....	87
Figura 46 – Exportação para o <i>SWMM</i> .....	88
Figura 47 – Propriedades dos poços de visita no <i>SWMM</i> .....	89
Figura 48 – Propriedades dos trechos da rede no <i>SWMM</i> .....	89
Figura 49 – Unidades de medida do <i>SWMM</i> .....	90
Figura 50 – Função calcular no <i>SWMM</i> .....	90
Figura 51 – Erro do projeto no <i>SWMM</i> .....	90
Figura 52 – Resultados mostrados no mapa do <i>SWMM</i> .....	91
Figura 53 – Perfil da rede no <i>SWMM</i> .....	91
Figura 54 – Erro na declividade no <i>SWMM</i> .....	92
Figura 55 – Relatório do <i>SWMM</i> .....	92

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Dados do saneamento na área urbana do Paraguai.....	20
Quadro 2 – Dimensões dos Poços de Visita.....	29
Quadro 3 – Consumo de água <i>per capita</i> .....	42
Quadro 4 – Produção do esgoto em função da característica da área .....	42
Quadro 5 – Valores típicos do fator de ponta ( $f_p$ ).....	45
Quadro 6 – Vazão de esgoto para o ano zero (rede de concreto) .....	57
Quadro 7 - Vazão de esgoto para o Ano 40 ( rede de concreto).....	57
Quadro 8 – Dados dos poços de visita .....	65
Quadro 9 – Dados de implantação da rede .....	67
Quadro 10 – Preços típicos do PVC em função do diâmetro .....	69
Quadro 11 – Preços típicos do Concreto em função do diâmetro.....	69
Quadro 12 – Rede de PVC: Paraguai vs Brasil .....	70
Quadro 13 – Rede de Concreto: Paraguai vs Brasil .....	70
Quadro 14 – Preços dos poços de visita .....	70
Quadro 15 – Preços da movimentação de terra .....	71
Quadro 16 – Preço final do projeto elaborado no Paraguai .....	71
Quadro 17 – Preço final do projeto elaborado no Brasil.....	71

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	v
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE QUADROS .....	xi
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	15
2 OBJETIVOS .....	17
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos Específicos .....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
3.1 Importância e Situação Atual do Saneamento Básico no Mundo.....	18
3.2 Saneamento Básico no Paraguai .....	18
3.3 Soluções Coletivas para Tratamento e Destinação Final dos Esgotos	20
3.4 Tipos de Esgotos.....	20
3.5 Tipos de Sistemas.....	21
3.5.1 Sistema unitário .....	21
3.5.2 Sistema separador absoluto .....	22
3.5.3 Sistema misto .....	22
3.5.4 Sistema público convencional.....	23
3.5.4.1 Partes constitutivas do sistema convencional .....	23
3.5.5 Sistema condominial.....	25
3.5.5.1 Partes constitutivas do sistema condominial .....	25
3.6 Recomendações da NBR 9649:1986 .....	26
3.6.1 Vazão .....	26
3.6.2 Diâmetro mínimo .....	27
3.6.3 Velocidade máxima e crítica .....	27
3.6.4 Lamina d'água máxima.....	27

3.6.5 Declividade mínima .....	28
3.6.6 Tensão trativa .....	28
3.6.7 Poços de visita.....	28
3.6.8 Coletores .....	29
3.7 Exemplo Prático .....	29
4 ESTUDO DE CASO .....	31
4.1 Contextualização da Área de Intervenção .....	31
4.2 Definição do Traçado da Rede .....	35
4.3 Localização da Estação de Tratamento do Esgoto.....	40
4.4 População e Estimativa de Produção de Esgoto .....	41
5 DADOS E MÉTODOS .....	43
5.1 Levantamento de Dados da Área de Implantação do Projeto .....	43
5.2 Estudo de Concepção da Rede de Drenagem .....	43
5.3 Dimensionamento do Sistema de Drenagem .....	44
5.3.1 Dimensionamento da rede do esgoto: fases do projeto .....	44
5.3.2 Cálculo de vazões .....	44
5.3.3 Cálculo das variáveis do escoamento.....	46
5.4 Análise do Custo do Sistema de Drenagem .....	47
5.5 Etapas do Desenvolvimento do Projeto .....	47
6 RESULTADOS.....	49
6.1 Implantação da Rede .....	49
6.2 Constituição da Rede: coletores e órgãos acessórios .....	53
6.3 Análise Hidrodinâmica.....	55
6.3.1 Diâmetros .....	55
6.3.2 Vazão e velocidade .....	55
6.3.3 Controle de septicidade .....	61
6.4 Projeto de Implantação da Rede de Drenagem.....	63
6.5 Análise de Custo da Rede.....	65
6.6 Situação Atual do Tratamento de Efluentes.....	73

---

6.7 Destino do Esgoto Tratado: proposição de uso para fins não potáveis	74
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
ANEXO 1 .....	81
Google Earth .....	82
Global Mapper.....	82
Civil 3D .....	85
SWMM .....	88
ANEXO 2 .....	93

## **1** INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A urbanização acelerada, conjuntamente com o aumento do padrão de vida, acarreta uma série de consequências (e.g., ocupação de áreas informais nos subúrbios urbanos), que muitas vezes ocorrem sem que estejam criadas condições para prestação de serviços elementares e essenciais, dos quais se destacam o saneamento básico (GEWEHR, 2009), assim como o fornecimento de energia, rede de comunicações e estradas.

A carência de redes de drenagem e tratamento de esgoto, ainda constitui um dos grandes problemas para muitas regiões do mundo, com particular incidência em África, Ásia e América Latina (PINTO; HELLER; BASTOS, 2012). Essa situação tem causado sérias mudanças no contexto ambiental, devido à contaminação de mananciais de abastecimento de água, além da proliferação de doenças transmissíveis pelo uso da água (e.g., dengue, diarreia, disenterias, febre amarela, hepatite, infecções diversas), interferindo no bem-estar das populações (FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA, 2007; COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR, 2010).

A crescente geração de efluentes no meio urbano tem contribuído para a degradação do meio ambiente, razão pela qual urge melhorar as condições de saneamento como condição para reduzir os impactos das ações antrópicas e preservar a saúde pública (ANTÃO, 2004).

Com o crescimento significativo da população, tornou-se necessário adotar soluções coletivas para esgotamento sanitário, conhecidas como sistemas coletivos que podem ser unitário, separador absoluto, convencional ou condominial, em função da magnitude do volume a ser transportado e tratado, das tecnologias disponíveis e do custo de implantação e exploração (TOSETTI, 2012).

O condomínio horizontal do Paraná Country Club, estabelecido desde 1980 na cidade de Hernandarias, no departamento de Alto Paraná, possui cerca de 600 famílias, sendo considerado um bairro exclusivo por uma série de aspectos de luxo. Apresenta campos de golfe, um clube social, um clube náutico e uma área comercial, a qual tem uma superfície aproximada de 64 ha. Existem ainda outros serviços (e.g., restauração, cabeleireiros, livrarias, concessionárias, lojas de roupas, um posto de abastecimento de gasolina, dois colégios, uma universidade, bancos, um supermercado e escritórios administrativos) que atraem elevado número de população flutuante para a área.

Em função da urbanização acelerada no local, foi elaborado um pré-projeto de uma rede de esgoto que foi dimensionado considerando uma vazão menor em relação ao volume que é transportado atualmente. Esta pré-rede prevê a implantação de novos trechos para atender a maiores demandas, ainda assim não é um projeto completo que ofereça tratamento adequado visto que a Estação de Tratamento do Efluente (ETE) ainda se

encontra na fase experimental, segundo o Departamento de Obras do condomínio. Vale destacar que o tratamento de esgoto, quando executado de forma correta, é capaz de reduzir os problemas citados anteriormente, bem como possibilitar o reuso da água para fins não potáveis. Assim, o trabalho analisa comparativamente as tecnologias de saneamento para áreas urbanas, a fim de encontrar uma solução para os problemas observados na área de estudo. Projeta-se uma rede de drenagem separativa otimizando os processos de dimensionamento, buscando a melhor relação de custo-benefício econômico e ambiental.



## **2** OBJETIVOS

Esta seção descreve os objetivos geral e específicos que nortearam a realização do trabalho.

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar o dimensionamento otimizado de um sistema de drenagem de esgoto (água residuária), tendo por base os princípios de sustentabilidade (e.g., redução da vulnerabilidade socioeconômica, preservação ambiental e economicidade).

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Definir o melhor traçado e as dimensões dos coletores da rede de drenagem, com base nos critérios de eficiência hidráulica e ambiental;
- Estimar as vazões do esgoto a transportar na rede de drenagem;
- Dimensionar uma rede de esgoto integralmente por gravidade;
- Planejar a localização adequada para implantação de uma estação de tratamento do esgoto (ETE);
- Propor um sistema que possibilite o reuso da água resultante do tratamento do esgoto em situações que caracterizem fins não potáveis;
- Disponibilizar o projeto desenvolvido para possível execução em função da aprovação pelo Departamento de Obras do condomínio.

## **3** REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### **3.1 Importância e Situação Atual do Saneamento Básico no Mundo**

Saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. Portanto, o saneamento não se restringe ao abastecimento de água limpa e a coleta e tratamento do esgoto sanitário, sendo um conjunto de ações que também incluem a coleta de lixo e a limpeza das vias públicas, proporcionando, assim, um meio ambiente saudável para a cidadania (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD, 2015, p.1).

A carência de saneamento básico é uma realidade em vários países, inclusive nos desenvolvidos. Por ser um tema muito importante, foi incluído nas Metas de Desenvolvimento do Milênio (em conjunto são oito metas programadas para 2015, ratificada por todos os países), que deram lugar, em janeiro de 2015, aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). O sexto objetivo que figura da lista dos 27 objetivos do desenvolvimento sustentável visa garantir água limpa e saneamento para todos (PNUD, 2014).

O destino adequado dos dejetos humanos visa, fundamentalmente, o controle e a prevenção de doenças a eles relacionadas. A ocorrência de doenças principalmente infecciosas e parasitárias, ocasionadas pela falta de condições adequadas de destino final do esgoto, pode transformar o exercício da cidadania em inatividade, reduzindo a potencialidade para trabalhar ou até mesmo conduzindo à mortalidade. Essa situação se reflete, sobretudo nas taxas de mortalidade infantil, pois a falta de saneamento pode provocar a transmissão de doenças, contaminação de alimentos e da água, sendo que as crianças são as vítimas mais vulneráveis (FUNASA, 2007).

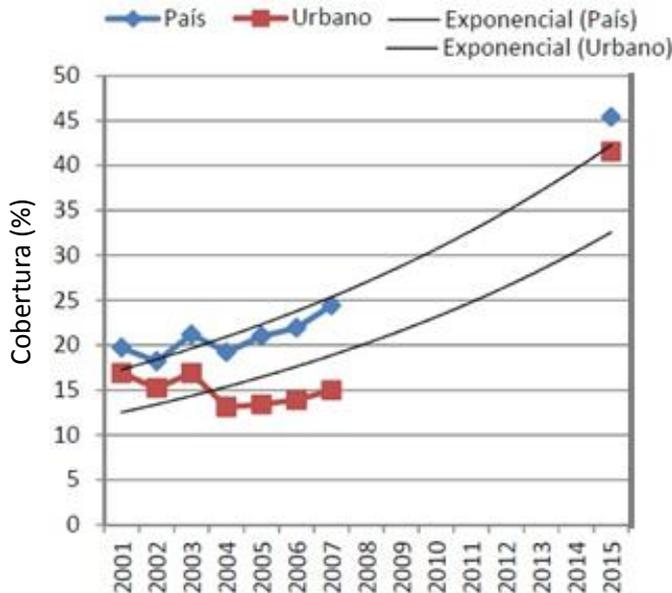
Cerca de 3 milhões de pessoas morrem anualmente no mundo devido à doenças infecciosas causadas pela falta de saneamento (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU, 2014). No ano de 2015, o mundo não alcançou a meta de saneamento básico para todos porque mais de 1000 milhões de pessoas (cerca de 15% da população mundial) ainda não tem contato com latrina, vasos sanitários ou qualquer instalação de saneamento (ONU, 2014).

### **3.2 Saneamento Básico no Paraguai**

No ano de 2009 a população total do Paraguai era de 6.330.834 habitantes, dos quais 58,3% pertenciam às zonas urbanas. Com relação ao Índice de Pobreza da Água

(WPI, na sigla em inglês)<sup>1</sup> referente ao ano 2000, o Paraguai estava ao mesmo nível de El Salvador e acima somente do Haiti, entre os 20 países da América Latina que foram avaliados. Esta situação resulta do baixo acesso à água e ao saneamento básico dos habitantes, não obstante ser o país com maior disponibilidade de água per capita da América do Sul (WPI). Atualmente, o órgão que regula o setor de serviços de água potável e saneamento básico no Paraguai é o Ente Regulador dos Serviços Sanitários do Paraguai (ERSSAN), criado em 2001 (Lei n. 1.614, 2000).

Conseguir cumprir as Metas de Desenvolvimento do Milênio requer um investimento estimado em cerca de US\$ 91,6 milhões por ano, valor que é 5,7 vezes o valor total do investimento aplicado no setor do governo Paraguai dos últimos dois anos. Corresponde a cerca de US\$ 16 milhões anuais, o que fez com que em 2015 só tenha alcançado 20% da meta estabelecida. A Figura 1 apresenta os dados obtidos do Compêndio Estatístico Ambiental do Paraguai, elaborados pela DGEEC (Direção Geral de Estatística, Enquetes e Censo), a pedido da SEAM (Secretaria do Meio Ambiente) com dados obtidos até o ano 2007. Foram usados os dados desse estudo e extrapolados exponencialmente até o ano 2015, confrontando o resultado com os ODM (Objetivos de Desenvolvimento do Milênio) (CODAS, 2012).



**Figura 1** - Projeção da cobertura de saneamento básico até 2015 (CODAS, 2012).

<sup>1</sup> WPI é uma medida interdisciplinar que relaciona o bem-estar das moradias com relação ao acesso a água, e indica o grau em que a falta da mesma causa um impacto na população, classificando de 0 a 20. São constituídos por cinco indicadores: disponibilidade, acesso, capacidade, uso e meio ambiente (ver descrição completa em: [ftp://ftp.fao.org/agl/emailconf/wfe2005/narf\\_054.pdf](ftp://ftp.fao.org/agl/emailconf/wfe2005/narf_054.pdf); Acesso: agosto 2015).

Ao observar a Figura 1, confirma-se que o país também não poderá cumprir com os ODM no ano de 2016, o que leva a DAPSAN (Direção de Água Potável e Saneamento), órgão do Ministério de Obras Públicas e Comunicações (MOPC, criado em 2010), com o objetivo de apoiar diretamente os serviços de abastecimento de água e saneamento básico para o Paraguai, a tomar uma medida imediata em conjunto com as instituições responsáveis pela prestação deste serviço. O diagnóstico atual, com base nos dados do PES (Programa de Empresariado Social) - BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) para a área urbana, está sinteticamente descrito no Quadro 1 (CODAS, 2012).

**Quadro 1** - Dados do saneamento na área urbana do Paraguai

Tipo de serviço	Cobertura em 2007 (habitantes)		Cobertura (habitantes) em 2015 (em função dos ODM)		População a servir	Custo unitário do serviço (US\$/ha b.)	Investimento necessário para cumprir com os ODM (US\$ mi.)
	População	Cobertura	População	Cobertura			
Saneamento básico <sup>2</sup>	515.753	14,60%	2.393.557	57,20%	1.877.804	300	563,3

Fonte: BID, 2012.

Segundo o informe final de outubro de 2012, feito para a Direção de Água Potável e Saneamento do Paraguai, o avanço e a implantação da estrutura foram parciais já que o processo de incorporação das organizações e direções está em andamento (CODAS, 2012).

Portanto, a iniciativa de projetar um sistema de saneamento em um condomínio localizado na cidade de Hernandarias mostra-se relevante, tendo em vista a carência do setor no Paraguai e a possibilidade de ser usado como referência de boas práticas a difundir pelo país.

### 3.3 Soluções Coletivas para Tratamento e Destinação Final dos Esgotos

Na medida em que as comunidades e a concentração humana tornam-se maiores, as soluções individuais para coleta, transporte e destinação final do esgoto doméstico devem dar lugar às soluções de caráter coletivo, denominadas sistema de drenagem e tratamento de esgotos.

### 3.4 Tipos de Esgotos

Os esgotos podem ser classificados nas seguintes quatro categorias:

- **Esgotos Domésticos:** incluem as águas contendo matéria fecal e as águas servidas, resultantes de banho e de lavagem de utensílios e roupas (NUVOLARI, 2011);

<sup>2</sup> Inclui apenas coleta e drenagem do esgoto para o meio receptor.

- **Esgotos Industriais:** compreendem os resíduos orgânicos, de indústria de alimentos, matadouros, etc.; as águas residuárias agressivas, procedentes de indústrias de metais etc.; as águas residuárias procedentes de indústrias de cerâmica, água de refrigeração, etc. (NUVOLARI, 2011);
- **Águas Pluviais:** são as águas procedentes das chuvas;
- **Água de Infiltração:** são as águas do subsolo que se introduzem na rede. Aqui se inclui também a contribuição pluvial parasitária que é a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário (NUVOLARI, 2011).

### 3.5 Tipos de Sistemas

#### 3.5.1 Sistema unitário

Consiste na coleta e transporte de águas pluviais, dos esgotos domésticos e dos despejos industriais em um único coletor. Além da vantagem de permitir a implantação de um único sistema, é vantajoso quando for previsto o lançamento do esgoto bruto, sem tratamento prévio em um corpo receptor. No dimensionamento do sistema devem ser previstas as precipitações máximas com período de recorrência geralmente entre 10 e 20 anos. Como desvantagem, salienta-se o elevado custo de implantação e problemas de deposições de material nos coletores por ocasião da estiagem. Quanto ao tratamento, o custo de implantação é também elevado tendo em vista que a estação deve ser projetada com capacidade máxima que, no sistema unitário, ocorre durante as chuvas. Por outro lado, a operação é prejudicada pela brusca variação da vazão na época das chuvas, afetando do mesmo modo a qualidade do efluente (NUVOLARI, 2011). A Figura 2 mostra um exemplo básico de como seria a disposição deste sistema.

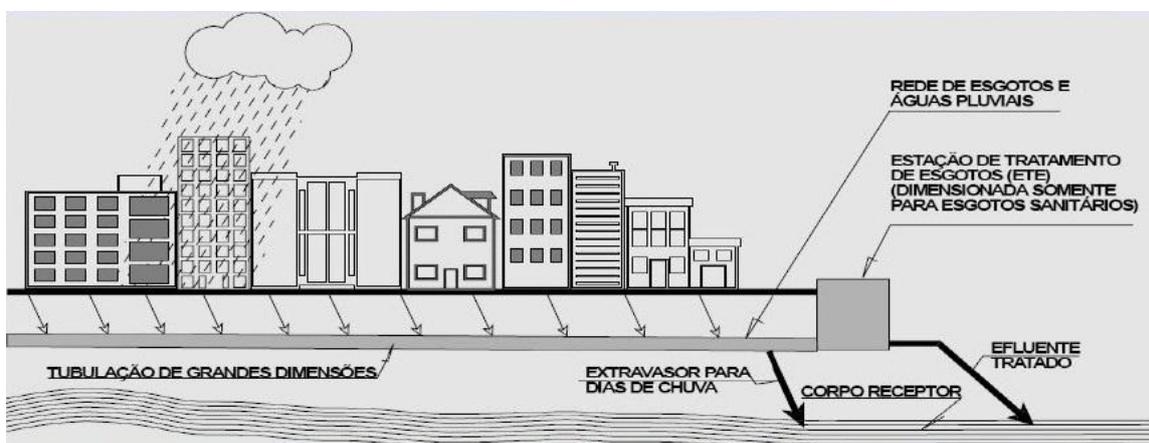


Figura 2 - Esquema de um sistema unitário (TOSETTI, 2012).

### 3.5.2 Sistema separador absoluto

Nesse sistema, o coletor do esgoto fica completamente separado do coletor pluvial. É o sistema adotado no Brasil e nos países desenvolvidos. O custo de implantação é menor que o do sistema unitário, em virtude das seguintes razões:

- As águas pluviais não oferecem o mesmo perigo que o esgoto doméstico, podendo ser encaminhadas aos corpos receptores (rios, lagos, etc.) sem tratamento;
  - O coletor de esgoto doméstico transporta vazão compatível com a capacidade da ETE;
  - Nem todas as ruas de uma cidade necessitam de rede pluvial. De acordo com a declividade e extensão das ruas, a própria sarjeta se encarregará de transportar o escoamento, reduzindo assim, a extensão da rede pluvial;
  - O esgoto doméstico deve ter prioridade, por representar um problema de saúde pública. Além disso, o diâmetro dos coletores é mais reduzido (mínimo de 200 mm);
  - Nem todo o esgoto industrial pode ser encaminhado diretamente para o esgoto sanitário. Dependendo de sua natureza e das exigências regulamentares, terá que passar por tratamento prévio ou ser encaminhado à rede própria (NUVOLARI, 2011).
- A Figura 3 apresenta o que seria um exemplo de um esquema separativo para uma cidade, como explicado anteriormente, e que constitui uma das melhores soluções.

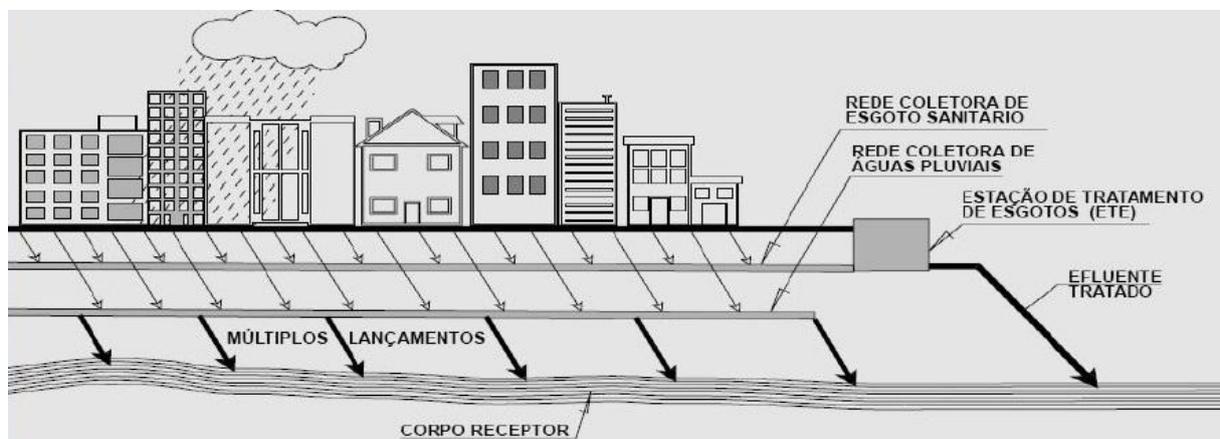


Figura 3 - Esquema de um sistema separativo (TOSETTI, 2012).

### 3.5.3 Sistema misto

A rede é projetada para receber o esgoto sanitário e mais uma parcela das águas pluviais. A coleta dessa parcela varia de um país para outro. Em alguns países coletam-se apenas as águas dos telhados; em outros, um dispositivo colocado nas bocas de lobo coleta as águas das chuvas mínimas e limita a contribuição das chuvas de grande intensidade (FUNASA, 2007; BAVARESCO, 2002).

### 3.5.4 Sistema público convencional

#### 3.5.4.1 Partes constitutivas do sistema convencional

A seguir se descrevem os componentes de um sistema de drenagem convencional completo, ilustrado na Figura 4.

- **Ramal Predial:** são os ramais que transportam os esgotos das casas até a rede pública de coleta;
- **Coletor de Esgoto:** recebem os esgotos das casas e outras edificações, transportando-os aos coletores tronco;
- **Coletor Tronco:** tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;
- **Interceptor:** os interceptores correm nos fundos de vale margeando cursos d'água ou canais. São responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, evitando que os mesmos sejam lançados nos corpos d'água. Geralmente possuem diâmetros maiores que o coletor tronco em função de maior vazão (NUVOLARI, 2011);
- **Emissário:** são similares aos interceptores, diferenciando apenas por não receber contribuição ao longo do percurso;
- **Poços de Visita (PV):** são câmaras cuja finalidade é permitir a inspeção e limpeza da rede. Os locais mais indicados para sua instalação são: (1) início da rede; (2) nas mudanças de direção, declividade, diâmetro ou tipo de material; nas junções e em trechos longos. Nos trechos longos a distância entre PV deve ser limitada pelo alcance dos equipamentos de desobstrução (NUVOLARI, 2011). Geralmente, quanto maior o diâmetro do coletor maior é o espaçamento entre poços de visita (e.g., coletor visitável viabilizar maior espaçamento entre PV);
- **Estação Elevatória:** quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevadas, quer devido à baixa declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação, torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. A partir desse ponto, os esgotos podem voltar a fluir por gravidade.

- **Estação de Tratamento de Esgotos (ETE):** a finalidade da ETE é a de remover parcialmente a carga poluente dos esgotos a um nível de concentração compatível com a capacidade de assimilação do meio receptor (e.g. curso d'água, solo) para evitar deterioração da qualidade ambiental. Um sistema de esgotamento sanitário só pode ser considerado completo se incluir a etapa de tratamento. A ETE pode dispor de alguns dos seguintes componentes (ou todos eles, dependendo da natureza do esgoto e exigência de tratamento): grade; desarenador; sedimentação primária; estabilização aeróbica; filtro biológico ou de percolação; lodos ativados; sedimentação secundária; digestor de lodo; secagem de lodo; e desinfecção do efluente.
- **Disposição Final:** após o tratamento, os esgotos podem ser lançados no corpo d'água receptor ou, eventualmente, aplicados no solo (MIDDLE, 1996; MOLLEDA et al., 2008). Em ambos os casos, deverá ser levado em conta os poluentes ainda presentes no esgoto tratado, especialmente os organismos patogênicos e metais pesados. As tubulações que transportam estes esgotos são também denominadas de emissários (FUNASA, 2007; TOSETTI, 2012). A Figura 4 apresenta como seria constituído um sistema convencional de uma cidade, mostrando componentes principais acima descritos.

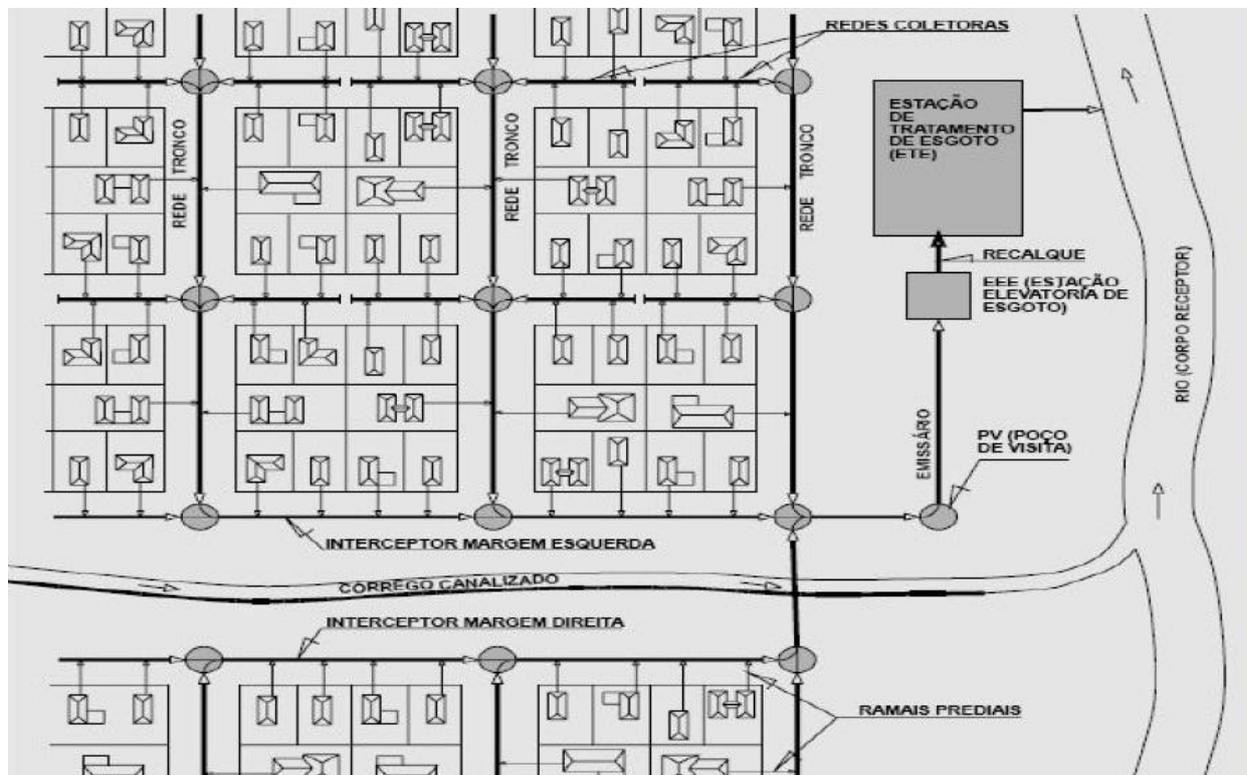


Figura 4 - Sistema convencional de esgoto (TOSETTI, 2012).



