



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Marília Meister

Dimensionamento do Sistema de Abastecimento de Água e Metodologia BIM: Estudo de
Caso em Condomínio Residencial

Florianópolis
2026

Marília Meister

Dimensionamento do Sistema de Abastecimento de Água e Metodologia BIM: estudo de caso em condomínio residencial

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Dr. Guilherme Augusto de Matheucci e Silva Teixeira

Florianópolis

2026

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Meister, Marília

Dimensionamento do Sistema de Abastecimento de Água e
Metodologia BIM : estudo de caso em condomínio residencial
/ Marília Meister ; orientador, Guilherme Augusto de
Matheucci e Silva Teixeira, 2026.

136 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental,
Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

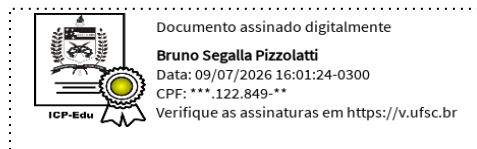
1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Compatibilização
de Projetos. 3. BIM. 4. Abastecimento de Água. I.
Teixeira, Guilherme Augusto de Matheucci e Silva. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Marília Meister

Dimensionamento do Sistema de Abastecimento de Água e Metodologia BIM: Estudo de Caso em Condomínio Residencial

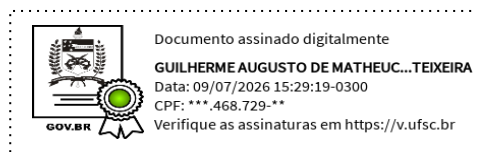
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheira Sanitarista e Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 06 de julho de 2026.



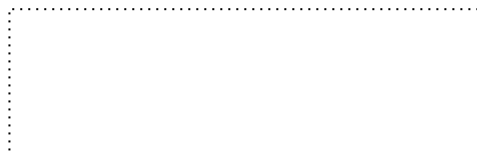
Coordenação do Curso

Banca examinadora

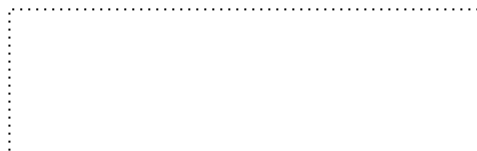


Dr. Guilherme Augusto de Matheucci e Silva Teixeira

Orientador(a)



Sheila Karoline Kusterko



Cláudio Yuri Brandão

Florianópolis, 2026.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde, pela força e por me permitir chegar até este momento, superando os desafios e alcançando os objetivos traçados ao longo da graduação.

Aos meus pais, Maria Helena e José Evando, expresso minha mais profunda gratidão por todo o amor, incentivo e apoio incondicional durante essa trajetória. Estendo esse agradecimento a toda a minha família, que sempre esteve presente, oferecendo suporte, confiança e motivação nos momentos mais importantes. Sem essa base familiar sólida, a concretização deste sonho não seria possível.

Aos meus amigos e amigas, de turma e de longa data, agradeço pela amizade, pelo companheirismo e por compartilharem comigo tantos momentos de aprendizado, desafios e conquistas ao longo desses anos.

Aos professores da Universidade Federal de Santa Catarina, pelos conhecimentos transmitidos e pela contribuição fundamental para minha formação acadêmica e profissional.

A todos que participaram direta ou indiretamente da realização deste trabalho, contribuindo para o seu desenvolvimento e enriquecendo meu aprendizado, deixo meu sincero agradecimento.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta etapa da minha vida e contribuíram, de alguma forma, para minha formação como Engenheira Sanitarista e Ambiental e como pessoa.

RESUMO

O abastecimento de água constitui um dos principais componentes da infraestrutura urbana, sendo fundamental para a promoção da saúde pública, do bem-estar e da qualidade de vida da população. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar a concepção, o dimensionamento hidráulico, a modelagem BIM e a compatibilização de uma rede de abastecimento de água para um condomínio residencial localizado no distrito de Arraial d'Ajuda, município de Porto Seguro, Bahia. A metodologia adotada compreendeu a análise das características físicas e urbanísticas do empreendimento, a estimativa da população de projeto e da demanda hídrica, o dimensionamento hidráulico da linha de derivação, reservatório, rede de distribuição e sistema de pressurização, com auxílio de planilha eletrônica. Posteriormente, a rede foi modelada em ambiente BIM utilizando o Autodesk Civil 3D e compatibilizada com os projetos de drenagem pluvial, esgotamento sanitário e terraplenagem por meio do *software Navisworks*. Os resultados indicaram uma população de projeto de 306 habitantes e vazão máxima horária de 0,956 L/s. A solução proposta contemplou uma rede de distribuição do tipo malhada, reservatório apoiado e sistema booster para garantir as pressões mínimas de operação. A modelagem tridimensional possibilitou a extração automática de materiais, totalizando aproximadamente 663 m de tubulações, 129 conexões e 14 acessórios hidráulicos. Quanto à compatibilização, não foram identificadas interferências entre os sistemas de abastecimento de água, drenagem pluvial e terraplenagem, enquanto foram detectados 13 conflitos entre a rede de abastecimento e o sistema de esgotamento sanitário, solucionados por meio de ajustes na profundidade de assentamento das tubulações. Conclui-se que a aplicação da metodologia BIM, associada aos softwares Civil 3D e *Navisworks*, contribuiu para o desenvolvimento do projeto, a obtenção de quantitativos consistentes, a identificação preventiva de interferências e a melhoria da coordenação entre disciplinas, demonstrando seu potencial para projetos de saneamento.

Palavras-chave: abastecimento de água; BIM; civil 3D; compatibilização de projetos; redes pressurizadas.

ABSTRACT

Water supply is one of the main components of urban infrastructure, being fundamental to promote public health, well-being and quality of life. In this context, the present work aimed to carry out the design, hydraulic sizing, BIM modeling and compatibility of a water supply network for a residential condominium located in the district of Arraial d'Ajuda, municipality of Porto Seguro, Bahia. The methodology adopted included the analysis of the physical and urban characteristics of the project, the estimate of the project population and water demand, the hydraulic sizing of the derivation line, reservoir, distribution network and pressurization system, with the aid of electronic spreadsheet. Subsequently, the network was modeled in a BIM environment using Autodesk Civil 3D and compatible with the projects of rain drainage, sanitary sewerage and earthworks by means of the software Navisworks. The results indicated a project population of 306 inhabitants and maximum hourly flow of 0.956 L/s. The proposed solution included a mesh type distribution network, supported reservoir and booster system to ensure minimum operating pressures. Three-dimensional modeling enabled the automatic extraction of materials, totaling approximately 663 m of pipes, 129 connections and 14 hydraulic accessories. As for the compatibility, no interference between water supply systems, storm drainage and earthmoving was identified, while 13 conflicts were detected between the supply network and the sanitary sewage system, solved by means of adjustments in the depth of installation of the pipes. It is concluded that the application of BIM methodology, associated with Civil 3D and Navisworks software, contributed to the development of the project, obtaining consistent quantitative results, preventive identification of interferences and improvement of coordination between disciplines, demonstrating its potential for sanitation projects.

Keywords: water supply; BIM; civil 3D; project compatibility; pressurized networks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de Rede Ramificada.	12
Figura 2 - Esquema de Rede Ramificada.	13
Figura 3 - Reservatório apoiado com poço de rebaixo.	14
Figura 4 - Configuração típica de uma estação de bombeamento.	15
Figura 5 - Traçado de rede do tipo perpendicular.	17
Figura 6 - Traçado de rede do tipo leque.	17
Figura 7 - Traçado de rede do tipo radial.	17
Figura 8 - Localização da rede de esgoto em planta.	18
Figura 9 - Localização do Distrito Arraial d'Ajuda e do empreendimento.	21
Figura 10 - Planta de Implantação	24
Figura 11 - Topografia e traçado preliminar da rede de abastecimento.	26
Figura 12 - Tubos PBS (esquerda) e PBA (direita).	30
Figura 13 - Linha de derivação (traçado preliminar).	36
Figura 14 - Conjunto motobomba com acoplamento direto.	42
Figura 15 - Ferramenta <i>Extract Solids from Surface</i>	44
Figura 16 - Geometria das vias - visualização tridimensional dos corredores.	45
Figura 17 - Ferramenta <i>Extract Corridor Solids</i>	45
Figura 18 - Posicionamento dos hidrômetros residenciais.	46
Figura 19 - Sistema de drenagem - visualização tridimensional dos sólidos.	47
Figura 20 - Sistema de esgotamento sanitário - visualização tridimensional dos sólidos.	47
Figura 21 - Tampletes Coutry Kit Brazil.	48
Figura 22 - Catálogos Rede Pressurizada - Country Kit Brasil.	49
Figura 23 - Rede Pressurizada - Conexões e Acessórios em Ferro Fundido.	49
Figura 24 - Rede Pressurizada - PVC.	50
Figura 25 - Pré Configurações - Lançamento das tubulações.	50
Figura 26 - Obtenção de tabelas automáticas.	52
Figura 27 - Definição das propriedades e atributos utilizados na tabela da rede pressurizada.	52
Figura 28 - Utilização da ferramenta <i>Copy to Clipboard</i>	53
Figura 29 - Representação esquemática preliminar do reservatório.	58
Figura 30 - Traçado preliminar - rede de distribuição.	60
Figura 31 - Sentido do fluxo EPANET.	61

