

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DAS ÁREAS ACADÊMICAS III
CURSO DE BACHARELADO DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAELA PARANHOS DE BARROS

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DE BIM EM
PROJETO DE REDE DE ESGOTO: ESTUDO DE CASO**

Goiânia, GO

2026

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Rafaela Paranhos de Barros

Matrícula: 20201011050454

Título do Trabalho: ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DE BIM EM PROJETO DE REDE DE ESGOTO ESTUDO DE CASO

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ () O documento está sujeito a registro de patente.
☐ () O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ () Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Local

Goiânia, 13/07/2026.

Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

RAFAELA PARANHOS DE BARROS

ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DE BIM EM PROJETO DE REDE DE ESGOTO: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Civil, do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás, Campus Goiânia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Ma. Marcela Leão
Domiciano

Coorientadora: Dra. Débora Pereira da Silva

Goiânia, GO

2026

B2786a Barros, Rafaela Paranhos de
Análise da viabilidade financeira do uso de BIM em projeto de rede de
esgoto: estudo de caso / Rafaela Paranhos de Barros. – Goiânia: Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2026.
69 f. il.

Orientadora: Profa. Ma. Marcela Leão Domiciano.
Coorientadora: Dra. Débora Pereira da Silva.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Civil,
Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Building Information Modeling. 2. Rede coletora de esgoto. 3. Infraestrutura
urbana. I. Domiciano, Marcela Leão (orientadora). II. Silva, Débora Pereira da
(coorientadora). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás,
Câmpus Goiânia. IV. Título.

CDD 690.0285

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DE BIM EM PROJETO DE REDE DE ESGOTO: ESTUDO DE CASO**, sob orientação de Marcela Leao Domiciano e coorientação de Débora Pereira da Silva, apresentado pela aluna **Rafaela Paranhos de Barros (20201011050454)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Civil (Câmpus Goiânia)**. Os trabalhos foram iniciados às **15:00** do dia **01/07/2026** pela Professora presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Marcela Leao Domiciano** (Presidente)
- **Matilde Batista Melo** (Examinadora Interna)
- **Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco** (Examinadora Interna)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pela aluna, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Nota : 9,5

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Marcela Leao Domiciano** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco**, em 13/07/2026 10:19:01 com chave 69dd16327ebd11f1a191005056a537a4.
- **Matilde Batista Melo**, em 10/07/2026 18:55:55 com chave 206dc3807caa11f1a953005056a537a4.
- **Marcela Leao Domiciano**, em 10/07/2026 11:55:08 com chave 57fd6de07c6f11f1b7de005056a537a4.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 13/07/2026

Código de Autenticação: 3d0d95



RESUMO

O avanço das tecnologias digitais tem promovido mudanças significativas nos processos de concepção e desenvolvimento de projetos de engenharia civil, especialmente no âmbito da infraestrutura urbana e do saneamento básico. Nesse contexto, o Building Information Modeling (BIM) surge como uma metodologia capaz de integrar informações geométricas, técnicas e quantitativas em um ambiente digital colaborativo, em contraste com os métodos convencionais baseados em Computer-Aided Design (CAD) bidimensional. O presente trabalho tem como objetivo analisar comparativamente a aplicação do método convencional em CAD e da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos de rede coletora de esgoto em loteamento urbano aberto, por meio de um estudo de caso. O estudo de caso foi aplicado a um loteamento urbano de 988 lotes, localizado em Minas Gerais, cujo projeto original em CAD previa a instalação de uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE) devido à suposta impossibilidade de escoamento por gravidade. A metodologia adotada caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, desenvolvida a partir da análise técnica de um projeto existente em CAD e da posterior modelagem da rede coletora de esgoto em ambiente BIM, utilizando o software Autodesk Civil 3D®. As etapas metodológicas incluem a análise do projeto convencional, a criação da superfície do terreno a partir das curvas de nível finais, o desenvolvimento do modelo BIM da rede coletora e a comparação técnica e orçamentária entre as metodologias. A partir da modelagem em BIM foi possível ajustar parametricamente parâmetros como declividade e profundidade dos poços de visita de forma a viabilizar o escoamento por gravidade, eliminando assim a necessidade da elevatória. Na análise orçamentária, foi possível verificar que, embora os custos da rede coletora tenham aumentado em razão do aprofundamento das tubulações e dos poços de visita, a eliminação da EEE resultou em uma economia global de 17,1% para os empreendedores. Conclui-se que a metodologia BIM proporciona maior precisão no desenvolvimento do projeto e contribui para a redução dos custos globais do empreendimento.

Palavras-chave: Building Information Modeling; Rede coletora de esgoto; Infraestrutura urbana.

ABSTRACT

Advances in digital technologies have brought about significant changes in the design and development processes of civil engineering projects, especially in the areas of urban infrastructure and basic sanitation. In this context, Building Information Modeling (BIM) has emerged as a methodology capable of integrating geometric, technical, and quantitative information within a collaborative digital environment, in contrast to conventional methods based on two-dimensional Computer-Aided Design (CAD). The objective of this study is to conduct a comparative analysis of the application of the conventional CAD method and the BIM methodology in the development of sewer collection network designs for an open urban subdivision, through a case study. The case study was applied to an urban development consisting of 988 lots, located in Minas Gerais, whose original CAD design called for the installation of a Sewage Pumping Station (SPS) due to the supposed impossibility of gravity flow. The methodology adopted is characterized as applied research, developed based on the technical analysis of an existing CAD project and the subsequent modeling of the sewer collection system in a BIM environment, using Autodesk Civil 3D® software. The methodological steps include the analysis of the conventional design, the creation of the terrain surface based on the final contour lines, the development of the BIM model of the sewer system, and a technical and cost comparison between the methodologies. Based on the BIM modeling, it was possible to parametrically adjust factors such as the slope and depth of the manholes to enable gravity flow, thereby eliminating the need for a pumping station. The cost analysis revealed that, although the costs of the sewer system increased due to the deeper installation of pipes and manholes, the elimination of the pumping station resulted in an overall savings of 17.1% for the developers. It is concluded that the BIM methodology provides greater precision in project development and contributes to reducing the overall costs of the project.

Keywords: Building Information Modeling; Sewer system; Urban infrastructure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Poço de visita	16
Figura 2 - Exemplo de TIL condominial	17
Figura 3 - Representação do TIL na rede de esgoto	17
Figura 4 - Delimitação da área do empreendimento e ponto de lançamento	28
Figura 5 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento do projeto em BIM da rede coletora de esgoto em loteamento urbano	34
Figura 6 - Superfície do terreno obtida do software do Civil 3D.	36
Figura 7 - Diretrizes normativas que foram utilizadas no projeto	37
Figura 8 - Perfil criado no Civil 3D com os dados da rede	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo orçamentário global do sistema de esgotamento sanitário	41
Tabela 2 - Comparação dos principais indicadores dos projetos CAD e BIM.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. JUSTIFICATIVA DO TEMA	9
1.2. OBJETIVOS.....	11
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1 PLANEJAMENTO URBANO, LOTEAMENTOS E O PARCELAMENTO DO SOLO URBANO.....	13
2.2 PROJETOS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO EM LOTEAMENTOS URBANOS	15
2.3 <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> (BIM): CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	19
2.4 BIM APLICADO À INFRAESTRUTURA URBANA E AO SANEAMENTO	21
2.5 SOFTWARES UTILIZADOS EM PROJETOS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO	23
2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO BIM EM PROJETOS DE REDES DE ESGOTO ...	25
3. METODOLOGIA	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.2 DIRETRIZES TÉCNICAS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	28
3.3 CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO DA REDE	30
3.4 ETAPA 1 – ANÁLISE DO PROJETO DESENVOLVIDO PELO MÉTODO CONVENCIONAL (CAD)	35
3.5 ETAPA 2 – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO UTILIZANDO A METODOLOGIA <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> (BIM).....	35
3.6 ETAPA 3 – ORÇAMENTAÇÃO DOS PROJETOS	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
5. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45
ANEXOS A – CHECKLIST DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS TÉCNICOS DO PROJETO DA REDE COLETORA DE ESGOTO	48
ANEXOS B – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO AUTOMATIZADA	51
ANEXOS C – ORÇAMENTO PROJETO 2D	58
ANEXOS D – ORÇAMENTO PROJETO 3D	63
ANEXOS E – PRANCHA PROJETO CAD.....	67
ANEXOS F – PRANCHA PROJETO BIM.....	68

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem transformado significativamente os processos relacionados ao desenvolvimento de projetos, planejamento e execução de obras de engenharia civil nas últimas décadas. Nesse contexto, ferramentas digitais como o *Computer-Aided Design* (CAD) e o *Building Information Modeling* (BIM) têm desempenhado papéis centrais na busca por eficiência, precisão e integração entre as disciplinas envolvidas em empreendimentos complexos. Enquanto o CAD consolidou-se como um marco na representação gráfica bidimensional e tridimensional, o BIM emergiu como um paradigma mais abrangente, capaz de incorporar informações geométricas, materiais, temporais e financeiras em um ambiente colaborativo e integrado (Eastman *et al.*, 2011; Succar, 2009).

Segundo Kymmell (2008), o BIM representa uma mudança de padrão na engenharia e na construção civil, pois não se trata apenas de uma ferramenta de modelagem, mas de um processo integrado de gestão de informações que acompanha todo o ciclo de vida da edificação desde o projeto conceitual até a operação e manutenção. Essa abordagem colaborativa permite reduzir falhas, evitar retrabalhos e otimizar a compatibilização entre diferentes disciplinas, tais como estruturas, hidráulica, elétrica e saneamento. No caso de empreendimentos urbanos, como loteamentos, essa integração é ainda mais relevante, dada a interdependência entre os sistemas de infraestrutura.

Atualmente, o setor do saneamento básico ainda apresenta atraso na adoção da metodologia BIM quando comparado a outros segmentos da construção civil, como edificações e obras verticais. De acordo com Sacks *et al.* (2020), esse atraso em projetos de infraestrutura e saneamento está associado à complexidade dos sistemas lineares, à fragmentação dos processos de projeto e à histórica dependência de métodos bidimensionais. Estudos recentes indicam que, apesar dessas limitações, o BIM tem se consolidado como uma ferramenta estratégica para obras de infraestrutura e saneamento, ao permitir maior integração entre disciplinas, melhoria na compatibilização de projetos e aumento da confiabilidade das informações técnicas. Além disso, pesquisas aplicadas ao contexto de obras lineares demonstram que a utilização do BIM contribui para a redução de custos, prazos e retrabalhos, ao possibilitar a tomada de decisões baseada em modelos digitais integrados e atualizados ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento (Costin *et al.*, 2018; Sacks *et al.*, 2020).

No contexto brasileiro, a adoção do BIM vem sendo impulsionada por políticas públicas e iniciativas institucionais. O Decreto Federal nº 11.888 (Brasil, 2024), instituiu a *Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling (BIM BR)*, com o objetivo de promover a modernização do setor da construção e o aumento da produtividade por meio da digitalização dos processos. Essa diretriz foi reforçada por normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e por manuais elaborados por entidades como o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) e a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), que orientam boas práticas para implementação do BIM em obras públicas e privadas. A presente pesquisa insere-se no contexto da inovação tecnológica aplicada à engenharia civil e tem como objetivo evidenciar, por meio de um estudo de caso comparativo, o potencial do BIM no aprimoramento do desenvolvimento de projetos de rede de esgotamento sanitário em loteamentos urbanos, em substituição às práticas convencionais.

1.1. JUSTIFICATIVA DO TEMA

O aumento da complexidade técnica dos projetos de infraestrutura urbana, em especial dos sistemas de saneamento básico, tem evidenciado limitações nos métodos tradicionais de elaboração e compatibilização de projetos. A necessidade de maior precisão técnica, redução de retrabalhos e integração entre diferentes disciplinas torna imprescindível a adoção de metodologias que permitam uma gestão mais eficiente das informações ao longo do desenvolvimento de projetos (Eastman *et al.*, 2011). Nesse cenário, o BIM destaca-se como uma abordagem capaz de promover a coordenação integrada dos elementos do projeto, possibilitando maior confiabilidade técnica, controle de interferências e apoio à tomada de decisões desde as fases iniciais do planejamento até a execução da obra.

Apesar do uso consolidado do CAD nas últimas décadas, sua limitação em termos de interoperabilidade e atualização automática de informações tem sido apontada como um dos principais desafios para o setor (Da Costa *et al.*, 2015). O método convencional, baseado em representações bidimensionais, demanda constantes revisões e verificações manuais, o que aumenta o risco de erros, inconsistências e retrabalhos. Em contrapartida, a adoção do BIM permite a integração entre disciplinas e a compatibilização automatizada de projetos, reduzindo falhas e otimizando o desempenho das obras.

No Brasil, a implementação do BIM tem sido estimulada por políticas públicas como a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM BR, instituída pelo Decreto nº 11.888/2024, que estabelece diretrizes para modernizar o setor da construção e promover a digitalização dos processos (Brasil, 2024). Essa transformação tecnológica está alinhada às demandas crescentes de planejamento urbano e saneamento, setores que requerem soluções integradas e sustentáveis para atender à expansão das cidades brasileiras. De acordo com o novo marco legal do saneamento, atualizado pela Lei Federal nº 14.026 (Brasil, 2020), o acesso universal aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é condição indispensável para a promoção da saúde pública e o desenvolvimento socioeconômico sustentável.

A escolha do tema justifica-se pela relevância técnica e social da aplicação do BIM em projetos de redes coletoras de esgoto em loteamentos urbanos, uma vez que esse tipo de empreendimento demanda compatibilização entre os sistemas de infraestrutura viária, drenagem urbana, abastecimento de água, rede elétrica urbana e esgotamento sanitário. Estudos desenvolvidos por Fujii (2016), Tavares; Castro (2024) evidenciam que a utilização do BIM em sistemas de esgotamento sanitário proporciona ganhos expressivos de eficiência, reduz custos e melhora a confiabilidade dos projetos, especialmente quando comparado aos métodos convencionais em CAD.

Além disso, a literatura recente tem demonstrado que o uso do BIM contribui para a sustentabilidade e racionalização de recursos na construção civil (Eastman *et al.*, 2011). Sacks *et al.* (2020) ressaltam que essa metodologia amplia a capacidade de análise de cenários e de simulação de desempenho, permitindo o uso mais consciente de materiais e o controle de impactos ambientais. Dessa forma, o presente estudo se mostra relevante por investigar, sob a ótica comparativa, as vantagens e limitações entre o método tradicional em CAD e o BIM na concepção de projeto de redes coletoras de esgoto, trazendo uma contribuição prática e acadêmica para o aprimoramento de projetos na área de saneamento básico.

Assim, a pesquisa busca reforçar a importância do uso de tecnologias inovadoras no setor de saneamento, demonstrando que a adoção do BIM pode melhorar a eficiência técnica e econômica dos projetos, mas também pode contribuir para a promoção de políticas públicas voltadas à sustentabilidade urbana e à modernização das práticas de infraestrutura no país.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é analisar comparativamente a aplicação do método convencional (baseado em CAD bidimensional) e da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos de rede coletora de esgoto em um loteamento urbano aberto, utilizando um estudo de caso. O intuito principal é evidenciar o potencial do BIM no aprimoramento e na substituição das práticas convencionais na área de saneamento.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Identificar as limitações do método convencional em CAD na elaboração de projetos de redes coletoras de esgoto;
- Desenvolver um projeto de rede coletora de esgoto utilizando a metodologia BIM, especificamente com o software Autodesk Civil 3D®;
- Realizar a comparação entre os projetos elaborados em CAD e BIM, destacando os aspectos de compatibilização e precisão técnica;
- Analisar as diferenças de custos de implantação entre os projetos, utilizando o sistema referencial SINAPI;
- Contribuir para a disseminação do uso do BIM em obras de saneamento, por meio de reforço da sua importância para o desenvolvimento urbano sustentável e a gestão integrada de infraestrutura.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso está estruturado em cinco capítulos, organizados de forma a conduzir o leitor desde a contextualização teórica e normativa até a análise comparativa dos resultados e as considerações finais.

Item 1 – A introdução apresenta a contextualização do tema, a justificativa da pesquisa, o problema investigado e os objetivos geral e específicos, delimitando o escopo do estudo e sua relevância técnica, acadêmica e social no contexto do saneamento básico.

Item 2 – A revisão da literatura foi estruturada de maneira progressiva, iniciando-se pela contextualização do planejamento urbano aplicado a loteamentos, com ênfase na legislação pertinente, especialmente nos termos do art. 2º, §5º, da Lei Federal nº 6.766 (Brasil, 1979), que regulamenta o parcelamento do solo urbano. Em seguida, foram abordados os

fundamentos técnicos dos projetos de redes coletoras de esgoto, incluindo os sistemas operacionais, parâmetros hidráulicos, normativas técnicas e diretrizes das concessionárias de saneamento. Posteriormente, o capítulo apresentou os conceitos fundamentais do *Building Information Modeling* (BIM), destacando sua relação direta com a modelagem paramétrica, a colaboração entre os profissionais da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e a interoperabilidade entre sistemas, conforme discutido por Andrade e Ruschel (2009a). Na sequência, foram analisadas as aplicações do BIM em obras de infraestrutura e saneamento, bem como os principais softwares utilizados no desenvolvimento de projetos de redes de esgoto, estabelecendo a base teórica necessária para o estudo comparativo proposto.

Item 3 – A metodologia descreve de forma detalhada os procedimentos adotados para o desenvolvimento da pesquisa, caracterizada como um estudo de caso comparativo entre o método convencional em CAD e a metodologia BIM. Nesse capítulo são apresentadas a caracterização da área de estudo, as etapas de desenvolvimento dos projetos, os critérios técnicos e normativos utilizados no dimensionamento da rede coletora de esgoto, bem como os procedimentos de modelagem, extração de quantitativos e elaboração orçamentária. A metodologia foi estruturada em consonância com o referencial teórico apresentado no Capítulo 2, garantindo coerência entre os fundamentos conceituais, normativos e as etapas práticas do estudo.

Item 4 – O capítulo de resultados e discussões apresenta a análise comparativa entre o método convencional em CAD e a metodologia BIM aplicada ao desenvolvimento do projeto de rede coletora de esgoto. Foram avaliados aspectos relacionados à representação do projeto, à compatibilização dos elementos, à precisão das informações, à confiabilidade dos quantitativos e dos custos obtidos, bem como aos impactos técnicos e econômicos decorrentes da adoção da metodologia BIM.

Item 5 – A conclusão reúne as considerações finais do trabalho, sintetizando os principais resultados obtidos, as contribuições da utilização do BIM em projetos de redes coletoras de esgoto e as limitações da pesquisa, além de apresentar sugestões para trabalhos futuros na área de saneamento urbano.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PLANEJAMENTO URBANO, LOTEAMENTOS E O PARCELAMENTO DO SOLO URBANO

O planejamento urbano constitui um instrumento fundamental para a organização do espaço urbano, sendo responsável por orientar o crescimento das cidades de forma ordenada, funcional e sustentável. De acordo com Villaça (2012), o planejamento urbano deve articular aspectos físicos, sociais, econômicos e ambientais, garantindo condições adequadas de habitabilidade, mobilidade e acesso à infraestrutura básica. Nesse contexto, a infraestrutura urbana especialmente os sistemas de saneamento básico desempenha papel central na promoção da qualidade de vida e da saúde pública, influenciando diretamente o desenvolvimento socioeconômico das cidades.

A infraestrutura básica urbana compreende, entre outros elementos, os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, energia elétrica e sistema viário, de acordo com o Art. 2, §5º da Lei Federal 6.766 (Brasil, 1979). Conforme estabelece o Estatuto da Cidade, a Lei Federal nº 10.257 (Brasil, 2001), o planejamento urbano deve assegurar que o parcelamento e a ocupação do solo atendam à função social da cidade e da propriedade urbana, integrando infraestrutura, serviços públicos e uso adequado do território (Brasil, 2001). Assim, o planejamento urbano assume caráter estratégico ao definir diretrizes que condicionam a implantação de novos loteamentos e a expansão das áreas urbanizadas.