### 3.5.5 Sistema condominial

O sistema condominial de esgotos é uma solução eficiente e econômica para esgotamento sanitário, introduzida no Brasil na década de 1980 (FUNASA, 2007). Este modelo se apoia, fundamentalmente, na combinação da participação comunitária com a tecnologia apropriada. Esse sistema proporciona uma economia de até 65% em relação ao sistema convencional de esgotamento, graças às menores extensão e profundidade da rede coletora e à concepção de microssistemas descentralizados de tratamento (FUNASA, 2007; TOSETTI, 2012).

O nome Sistema Condominial resulta do fato de se agregar o quarteirão urbano com a participação comunitária, formando o condomínio, semelhante ao que ocorre em um edifício de apartamentos (condomínio vertical); dele se distingue, todavia, por ser informal quanto à sua organização e por ser horizontal do ponto de vista físico.

Desse modo, a rede coletora básica ou pública apenas tangencia o quarteirão do condomínio ao invés de circundá-lo como no sistema convencional. As edificações são conectadas a essa rede pública por meio de ligação coletiva ao nível do condomínio (Ramal condominial), cuja localização, manutenção e, às vezes, a execução são acordadas coletivamente, no âmbito de cada condomínio e com o prestador do serviço, a partir de um esquema de divisão de responsabilidade entre a comunidade interessada e o poder público (FUNASA, 2007; TOSETTI, 2012).

#### 3.5.5.1 Partes constitutivas do sistema condominial

A descrição abaixo está de acordo com FUNASA (2007).

- **Ramal Condominial:** trata-se da rede coletora que reúne os efluentes das casas que compõem um condomínio e pode ser de:

**Passeio:** quando o ramal condominial passa fora do lote, no passeio (calçada) em frente a este à aproximadamente 0,70m de distância do muro;

**Fundo de Lote:** quando o ramal condominial passa por dentro do lote, no fundo deste. Esta é a alternativa de menor custo, pois desta maneira é possível esgotar todas as faces de um conjunto com o mesmo ramal;

**Jardim:** quando o ramal condominial passar dentro do lote, porém, na frente do mesmo.

- **Rede Básica:** rede coletora que reúne os efluentes da última caixa de inspeção de cada condomínio, passando pelo passeio ou pela rua;

- **Unidade de Tratamento:** a cada microsistema corresponde uma estação para tratamento dos esgotos, que pode ser o tanque séptico com filtro anaeróbio.

### 3.6 Recomendações da NBR 9649:1986

Quando se dimensiona os coletores de esgotos, uma série de aspectos técnicos devem ser observados, a fim de que o processo de coleta, o rápido e seguro tratamento e o posterior destino final das águas residuais sejam garantidos de forma contínua e adequada ao longo de toda a vida útil do sistema. A garantia de funcionamento contínuo obtém-se em ausência de obstruções ou rupturas nos coletores, geralmente causados por sedimentos sólidos ou recalques negativos nas fundações das tubulações (FERNANDES, 2000).

Assim, a norma NBR 9649 intitulada “Projeto de redes coletoras de esgoto Sanitário” fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário. A mesma se complementa com as normas NBR 8160 – Instalações prediais de esgotos sanitários e a NBR 9648 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário (ABNT, 1986).

A norma apresenta as condições específicas para dimensionamento hidráulico dos coletores de esgoto onde os principais aspectos que o projetista deve observar são:

- Vazão;
- Diâmetro mínimo;
- Velocidade do escoamento e velocidade crítica;
- Lamina d’água máxima;
- Declividade mínima;
- Tensão trativa;
- Poços de visita (dimensão e espaçamento);
- Coletores.

Estes tópicos serão descritos resumidamente a seguir e levados em conta no dimensionamento da rede de esgoto.

#### 3.6.1 Vazão

Para todos os trechos da rede serão sempre estimadas as vazões de início  $Q_i$  e final de plano  $Q_f$ , para verificação do funcionamento do trecho nas situações extremas, sendo que a vazão a considerar para determinação das dimensões de qualquer trecho não será

inferior a 1,50 l/s o que equivale, aproximadamente, a descarga de um vaso sanitário, e é considerada no caso de inexistência de dados pesquisados e comprovados da área estudada (ABNT, 1986).

### 3.6.2 Diâmetro mínimo

Em geral, a seção circular é a mais empregada nas redes de esgoto, considerando-se que esta é a que apresenta maior eficiência hidráulica quando comparada às demais seções em condições equivalentes, pois apresenta maior raio hidráulico, além de menor consumo de matéria prima para moldagem das tubulações. Porém, grandes vazões implicam grandes diâmetros, o que pode inviabilizar sua especificação diante de várias circunstâncias. A norma brasileira indica, para os diversos tipos de materiais, um diâmetro mínimo de 200 mm quando se dimensiona uma rede coletora de esgoto (ABNT, 1986).

### 3.6.3 Velocidade máxima e crítica

Quanto maior a velocidade, melhores serão as condições de arrasto. Porém, velocidades excessivas colocam a estrutura das tubulações em risco (principalmente nas juntas), danifica as paredes internas pelo efeito da abrasão e acarretam elevadas perdas de carga. Por outro lado, a turbulência acentuada contribui para a entrada de ar no meio líquido aumentando a lâmina líquida no interior do trecho.

A NBR 9649 indica a velocidade de 5,0 m/s como limite máximo. Contudo, para que não haja preocupações do ponto de vista da engenharia, é recomendável não se trabalhar em trechos consecutivos, com velocidades superiores a 3,0 m/s. É importante que se verifique a tensão trativa para as condições iniciais de projeto e as velocidades máxima e crítica, esperadas no horizonte do projeto. É importante verificar o valor da velocidade resultante de modo a verificar se esta é ou não superior à velocidade crítica, pois velocidades superiores implicam arrasto e mistura de ar com as águas em escoamento (ABNT, 1986).

### 3.6.4 Lamina d'água máxima

As lâminas d'água devem alcançar, no máximo, 75% do diâmetro do coletor, para garantir as condições de escoamento livre e de ventilação. Determinam-se admitindo que o escoamento se encontra em regime permanente e uniforme para a vazão final  $Q_f$  (situação de lâmina d'água máxima de projeto). Quando a velocidade final  $V_f$  for superior à velocidade crítica  $V_c$ , a maior lâmina admissível deverá ser de 50% do diâmetro do coletor (ABNT, 1986).

### 3.6.5 Declividade mínima

Esta declividade deverá ser de tal modo que, além de garantir as mínimas condições de arraste, implique menor escavação possível, associada a um diâmetro escolhido que transporte a vazão final de projeto nas condições mais favoráveis, para cálculo de tubulações de esgotamento sanitário.

Na norma NBR 9649 recomenda uma declividade mínima que satisfaça a autolimpeza dos coletores pelo menos uma vez por dia, de acordo com a seguinte expressão:

$$I_{\min} = 0,0055 Q_i^{-0,47} \quad (1)$$

onde:

$I_{\min}$  - declividade mínima (m/m);

$Q_i$  - vazão de jusante (L/s).

Portanto, sempre que possível, o projetista deverá aproveitar a topografia do terreno para evitar:

- Coletores com grandes implantados a profundidades, grandes diâmetros ou grandes extensões;
- Singularidades com profundidade excessiva;
- Estações elevatórias de esgoto em quantidade e em profundidade excessiva.

De um jeito mais simplificado, para projeto, os limites de declividade mínima variam de 0,5% a 10%, no máximo.

### 3.6.6 Tensão trativa

É responsável pelo arrastamento do material sólido para evitar que o mesmo sedimente e acabe obstruindo o conduto. É a força que promove a autolimpeza do conduto atuando junto à parede da tubulação, no perímetro molhado. Recomenda-se que em cada trecho seja verificado o valor mínimo de tensão trativa média igual a 1,0 Pa para o dimensionamento dos coletores, que é suficiente para arrastar grãos de areia de até 1,50 mm de diâmetro (ABNT, 1986), e de 1,5 Pa para o dimensionamento dos interceptores (ABNT, 1992).

### 3.6.7 Poços de visita

Recomenda-se que as dimensões dos poços de visita obedeçam aos seguintes limites: i) diâmetro mínimo do tampão igual a 0,60 m; ii) dimensão mínima da câmara de 0,80 m. Por outro lado, a distância entre os poços de visita (PV) deve ser aquela que

possibilita o alcance dos instrumentos de limpeza (Quadro 2); os PV deverão ser implantados sempre que houver mudança de direção, de declividade, do diâmetro, da seção transversal ou interceptação de coletores (ABNT, 1986).

**Quadro 2** – Dimensões dos Poços de Visita

Diâmetro do coletor (mm)	Diâmetro do Poço de Visita (m)
300 – 450	1,20
530 – 1060	1,50
1200 – 1370	1,80
≥ 1500	Detalhes Especiais

Fonte: Mata-Lima, 2015.

### 3.6.8 Coletores

Os condutos ou coletores da rede de drenagem deverão respeitar uma profundidade mínima superior a 0,9 m para garantir uma proteção ao impacto de ações dinâmicas no subsolo. Da mesma maneira, a profundidade máxima será de 2,0 a 2,5 m quando estiverem instaladas debaixo de passeios/ calcadas, e de 3,0 a 4,0 m quando forem instaladas no eixo ou terço das estradas (ABNT, 1986).

Para manter o controle da septicidade, o projeto deve ter como critério evitar o escoamento em seção cheia, ou seja, a altura do escoamento não deve ser igual ao diâmetro (D) da tubulação já que é necessário algum espaço com ar para ventilação e eliminação da formação do ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S). Assim os coletores na parte final do sistema e os coletores com até 400 mm de diâmetro devem ser dimensionados para transportar a vazão de dimensionamento com uma altura de aproximadamente  $\frac{1}{2} D$ ; para coletores entre 400 e 900 mm a altura do escoamento pode alcançar  $\frac{2}{3} D$  do diâmetro; e coletores superiores a 900 mm de diâmetro devem ser dimensionados considerando uma altura máxima de escoamento da ordem de  $\frac{3}{4} D$  (NUVOLARI, 2011; MATA-LIMA, 2015).

### 3.7 Exemplo Prático

Como exemplo, apresenta-se uma rede em planta (Figura 5), referente à área do Parque Tecnológico da Itaipu (PTI), localizado na cidade de Foz do Iguaçu, onde se pode observar os trechos correspondentes ao esgoto desenhados em cor verde. Esse constitui um plano completo e atualizado de todas as instalações do local, no formato estipulado pelas normas ABNT vigentes, para cada tipo de instalação legendada na Figura 5. Portanto, o mesmo será utilizado como modelo a seguir para o desenvolvimento do projeto referente ao estudo de caso considerado neste trabalho.

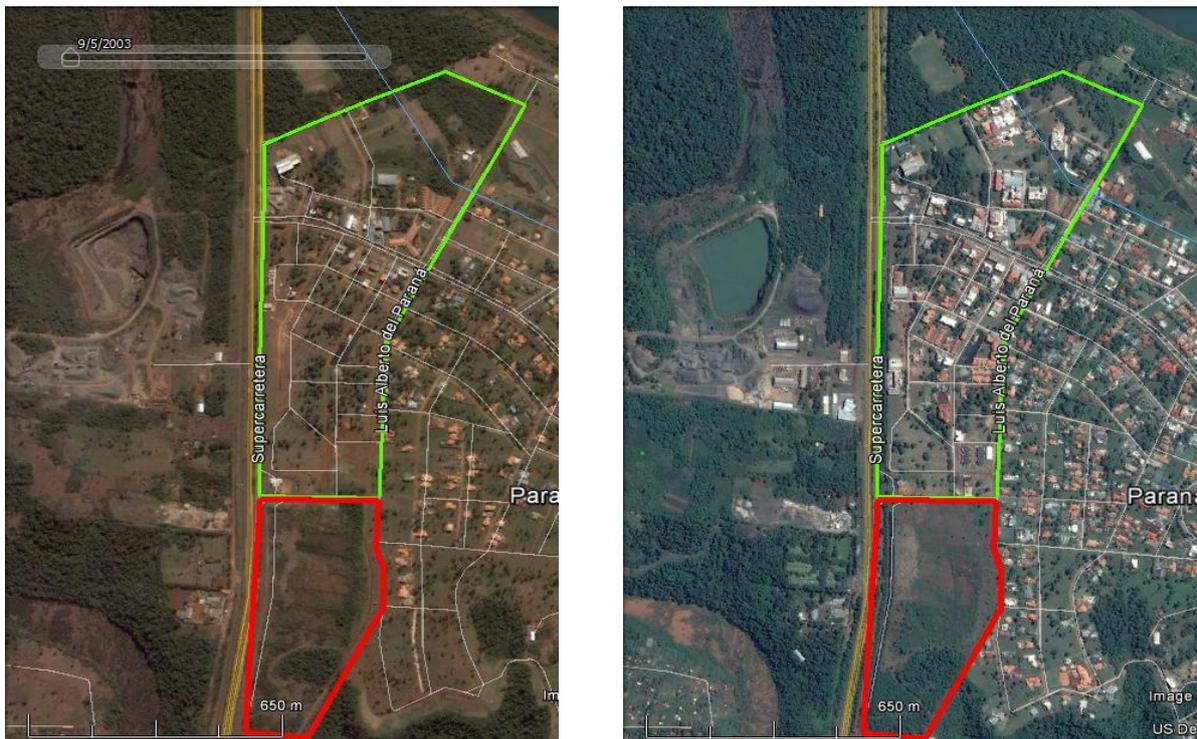


**Figura 5** - Planta das instalações do PTI (cortesia: Serviço de Infraestrutura do PTI, 2015).

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 Contextualização da Área de Intervenção

O domínio do estudo corresponde a área comercial do condomínio Paraná Country Club, no Paraguai, que conta com 42 ha de área construída e cerca de 22 ha com terrenos loteados ainda sem construção em andamento. Na Figura 6 pode-se observar como é notável o desenvolvimento que se deu ao longo do tempo nessa área, no período de maio de 2003 a março de 2014.



(a) Área comercial em 2003

(b) Área comercial em 2014

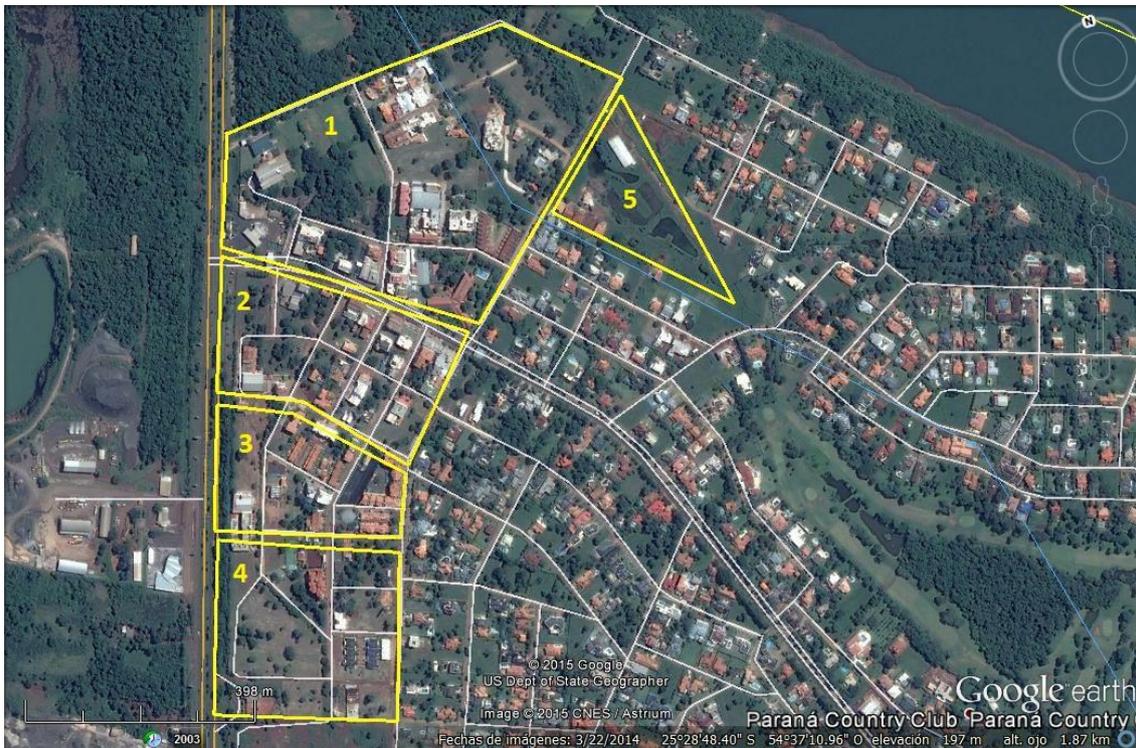
Figura 6 - Área comercial do condomínio Paraná Country Club (Google Earth, 2015).

Dentro do contorno de cor verde, se encontra a área construída estudada na primeira etapa do projeto, e em cor vermelha pode-se visualizar a área loteada, porém sem construções estabelecidas ou obras em andamento.

Com a colaboração do Departamento de Obras do condomínio, foi possível ter acesso aos planos diretores elaborados até 2015 que foram compilados e atualizados em uma única planta de toda a área do condomínio em formato *dwg* (visualizável com o programa *Civil 3D* da *Autodesk*), o qual foi usado para a implantação da rede de drenagem. Assim retirou-se a parte necessária para o estudo e elaboração do projeto correspondente a área comercial.

Para melhor apresentação, visualização e compreensão, a área foi dividida em cinco partes delimitadas pelas ruas mostradas na Figura 7. As áreas 1, 2, 3 e 4 são aquelas que

contribuirão para a vazão inicial de esgoto, e a área 5, está reservada para a instalação da estação de tratamento de esgoto (ETE), a qual será tratada na seção seguinte.



**Figura 7** – Área comercial dividida em parcelas (Google Earth, 2015).

Na Figura 8 é apresentada uma parte do plano da área comercial. O plano conta com referências de terrenos construídos, terrenos em construção, terrenos sem construção e obras paradas, além de conter informações como nome das ruas e identificação do terreno e das quadras, facilitando a caracterização do local.

Para dar continuidade ao desenvolvimento do projeto, foi necessária a extração de dados importantes da área, e nesse contexto, se destaca a altitude, pois para a elaboração de cálculos adequados e corretos, a altitude dos pontos da rede de drenagem projetada deve estar adequada. Para tal verificação, é elaborado um modelo em 3D para melhor análise morfométrica do terreno como mostra a Figura 9, com o auxílio do programa *Global Mapper*, além de ferramentas de extração de dados de coordenadas via *GPS* que o mesmo possui. São obtidas também as curvas de nível com o programa *Civil 3D*, como apresentado na Figura 10. Isso é necessário, uma vez que o plano altimétrico da região está ainda em fase de levantamento e não foi possível ter acesso aos dados do mesmo.



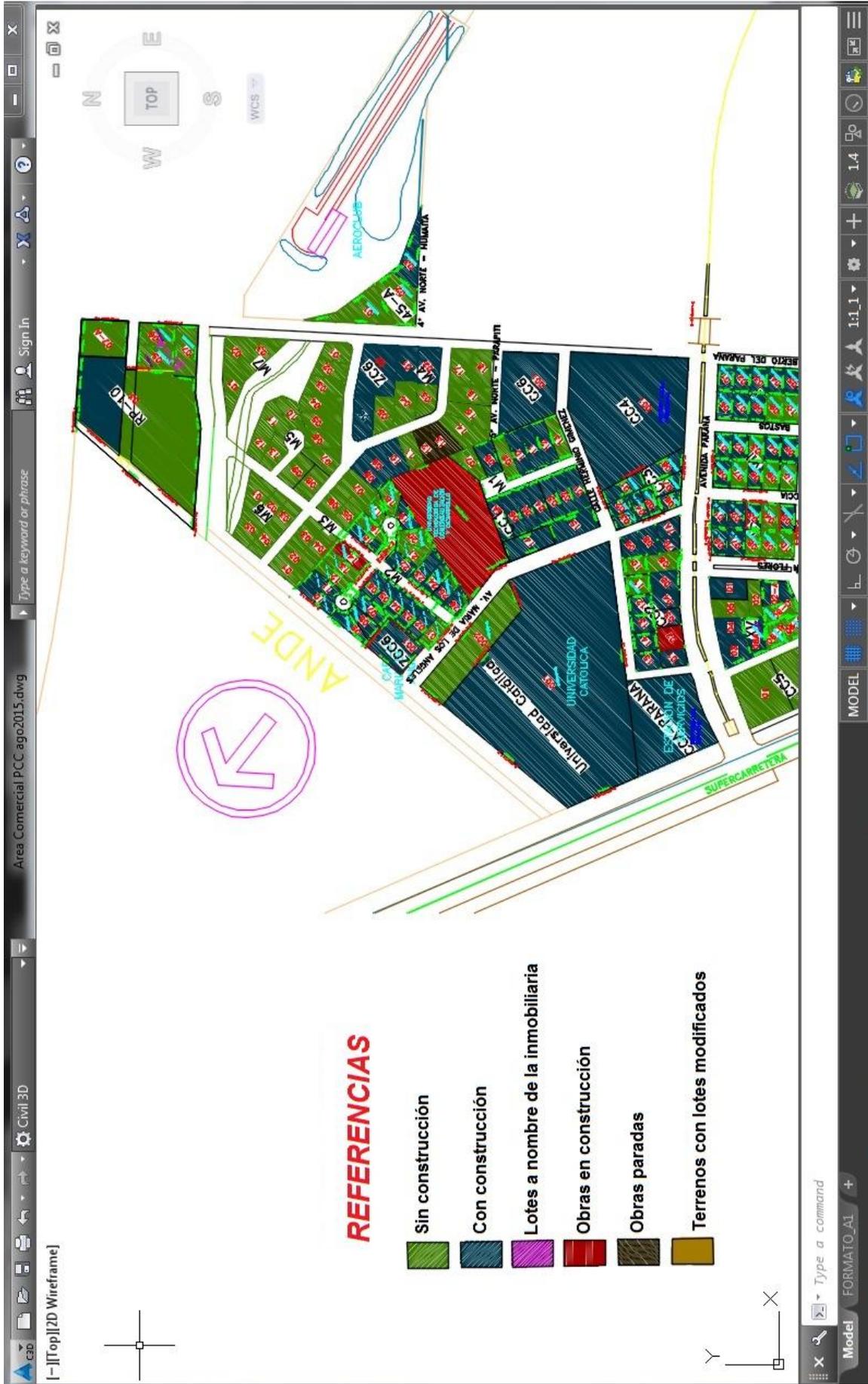


Figura 8 - Parte do plano da área comercial (Departamento de Obras – PCC, 2015).

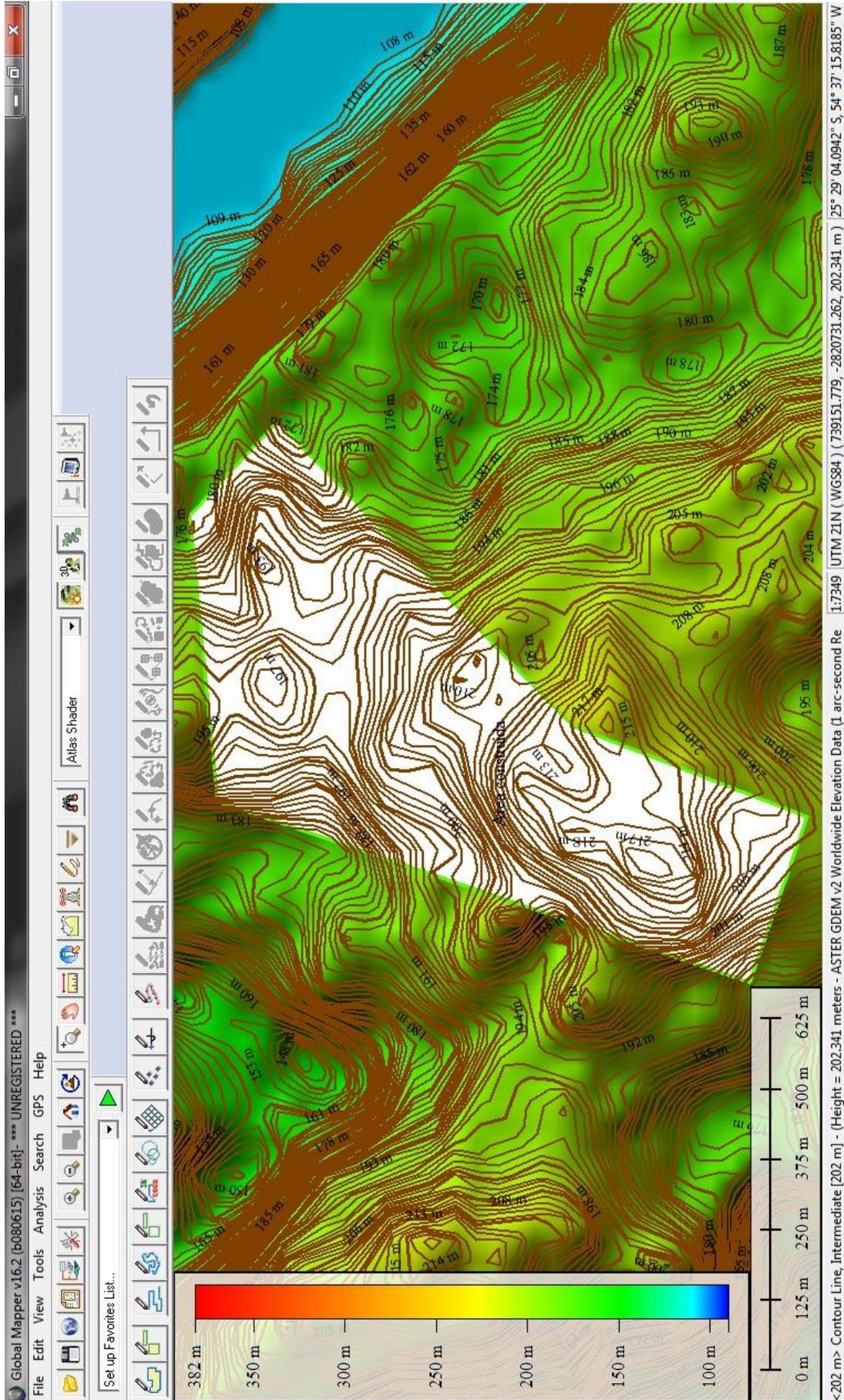
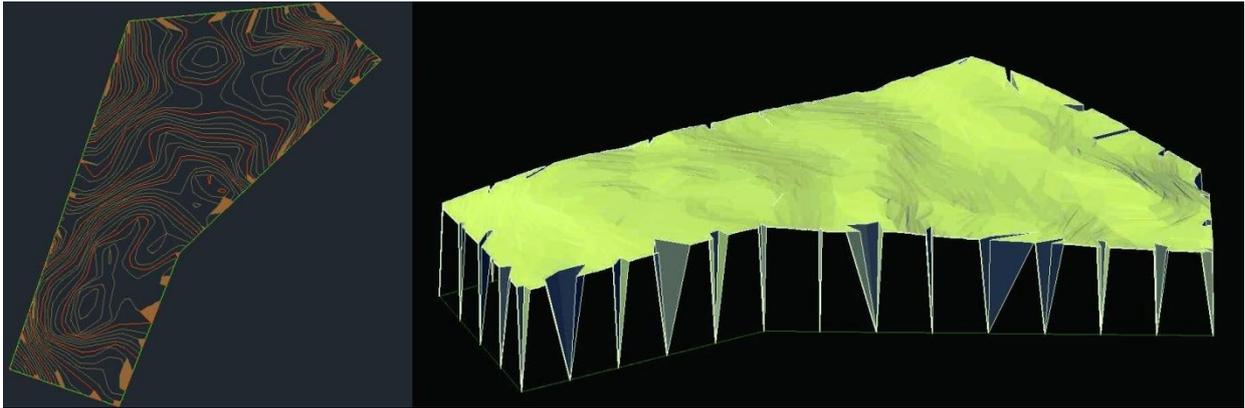


Figura 9 - Caracterização topográfica do terreno (Global Mapper, 2015).