Figura 32 - Planilha do cálculo hidráulico da Rede de Água.	63
Figura 33-Classe da bomba KSB Meganorm.	67
Figura 34 - CCS KSB Meganorm.	67
Figura 35 - Pré-seleção - Bombas SULZER	68
Figura 36 - Bombas SULZER.	68
Figura 37 - Linha de bombas VMS.	69
Figura 38 - Opções de conexões da base para bombas VMS.	70
Figura 39 - Modelo tridimensional da superfície em estilo wireframe.	77
Figura 40 - Modelo tridimensional da superfície em estilo conceitual.	77
Figura 41 - Modelo tridimensional do sólido 3D da superfície.	78
Figura 42 - Geometria das vias - visualização tridimensional dos sólidos.	78
Figura 43 - Sistema de abastecimento de água - visualização tridimensional.	79
Figura 44 - Modelagem do Reservatório.	80
Figura 45 - Modelagem Booster.	80
Figura 46 - Sistemas de drenagem, esgoto e água integrados.	83
Figura 47 - Sistemas de drenagem, esgoto, água e terraplenagem integrados.	83
Figura 48 - Clash Detective: Sistema de Água × Sistema de Drenagem.	85
Figura 49 - Clash Detective: Sistema de Água × Sistema de Esgoto.	86
Figura 50 - <i>Clash Detective</i> : Sistema de Água × Terraplenagem.	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Formatos de intercâmbio comuns em aplicações de AEC.	5
Quadro 2-Dimensões BIM.	7
Quadro 3-Níveis de desenvolvimento (LOD) BIM.	9
Quadro 4 - Níveis de Detalhamento BIM.....	10
Quadro 5-Normativas aplicáveis a projetos de Sistemas de Abastecimento de Água - SAS...	13
Quadro 6 - Etapas do cálculo hidráulico da rede de água.	62
Quadro 7-Registro das interferências detectadas pelo Clash Detective.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valor do coeficiente C sugerido para fórmula de Hazen-Wiliams para águas a 20°C, pouco incrustantes, pouco corrosivas.	31
Tabela 2 - Valores de k para cálculo de perda localizada (Peças Diversas).....	32
Tabela 3 - Valores de k para cálculo de perda localizada (Reduções Bruscas).....	32
Tabela 4 - Comprimentos Equivalentes (m). Para peças em Ferro Fundido.....	34
Tabela 5 - Comprimentos Equivalentes (m). Para peças em P.V.C.	34
Tabela 6 - Valores da pressão de vapor da água em m.c.a.	39
Tabela 7 - Estimativa da população de projeto.....	55
Tabela 8 - Vazões máxima diária, horária e de distribuição.	55
Tabela 9 - Perdas distribuída, localizada e total.	56
Tabela 10 - Pressões disponíveis no trecho de derivação.....	57
Tabela 11-Dados Curva Característica do Sistema – CCS.....	65
Tabela 12 - Comparação dos modelos de bombas.	69
Tabela 13 - Dados Curva Característica da Bomba – CCB.....	70
Tabela 14 - Dados da CCS e CCB.....	72
Tabela 15 - Dados CCS e CCB (ajustada).....	74
Tabela 16 - Potência do eixo antes e após ajuste de rotação.	76
Tabela 17 - Quantitativo	82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVO.....	3
1.1.1	Objetivo Geral.....	3
1.1.2	Objetivo Específico	3
2	REVISÃO TEÓRICA.....	3
2.1	BIM	3
2.1.1	Características Bim.....	4
2.1.1.1	Modelagem Paramétrica	4
2.1.1.2	Levantamento de Insumos	4
2.1.1.3	Interoperabilidade	4
2.1.1.4	Simulação	5
2.1.2	Dimensões BIM	5
2.1.3	Níveis de Desenvolvimento	8
2.1.4	Limitações	11
2.2	PROJETOS	11
2.2.1	Terraplenagem	11
2.2.2	Sistema de Abastecimento de Água.....	12
2.2.2.1	Reservação.....	13
2.2.2.2	Sistema de Pressurização	14
2.2.3	Sistema de Esgoto Sanitário	16
2.2.4	Drenagem.....	18
2.3	SOFTWARES	19
2.3.1	Civil-3D - Modelagem Gráfica.....	19
2.3.2	Navisworks – Verificação de Incompatibilidades	19
3	METODOLOGIA.....	20
3.1	ÁREA DE ESTUDO E LOCALIZAÇÃO DO EMPRENDIMENTO	20
3.1.1	Implantação e características.....	22
3.2	COLETA DE DADOS.....	25
3.2.1	População de projeto	27
3.2.2	Vazões de Projeto	27
3.3	CRITÉRIOS E PARÂMETROS.....	29
3.3.1	Material das tubulações.....	29
3.3.2	Diâmetro	30

3.3.3	Perda de Carga.....	30
3.3.4	Velocidade.....	35
3.3.5	Pressão disponível	35
3.4	DIMENSIONAMENTO	36
3.4.1	Linha de Derivação	36
3.4.2	Reservatório.....	36
3.4.3	Rede de Distribuição	37
3.4.4	Booster	38
3.4.4.1	Curva Característica do Sistema - CCS.....	38
3.4.4.2	NPSH Disponível e Requerido	38
3.4.4.3	Pré-Seleção – Booster	40
3.4.4.4	Curva Característica da Bomba - CCB.....	40
3.4.4.5	Ponto de Funcionamento.....	41
3.4.4.6	Potências	41
3.4.4.7	Ajuste de Rotação	42
3.5	MODELAGEM GRÁFICA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ...	43
3.5.1	Dados de Entrada.....	43
3.5.1.1	Topografia	43
3.5.1.2	Geometria	44
3.5.1.3	Projeto Urbanístico	45
3.5.1.4	Projetos de Drenagem e Esgotamento Sanitário	46
3.5.2	Lançamento da Rede de Abastecimento	47
3.5.2.1	Bibliotecas utilizadas.....	48
3.5.2.2	Tubulações e Dispositivos	50
3.5.2.3	Reservatórios e booster	51
3.5.3	Extração de Dados do Modelo	51
3.5.3.1	Listagem de materiais.....	51
3.5.3.2	Quantitativos	53
3.6	COMPATIBILIZAÇÃO	53
3.6.1	Integração dos modelos	53
3.6.2	Deteção de interferências.....	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	COLETA DE DADOS.....	55
4.1.1	População de projeto	55

4.1.2	Vazões de Projeto	55
4.2	DIMENSIONAMENTO	55
4.2.1	Linha de Derivação – LD	55
4.2.2	Reservatório.....	57
4.2.3	Rede de Distribuição	59
4.2.4	Booster	64
4.2.4.1	Curva Característica do Sistema - CCS.....	65
4.2.4.2	NPSH Disponível e Requerido	66
4.2.4.3	Pré-Seleção – Booster	66
4.2.4.4	Curva Característica da Bomba - CCB.....	70
4.2.4.5	Ponto de Funcionamento.....	72
4.2.4.6	Potências	73
4.2.4.7	Ajuste de Rotação	74
4.3	MODELAGEM.....	76
4.3.1	Dados de Entrada.....	76
4.3.2	Lançamento da Rede de Abastecimento	79
4.3.3	Extração de Dados do Modelo	81
4.4	COMPATIBILIZAÇÃO	83
4.4.1	Integração dos modelos	83
4.4.2	Deteção de interferências.....	85
4.4.2.1	TESTE 1: Sistema de Abastecimento de Água x Sistema de Drenagem Pluvial.....	85
4.4.2.2	TESTE 2: Sistema de Abastecimento de Água x sistema de Esgotamento Sanitário	85
4.4.2.3	TESTE 3: Sistema de Abastecimento de Água x Terraplenagem	86
5	CONCLUSÃO.....	90
	REFERÊNCIAS.....	92
	ANEXO A – KSB MEGANORM.....	101
	ANEXO B – VMS 06	102
	ANEXO C – VMS 15.....	104
	ANEXO D – VMS 02.....	106
	ANEXO E – VMS 25	108
	ANEXO F – VMS 10	110
	ANEXO G– PONTOS DA CURVA CARACTERÍSTICA - VMS 15	112

APÊNDICE A – PERDAS LOCALIZADAS LINHA DE DERVAÇÃO	113
APÊNDICE B – PERDAS LOCALIZADAS REDE DE DISTRIBUIÇÃO	115
APÊNDICE C– LISTA DE MATERIAIS – REDE PRESSURIZADA	117
APÊNDICE D – LISTA DE MATERIAIS - CONEXÕES	121
APÊNDICE E – LISTA DE MATERIAIS – ACESSÓRIOS	123

1 INTRODUÇÃO

A ocupação urbana pela disseminação condominial é uma realidade nos espaços urbanos brasileiros (SILVA *et al.*, 2024). Nesse sentido, torna-se evidente a importância de um bom planejamento da infraestrutura dessas áreas. Vale-se ressaltar que projetos arquitetônicos, instalações elétricas e hidro sanitárias são essenciais e, mesmo estando alocados em disciplinas diferentes, precisam estar devidamente compatibilizados. (BÔLA *et al.*, 2024).

Considerando a multidisciplinariedade e o envolvimento de diversos profissionais durante a concepção do empreendimento, não é incomum a ocorrência de erros de compatibilização que se refletem no canteiro de obras. A compatibilização é uma atividade de integração das diferentes disciplinas, que permitem minimizar o retrabalho e eliminar as interferências, proporcionando, consequentemente, um padrão de controle e qualidade (BÔLA *et al.*, 2024). A adoção, por parte dos profissionais e empresas, de uma metodologia que permita o compartilhamento de informações claras é importante para auxiliar na resolução dessa problemática.