O loteamento urbano é uma das principais formas de parcelamento do solo e consiste na subdivisão de uma gleba em lotes destinados à edificação, com abertura ou prolongamento de vias públicas e implantação de infraestrutura essencial. Segundo Azevedo Netto (2015), o loteamento representa uma intervenção direta no território, exigindo planejamento técnico rigoroso para garantir a funcionalidade urbana e a integração adequada aos sistemas existentes. Essa modalidade de parcelamento demanda a implantação prévia ou simultânea de obras de infraestrutura, sendo uma delas os sistemas de esgotamento sanitário, que devem ser projetados de forma compatível com a topografia, a densidade urbana e as normas técnicas vigentes.

No Brasil, o parcelamento do solo urbano é regulamentado pela Lei Federal nº 6.766 (Brasil, 1979), que estabelece critérios, exigências e responsabilidades para a implantação de

loteamentos e desmembramentos urbanos. Essa legislação não estabelece parâmetros técnicos específicos, mas define as infraestruturas básicas que devem ser implantadas nos loteamentos, tais como o sistema viário, o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e a drenagem pluvial (Brasil, 1979). A Lei constitui um marco regulatório fundamental para o ordenamento urbano, ao condicionar a expansão das cidades à obrigatoriedade da implantação prévia de infraestrutura adequada.

A Lei Federal nº 6.766 (Brasil, 1979), determina que a aprovação de projetos de loteamento esteja condicionada à apresentação de projetos técnicos completos de infraestrutura, incluindo o sistema de esgotamento sanitário, conforme as diretrizes dos órgãos ambientais e das concessionárias de serviços públicos. De acordo com Meirelles (2018), essa exigência visa evitar a expansão urbana desordenada e a formação de áreas carentes de serviços essenciais, fenômeno historicamente associado a problemas ambientais, sanitários e sociais. Assim, o planejamento e o parcelamento do solo urbano devem ser compreendidos como processos integrados, nos quais a infraestrutura de saneamento assume papel estruturante.

A relação entre o parcelamento do solo urbano e o saneamento básico é direta e indissociável. O sistema de esgotamento sanitário deve ser concebido ainda na fase de planejamento do loteamento, considerando aspectos como traçado viário, declividade do terreno, densidade populacional prevista e capacidade de conexão com sistemas existentes. Segundo Tsutiya (2011), o adequado planejamento das redes coletoras de esgoto em loteamentos é essencial para garantir o funcionamento eficiente do sistema, evitando problemas como extravasamentos, entupimentos e impactos ambientais decorrentes do lançamento inadequado de efluentes.

Além da Lei Federal nº 6.766 (Brasil, 1979), o planejamento urbano e os projetos de saneamento em loteamentos devem observar o marco legal do saneamento básico, atualizado pela Lei Federal nº 14.026 (Brasil, 2020), que estabelece diretrizes para a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no país. Essa legislação reforça a importância do planejamento integrado e da eficiência técnica na implantação de sistemas de saneamento, especialmente em áreas de expansão urbana. Nesse sentido, a compatibilização entre planejamento urbano, parcelamento do solo e infraestrutura sanitária torna-se requisito indispensável para o desenvolvimento urbano sustentável.

Do ponto de vista técnico, a elaboração de projetos de redes coletoras de esgoto em loteamentos deve atender não apenas às exigências legais, mas também às normas técnicas da ABNT e às diretrizes específicas das concessionárias locais. A NBR 9649, por exemplo, estabelece critérios para o projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, contemplando parâmetros como declividade mínima, diâmetro das tubulações e espaçamento entre poços de visita (ABNT, 1986). Conforme destaca Jordão e Pessoa (2014), a observância dessas normas é fundamental para garantir a eficiência hidráulica e a durabilidade dos sistemas implantados.

Dessa forma, o planejamento urbano e o parcelamento do solo urbano configuram a base sobre a qual se estruturam os projetos de infraestrutura, como os sistemas de esgotamento sanitário. A compreensão desse arcabouço legal e técnico é essencial para o desenvolvimento de projetos coerentes, eficientes e compatíveis com a realidade urbana. Assim, este tópico estabelece os fundamentos necessários para a análise dos projetos de redes coletoras de esgoto em loteamentos urbanos, servindo de suporte teórico para a aplicação e comparação das metodologias convencional e BIM desenvolvidas neste trabalho.

2.2 PROJETOS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO EM LOTEAMENTOS URBANOS

O sistema de esgotamento sanitário é definido como o conjunto de obras, instalações e serviços destinados à coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários, com o objetivo de proteger a saúde pública e o meio ambiente. Segundo Jordão e Pessoa (2014), o esgotamento sanitário constitui um dos pilares do saneamento básico, sendo essencial para a prevenção de doenças de veiculação hídrica e para a melhoria das condições ambientais nas áreas urbanas. No contexto dos loteamentos urbanos, o sistema de esgotamento sanitário deve ser concebido de forma integrada ao planejamento urbano e às demais infraestruturas, garantindo eficiência operacional e compatibilidade com a expansão da malha urbana.

As redes coletoras de esgoto em loteamentos urbanos têm a função de conduzir os efluentes gerados nas unidades habitacionais até os coletores-tronco ou interceptores, possibilitando o encaminhamento para tratamento adequado. De acordo com Tsutiya (2011), essas redes devem ser projetadas considerando o crescimento populacional previsto, a topografia do terreno e as condições hidráulicas necessárias para assegurar o escoamento por gravidade sempre que possível. A correta concepção das redes coletoras em loteamentos é

determinante para o desempenho do sistema ao longo de sua vida útil, reduzindo a necessidade de intervenções corretivas e custos operacionais futuros.

Os projetos de redes coletoras de esgoto são compostos por diversas unidades operacionais, dentre as quais se destacam as tubulações, os poços de visita e as ligações prediais. As tubulações são responsáveis pelo transporte dos esgotos, e devem ser dimensionadas de acordo com as vazões previstas e os critérios normativos. Os poços de visita (PV), conforme ilustrado na Figura 1 e os terminais de inspeção e limpeza (TIL), conforme ilustrado na Figura 2 e Figura 3, têm a função de permitir o acesso para inspeção, manutenção e limpeza das redes, além de possibilitar mudanças de direção, declividade ou diâmetro das tubulações, conforme ilustrado nas imagens a seguir. Já as ligações prediais são responsáveis por conectar as edificações ao sistema público de coleta, devendo ser projetadas de modo a evitar infiltrações e contribuições indevidas (Jordão; Pessoa, 2014).

Figura 1 - Poço de visita



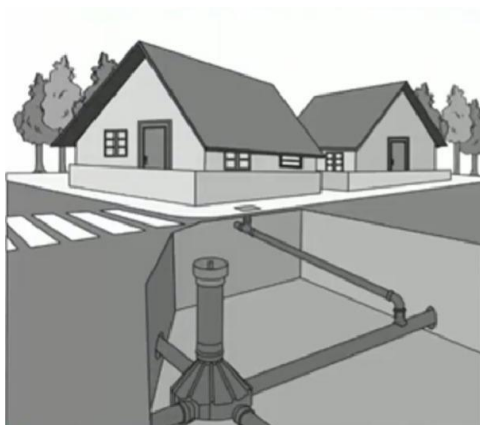
Fonte: JE ACONTECE, 2022

Figura 2 - Exemplo de TIL condominial



Fonte: Orcamentor, 2025.

Figura 3 - Representação do TIL na rede de esgoto



Fonte: Ycon, 2026

Os parâmetros hidráulicos e construtivos são elementos centrais no dimensionamento das redes coletoras de esgoto. Entre os principais parâmetros destacam-se a vazão de projeto, a declividade mínima das tubulações, o diâmetro nominal dos coletores, a profundidade de assentamento e a velocidade de escoamento. Conforme Tsutiya (2011), a adoção de declividades adequadas é fundamental para garantir velocidades autolimpantes, evitando o acúmulo de sólidos e o comprometimento da eficiência do sistema. Além disso, o correto posicionamento das redes em relação ao sistema viário e às demais infraestruturas urbanas contribui para a durabilidade e a segurança da operação.

No Brasil, o projeto de redes coletoras de esgoto sanitário deve atender às normas técnicas estabelecidas pela ABNT, com destaque para a NBR 9649 (ABNT, 1986), que dispõe sobre os critérios para o projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Essa norma estabelece diretrizes quanto ao dimensionamento hidráulico, aos espaçamentos máximos entre poços de

visita, às declividades mínimas e aos materiais das tubulações, constituindo referência fundamental para a elaboração de projetos tecnicamente consistentes. Outras normas complementares também podem ser aplicáveis, dependendo das características do empreendimento e das exigências locais.

Além das normas técnicas nacionais, os projetos de redes coletoras de esgoto em loteamentos urbanos devem obedecer às diretrizes específicas das concessionárias de saneamento responsáveis pela operação do sistema. Essas diretrizes costumam estabelecer critérios adicionais relacionados aos materiais permitidos, padrões construtivos, métodos de execução, procedimentos de aprovação de projetos e exigências para a aceitação das obras. Segundo Meirelles (2018), a observância dessas diretrizes é imprescindível para garantir a integração do novo loteamento ao sistema existente, evitando incompatibilidades técnicas e operacionais.

Dessa forma, o projeto de redes coletoras de esgoto em loteamentos urbanos demanda uma abordagem técnica criteriosa, que considere simultaneamente os aspectos normativos, hidráulicos, construtivos e operacionais. A correta aplicação desses princípios contribui para a eficiência do sistema de esgotamento sanitário, assegurando seu funcionamento adequado ao longo do tempo. Esse conjunto de fundamentos técnicos estabelece a base necessária para a análise comparativa entre os métodos tradicionais de projeto e a aplicação da metodologia BIM, que será abordada nos tópicos subsequentes deste trabalho.

A transição dos métodos convencionais de projeto, baseados em CAD, para a metodologia BIM no setor de infraestrutura e saneamento tem sido amplamente documentada na literatura técnica recente. Diversos estudos de caso evidenciam que o BIM ultrapassa a simples representação tridimensional, atuando como um banco de dados paramétrico que otimiza custos, mitiga erros e atende às novas exigências normativas.

No estudo conduzido por Andrade (2022), intitulado "Implantação de um fluxo BIM em um sistema de esgotamento sanitário em Sergipe", o autor analisa de forma prática a aplicação dessa tecnologia em substituição aos métodos tradicionais. A pesquisa documenta o desenvolvimento de um projeto de rede de esgoto demandado por órgãos federais de fomento, como a FUNASA, demonstrando que a modelagem da infraestrutura em ambiente BIM promove uma significativa otimização de tempo e recursos. O estudo de Andrade destaca que as vantagens executivas do fluxo BIM se concentram na prevenção de falhas de compatibilização ainda na fase de concepção — um problema recorrente nos fluxos em CAD,

onde a verificação de recobrimentos e declividades depende de análises manuais e fragmentadas.

Complementarmente, a pesquisa de Pereira (2023), sobre a "Aplicação do BIM em Sistemas de Esgotamento Sanitário", aborda o tema sob a ótica da eficiência institucional e das diretrizes do Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei Federal nº 14.026/2020). O trabalho estabelece um paralelo direto entre a urgência de universalização dos serviços de saneamento e a necessidade de modernização tecnológica nos projetos. O autor evidencia o movimento ativo de grandes concessionárias estaduais de saneamento — a exemplo da Sabesp, Sanepar e Compesa — que vêm abandonando gradativamente o CAD em prol do BIM. Um marco relevante apontado no estudo é a criação de normativas técnicas internas exclusivas para o desenvolvimento de projetos em BIM por essas companhias (como a GPE-NI-002 da Compesa), corroborando a tendência de que a entrega de modelos paramétricos integrados se tornará um padrão exigido pelas operadoras do sistema.

Em síntese, a análise conjunta desses trabalhos fortalece a premissa de que a adoção do BIM em projetos de loteamentos e redes coletoras de esgoto não é apenas uma inovação gráfica, mas uma necessidade técnica e financeira. Enquanto Andrade (2022) comprova a redução prática de retrabalhos operacionais e orçamentários, Pereira (2023) contextualiza que essa precisão é o novo requisito imposto pelo mercado e pelas concessionárias. Ambos os estudos confirmam as limitações do método convencional e validam a eficácia da modelagem paramétrica para evitar interferências físicas, inconsistências orçamentárias e custos com superdimensionamento em obras lineares de saneamento.

2.3 *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM): CONCEITOS FUNDAMENTAIS

O BIM é definido como uma metodologia baseada na criação e no gerenciamento de modelos digitais que integram informações geométricas, técnicas e operacionais ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento. De acordo com Sacks *et al.* (2020), o BIM não deve ser compreendido apenas como uma ferramenta computacional, mas como um processo colaborativo que reúne dados consistentes e atualizados, permitindo o desenvolvimento, a análise e a gestão integrada dos projetos de engenharia e construção. Essa abordagem

representa uma evolução em relação aos métodos tradicionais de projeto, especialmente aqueles baseados em representações bidimensionais.

Segundo Succar (2009), o BIM configura-se como um novo paradigma para a indústria da AEC, ao promover a centralização das informações do empreendimento em um modelo digital compartilhado. Esse modelo funciona como uma base de dados única, capaz de reunir informações geométricas, materiais, quantitativas, temporais e financeiras, possibilitando maior confiabilidade técnica e redução de inconsistências ao longo das etapas de projeto e execução.

Um dos conceitos fundamentais associados ao BIM é a parametricidade, que consiste na capacidade dos elementos do modelo possuírem parâmetros associados, permitindo que qualquer alteração realizada em um componente se aplique automaticamente em todo o projeto. Conforme destacam Sacks *et al.* (2020), a modelagem paramétrica possibilita a atualização automática de dimensões, volumes, quantitativos e representações gráficas, reduzindo significativamente erros decorrentes de revisões manuais. Essa característica é particularmente relevante em projetos de infraestrutura, nos quais pequenas alterações geométricas podem impactar diretamente o desempenho hidráulico e construtivo dos sistemas.

Outro aspecto central da metodologia BIM é a colaboração entre os profissionais da indústria AEC, uma vez que o modelo digital pode ser acessado, analisado e atualizado por diferentes disciplinas de forma simultânea. Andrade e Ruschel (2009) ressaltam que o BIM favorece o trabalho colaborativo ao permitir a integração entre arquitetos, engenheiros e demais agentes envolvidos no empreendimento, promovendo maior compatibilização entre projetos e redução de conflitos. Essa colaboração estruturada contribui para a melhoria da comunicação entre as equipes e para a tomada de decisões mais assertivas durante o desenvolvimento do projeto.

A colaboração no ambiente BIM também está diretamente relacionada ao conceito de interoperabilidade, que se refere à capacidade de diferentes softwares e plataformas trocarem informações de forma consistente e sem perda de dados. Segundo Sacks *et al.* (2020), a interoperabilidade é um dos pilares do BIM, pois viabiliza a integração entre ferramentas utilizadas nas diversas etapas do projeto, como modelagem, análise, orçamento e planejamento. A adoção de padrões abertos, como o formato Industry Foundation Classes (IFC), tem sido fundamental para ampliar essa interoperabilidade e reduzir a dependência de soluções proprietárias.

De acordo com Andrade e Ruschel (2009), a interoperabilidade no BIM permite que modelos desenvolvidos por diferentes agentes sejam compartilhados e analisados de forma integrada, garantindo maior confiabilidade das informações e facilitando a coordenação entre disciplinas. Esse aspecto é especialmente relevante em projetos de infraestrutura urbana e saneamento, nos quais há interação constante entre sistemas viários, drenagem, abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Dessa forma, os conceitos fundamentais do BIM como parametricidade, colaboração com a indústria AEC e interoperabilidade constituem a base teórica necessária para a compreensão do potencial dessa metodologia na engenharia civil. A partir desses fundamentos, torna-se possível analisar de forma crítica a aplicação do BIM em obras de infraestrutura e saneamento, bem como compará-lo aos métodos convencionais de projeto, aspecto que será aprofundado nos tópicos subsequentes deste trabalho.

2.4 BIM APLICADO À INFRAESTRUTURA URBANA E AO SANEAMENTO

A aplicação do BIM em obras de infraestrutura urbana representa um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais de projeto, especialmente no que se refere ao planejamento, à coordenação e à gestão de sistemas complexos e interdependentes. Diferentemente das edificações, as obras de infraestrutura caracterizam-se por sua natureza linear, grande extensão territorial e forte dependência das condições topográficas e ambientais, o que exige soluções técnicas capazes de integrar múltiplas variáveis em um ambiente digital consistente (Sacks *et al.*, 2020).

No contexto da infraestrutura urbana, o BIM tem sido progressivamente adotado em projetos de sistemas viários, drenagem, abastecimento de água e esgotamento sanitário (Brasil, 2020). Segundo Eastman *et al.* (2011), a modelagem da infraestrutura em ambiente BIM permite a representação tridimensional precisa do terreno, dos elementos construtivos e das interferências existentes, possibilitando análises mais assertivas ainda nas fases iniciais do projeto. Essa característica contribui para a redução de conflitos entre sistemas e para a melhoria da tomada de decisões técnicas.

As obras de saneamento básico, como os sistemas de esgotamento sanitário, apresentam elevado grau de complexidade devido à interação constante com o sistema viário, a drenagem urbana e outras redes subterrâneas. De acordo com Tavares; Castro (2024), a

aplicação do BIM em projetos de saneamento possibilita maior controle sobre o traçado das redes, a profundidade de assentamento das tubulações e a compatibilização com demais infraestruturas existentes ou projetadas. Essa abordagem integrada reduz significativamente a ocorrência de interferências não previstas, que são comuns em projetos desenvolvidos exclusivamente em ambiente bidimensional.

Outro aspecto relevante da aplicação do BIM em infraestrutura urbana é a possibilidade de realizar análises de desempenho e simulações ainda na fase de projeto. Conforme destacam Costin *et al.* (2018), o uso do BIM em obras lineares permite a avaliação de diferentes cenários de implantação, facilitando a escolha de soluções mais eficientes do ponto de vista técnico, econômico e ambiental. No caso do saneamento, essa capacidade de simulação contribui para o dimensionamento mais preciso das redes coletoras e para a otimização do uso de materiais e recursos.

A adoção do BIM em projetos de saneamento também favorece a extração automática de quantitativos e a integração com sistemas de orçamento e planejamento. Segundo Sacks *et al.* (2020), a modelagem paramétrica possibilita que alterações no traçado ou nas características das tubulações sejam refletidas instantaneamente nos quantitativos e nos custos estimados, reduzindo erros associados a medições manuais. Essa funcionalidade é particularmente relevante em projetos de redes coletoras de esgoto, nos quais pequenas alterações geométricas podem gerar impactos significativos no custo final da obra.

No cenário brasileiro, a aplicação do BIM em obras de infraestrutura e saneamento vem sendo incentivada por políticas públicas e normativas institucionais. A Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (BIM BR), atualmente regida pelo Decreto nº 11.888/2024 (Brasil, 2024), e o Decreto nº 10.306/2020 (Brasil, 2020), que estabelece as fases de adoção do BIM na administração pública federal, reforçam a importância da metodologia como instrumento de modernização do setor da construção civil. Essas diretrizes têm impulsionado a adoção do BIM em projetos públicos na área de infraestrutura e saneamento básico.

Estudos aplicados ao contexto do saneamento demonstram que o uso do BIM contribui para a melhoria da qualidade dos projetos, a redução de retrabalhos e o aumento da confiabilidade das informações técnicas. Fujii (2016) e Rodrigues, Nandi e Labhardt (2016) apontam que a modelagem BIM em sistemas lineares de esgotamento sanitário favorece a integração entre projeto urbanístico, topografia e infraestrutura, permitindo maior controle sobre o processo de concepção e execução das obras. Esses benefícios tornam o BIM uma

ferramenta estratégica para empreendimentos urbanos que demandam alto nível de complexibilidade técnica.