**Figura 10** - Modelo 3D do terreno (*Civil 3D*, 2015).

Como mostram as Figuras 9 e 10, foi elaborado o modelo 3D com o *Global Mapper*, mas o uso do mesmo não apresentava a precisão necessária nem facilidade de extração de dados, razão pela qual se recorreu ao *Civil 3D*. No presente trabalho usou-se a versão anterior do software (2013) visto ser aquela que permite a importação direta do mapa desde o *Google Earth* com todas as informações de altitude, como explicado no apêndice, e com o qual foi possível integrar toda informação em um único mapa (Figura 11), conjugando a imagem de satélite, curvas de nível e o projeto disponibilizado pelo Departamento de Obras correspondente a área comercial.

Para verificar o impacto da eventual margem de erro associada ao uso do *Google Earth* como fonte de dados, foram realizadas visitas de campo para observar a topografia do local. Concluiu-se que os eventuais erros não afetam os critérios de dimensionamento visto que, em um projeto de execução de drenagem, pretende-se medir declividades das estradas para decidir sobre o traçado dos coletores de drenagem que garantam escoamento por gravidade. Desse modo, é possível determinar a profundidade e a declividade de implantação dos coletores que assegurem condições de escoamento que respeitem os limites de velocidade recomendados pelas normas da ABNT. Após a conclusão do projeto planialtimétrico do condomínio poderão ser feitos os eventuais ajustes necessários à implantação dos coletores da rede.

#### **4.2 Definição do Traçado da Rede**

Parte da área comercial conta com uma rede de esgoto em uso atualmente, mas com problemas de dimensionamento, segundo fontes locais, que acarretam problemas (forte odor na entrada principal do condomínio e saturação da área de infiltração) na zona de despejo do mesmo. Na Figura 12 são apresentados os terrenos que estão conectados e as futuras conexões possíveis, a título de informação, pois a mesma não foi considerada como parte do presente projeto para facilitar a elaboração dos cálculos da nova rede a ser

projetada. A área de infiltração está em processo de desativação visto que está em andamento uma nova solução para o problema que passa pela instalação de uma Estação de Tratamento do Esgoto (ETE) na zona baixa do condomínio.

Nessa etapa do trabalho foi definido um esboço (ou primeira aproximação) da rede de drenagem que foi dimensionada. A Figura 13 apresenta a rede projetada (cor verde) de maneira preliminar no início do projeto, respeitando os limites das ruas. Cabe mencionar que esta projeção foi feita com o *Civil 3D* na primeira etapa do trabalho e sofreu algumas alterações, em função das cotas que foram verificadas detalhadamente. Esta rede preliminar, por se tratar de um esboço, ainda não apresenta a implantação dos acessórios especificados anteriormente na revisão bibliográfica (seção 3.5.4.1).



**Figura 11** – Integração de imagem do satélite com curvas de nível e planta de ocupação da área (Civil 3D, 2016).



Figura 12 - Rede existente na área 2 (Departamento de Obras – PCC, 2015).



**Figura 13** - Rede preliminar de esgotamento sanitário (Civil 3D, 2015).

### 4.3 Localização da Estação de Tratamento do Esgoto

O Departamento de Obras do condomínio realizou um estudo prévio para a localização da Estação de Tratamento do Esgoto (ETE), tendo selecionado a área 5 (Figura 7) que se apresenta em maior escala na Figura 14. Este local era usado como pista de pouso e decolagem de aeronaves ultraleves em anos anteriores, mas foi desativada devido à frequência de acidentes. Portanto, considerando que os terrenos loteados do entorno não estão habitados e ainda o fato da área corresponder a uma zona de cotas mais baixas, facilita a implantação de uma ETE para onde todo o esgoto pode ser transportado por ação da gravidade.



**Figura 14** - Localização da ETE (Google Earth, 2015).

Com o *Civil 3D* foi representada a localização da ETE fazendo a conexão com a rede de esgotamento sanitário, conforme ilustra a Figura 15.



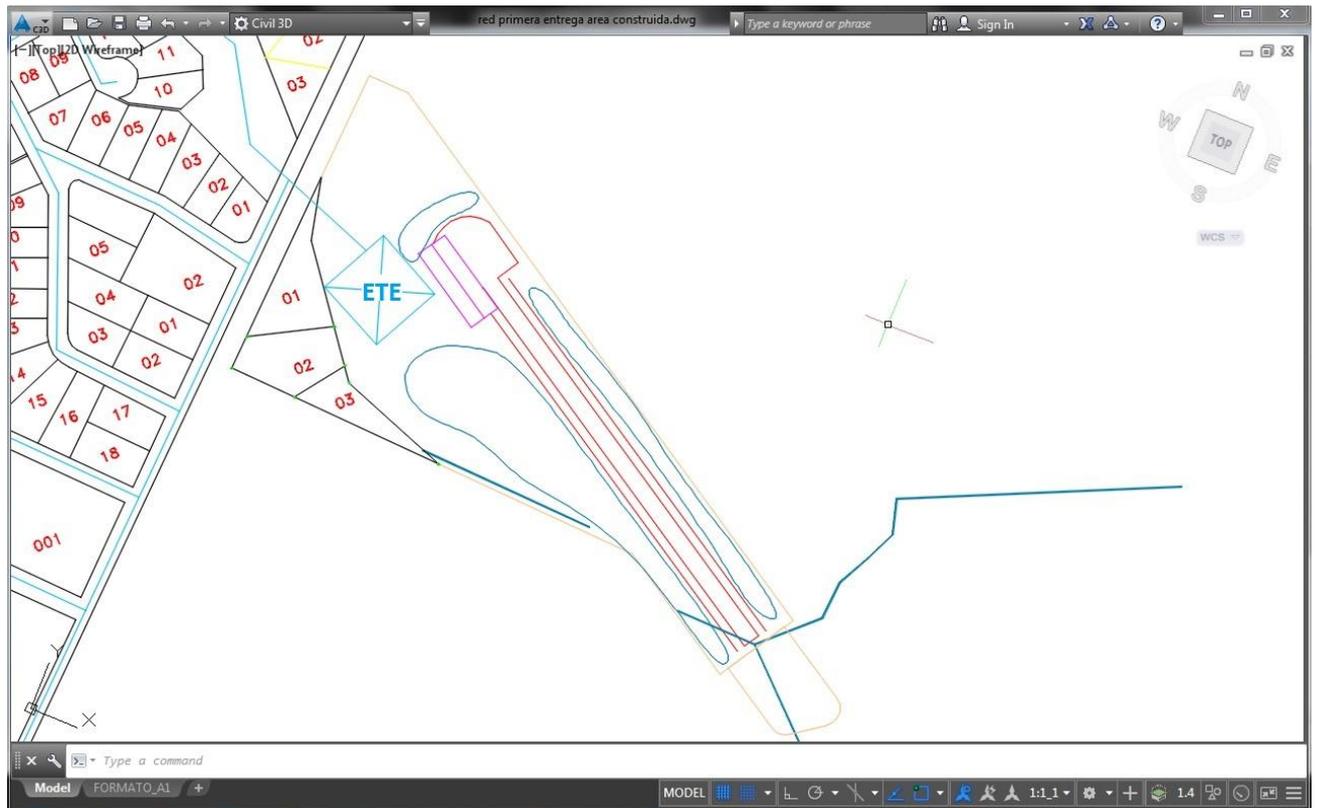


Figura 15 - ETE na área 5 (Civil 3D, 2015).

#### 4.4 População e Estimativa de Produção de Esgoto

Atualmente a população residente e flutuante do local chega aos 8.500 habitantes, mas estima-se que a região construída da área comercial tenha capacidade para uma população de aproximadamente 15.000 habitantes. A estimativa leva em conta o horizonte de projeto de 40 anos, considerado mínimo para este tipo de projetos de infraestrutura e acatado pelo Departamento de Obras do condomínio.

A magnitude da vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico varia em função dos costumes dos habitantes. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Assim, estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja, 80% da água consumida (FUNASA, 2007; BAVARESCO, 2002).

Estima-se que o consumo diário alcança os 188 litros/habitante.dia na área comercial do condomínio (de classe média), valor que se enquadra nas recomendações da norma ABNT para uma população desse porte, como mostra o Quadro 3.

**Quadro 3** – Consumo de água *per capita*

Porte da comunidade	Faixa da população (habitante)	Consumo <i>per capita</i> - <i>q</i> (l/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 - 140
Vila	5.000 - 10.000	100 - 160
Pequena localidade	10.000 - 50.000	110 - 190
Cidade média	50.000 - 250.000	120 - 220
Cidade Grande	> 250.000	150 - 300

Fonte: SPERLING, 1996.

Considerando os dados apresentados e o horizonte de projeto (40 anos), a vazão do esgoto a ser considerada nos cálculos, seria 80% dos 188,00 l/hab.dia estimados, que alcançam os 150,00 l/hab.dia, utilizado para o dimensionamento da rede de esgoto definida nesse trabalho. Com base nos dados de consumo de água, obtém-se aproximadamente 15,00 l/s de vazão média diária na rede de esgoto (na situação atual), que tem de ser somada a vazão de infiltração por km do coletor (a norma NBR 9649, sugere o valor de 0,50 l/s.km). É também necessário respeitar uma vazão mínima de projeto de 1,50 l/s em cada ponto de contribuição. Por outro lado, para o horizonte de projeto, estima-se que a vazão poderá alcançar 25,00 l/s.

Além disso, a produção do esgoto depende da atividade desenvolvida na área de contribuição, limitada pela localização de cada poço de visita. Na América Latina, a produção estimada para uma população de classe média alcança os valores máximos definidos no Quadro 4.

**Quadro 4** – Produção do esgoto em função da característica da área

Área	Produção (litros/dia)	Produção (litros/segundo)
Residencial	615.000	7,12
Comercial	100.000	1,16
Educacional	72.000	0,83
Esportivo	22.500	0,26
Parques – Praças	32.000	0,37
<b>Total</b>	<b>841.500</b>	<b>9,74</b>

Fonte: RUIZ, 2008.

Uma vez definidos esses dados, pode-se avançar para a definição dos cenários de dimensionamento.

## 5 DADOS E MÉTODOS

A metodologia considerada para este trabalho contempla as seguintes etapas:

### 5.1 Levantamento de Dados da Área de Implantação do Projeto

Foram realizadas visitas para reconhecimento preliminar e identificação das principais características da área de estudo (planta planialtimétrica e mapa de ocupação e uso do solo, fornecidos pelo Departamento de Obras do condomínio, mapa de ocupação e uso do solo e dados climáticos). A Figura 16 apresenta uma vista aérea do condomínio.



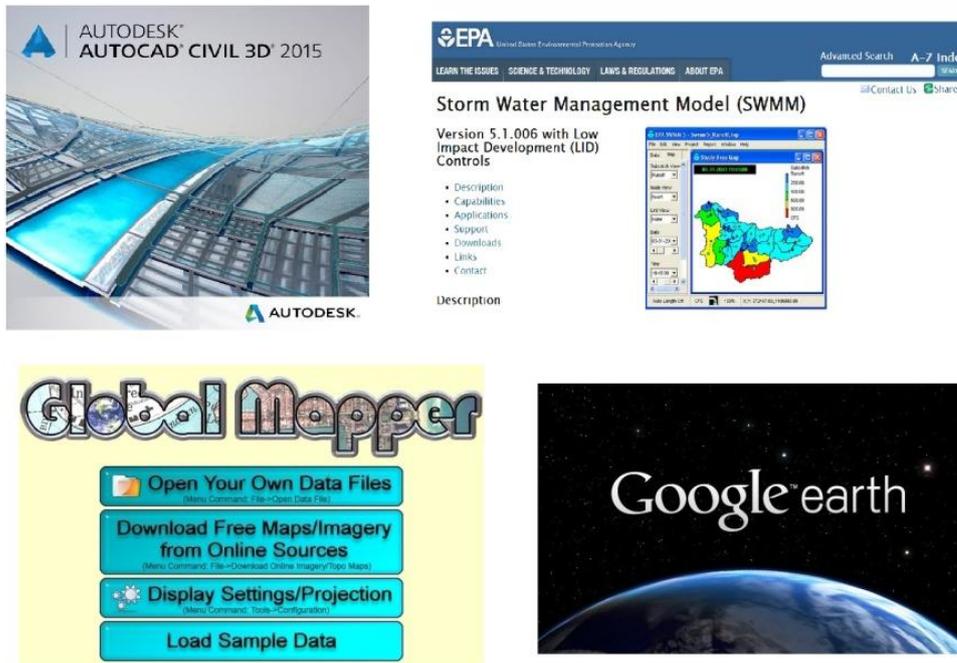
Figura 16 - Condomínio Paraná Country Club (Google Earth, 2014).

### 5.2 Estudo de Concepção da Rede de Drenagem

Nessa fase foram coletados dados necessários para: (1) determinar a precipitação de projeto<sup>3</sup>, (2) definir bacias de contribuição, (3) estabelecer o horizonte do projeto, (4) estimar a população de projeto, (5) estimar as vazões, (6) definir o traçado final da rede (com a ajuda de programas como *Civil 3D*, *Google Earth* e *Storm Water Management Model (SWMM)*), (7) efetuar o dimensionamento preliminar do sistema de drenagem (coletor, poço de visita, bacias de retenção/infiltração e outros acessórios), (8) analisar cenários

<sup>3</sup> A precipitação de projeto e bacias de contribuição serão determinadas no projeto de drenagem pluvial a ser integrado no sistema de drenagem.

alternativos sob o ponto de vista da eficiência técnica, ambiental e econômica do projeto (respeitando os princípios dos sistemas sustentáveis de drenagem urbana), (9) representar o mapa de localização dos órgãos acessórios da rede em planta e perfil. A Figura 17 apresenta os programas que serão utilizados para o desenvolvimento do presente projeto, citados anteriormente.



**Figura 17** – Softwares relevantes para o desenvolvimento do projeto. Foram usados no tratamento de dados e dimensionamento da rede de drenagem.

### 5.3 Dimensionamento do Sistema de Drenagem

Esta etapa descreve o procedimento de cálculo das seções dos coletores e poços de visita, respeitando a NBR 9649 e demais referências técnicas.

#### 5.3.1 Dimensionamento da rede do esgoto: fases do projeto

O projeto de dimensionamento da rede de drenagem de esgoto será realizado de acordo com as seguintes etapas (MATA-LIMA, 2015): (1) Traçado da rede em planta e perfil longitudinal; (2) Estimativa da população e cálculo de vazões média e de dimensionamento; (3) Dimensionamento hidráulico-sanitário; e (4) Desenho pormenorizado do perfil longitudinal da rede incluindo a localização dos acessórios.

#### 5.3.2 Cálculo de vazões

O cálculo das vazões de esgoto (águas residuárias) envolve as seguintes etapas:

- a) Distribuição da população por trechos;

- b) Cálculo da população acumulada servida por trecho;
- c) Cálculo da vazão média –  $Q_m$  (l/s);

$$Q_m = \frac{\text{População} \cdot \text{Capitação} \cdot C_a}{86400} \quad (2)$$

onde: a população vem expressa em n.º de habitantes, capitação em l/hab/dia (e.g. 200 l/hab/dia) e  $C_a$  é o coeficiente de afluência do esgoto (efluente) à rede (assume um valor entre 0,70 e 0,90).  $C_a$  também recebe a designação de coeficiente de retorno, e 86400 é a constante para transformar o resultado de l/dia para l/s.

- d) Cálculo da vazão de infiltração  $Q_i$  ( $0 < Q_i < Q_m$ ); varia de 0,05 a 1,7 l/s/km em função das características geomorfológicas e climáticas de cada região, mas geralmente considera-se  $Q_i = 0,50$  l/s/km;
- e) Cálculo da vazão de ponta ou vazão de projeto

$$Q_p = Q_m f_p Q_i \quad (3)$$

$$f_p = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \text{ com } Q_m \text{ (l/s)} \\ f_p = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{\text{Pop}}} \\ f_p = 5 \times \text{Pop}^{-0,185} \end{array} \right. \quad (4)$$

onde:  $Q_m$  – vazão média (l/s) e Pop – população em número de habitantes. O fator de ponta instantâneo ( $f_p$ ) expressa a influência do caráter temporário da população residente e assume os valores apresentados no Quadro 5.

**Quadro 5** – Valores típicos do fator de ponta ( $f_p$ )

População	$f_p$ (-)
$p \leq 2000$ hab	4,0
$2000 < p \leq 10\ 000$ hab	3,0
$10\ 000 < p \leq 100\ 000$ hab	2,4
$P > 100\ 000$ hab	2,0

Fonte: Mata-Lima, 2015

### 5.3.3 Cálculo das variáveis do escoamento

Uma seção circular parcialmente cheia é mais comum em redes de drenagem pluvial e de esgoto, onde a necessidade de satisfazer as condições hidráulicas da altura do escoamento resulta da grande variação de contribuição na rede ao longo da sua vida útil. A equação de Manning – Strickler é usada para calcular as características do escoamento como a velocidade e a altura, sendo expressa da seguinte maneira (AZEVEDO NETTO, 1998):

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

onde:  $Q$  – vazão ( $m^3/s$ ),  $n$  – coeficiente de rugosidade do material ( $m^{-1/3}s$ ),  $A$  – área da seção transversal do escoamento ( $m^2$ ),  $R_h$  – Raio hidráulico (m) e  $J$  – declividade do coletor (m/m).

São descritas abaixo as equações para calcular as variáveis de um canal com escoamento em seção parcialmente cheia.

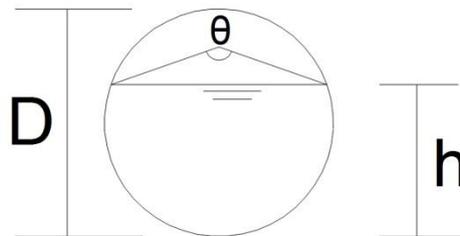


Figura 18 – Tubulação parcialmente cheia.

onde:  $D$  – Diâmetro(m),  $h$  - Altura do escoamento (m) e  $\theta$  - Ângulo central (radianos).

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( 1 - 2 \frac{h}{D} \right) \quad (6)$$

A área é dada pela equação (7).

$$A = (\theta - \sin \theta) \frac{D^2}{8} \quad (7)$$

O perímetro, definido pela equação (8).

$$P = \frac{\theta D}{2} \quad (8)$$

Para obter o raio hidráulico, precisamos resolver o quociente entre a equação (7) e a equação (8).

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \quad (9)$$

Sabendo que a vazão (Q) é igual a:

$$Q=V.A \quad (10)$$

onde: V – velocidade (m/s).

Para simplificar a equação (5), usa-se a equação (9) e a equação (10) que ficaria da seguinte maneira:

$$V= \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} = \frac{0,397 D^{\frac{2}{3}}}{n} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

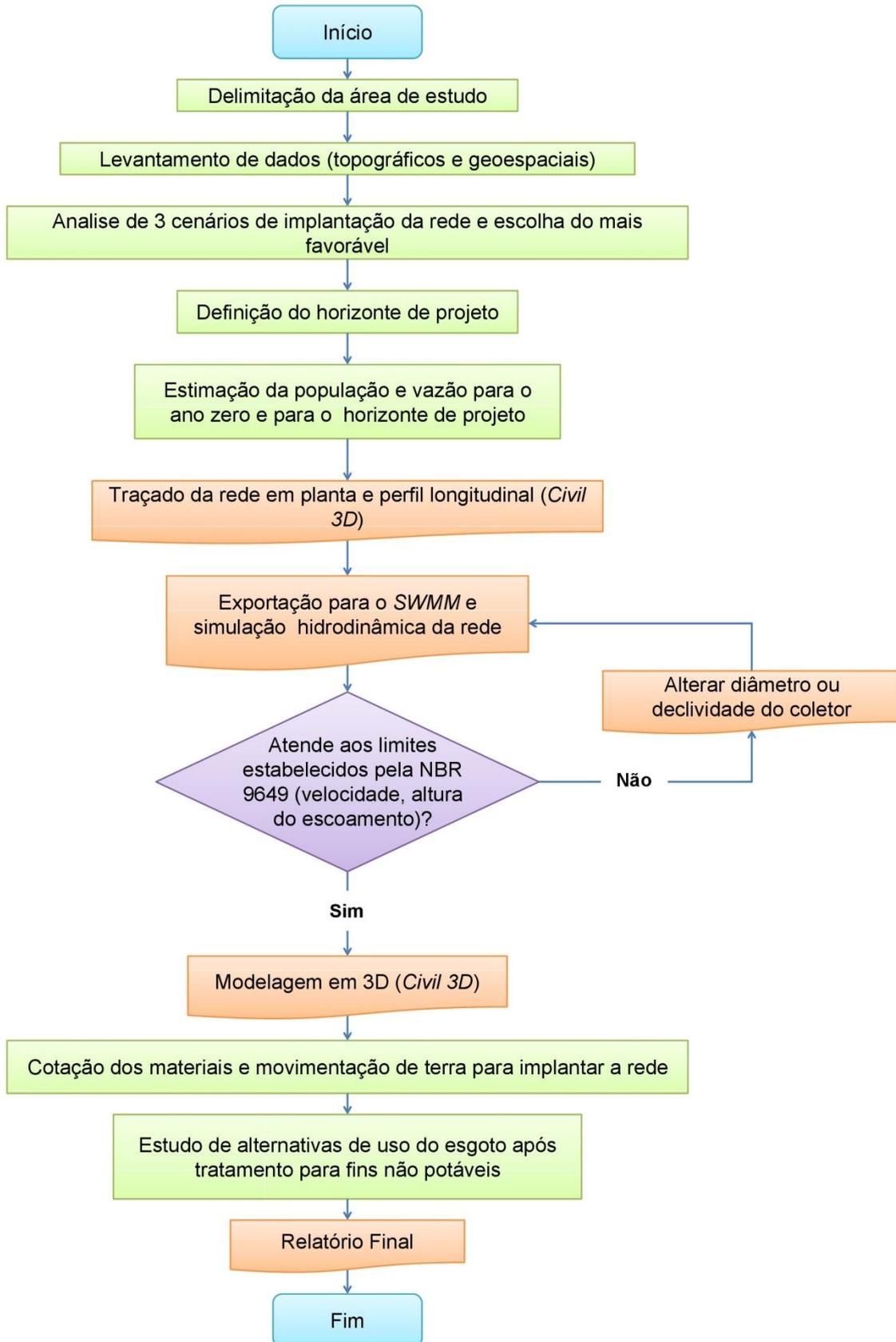
Com isso, inserindo na equação (11) o valor do diâmetro da tubulação (D) e o valor do coeficiente de rugosidade do material (n), facilmente poderá ser encontrado o resultado da velocidade (V) do escoamento. Feito isso, com a equação (10) pode se verificar se a altura inserida na equação (6) satisfaz a vazão (Q) do esgoto coletado em todo o trecho.

#### 5.4 Análise do Custo do Sistema de Drenagem

Serão analisados os custos dos diferentes componentes do projeto (descritos na seção 3.5.4.1, Partes Constitutivas do Sistema Convencional), para elaborar planilha de orçamento, referente ao cenário principal a ser considerado para o projeto.

#### 5.5 Etapas do Desenvolvimento do Projeto

O projeto da rede de drenagem de esgoto requer essencialmente a integração de informação topográfica, sociodemográfica e relativa ao comportamento hidrodinâmico da rede de coletores. O fluxograma seguinte representa as etapas envolvidas na concepção e dimensionamento da rede de coletores (Figura 19).



**Figura 19** – Fluxograma do algoritmo de dimensionamento da rede de drenagem de esgoto.



## **6** RESULTADOS

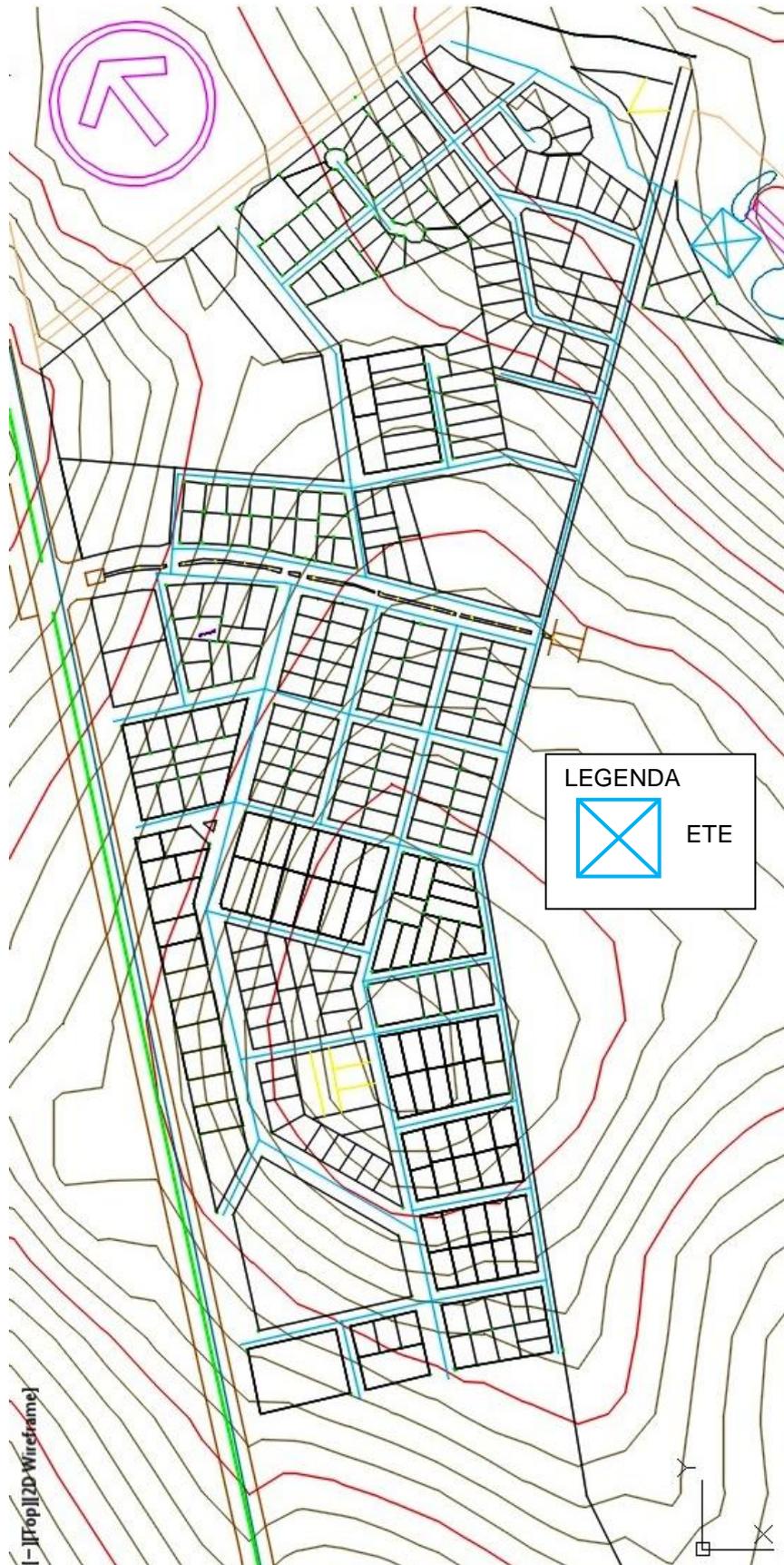
### **6.1 Implantação da Rede**

Como definido anteriormente, três cenários foram estudados para selecionar a alternativa mais eficiente do ponto de vista técnico, ambiental e econômico. A viabilidade do cenário escolhido está baseado na necessidade da área comercial de possuir uma rede ampla, completa e adequada para a vazão de esgoto estimada, que se adapte de maneira eficaz à demanda da população. Com isso, o cenário 1 apresentado na Figura 20, foi o dimensionado no presente trabalho. Os cenários 2 e 3 (Figura 21) constituem alternativas inviáveis atualmente já que os terrenos correspondentes à área não construída, destacada na seção 4.1, não possuem estradas e não foram definidos os limites do loteamento em projeto, o que dificulta uma avaliação do possível traçado da rede.