A Modelagem da Informação da Construção, ou *Building Information Modelling* (BIM) pode ser considerada um marco no setor da construção civil, apresentando crescimento significativo em sua adoção em nível global (OTRANTO *et al.*, 2024). De acordo com Gonçalves *et al.* (2024), o BIM pode ser entendido como um novo conceito que permite a integração de projetos, execução e gerenciamento de forma colaborativa, agregando informações referentes a todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a concepção até a manutenção.

Nesse contexto, observa-se a crescente migração para a metodologia BIM em diversos países, bem como uma recente mudança e busca pela adoção da ferramenta no Brasil. Strieder *et al.* (2022) mencionaram que a porcentagem de pelo menos metade dos projetos de infraestrutura que utilizam BIM expandiu de 20% em 2015 para 52% em 2017 nas organizações do Reino Unido, França e Alemanha. Da mesma forma, Wong *et al.* (2010) abordaram sobre o crescimento da utilização do BIM em países como EUA, Finlândia, Noruega, Dinamarca, Cingapura e Hong Kong. Nesses locais, há um grande incentivo governamental, como a GSA (*General Services Administration*), dos Estados Unidos, que implementou em 2003 o programa nacional de BIM 3D-4D, que tornou a sua aplicação obrigatória nos novos edifícios públicos a partir de 2006 (WONG *et al.*, 2010). Outro exemplo é a Estratégia de Construção do Governo do Reino Unido, lançada em 2011, que estabeleceu a obrigatoriedade do BIM em obras públicas e privadas. Nesse caso, qualquer empresa interessada em contratos governamentais passou a ser obrigada a usar a metodologia (STRIEDER *et al.*, 2022).

No Brasil, já existem iniciativas que seguem na mesma direção, como a aprovação do Decreto n.º 10.306/2020, que institui a utilização do BIM na contratação de obras públicas (MELLO *et al.*, 2022). O Departamento de Infraestrutura e Transportes (DNIT) também definiu a implementação do BIM como um objetivo estratégico desde agosto de 2017 (WONG *et al.*, 2010). Além disso, destaca-se a criação da rede BIM GOV SUL, uma parceria entre os estados da região Sul, a qual impulsionou a criação, em 2015, do Laboratório BIM de Santa Catarina (LaBIM-SC), considerado o primeiro do Brasil (SIE, 2022). Nesse sentido, tanto Strieder *et al.* (2022) quanto Wong *et al.* (2010), ressaltam que, para implementação eficaz do BIM em um país, os setores público e privado precisam trabalhar de forma colaborativa.

Apesar da metodologia mencionada apresentar vários benefícios, ainda há resistência por parte das empresas. Segundo Mendes (2025), essa resistência está relacionada a desafios técnicos, que implicam na adoção de novas ferramentas; barreiras organizacionais e culturais; e ao investimento em implementação e capacitação dos profissionais. Assim, para implantação nas organizações, é necessário o entendimento da importância das 3 fases: tecnologia, processos e políticas (DNIT, 2024), portanto, entendendo que a implementação não ocorre de maneira imediata, mas sim gradualmente (GÓES, 2020).

Nesse contexto, apesar dos incentivos e normativas ainda estarem majoritariamente direcionados ao setor público, entende-se que essas iniciativas contribuem para a criação de um ambiente favorável à adaptação das empresas privadas às novas demandas tecnológicas, ampliando sua competitividade no mercado (BRASIL, 2018).

Considerando a problemática da compatibilização e o movimento recente de migração para a nova metodologia de trabalho, desenvolveu-se o presente objeto de estudo utilizando o BIM com foco na compatibilização do Sistema de Abastecimento de Água dimensionado em relação aos demais projetos já concebidos (terraplenagem, rede de esgoto e drenagem).

A compatibilização foi feita a partir de um estudo de caso, realizado em um sistema habitacional de pequeno porte, com área aproximada de 19.986 m², na região de Arraial d'Ajuda em Porto Seguro – BA.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é dimensionar a rede de abastecimento de água de um condomínio e, posteriormente, aplicar a metodologia BIM na compatibilização com os projetos de terraplenagem, esgoto e drenagem, visando identificar interferências e contribuir para o planejamento do empreendimento.

1.1.2 Objetivo Específico

- Dimensionar a rede de água por meio de planilha de cálculo do *Microsoft Office Excel*.
- Desenvolver a modelagem gráfica da rede de água no Civil3D.
- Verificar a compatibilização com as disciplinas de terraplenagem, esgoto e drenagem, através do software Navisworks.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 BIM

Atualmente, existem diversos conceitos para definir a Modelagem da Informação da Construção (BIM), os quais convergem para a ideia de transformação digital no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), contribuindo para o aprimoramento da qualidade, bem como para uma gestão mais eficiente de custos e prazos em projetos e obras.

Segundo a AUTODESK (2026), a Modelagem da Informação da Construção (BIM) é uma metodologia aplicada ao projeto, à execução e à gestão de edificações e infraestruturas, baseada em modelos tridimensionais integrados e inteligentes. Diferentemente do CAD tradicional, o BIM incorpora informações detalhadas sobre os elementos do projeto.

Complementando a definição apresentada, o professor Chuck Eastman, do Instituto de Tecnologia da Geórgia e um dos precursores da tecnologia CAD, afirma que “BIM não é uma coisa ou um tipo de software, mas uma atividade humana que envolve mudanças de processos na indústria da construção” (EASTMAN, 2014, p.281). Dessa forma, o BIM estimula a atuação colaborativa entre os diferentes agentes do empreendimento desde as fases iniciais do projeto, promovendo a reorganização dos fluxos de trabalho e evidenciando que sua principal contribuição reside na transformação dos processos e da cultura organizacional da construção civil.

As definições apresentadas anteriormente indicam, segundo Rocha (2025), que a modelagem paramétrica, o levantamento de insumos, a interoperabilidade e a possibilidade de realização de simulações constituem características fundamentais associadas ao BIM. Assim, para que um software seja caracterizado como uma solução BIM, é necessário que apresente recursos capazes de contemplar essas funcionalidades.

2.1.1 Características Bim

2.1.1.1 Modelagem Paramétrica

Segundo Eastman *et al.* (2014), a modelagem paramétrica está relacionada à possibilidade de associar atributos e regras editáveis aos componentes do modelo. Esses componentes/objetos possuem a capacidade de receber e exportar conjuntos de informações para outras aplicações e modelos, o que contribui para a agilização do desenvolvimento dos projetos. Ademais, a alteração das regras paramétricas de um objeto resulta na atualização automática de suas geometrias em todas as vistas do modelo. Tais informações podem incluir dados técnicos, tipos de materiais, sistemas construtivos, dimensões estruturais, entre outros atributos relevantes para o processo de projeto.

2.1.1.2 Levantamento de Insumos

Manzione (2013) destaca que uma das vantagens dos modelos BIM está na atualização automática dos cálculos de quantitativos à medida que modificações são realizadas no projeto. Segundo o autor, esse recurso minimiza a ocorrência de erros orçamentários associados à quantificação de materiais e permite que os quantitativos sejam extraídos automaticamente com base na versão mais atualizada do modelo.

2.1.1.3 Interoperabilidade

De acordo com Eastman *et al.* (2014), a interoperabilidade refere-se à capacidade de diferentes sistemas trocarem e utilizarem informações de maneira estruturada, por meio de formatos de intercâmbio entre tipos de arquivos, como o DXF (*Drawing Exchange Format*) e o IFC (*Industry Foundation Classes*).

A promoção da interoperabilidade torna-se crucial, sobretudo em projetos que envolvem grandes equipes, seja dentro de uma mesma organização ou entre empresas distintas. Isso porque garantir a compatibilidade entre diferentes sistemas é, em muitos casos, mais viável do que centralizar todos os profissionais em uma única plataforma (EASTMAN, 2014). Essa

característica possibilita que especialistas de diferentes disciplinas atuem de forma integrada em um mesmo empreendimento, favorecendo a colaboração e a eficiência no desenvolvimento do projeto (MANZIONE, 2013).

O Quadro 1 apresenta um resumo dos formatos de intercâmbio mais comuns na área da AEC.

Quadro 1 - Formatos de intercâmbio comuns em aplicações de AEC.

FORMATOS	DESCRIÇÃO
IMAGENS (MATRICIAL): JPG, GIF, TIF, BMP, PIC, PNG, RAW, TGA, RLE	Formatos matriciais variam em termos de compactidade, número de cores possíveis por pixel; alguns comprimem com alguma perda de dados.
VETORIAIS 2D: DXF, DWG, AI, CGM, EMF, IGS, WMF, DGN	Formatos vetoriais variam com compactidade, controle de espessura e padrões de linha, cor, camadas e tipos de curvas suportadas.
INTERCÂMBIO DE OBJETOS 3D: STP, EXP, CIS/2	Formatos de modelo de dados de produtos representam a geometria de acordo com tipos 2D ou 3D reassentados. Eles também carregam propriedades de objetos e relações de objetos.
JOGOS: RWQ, X, GOF, FACT	Os formatos de arquivos de jogos variam de acordo com os tipos de superfícies, se eles possuem uma estrutura hierárquica, tipos de propriedades de materiais, parâmetros de mapas de textura e de relevo, animação e <i>skinning</i>
XLM: AecXML, Obix, AEX, bcXML, AGCxml	Esquemas XML desenvolvidos para intercâmbio de dados da construção. Eles variam conforme a informação intercambiada e os fluxos de trabalho suportados.