Dessa forma, a aplicação do BIM à infraestrutura urbana e ao saneamento básico configura-se como uma abordagem promissora para o aprimoramento dos processos de projeto e gestão de obras. Ao possibilitar a integração de dados, a simulação de cenários e a compatibilização entre sistemas, o BIM contribui para a eficiência técnica, econômica e operacional dos projetos de redes coletoras de esgoto. Esses aspectos fundamentam a escolha da metodologia BIM como objeto de análise comparativa neste trabalho, em relação ao método convencional baseado em CAD.

2.5 SOFTWARES UTILIZADOS EM PROJETOS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO

O desenvolvimento de projetos de redes coletoras de esgoto depende fortemente das ferramentas computacionais adotadas para a elaboração, análise e documentação técnica. Ao longo das últimas décadas, os softwares de projeto evoluíram significativamente, passando de plataformas essencialmente gráficas, baseadas em desenho assistido por computador (CAD), para ambientes integrados de modelagem da informação da construção (BIM). Essa evolução tem impactado diretamente a forma como os projetos de saneamento são concebidos, compatibilizados e gerenciados (Eastman *et al.*, 2011).

Os softwares CAD tradicionais, como o AutoCAD®, consolidaram-se como ferramentas amplamente utilizadas na engenharia civil devido à sua capacidade de representar elementos em duas dimensões e, de forma limitada, em três dimensões. No contexto dos projetos de redes coletoras de esgoto, essas plataformas permitem o traçado das tubulações, a representação dos poços de visita, a elaboração de perfis longitudinais e a produção das pranchas técnicas exigidas pelos órgãos aprovadores. Segundo Kymmell (2008), o método CAD caracteriza-se pela separação entre a representação gráfica e as informações técnicas do projeto, exigindo que alterações sejam realizadas manualmente em diferentes vistas e documentos.

Embora os softwares CAD apresentem vantagens como ampla disseminação, baixo custo relativo e compatibilidade com normas gráficas consolidadas, suas limitações são evidentes quando aplicados a projetos de infraestrutura complexos. A ausência de parametricidade e de integração automática entre os elementos do projeto aumenta a probabilidade de inconsistências, retrabalhos e falhas de compatibilização, especialmente em

redes extensas e com múltiplas interferências subterrâneas (Da Costa *et al.*, 2015). Essas limitações tornam o processo mais dependente da experiência do projetista e mais suscetível a erros humanos.

Em contrapartida, os softwares BIM para infraestrutura oferecem uma abordagem integrada e paramétrica para o desenvolvimento de projetos de redes coletoras de esgoto. Essas ferramentas permitem a criação de modelos tridimensionais associados a informações técnicas, normativas e quantitativas, possibilitando maior controle sobre o processo de projeto. De acordo com Sacks *et al.* (2020), os ambientes BIM favorecem a coordenação entre disciplinas, a extração automática de quantitativos e a atualização dinâmica das informações, características essenciais para obras de infraestrutura urbana.

Entre os principais softwares BIM aplicados a projetos de saneamento destaca-se o Autodesk Civil 3D®, amplamente utilizado no desenvolvimento de obras lineares. Essa ferramenta possibilita a criação de superfícies topográficas, o lançamento paramétrico de redes de tubulações, a geração automática de perfis longitudinais e a verificação imediata de parâmetros como declividade, profundidade e interferências. Segundo Rodrigues, Nandi e Labhardt (2016), o Civil 3D apresenta grande potencial para projetos de redes coletoras de esgoto, pois integra modelagem geométrica, análise técnica e documentação em um único ambiente.

O Autodesk InfraWorks® é outra ferramenta BIM relevante para projetos de infraestrutura, sendo mais voltada para as fases iniciais de planejamento e estudos preliminares. Esse software permite a visualização do empreendimento em escala territorial, integrando dados geoespaciais, modelos conceituais e informações urbanísticas. Conforme apontam Eastman *et al.* (2011), o InfraWorks® é especialmente útil para a análise de cenários, avaliação de alternativas de traçado e comunicação visual com stakeholders, embora apresente limitações quanto ao detalhamento executivo das redes coletoras.

Já o Autodesk Navisworks® é amplamente utilizado como ferramenta de coordenação e compatibilização de modelos BIM. Sua principal função consiste na integração de modelos provenientes de diferentes plataformas, possibilitando a detecção de interferências e a análise de conflitos entre sistemas. No contexto do saneamento, o Navisworks® contribui para a verificação de conflitos entre redes de esgoto, drenagem, abastecimento de água e demais infraestruturas subterrâneas, reduzindo riscos durante a execução da obra (Eastman *et al.*, 2011).

Apesar das vantagens oferecidas pelos softwares BIM, algumas limitações ainda são observadas, especialmente no contexto brasileiro. Entre os principais desafios destacam-se a necessidade de capacitação técnica dos profissionais, os custos de licenciamento e a adaptação das diretrizes das concessionárias de saneamento aos fluxos de trabalho baseados em BIM. Segundo Tavares; Castro (2024), a transição do CAD para o BIM em projetos de saneamento exige mudanças culturais e organizacionais, além da adequação dos processos de aprovação e fiscalização.

Dessa forma, a escolha do software a ser utilizado em projetos de redes coletoras de esgoto deve considerar não apenas as funcionalidades técnicas disponíveis, mas também o nível de maturidade da equipe, as exigências normativas e as diretrizes das concessionárias locais. A análise dos potenciais e limitações dos softwares CAD e BIM evidencia que, embora o método convencional ainda seja amplamente empregado, as ferramentas BIM apresentam vantagens significativas em termos de integração, precisão e eficiência, justificando sua aplicação no estudo de caso desenvolvido neste trabalho.

2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO BIM EM PROJETOS DE REDES DE ESGOTO

A análise da literatura apresentada nos tópicos anteriores evidencia que a aplicação do BIM em projetos de redes coletoras de esgoto representa uma evolução significativa em relação aos métodos tradicionais de desenvolvimento de projetos baseados em CAD. Ao integrar informações geométricas, técnicas e quantitativas em um único modelo digital, o BIM proporciona maior consistência das informações e favorece a tomada de decisões ao longo das diferentes etapas do ciclo de vida do empreendimento (Eastman *et al.*, 2011).

No contexto dos loteamentos urbanos, os projetos de redes coletoras de esgoto demandam elevado nível de coordenação entre planejamento urbano, topografia, sistema viário e demais infraestruturas subterrâneas. A literatura demonstra que o uso do BIM contribui para a compatibilização desses sistemas, reduzindo conflitos, interferências e retrabalhos frequentemente observados em projetos desenvolvidos exclusivamente em ambiente bidimensional (Tavares; Castro, 2024; Rodrigues; Nandi; Labhardt, 2016). Essa integração é particularmente relevante em obras de saneamento, nas quais pequenas inconsistências de projeto podem resultar em impactos técnicos, operacionais e econômicos significativos.

Outro aspecto recorrente nos estudos analisados refere-se à capacidade do BIM de automatizar processos tradicionalmente realizados de forma manual, como a extração de quantitativos, a atualização de perfis longitudinais e a verificação de parâmetros normativos. Conforme destacam Sacks *et al.* (2020), a modelagem paramétrica permite que alterações no traçado ou nas características das tubulações sejam refletidas automaticamente em todo o projeto, reduzindo erros humanos e aumentando a confiabilidade das informações. Essa característica confere maior eficiência ao processo de projeto e favorece o controle de custos em empreendimentos de infraestrutura.

Apesar das vantagens evidenciadas, a literatura também aponta desafios relacionados à adoção do BIM em projetos de redes coletoras de esgoto, especialmente no cenário brasileiro. Entre as principais limitações destacam-se a necessidade de capacitação técnica das equipes, a adequação dos fluxos de trabalho às diretrizes das concessionárias de saneamento e a compatibilidade entre diferentes plataformas e formatos de arquivo (Tavares; Castro 2024).

Ainda assim, os estudos analisados indicam que a tendência de adoção do BIM em obras de infraestrutura e saneamento é crescente, impulsionada tanto por avanços tecnológicos quanto por políticas públicas de incentivo à digitalização do setor da construção civil. A Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (BIM BR) e o marco legal do saneamento reforçam a necessidade de modernização dos processos de projeto, planejamento e gestão das infraestruturas urbanas, criando um ambiente favorável à ampliação do uso dessa metodologia no país (Brasil, 2024).

Diante desse cenário, a revisão da literatura evidencia que o BIM apresenta potencial significativo para aprimorar o desenvolvimento de projetos de redes coletoras de esgoto, especialmente no que se refere à integração de informações, à compatibilização entre sistemas e à eficiência no processo de projeto. No entanto, a efetiva comprovação dessas vantagens depende de análises práticas e comparativas, aplicadas a casos reais de empreendimentos urbanos, de modo a avaliar de forma objetiva os impactos técnicos e econômicos da adoção do BIM em relação ao método convencional.

Assim, as considerações apresentadas neste capítulo fundamentam a realização do estudo de caso proposto neste trabalho, no qual será desenvolvida uma análise comparativa entre o método tradicional em CAD e a metodologia BIM aplicada ao projeto de uma rede coletora de esgoto em loteamento urbano.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. O estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, uma vez que utiliza conhecimentos técnicos para a solução de um problema real relacionado ao projeto de redes coletoras de esgoto em loteamento urbano. Quanto aos procedimentos, a pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso, conforme a concepção de Yin (2015), aplicado a um empreendimento específico, no qual foi analisado o projeto da rede coletora de esgoto desenvolvido pelo método convencional em CAD e desenvolvido o projeto da metodologia BIM, com dados técnicos reais disponibilizados para o desenvolvimento dos projetos.

A abordagem da pesquisa é predominantemente quantitativa, visto que se fundamenta na coleta e análise de dados numéricos e parâmetros técnicos mensuráveis. O estudo focou na comparação de parâmetros técnicos, tais como: dimensões geométricas, declividades, profundidades e levantamento de quantitativos de materiais e custos, uma vez que esses parâmetros sofreram alterações durante o desenvolvimento do projeto em BIM. A escolha justifica-se pela necessidade de verificar, de forma objetiva, as melhorias/impactos obtidos a partir da modelagem do projeto em BIM, quando comparado ao método tradicional em CAD. A comparação entre as metodologias foi realizada com base em dados mensuráveis, extraídos diretamente dos modelos e dos orçamentos elaborados, não envolvendo análises subjetivas ou perceptivas.

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa apresenta caráter descritivo e comparativo, uma vez que descreve os procedimentos adotados em cada metodologia e compara os resultados técnicos e econômicos obtidos, visando avaliar os impactos da adoção do BIM em relação ao método tradicional.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange um empreendimento imobiliário do tipo loteamento urbano localizado em Minas Gerais (MG) conforme ilustrado na Figura 4, destinado predominantemente à ocupação residencial. O empreendimento em questão é composto por 988 lotes e encontra-se inserido na área de expansão urbana. Assim, em conformidade com o Art. 2º da Lei Federal nº 6.766 (Brasil, 1979), o loteamento deve dispor das seguintes

infraestruturas básicas: sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, energia elétrica e sistema viário.

O sistema de esgotamento sanitário da área de estudo encontra-se completamente implantado, sendo constituído por redes coletoras, dispositivos de inspeção do tipo poços de visita (PV's) e o lançamento final do efluente bruto será realizado em local previamente definido pela concessionária responsável, conforme ilustrado na Figura 4. Destaca-se que, a equipe técnica da concessionária COPASA identificou inconformidades na rede coletora de esgoto após vistoria em campo, sendo elas: rede sem o devido recobrimento mínimo. Em razão dessas problemáticas, propôs-se a adoção de uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE) para bombeamento do efluente sanitário bruto para o ponto de lançamento, onerando assim os custos com as obras do sistema de esgotamento sanitário.

Figura 4 - Delimitação da área do empreendimento e ponto de lançamento



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

3.2 DIRETRIZES TÉCNICAS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Os parâmetros técnicos utilizados para a concepção do projeto foram definidos pelas normas técnicas vigentes da ABNT, com destaque para a NBR 9649 (ABNT, 1986), as diretrizes técnicas da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e as boas práticas de engenharia recomendadas na literatura.

Os parâmetros adotados no projeto foram listados a seguir:

- Os principais critérios adotados para o desenvolvimento do projeto foram os seguintes: População atendida: 3.952 habitantes;
- Consumo *per capita*: 150 L/h.dia;
- Vazão da hora de maior consumo: 12,35 L/s;
- Vazão do dia de maior consumo: 8,23 L/s;
- Coeficiente do dia de maior consumo (k_1): 1,2;
- Coeficiente da hora de maior consumo (k_2): 1,5;
- Taxa de retorno: 0,80;
- Taxa de infiltração: 25% da vazão média ou 0,00033 L/s.m, considerando o menor valor;
- Vazão mínima de cálculo por trecho: 1,5 L/s;
- Coeficiente de rugosidade para tubos de PVC (Manning): 0,013;
- Tensão trativa mínima: 1,0 Pa;
- Diâmetro mínimo: 150 mm;
- Velocidade máxima: 5 m/s;
- Lâmina d'água máxima (y/D): 75%;
- Lâmina d'água máxima (y/D), para velocidade final superior à velocidade crítica: 50%;
- Declividade máxima: Condicionada pela velocidade máxima;
- Declividade mínima: Condicionada pela tensão trativa mínima;
- Recobrimento mínimo: 0,90 metros acima da geratriz superior das tubulações nas vias públicas. Os recobrimentos menores deverão ser justificados e autorizados pela concessionária, com a devida solução técnica;
- Profundidade máxima da rede: 3,50 metros;
- Em situações que houver contra greides ou interferências construtivas, admite-se profundidade máxima de 5,00 metros;

- Distância máxima entre PV's: 80 metros para diâmetros menores ou iguais à 350 mm;
- Deve ser previsto tubo de queda nos PV's (para $D \leq 350$ mm), para desníveis superiores a 0,5 metros entre as cotas de chegada e de saída;
- Para diferença de lâminas superiores a 1,2 cm, ou nas mudanças de diâmetro, o degrau mínimo a ser adotado nos PV's é de 5 cm.

As etapas de desenvolvimento do projeto foram sintetizadas no fluxograma apresentado na Figura 5 e descritas nos itens subsequentes.

3.3 CÁLCULOS DIMENSIONAMENTO DA REDE

Conforme a NBR 9649 (ABNT, 1986), foram feitos os seguintes cálculos para o dimensionamento da rede coletora de esgotamento sanitário.

➤ POPULAÇÃO

Para o cálculo da população utilizou a equação a seguir:

$$P = \text{Taxa de Ocup.} \times \text{Núm. de Lotes}$$

$$P = 4 \times 988$$

$$P = 3.952 \text{ habitantes}$$

➤ VAZÕES

Para o cálculo das vazões de esgoto utilizadas no dimensionamento adotou-se a distribuição linear na rede, considerando a densidade demográfica e o índice de atendimento, conforme as seguintes equações:

- Vazões domésticas

$$Q_m = \frac{P.q.C}{86400}$$

Em que:

Q_m = vazão doméstica média de esgoto, L/s;

C = Coeficiente de retorno = 0,80;

q = consumo efetivo de água per capita de acordo com os parâmetros da AVTO;

P = População.

- Vazões totais

$$\begin{aligned}Q_{\min} &= K3. Q_m + Q_{\text{Inf}} \\Q_i &= K2. Q_m + Q_{\text{Inf}} \\Q_f &= K1. K2. Q_m + Q_{\text{Inf}}\end{aligned}$$

Em que:

$Q_{\min}$ = vazão mínima de esgoto, L/s;
 Q_i = vazão inicial de esgoto, L/s;
 Q_f = vazão final de esgoto, L/s;
 Q_{Inf} = vazão de infiltração das redes projetadas, L/s;
 $K1$ = Coeficiente de máxima vazão diária = 1,20;
 $K2$ = Coeficiente de máxima vazão horária = 1,50;
 $K3$ = Coeficiente de mínima vazão horária = 0,50;

$$Q_{\text{Inf}} = t_{\text{inf}} \cdot L$$

Em que:

Q_{Inf} = vazão de infiltração das redes projetadas, L/s.
 Taxa de Infiltração = 0,05 L/s.km
 L = comprimento da tubulação (km)

- Vazões nos trechos

Para o cálculo das vazões nos trechos foi utilizado a taxa de contribuição linear de esgoto, conforme equações a seguir:

$$\begin{aligned}T_{x,i} &= \frac{Q_i}{L} + t_{\text{inf}} \\T_{x,f} &= \frac{Q_f}{L} + t_{\text{inf}}\end{aligned}$$

Em que:

$T_{x,i}$ = Taxa de contribuição de esgoto por metro de tubulação inicial (L/s × m)
 $T_{x,f}$ = Taxa de contribuição de esgoto por metro de tubulação final (L/s × m)
 L = comprimento total da rede de esgoto (m)

$$\begin{aligned}Q_{ti} &= T_{xi} \cdot L_t \\Q_{tf} &= T_{xf} \cdot L_t\end{aligned}$$

Em que:

Q_{ti} = Vazão do trecho inicial (L/s)

Q_{tf} = Vazão do trecho final (L/s)

T_{xi} = taxa de contribuição linear inicial (L/s.m)

T_{xf} = taxa de contribuição linear final (L/s.m)

L_t = comprimento do trecho (m)

Cabe ressaltar que no dimensionamento das redes, conforme indicado pela NBR 9649/1986 e pela COPASA, adotou-se a vazão no trecho mínima (Q_p) de 1,5 L/s.

➤ DECLIVIDADE

Os condutos foram dimensionados para permitir escoamento livre, com a vazão final abrangendo o alcance do projeto. Além disso, foi realizada uma verificação da tensão trativa mínima para a vazão inicial, visando garantir a autolimpeza da rede coletora, conforme preconiza a norma ABNT NBR 9649, sendo:

$$I_0 = 0,0061 \cdot Q_i^{-0,49}$$

Em que:

I_0 = declividade mínima (m/m)

Q_i = vazão de esgoto no trecho em início de plano (L/s)

$$\sigma_t = \gamma R_H I_0$$

Em que:

σ_t = tensão trativa > 1,0 Pa;

γ = peso específico da água, N/m³

R_H = raio hidráulico, m

I_0 = declividade mínima, m/m

Para o cálculo do raio hidráulico foi utilizado a tabela 4.3 do livro “Coleta e transporte de esgoto sanitário” de Tsutiya e Sobrinho (2011). A declividade mínima adotada nos trechos de rede coletora de esgoto foi sempre maior ou igual a 0,5% (0,005 m/m). E para a máxima declividade admitida para a tubulação da rede coletora de esgoto limitou a velocidade de escoamento a 5,0 m/s para a vazão final (Q_f).