De igual modo, esses terrenos foram loteados de uma maneira aproximada para a elaboração desses cenários, tendo em conta as medidas padrão dos terrenos já existentes. Assim, o cenário 2, apresenta uma rede independente do cenário 1, e o cenário 3 uniria os dois cenários anteriores. O esboço das redes está em cor azul claro nas figuras seguintes.

Conforme o avanço do projeto, o Departamento de Obras se mostrou mais interessado na implementação de drenagem de esgoto que ainda não existe no condomínio. Existe apenas uma rede parcial de drenagem pluvial estabelecida e funcionando conforme as normas locais.

Assim, com a ajuda das visitas de campo, para verificar a existência de trechos gravíticos e elevatórios, foi possível conformar a rede, visando a otimização da mesma, tendo em conta os limites dos terrenos, e mantendo o traçado no eixo das ruas (Figura 22).



**Figura 20** – Cenário 1: escolhido para o projeto da rede de esgoto (Civil 3D, 2016).



Figura 21 – Cenários 2 (à esquerda) e 3 (à direita) (Civil 3D, 2016).

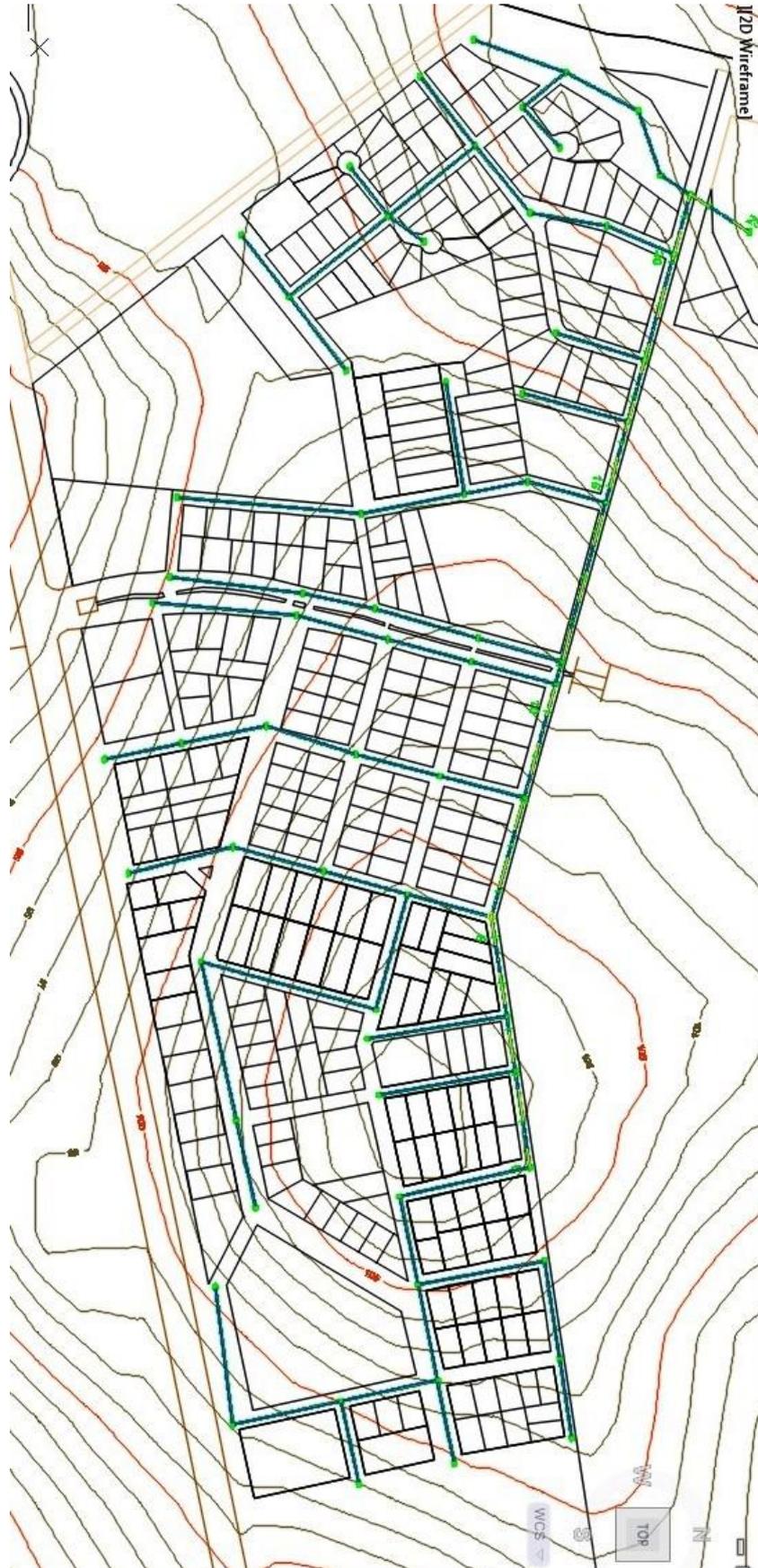


Figura 22 – Rede implantada considerando o Cenário 1 (Civil 3D, 2016).

## 6.2 Constituição da Rede: coletores e órgãos acessórios

O presente projeto prevê o uso de um dos dois materiais mais comuns nas redes de coletores: o concreto e o Policloreto de Vinilo (PVC). Ambos devem respeitar as regras estabelecidas na norma NBR 9649 (seção 3.6.8) quanto à instalação que proporciona um desempenho hidrodinâmico eficiente. Assim, foram escolhidos os seguintes materiais:

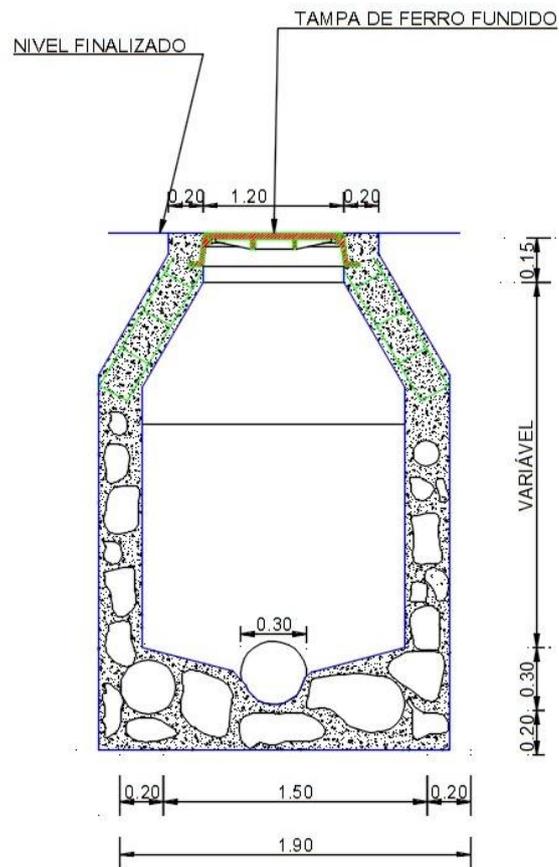
- Tubo de Concreto Armado PA-2 dimensionado segundo a NBR 8890, fabricados de maneira padrão na região (diâmetros comerciais de até 1.500 mm);
- PVC da linha Vinilfort pertencente à marca Tigre, disponível tanto no Brasil como no Paraguai, dimensionado de acordo com a NBR 7362 (diâmetros comerciais de 200 mm a 1.000 mm).

Os dois materiais foram escolhidos devido ao desempenho comprovado nos sistemas de esgotamento sanitário e alta amplitude da variação de diâmetros disponíveis na região.

Assim, estabeleceu-se uma seção tipo para o projeto, a qual respeita as recomendações indicadas na Figura 23, e do mesmo jeito a seção tipo para os poços de visita na Figura 24.

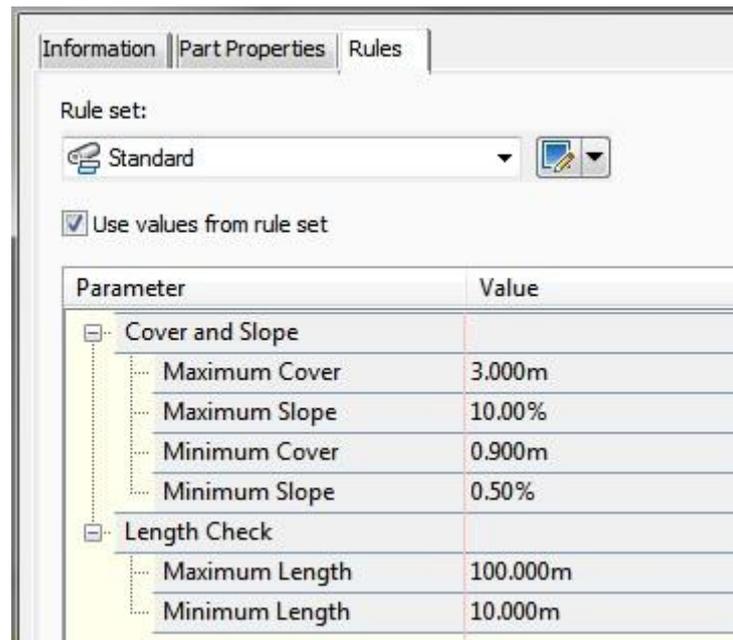


Figura 23 – Seção tipo dos coletores.



**Figura 24** - Seção tipo dos poços de visita de 1,20 m de diâmetro.

Como definido anteriormente (seções 3.6.5 , 3.6.7 e 3.6.8), a ferramenta *rules* do *Civil 3D* permitiu estabelecer os limites para declividade, distância entre poços de visita e também altura máxima do escoamento relativamente ao diâmetro dos coletores. Dessa forma, a Figura 25 mostra os valores limites estipulados para o projeto.



Legenda: *Maximum Cover*: Cobrimento máximo; *Maximum Slope*: Declividade máxima; *Minimum Cover*: Cobrimento mínimo; *Minimum Slope*: Declividade mínima; *Maximum Length*: Comprimento máximo; *Minimum Length*: Comprimento mínimo.

**Figura 25** – Regra estabelecida para os coletores (Civil 3D, 2016).

### 6.3 Análise Hidrodinâmica

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos das simulações, feitas para a situação atual e para o horizonte de projeto.

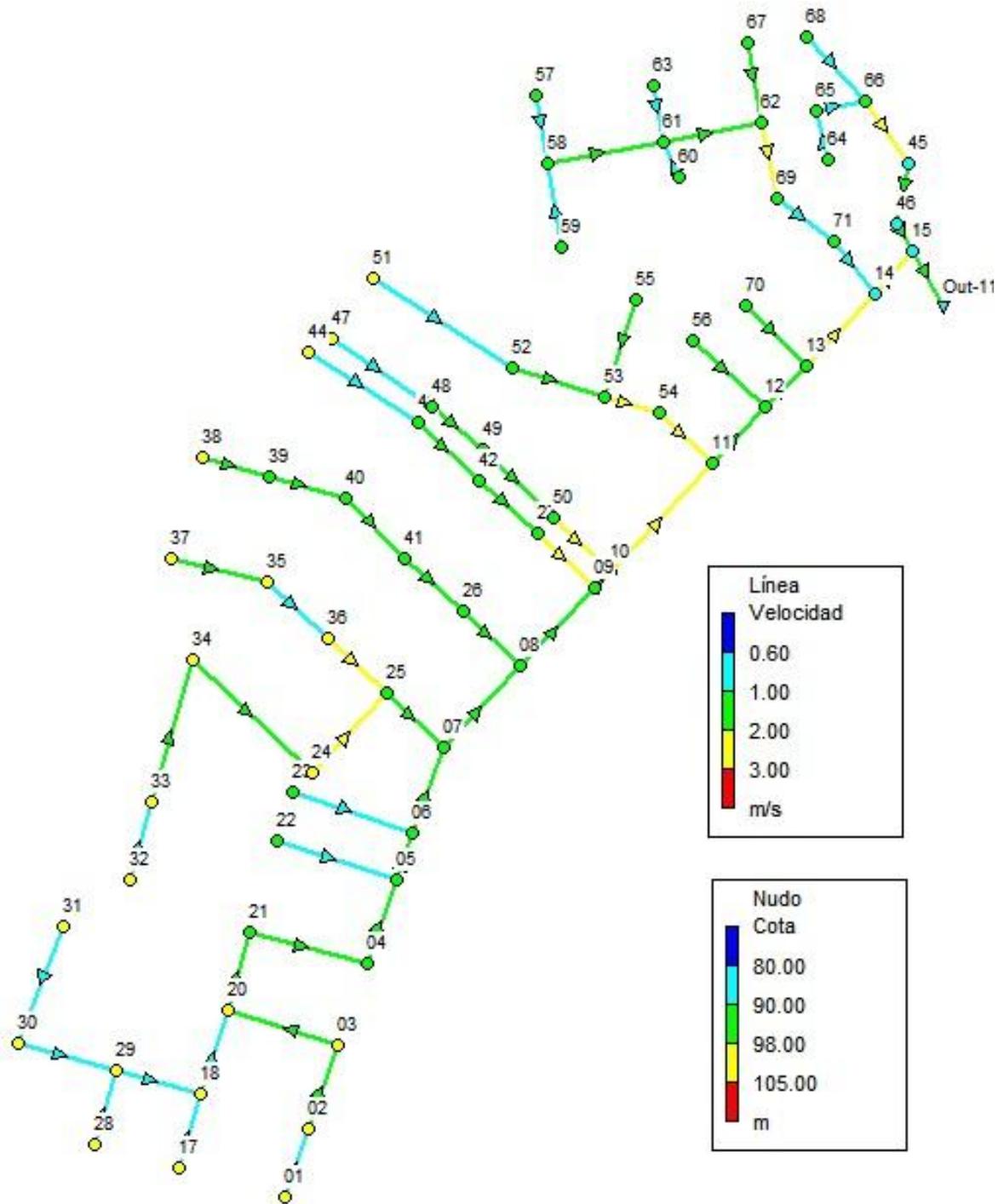
#### 6.3.1 Diâmetros

Os diâmetros instalados foram definidos em função das vazões, com o intuito de manter o controle da septicidade. Assim, os coletores foram projetados com diâmetros de **300 mm** nas redes coletoras em geral, e **800 mm** no coletor tronco (Figura 33). Os diâmetros dos poços de visita são de 1,20 m na rede coletora e de 1,50 m quando localizados no coletor tronco, respeitando os limites apresentados no Quadro 2 da seção 3.6.7.

#### 6.3.2 Vazão e velocidade

As vazões foram computadas em duas simulações independentes, para verificar se os limites de velocidade mínima e máxima são atendidos, respectivamente no presente (ano zero – condomínio subutilizado) e no horizonte do projeto, em todos os trechos da rede.

Dessa forma, com o *software SWMM*, como explicado no Anexo 1, foi possível simular o comportamento hidrodinâmico da rede, diferenciando duas alternativas: coletor de concreto com coeficiente de Manning ( $n$ ) igual a  $0,013 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  e PVC com coeficiente de Manning ( $n$ ) igual a  $0,01 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ .



**Figura 26** – Distribuição das velocidades nos trechos da rede. Simulação realizada para o ano zero – rede de concreto.



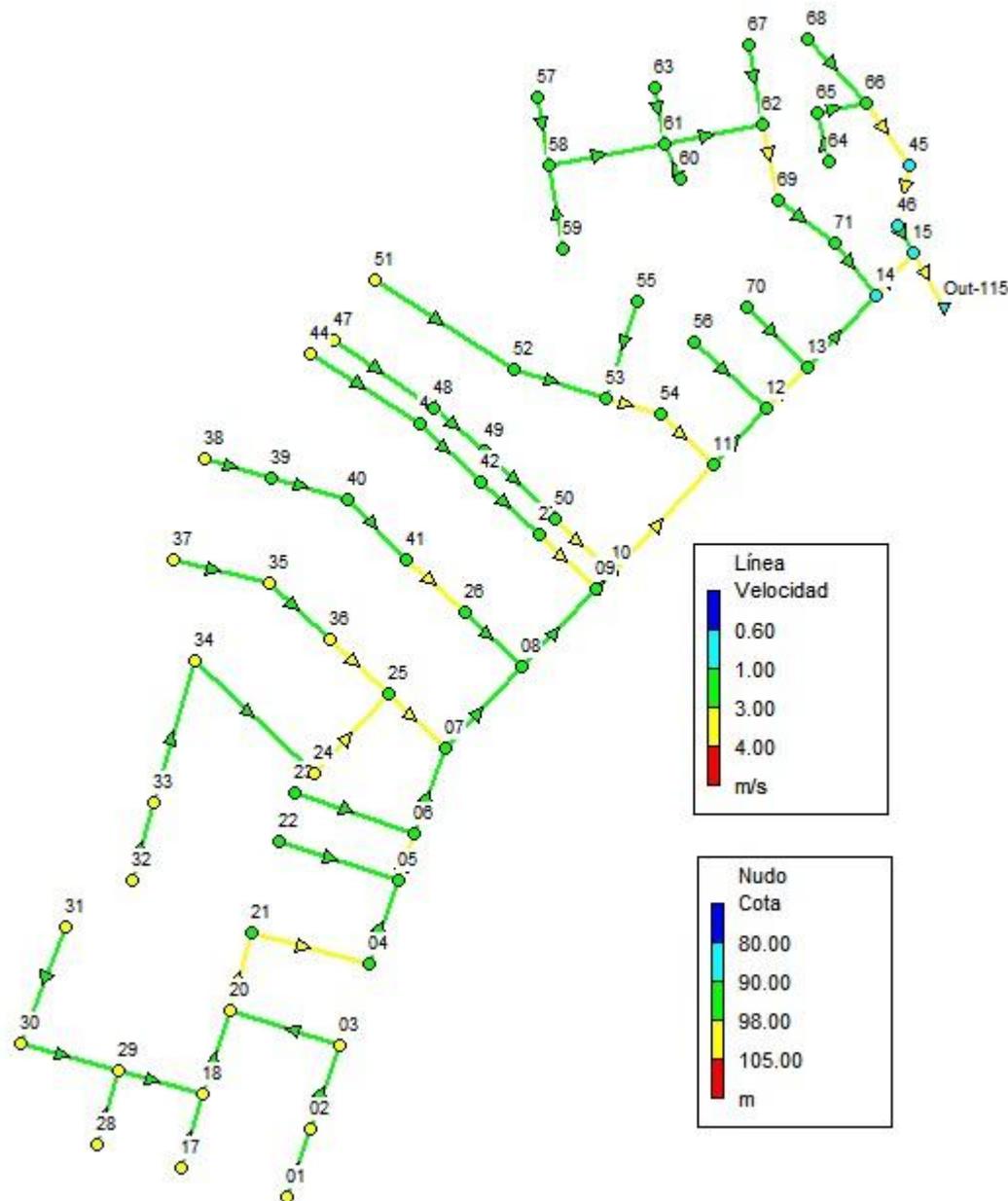
**Quadro 6 – Vazão de esgoto para o ano zero (rede de concreto)**

Nó	Vazão (l/s)	Nó	Vazão (l/s)	Nó	Vazão (l/s)	Nó	Vazão (l/s)
1	19,28	21	19,28	39	19,28	57	17,92
2	17,12	22	17,12	40	19,28	58	17,92
3	17,12	23	18,28	41	19,28	59	17,92
4	18,28	24	19,28	42	11,01	60	17,92
5	18,28	25	18,28	43	19,28	61	17,92
6	18,28	26	19,28	44	12,16	62	17,92
7	19,28	27	19,28	45	17,92	63	17,92
8	19,28	28	10,80	46	17,92	64	17,92
9	11,96	29	17,12	47	12,16	65	17,92
10	11,96	30	17,12	48	19,28	66	17,92
11	19,28	31	17,12	49	10,11	67	17,92
12	19,28	32	19,28	50	10,11	68	17,92
13	19,28	33	17,12	51	11,96	69	17,92
14	19,28	34	17,12	52	19,28	70	19,28
15	17,92	35	19,28	53	19,28	71	17,92
17	10,80	36	19,28	54	19,28		
18	17,12	37	19,28	55	19,28		
20	17,12	38	19,28	56	19,28		

Da mesma maneira a simulação foi feita para o horizonte de projeto, tendo-se obtido os resultados do Quadro 7.

**Quadro 7 - Vazão de esgoto para o Ano 40 (rede de concreto).**

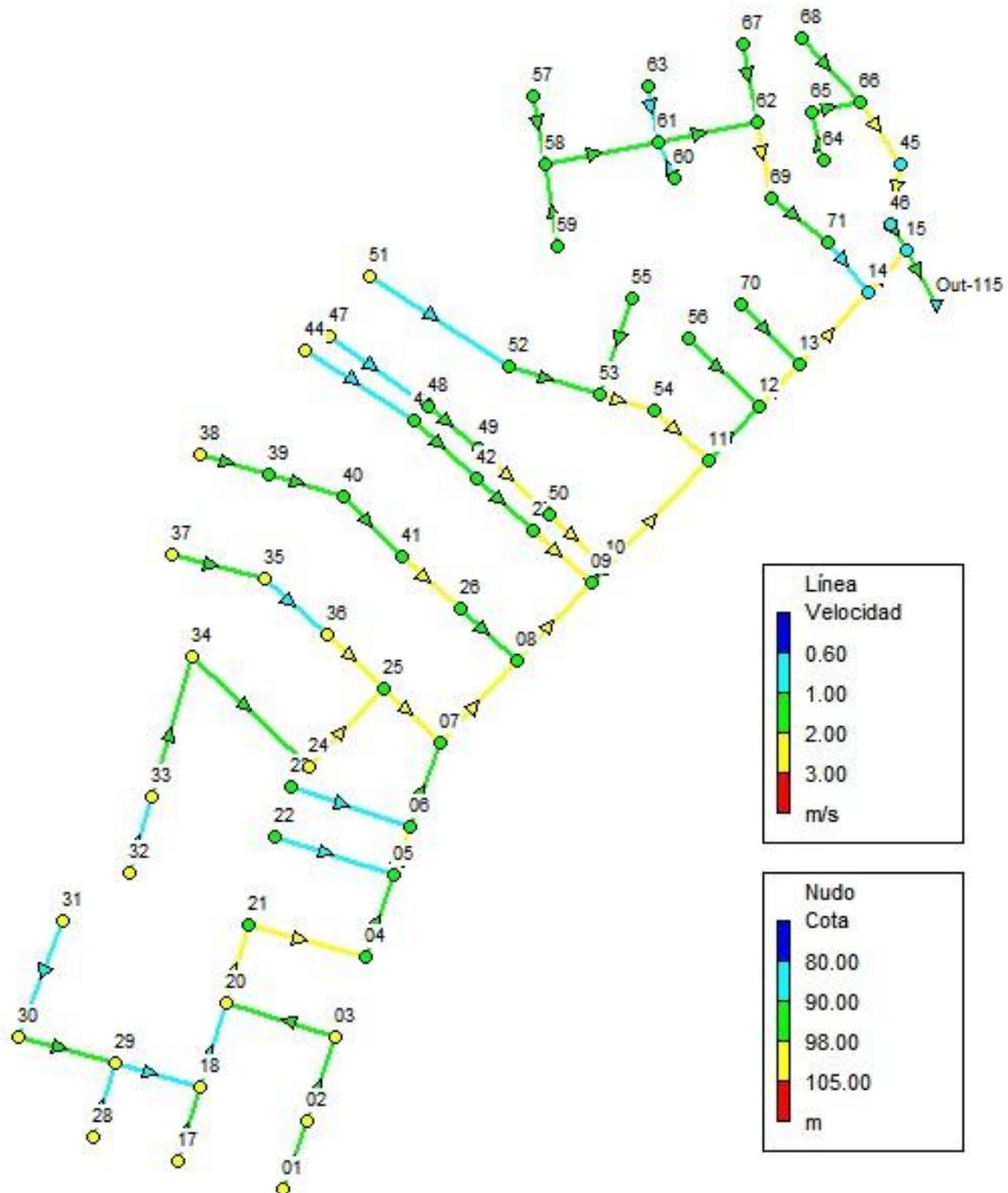
Nó	Vazão (l/s)	Nó	Vazão (l/s)	Nó	Vazão (l/s)	Nó	Vazão (l/s)
1	26,28	21	24,28	39	25,28	57	21,92
2	25,12	22	22,12	40	25,28	58	21,92
3	25,12	23	23,28	41	25,28	59	21,92
4	25,28	24	24,28	42	20,01	60	21,92
5	25,28	25	23,28	43	24,28	61	21,92
6	25,28	26	25,28	44	21,16	62	21,92
7	26,28	27	25,28	45	22,92	63	21,92
8	26,28	28	20,80	46	22,92	64	21,92
9	20,96	29	23,12	47	21,16	65	21,92
10	20,96	30	23,12	48	24,28	66	21,92
11	26,28	31	23,12	49	20,11	67	21,92
12	26,28	32	25,28	50	20,11	68	21,92
13	26,28	33	23,12	51	21,96	69	21,92
14	26,28	34	23,12	52	24,28	70	24,28
15	24,92	35	25,28	53	24,28	71	21,92
17	24,80	36	24,28	54	24,28		
18	24,12	37	25,28	55	24,28		
20	24,12	38	25,28	56	24,28		



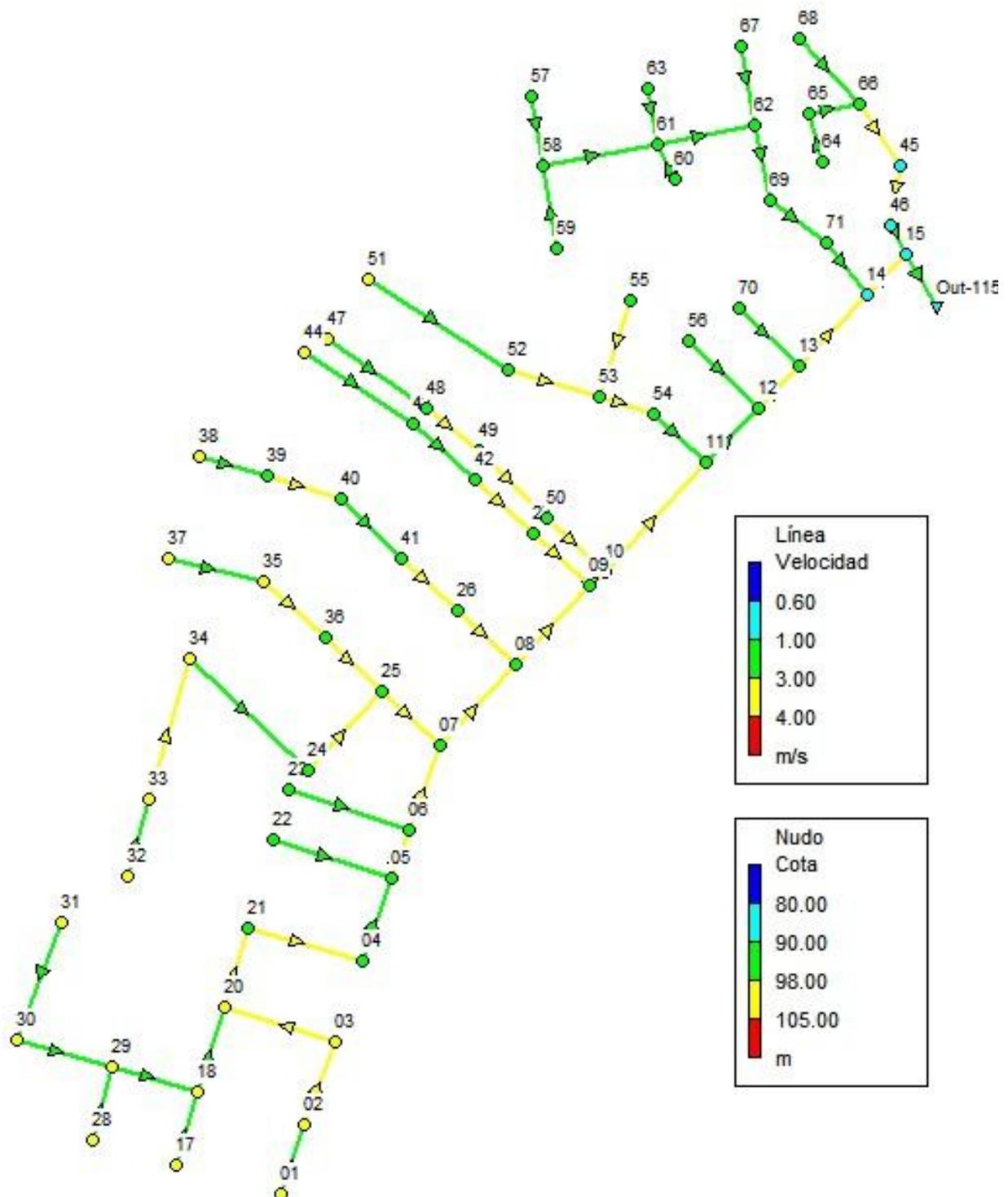
**Figura 27** – Distribuição das velocidades nos trechos da rede. Simulação realizada para horizonte do projeto – rede de concreto.