Fonte: Adaptado, Eastman *et al.* (2014).

2.1.1.4 Simulação

A possibilidade de realizar simulações amplia a capacidade de análise e planejamento do empreendimento. Ao permitir a visualização da sequência construtiva e a antecipação de cenários, o BIM contribui para maior assertividade na tomada de decisões, otimização do fluxo operacional e redução dos prazos de execução da obra (Bataglin *et al.*, 2016).

2.1.2 Dimensões BIM

A tecnologia BIM é compreendida por diferentes autores a partir de abordagens dimensionais distintas. De acordo com o DNIT (2024), as definições das dimensões do BIM (3D, 4D, 5D, entre outras) não são uniformes entre os autores, especialmente a partir da dimensão 6D.

Segundo Arnal (2018), a Teoria das 10 Dimensões do BIM engloba meios e abordagens que auxiliam na compreensão do processo construtivo, baseando-se na modelagem tridimensional integrada a bancos de dados, o que viabiliza práticas de trabalho colaborativas. Por outro lado, Araújo (2022) ressalta que ainda não há uma formalização consolidada dos

padrões dimensionais do BIM, destacando que, em âmbito mundial, as dimensões 4D e 5D são amplamente consensuais por apresentarem aplicações práticas e tangíveis, configurando-se como uma premissa básica para qualquer projeto. Dessa forma, o autor argumenta que essas dimensões são suficientes, enquanto as demais podem ser compreendidas como aprimoramentos do processo, e não necessariamente como novas dimensões do BIM.

Nesse contexto, as dimensões do BIM podem ser resumidamente caracterizadas conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2-Dimensões BIM.

3D - FORMA	4D - TEMPO	5D - ORÇAMENTO	6D - SUSTENTABILIDADE
A terceira dimensão corresponde à modelagem tridimensional digital, integrando informações gráficas e não gráficas para representar o empreendimento e identificar interferências ainda na fase de projeto, reduzindo erros e retrabalhos (SACKS <i>et al.</i> , 2021).	A quarta dimensão está associada ao planejamento temporal do empreendimento, integrando o modelo tridimensional ao cronograma da obra. Segundo Sacks <i>et al.</i> (2021), o BIM 4D permite simular processos construtivos e fluxos de trabalho ao longo da execução do projeto.	A quinta dimensão está relacionada à estimativa e ao controle de custos do empreendimento. Segundo Miranda e Salvi (2019), o BIM 5D incorpora informações orçamentárias ao modelo digital, proporcionando maior precisão no planejamento financeiro da obra.	A sexta dimensão está relacionada à sustentabilidade do empreendimento. Segundo Miranda e Salvi (2019) o BIM 6D permite avaliar o desempenho ambiental da edificação; incluindo consumo energético; iluminação natural; ventilação e estimativas de emissões e resíduos gerados.
7D - OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	8D - SEGURANÇA	9D - PRODUÇÃO ENXUTA	10D - CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL
A sétima dimensão está relacionada à fase de operação e manutenção do empreendimento. Segundo o DNIT (2023), o BIM 7D auxilia na gestão do ciclo de vida da edificação, reunindo informações como: manuais de operação e manutenção; especificações técnicas; prazos e informações de garantia; contatos e demais dados relevantes para a gestão das instalações.	A oitava dimensão refere-se à segurança do trabalho. Segundo o DNIT (2023), o BIM 8D permite identificar e prever riscos nos processos construtivos, auxiliando no planejamento da segurança, na estimativa de equipes e na definição de EPIs e EPCs necessários para a obra.	A nona dimensão está relacionada à produção enxuta e ao monitoramento da obra. Segundo Arnal (2018), o BIM 9D auxilia na redução de desperdícios e no acompanhamento da execução da obra, podendo utilizar drones e câmeras para monitoramento do progresso construtivo.	A décima dimensão do BIM refere-se à construção industrializada (DNIT, 2023). Segundo Mello <i>et al.</i> (2022), essa dimensão pode ser compreendida como a transformação do canteiro de obras em uma linha de montagem, o que exige projetos com maior nível de detalhamento em comparação aos adotados em métodos construtivos convencionais.

Fonte: Elaborado pela autora, com base em Sacks et al. (2021), Miranda e Salvi (2019), DNIT (2023), Amaral (2018) e Mello et al. (2022).

Diante das definições apresentadas, compreende-se que as dimensões do BIM não constituem uma linha sucessória de atividades, mas sim uma classificação de processos paralelos que devem ser desenvolvidos de forma integrada (SUCCAR, 2009). Conforme destacado anteriormente, a ampliação das classificações para além da 5D pode contribuir para tornar a compreensão do BIM mais complexa; portanto, as dimensões superiores à 5D podem ser entendidas como aprimoramentos e especializações de processos já existentes (CHAREF *et al.*, 2018).

2.1.3 Níveis de Desenvolvimento

Em processos BIM, o compartilhamento eficiente de informações está diretamente relacionado à definição clara dos requisitos de informação entre os participantes do projeto (ISO 19650-1, 2018 *apud* NUNES *et al.*, 2021). Nesse contexto, o Instituto Americano de Arquitetos (AIA) introduziu o conceito de *Level of Development* (LOD), com o objetivo de padronizar o nível de detalhamento e informação esperado para os elementos do modelo ao longo das diferentes fases do projeto (PATEL, 2026).

Segundo Patel (2026), essa classificação é composta por seis níveis, variando de LOD 100 a LOD 500, nos quais os elementos evoluem de representações conceituais e genéricas para modelos altamente detalhados e compatíveis com a construção, operação e manutenção do empreendimento. À medida que o LOD aumenta, também cresce o nível de precisão geométrica, a quantidade de informações associadas aos elementos e a confiabilidade dos dados para suporte à tomada de decisão, execução da obra e gestão do ativo.

O Quadro 3 mostra uma definição dos níveis de LOD mencionados.

Quadro 3-Níveis de desenvolvimento (LOD) BIM.

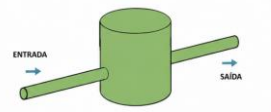
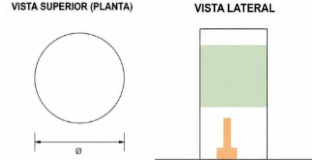
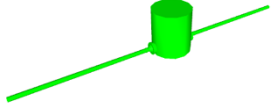
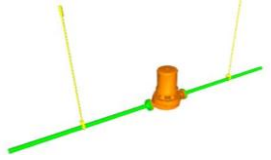
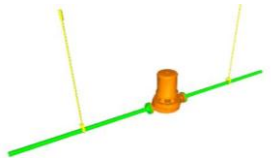
DESCRIÇÃO	
LOD 100	<i>Pre-design</i> (Croqui). Um elemento do LOD 100 não contém características como dimensões, forma e localização exatas (espaços reservados genéricos sem informações físicas).
LOD 200	<i>Schematic Design</i> (Desenho Esquemático). Os elementos do LOD 200 já contém informações aproximadas de dimensões, forma e localização.
LOD 300	<i>Design Development</i> (Desenvolvimento do Projeto). As representações gráficas dos elementos do LOD 300 são similares às do LOD 200, mas sua geometria e características físicas são consideradas precisas neste estágio. Em outras palavras, as informações aqui podem ser usadas na fase de execução.
LOD 350	<i>Construction Documentation</i> (Documentação de Construção). Os elementos do LOD 350 têm a mesma informação do LOD 300. A diferença é que eles possuem interfaces com outros componentes. Um modelo LOD 350 indica como o componente será instalado e como ele interage com outros sistemas.
LOD 400	<i>Construction</i> (Construção). Os elementos LOD 400 incluem detalhes concernentes à fabricação, montagem e instalação. Esses detalhes podem ser utilizados pelos fornecedores para fabricarem os componentes.
LOD 500	<i>As-Built</i> . Os elementos do LOD 500 são verificados em campo em termos de tamanho, forma, quantidade, localização e orientação. Gerentes de instalações podem utilizar esses elementos como referência para a operação e manutenção

Fonte: AIA (2013) *apud* Nunes *et al.* (2021).

Outras referências amplamente utilizadas para a definição dos níveis de desenvolvimento de modelos BIM são os documentos publicados pelo *BIMForum*. Trata-se de uma organização sem fins lucrativos que reúne profissionais e instituições dos setores de arquitetura, engenharia, construção e operação, atuando na disseminação de boas práticas e no desenvolvimento de documentos de referência para a implementação da metodologia BIM (BIM FORUM, 2024).

O Quadro 4 apresenta exemplos de componentes genéricos dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, ilustrando sua representação em diferentes níveis de desenvolvimento conforme os materiais do *BIMForum* (2024).

Quadro 4 - Níveis de Detalhamento BIM.

ID	DESCRIÇÃO	REPRESENTAÇÃO	
		EQUIPAMENTO DE ÁGUA DOMÉSTICA	EQUIPAMENTOS DE ESGOTO SANITÁRIO
LOD100	-Elementos diagramáticos ou esquemáticos.		
LOD200	-Tamanho aproximado, forma e localização.		
LOD300	-Dimensões, forma e localização definidas em projeto; -Folgas para ancoragens, suportes e controle de vibrações; -Requisitos normativos de acesso e manutenção.		
LOD350	-Dimensões, formatos, espaçamento e localização/conexões reais -Dimensões, formatos, espaçamentos e folgas reais necessários para todas as ancoragens, suportes, controle de vibração especificados -Requisitos reais de acesso/folgas de acordo com as normas modelados.		
LOD400	-Componentes suplementares necessários para fabricação e instalação em campo.		