➤ LÂMINA DE ÁGUA

A lâmina d'água máxima foi calculada para a vazão final (Q_f), admitindo o escoamento em regime permanente e uniforme. Em cada trecho, a lâmina máxima foi mantida igual ou abaixo de 75% do diâmetro da rede coletora de esgoto ($Y/D \leq 0,75$, onde Y = altura da lâmina e D = diâmetro interno da rede coletora). Além disso, foi verificado se a velocidade do efluente no trecho durante a saturação era superior à velocidade crítica. Nos trechos em que isso foi observado, a lâmina d'água máxima deve ser limitada a 50% do diâmetro do coletor ($Y/D \leq 0,50$).

$$V_c = 6(gR_H)^{1/2}$$

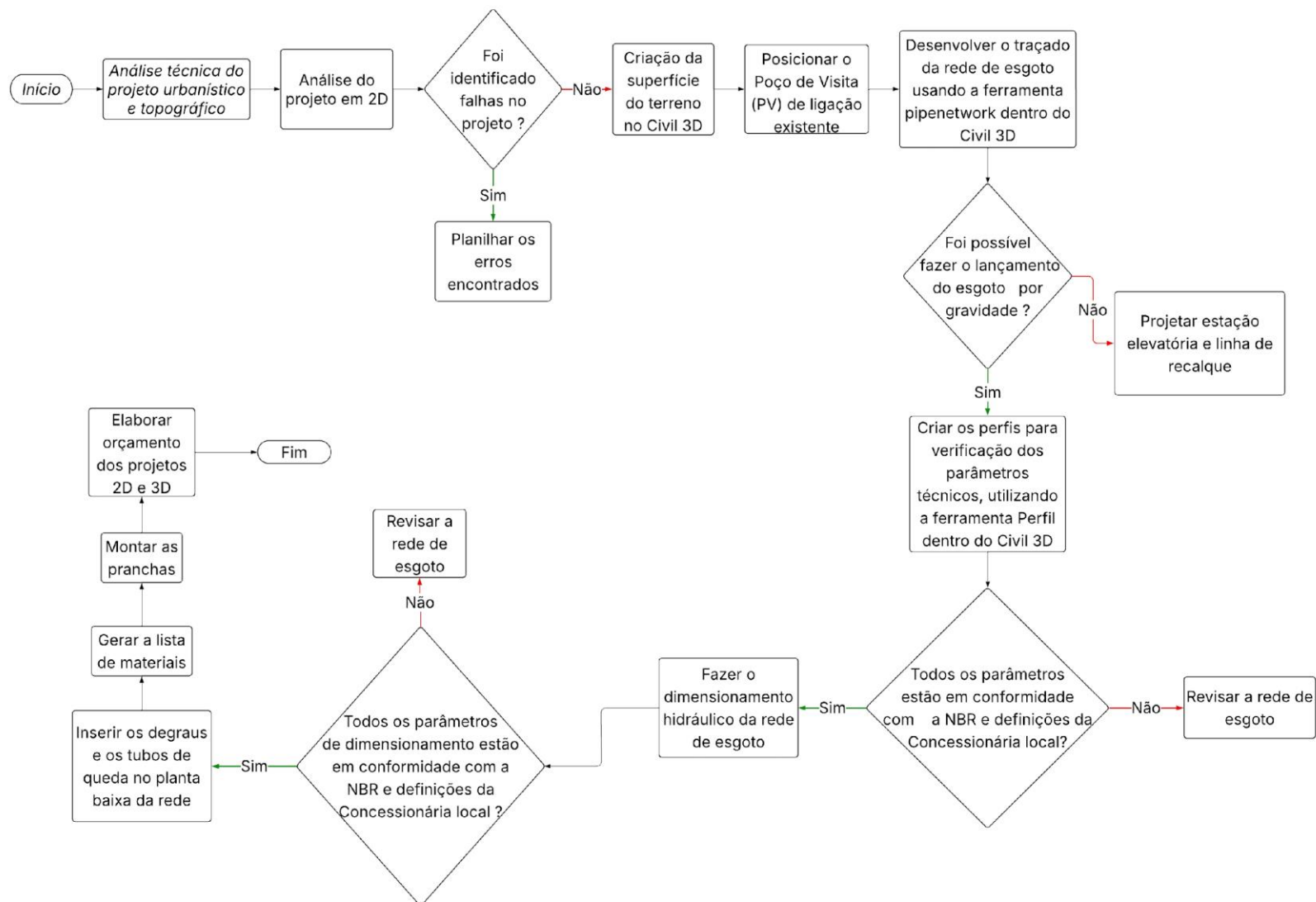
Em que:

V_c = velocidade crítica, m/s

g = aceleração da gravidade, m²/s

R_H = raio hidráulico, m

Figura 5 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento do projeto em BIM da rede coletora de esgoto em loteamento urbano



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

3.4 ETAPA 1 – ANÁLISE DO PROJETO DESENVOLVIDO PELO MÉTODO CONVENCIONAL (CAD)

A análise técnica do projeto hidráulico desenvolvido pelo método convencional em CAD foi realizada de forma sistematizada, analisando os seguintes parâmetros técnicos: posicionamento e distância entre os poços de visita, declividades adotadas, recobrimento mínimo, diâmetros das tubulações, coerência entre planta e perfil longitudinal e compatibilidade com a superfície final do sistema viário.

A verificação desses parâmetros foi realizada por intermédio do checklist técnico apresentado no Anexo A, a fim de registrar as “não conformidades” identificadas, reduzindo assim as falhas no projeto em BIM. As inconsistências identificadas foram devidamente corrigidas, garantindo que a superfície e os elementos importados para o Civil 3D representassem com maior precisão as condições reais do terreno e do sistema projetado.

Essa etapa mostrou-se fundamental, pois, conforme destacado por Kymmell (2008), os projetos desenvolvidos em ambiente CAD são particularmente suscetíveis a falhas, uma vez que se baseiam em representações bidimensionais que exigem interpretação manual por parte do projetista, aumentando a possibilidade de inconsistências entre os elementos do projeto.

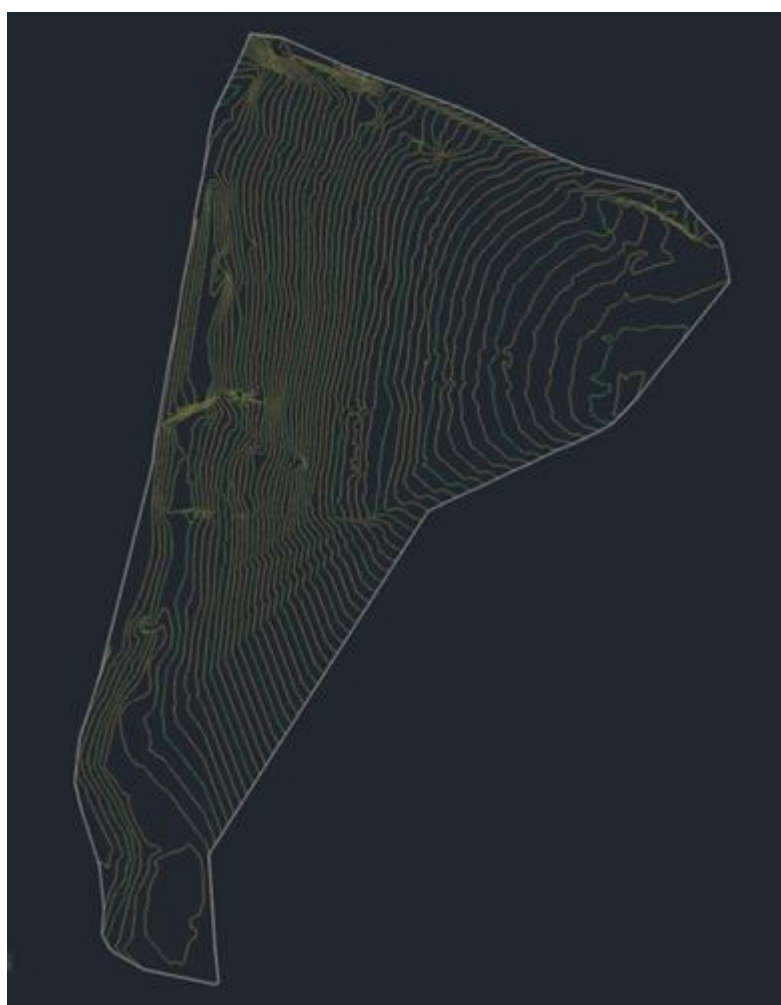
3.5 ETAPA 2 – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO UTILIZANDO A METODOLOGIA *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)

O projeto hidráulico da rede coletora de esgoto utilizado para implantação das obras de esgotamento sanitário foi desenvolvido utilizando o software Autocad®, logo para o desenvolvimento do projeto hidráulico pela metodologia BIM utilizou-se o software Civil 3D®.

Durante a concepção do projeto pela metodologia BIM, analisou-se as características urbanísticas do loteamento, as condições topográficas da área e a compatibilização com as infraestruturas existentes nos setores adjacentes, de modo a assegurar o adequado funcionamento hidráulico e operacional do sistema. Essa verificação preliminar, como ressaltam Eastman *et al.* (2011), é essencial para garantir que a modelagem do projeto hidráulico seja construída sobre dados confiáveis.

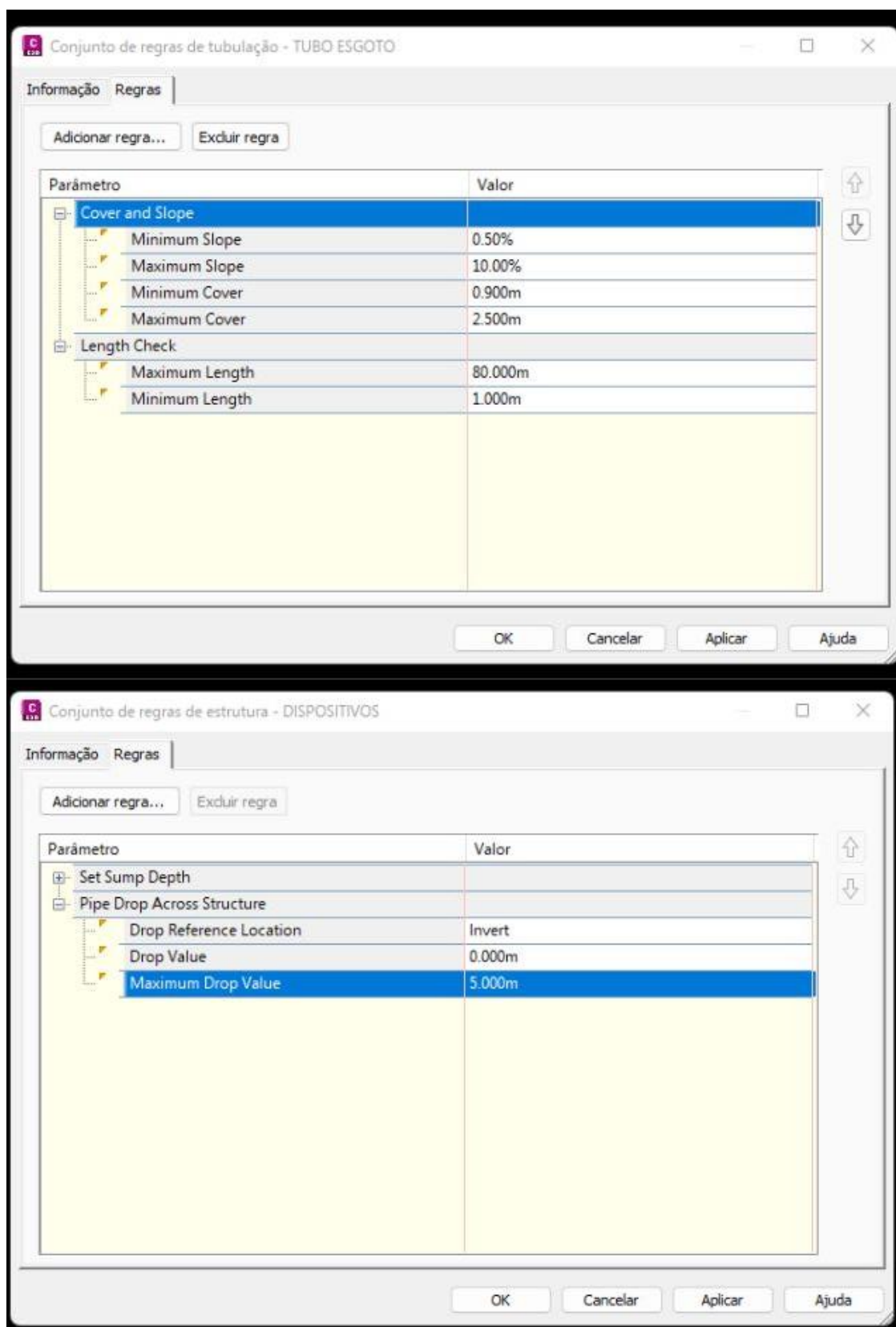
Inicialmente foram analisadas as curvas de nível final do projeto de terraplenagem e pavimentação para criação da superfície do terreno, conforme a Figura 6, utilizando a ferramenta *surface* do software Civil 3D®, possibilitando a inserção do poço de visita (PV) onde será feito o lançamento. Em seguida, foram configurados os parâmetros e as diretrizes normativas utilizadas neste projeto, sendo elas recobrimento mínimo e máximo, declividade mínima e máxima, comprimento máximo e mínimo e altura mínima e máxima dos PV's, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 6 - Superfície do terreno obtida do software do Civil 3D.



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Figura 7 - Diretrizes normativas que foram utilizadas no projeto

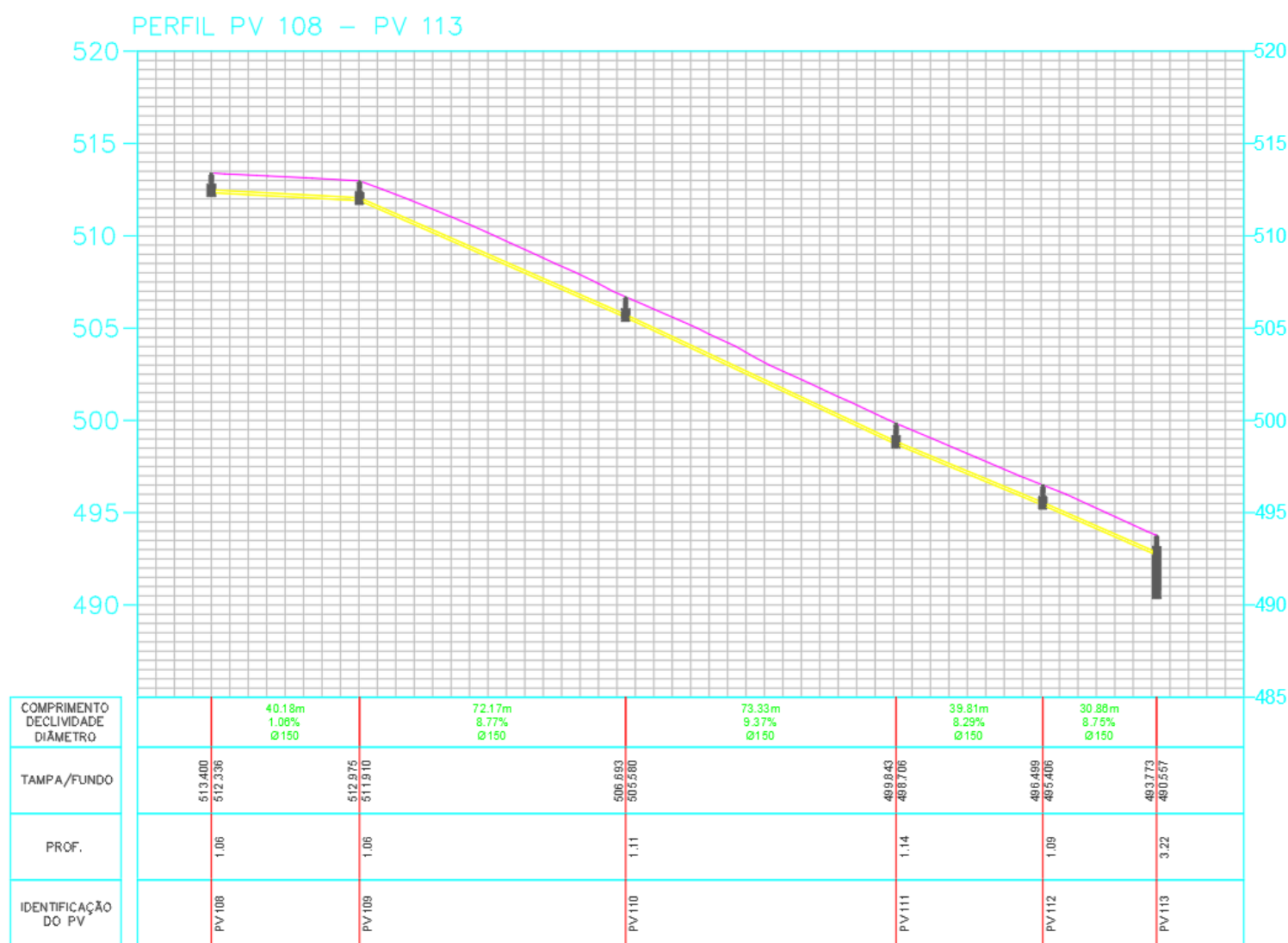


Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

A partir desse ponto, o traçado foi desenvolvido com a ferramenta Pipe Network, que automatiza a inserção de tubulações e dispositivos, permitindo que as verificações da declividade, recobrimento mínimo e profundidade sejam feitas de acordo com as diretrizes normativas definidas anteriormente nas configurações do software Civil 3D®. Como apontam Sacks *et al.* (2020), essa automação representa uma das principais vantagens da modelagem BIM, reduzindo significativamente o retrabalho.

Após o traçado ter sido desenvolvido, foram criados alinhamentos das redes utilizando a ferramenta *alignment*, a partir desses alinhamentos criados são feitos os perfis utilizando a ferramenta *profile*, ver Figura 8. Estes perfis são de extrema importância para que seja verificado se serão necessários degraus ou tubos de queda nos PV's.

Figura 8 - Perfil criado no Civil 3D com os dados da rede



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Com os perfis criados e as redes ajustadas foram exportados os dados da rede em formato Excel®, esses dados foram colados em uma planilha de dimensionamento automatizada (Anexo B) no qual é possível verificar a velocidade inicial e final, a tensão trativa e lâmina d'água de cada trecho.

Por fim, foi verificado nos perfis em quais dispositivos eram necessários degraus e tubos de queda para melhor funcionamento da rede, e a representação dos mesmos foi colocada de forma manual na planta baixa onde se fazia necessário, e gerada assim a lista de materiais da rede e feita a montagem das pranchas.

Assim, foi possível estabelecer que o esgoto escoar por gravidade atendendo às normas e diretrizes da concessionária COPASA, não sendo necessária, portanto, a implantação da estação elevatória de esgoto que foi considerada no projeto 2D.

3.6 ETAPA 3 – ORÇAMENTAÇÃO DOS PROJETOS

Os orçamentos dos projetos hidráulicos concebidos em CAD e BIM foram desenvolvidos a partir do levantamento dos quantitativos de metragem de tubulação, quantidade e profundidade dos dispositivos de inspeção, realizada de forma manual, em seguida, as composições e custos unitários foram obtidos das tabelas SINAPI e SANEAGO, tendo em vista que a COPASA não tem uma planilha orçamentária própria.

Os orçamentos foram comparados com relação ao custo de execução do projeto 2D e do projeto 3D, a fim de analisar qual das duas metodologias de desenvolvimento de projetos (CAD e BIM) tem maior assertividade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verificou-se que o projeto da rede coletora de esgoto desenvolvida pelo método convencional em CAD apresentou trechos com recobrimento menor ao valor mínimo de 0,90 metros estabelecido pela NBR 9649 (ABNT, 1986). Conforme Moser e Folkman (2008), a estabilidade das tubulações flexíveis dependem da interação entre o solo e a estrutura, logo quando o recobrimento não atende ao mínimo recomendado pela norma, as cargas do tráfego não se dissipam corretamente, com isso, o conduto fica sujeito a tensões localizadas maiores do que a sua rigidez nominal, podendo causar problemas estruturais, como deflexão excessiva, ovalização, fadiga cíclica, colapso por flambagem e o comprometimento das juntas elásticas causando vazamentos.

Portanto, como o traçado da rede coletora de esgoto estava em conformidade com as condições topográficas do terreno garantindo a melhor solução técnica e econômica ao empreendimento, conforme mostra Anexo E, optou-se por manter o mesmo traçado no desenvolvimento do projeto hidráulico em BIM, permitindo assim a comparação das melhorias técnicas implementadas em projeto por cada metodologias, conforme Anexo F.

Dentre as definições técnicas, adotou-se trechos com declividade menor que 0,5%, uma vez que a tensão trativa estava maior que 1 Pa, conforme preconizado pela NBR 9649 (ABNT, 1986), que foram alterados manualmente no Civil 3D com o intuito de diminuir a profundidade dos dispositivos de inspeção. Vale ressaltar que, a decisão de diminuir a declividade e assim aprofundar mais a rede partiu do projetista, afim de eliminar a necessidade da Estação Elevatória de Esgoto.