Deve ser prestada muita atenção nos trechos de cor amarela para a simulação correspondente ao ano 40, pois as velocidades se encontram entre 3,00 m/s e 4,00 m/s, considerada aceitável para o horizonte de projeto, mas que no futuro, irão exigir manutenção adequada.

Alterando o material dos coletores para PVC, o coeficiente de Manning passa a ser de  $0,01 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ , e mantendo as vazões do ano zero (presente) e horizonte do projeto, foram obtidos os seguintes resultados (Figuras 28 e 29).



**Figura 28** – Distribuição das velocidades nos trechos da rede. Simulação realizada para ano zero – rede de PVC.



**Figura 29** – Distribuição das velocidades nos trechos da rede. Simulação realizada para o horizonte do projeto – rede de PVC.

Nos trechos de cor amarela, os limites de velocidade podem ser considerados aceitáveis, já que estes são dimensionados para um uso contínuo e considera uma situação extrema, a qual na prática dificilmente acontece desde que seja realizada manutenção adequada e periódica ao longo da vida útil da rede.

### 6.3.3 Controle de septicidade

Continuando com a análise, para demonstrar o controle de septicidade na rede, considera-se o caso do interceptor visto que recebe toda a vazão proveniente de redes coletoras e transporta até a estação de tratamento de esgoto (ETE). A Figura 30 mostra o perfil longitudinal do coletor principal e a propagação do escoamento ao longo da mesma (material: concreto).

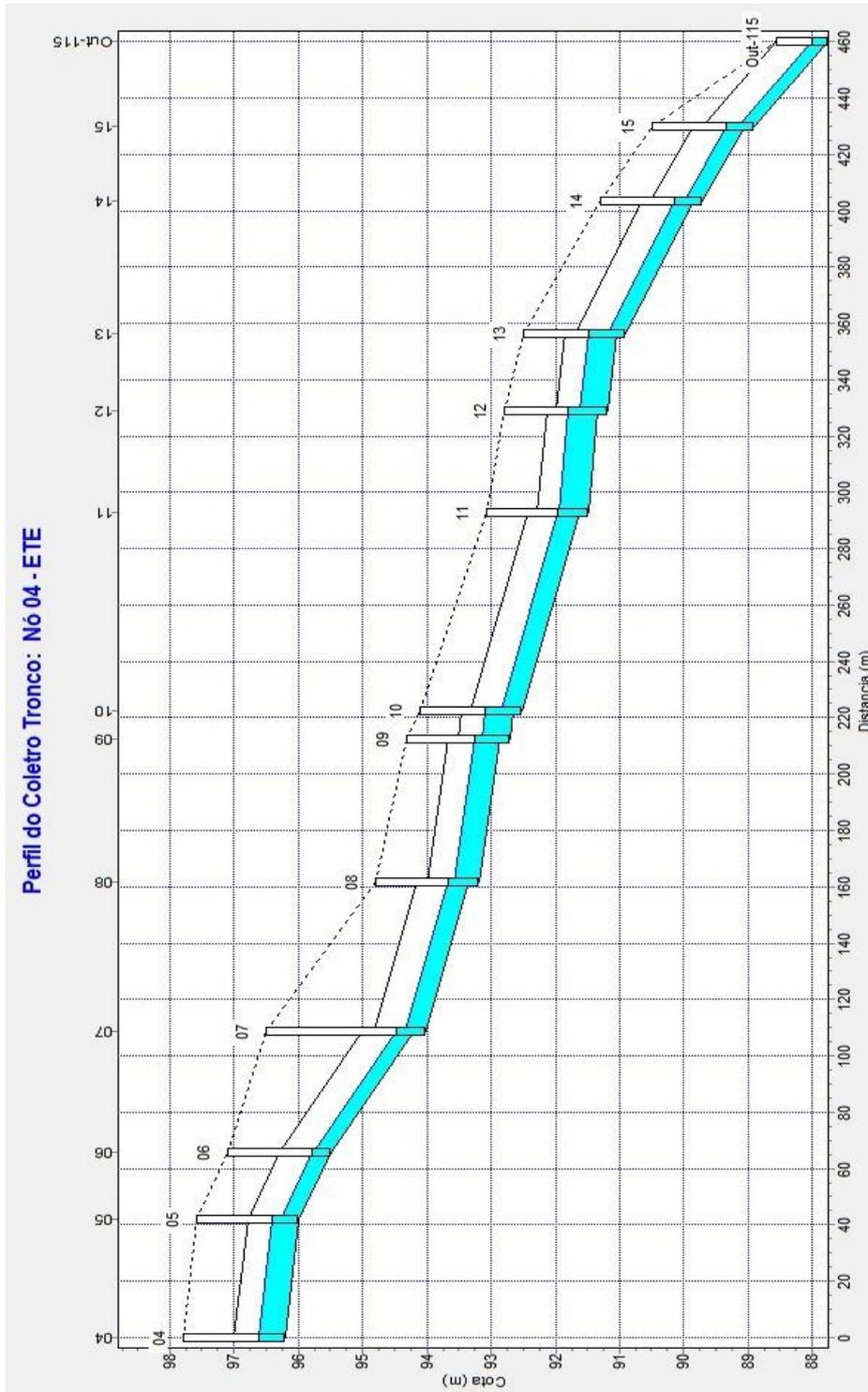


Figura 30 – Perfil longitudinal do coletor tronco.

Para verificar o controle da septicidade na rede, são apresentados os dez últimos trechos antes de transportar o esgoto ao destino final (ETE), já que quanto mais à jusante estiver o trecho, mais contribuições ele recebe, e portanto, maior será o risco de incumprimento do critério de controle da septicidade. Para este caso, usaram-se os resultados da simulação para o horizonte de projeto (material: concreto), visando demonstrar que não existe nenhum trecho que não respeita o critério de controle da septicidade (Figura 31).

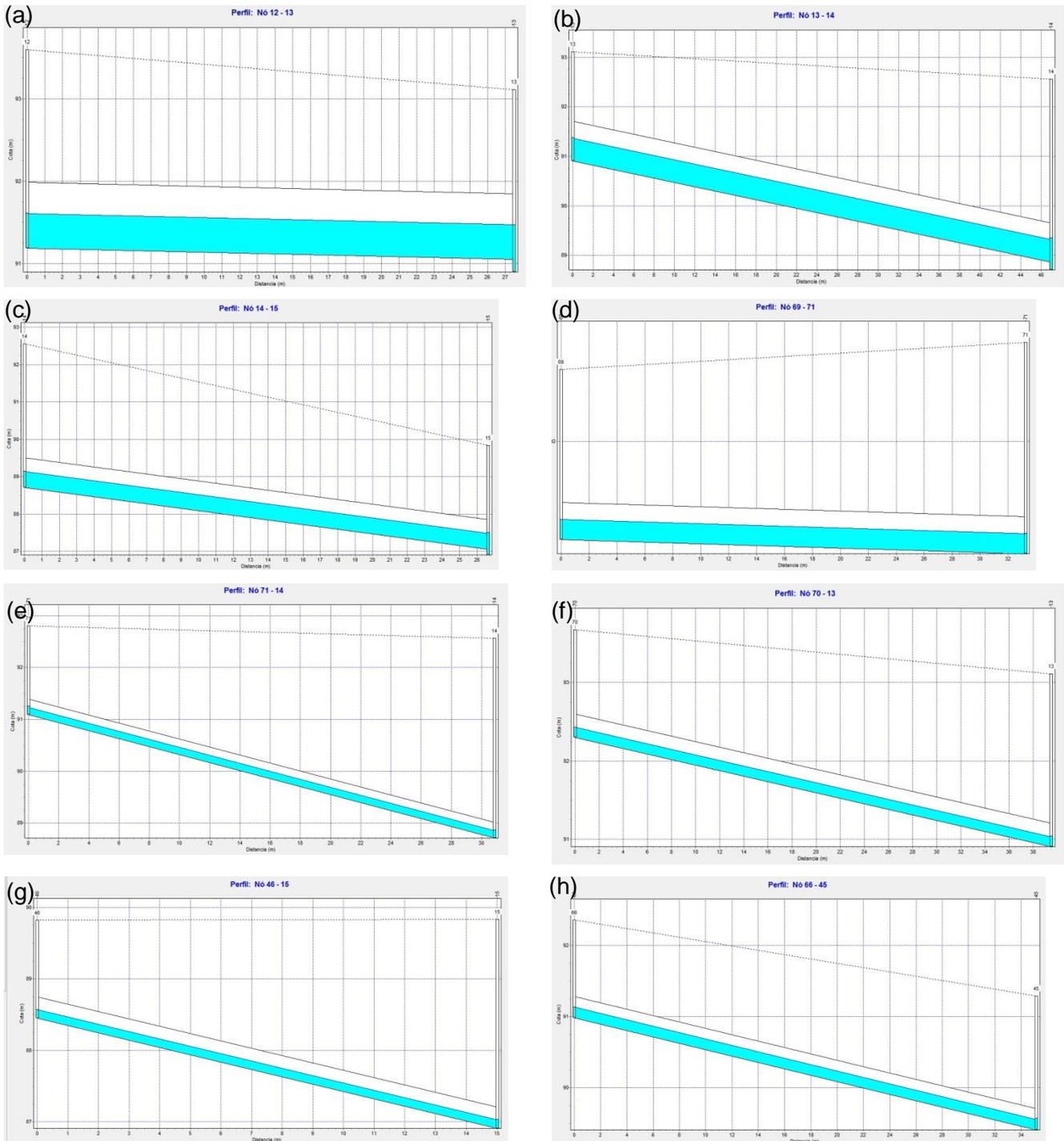


Figura 31 – Perfis dos últimos dez trechos da rede.

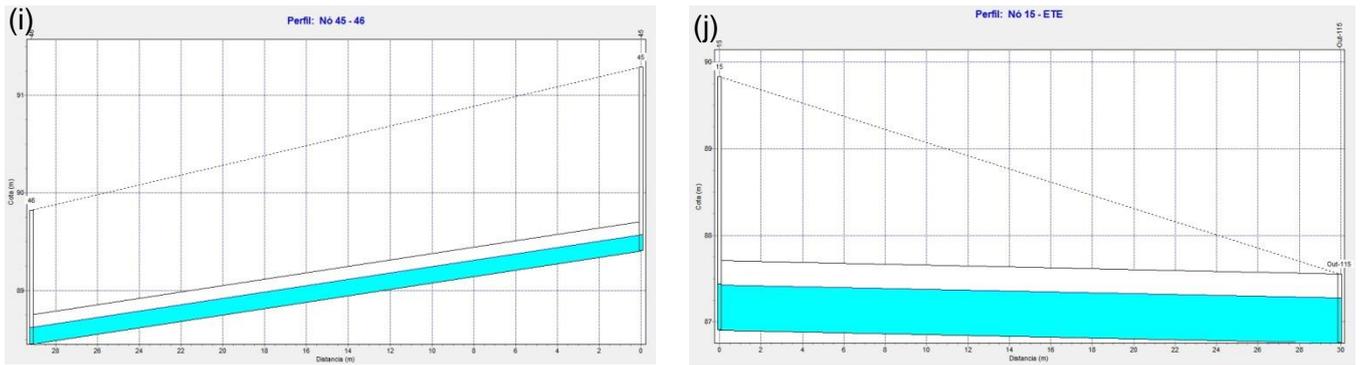


Figura 31 (continuação) – Perfis dos últimos dez trechos da rede.

#### 6.4 Projeto de Implantação da Rede de Drenagem

Verificados os valores limites apresentados no tópico anterior, o modelo do projeto foi construído com base no *software CIVIL 3D*, sendo o *layout* apresentado em Anexo, conforme a recomendações da norma NBR 9649. Com base na Figura 22, foi elaborado o modelo em 3D da rede, mostrado na Figura 32.

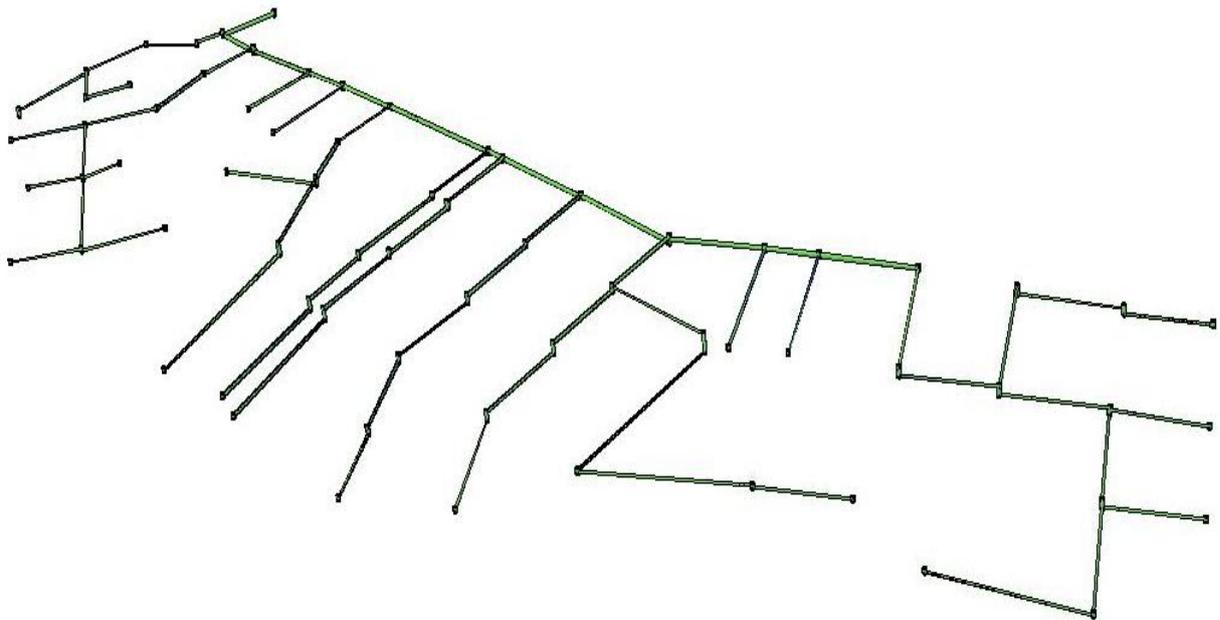
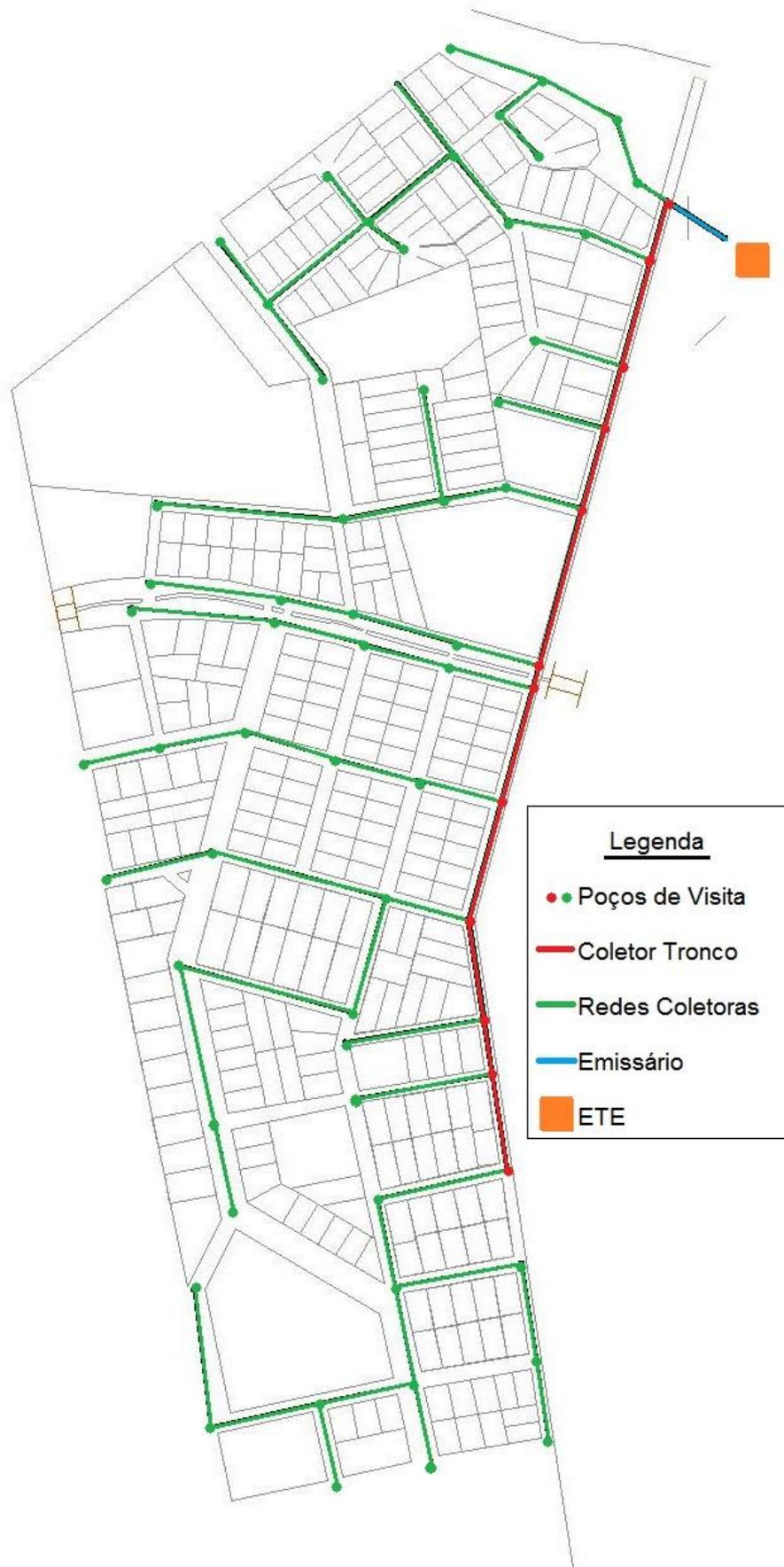


Figura 32 – Modelo 3D do projeto (*CIVIL 3D*, 2016).

Como apresentado na Figura 4, também foi elaborado um mapa da planta da rede onde se apresentam as partes principais da mesma (Figura 33).



**Figura 33** – Principais componentes da rede de esgoto.



## 6.5 Análise de Custo da Rede

Uma vez dimensionada a rede, foi elaborada uma planilha de custos, que apresenta os preços dos materiais da rede e movimentação de terra, correspondentes ao Paraguai e ao Brasil. Não se teve em conta o preço da mão de obra por questões de grande variação e diferença entre os dois países. Elaborou-se um quadro com os dados dos poços de visita e das tubulações necessárias para o projeto (Quadros 8 e 9).

**Quadro 8 – Dados dos poços de visita**

N	Diâmetro Interno (m)	Espessura da parede (m)	Diâmetro Externo (m)	Cota do Terreno (m)	Cota Fundo (m)	Profundidade (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume Escavação (m <sup>3</sup> )
1	1,50	0,15	1,65	101,17	99,20	1,97	2,14	4,22
2	1,50	0,15	1,65	102,64	99,03	3,61	2,14	7,73
3	1,50	0,15	1,65	104,67	100,66	4,01	2,14	8,58
4	1,50	0,15	1,65	106,88	105,20	1,68	2,14	3,60
5	1,50	0,15	1,65	107,13	104,99	2,14	2,14	4,57
6	1,50	0,15	1,65	106,74	104,56	2,18	2,14	4,67
7	1,50	0,15	1,65	105,59	101,86	3,73	2,14	7,98
8	1,50	0,15	1,65	103,38	100,93	2,45	2,14	5,23
9	1,50	0,15	1,65	101,38	99,01	2,37	2,14	5,07
10	1,50	0,15	1,65	100,88	98,71	2,17	2,14	4,64
11	1,50	0,15	1,65	96,82	94,68	2,14	2,14	4,57
12	1,50	0,15	1,65	94,60	92,19	2,41	2,14	5,15
13	1,50	0,15	1,65	91,91	89,70	2,21	2,14	4,73
14	1,50	0,15	1,65	88,94	85,09	3,85	2,14	8,23
15	1,50	0,15	1,65	87,74	84,80	2,94	2,14	6,28
16	1,50	0,15	1,65	86,80	84,65	2,15	2,14	4,60
17	1,20	0,15	1,35	99,81	98,44	1,37	1,43	1,96
18	1,20	0,15	1,35	102,06	98,74	3,32	1,43	4,75
19	1,20	0,15	1,35	89,60	87,89	1,71	1,43	2,45
20	1,20	0,15	1,35	105,18	100,67	4,51	1,43	6,46
21	1,20	0,15	1,35	107,56	103,61	3,95	1,43	5,66
22	1,20	0,15	1,35	108,28	106,91	1,37	1,43	1,97
23	1,20	0,15	1,35	107,66	106,29	1,37	1,43	1,96
24	1,20	0,15	1,35	107,43	99,23	8,20	1,43	11,74
25	1,20	0,15	1,35	106,13	102,67	3,46	1,43	4,95
26	1,20	0,15	1,35	103,55	100,74	2,81	1,43	4,02
27	1,20	0,15	1,35	101,60	97,93	3,67	1,43	5,25
28	1,20	0,15	1,35	98,00	96,63	1,37	1,43	1,96
29	1,20	0,15	1,35	100,13	96,44	3,69	1,43	5,28
30	1,20	0,15	1,35	98,08	96,54	1,54	1,43	2,20
31	1,20	0,15	1,35	100,39	99,21	1,18	1,43	1,69
32	1,20	0,15	1,35	103,55	102,38	1,17	1,43	1,68
33	1,20	0,15	1,35	103,76	102,19	1,57	1,43	2,25
34	1,20	0,15	1,35	100,99	99,25	1,74	1,43	2,49

**Quadro 8 (continuação) – Dados dos poços de visita**

N	Diâmetro Interno (m)	Espessura parede (m)	Diâmetro Externo (m)	Cota do Terreno (m)	Cota Fundo (m)	Profundidade (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume Escavação (m <sup>3</sup> )
35	1,20	0,15	1,35	100,47	96,19	4,28	1,43	6,12
36	1,20	0,15	1,35	104,23	98,89	5,34	1,43	7,64
37	1,20	0,15	1,35	97,79	96,42	1,37	1,43	1,96
38	1,20	0,15	1,35	95,59	94,22	1,37	1,43	1,96
39	1,20	0,15	1,35	97,73	94,05	3,68	1,43	5,27
40	1,20	0,15	1,35	99,64	96,17	3,47	1,43	4,97
41	1,20	0,15	1,35	102,30	98,07	4,23	1,43	6,06
42	1,20	0,15	1,35	100,77	97,33	3,44	1,43	4,93
43	1,20	0,15	1,35	98,90	93,23	5,67	1,43	8,12
44	1,20	0,15	1,35	94,92	93,54	1,38	1,43	1,97
45	1,20	0,15	1,35	87,99	86,10	1,89	1,43	2,70
46	1,20	0,15	1,35	88,43	85,96	2,47	1,43	3,53
47	1,20	0,15	1,35	95,13	93,76	1,37	1,43	1,96
48	1,20	0,15	1,35	98,79	93,47	5,32	1,43	7,61
49	1,20	0,15	1,35	100,16	97,25	2,91	1,43	4,16
50	1,20	0,15	1,35	101,22	98,55	2,67	1,43	3,82
51	1,20	0,15	1,35	94,78	93,40	1,38	1,43	1,97
52	1,20	0,15	1,35	98,65	93,01	5,64	1,43	8,07
53	1,20	0,15	1,35	98,84	94,72	4,12	1,43	5,89
54	1,20	0,15	1,35	97,98	96,50	1,48	1,43	2,11
55	1,20	0,15	1,35	96,33	94,96	1,37	1,43	1,97
56	1,20	0,15	1,35	95,87	94,50	1,37	1,43	1,96
57	1,20	0,15	1,35	96,07	94,69	1,38	1,43	1,97
58	1,20	0,15	1,35	95,49	92,96	2,53	1,43	3,62
59	1,20	0,15	1,35	96,16	94,76	1,40	1,43	2,00
60	1,20	0,15	1,35	93,45	92,07	1,38	1,43	1,97
61	1,20	0,15	1,35	94,05	91,83	2,22	1,43	3,18
62	1,20	0,15	1,35	90,67	89,16	1,51	1,43	2,16
63	1,20	0,15	1,35	94,60	93,23	1,37	1,43	1,97
64	1,20	0,15	1,35	89,31	87,93	1,38	1,43	1,98
65	1,20	0,15	1,35	89,10	87,19	1,91	1,43	2,73
66	1,20	0,15	1,35	88,86	86,51	2,35	1,43	3,36
67	1,20	0,15	1,35	91,10	89,73	1,37	1,43	1,96
68	1,20	0,15	1,35	89,33	85,55	3,78	1,43	5,41
69	1,20	0,15	1,35	90,43	88,84	1,59	1,43	2,27
70	1,20	0,15	1,35	93,68	92,30	1,38	1,43	1,97
<b>70</b>	<b>TOTAL</b>					<b>181,75</b>	<b>111,51</b>	<b>20266,21</b>
						<b>Diâmetro (m)</b>	<b>1,20</b>	<b>1,50</b>
						<b>Prof. Total<sup>4</sup></b>	<b>139,74</b>	<b>42,001</b>

<sup>4</sup> Soma das profundidades de todos os poços de visita segundo o diâmetro, para facilitar a estimação do preço total em metro lineal.