Fonte: Adaptado, *BIMForum* (2024)

2.1.4 Limitações

Embora o BIM apresente benefícios relacionados à integração de informações e melhoria da gestão de projetos, sua implementação ainda possui limitações. Entre os principais desafios estão a dificuldade de criação de modelos precisos, devido às alterações realizadas ao longo do tempo e à complexidade na conversão de dados em modelos mais estruturados. Além disso, a falta de uma organização adequada dos dados pode comprometer o uso das informações ao longo do ciclo de vida do empreendimento (CAVALLI, 2025).

A aplicação do BIM também exige profissionais capacitados e mudanças nos processos organizacionais, visto que a colaboração entre diferentes agentes depende de maior integração e definição de responsabilidades. Somam-se a isso limitações tecnológicas, como a necessidade de maior capacidade computacional para processamento de grandes volumes de informações. Dessa forma, apesar do potencial da metodologia, sua adoção depende da superação de barreiras técnicas, organizacionais e tecnológicas (ALMEIDA, 2023).

2.2 PROJETOS

2.2.1 Terraplenagem

Os projetos de terraplenagem consistem em um conjunto de intervenções de engenharia realizadas para modificar o relevo natural. Essas operações podem envolver escavação, retirada, movimentação e compactação de terra ou rocha, com objetivo de adequar a superfície para o projeto (PEDREIRA, 2017).

Considerando que estes projetos dependem de documentos de referência, como o levantamento topográfico, a investigação geotécnica do terreno e o projeto arquitetônico de implantação. Esses elementos fornecem informações fundamentais, como cotas, nivelamento e configuração geométrica da área, servindo de base para a elaboração dos projetos de abastecimento de água, drenagem pluvial e coleta de esgoto.

Segundo as Normas Brasileiras NBR 11682 (ABNT, 2009) e a NBR 5681 (ABNT, 2015), os projetos de terraplenagem devem fornecer estabilidade geotécnica. Para isso, devem ser executadas investigações geotécnicas por meio de sondagem do tipo SPT conforme NBR 6484 (ABNT, 2020), entre outros ensaios como: Limite de liquidez NBR 6459 (ABNT, 2025a); Limite de Plasticidade NBR 7180 (ABNT, 2025b); Análise granulométrica NBR 7181 (ABNT, 2025c); Ensaios de compactação NBR 7182 (ABNT, 2025d); entre outros.

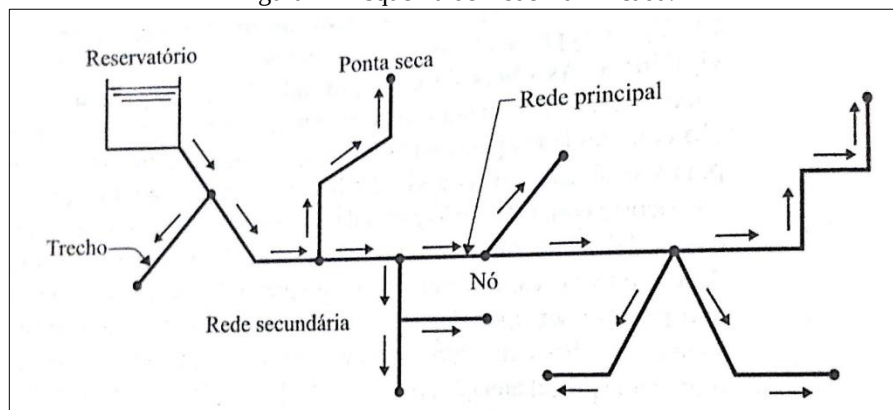
Nesse contexto, a terraplenagem assume papel estruturante, uma vez que promove a adequação do terreno às condições de projeto, garantindo suporte técnico para a execução da pavimentação e para a implantação das redes de infraestrutura.

2.2.2 Sistema de Abastecimento de Água

O sistema de abastecimento é composto por tubulações, componentes e acessórios destinados a fornecer água potável aos consumidores, conforme definido na NBR 12218 (ABNT, 2017). O fornecimento deve ser contínuo e atender aos requisitos de vazão e pressão estabelecidos em norma. Essas redes são formadas por tubulações principais, responsáveis por alimentar as tubulações secundárias, que, por sua vez, conduzem a água até os pontos de consumo.

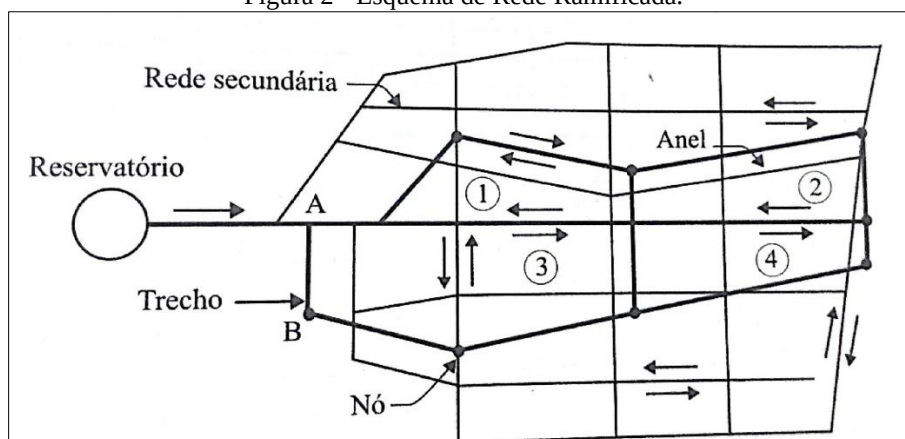
Segundo Tsutiya (2006), as redes de abastecimento podem ser classificadas em ramificadas ou malhadas. As redes ramificadas possuem uma tubulação tronco que alimenta condutos secundários, com sentido de vazão definido. Já as redes malhadas são formadas por tubulações interligadas em anéis, permitindo o abastecimento por mais de um caminho. As Figura 1 e Figura 2 mostram uma representação esquemática das redes mencionadas.

Figura 1 - Esquema de Rede Ramificada.



Fonte: Tsutiya (2006).

Figura 2 - Esquema de Rede Ramificada.



Fonte: Tsutiya (2006).

Como instrumento técnico para elaboração de projetos de sistemas de abastecimento de água, destacam-se as normas apresentados no Quadro 5.

Quadro 5-Normativas aplicáveis a projetos de Sistemas de Abastecimento de Água - SAS.

NORMA	DESCRIÇÃO
ABNT NBR 12211:1992	Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.
ABNT NBR 12212:2017	Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea.
ABNT NBR 12213:1992	Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.
ABNT NBR 12214:2020	Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água.
ABNT NBR 12215-1:2017	Projeto de adutora de água; Parte 1: Conduto forçado.
ABNT NBR 12215-1:2017	Projeto de adutora de água; Parte 1: Conduto forçado.
ABNT NBR 12216:1992	Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento.
ABNT NBR 12217:1994	Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.
ABNT NBR 12218:2017	Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.

Fonte: ABNT (2026).

2.2.2.1 Reservação

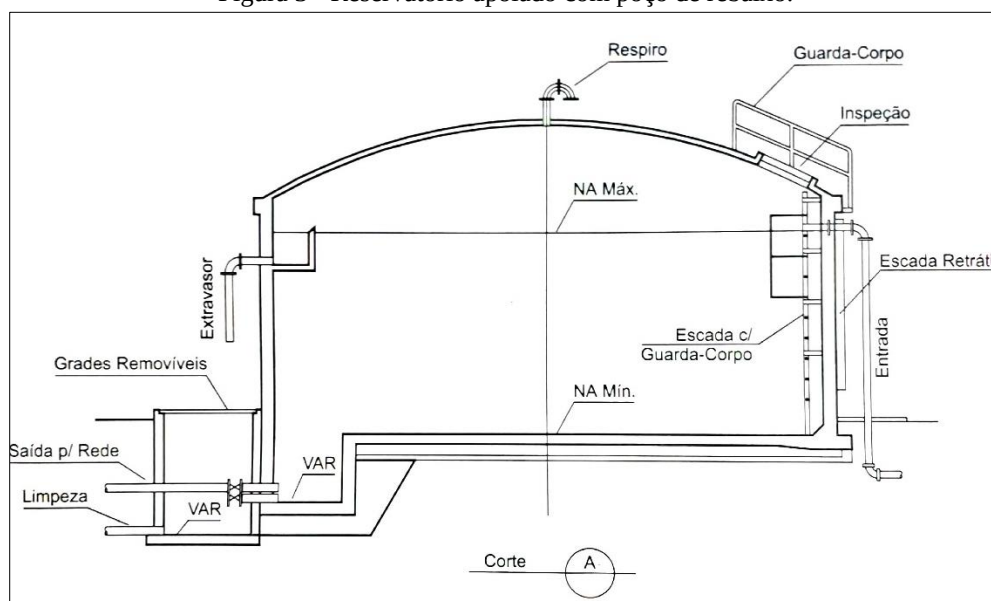
A reservação é uma etapa essencial nos sistemas de abastecimento de água, pois permite regularizar as variações entre as vazões de produção e consumo, garantindo continuidade e segurança ao fornecimento. Além disso, os reservatórios possuem volumes destinados ao equilíbrio operacional e ao atendimento de situações emergenciais (TSUTIYA, 2006).