Ao concluir o desenvolvimento do projeto em BIM, constatou-se que o escoamento do efluente poderia ocorrer integralmente por gravidade, eliminando a necessidade de implantação da Estação Elevatória de Esgoto prevista no projeto convencional, gerando melhorias no âmbito econômico/financeiro e ambiental, este último está relacionado aos riscos de falhas ou sobrecargas que podem causar problemas graves, de acordo com Santana; Silva (2025), sendo um deles o risco de extravasamento do efluente, podendo contaminar rios e lagos, causando danos à vida aquática e à saúde das pessoas, além disso, segundo Allievi (2018) e Costa (2021), o esgoto pode criar um cheiro muito desagradável na vizinhança, o que pode causar problemas sociais e diminuir o valor dos imóveis. Do ponto de vista financeiro além da instalação onerosa vale salientar que manter uma Estação Elevatória de Esgoto em

funcionamento é muito oneroso, principalmente pois segundo Nitatori (2016) e Souza *et al.* (2021), há um consumo muito alto de energia elétrica para o funcionamento das bombas e produtos químicos para reduzir os odores, e tendo ainda gastos com a manutenção devido ao desgaste das bombas e da corrosão nas estruturas, o que pode aumentar os custos de operacionais.

Na etapa de orçamentação, verificou-se que houve um aumento no custo de implantação do projeto desenvolvido em CAD quando comparados ao projeto em BIM, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo orçamentário global do sistema de esgotamento sanitário

DISCRIMINAÇÃO	PROJETO 2D	PROJETO 3D	VARIAÇÃO
Administração da Obra	R\$ 174.141,52	R\$ 174.141,52	R\$ 0,00
Canteiro de Obra	R\$ 9.492,13	R\$ 9.492,13	R\$ 0,00
Estação Elevatória e Casa de Controle	R\$ 311.879,24	R\$ 0,00	-R\$ 311.879,24
Rede Coletora/ Linha de Recalque	R\$ 1.186.067,51	R\$ 1.207.630,02	R\$ 21.562,51
Corte e Reposição de Pavimento	R\$ 11.887,73	R\$ 11.887,73	R\$ 0,00
TOTAL GERAL	R\$ 1.693.468,13	R\$ 1.403.151,40	-R\$ 290.316,73

Fonte: Elaborado pela autora, 2026

O acréscimo de valor de R\$ 21.562,51 para implantação da rede coletora de esgoto/linha de recalque se deve ao fato de que para viabilizar a rede por gravidade foi necessário aumentar a profundidade dos poços de visita (PV), que promove o maior consumo de anéis pré-moldados de concreto para composição dos fustes dos PV's e pelo aumento dos volumes de escavação e reaterro, além da necessidade de escoramento das valas, conforme pode ser verificado no Anexo D. Destaca-se que nenhum PV ultrapassou a profundidade máxima de 5 metros recomendada pela COPASA.

Esse resultado vai ao encontro da literatura especializada em saneamento, segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000) a profundidade da escavação é a variável física de maior impacto financeiro na orçamentação de redes convencionais, ainda de acordo Souza *et al.* (2023) as profundidades de vala superiores a 3,0 m ou 4,0 m podem dobrar o custo linear do trecho devido às exigências de segurança e à utilização de equipamentos de maior porte.

Desta forma, podemos concluir que a utilização da metodologia em BIM para o desenvolvimento do projeto hidráulico da rede coletora foi eficaz, uma vez que a solução técnica adotada promoveu a redução do custo total de implantação do sistema de esgotamento sanitário em R\$ 290.316,73, devido a remoção da obrigatoriedade de construção da Estação

Elevatória de Esgoto (EEE). Além disso, a ausência da EEE promove a redução de custos operacionais e de manutenção do sistema.

Com o objetivo de sintetizar as principais diferenças observadas entre as metodologias analisadas, a Tabela 2 apresenta um comparativo dos principais indicadores técnicos e econômicos obtidos a partir dos projetos desenvolvidos em CAD e BIM. Os parâmetros selecionados permitem avaliar não apenas os custos envolvidos, mas também aspectos relacionados à concepção da rede, à profundidade das tubulações e à necessidade de implantação de estruturas complementares para o transporte dos efluentes.

Tabela 2 - Comparação dos principais indicadores dos projetos CAD e BIM

INDICADOR	PROJETO CAD	PROJETO BIM
Quantidade de PV's	172	172
Profundidade máxima da rede	3,94 m	4,23 m
Extensão da rede	9.456,00 m	9.353,00 m*
Necessidade de EEE	Sim	Não
Custo total	R\$ 1.693.468,13	R\$ 1.403.151,40
Economia obtida	-	R\$ 290.316,73

Fonte: Elaborado pela autora, 2026

*A metragem da rede entre o projeto em CAD e o projeto em BIM ficaram divergentes devido a forma na qual o BIM faz o levantamento dos quantitativos, o qual tem maior precisão que o CAD.

Os dados apresentados na Tabela 2 estão em consonância com os resultados obtidos por Mattos (2006), no qual os levantamentos baseados em desenhos em CAD incorrem em taxas de variação orçamentária entre 20% e 30% em relação ao custo real de execução, causadas por omissões e erros humanos na extração manual de quantitativos. A mudança do sistema CAD tradicional para a metodologia BIM significa superar problemas antigos na gestão de projetos, como a falta de conexão entre os dados e o trabalho manual de revisão. Segundo Succar (2009), o CAD funciona com vetores separados que não possuem inteligência semântica e interoperabilidade, o que segundo Eastman et al (2011) exige atualizar manualmente cada prancha gráfica e tabela de quantitativos a cada mudança. Já o BIM, de acordo com Nunes (2018), se baseia em parametrização centralizada, essa capacidade de atualizar automaticamente as vistas e os dados a partir de um modelo tridimensional único mostrado, na prática, reduz muito o tempo de retrabalho e as inconsistências nos projetos. Além disso, segundo Silva et al. (2022), estabelecer fluxos de trabalho interoperáveis permite que o projeto deixe de ser uma representação gráfica desconexa e se torne um banco de dados

integrado. Isso possibilita análises de interferências eficientes e a exclusão automatizada para orçamentação, consolidando o BIM como essencial para evitar falhas no desenvolvimento de projetos de engenharia.

Em termos financeiros, a adoção da metodologia BIM resultou em uma economia total de R\$ 290.316,73 quando comparada ao projeto desenvolvido em CAD, valor que corresponde a aproximadamente 17,1% do custo total inicialmente previsto, que de acordo com estudos consolidados por Eastman et al. (2014) no qual indicam que a detecção antecipada de interferências espaciais subterrâneas impede custos adicionais de retrabalho e paralisação de frentes de serviço, gerando uma economia de até 10% no valor final do empreendimento. Esse resultado evidencia o potencial da modelagem BIM não apenas como ferramenta de representação e compatibilização de projetos, mas também como instrumento de apoio à tomada de decisões capazes de gerar benefícios econômicos significativos para o empreendimento.

Vale ressaltar que, por se tratar de uma obra já executada na qual foi implantada posteriormente a Estação Elevatória de Esgoto além dos custos de execução da mesma, houve também os custos de retrabalho de toda a rede que fica a jusante da EEE, tendo ainda um gasto com esse retrabalho de aproximadamente R\$ 333.094,19, o que implicaria em uma economia de aproximadamente R\$ 623.410,92, se o projeto tivesse sido concebido inicialmente com a metodologia BIM.

5. CONCLUSÃO

Desta forma, pode-se concluir que este estudo conseguiu atingir o seu objetivo de comparar a aplicação do CAD e da metodologia BIM na elaboração de um projeto de rede coletora de esgoto em um loteamento urbano. Partindo do desenvolvimento técnico e da orçamentação comparativa, foi possível verificar as limitações na abordagem bidimensional e as vantagens significativas geradas pela modelagem paramétrica.

Sob o aspecto técnico, o projeto desenvolvido em CAD levou à previsão da implantação de uma Estação Elevatória de Esgoto. Entretanto, cabe salientar que a concessionária identificou erro executivos e por isso tem trechos que tiveram que ser revistos.

Já com a utilização do software Civil 3D® foi possível empregar rotinas automatizadas para a verificação das declividades e profundidades, além da criação automática dos perfis longitudinais, o que facilitou a visualização de alternativas viáveis para o projeto. Desta forma, seguindo todos os parâmetros previstos pela concessionária foi possível constatar que o escoamento do efluente será por gravidade, não sendo necessária a implantação da EEE.

Devido ao aprofundamento da rede, observou-se que os custos com a rede coletora foram maiores que no projeto em CAD. No entanto, esse acréscimo foi compensado pela eliminação da EEE, gerando ao final uma economia de R\$ 290.316,73 aos empreendedores, valor equivalente a aproximadamente 17,1% do custo total previsto para o sistema de esgotamento sanitário no projeto desenvolvido em CAD.

Por fim, esta pesquisa confirma a literatura atual ao demonstrar que o BIM ultrapassa a mera representação geométrica tridimensional, atuando como uma ferramenta estratégica na gestão de informações e na tomada de decisões. A mudança do CAD para o BIM no saneamento básico mostrou potencial para reduzir falhas de projeto, evitar retrabalhos e maximizar a eficiência dos recursos econômicos aplicados em infraestrutura urbana, reforçando o potencial de ampliação da adoção dessa tecnologia no setor.

REFERÊNCIAS

ALLIEVI, M. J. **Avaliação de um biofiltro para tratamento de odores de estação elevatória de esgoto sanitário**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2018.

ANDRADE, G. S. **Implantação de um fluxo BIM em um sistema de esgotamento sanitário em Sergipe**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/17157/2/Gabriel_Silva_Andrade.pdf. Acesso em: 13 jul. 2026

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, São Carlos. *Anais...* São Carlos, 2009. p. 602–613.

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

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Urbanização, planejamento e infraestrutura urbana**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR. Brasília: Presidência da República, 2020.

BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR. Brasília: Presidência da República, 2024.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano. Brasília: Presidência da República, 1979.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Estatuto da Cidade. Brasília: Presidência da República, 2001.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. Brasília: Presidência da República, 2020.

COSTA, F. J. O. G. **Aplicação de nitrato de cálcio em rede de esgotamento sanitário na mitigação de odores**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2021.

COSTIN, Aaron et al. **Building information modeling (BIM) for transportation infrastructure:** literature review, applications, challenges, and recommendations. *Automation in Construction*, Amsterdam, v. 94, p. 257–281, 2018.

DA COSTA, Giovani Cecatto Lopes Ribeiro; FIGUEIREDO, Sílvia Haueisen; RIBEIRO, Sidnea Eliane Campos. **Estudo comparativo da tecnologia CAD com a tecnologia BIM.** *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 34, n. 2, 2015.

EASTMAN, Charles M. et al. **BIM handbook:** a guide to *building information modeling* for owners, managers, designers, engineers and contractors. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

FUJII, Fábio Yugo. **Projeto da ETE Perus:** soluções técnicas para a concepção otimizada do sistema e processo de projeto por modelagem (BIM). 2016.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos.** 7. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

JE ACONTECE. **SMOU soluciona problema em poço de visita do esgoto.** JE Acontece, 28 jan. 2022. Disponível em: <https://jeacontece.com.br/smou-soluciona-problema-em-poco-de-visita-do-esgoto/>. Acesso em: 27 jan. 2026

KYMMELL, Willem. **Building information modeling:** planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. New York: McGraw-Hill, 2008.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo: Pini, 2006.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito urbanístico brasileiro.** 18. ed. São Paulo: Malheiros, 2018.

MOSER, A. P.; FOLKMAN, Steven L. **Buried Pipe Design.** 3. ed. New York: McGraw-Hill Education.

NITATORI, D. H. **Avaliação operacional de estação elevatória de esgoto utilizando eficiência energética.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campina Grande / Unicamp, 2016.

NUNES, G. H. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM. **Revista de Engenharia Civil**, Braga, v. 55, p. 47-61, 2018.

ORCAMENTOR. **TIL condominial, PVC, DN 100 x 100 mm, para rede coletora de esgoto.** Orcamentor, 2025. Disponível em: <https://orcamentor.com/insumo/44261/>. Acesso em: 27 jan. 2026.

PEREIRA, K. K. C. **Aplicação do BIM em sistemas de esgotamento sanitário.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/53739>. Acesso em: 13 jul. 26

RODRIGUES, F. M.; NANDI, N. N. da S.; LABHARDT, R. **Modelo de construção BIM de infraestrutura**: estudo de caso em loteamento residencial. Curitiba: Universidade Positivo, 2016.

SACKS, Rafael et al. **BIM handbook**: a guide to *building information modeling* for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2020.

SANTANA, M.; SILVA, J. Proposta de sistema de coleta e tratamento de esgoto: um estudo de caso. **Revista Meio Ambiente** (Brasil), v. 6, n. 2, 2024.

SILVA, R. F. T. da; MARCHIORI, F. F.; CORREIA, V. L.; ABREU, J. P. M. de. Recomendações para a implementação da interoperabilidade entre SINAPI e normas da série NBR 15965. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 213-233, jul./set. 2022.

SOUZA, B. M. et al. **Custos de operação e manutenção de estação de tratamento de esgotos por reator anaeróbico e lodos ativados**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, n. 3, 2021.

SOUZA, Gracielle Ferreira de *et al.* Impacto da tensão trativa adotada no dimensionamento de rede coletora de esgoto sanitário sobre os seus custos construtivos. **Revista DAE**, São Paulo, v. 71, n. 239, p. 143-156, jan./mar. 2023. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_239_n_2106.pdf. Acesso em: 26 mai. 2026

SUCCAR, Bilal. **Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders**. *Automation in Construction*, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

TAVARES, M. B. L.; CASTRO, M. A. H. BIM aplicado à verificação de interferências entre redes de água, esgoto e drenagem. **Revista DAE**, São Paulo, v. 72, n. 246, p. 01-13, 2024. Disponível em: https://www.revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_246_n_2250.pdf. Acesso em: 13 jul. 2026

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; ALEM SOBRINHO, Pedro. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intraurbano no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2012.

YCON. **Curso de Projeto de Rede Coletora de Esgoto**. YCON – Cursos e Treinamentos, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ycon.com.br/cursos/curso-de-projeto-de-rede-coletora-de-esgoto/>. Acesso em: 27 jan. 2026.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ANEXOS A – CHECKLIST DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS TÉCNICOS DO PROJETO DA REDE COLETORA DE ESGOTO

CHECKLIST PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

1. População (P) de projeto definida?

Sim, de acordo com a Diretrizes Básicas Técnica (DTB), taxa de ocupação igual a 4,00 habitantes por domicílio.

$$P = 4 * 988 = 3.952 \text{ habitantes}$$

População está de acordo com o apresentado no projeto aprovado.

2. Vazões média, máxima e mínima calculadas?

- Vazão média

$$Q_{med} = \frac{0,80 * 150 * 3952}{86400} = 5,49 \text{ L/s}$$

- Vazão mínima

$$Q_{mín} = \frac{(0,50 * 0,80 * 150 * 3952)}{86400} = 2,74 \text{ L/s}$$

- Vazão máxima diária

$$Q_{máxd} = \frac{(1,20 * 0,80 * 150 * 3952)}{86400} = 6,59 \text{ L/s}$$

- Vazão máxima horária

$$Q_{máxh} = \frac{(1,20 * 1,50 * 0,80 * 150 * 3952)}{86400} = 9,88 \text{ L/s}$$

As vazões apresentadas no memorial de cálculo estão de acordo.

3. Traçado compatível com a topografia?

Ao analisar as curvas de nível é possível afirmar que o traçado está conforme caimento do terreno.

4. Diâmetro mínimo conforme norma?

Conforme a NBR 9646 (ABNT, 1986) o diâmetro mínimo para rede de esgotamento sanitário é 100mm, desta forma o projeto apresentado está de acordo com o exigido.

5. Declividade mínima atendida?

Segue abaixo o cálculo da declividade mínima segundo a NBR 9646 (ABNT,1986)

$$I_o = 0,055 * 8,70^{-0,47} = 0,002\%$$

Desta forma, não existe declividade menor que a estipulada na normativa, desta forma está de acordo.

6. Profundidade mínima de recobrimento?

Segundo a NBR 9646 (ABNT, 1986), o recobrimento não deve ser inferior a 0,90m, desta forma há trechos que não estão conforme a norma.

Obs: Trechos que estão fora da conformidade: PV-69, PV-70, PV-73, PV-74, PV-155, PV-160, PV-165, PV-166 e PV-168.

7. Material especificado?

O material foi especificado em planta baixa apenas na linha de recalque, não sendo especificado o material do restante da rede.

8. Espaçamento máximo entres os PV's atendido?

Segundo a Norma Técnica da Concessionária a distância máxima entre PV's deve ser 80 metros, neste caso o projeto atende ao requisito.

Declividade mínima atendida?

Segue abaixo o cálculo da declividade mínima segundo a NBR 9646 (ABNT,1986)

$$I_o = 0,055 * 8,70^{-0,47} = 0,002\%$$

Desta forma, não existe declividade menor que a estipulada na normativa, desta forma está de acordo.

9. Profundidade mínima de recobrimento?

Segundo a NBR 9646 (ABNT, 1986), o recobrimento não deve ser inferior a 0,90m, desta forma há trechos que não estão conforme a norma.

Obs: Trechos que estão fora da conformidade: PV-69, PV-70, PV-73, PV-74, PV-155, PV-160, PV-165, PV-166 e PV-168.

10. Material especificado?

O material foi especificado em planta baixa apenas na linha de recalque, não sendo especificado o material do restante da rede.

11. Espaçamento máximo entre os PV's atendido?

Segundo a Norma Técnica da Concessionária a distância máxima entre PV's deve ser 80 metros, neste caso o projeto atende ao requisito.