**Quadro 9 – Dados de implantação da rede**

N	Diâmetro (m)	Comprimento (m)	Cobertura Inicial (m)	Cobertura Final (m)	Vala (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume Escavação (m <sup>3</sup> )	Volume Bota-Fora (m <sup>3</sup> )
1	0,30	34,28	1,60	3,24	1,00	82,99	82,99	2,42
2	0,30	23,75	1,53	1,41	1,00	35,00	35,00	1,68
3	0,30	37,93	1,00	1,14	1,00	40,54	40,54	2,68
4	0,80	41,84	0,90	1,16	1,50	43,18	64,78	21,03
5	0,80	23,74	1,16	1,21	1,50	28,22	42,33	11,94
6	0,80	43,12	1,21	1,36	1,50	55,43	83,14	21,67
7	0,80	53,08	2,75	1,32	1,50	108,05	162,08	26,68
8	0,80	50,58	1,47	1,24	1,50	68,51	102,76	25,42
9	0,80	10,00	1,39	1,04	1,50	12,15	18,23	5,03
10	0,80	70,64	1,19	1,01	1,50	77,77	116,66	35,51
11	0,80	36,00	1,16	1,28	1,50	44,03	66,04	18,10
12	0,80	27,49	1,43	1,08	1,50	34,57	51,86	13,82
13	0,80	47,00	1,23	2,73	1,50	93,03	139,54	23,62
14	0,80	26,65	2,88	1,81	1,50	62,39	93,58	13,39
15	0,80	29,95	1,96	1,17	1,50	46,85	70,28	15,05
16	0,30	36,37	1,00	1,73	1,00	49,70	49,70	2,57
17	0,30	38,66	1,00	3,57	1,00	88,37	88,37	2,73
18	0,30	41,55	1,40	1,97	1,00	70,05	70,05	2,94
19	0,30	35,15	1,00	1,36	1,00	41,46	41,46	2,49
20	0,30	37,12	1,00	1,22	1,00	41,15	41,15	2,62
21	0,30	58,78	1,00	1,31	1,00	67,95	67,95	4,16
22	0,30	59,94	1,00	1,58	1,00	77,36	77,36	4,24
23	0,30	37,00	1,00	1,02	1,00	37,35	37,35	2,62
24	0,30	37,00	1,00	1,01	1,00	37,22	37,22	2,62
25	0,30	37,00	1,00	1,34	1,00	43,25	43,25	2,62
26	0,30	36,39	1,00	3,31	1,00	78,43	78,43	2,57
27	0,30	47,17	1,00	3,28	1,00	101,03	101,03	3,33
28	0,30	61,52	1,00	5,29	1,00	193,51	193,51	4,35
29	0,30	38,25	0,90	1,20	1,00	40,14	40,14	2,70
30	0,30	39,48	1,00	1,41	1,00	47,50	47,50	2,79
31	0,30	69,61	1,00	1,36	1,00	82,18	82,18	4,92
32	0,30	33,26	1,00	1,34	1,00	38,83	38,83	2,35
33	0,30	30,87	1,34	1,14	1,00	38,17	38,17	2,18
34	0,30	40,00	1,00	4,97	1,00	119,30	119,30	2,83
35	0,30	37,00	1,00	3,08	1,00	75,53	75,53	2,62
36	0,30	29,16	1,51	2,09	1,00	52,51	52,51	2,06
37	0,30	15,02	1,00	1,14	1,00	16,05	16,05	1,06

**Quadro 9 (continuação) – Dados de implantação da rede**

N	Diâmetro (m)	Comprimento (m)	Cobertura Inicial (m)	Cobertura Final (m)	Vala (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume Escavação (m <sup>3</sup> )	Volume Bota-Fora (m <sup>3</sup> )
38	0,30	45,89	1,00	3,90	1,00	112,53	112,53	3,24
39	0,30	51,26	1,00	1,50	1,00	63,94	63,94	3,62
40	0,30	40,06	1,00	3,86	1,00	97,36	97,36	2,83
41	0,30	37,00	1,00	2,43	1,00	63,46	63,46	2,62
42	0,30	57,01	1,00	4,94	1,00	169,28	169,28	4,03
43	0,30	31,41	1,00	2,53	1,00	55,38	55,38	2,22
44	0,30	37,00	2,28	3,29	1,00	103,15	103,15	2,62
45	0,30	33,32	1,00	3,31	1,00	71,78	71,78	2,36
46	0,30	36,93	1,00	3,10	1,00	75,62	75,62	2,61
47	0,30	40,02	1,00	3,07	1,00	81,48	81,48	2,83
48	0,30	42,51	1,40	3,64	1,00	107,16	107,16	3,01
49	0,30	77,01	1,00	7,83	1,00	339,84	339,84	5,44
50	0,30	41,88	0,90	4,14	1,00	105,47	105,47	2,96
51	0,30	45,65	1,00	2,29	1,00	75,19	75,19	3,23
52	0,30	37,00	1,00	1,21	1,00	40,92	40,92	2,62
53	0,30	41,96	0,90	2,94	1,00	80,50	80,50	2,97
54	0,30	78,67	1,00	5,26	1,00	246,39	246,39	5,56
55	0,30	44,76	1,00	1,41	1,00	53,95	53,95	3,16
56	0,30	27,36	1,00	1,10	1,00	28,68	28,68	1,93
57	0,30	34,41	1,00	1,05	1,00	35,19	35,19	2,43
58	0,30	54,72	0,90	1,59	1,00	67,99	67,99	3,87
59	0,30	48,48	1,00	3,75	1,00	115,05	115,05	3,43
60	0,30	46,32	1,00	1,35	1,00	54,36	54,36	3,27
61	0,30	59,55	0,90	1,17	1,00	61,64	61,64	4,21
62	0,30	33,27	1,00	1,59	1,00	43,07	43,07	2,35
63	0,30	39,90	1,03	2,16	1,00	63,44	63,44	2,82
64	0,30	54,74	1,00	1,47	1,00	67,71	67,71	3,87
65	0,30	18,75	1,00	1,70	1,00	25,30	25,30	1,33
66	0,30	47,54	1,85	1,08	1,00	69,68	69,68	3,36
67	0,30	26,85	1,00	1,12	1,00	28,45	28,45	1,90
68	0,30	56,79	0,90	0,97	1,00	53,16	53,16	4,01
69	0,30	23,45	1,00	1,14	1,00	25,07	25,07	1,66
<b>69</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2843,78</b>	<b>80,08</b>	<b>149,79</b>	<b>75,00</b>	<b>4951,91</b>	<b>5289,00</b>	<b>399,76</b>
						<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>300</b>	<b>800</b>
						<b>Comprimento (m)<sup>5</sup></b>	<b>2383,69</b>	<b>460,08</b>

<sup>5</sup> Soma de todos os comprimentos dos trechos segundo o diâmetro, para facilitar a estimativa do preço total.

Após definir as condições de implantação da rede de esgoto, foi feito um levantamento dos preços da região, em função dos materiais escolhidos, tendo-se chegado aos seguintes resultados.

**Quadro 10 – Preços típicos do PVC em função do diâmetro**

TIGRE PARAGUAY			TIGRE BRASIL		
PVC (PI)	Guaranis (Gs)/m	Dólar (U\$/m)	PVC (BR)	Reais (R\$/m)	Dólar (U\$/m)
200 mm	80.439	14,520	200 mm	48,00	13,52
300 mm	216.053	39,00	300 mm	145,00	40,85
400 mm	349.158	63,03	400 mm	240,00	67,61
800 mm	1.172.000	211,55	800 mm	700,00	197,18
900 mm	1.282.500	231,50	900 mm	800,00	225,35
1000 mm	1.710.000	308,66	1000 mm	900,00	253,52
<b>Cotação Dólar</b>			<b>Cotação Dólar</b>		
<b>5.540</b>			<b>3,55</b>		

**Quadro 11 – Preços típicos do Concreto em função do diâmetro**

CONCRECAR S. R. L.			BRASIL CONCRETOS		
Concreto (PI)	Guaranis (Gs)/m	Dólar (U\$/m)	Concreto (BR)	Reais (R\$/m)	Dólar (U\$/m)
200 mm	42.000	7,58	200 mm	20,00	5,63
300 mm	50.000	9,03	300 mm	30,00	8,45
400 mm	70.000	12,64	400 mm	70,00	19,72
800 mm	300.000	54,15	800 mm	182,00	51,27
900 mm	400.000	72,20	900 mm	240,00	67,61
1000 mm	500.000	90,25	1000 mm	300,00	84,51
<b>Cotação Dólar</b>			<b>Cotação Dólar</b>		
<b>5.540</b>			<b>3,55</b>		

Assim efetuando os devidos cálculos com base nas metragens obtidas no Quadro 9, são estimados os valores dos Quadros 12 e 13.

**Quadro 12 – Rede de PVC: Paraguai vs Brasil**

<b>PROJETO NO PARAGUAI</b>			
<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>300</b>	<b>800</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Comprimento (m)</b>	2.383,69	460,08	-
<b>Guaranis (Gs)</b>	515.003.445	539.217.276	<b>1.054.220.721</b>
<b>Dólar (U\$)</b>	92.960,91	97.331,64	<b>190.292,55</b>
<b>PROJETO NO BRASIL</b>			
<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>300</b>	<b>800</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Comprimento (m)</b>	2.383,694	460,083	-
<b>Reais (R\$)</b>	345.635,63	322.058,10	<b>667.693,73</b>
<b>Dólar (U\$)</b>	97.362,15	90.720,59	<b>188.082,74</b>

**Quadro 13 – Rede de Concreto: Paraguai vs Brasil**

<b>PROJETO NO PARAGUAI</b>			
<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>300</b>	<b>800</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Comprimento (m)</b>	2.383,69	460,08	-
<b>Guaranis (Gs)</b>	119.184.700	138.024.900	<b>257.209.600</b>
<b>Dólar (U\$)</b>	21.513,48	24.914,24	<b>46.427,72</b>
<b>PROJETO NO BRASIL</b>			
<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>300</b>	<b>800</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Comprimento (m)</b>	2.383,69	460,08	-
<b>Reais (R\$)</b>	71.510,82	83.735,106	<b>155.245,92</b>
<b>Dólar (U\$)</b>	20.143,89	23.587,35	<b>43.731,24</b>

Da mesma maneira, os preços foram estimados para os poços de visita, fazendo o custo por metro linear (medida para facilitar a comparação), para cada país, apresentados a seguir (Quadro 14).

**Quadro 14 – Preços dos poços de visita**

<b>POÇOS DE VISITA (Paraguai)</b>			<b>Cotação Dólar</b>
<b>Metragem Total</b>	181,75	<b>TOTAL</b>	<b>5540</b>
<b>Guaranis (Gs)/m</b>	700.000	<b>127.223.600</b>	
<b>Dólar (U\$)/m</b>	126,35	<b>22.964,55</b>	
<b>POÇOS DE VISITA (Brasil)</b>			<b>Cotação Dólar</b>
<b>Metragem Total</b>	181,75	<b>TOTAL</b>	<b>3,55</b>
<b>Reais (R\$)/m</b>	400,00	<b>72.699,20</b>	
<b>Dólar (U\$)/m</b>	112,68	<b>20.478,65</b>	

Além dos preços dos materiais, elaborou-se uma planilha que estima o preço para o movimento de terra com maquinarias (Quadro 15).

**Quadro 15 – Preços da movimentação de terra**

MOVIMENTAÇÃO DE TERRA - PARAGUAI						Cotação Dólar
Item	Volume (m <sup>3</sup> )	Guaranis(G\$)/m <sup>3</sup>	Dólar (U\$)/m <sup>3</sup>	Total Guaranis (G\$)/m <sup>3</sup>	Total Dólar (U\$)/m <sup>3</sup>	5.540
PV	20266,20	30.000	5,42	607.986.127	109.744,79	
Excavacao Tubulações	5688,76	30.000	5,42	170.662.639	30.805,53	
Reaterro Tubulações	5289,00	40.000	7,22	211.559.895	38.187,71	
<b>TOTAL</b>				<b>990.208.661</b>	<b>178.738,03</b>	
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA - BRASIL						Cotação Dólar
Item	Volume (m <sup>3</sup> )	Reais (R\$)/m <sup>3</sup>	Dólar (U\$)/m <sup>3</sup>	Total Reais(R\$)	Total Dólar (U\$)	3,55
PV	20266,20	13,00	3,66	263.460,65	74.214,27	
Excavacao Tubulações	5688,76	13,00	3,66	73.953,81	20.832,06	
Reaterro Tubulações	5289,00	25,00	7,04	132.224,93	37.246,46	
<b>TOTAL</b>				<b>469.639,40</b>	<b>132.292,79</b>	

Para facilitar a comparação de preços do Paraguai e do Brasil, dois quadros resumos foram feitos para o projeto com rede de PVC e de concreto por separado.

**Quadro 16 – Preço final do projeto elaborado no Paraguai**

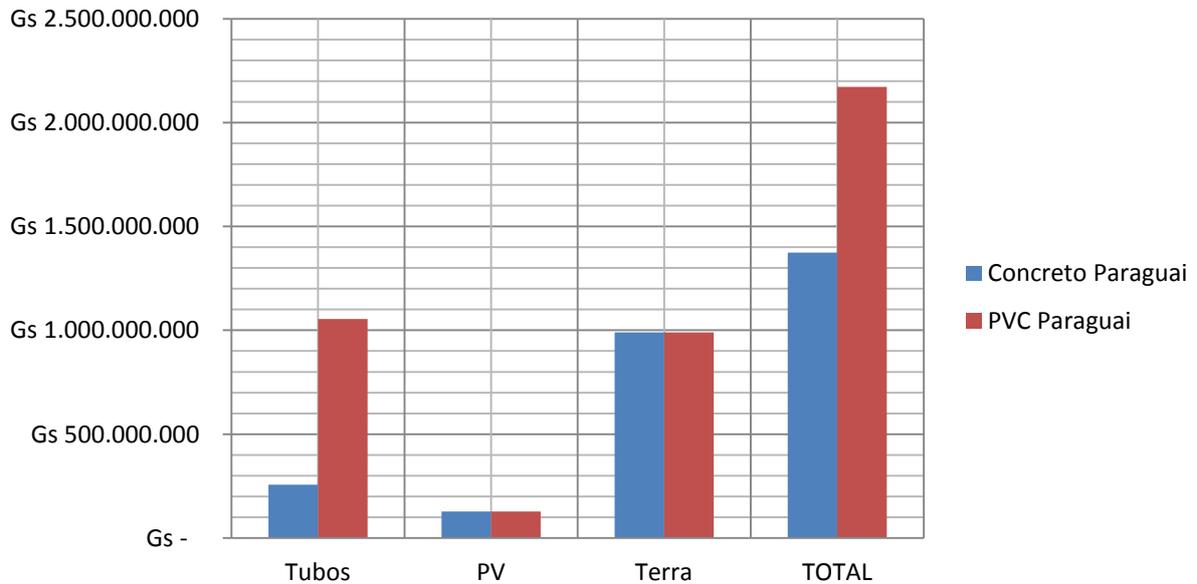
SOMA TOTAL					
Concreto Paraguai			PVC Paraguai		
Item	Guaranis (Gs)	Dólar (U\$)	Item	Guaranis (Gs)	Dólar (U\$)
Tubos	257.209.600	46.427,73	Tubos	1.054.220.721	190.292,55
PV	127.223.600	22.964,55	PV	127.223.600	22.964,55
Terra	990.208.661	178.738,03	Terra	990.208.661	178.738,03
<b>TOTAL</b>	<b>1.374.641.861</b>	<b>248.130,30</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2.171.652.982</b>	<b>391.995,12</b>

**Quadro 17 – Preço final do projeto elaborado no Brasil**

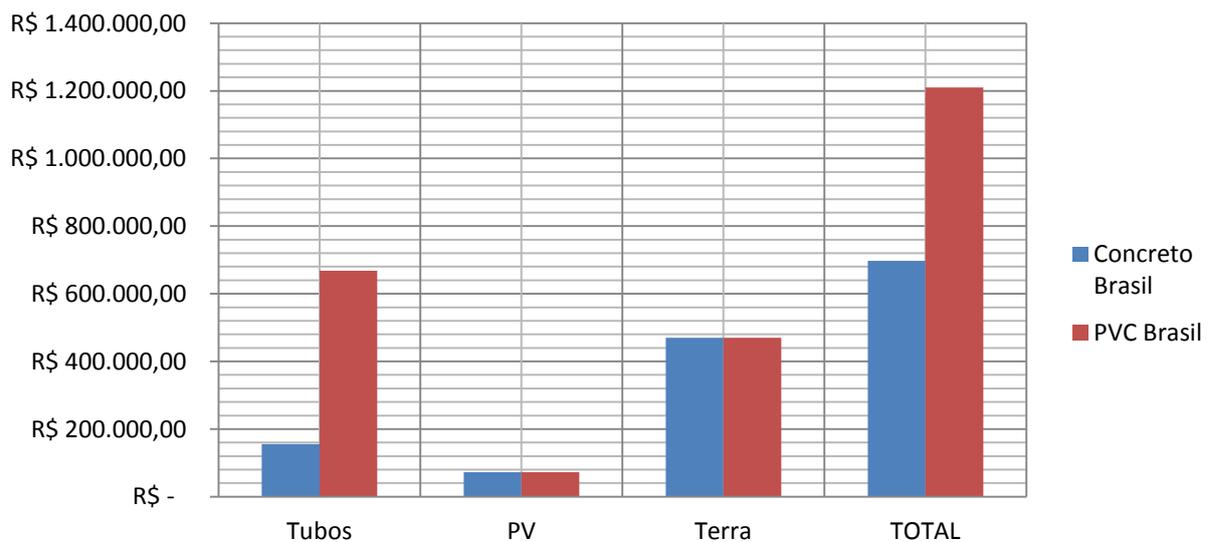
SOMA TOTAL					
Concreto Brasil			PVC Brasil		
Item	Reais (R\$)	Dólar (U\$)	Item	Reais (R\$)	Dólar (U\$)
Tubos	155.245,93	43.731,25	Tubos	667.693,73	188.082,74
PV	72.699,20	20.478,65	PV	72.699,20	20.478,65
Terra	469.639,40	132.292,79	Terra	469.639,40	132.292,79
<b>TOTAL</b>	<b>697.584,53</b>	<b>196.502,68</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1.210.032,33</b>	<b>340.854,18</b>

Assim, pode ser verificada a diferença de base de preços praticados em cada um dos dois países. A Figura 34 apresenta os gráficos comparativos dos resultados dos quadros resumos 16 e 17 apresentados anteriormente.

### Paraguai - Gs.



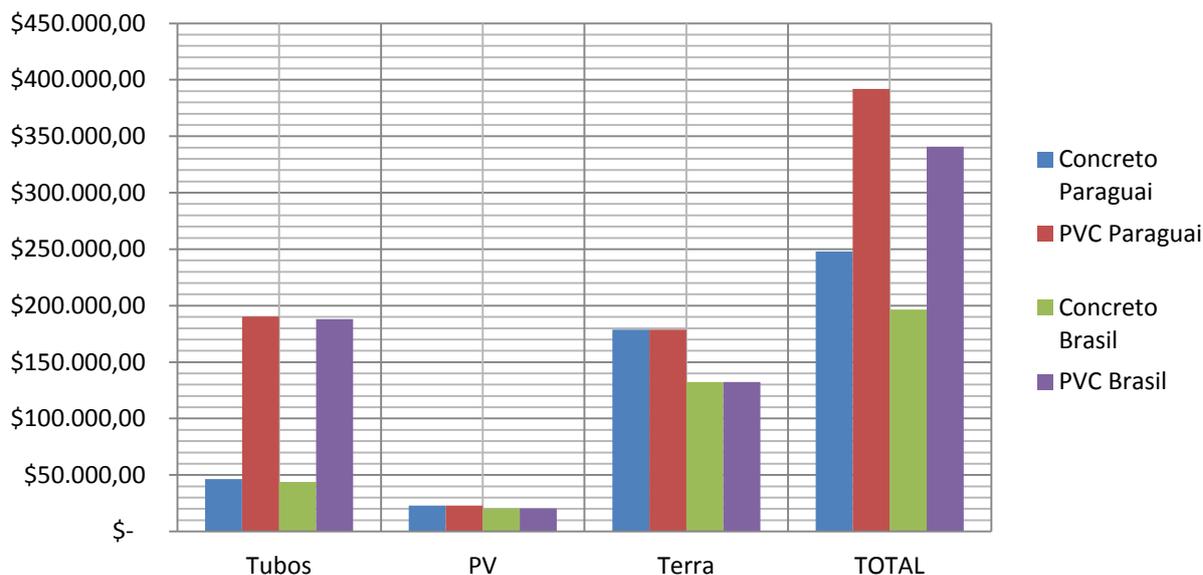
### Brasil - R\$.



**Figura 34 – Gráficos comparativos dos preços.**



## Paraguai e Brasil - U\$



**Figura 34 (continuação) – Gráficos comparativos dos preços.**

### 6.6 Situação Atual do Tratamento de Efluentes

A rede implantada (Figura 12) tinha como destino final a bacia de infiltração localizada na zona de entrada do condomínio. No mês de dezembro de 2015, o Departamento de Obras iniciou a desativação da mesma visando conduzir o esgoto para um reservatório, localizado próximo à bacia de infiltração, de onde será bombeado para uma estação de tratamento de efluentes (ETE) implantada no começo do ano 2016. Esta estação compacta foi adquirida e implantada corretamente no terreno apresentado na Figura 14, em janeiro de 2016, de modo a suprir as necessidades de tratamento do esgoto produzido pela pequena região atualmente conectada à rede de esgoto existente.

Uma vez concluído o tratamento, o esgoto tratado passa para a fase de desinfecção antes de ser despejado em um córrego que desemboca no rio Paraná.



Figura 35 - ETE instalada no condomínio.

### 6.7 Destino do Esgoto Tratado: proposição de uso para fins não potáveis

A escassez de água é um tema cada vez mais real nos grandes centros urbanos e industrializados, sendo uma condição que coloca em risco as metas de desenvolvimento da América Latina. O reuso da água resultante do tratamento do esgoto é viável para fins não potáveis (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2007).

O reuso do esgoto (águas residuárias) tratado é justificado em virtude da escassez hídrica, crescimento populacional acelerado em áreas urbanas e industrialização. Dentre as vantagens do reuso destacam-se a economia de água em setores como a agricultura, substituição das águas de melhor qualidade e controle de poluição sobre corpos hídricos receptores e da eutrofização (AZEVEDO; OLIVEIRA, 2005; MEDEIROS et al., 2007; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2007; ROSA; RUCHAUD; SCOFANO, 2010).

Na área estudada nesse trabalho, os reusos mais prováveis seriam para fins não potáveis são os seguintes: irrigação paisagística, de campos de golfe (Figura 36) e quadras esportivas, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil (compactação do solo, controle de poeira, lavagem de agregados, produção de concreto), reserva para combate a incêndio.



**Figura 36** - Campos de golfe do condomínio (GoPro Paraguai, 2016).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi cumprido o objetivo principal de projetar e dimensionar um sistema de drenagem de esgoto, tendo como foco a área de estudo apresentada. A questão que norteou o estudo foi a falta de uma rede de esgoto apropriada para a área comercial do condomínio, que reúne as condições necessárias para implantar uma obra conforme projetada no presente trabalho.

A análise econômica efetuada serve de base para a possível implantação do projeto, diferenciando as alternativas de materiais e região de concretização do mesmo.

A sustentabilidade, assim como a eficiência ambiental e econômica estiveram presentes desde o começo do trabalho, visando o total aproveitamento possível do escoamento por gravidade para a projeção da rede, fator determinante na otimização do sistema.

Destaca-se o uso das ferramentas adequadas voltadas ao geoprocessamento, para a manipulação de dados (mapas, coordenadas, altimetria, localização) da área em estudo, apoiadas pelas visitas a campo que viabilizaram as devidas correções, na determinação do melhor traçado e no dimensionamento da rede, assim como a modelagem e simulação final do sistema.

Para verificar a adequação dos cálculos de dimensionamento, foi de grande importância considerar o levantamento realizado na revisão bibliográfica, assim como para identificar as eventuais situações que exigem a adoção de dispositivos especiais e/ou manutenção preventiva. O projeto satisfaz integralmente as boas práticas de engenharia quanto à localização da ETE, escolha do traçado da rede, declividade dos coletores, disposição e distância entre os poços de visita.

Verificou-se que existem diversas alternativas de reuso do esgoto após tratamento adequado, ação que deve ser adotada como uma política de sustentabilidade para reduzir o uso de água de abastecimento em situações que não requerem padrões de qualidade equivalente a de consumo humano.

O trabalho apresenta contribuição para o dimensionamento de redes de drenagem usando tecnologias de *softwares* predominantemente livres para coleta, tratamento de dados geoespaciais e simulação hidrodinâmica da propagação do escoamento.

Resumindo, propõe-se uma solução para os problemas de coleta, transporte, tratamento e reuso do esgoto gerado na área comercial do condomínio Paraná Country Club e espera-se que em um futuro próximo o mesmo possa ser implantado visando melhorar a qualidade de vida dos moradores e visitantes do local e áreas adjacentes.

Por fim, para desenvolvimento de trabalhos futuros, que venham complementar o estudo de caso em questão, sugerem-se as seguintes tarefas:

- Medição de vazão de contribuição de esgoto, com apoio de instrumentação;
- Levantamento rigoroso da população residente e flutuante;
- Determinação do tratamento mais viável do ponto de vista ambiental e econômico para o esgoto;
- Alternativas para escolha de ETE adequada para a área comercial em função das características e volume de esgoto produzido;
- Monitoramento dos parâmetros de qualidade do esgoto tratado para verificar a adequação aos diferentes usos não potáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. Disponível em <[www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=161985](http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=161985)> Acesso em: 18 mar. 2016.

ALVES, M., GOMES, C. Reuso de Água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. *Revista do CEDS: Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB*, Maranhão, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2014.

ANTÃO, K. **Saneamento Básico – Melhoria na Qualidade de Vida da População**. 2004. 137p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação no Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7362**: Sistemas enterrados para condução de esgoto. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários — Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9649**: Projetos de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12207**: Projetos de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

AZEVEDO NETTO, J. M. (Ed.). **Manual de Hidráulica**. 8ª edição, São Paulo: Blucher, 1998.

AZEVEDO, L. P., OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 1, p. 253-263, 2005.

BAVARESCO, C. R. **Saneamento Básico**. Apostila para o Curso de Graduação em Engenharia Civil e Sanitária. Santa Catarina, 2002.

CODAS, M. B. **“Consultoria de Apoio a Organização da Direção de Água Potável e Saneamento do Paraguai” – Rascunho do Informe Final**. Asunción, 11 de Outubro de 2012.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (SANEPAR). **Doenças Relacionadas à Falta de Saneamento**. 2010. Disponível em <[http://educando.sanepar.com.br/ensino\\_medio/doen%C3%A7as-relacionadas-com-falta-de-saneamento](http://educando.sanepar.com.br/ensino_medio/doen%C3%A7as-relacionadas-com-falta-de-saneamento)> Acesso em: 23 set. 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (FIRJAN). **Manual de Conservação e Reuso da Água na Indústria**. 1ª edição, Rio de Janeiro: DIM, 2007. Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais4.pdf>> Acesso em: 18 mar. 2016.

FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários**. João Pessoa: UFPB, 2000. Disponível em: <[http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES00\\_00.html?submit=%CDndica+de+Esgotos+Sanit%E1rios](http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES00_00.html?submit=%CDndica+de+Esgotos+Sanit%E1rios)> Acesso em: 20 out. 2015.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (FUNASA). **Manual de Saneamento**. 3ª edição. Brasília: FUNASA, 2006.

GEWEHR, A. G. **Ecoeficiência de Estações de Tratamento de Esgoto: Índice de Lodo**. 2009. 74p. Trabalho de Diplomação (Graduação no Curso de Engenharia Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LEY n. 1.614 de 2000. **Lei Geral do Marco Regulatório e Tarifário do Serviço de Água Potável e Rede de Esgoto Sanitário**. Gazeta Oficial da República do Paraguai, n. 214, Asunción, 7 de novembro de 2000.

MATA-LIMA, H. **Redes de Drenagem de Águas Residuais: Constituição e Dimensionamento**. Apontamentos da disciplina de Saneamento II. Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Instituto Latino Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território Instituto Latino Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território (ILATIT). Foz do Iguaçu: Universidade Federal da Integração Latino Americana (UNILA), 2015.