Sob a perspectiva estrutural, os reservatórios são unidades destinadas ao armazenamento de líquidos, geralmente construídas em concreto armado e projetadas nas geometrias cilíndrica ou retangular. Quanto à sua implantação em relação ao nível do terreno, podem ser classificados como elevados, enterrados, semienterrados ou apoiados, sendo este

último amplamente empregado em sistemas de abastecimento de água devido à sua simplicidade construtiva e operacional (TEIXEIRA, 2019).

Neste estudo, adotou-se a configuração de um reservatório apoiado dotado de poço de rebaixo. Conforme Tsutiya (2006), e ilustrado na Figura 3, o poço de rebaixo consiste em uma depressão localizada no fundo do reservatório, na região da tubulação de sucção ou de saída, cuja finalidade é reduzir o volume morto e maximizar o aproveitamento do volume armazenado. A aplicação dessa solução é recorrente em projetos de saneamento, como na proposta técnica elaborada pela Águas da Condessa S.A. para a concessão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Paraíba do Sul (RJ), na qual a implantação do poço de rebaixo é prevista justamente a fazer o máximo aproveitamento do volume do reservatório (RIO DE JANEIRO, 2021).

Figura 3 - Reservatório apoiado com poço de rebaixo.



Fonte: Tsutiya (2006).

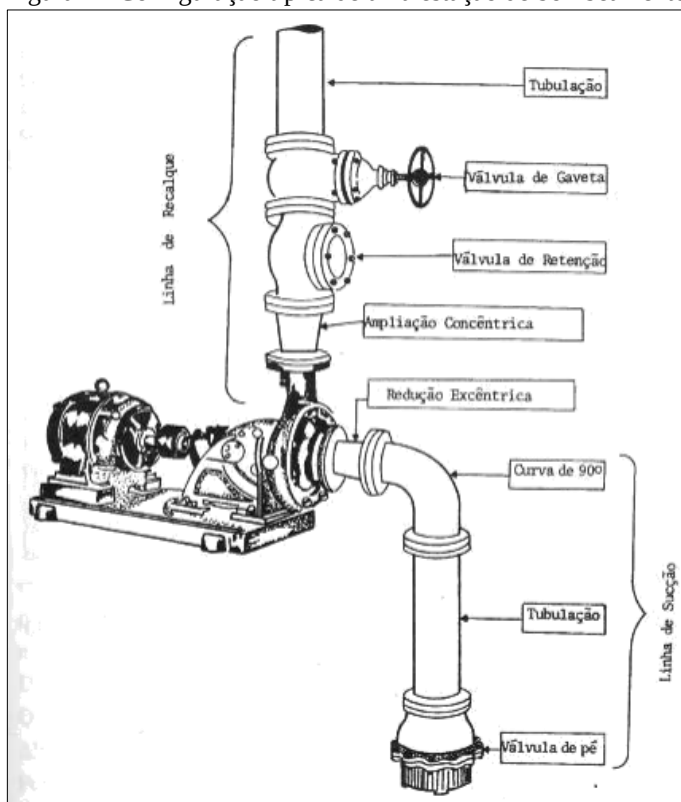
2.2.2.2 Sistema de Pressurização

Os sistemas de pressurização são empregados nos sistemas de abastecimento de água com o objetivo de fornecer energia ao escoamento, garantindo que a água alcance as unidades de distribuição em condições adequadas de vazão e pressão (AZEVEDO NETTO, 1998). Quando a topografia do terreno ou as perdas de carga do sistema impossibilitam o transporte por gravidade, utilizam-se estações elevatórias compostas por conjuntos de bombeamento, responsáveis por elevar a carga hidráulica necessária ao funcionamento do sistema. O correto dimensionamento desses equipamentos é fundamental para assegurar eficiência energética, confiabilidade operacional e atendimento adequado aos usuários (GOMES; SILVA, 2006).

Nesse contexto, as bombas centrífugas são equipamentos utilizados para fornecer energia ao escoamento, permitindo o deslocamento do fluido no sistema. Seu desempenho é caracterizado por relações entre vazão, altura manométrica e rendimento, representadas pelas curvas características da bomba. A eficiência do equipamento varia conforme as condições de operação, sendo o ponto de melhor rendimento associado à condição em que a bomba apresenta maior aproveitamento energético (KURITZA et al., 2017).

A configuração típica de uma estação de bombeamento está apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Configuração típica de uma estação de bombeamento.



Fonte: TOLENTINO, 2023.

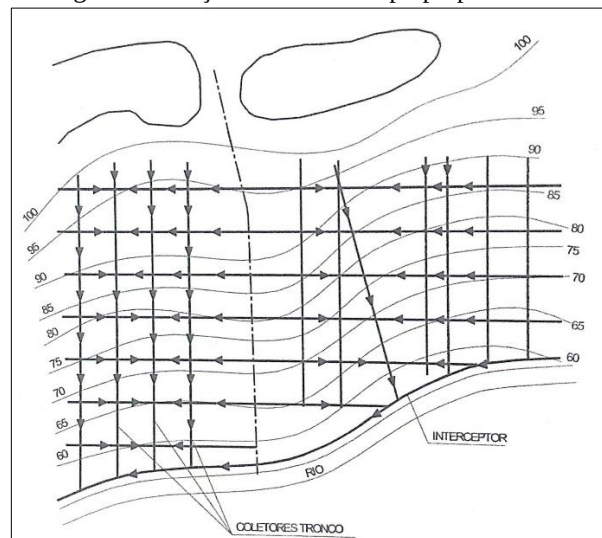
Em sistemas de bombeamento, a tubulação localizada antes da bomba é denominada linha de sucção, enquanto a tubulação após a bomba corresponde à linha de recalque. A sucção é composta geralmente por válvula de pé com crivo, responsável por manter a bomba escorvada e evitar a entrada de impurezas, além de curvas e redução excêntrica, que auxiliam na condução do fluido e evitam a formação de bolsas de ar na entrada da bomba. Já a linha de recalque possui componentes como ampliação concêntrica, válvula de retenção e válvula de gaveta, responsáveis pelo ajuste do diâmetro, prevenção do refluxo do fluido e controle das condições de operação e manutenção do sistema (TOLENTINO, 2023).

2.2.3 Sistema de Esgoto Sanitário

Segundo Tsutiya (2011), o sistema de esgotamento sanitário utilizado no Brasil é o separador absoluto, caracterizado pela condução das águas residuárias e de infiltração por uma rede exclusiva de esgoto sanitário. Em função das condições topográficas da área atendida, essas redes podem ser implantadas em diferentes configurações, sendo os traçados perpendicular, em leque e radial os mais frequentemente empregados.

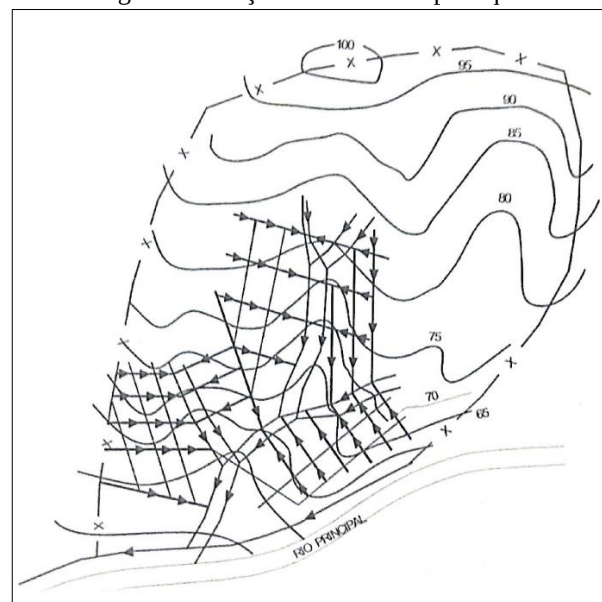
Entre as configurações mencionadas, o traçado perpendicular é empregado principalmente em áreas próximas a cursos d'água, sendo constituído por coletores-tronco independentes dispostos aproximadamente de forma perpendicular ao corpo hídrico (Figura 5). O traçado em leque é mais adequado para terrenos acidentados, nos quais os coletores-tronco são implantados nas porções mais baixas da bacia e recebem as contribuições dos coletores secundários, formando uma configuração semelhante a um leque ou a uma espinha de peixe (Figura 6). Por sua vez, a rede radial é geralmente aplicada em terrenos mais planos, especialmente em áreas urbanas setorizadas, onde os esgotos são conduzidos por gravidade até pontos baixos previamente definidos e, posteriormente, recalcados ao destino final mais adequado (Figura 7) (Tsutiya, 2011).

Figura 5 - Traçado de rede do tipo perpendicular.



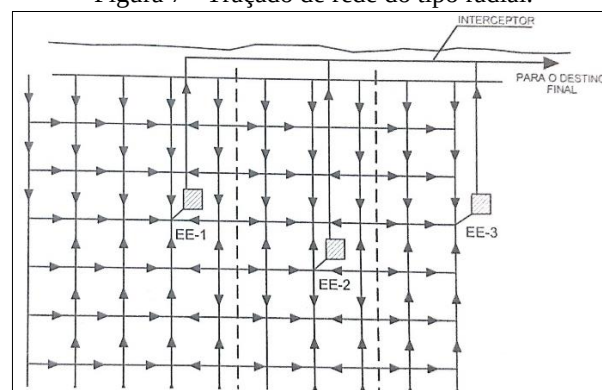
Fonte: Tsutiya (2011).

Figura 6 - Traçado de rede do tipo leque.