ANEXOS B – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO AUTOMATIZADA

Nó inicial	Cota do terreno montante (m)	Cota de fundo a montante (m)	Profundidade do dispositivo a montante (m)	Nó final	Cota do Terreno jusante (m)	Cota de fundo a jusante (m)	Profundidade do dispositivo a jusante (m)	Extensão (m)	Qinf (L/s)	lproj (%)	Qti (L/s)	Qtf (L/s)	Qm (L/s)	Qj (L/s)	Qp (L/s)	y/D	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)	Vcrit (m/s)	Diâmetro (m)
PV 01	532,83	531,70	1,13	PV 02	531,36	530,23	1,13	59,72	0,004	0,26	0,056	0,066	0,000	0,066	1,50	0,175	3,95	0,77	2,38	0,150
PV 02	531,36	530,23	1,13	PV 03	529,65	528,54	1,11	72,67	0,003	0,28	0,068	0,080	0,066	0,146	1,50	0,175	3,72	0,74	2,38	0,150
PV 03	529,65	528,54	1,11	PV 04	529,03	527,92	1,11	28,42	0,003	0,50	0,026	0,031	0,146	0,178	1,50	0,175	3,51	0,72	2,38	0,150
PV 04	529,03	527,92	1,11	PV 05	526,52	525,47	1,05	75,83	0,001	0,50	0,071	0,084	0,178	0,262	1,50	0,175	5,18	0,88	2,38	0,150
PV 05	526,52	525,47	1,05	PV 06	525,16	524,11	1,05	32,25	0,002	0,50	0,030	0,036	0,262	0,297	1,50	0,150	5,89	0,91	2,22	0,150
PV 06	525,16	524,11	1,05	PV 11	525,01	523,59	1,42	64,80	0,004	0,50	0,060	0,072	0,579	0,651	1,50	0,225	1,61	0,51	2,66	0,150
PV 11	525,01	523,59	1,42	PV 12	524,40	523,35	1,05	14,42	0,003	0,50	0,013	0,016	0,651	0,667	1,50	0,200	3,05	0,69	2,53	0,150
PV 12	524,40	523,35	1,05	PV 13	524,39	523,30	1,09	6,98	0,002	0,50	0,006	0,008	0,667	0,675	1,50	0,250	1,63	0,52	2,79	0,150
PV 13	524,39	523,30	1,09	PV 14	521,92	520,87	1,05	48,70	0,002	0,50	0,045	0,054	0,675	0,729	1,50	0,150	6,96	0,99	2,22	0,150
PV 14	521,92	520,87	1,05	PV 20	521,75	520,69	1,06	28,88	0,003	1,41	0,027	0,032	1,071	1,103	1,50	0,250	1,32	0,47	2,79	0,150
PV 20	521,75	520,69	1,06	PV 29	520,99	519,93	1,06	57,58	0,004	1,58	0,054	0,064	1,597	1,660	1,66	0,225	2,65	0,65	2,66	0,150
PV 29	520,99	519,93	1,06	PV 30	516,62	515,51	1,11	71,05	0,002	1,61	0,066	0,079	1,660	1,739	1,74	0,150	8,68	1,11	2,22	0,150
PV 30	516,62	515,51	1,11	PV 31	512,66	511,55	1,11	66,75	0,002	0,50	0,062	0,074	1,739	1,813	1,81	0,175	9,53	1,19	2,38	0,150
PV 31	512,66	511,55	1,11	PV 32	506,64	505,23	1,41	77,20	0,003	0,50	0,072	0,085	1,813	1,898	1,90	0,150	11,41	1,27	2,22	0,150
PV 32	506,64	505,23	1,41	PV 33	500,78	499,37	1,41	68,35	0,002	0,50	0,064	0,076	1,898	1,974	1,97	0,150	11,97	1,30	2,22	0,150
PV 33	500,78	499,37	1,41	PV 107	493,59	490,73	2,86	74,03	0,004	0,50	0,069	0,082	1,974	2,056	2,06	0,150	12,88	1,35	2,22	0,150
PV 07	532,08	531,02	1,06	PV 08	530,58	529,50	1,08	69,45	0,004	0,50	0,065	0,077	0,000	0,077	1,50	0,175	3,51	0,72	2,38	0,150
PV 08	530,58	529,50	1,08	PV 09	528,81	527,67	1,14	77,37	0,002	0,50	0,072	0,086	0,077	0,162	1,50	0,175	3,79	0,75	2,38	0,150
PV 09	528,81	527,67	1,14	PV 10	526,25	525,13	1,12	73,37	0,002	0,50	0,068	0,081	0,162	0,244	1,50	0,175	5,55	0,91	2,38	0,150
PV 10	526,25	525,13	1,12	PV 11	525,01	523,59	1,42	34,68	0,001	0,50	0,032	0,038	0,244	0,282	1,50	0,175	5,47	0,90	2,38	0,150
PV 15	531,38	530,33	1,05	PV 16	530,01	528,82	1,19	74,03	0,000	0,50	0,069	0,082	0,000	0,082	1,50	0,200	3,70	0,76	2,53	0,150
PV 16	530,01	528,82	1,19	PV 17	528,24	527,05	1,19	73,84	0,001	0,50	0,069	0,082	0,082	0,164	1,50	0,175	3,85	0,76	2,38	0,150

Nó inicial	Cota do terreno montante (m)	Cota de fundo a montante (m)	Profundidade do dispositivo a montante (m)	Nó final	Cota do Terreno jusante (m)	Cota de fundo a jusante (m)	Profundidade do dispositivo a jusante (m)	Extensão (m)	Qinf (L/s)	lproj (%)	Qti (L/s)	Qtf (L/s)	Qm (L/s)	Qj (L/s)	Qp (L/s)	y/D	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)	Vcrit (m/s)	Diâmetro (m)
PV 17	528,24	527,05	1,19	PV 18	525,64	524,58	1,06	74,75	0,000	7,09	0,070	0,083	0,164	0,246	1,50	0,175	5,30	0,89	2,38	0,150
PV 18	525,64	524,58	1,06	PV 19	522,78	521,72	1,06	69,48	0,004	0,26	0,065	0,077	0,246	0,323	1,50	0,150	5,75	0,90	2,22	0,150
PV 19	522,78	521,72	1,06	PV 20	521,75	520,69	1,06	17,34	0,003	0,28	0,016	0,019	0,323	0,342	1,50	0,150	8,26	1,08	2,22	0,150
PV 21	532,44	531,27	1,17	PV 22	531,65	530,47	1,18	57,96	0,003	0,50	0,054	0,064	0,000	0,064	1,50	0,200	2,50	0,62	2,53	0,150
PV 22	531,65	530,47	1,18	PV 23	530,91	529,05	1,86	60,69	0,001	0,50	0,056	0,067	0,064	0,131	1,50	0,175	3,76	0,75	2,38	0,150
PV 23	530,91	529,05	1,86	PV 24	529,50	527,77	1,73	77,90	0,002	0,50	0,072	0,086	0,131	0,217	1,50	0,200	2,99	0,68	2,53	0,150
PV 24	529,50	527,77	1,73	PV 25	528,19	526,95	1,24	63,49	0,004	0,50	0,059	0,070	0,217	0,288	1,50	0,200	2,34	0,60	2,53	0,150
PV 25	528,19	526,95	1,24	PV 26	527,76	526,71	1,05	20,73	0,003	0,50	0,019	0,023	0,288	0,311	1,50	0,225	2,31	0,61	2,66	0,150
PV 26	527,76	526,71	1,05	PV 27	525,68	524,63	1,05	65,24	0,002	0,50	0,061	0,072	0,311	0,383	1,50	0,175	5,12	0,87	2,38	0,150
PV 27	525,68	524,63	1,05	PV 28	522,83	521,77	1,06	69,30	0,002	0,50	0,064	0,077	0,383	0,459	1,50	0,150	5,73	0,90	2,22	0,150
PV 28	522,83	521,77	1,06	PV 29	520,99	519,93	1,06	30,78	0,003	1,41	0,029	0,034	0,459	0,494	1,50	0,150	8,36	1,09	2,22	0,150
PV 34	530,34	529,28	1,06	PV 35	529,28	528,19	1,09	59,74	0,004	1,58	0,056	0,066	0,000	0,066	1,50	0,200	3,30	0,72	2,53	0,150
PV 35	529,28	528,19	1,09	PV 36	527,91	526,64	1,27	66,85	0,002	1,61	0,062	0,074	0,066	0,140	1,50	0,175	3,71	0,74	2,38	0,150
PV 36	527,91	526,64	1,27	PV 37	527,42	526,29	1,13	22,10	0,002	0,50	0,021	0,024	0,140	0,165	1,50	0,200	2,90	0,67	2,53	0,150
PV 37	527,42	526,29	1,13	PV 38	525,53	524,46	1,07	63,37	0,003	0,50	0,059	0,070	0,165	0,235	1,50	0,175	4,61	0,83	2,38	0,150
PV 38	525,53	524,46	1,07	PV 39	522,71	521,62	1,09	69,14	0,002	0,50	0,064	0,076	0,235	0,311	1,50	0,150	5,73	0,90	2,22	0,150
PV 39	522,71	521,62	1,09	PV 40	520,89	519,81	1,08	30,78	0,004	0,50	0,029	0,034	0,311	0,345	1,50	0,150	8,22	1,08	2,22	0,150
PV 40	520,89	519,81	1,08	PV 41	516,57	515,46	1,11	71,04	0,004	0,50	0,066	0,079	0,345	0,424	1,50	0,150	8,55	1,10	2,22	0,150
PV 41	516,57	515,46	1,11	PV 42	512,57	511,45	1,12	67,39	0,002	0,50	0,063	0,075	0,424	0,498	1,50	0,150	8,29	1,08	2,22	0,150
PV 42	512,57	511,45	1,12	PV 43	506,51	505,40	1,11	75,89	0,002	0,50	0,071	0,084	0,498	0,582	1,50	0,150	11,13	1,26	2,22	0,150
PV 43	506,51	505,40	1,11	PV 44	500,44	499,32	1,12	69,50	0,001	0,50	0,065	0,077	0,582	0,659	1,50	0,125	10,23	1,18	2,03	0,150
PV 44	500,44	499,32	1,12	PV 106	493,78	490,77	3,01	74,01	0,000	0,50	0,069	0,082	0,659	0,741	1,50	0,125	10,44	1,19	2,03	0,150
PV 45	529,21	528,15	1,06	PV 46	527,44	526,34	1,10	78,35	0,001	0,50	0,073	0,087	0,000	0,087	1,50	0,175	3,71	0,74	2,38	0,150
PV 46	527,44	526,34	1,10	PV 47	525,33	524,23	1,10	71,55	0,000	7,09	0,067	0,079	0,087	0,166	1,50	0,175	4,73	0,84	2,38	0,150
PV 47	525,33	524,23	1,10	PV 48	522,76	521,70	1,06	73,31	0,004	0,26	0,068	0,081	0,166	0,247	1,50	0,175	5,54	0,91	2,38	0,150

Nó inicial	Cota do terreno montante (m)	Cota de fundo a montante (m)	Profundidade do dispositivo a montante (m)	Nó final	Cota do Terreno jusante (m)	Cota de fundo a jusante (m)	Profundidade do dispositivo a jusante (m)	Extensão (m)	Qinf (L/s)	lproj (%)	Qti (L/s)	Qtf (L/s)	Qm (L/s)	Qj (L/s)	Qp (L/s)	y/D	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)	Vcrit (m/s)	Diâmetro (m)
PV 48	522,76	521,70	1,06	PV 49	519,99	518,73	1,26	73,82	0,003	0,28	0,069	0,082	0,247	0,329	1,50	0,175	6,47	0,98	2,38	0,150
PV 49	519,99	518,73	1,26	PV 50	516,54	515,28	1,26	63,89	0,003	0,50	0,059	0,071	0,329	0,399	1,50	0,150	7,53	1,03	2,22	0,150
PV 50	516,54	515,28	1,26	PV 51	513,85	512,80	1,05	72,39	0,001	0,50	0,067	0,080	0,399	0,479	1,50	0,175	5,51	0,91	2,38	0,150
PV 51	513,85	512,80	1,05	PV 52	510,27	509,21	1,06	61,15	0,002	0,50	0,057	0,068	0,479	0,547	1,50	0,150	8,17	1,08	2,22	0,150
PV 52	510,27	509,21	1,06	PV 53	506,56	505,23	1,33	47,89	0,004	0,50	0,045	0,053	0,547	0,600	1,50	0,150	11,59	1,28	2,22	0,150
PV 53	506,56	505,23	1,33	PV 59	503,40	500,05	3,35	46,17	0,003	0,50	0,043	0,051	0,600	0,651	1,50	0,150	9,54	1,16	2,22	0,150
PV 59	503,40	500,05	3,35	PV 60	498,38	497,22	1,16	69,64	0,002	0,50	0,065	0,077	0,912	0,989	1,50	0,150	6,43	0,96	2,22	0,150
PV 60	498,38	497,22	1,16	PV 61	496,46	495,29	1,17	28,08	0,002	0,50	0,026	0,031	1,036	1,067	1,50	0,150	9,54	1,16	2,22	0,150
PV 61	496,46	495,29	1,17	PV 73	494,69	491,49	3,20	28,99	0,003	1,41	0,027	0,032	1,067	1,099	1,50	0,150	7,99	1,07	2,22	0,150
PV 62	497,40	496,33	1,07	PV 61	496,46	495,29	1,17	42,64	0,004	1,58	0,040	0,047	0,000	0,047	1,50	0,175	3,53	0,73	2,38	0,150
PV 85	528,92	527,85	1,07	PV 86	527,54	526,48	1,06	74,50	0,002	1,61	0,069	0,082	0,000	0,082	1,50	0,200	3,36	0,72	2,53	0,150
PV 86	527,54	526,48	1,06	PV 87	526,36	525,18	1,18	62,56	0,002	0,50	0,058	0,069	0,082	0,152	1,50	0,200	3,76	0,76	2,53	0,150
PV 87	526,36	525,18	1,18	PV 88	523,91	522,85	1,06	78,76	0,003	0,50	0,073	0,087	0,152	0,239	1,50	0,175	4,75	0,84	2,38	0,150
PV 88	523,91	522,85	1,06	PV 89	520,39	519,27	1,12	79,66	0,002	0,50	0,074	0,088	0,239	0,327	1,50	0,150	6,28	0,94	2,22	0,150
PV 89	520,39	519,27	1,12	PV 90	519,73	518,61	1,12	41,82	0,004	0,50	0,039	0,046	0,327	0,373	1,50	0,200	2,85	0,66	2,53	0,150
PV 90	519,73	518,61	1,12	PV 91	515,86	514,36	1,50	78,45	0,004	0,50	0,073	0,087	0,373	0,460	1,50	0,150	7,56	1,04	2,22	0,150
PV 91	515,86	514,36	1,50	PV 92	511,46	510,36	1,10	64,05	0,002	0,50	0,060	0,071	0,460	0,531	1,50	0,150	8,70	1,11	2,22	0,150
PV 92	511,46	510,36	1,10	PV 93	506,33	505,18	1,15	75,09	0,002	0,50	0,070	0,083	0,531	0,614	1,50	0,150	9,61	1,17	2,22	0,150
PV 93	506,33	505,18	1,15	PV 94	500,42	499,24	1,18	72,58	0,001	0,50	0,068	0,080	0,614	0,694	1,50	0,150	11,43	1,27	2,22	0,150
PV 94	500,42	499,24	1,18	PV 95	497,34	495,63	1,71	42,64	0,000	0,50	0,040	0,047	0,694	0,741	1,50	0,150	11,82	1,30	2,22	0,150
PV 95	497,34	495,63	1,71	PV 96	495,12	491,10	4,02	29,67	0,001	0,50	0,028	0,033	0,741	0,774	1,50	0,150	7,35	1,02	2,22	0,150
PV 97	496,89	495,84	1,05	PV 95	497,34	495,63	1,71	42,61	0,000	7,09	0,040	0,047	0,000	0,047	1,50	0,275	1,19	0,45	2,90	0,150
PV 98	520,07	518,96	1,11	PV 99	515,60	514,49	1,11	74,39	0,004	0,26	0,069	0,082	0,000	0,082	1,50	0,150	8,38	1,09	2,22	0,150
PV 99	515,60	514,49	1,11	PV 100	511,95	510,90	1,05	58,56	0,003	0,28	0,054	0,065	0,082	0,147	1,50	0,150	8,55	1,10	2,22	0,150
PV 100	511,95	510,90	1,05	PV 101	506,43	505,36	1,07	73,50	0,003	0,50	0,068	0,081	0,147	0,228	1,50	0,150	10,50	1,22	2,22	0,150

Nó inicial	Cota do terreno montante (m)	Cota de fundo a montante (m)	Profundidade do dispositivo a montante (m)	Nó final	Cota do Terreno jusante (m)	Cota de fundo a jusante (m)	Profundidade do dispositivo a jusante (m)	Extensão (m)	Qinf (L/s)	lproj (%)	Qti (L/s)	Qtf (L/s)	Qm (L/s)	Qj (L/s)	Qp (L/s)	y/D	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)	Vcrit (m/s)	Diâmetro (m)
PV 101	506,43	505,36	1,07	PV 102	499,99	498,91	1,08	75,01	0,001	0,50	0,070	0,083	0,228	0,311	1,50	0,150	12,00	1,30	2,22	0,150
PV 102	499,99	498,91	1,08	PV 103	496,82	495,01	1,81	39,50	0,002	0,50	0,037	0,044	0,356	0,400	1,50	0,150	11,15	1,26	2,22	0,150
PV 103	496,82	495,01	1,81	PV 104	493,95	490,91	3,04	29,29	0,004	0,50	0,027	0,032	0,400	0,432	1,50	0,150	11,20	1,26	2,22	0,150
PV 105	496,50	495,45	1,05	PV 103	496,82	495,01	1,81	40,45	0,003	0,50	0,038	0,045	0,000	0,045	1,50	0,275	1,19	0,45	2,90	0,150
PV 74	524,45	523,39	1,06	PV 75	522,37	521,31	1,06	75,49	0,002	0,50	0,070	0,084	0,000	0,084	1,50	0,175	4,43	0,81	2,38	0,150
PV 75	522,37	521,31	1,06	PV 76	519,27	518,14	1,13	76,92	0,002	0,50	0,072	0,085	0,084	0,169	1,50	0,150	5,75	0,90	2,22	0,150
PV 76	519,27	518,14	1,13	PV 77	518,37	517,24	1,13	32,16	0,003	1,41	0,030	0,036	0,169	0,204	1,50	0,175	4,49	0,82	2,38	0,150
PV 77	518,37	517,24	1,13	PV 78	515,36	514,22	1,14	71,40	0,004	1,58	0,066	0,079	0,204	0,283	1,50	0,150	5,89	0,91	2,22	0,150
PV 78	515,36	514,22	1,14	PV 79	511,06	509,93	1,13	70,06	0,002	1,61	0,065	0,078	0,283	0,361	1,50	0,150	8,55	1,10	2,22	0,150
PV 79	511,06	509,93	1,13	PV 80	505,44	504,22	1,22	78,83	0,002	0,50	0,073	0,087	0,361	0,448	1,50	0,150	10,10	1,20	2,22	0,150
PV 80	505,44	504,22	1,22	PV 81	499,89	498,67	1,22	78,41	0,003	0,50	0,073	0,087	0,448	0,535	1,50	0,150	9,88	1,18	2,22	0,150
PV 81	499,89	498,67	1,22	PV 82	497,55	496,13	1,42	33,12	0,002	0,50	0,031	0,037	0,582	0,618	1,50	0,150	10,70	1,23	2,22	0,150
PV 82	497,55	496,13	1,42	PV 84	495,34	491,28	4,06	28,63	0,004	0,50	0,027	0,032	0,618	0,650	1,50	0,150	8,97	1,13	2,22	0,150
PV 83	497,40	496,34	1,06	PV 82	497,55	496,13	1,42	42,47	0,004	0,50	0,040	0,047	0,000	0,047	1,50	0,275	1,19	0,45	2,90	0,150
PV 54	514,35	513,30	1,05	PV 55	511,61	510,40	1,21	43,43	0,002	0,50	0,040	0,048	0,000	0,048	1,50	0,150	9,30	1,15	2,22	0,150
PV 55	511,61	510,40	1,21	PV 56	508,71	507,50	1,21	40,43	0,002	0,50	0,038	0,045	0,048	0,093	1,50	0,150	10,00	1,19	2,22	0,150
PV 56	508,71	507,50	1,21	PV 57	505,41	504,33	1,08	46,86	0,001	0,50	0,044	0,052	0,093	0,145	1,50	0,150	9,44	1,16	2,22	0,150
PV 57	505,41	504,33	1,08	PV 58	501,82	500,74	1,08	52,42	0,000	0,50	0,049	0,058	0,145	0,203	1,50	0,150	9,54	1,16	2,22	0,150
PV 58	501,82	500,74	1,08	PV 59	503,40	500,05	3,35	52,29	0,001	0,50	0,049	0,058	0,203	0,260	1,50	0,200	2,41	0,61	2,53	0,150
PV 108	513,40	512,34	1,06	PV 109	512,97	511,91	1,06	40,18	0,000	7,09	0,037	0,044	0,000	0,044	1,50	0,225	2,13	0,58	2,66	0,150
PV 109	512,97	511,91	1,06	PV 110	506,69	505,58	1,11	72,17	0,004	0,26	0,067	0,080	0,044	0,124	1,50	0,125	10,26	1,18	2,03	0,150
PV 110	506,69	505,58	1,11	PV 111	499,84	498,71	1,13	73,33	0,003	0,28	0,068	0,081	0,124	0,205	1,50	0,125	10,96	1,22	2,03	0,150
PV 111	499,84	498,71	1,13	PV 112	496,50	495,41	1,09	39,81	0,003	0,50	0,037	0,044	0,205	0,249	1,50	0,150	11,56	1,28	2,22	0,150
PV 112	496,50	495,41	1,09	PV 113	493,77	490,60	3,17	30,86	0,001	0,50	0,029	0,034	0,249	0,284	1,50	0,125	10,24	1,18	2,03	0,150
PV 114	514,00	512,94	1,06	PV 115	513,50	512,44	1,06	39,95	0,002	0,50	0,037	0,044	0,000	0,044	1,50	0,225	2,49	0,63	2,66	0,150