MEDEIROS, S.S., SOARES, F. A. L., GHEYI, H. R., FERNANDES, P. D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas: efeito nos componentes de produção. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 2, p. 569-578, 2007.

MIDDLE, G. Environmental requirements for the disposal of effluent from wastewater disposal systems. *Desalination*, v. 106, n. 1-3, p. 323-329, 1996.

MOLLEDA, P., BLANCO, I., ANSOLA, G., LUIS, E. Removal of wastewater pathogen indicators in a constructed wetland in Leon, Spain. *Ecological Engineering*, v. 33, n. 3-4, p. 252-257, 2008.

NUVOLARI, A. (Ed.). **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2011.

Organizações das Nações Unidas (ONU). **Nota Informativa da Oficina das Nações Unidas de apoio ao Decênio Internacional para a Ação “A água, fonte de vida” 2005-2015**. Programa da ONU - Água para a Promoção e a Comunicação no marco do Decênio (UNW-DPAC). Zaragoza, Espanha, 2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Informe Sobre o Desenvolvimento Humano 2014 – Sustentar o Progresso Humano: reduzir vulnerabilidades e construir resiliência**. Nova York: PNUD, 2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – Agenda de Desenvolvimento Post-2015**. Nova York: PNUD, 2015. Disponível em <<http://www.undp.org/content/undp/es/home/mdgoverview/post-2015-development-agenda/goal-6.html>> Acesso em: 20 out. 2015.

ROSA, A. H. RUCHAUD, G. SCOFANO, V. S. **Águas Pluviais**. Florianópolis: UFSC, 2010. Disponível em <[http://www.arq.ufsc.br/-arq5661/trabalhos\\_2010-2/aguas\\_pluviais.pdf](http://www.arq.ufsc.br/-arq5661/trabalhos_2010-2/aguas_pluviais.pdf)> Acesso em: 18 mar. 2016.

RUIZ, A. P. **Aquedutos, esgotos e drenagens: critérios para o projeto hidráulico de instalações sanitárias em desenvolvimentos urbanos**. 2ª edição. Caracas: Universidade Católica Andrés Bello – Escola de Engenharia Civil, 2008.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1ª edição. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

TOMAZ, P. **Rede de Esgoto**. São Paulo: Navegar Editora, 2011.

TOSETTI, F. C. **Contexto e Prática da Engenharia Sanitária e Ambiental**. Apostila para o Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 3ª edição. Minas Gerais, 2012.



# **ANEXO 1**

Explicação detalhada do procedimento para a obtenção e tratamento dos dados e uso dos *softwares*.

## Google Earth

*Software* gratuito desenvolvido pela empresa *Google*, que apresenta um modelo em 3D do planeta terra, construído a partir de imagens satelitais, que oferece uma variedade de ferramentas para geoprocessamento, engenharia e outras áreas. No projeto apresentado serviu para localizar a área de estudo, e para exportar as coordenadas necessárias para os *softwares* de modelagem. O primeiro passo foi estabelecer os limites da área de estudo, e logo salvar o lugar no formato KMZ como mostra a Figura 37.

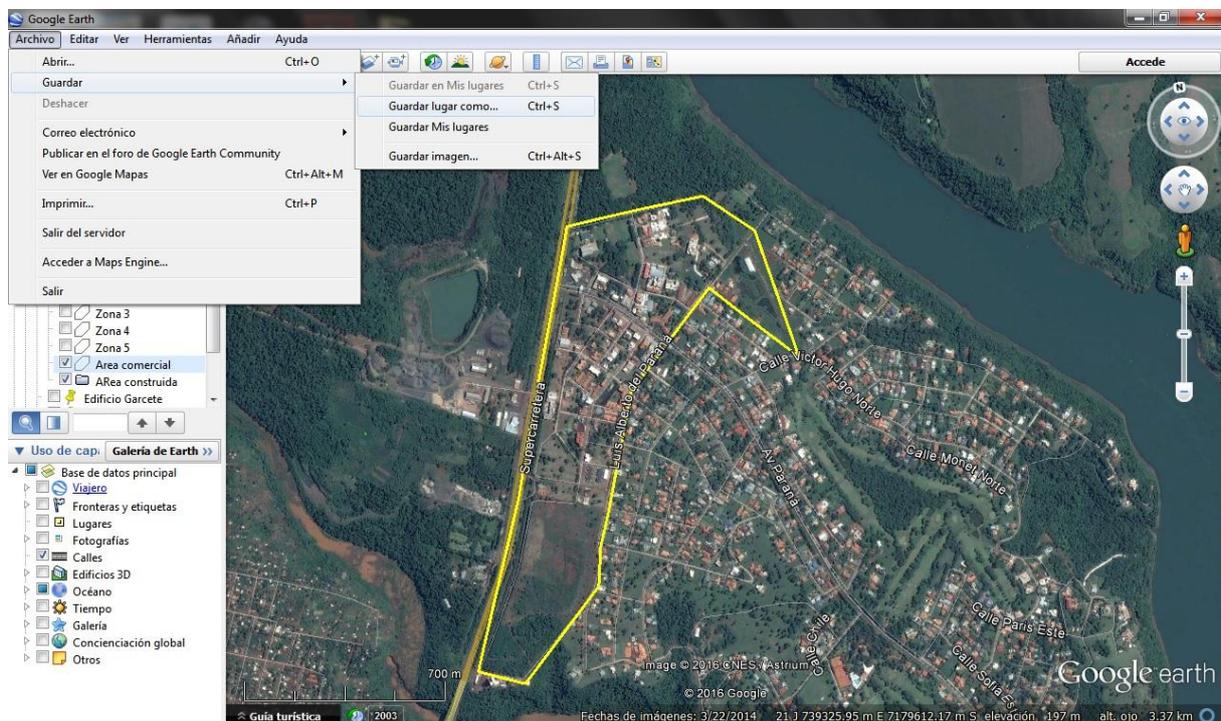


Figura 37 – Salvando a área no Google Earth.

## Global Mapper

O *Global Mapper* é um *software* de geoprocessamento completo e rico em funcionalidades, de uso muito fácil e intuitivo. A versão 16.2 do *software* disponibiliza até 5 projetos de forma gratuita. Assim neste projeto usou-se para a obtenção de coordenadas altimétricas, as quais não estavam disponíveis no Departamento de Obras do condomínio. A partir do arquivo gerado com o *Google Earth*, foi possível obter estes dados. O procedimento esta descrito nas figuras seguintes.

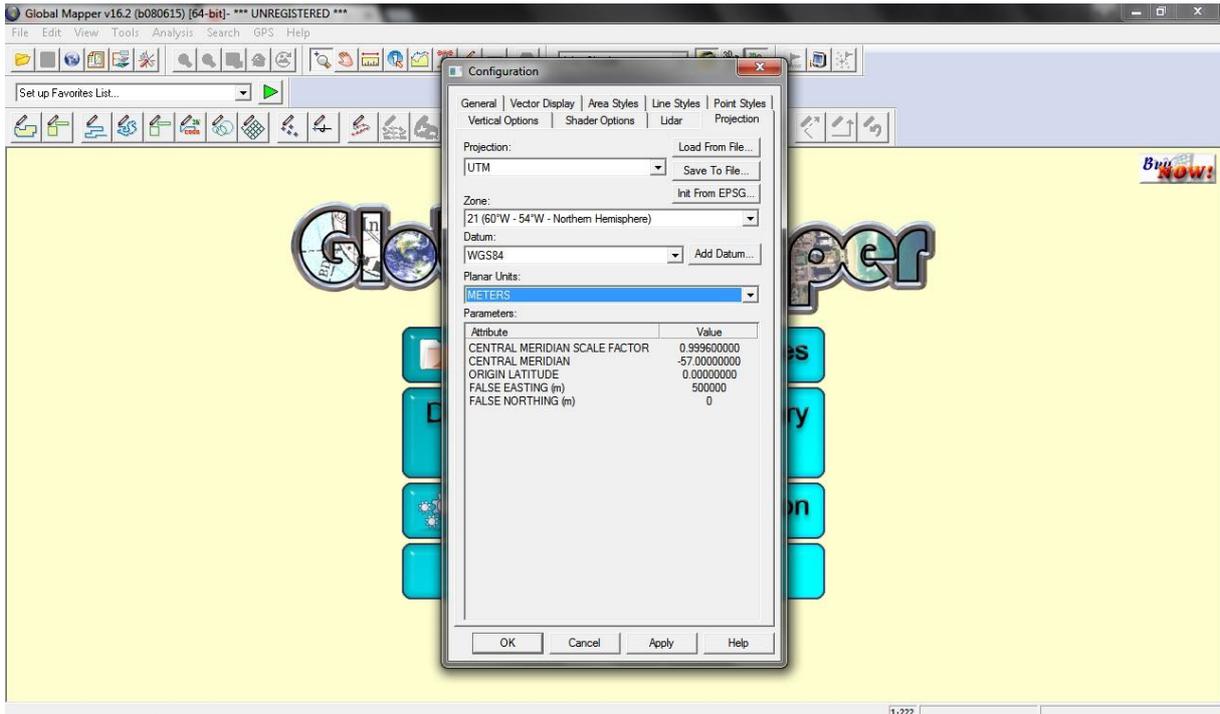


Figura 38 – Configuração inicial do *Global Mapper*.

Uma vez configurado, o seguinte passo é abrir o arquivo gerado com o *Google Earth*, no formato KMZ.

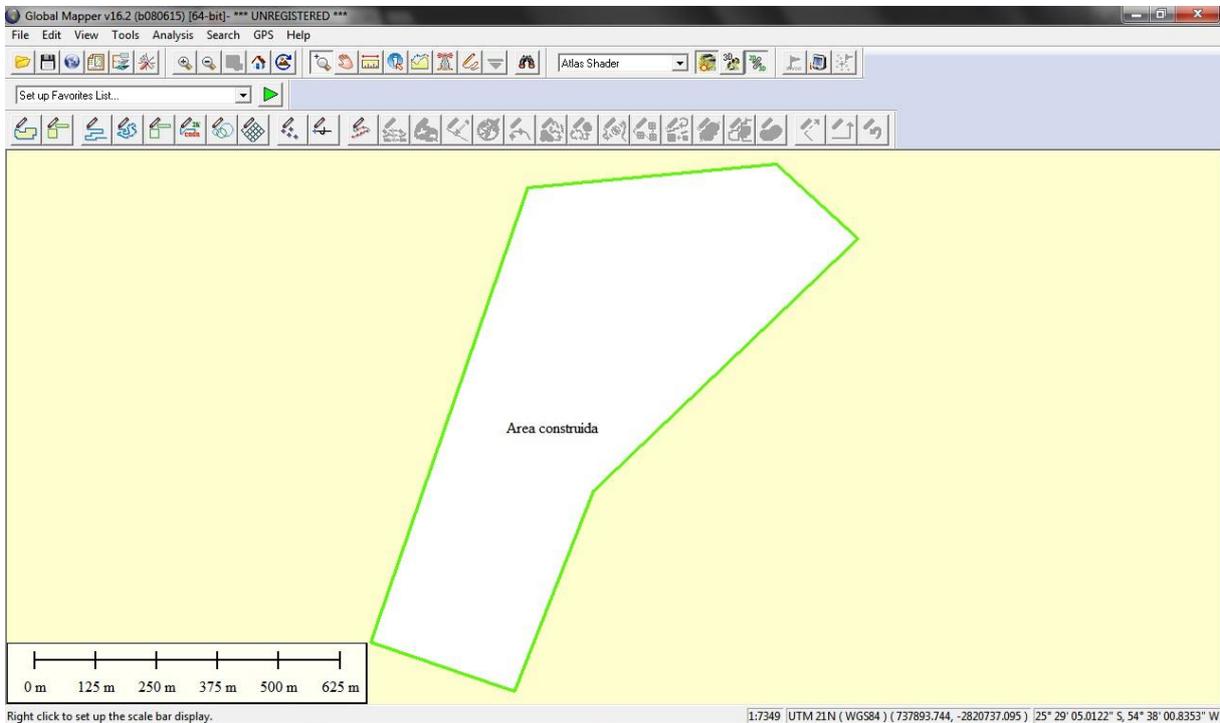


Figura 39 – Arquivo KMZ aberto no *Global Mapper*.

Usar a função *Download Online Data*, para permitir que o *software* consiga localizar o arquivo que foi aberto, nas coordenadas geográficas do mundo. Assim ira gerar o fundo que se observa na Figura 40.

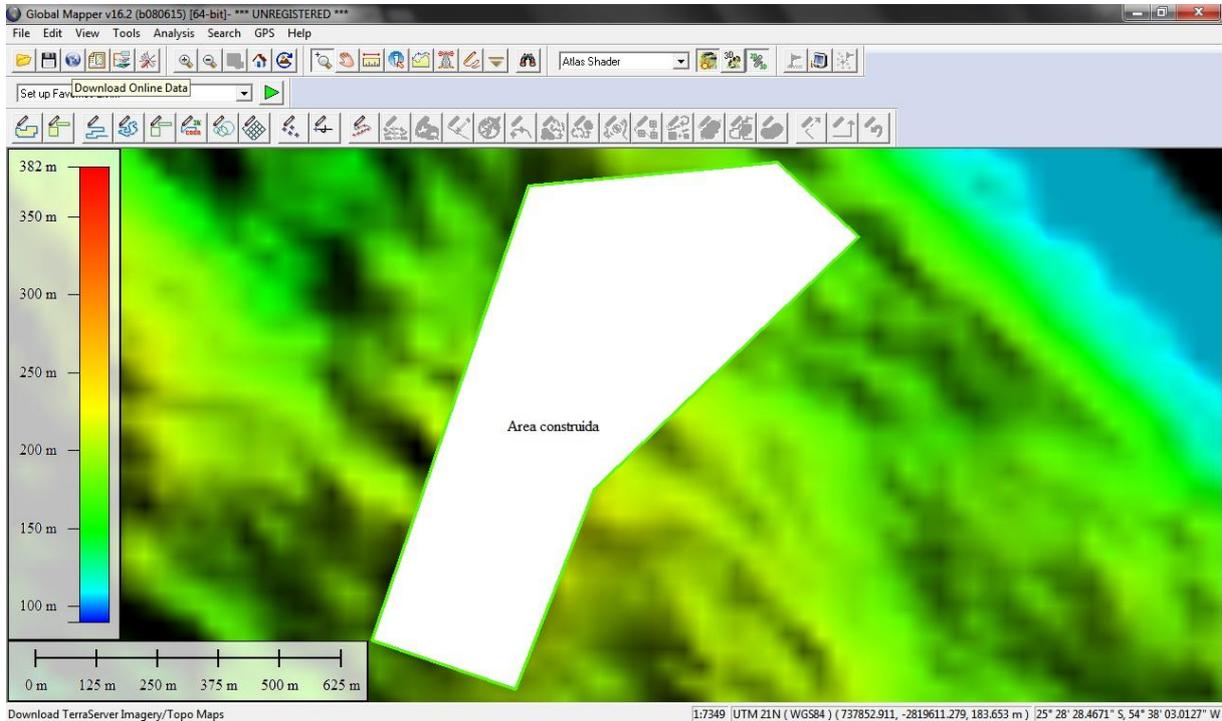


Figura 40 – Localização da área de estudo no mundo.

Feito isto, na aba *Analysis*, selecionar a função *Generate Contours (from Terrain Grid)*, e configurar as opções na janela que aparecera como mostra a Figura 41.

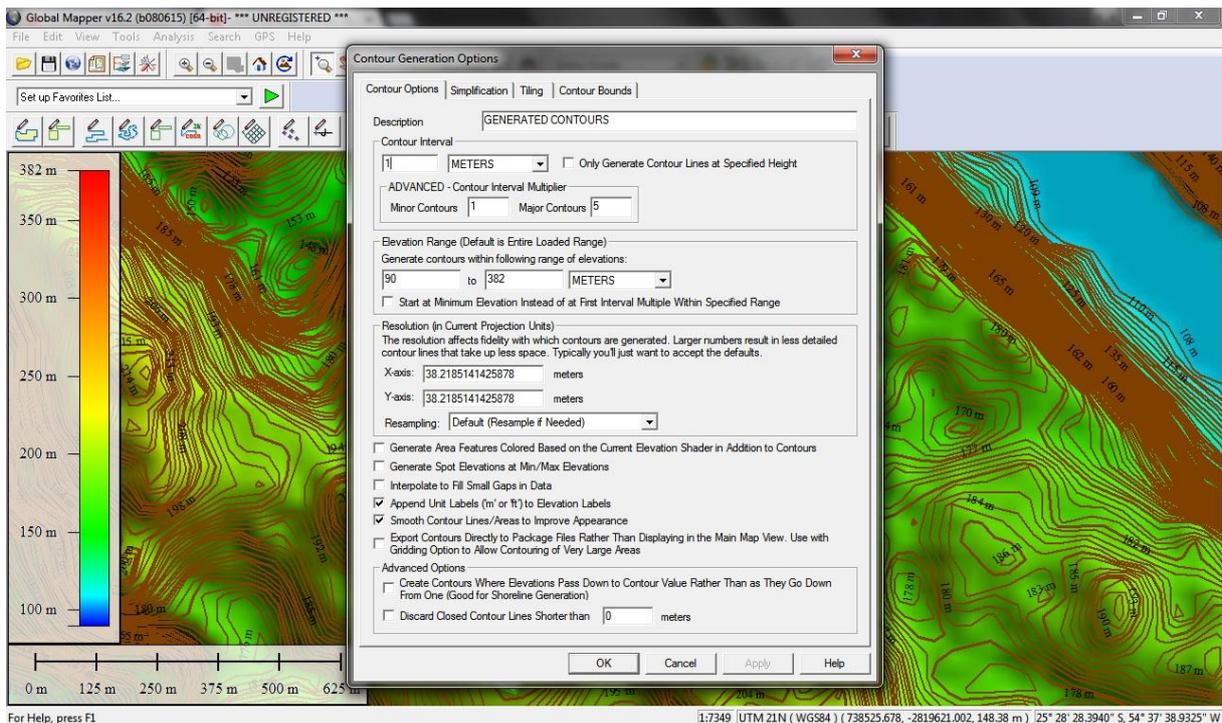


Figura 41 – Gerando curvas de nível no *Global Mapper*.

Quando as curvas de níveis aparecerem no fundo do mapa, pode ser feita a exportação para o Civil 3D, selecionado a opção de formato DWG na seção que mostra a Figura 42.

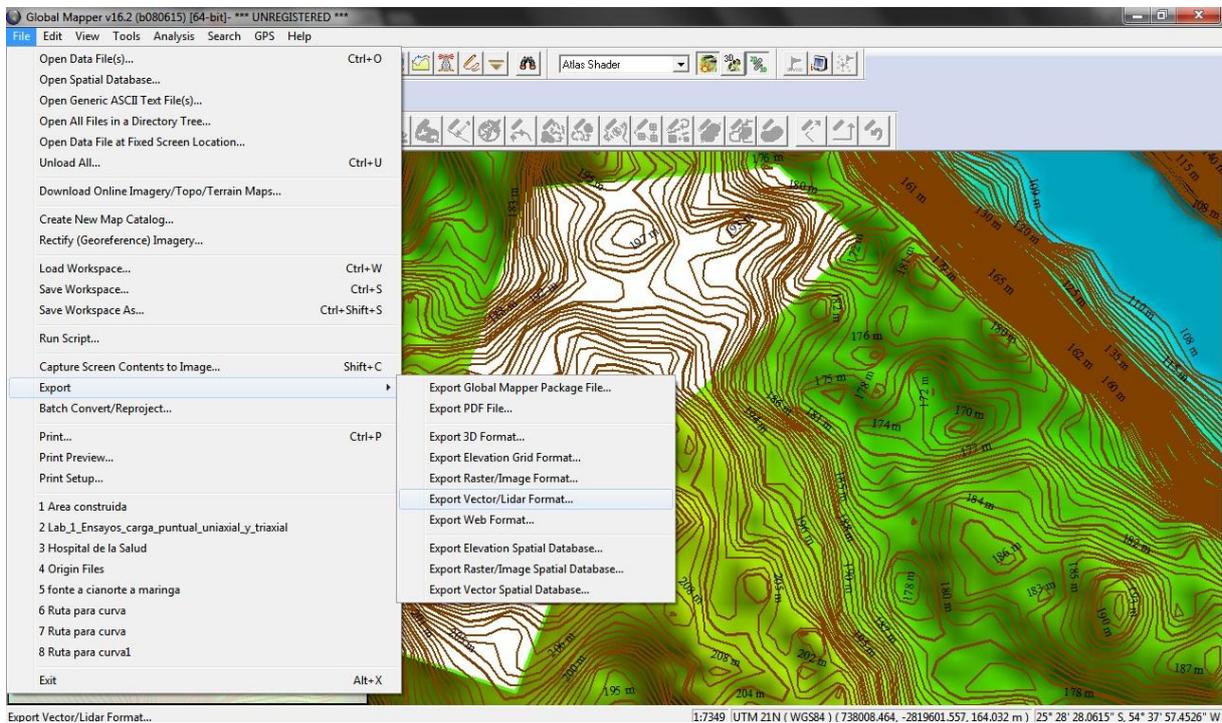
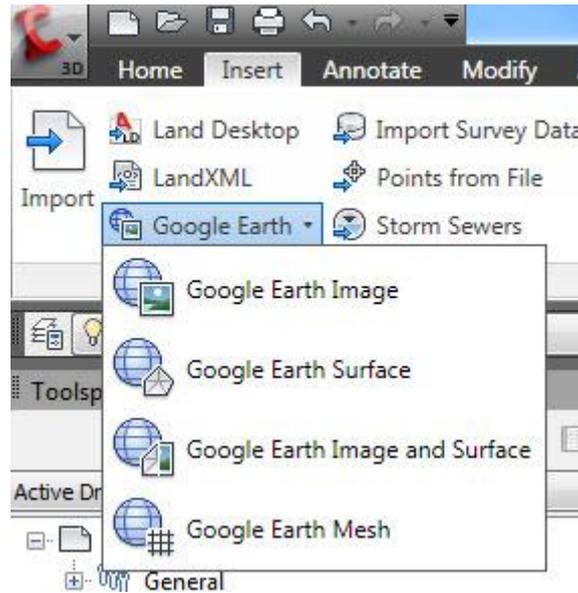


Figura 42 – Exportação para o Civil 3D (formato DWG).

## Civil 3D

É um *software* desenvolvido pela Autodesk, disponível na versão estudantil a qual é livre, especial para a elaboração e análise de projetos na área da engenharia civil. Possui todas as funcionalidades do *AutoCAD*, e, além disso, o Civil 3D tem uma gama de ferramentas exclusivas que permitem ao usuário desenvolver, com facilidade, projetos na área de transportes, SIG e inúmeras aplicações envolvendo áreas ligadas ao meio ambiente, como análise de bacias hidrográficas e estudos hidráulicos e hidrológicos.

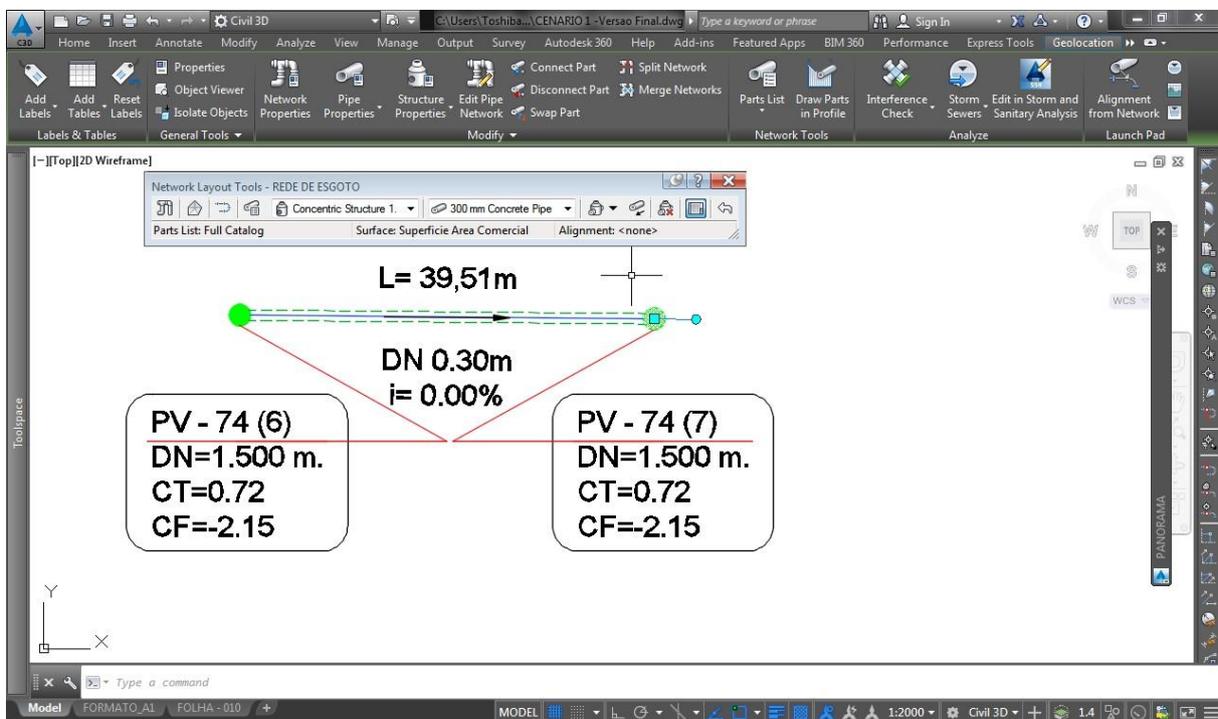
Com isso, para obter as coordenadas corretas, na versão até o ano 2013, o *software* possuía uma ferramenta capaz de extrair diretamente o plano altimétrico a partir do *Google Earth*, situando na tela a área desejada, desta forma o mapa obtido incluía uma foto com vista do satélite, e as curvas de nível da área. Neste projeto, foi utilizada essa ferramenta, como observado na aba *Insert*, utilizou-se a opção *Google Earth*, e por último a função *Google Earth Image and Surface*, mostrado na Figura 43.



**Figura 43** – Importando o Mapa do *Google Earth* para o *Civil 3D*.

Com isso, o *Civil 3D* mostrara a área desejada. O seguinte passo foi integrar a área importada do *Google Earth* com o projeto disponibilizado pelo Departamento de Obras, como já foi apresentado anteriormente na Figura 11.

Para projetar a rede de drenagem de esgoto, na seção com o título de *Edit Pipe Network*, mostra uma aba quando selecionada, onde é possível escolher o tipo de poço de visita, o tipo de material e o diâmetro da tubulação a ser projetada (Figura 44).



**Figura 44** – Projeção da rede de drenagem de esgoto.

A lista de materiais, as etiquetas e os detalhes de cores pode ser criado e modificado pelo usuário como foi feito neste projeto. Uma vez projetada a rede, ao selecionar apenas uma parte dela o *Civil 3D* mostra uma aba onde é possível exportar para a ferramenta *Storm and Sanitary Analysis*, encarregada de fazer a análise hidráulica e hidrológica.