Fonte: Tsutiya (2011).

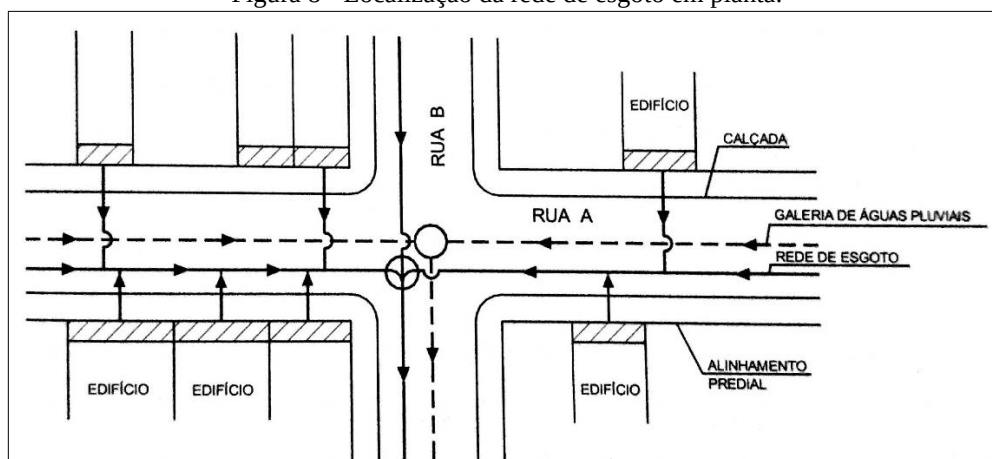
Figura 7 - Traçado de rede do tipo radial.



Fonte: Tsutiya (2011).

Ainda segundo Tsutiya (2011), a localização das tubulações nas vias públicas depende das características geométricas e operacionais dessas vias, podendo ser adotadas redes simples ou duplas. No caso de um loteamento residencial de porte médio, em que o tráfego não é intenso e a largura da via não excede 14 m, a adoção de rede simples pode constituir alternativa tecnicamente adequada. A Figura 8 apresenta a posição da tubulação de esgoto em planta.

Figura 8 - Localização da rede de esgoto em planta.



Fonte: Tsutiya (2011).

Como instrumento técnico para elaboração de projetos de Sistemas de Esgoto Sanitário, destacam-se as normas ABNT NBR 9648:1986 - Estudo de Concepção de Sistema de Esgoto Sanitário; NBR 9649:1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário; ABNT NBR 12208:2020 - Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto e ABNT NBR 12209:2011 - Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários.

2.2.4 Drenagem

O projeto de drenagem em loteamentos caracteriza-se como um sistema de microdrenagem, pois tem como objetivo coletar e conduzir as águas pluviais em áreas urbanizadas. Segundo Righetto (2009), esses sistemas são dimensionados para atender a precipitações associadas a riscos moderados, visando reduzir alagamentos e danos à infraestrutura. Tais sistemas são compostos, principalmente, por dispositivos como bocas de lobo, sarjetas, poços de visita, tubos de ligação e condutos, responsáveis pela captação, condução e inspeção das águas pluviais (LORENZINI NETO, 2011).

No Brasil, não existe uma norma única, rígida e abrangente que regulamente integralmente o projeto de drenagem urbana. Entretanto, a depender da região, há manuais técnicos que orientam sua elaboração, como o Manual de Drenagem e Manejo de Águas

Pluviais da SMU de São Paulo e o Caderno de Encargos – Drenagem da SUDECAP de Belo Horizonte.

Além disso, o tema pode ser amparado por normas técnicas da ABNT, como a ABNT NBR 17015 e a ABNT NBR 8890, que abordam aspectos relacionados à drenagem sob o viés executivo, estabelecendo critérios para projeto e execução dos sistemas.

2.3 SOFTWARES

2.3.1 Civil-3D - Modelagem Gráfica

A Autodesk define o AutoCAD Civil 3D como “um software abrangente para o projeto e a documentação detalhada de infraestrutura civil”. Conforme destacado por Teixeira *et al.* (2021), a ferramenta possibilita o uso de objetos paramétricos, a análise do modelo desenvolvido e a extração quantitativa de insumos.

No âmbito da modelagem, o Civil 3D utiliza objetos dinâmicos e inter-relacionados que possibilitam a criação de elementos como superfícies, alinhamentos, perfis e corredores. Como esses objetos mantêm relações paramétricas entre si, alterações realizadas em um elemento podem ser propagadas automaticamente para os demais componentes associados, favorecendo a atualização contínua do projeto. Essa característica promove maior integração entre as etapas de concepção, dimensionamento e detalhamento, além de contribuir para o aumento da precisão e da eficiência no desenvolvimento de projetos de engenharia (AUTODESK, 2024).

2.3.2 Navisworks – Verificação de Incompatibilidades

Conforme a Autodesk (2025), o *Software Navisworks* “permite que os usuários abram e combinem modelos 3D, naveguem por eles em tempo real e revisem o modelo usando um conjunto de ferramentas”. Entre esses recursos, destacam-se a inserção de comentários e o redlining, que possibilita registrar observações diretamente no modelo por meio de linhas, textos e marcações.

Embora a compatibilização de projetos deva ocorrer continuamente ao longo do desenvolvimento de cada disciplina, o *Autodesk Navisworks* oferece suporte adicional por meio da ferramenta de *clash detection*, que permite identificar, analisar e documentar interferências entre modelos. Essa funcionalidade facilita a coordenação dos projetos e o gerenciamento das inconsistências detectadas, contribuindo para a compatibilização entre disciplinas e para a redução de conflitos durante a execução. Dessa forma, o *Navisworks* pode ser compreendido como uma ferramenta voltada à análise, coordenação e visualização de projetos em ambiente BIM (THUTURKAR, 2026).

3 METODOLOGIA

Neste tópico, são apresentadas as características da área de estudo, bem como os procedimentos metodológicos adotados para a concepção, dimensionamento e compatibilização dos sistemas, além das demais etapas necessárias ao atendimento dos objetivos propostos.

Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se a análise técnica de projetos previamente elaborados, incluindo layout e arquitetura do empreendimento, os quais subsidiaram a estimativa da demanda populacional. A partir do layout e informações referentes à disponibilidade de abastecimento público, foram definidos o traçado da rede e os nós, considerando as respectivas cotas e vazões. Os cálculos hidráulicos e a obtenção dos resultados foram realizados com o auxílio de planilha *Microsoft Office Excel* e do software *EPANET*, utilizado para a verificação do sentido de fluxo.

O dimensionamento dos sistemas foi desenvolvido com base em referências técnicas consolidadas na área de saneamento, destacando-se as obras de Tsutiya (2006, 2011), Porto (2006) e Azevedo Netto et al. (1998, 2015). Os procedimentos, critérios e recomendações serviram de base para o desenvolvimento dos cálculos e para a definição dos parâmetros de projeto adotados neste estudo.

Adicionalmente, foram utilizados projetos de terraplenagem para a modelagem do sistema de abastecimento, bem como os projetos de esgotamento sanitário e drenagem, visando à compatibilização dos sistemas por meio dos softwares *Civil 3D* e *Navisworks*.

Vale ressaltar que alguns dados apresentados neste capítulo foram obtidos de um projeto fornecido pela IBR Engenharia, empresa atuante nas áreas de infraestrutura urbana e saneamento e que utiliza a metodologia BIM em seus projetos.

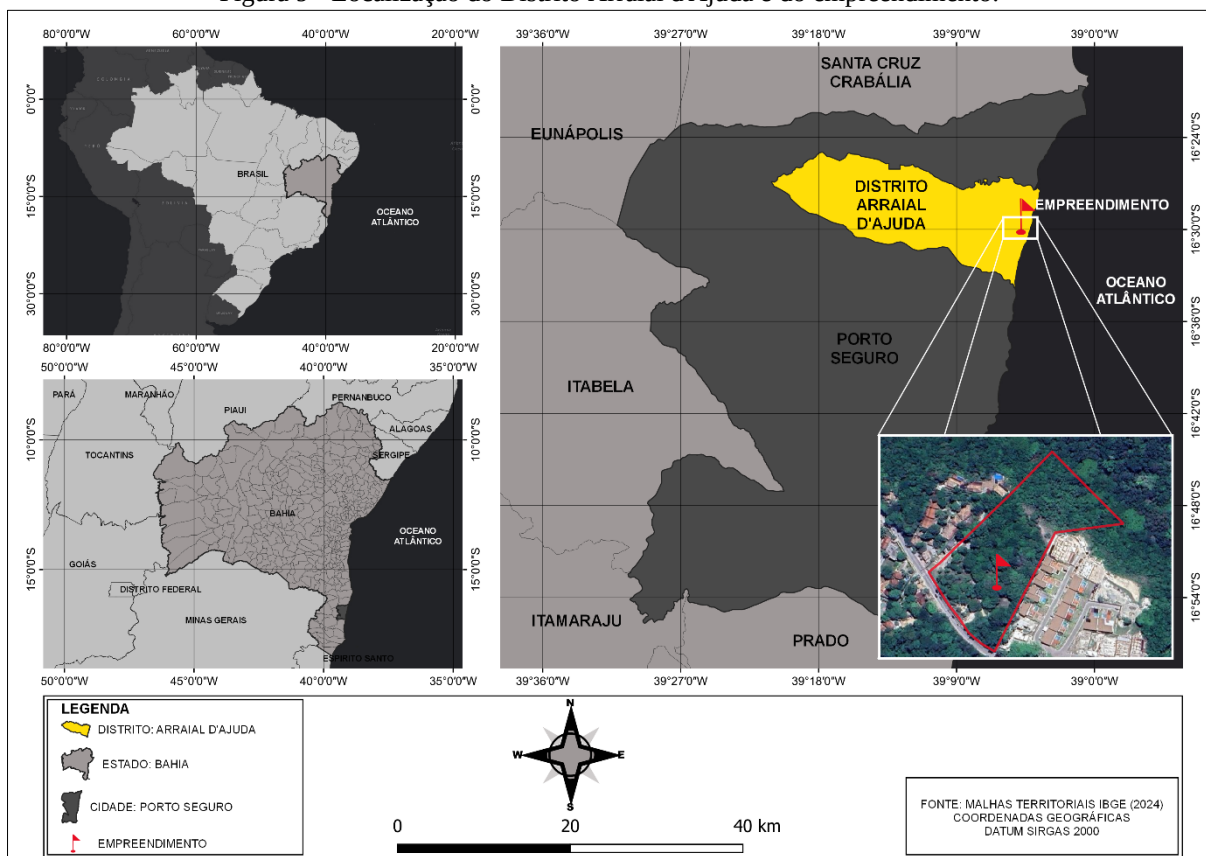
3.1 ÁREA DE ESTUDO E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O condomínio residencial está localizado em Arraial d'Ajuda, que juntamente com Trancoso, Porto Seguro, Caraíva, e Vale Verde compõe o município de Porto Seguro, no estado da Bahia. Segundo Cerqueira Neto et al. (2024), esse distrito passou a apresentar características semelhantes às de pequenas cidades, desenvolvendo uma dinâmica própria nos âmbitos econômico, social e cultural. Dessa forma, o distrito é promovido como destino turístico de maneira independente, muitas vezes sem a necessidade de associar sua imagem ao município ao qual está vinculado.