Nó inicial	Cota do terreno montante (m)	Cota de fundo a montante (m)	Profundidade do dispositivo a montante (m)	Nó final	Cota do Terreno jusante (m)	Cota de fundo a jusante (m)	Profundidade do dispositivo a jusante (m)	Extensão (m)	Qinf (L/s)	lproj (%)	Qti (L/s)	Qtf (L/s)	Qm (L/s)	Qj (L/s)	Qp (L/s)	y/D	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)	Vcrit (m/s)	Diâmetro (m)
PV 115	513,50	512,44	1,06	PV 116	507,01	505,82	1,19	74,42	0,004	0,50	0,069	0,082	0,044	0,127	1,50	0,125	10,41	1,19	2,03	0,150
PV 116	507,01	505,82	1,19	PV 117	500,17	498,97	1,20	74,25	0,003	0,50	0,069	0,082	0,127	0,209	1,50	0,125	10,79	1,21	2,03	0,150
PV 117	500,17	498,97	1,20	PV 118	496,91	495,85	1,06	38,85	0,002	0,50	0,036	0,043	0,209	0,252	1,50	0,150	11,19	1,26	2,22	0,150
PV 118	496,91	495,85	1,06	PV 125	496,98	494,56	2,42	52,09	0,002	0,50	0,048	0,058	0,252	0,309	1,50	0,225	2,41	0,62	2,66	0,150
PV 121	514,66	513,60	1,06	PV 122	514,06	513,00	1,06	38,61	0,003	1,41	0,036	0,043	0,000	0,043	1,50	0,200	2,83	0,66	2,53	0,150
PV 122	514,06	513,00	1,06	PV 123	507,97	506,89	1,08	72,72	0,004	1,58	0,068	0,080	0,043	0,123	1,50	0,150	11,72	1,29	2,22	0,150
PV 123	507,97	506,89	1,08	PV 124	500,53	499,41	1,12	75,48	0,002	1,61	0,070	0,084	0,123	0,207	1,50	0,125	11,59	1,25	2,03	0,150
PV 124	500,53	499,41	1,12	PV 125	496,98	494,56	2,42	41,68	0,002	0,50	0,039	0,046	1,618	1,664	1,66	0,150	12,79	1,35	2,22	0,150
PV 125	496,98	494,56	2,42	PV 126	492,13	490,29	1,84	53,33	0,003	0,50	0,050	0,059	1,664	1,723	1,72	0,150	11,80	1,29	2,22	0,150
PV 127	514,75	513,69	1,06	PV 128	514,41	513,35	1,06	38,66	0,002	0,50	0,036	0,043	0,000	0,043	1,50	0,225	1,75	0,53	2,66	0,150
PV 128	514,41	513,35	1,06	PV 129	508,92	507,85	1,07	67,20	0,004	0,50	0,063	0,074	0,043	0,117	1,50	0,150	11,41	1,27	2,22	0,150
PV 129	508,92	507,85	1,07	PV 130	501,40	500,02	1,38	76,88	0,004	0,50	0,072	0,085	0,117	0,202	1,50	0,125	11,43	1,24	2,03	0,150
PV 130	501,40	500,02	1,38	PV 131	497,06	494,71	2,35	40,57	0,002	0,50	0,038	0,045	0,202	0,247	1,50	0,125	11,70	1,26	2,03	0,150
PV 131	497,06	494,71	2,35	PV 125	496,98	494,56	2,42	51,84	0,002	0,50	0,048	0,057	1,045	1,102	1,50	0,275	1,19	0,45	2,90	0,150
PV 132	515,00	513,73	1,27	PV 133	514,43	513,16	1,27	39,59	0,001	0,50	0,037	0,044	0,000	0,044	1,50	0,200	2,61	0,64	2,53	0,150
PV 133	514,43	513,16	1,27	PV 134	509,72	508,55	1,17	66,80	0,000	0,50	0,062	0,074	0,044	0,118	1,50	0,150	9,61	1,17	2,22	0,150
PV 134	509,72	508,55	1,17	PV 135	502,41	499,46	2,95	77,49	0,001	0,50	0,072	0,086	0,118	0,203	1,50	0,125	11,04	1,22	2,03	0,150
PV 135	502,41	499,46	2,95	PV 136	496,40	495,08	1,32	41,93	0,000	7,09	0,039	0,046	0,694	0,740	1,50	0,125	11,70	1,26	2,03	0,150
PV 136	496,40	495,08	1,32	PV 131	497,06	494,71	2,35	52,38	0,004	0,26	0,049	0,058	0,740	0,798	1,50	0,250	1,57	0,51	2,79	0,150
PV 137	514,91	513,82	1,09	PV 138	514,89	513,44	1,45	40,00	0,003	0,28	0,037	0,044	0,000	0,044	1,50	0,225	1,87	0,55	2,66	0,150
PV 138	514,89	513,44	1,45	PV 139	511,78	510,59	1,19	45,28	0,003	0,50	0,042	0,050	0,044	0,094	1,50	0,150	8,79	1,12	2,22	0,150
PV 139	511,78	510,59	1,19	PV 140	507,84	506,30	1,54	43,60	0,001	0,50	0,041	0,048	0,278	0,326	1,50	0,125	11,51	1,25	2,03	0,150
PV 140	507,84	506,30	1,54	PV 141	501,41	499,79	1,62	59,45	0,002	0,50	0,055	0,066	0,326	0,392	1,50	0,125	11,70	1,26	2,03	0,150
PV 141	501,41	499,79	1,62	PV 142	497,10	495,81	1,29	37,45	0,004	0,50	0,035	0,041	0,392	0,433	1,50	0,125	11,70	1,26	2,03	0,150
PV 142	497,10	495,81	1,29	PV 136	496,40	495,08	1,32	51,50	0,003	0,50	0,048	0,057	0,433	0,490	1,50	0,200	2,49	0,62	2,53	0,150

Nó inicial	Cota do terreno montante (m)	Cota de fundo a montante (m)	Profundidade do dispositivo a montante (m)	Nó final	Cota do Terreno jusante (m)	Cota de fundo a jusante (m)	Profundidade do dispositivo a jusante (m)	Extensão (m)	Qinf (L/s)	lproj (%)	Qti (L/s)	Qtf (L/s)	Qm (L/s)	Qj (L/s)	Qp (L/s)	y/D	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)	Vcrit (m/s)	Diâmetro (m)
PV 143	516,84	515,50	1,34	PV 144	512,56	511,23	1,33	64,11	0,002	0,50	0,060	0,071	0,000	0,071	1,50	0,150	9,30	1,15	2,22	0,150
PV 144	512,56	511,23	1,33	PV 145	508,11	507,01	1,10	49,51	0,002	0,50	0,046	0,055	0,071	0,126	1,50	0,150	11,89	1,30	2,22	0,150
PV 145	508,11	507,01	1,10	PV 140	507,84	506,30	1,54	52,16	0,003	1,41	0,049	0,058	0,126	0,183	1,50	0,250	1,15	0,44	2,79	0,150
PV 63	513,96	512,55	1,41	PV 64	512,13	510,64	1,49	72,63	0,004	1,58	0,068	0,080	0,000	0,080	1,50	0,175	4,16	0,79	2,38	0,150
PV 64	512,13	510,64	1,49	PV 65	506,94	505,48	1,46	76,03	0,002	1,61	0,071	0,084	0,080	0,164	1,50	0,150	9,47	1,16	2,22	0,150
PV 65	506,94	505,48	1,46	PV 66	502,52	501,47	1,05	75,31	0,002	0,50	0,070	0,083	0,164	0,248	1,50	0,150	7,44	1,03	2,22	0,150
PV 66	502,52	501,47	1,05	PV 67	498,38	497,32	1,06	63,59	0,003	0,50	0,059	0,070	0,248	0,318	1,50	0,150	9,11	1,14	2,22	0,150
PV 67	498,38	497,32	1,06	PV 68	496,48	495,37	1,11	27,89	0,002	0,50	0,026	0,031	0,318	0,349	1,50	0,150	9,49	1,16	2,22	0,150
PV 68	496,48	495,37	1,11	PV 70	496,32	495,20	1,12	9,32	0,004	0,50	0,009	0,010	0,349	0,359	1,50	0,150	3,31	0,72	2,56	0,200
PV 70	496,32	495,20	1,12	PV 71	494,12	492,56	1,56	75,64	0,004	0,50	0,070	0,084	0,370	0,454	1,50	0,125	4,52	0,82	2,35	0,200
PV 71	494,12	492,56	1,56	PV 72	493,29	491,72	1,57	56,79	0,002	0,50	0,053	0,063	0,454	0,517	1,50	0,150	2,73	0,65	2,56	0,200
PV 72	493,29	491,72	1,57	PV 73	494,69	491,49	3,20	48,59	0,002	0,50	0,045	0,054	1,616	1,669	1,67	0,200	1,16	0,44	2,92	0,200
PV 73	494,69	491,49	3,20	PV 84	495,34	491,28	4,06	52,86	0,001	0,50	0,049	0,058	2,319	2,378	2,38	0,250	1,18	0,46	3,22	0,200
PV 84	495,34	491,28	4,06	PV 96	495,12	491,10	4,02	51,60	0,000	0,50	0,048	0,057	3,152	3,209	3,21	0,300	1,20	0,48	3,48	0,200
PV 96	495,12	491,10	4,02	PV 104	493,95	490,91	3,04	52,06	0,001	0,50	0,048	0,058	3,641	3,699	3,70	0,300	1,20	0,48	3,48	0,200
PV 104	493,95	490,91	3,04	PV 106	493,78	490,77	3,01	47,71	0,000	7,09	0,044	0,053	4,440	4,493	4,49	0,350	1,12	0,47	3,69	0,200
PV 106	493,78	490,77	3,01	PV 107	493,59	490,73	2,86	16,36	0,004	0,26	0,015	0,018	6,548	6,567	6,57	0,450	1,17	0,50	4,06	0,200
PV 107	493,59	490,73	2,86	PV 113	493,77	490,60	3,17	51,83	0,003	0,28	0,048	0,057	6,850	6,908	6,91	0,450	1,21	0,51	4,06	0,200
PV 113	493,77	490,60	3,17	PV 119	493,96	490,47	3,49	52,59	0,003	0,50	0,049	0,058	6,908	6,966	6,97	0,475	1,21	0,51	4,13	0,200
PV 119	493,96	490,47	3,49	PV 120	491,79	490,32	1,47	48,71	0,001	0,50	0,045	0,054	6,966	7,020	7,02	0,450	1,40	0,55	4,06	0,200
PV 120	491,79	490,32	1,47	PV 126	492,13	490,29	1,84	11,71	0,002	0,50	0,011	0,013	8,790	8,803	8,80	0,525	1,39	0,55	4,27	0,200
PV 126	492,13	490,29	1,84	PV 146	492,90	490,14	2,76	53,99	0,004	0,50	0,050	0,060	8,803	8,863	8,86	0,525	1,44	0,56	4,27	0,200
PV 146	492,90	490,14	2,76	PV 147	492,99	490,01	2,98	52,54	0,003	0,50	0,049	0,058	8,863	8,921	8,92	0,550	1,33	0,54	4,33	0,200
PV 147	492,99	490,01	2,98	PV 148	493,27	489,87	3,40	52,58	0,002	0,50	0,049	0,058	8,921	8,979	8,98	0,525	1,34	0,54	4,27	0,200
PV 148	493,27	489,87	3,40	PV 149	493,68	489,72	3,96	56,24	0,002	0,50	0,052	0,062	8,979	9,041	9,04	0,525	1,39	0,55	4,27	0,200

Nó inicial	Cota do terreno montante (m)	Cota de fundo a montante (m)	Profundidade do dispositivo a montante (m)	Nó final	Cota do Terreno jusante (m)	Cota de fundo a jusante (m)	Profundidade do dispositivo a jusante (m)	Extensão (m)	Qinf (L/s)	lproj (%)	Qti (L/s)	Qtf (L/s)	Qm (L/s)	Qj (L/s)	Qp (L/s)	y/D	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)	Vcrit (m/s)	Diâmetro (m)
PV 149	493,68	489,72	3,96	PV 150	492,75	489,69	3,06	13,66	0,003	1,41	0,013	0,015	9,041	9,056	9,06	0,575	1,14	0,51	4,38	0,200
PV 150	492,75	489,69	3,06	PV 151	493,35	489,55	3,80	59,78	0,004	1,58	0,056	0,066	9,056	9,123	9,12	0,550	1,27	0,53	4,33	0,200
PV 151	493,35	489,55	3,80	PV 152	492,49	489,37	3,12	70,18	0,002	1,61	0,065	0,078	9,123	9,200	9,20	0,550	1,38	0,55	4,33	0,200
PV 152	492,49	489,37	3,12	PV 153	492,56	489,17	3,39	69,50	0,002	0,50	0,065	0,077	9,200	9,277	9,28	0,525	1,44	0,56	4,27	0,200
PV 153	492,56	489,17	3,39	PV 154	493,06	488,87	4,19	60,00	0,003	0,50	0,056	0,066	9,277	9,343	9,34	0,450	2,33	0,70	4,06	0,200
PV 154	493,06	488,87	4,19	PV 155	493,00	488,77	4,23	20,80	0,002	0,50	0,019	0,023	9,343	9,366	9,37	0,450	2,33	0,70	4,06	0,200
PV 155	493,00	488,77	4,23	PV 156	489,69	488,56	1,13	42,20	0,004	0,50	0,039	0,047	9,366	9,413	9,41	0,450	2,33	0,70	4,06	0,200
PV 156	489,69	488,56	1,13	PV 157	490,60	488,17	2,43	77,21	0,004	0,50	0,072	0,085	9,413	9,499	9,50	0,450	2,33	0,70	4,06	0,200
PV 157	490,60	488,17	2,43	PV 158	490,96	487,84	3,12	66,81	0,002	0,50	0,062	0,074	9,499	9,572	9,57	0,450	2,33	0,70	4,06	0,200
PV 158	490,96	487,84	3,12	PV 159	490,61	487,64	2,97	39,41	0,002	0,50	0,037	0,044	9,572	9,616	9,62	0,450	2,33	0,70	4,06	0,200
PV 159	490,61	487,64	2,97	PV 160	488,57	487,40	1,17	48,54	0,001	0,50	0,045	0,054	9,616	9,670	9,67	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 160	488,57	487,40	1,17	PV 161	487,65	486,43	1,22	68,38	0,000	0,50	0,064	0,076	9,670	9,745	9,75	0,350	5,44	1,04	3,69	0,200
PV 161	487,65	486,43	1,22	PV 162	486,54	485,19	1,35	72,45	0,001	0,50	0,067	0,080	9,745	9,826	9,83	0,350	6,10	1,11	3,69	0,200
PV 162	486,54	485,19	1,35	PV 163	485,96	484,47	1,49	44,96	0,000	7,09	0,042	0,050	9,826	9,875	9,88	0,350	6,21	1,12	3,69	0,200
PV 163	485,96	484,47	1,49	PV 164	486,20	484,25	1,95	43,60	0,004	0,26	0,041	0,048	9,875	9,924	9,92	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 164	486,20	484,25	1,95	PV 165	485,99	483,92	2,07	67,41	0,003	0,28	0,063	0,075	9,924	9,998	10,00	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 165	485,99	483,92	2,07	PV 166	486,18	483,69	2,49	45,28	0,003	0,50	0,042	0,050	9,998	10,048	10,05	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 166	486,18	483,69	2,49	PV 167	486,40	483,33	3,07	71,87	0,001	0,50	0,067	0,080	10,048	10,128	10,13	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 167	486,40	483,33	3,07	PV 168	486,24	482,96	3,28	74,74	0,002	0,50	0,070	0,083	10,128	10,210	10,21	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 168	486,24	482,96	3,28	PV 169	485,37	482,78	2,59	34,95	0,004	0,50	0,033	0,039	10,210	10,249	10,25	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 169	485,37	482,78	2,59	PV 170	485,83	482,57	3,26	43,24	0,003	0,50	0,040	0,048	10,249	10,297	10,30	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 170	485,83	482,57	3,26	PV 171	485,78	482,42	3,36	28,53	0,002	0,50	0,027	0,032	10,297	10,329	10,33	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 171	485,78	482,42	3,36	PV 172	485,80	482,40	3,40	4,02	0,002	0,50	0,004	0,004	10,329	10,333	10,33	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 172	485,80	482,40	3,40	PV EXIS 1	486,08	481,88	4,20	13,15	0,003	1,41	0,012	0,015	10,333	10,348	10,35	0,475	2,42	0,72	4,13	0,200
PV 69	497,02	495,92	1,10	PV 70	496,32	495,20	1,12	9,86	0,004	1,58	0,009	0,011	0,000	0,011	1,50	0,100	9,08	1,12	2,13	0,200

ANEXOS C – ORÇAMENTO PROJETO 2D

RESUMO ORÇAMENTÁRIO						
SISTEMA :SES MOEDA: REAL		BASE:				TABELA SINAPI / SANEAGO
		BDI (Construção Civil/Serviços):				0,00%
		BDI (Materiais/Equipamentos):				0,00%
		LEIS SOCIAIS:				115,42%
						SEM DESONERAÇÃO
Item	Discriminação	Construção Civil A	Material Hidráulico B	Equipamentos C	Material Elétrico D	TOTAL A+B+C+D
	ADMINISTRAÇÃO DA OBRA	R\$ 174.141,52	-	-	-	R\$ 174.141,52
	CANTEIRO DE OBRA	R\$ 9.492,13	-	-	-	R\$ 9.492,13
GERAL	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	R\$ 930.675,52	R\$ 457.882,22	R\$ 121.276,74	R\$ 0,00	R\$ 1.509.834,48
	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO E CASA DE CONTROLE	R\$ 155.939,62	R\$ 34.662,88	R\$ 121.276,74		R\$ 311.879,24
	REDE COLETORA E LINHA DE RECALQUE	R\$ 762.848,17	R\$ 423.219,34	-	-	R\$ 1.186.067,51
	CORTE E REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO DA LINHA DE RECALQUE	R\$ 11.887,73	-	-	-	R\$ 11.887,73

Orçamento Consolidado						
SISTEMA :SES MOEDA: REAL			BASE: TABELA SINAPI BDI (Construção 0,00% Civil/Serviços): BDI 0,00% (Materiais/Equipamentos): LEIS SOCIAIS: 115,42% SEM DESONERAÇÃO			
Referência/Código	Item	Discriminação	Und	Quant.	Preço Unitário	Preço Total
		GERAL SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
		A CONSTRUÇÃO CIVIL SAA				
Referência	Código	I ADMINISTRAÇÃO DA OBRA				
SINAPI	40814	1.1 Engenheiro - sênior (mensalista)	mês	4,00	30.995,54	123.982,16
SINAPI	40946	1.2 Técnico - sênior (mensalista)	mês	8,00	6.269,92	50.159,36
Referência	Código	II CANTEIRO DE OBRA				
Saneago	3	2.1 Barracão, sanitário, almoxarifado e depósito de cimento	m²	30,00	274,85	8.245,50
Saneago	98	2.2 Cavalete com placa de advertência 1,0 x 0,40 m (tipos i...v)	und	2,00	423,53	847,06
SINAPI	103689	2.3 Placa de obra	m²	1,00	377,67	377,67
SINAPI	98525	2.5 Limpeza mecanizada de camada vegetal, vegetação e pequenas árvores (diâmetro de tronco menor que 0,20 m), com trator de esteiras.	m²	30,00	0,73	21,90
		GERAL SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
		A CONSTRUÇÃO CIVIL SES				
Referência	Código	III REDE COLETORA DE ESGOTO				