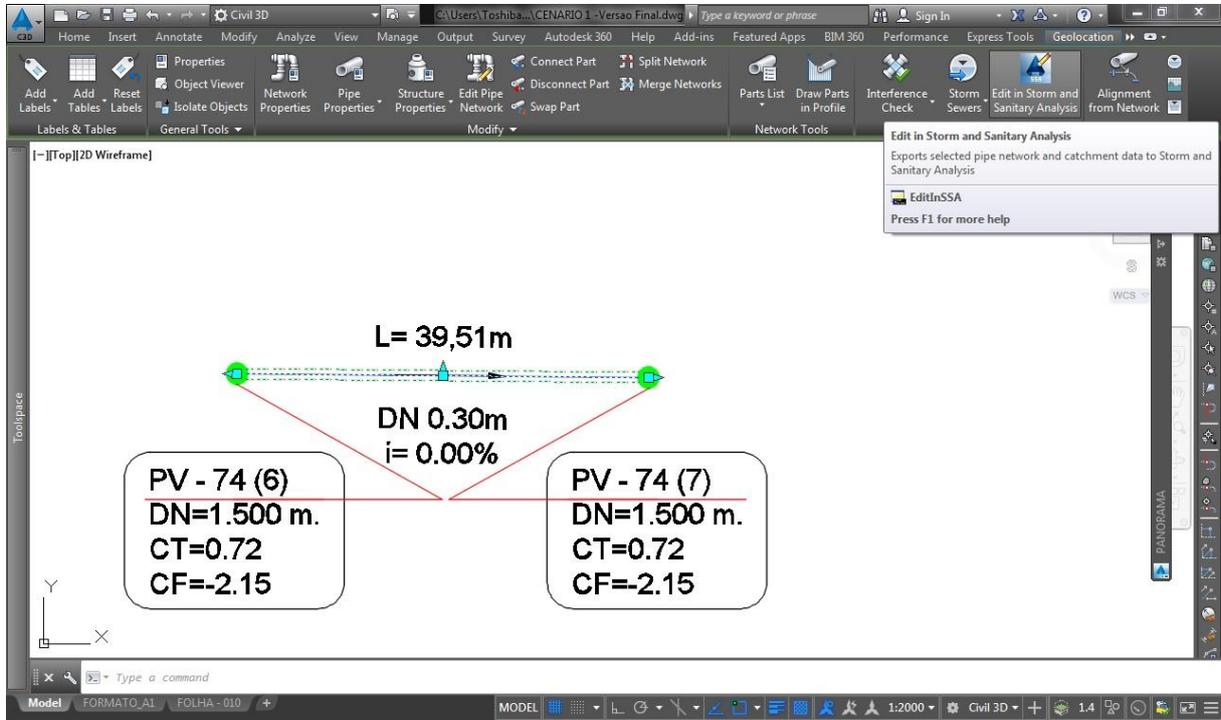
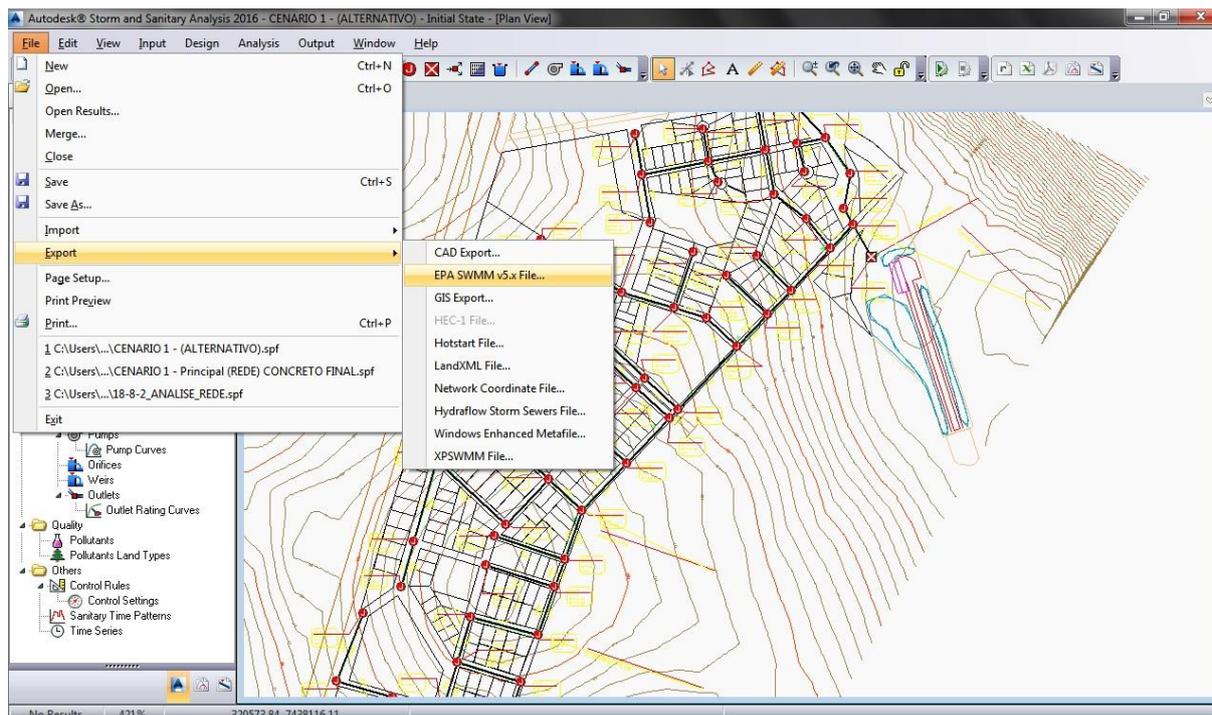


Figura 45 – Exportação para o *Storm and Sanitary Analysis*.

Ao exportar o mapa com a rede projetada, existe a opção de fazer mais uma exportação para o *software* mostrado na seção de dados e métodos, o *SWMM*, como mostra a Figura 46.



**Figura 46 –** Exportação para o SWMM.

## SWMM

O Storm Water Management Model (SWMM) é um *software* livre criado pela U.S Environmental Protection Agency (US EPA), utilizado para a gestão de drenagem urbana, capaz de simular a quantidade e qualidade do escoamento. Simula percursos de água a traves de um sistema composto por tubulações, canais, dispositivos de armazenamento e tratamento, podendo apresentar resultados de velocidade, altura do escoamento e a qualidade da água, durante um período de tempo composto por múltiplos intervalos.

Aberto o arquivo de extensão INP, gerado com o Storm and Sanitary Analysis, o SWMM permite modificar as propriedades das junções (poços de visita) e dos trechos (tubulações da rede). As coordenadas estarão contidas nas estruturas automaticamente, mas os detalhes dos materiais deveram ser computados. Como mostra a Figura 47, ao seleccionar o nó 01, podemos acessar às informações do PV, onde na propriedade *Aporte*, será informada a vazão de contribuição de esgoto nesta região, dado pelo nome de *FLOW*.



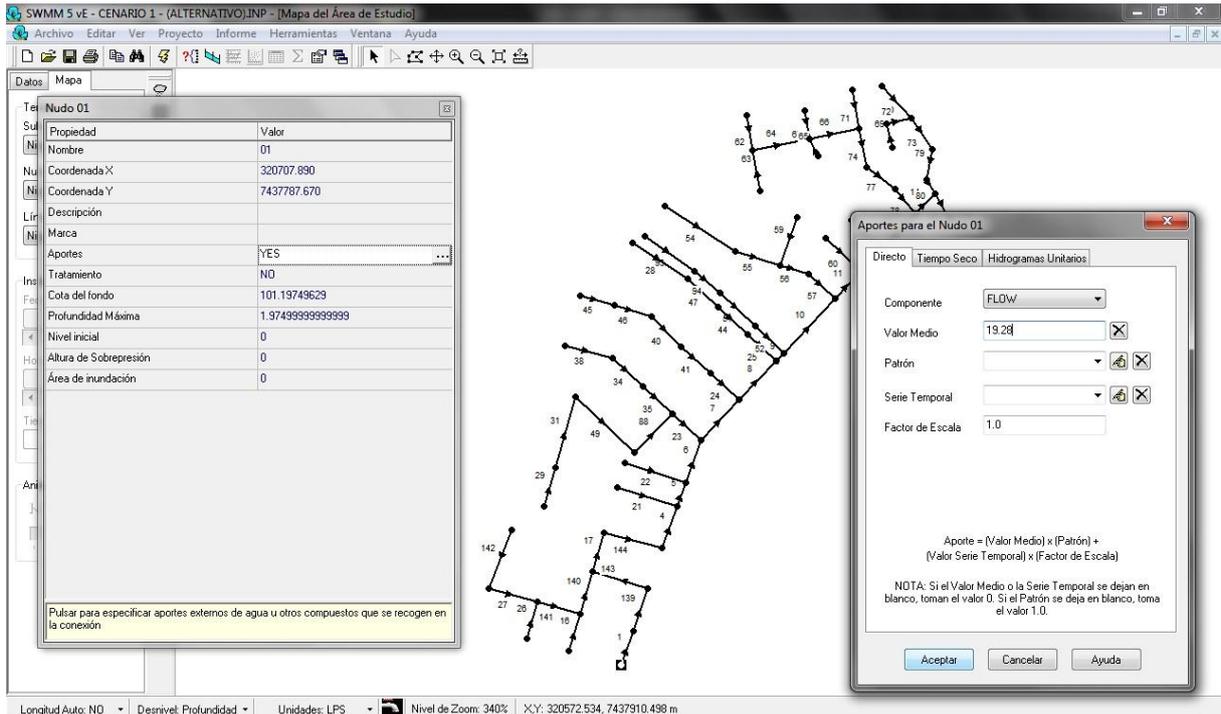


Figura 47 – Propriedades dos poços de visita no SWMM.

Informados os dados necessários, procede-se aos dados dos trechos, que da mesma forma, uma vez selecionado um trecho da rede, pode ser verificado que as coordenadas já estão computadas, mas dados como diâmetro, coeficiente de Manning (*n*) que depende do material em estudo, formato geométrico da tubulação e outros deveram ser carregados (Figura 48).

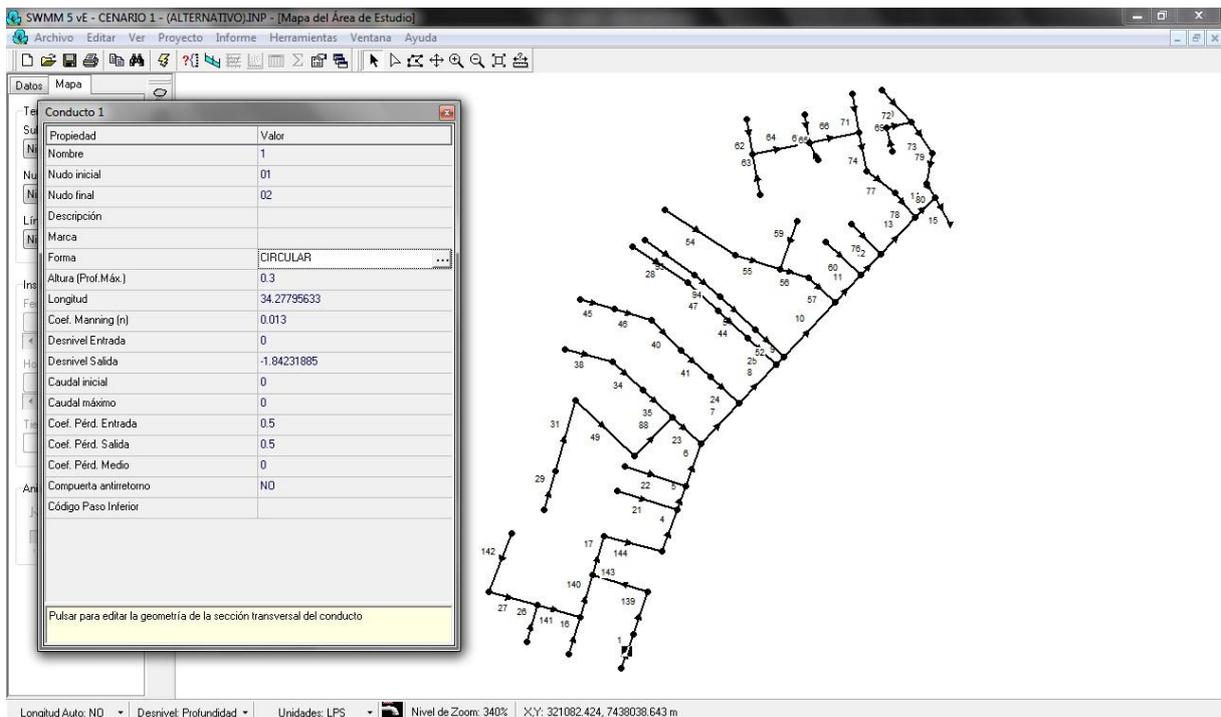
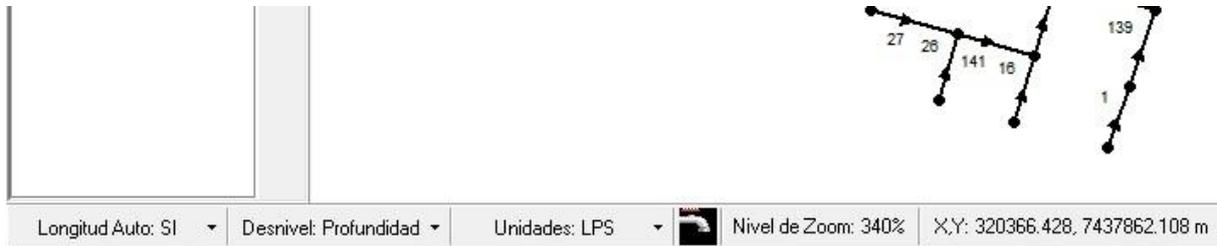


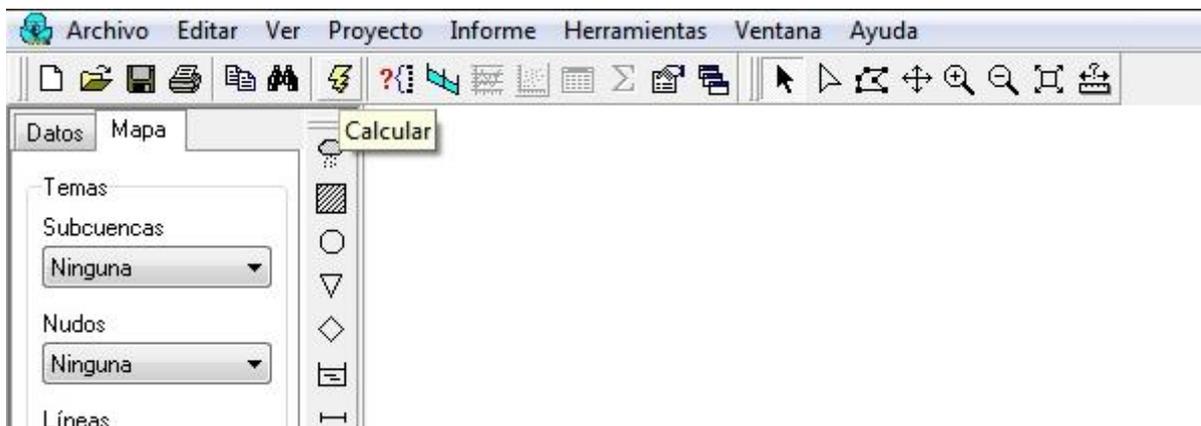
Figura 48 – Propriedades dos trechos da rede no SWMM.

Para obter os resultados nas unidades de medida desejadas, na parte de baixo da janela principal do *software*, estas podem ser modificadas em função da necessidade do usuário (Figura 49).



**Figura 49** – Unidades de medida do SWMM.

Feito isto, e computados todos os dados da rede, a função calcular que se encontra na parte superior pode ser ativada onde o *software* informara se existe algum erro no projeto e uma mensagem que indique onde se encontra o erro (Figura 50 e 51).



**Figura 50** – Função calcular no SWMM.



**Figura 51** – Erro do projeto no SWMM.

Assim, podem ser verificados os limites de vários fatores, tanto nos trechos como nos poços de visita, tais como velocidade, número de Froude, vazão, cota, nível, altura entre outros, e apresentar no mapa em cores diferentes selecionadas pelo usuário para facilitar a identificação na rede (Figura 52).

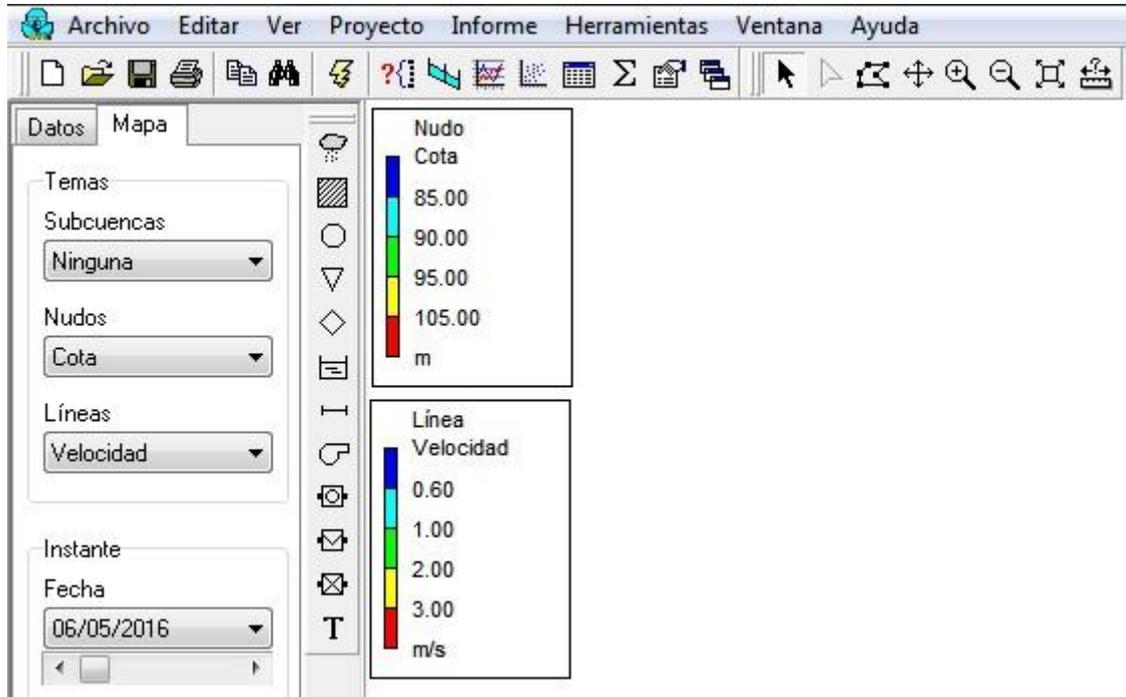


Figura 52 – Resultados mostrados no mapa do SWMM.

O perfil do coletor pode ser apresentado na opção *Perfil Longitudinal*, como apresentado neste projeto na Figura 28, que se encontra na parte superior da janela principal do *software*, caso seja necessário verificar se a rede está trabalhando em seção cheia ou não em algum trecho do desejo do usuário (Figura 53).

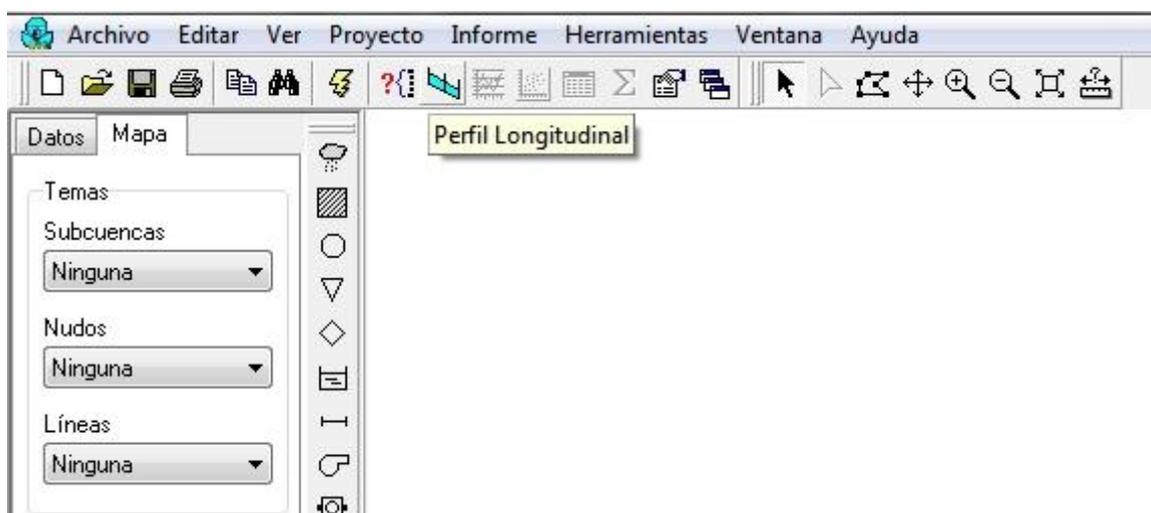
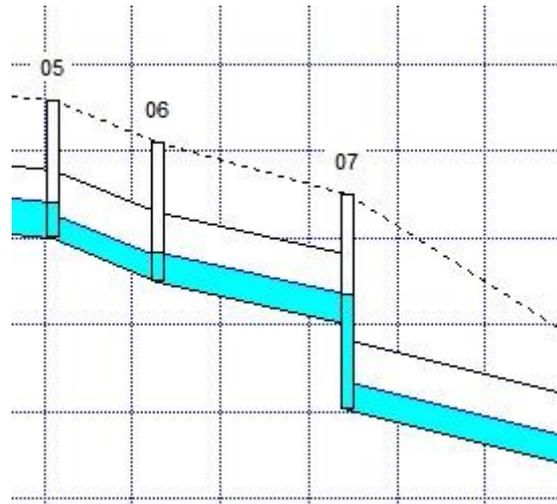


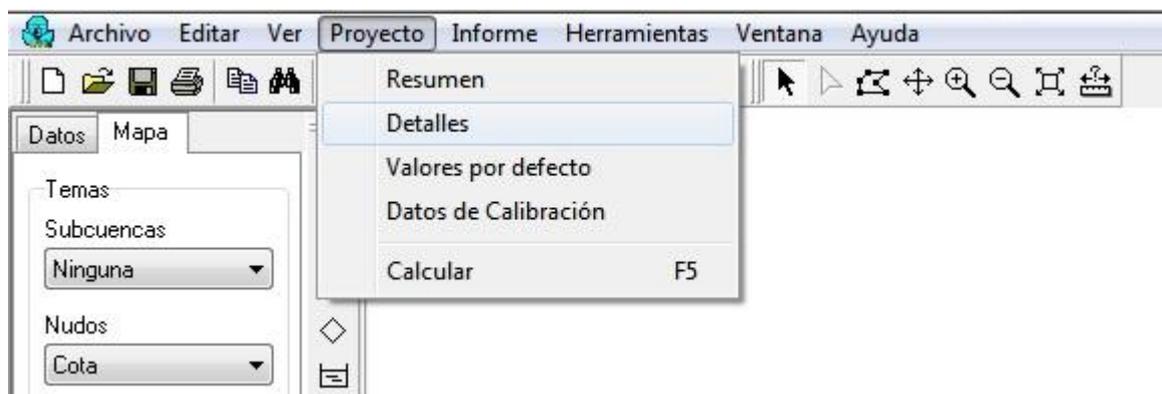
Figura 53 – Perfil da rede no SWMM.

Nesta secção o usuário deverá prestar atenção na propriedade *Desnível Saída* (Figura 45), pois aqui deverá ser computado o dado correto para a declividade do trecho em análise, o que pode significar uma grande diferença entre uma seção trabalhando com septicidade controlada ou uma seção cheia, situação considerada como indesejada. Esta situação de seção cheia poderá ser identificada quando o poço de visita mostrar um nível superior ao escoamento no trecho anterior como apresenta o poço de visita 07 na Figura 54.



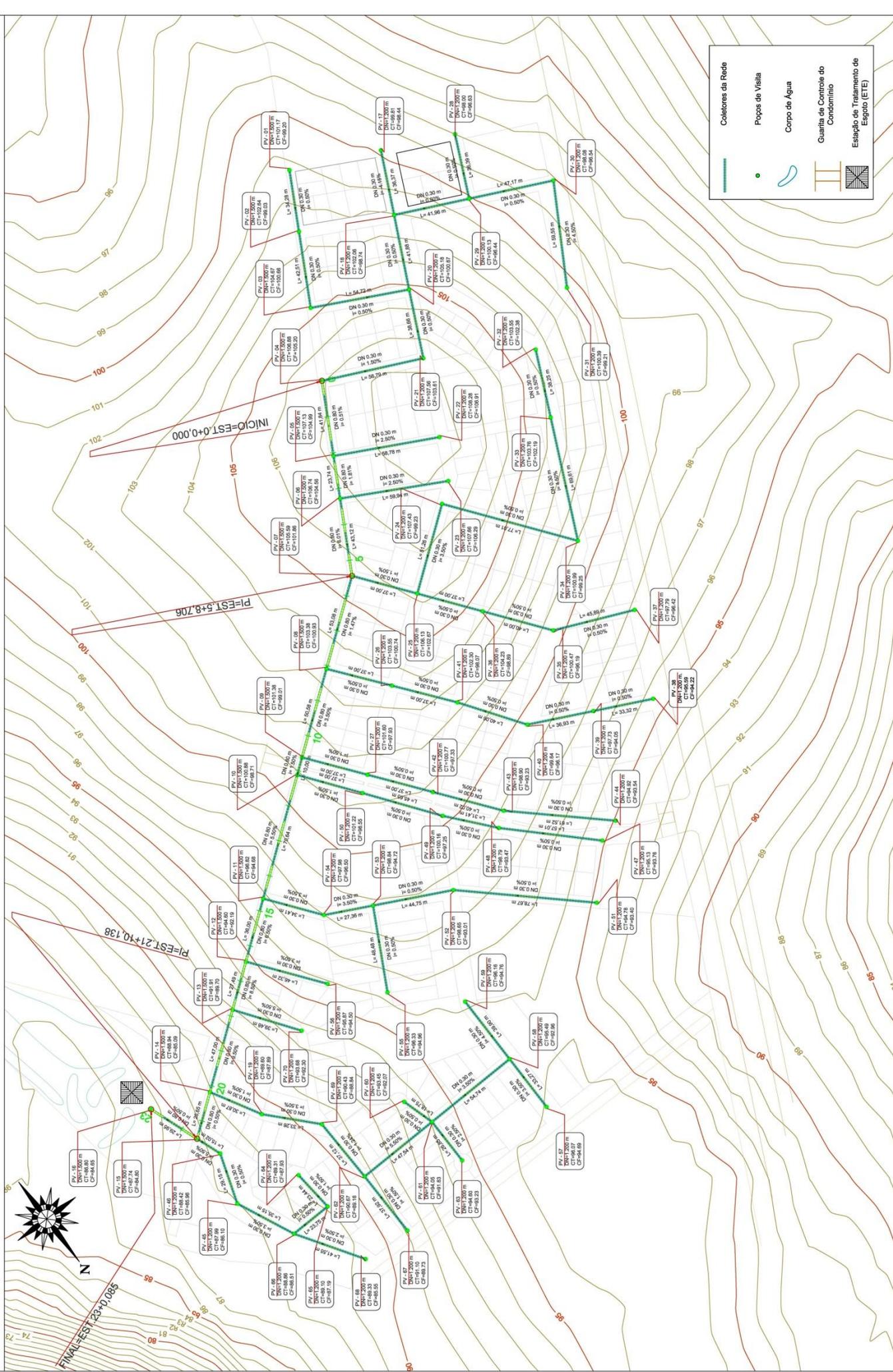
**Figura 54** – Erro na declividade no SWMM.

Por último, poderá ser gerado um relatório que apresentara os resultados obtidos após a simulação, útil para verificar se a rede se encontra nos limites estabelecidos por norma e cumpre com os dados fornecidos pelo usuário (Figura 55).



**Figura 55** – Relatório do SWMM.

# **ANEXO 2**



**Legenda:**

- Coletores da Rede
- Popos de Visita
- Corpo de Água
- Quanta de Controle do Condomínio
- Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

FOLHA Nº:  
**01/02**

CONTEÚDO:  
**PLANTA DO CENÁRIO 1**

CURSO:  
**ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURAS**

ESCALA:  
**1:1000**

DATA:  
**07/2016**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DISCENTE:  
**RAUL AUGUSTO GARCETE SILVA**

ORIENTADOR:  
**HERLANDER MATA-LIMA**

PROJETO:  
**DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ESGOTO: O CASO DE UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL**

LOCALIZAÇÃO:  
**PARANÁ COUNTRY CLUB - HERNANDARIAS - PARAGUAI**