SANEAGO	1514	3.1	LOCAÇÃO E CADASTRO				
			Locação eixos com aparelho topografico inclusive elaboração de nota de serviços	m	9.121,00	1,43	13.043,03
SANEAGO	1512		Cadastro técnico de redes de esgoto	m	9.121,00	1,22	11.127,62
		3.2	MOVIMENTO DE TERRA				
SINAPI	90092		Escavação mecanizada de vala com prof. Maior que 1,5 m e até 3,0 m(média montante e jusante/uma composição por trecho), escavadeira (0,8 m³), larg. Menor que 1,5 m, em solo de 1ª categoria, locais com baixo nível de interferência.	m³	10.945,20	6,10	66.765,72
SINAPI	101617		Preparo de fundo de vala com largura maior ou igual a 1,5 m e menor que 2,5 m (acerto do solo natural), em local com nível baixo de interferência.	m²	5.472,60	4,02	21.999,85
SINAPI	93382		Reaterro manual de valas, com compactador de solos de percussão.	m³	2.845,75	30,80	87.649,16
SINAPI	104737		Reaterro manual de valas, com placa vibratória	m³	11.383,01	24,61	280.135,83
		3.3	CARGA, TRANSPORTES E DESCARGA DE MATERIAL				
SINAPI	100574		Espalhamento de material com trator de esteiras	m³	93,13	1,51	140,62
SINAPI	100978		Carga, manobra e descarga de solos e materiais granulares em caminhão basculante 10 m³ - carga com escavadeira hidráulica (caçamba de 1,20 m³ / 155 hp) e descarga livre (unidade: m3)	m³	93,13	7,13	664,00
SINAPI	93588		Transporte com caminhão basculante de 10 m³, em via urbana em leito natural - DT=3 KM	m³ x km	279,38	3,80	1.061,65
		3.4	CTD E MONTAGEM TUBO/CONEXÕES/PVC				
SINAPI	90734		Assentamento de tubo de PVC para rede coletora de esgoto de parede maciça, dn 150 mm, junta elástica, (não inclui fornecimento)	m	7.387,00	4,54	33.536,98
SINAPI	90735		Assentamento de tubo de PVC para rede coletora de esgoto de parede maciça, dn 200 mm, junta elástica (não inclui fornecimento)	m	1.734,00	5,25	9.103,50
		3.5	ELEMENTOS DE INSPEÇÃO PARA REDE DE ESGOTO				
SINAPI	97978		Base para poço de visita circular para esgoto, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 0,80 m, profundidade = 1,35 m, excluindo tampão.	und	172,00	1.067,89	183.677,08
SINAPI	98050		Chaminé circular para poço de visita para esgoto, em concreto pré-moldado, diâmetro interno =0,6 m.	m	54,63	300,56	16.419,59
SINAPI	98115		Tampa circular para esgoto e drenagem, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 0,60 m e altura = 0,10 m. af_12/2020	und	172,00	111,97	19.258,84
		IV	LINHA DE RECALQUE				18.264,70
		4.1	LOCAÇÃO E CADASTRO				
SANEAGO	1514		Locação eixos com aparelho topografico inclusive elaboração de nota de serviços	m	335,00	1,43	479,05
SANEAGO	1512		Cadastro técnico de redes de esgoto	m	335,00	1,22	408,70
		4.2	MOVIMENTO DE TERRA				

SINAPI	90092	Escavação mecanizada de vala com prof. Maior que 1,5 m e até 3,0 m(média montante e jusante/uma composição por trecho), escavadeira (0,8 m³), larg. Menor que 1,5 m, em solo de 1ª categoria, locais com baixo nível de interferência.	m³	241,20	6,10	1.471,32
SINAPI	101617	Preparo de fundo de vala com largura maior ou igual a 1,5 m e menor que 2,5 m (acerto do solo natural), em local com nível baixo de interferência.	m²	201,00	4,02	808,02
SINAPI	93382	Reaterro compactado de cavas manual com soquete manual	m³	104,52	30,80	3.219,22
SINAPI	104737	Reaterro manual de valas, com placa vibratória	m³	418,08	24,61	10.288,95
4.3 CARGA, TRANSPORTES E DESCARGA DE MATERIAL						
SINAPI	100574	Espalhamento de material com trator de esteiras	m³	3,42	1,51	5,16
SINAPI	100978	Carga, manobra e descarga de solos e materiais granulares em caminhão basculante 10 m³ - carga com escavadeira hidráulica (caçamba de 1,20 m³ / 155 hp) e descarga livre (unidade: m³)	m³	3,42	7,13	24,39
SINAPI	93588	Transporte com caminhão basculante de 10 m³, em via urbana em leito natural - DT=3 KM	m³ x km	10,26	3,80	38,99
4.4 CTD E MONTAGEM TUBO/CONEXÕES/PVC						
SINAPI	90734	Assentamento de tubo de PVC para rede coletora de esgoto de parede maciça, dn 150 mm, junta elástica, (não inclui fornecimento)	m	335,00	4,54	1.520,90
V ESTAÇÃO ELEVATORIA DE ESGOTO						315.226,35
B MATERIAL HIDRAULICO SES						457.882,22
VII ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO - EEE1						34.662,88
	7.1	REDUÇÃO COM FLANGES EXCÊNTRICA PN10 DN200 DN150	und	1,00	1.350,00	1.350,00
	7.2	TUBO COM FLANGES PN10 DN100 - L=2,74m	und	3,00	2.800,00	8.400,00
	7.3	CURVA 90° FOFO ESG.FF PN10 DN 150	und	2,00	730,00	1.460,00
	7.4	TÊ COM FLANGES PN10 DN150	und	2,00	133,63	267,26
	7.5	EXTREMIDADE FLANGE/BOLSA FoFo DN 150	und	1,00	555,09	555,09
	7.6	CESTO COLETOR DE DETRITOS	und	2,00	772,20	1.544,40
	7.7	COMPORTA EM FIBRA DE VIDRO, 1.20x0.45m	und	1,00	3.200,00	3.200,00
	7.8	HASTE DE PROLONGAMENTO COM QUADRADO E BOCA DE CHAVE Ø 1 1/8" C/QUADRADO E BOCA DE CHAVE/COMPRIM.1500MM	und	1,00	670,00	670,00
	7.9	TAMPÃO T-5 ARTICULADO	und	1,00	165,00	165,00
	7.10	CHAVE T	und	1,00	39,04	39,04
	7.11	TUBO PVC OCRE LISO PB JEI DN200	und	6,00	762,32	4.573,92
	7.12	REDUÇÃO COM FLANGES PN10 DN150 DN50	und	2,00	2.560,00	5.120,00
	7.13	CURVA 45° BB PVC DN 150	und	1,00	46,20	46,20
	7.14	TUBO FoFo PF DN200	und	1,00	1.686,73	1.686,73
	7.15	TUBO COM FLANGES PN10 DN150 - L=1,00m	und	1,00	1.552,43	1.552,43

		7.16	REGISTRO DE GAVETA FF CUNHA DE BORRACHA COM CABEÇOTE DN100	und	2,00	1.600,00	3.200,00
		7.17	CURVA 90° BB PVC DN 150	und	2,00	415,15	830,30
		7.18	JOELHO 90° PVC SOLDÁVEL, DN 20	und	1,00	1,29	1,29
		7.19	ADAPTADOR PVC SOLDA/ROSCA, DN 20X1/2"	und	1,00	1,22	1,22
		7.20	LUVA FG, DN 1/2"	und	1,00	9,90	9,90
		7.21	TUBO FG sch40, ASTM A53, COM COSTURA, DN 1/2"	m	1,00	3.895,74	3.895,74
		7.22	COTOVELO 90° FÊMEA FG, DN 1/2"	und	1,00	6,28	6,28
		7.23	TORNEIRA CROMADA COM BICO PARA MANGUEIRA, DN 1/2"	und	1,00	30,90	30,90
		VIII	REDE COLETORA DE ESGOTO E LINHA DE RECALQUE				423.219,34
		8.3	Tubo Esgoto PVC 150mm	und	1.232,00	191,07	235.398,24
		8.4	Tubo Esgoto PVC 200mm	und	289,00	649,90	187.821,10
		8.5	Tubo Pvc-O 150mm	und	56,00	848,69	47.526,64
		C	EQUIPAMENTO HIDRAULICO EEE				121.276,74
SANEAGO	1418						
			CJ MOTO BOMBA COM SISTEMA DE BOMBEAMENTO EM LINHA (01+01), Q:12L/s e 8,5 m.c.a	und	2,00	60.638,37	121.276,74
		X	CORTE E REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO				11.887,73
		10.1	CORTE E DEMOLIÇÃO CALÇADA/PAVIMENTO ASFALTICO COM EQUIPAMENTOS			M³	89,00
SANEAGO	1421	10.2	LIMPEZA DO CORTE, COLOCAÇÃO E COMPACTAÇÃO CASCALHO, IMPRIMAÇÃO E COLOCAÇÃO DE CAPA ASFÁLTICA (CBUQ) - EXCLUSIVE MATERIAL DE EMPRÉSTIMO PARA BASE	M²	89,00	84,53	7.523,17

Custos da estação elevatória retirado do Orçamento Base para Licitação Caixa, referente ao Sistema de Esgotamento Santário de Matipó- MG, no qual contempla a parte civil e elétrica da construção da Estação Elevatória

ANEXOS D – ORÇAMENTO PROJETO 3D

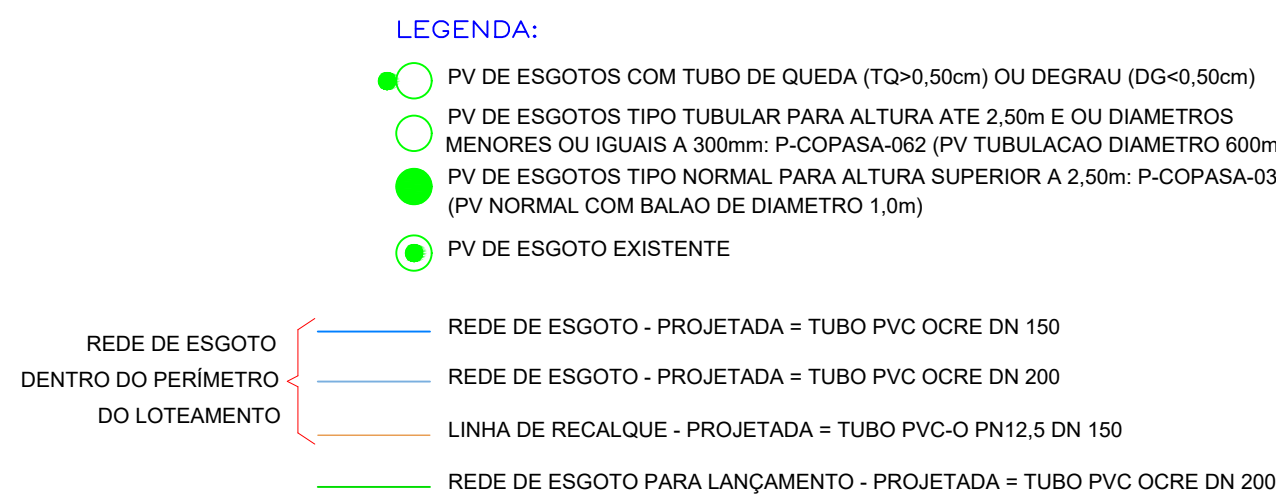
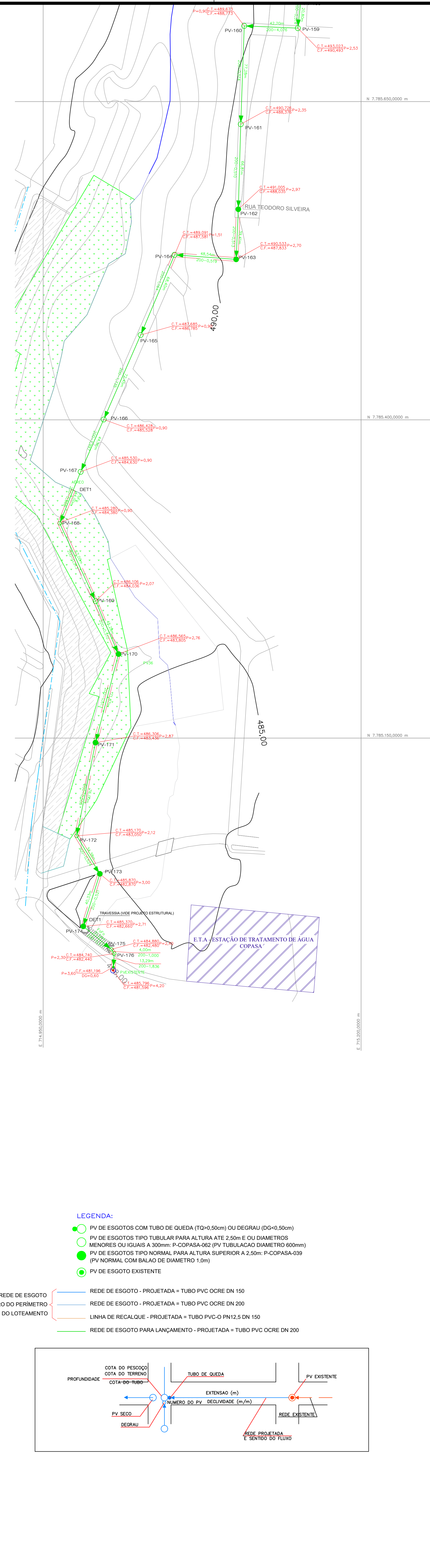
RESUMO ORÇAMENTÁRIO						
SISTEMA :SES MOEDA: REAL		BASE:				
		TABELA SINAPI / SANEAGO				
		BDI (Construção Civil/Serviços):				
		BDI (Materiais/Equipamentos):				
		LEIS SOCIAIS:				
		SEM DESONERAÇÃO				
Item	Discriminação	Construção Civil A	Material Hidráulico B	Equipamentos C	Material Elétrico D	TOTAL A+B+C+D
	ADMINISTRAÇÃO DA OBRA	R\$ 174.141,52	-	-	-	R\$ 174.141,52
	CANTEIRO DE OBRA	R\$ 9.492,13	-	-	-	R\$ 9.492,13
GERAL	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	R\$ 769.575,82	R\$ 449.941,93	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.219.517,75
	REDE COLETORA	R\$ 757.688,09	R\$ 449.941,93	-	-	R\$ 1.207.630,02
	CORTE E REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO DA LINHA DE RECALQUE	R\$ 11.887,73	-	-	-	R\$ 11.887,73

Orçamento Consolidado						
SISTEMA :SES MOEDA: REAL			BASE		TABELA SINAPI	
			:			
			BDI (Construção Civil/Serviços):		0,00%	
			BDI (Materiais/Equipamentos):		0,00%	
			LEIS SOCIAIS:		115,42%	
					SEM DESONERAÇÃO	
Referência/Código	Item	Discriminação	Und	Quant.	Preço Unitário	Preço Total
		GERAL SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
		A CONSTRUÇÃO CIVIL SAA				
Referência	Código	I ADMINISTRAÇÃO DA OBRA				
SINAPI	40814	1.1 Engenheiro - sênior (mensalista)	mês	4,00	30.995,54	123.982,16
SINAPI	40946	1.2 Técnico - sênior (mensalista)	mês	8,00	6.269,92	50.159,36
Referência	Código	II CANTEIRO DE OBRA				
Saneago	3	2.1 Barracão, sanitário, almoxarifado e depósito de cimento	m²	30,00	274,85	8.245,50
Saneago	98	2.2 Cavalete com placa de advertência 1,0 x 0,40 m (tipos i...v)	und	2,00	423,53	847,06
SINAPI	103689	2.3 Placa de obra	m²	1,00	377,67	377,67
SINAPI	98525	2.5 Limpeza mecanizada de camada vegetal, vegetação e pequenas árvores (diâmetro de tronco menor que 0,20 m), com trator de esteiras.	m²	30,00	0,73	21,90
		GERAL SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
		A CONSTRUÇÃO CIVIL SES				
Referência	Código	III REDE COLETORA DE ESGOTO				

SANEAGO	1514	3.1	LOCAÇÃO E CADASTRO				
			Locação eixos com aparelho topografico inclusive elaboração de nota de serviços	m	9.353,00	1,43	13.374,79
SANEAGO	1512		Cadastro técnico de redes de esgoto	m	9.353,00	1,22	11.410,66
		3.2	MOVIMENTO DE TERRA				
			Escavação mecanizada de vala com prof. Maior que 1,5 m e até 3,0 m(média montante e jusante/uma composição por trecho), escavadeira (0,8 m3), larg. Menor que 1,5 m, em solo de 1ª categoria, locais com baixo nível de interferência.	m³	11.223,60	6,10	68.463,96
SINAPI	90092		Preparo de fundo de vala com largura maior ou igual a 1,5 m e menor que 2,5 m (acerto do solo natural), em local com nível baixo de interferência.	m²	5.611,80	4,02	22.559,44
SINAPI	101617		Reaterro manual de valas, com compactador de solos de percussão.	m³	2.918,14	30,80	89.878,59
SINAPI	93382		Reaterro manual de valas, com placa vibratória	m³	11.672,54	24,61	287.261,31
SINAPI	104737						
		3.3	CARGA, TRANSPORTES E DESCARGA DE MATERIAL				
			Espalhamento de material com trator de esteiras	m³	95,50	1,51	144,20
SINAPI	100574		Carga, manobra e descarga de solos e materiais granulares em caminhão basculante 10 m³ - carga com escavadeira hidráulica (caçamba de 1,20 m³ / 155 hp) e descarga livre (unidade: m3)	m³	95,50	7,13	680,88
SINAPI	100978		Transporte com caminhão basculante de 10 m³, em via urbana em leito natural - DT=3 KM	m³ x km	286,49	3,80	1.088,65
SINAPI	93588						
		3.4	CTD E MONTAGEM TUBO/CONEXÕES/PVC				
			Assentamento de tubo de PVC para rede coletora de esgoto de parede maciça, dn 150 mm, junta elástica, (não inclui fornecimento)	m	7.371,00	4,54	33.464,34
SINAPI	90734		Assentamento de tubo de PVC para rede coletora de esgoto de parede maciça, dn 200 mm, junta elástica (não inclui fornecimento)	m	1.982,00	5,25	10.405,50
SINAPI	90735						
		3.5	ELEMENTOS DE INSPEÇÃO PARA REDE DE ESGOTO				
			Base para poço de visita circular para esgoto, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 0,80 m, profundidade = 1,35 m, excluindo tampão.	und	172,00	1.067,89	183.677,08
SINAPI	97978		Chaminé circular para poço de visita para esgoto, em concreto pré-moldado, diâmetro interno =0,6 m.	m	53,30	300,56	16.019,85
SINAPI	98050		Tampa circular para esgoto e drenagem, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 0,60 m e altura = 0,10 m. af_12/2020	und	172,00	111,97	19.258,84
SINAPI	98115						
B MATERIAL HIDRAULICO SES							449.941,93
		VII	REDE COLETORA DE ESGOTO E LINHA DE RECALQUE				449.941,93
		8.3	Tubo Esgoto PVC 150mm	und	1.229,00	191,07	234.825,03
		8.4	Tubo Esgoto PVC 200mm	und	331,00	649,90	215.116,90

SANEAGO	1418								
		VIII	CORTE E REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO					11.887,73	
		10.1	CORTE E DEMOLIÇÃO CALÇADA/PAVIMENTO ASFALTICO COM EQUIPAMENTOS			M³	89,00	49,04	4.364,56
SANEAGO	1421	10.2	LIMPEZA DO CORTE, COLOCAÇÃO E COMPACTAÇÃO CASCALHO, IMPRIMAÇÃO E COLOCAÇÃO DE CAPA ASFÁLTICA (CBUQ) - EXCLUSIVE MATERIAL DE EMPRÉSTIMO PARA BASE			M²	89,00	84,53	7.523,17

ANEXOS E – PRANCHA PROJETO CAD



ANEXOS F – PRANCHA PROJETO BIM