Geograficamente, Arraia d'Ajuda encontra-se nas coordenadas 16° 29' 25" S e 39° 04' 30" O, apresentando em 2022, uma população estimada em aproximadamente 25.157 habitantes, conforme informações disponibilizadas pelo SIDRA (2022).

Na Figura 9 é apresentada a localização do distrito e do empreendimento.

Figura 9 - Localização do Distrito Arraial d'Ajuda e do empreendimento.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Destaca-se ainda a elevada demanda turística observada na região durante os períodos de veraneio. Segundo informações divulgadas pela Prefeitura de Porto Seguro, o município registrou um aumento de 17% no número de visitantes entre janeiro de 2024 e janeiro de 2025, passando de 279.815 para 327.235 turistas (PORTO SEGURO, 2025). Conforme a própria administração municipal, esse crescimento está associado ao fortalecimento da infraestrutura turística local. Ainda segundo dados da Prefeitura de Porto Seguro, referentes ao ano de 2025, a cidade conta com aproximadamente 70.000 leitos distribuídos em 760 hotéis, dos quais 207 estão localizados em Arraial d'Ajuda, enquanto os demais encontram-se distribuídos entre os outros quatro distritos do município.

Registros mais recentes, como os divulgados pelo Jornal Grande Bahia, indicaram um fluxo aproximado de 1 milhão de turistas em Porto Seguro entre 20 de dezembro de 2025 e 20

de março de 2026 (AUGUSTO, 2026). Estas informações evidenciam o significativo aumento sazonal da população no município, característico de cidades litorâneas com forte atratividade turística.

No que se refere à infraestrutura de abastecimento de água na região, a Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia - AGERSA, em seu relatório de fiscalização, descreve que o abastecimento de água no distrito de Arraial d'Ajuda é realizado predominantemente por meio de captações subterrâneas, sendo considerado satisfatório (AGERSA, 2016). Entretanto, conforme apontado pela PLANARQ (2014), durante os períodos de alta temporada ocorre redução na oferta de abastecimento, tanto em Arraial d'Ajuda quanto nos demais distritos turísticos da região.

Diante dessas características, evidencia-se a importância de uma infraestrutura capaz de garantir o atendimento das demandas básicas, especialmente a segurança no abastecimento de água. Nesse sentido, a escolha do objeto de estudo, se deu tanto pela particularidade da região que está inserido, quanto pela característica física da área. Visto que é uma região turística e litorânea e fisicamente tem uma área bastante plana, sendo possível explorar no dimensionamento uma solução adequada e completa que garanta abastecimento satisfatório para o condomínio.

3.1.1 Implantação e características

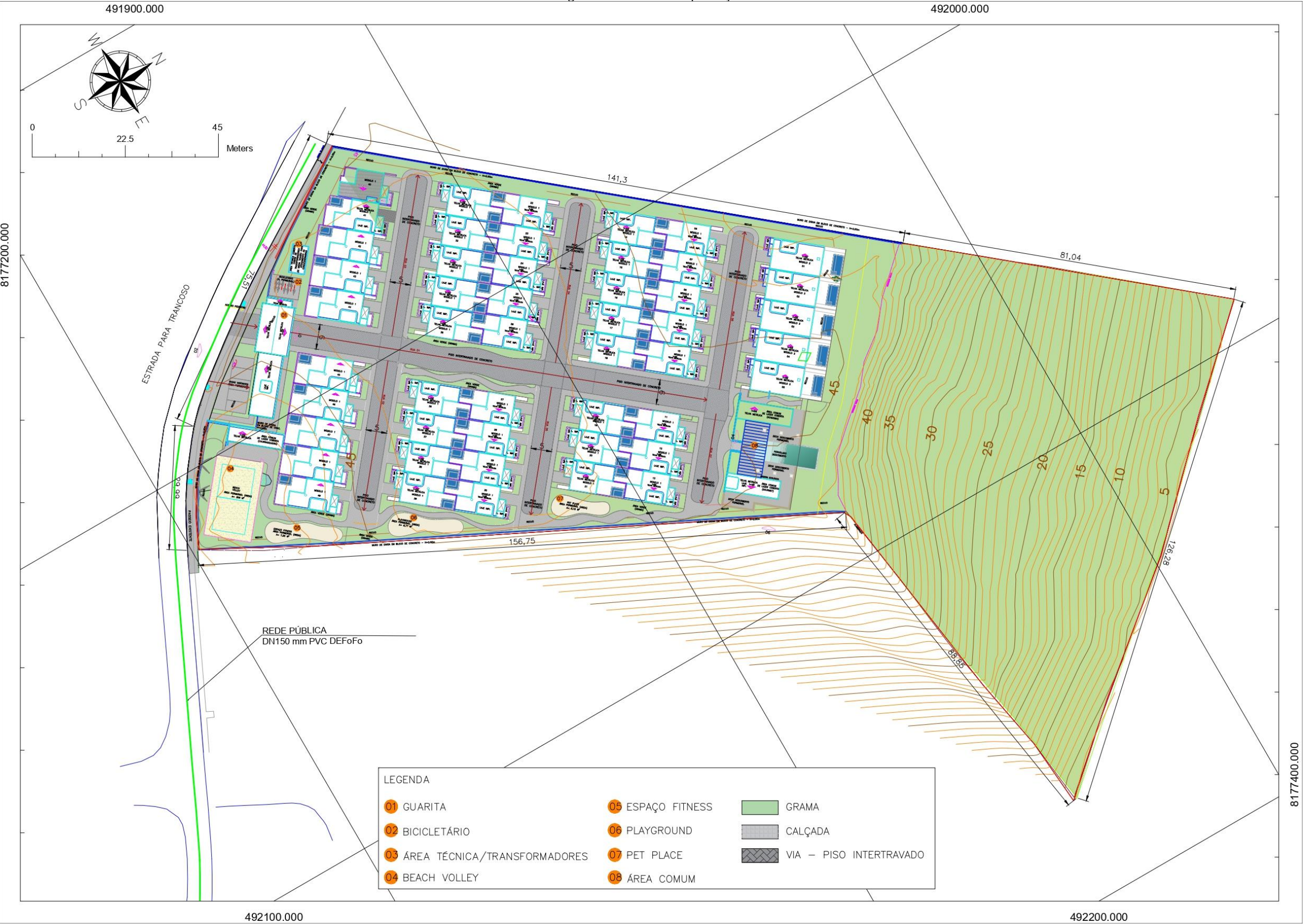
O condomínio residencial é constituído por 49 lotes destinados à ocupação residencial e está implantado em uma área de 19.986 m², sendo atendido por vias internas identificadas de 01 a 07, conforme apresentado na planta de implantação (Figura 10).

Para a definição do traçado da rede de abastecimento de água, foram analisadas as características do terreno, a disposição das residências e a topografia local. Informações fornecidas pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) confirmaram a existência de uma rede pública de abastecimento em frente ao empreendimento, cuja pressão disponível varia entre 10 e 12 m.c.a.

Considerando a situação mais desfavorável para o dimensionamento, adotou-se como condição de projeto a menor pressão dinâmica informada, correspondente a 10 m.c.a. Além disso, devido à possibilidade de expansão da rede de abastecimento na região, à sazonalidade da demanda e à necessidade de garantir regularidade no fornecimento e pressões adequadas nos pontos de consumo, definiu-se a implantação de um sistema composto por reservatório e conjunto de recalque do tipo booster. Essa solução foi adotada mesmo em uma área de

topografia predominantemente plana, assegurando volume de reserva e condições operacionais adequadas para o atendimento das residências.

Figura 10 - Planta de Implantação



Fonte: IBR-Engenharia (2026).

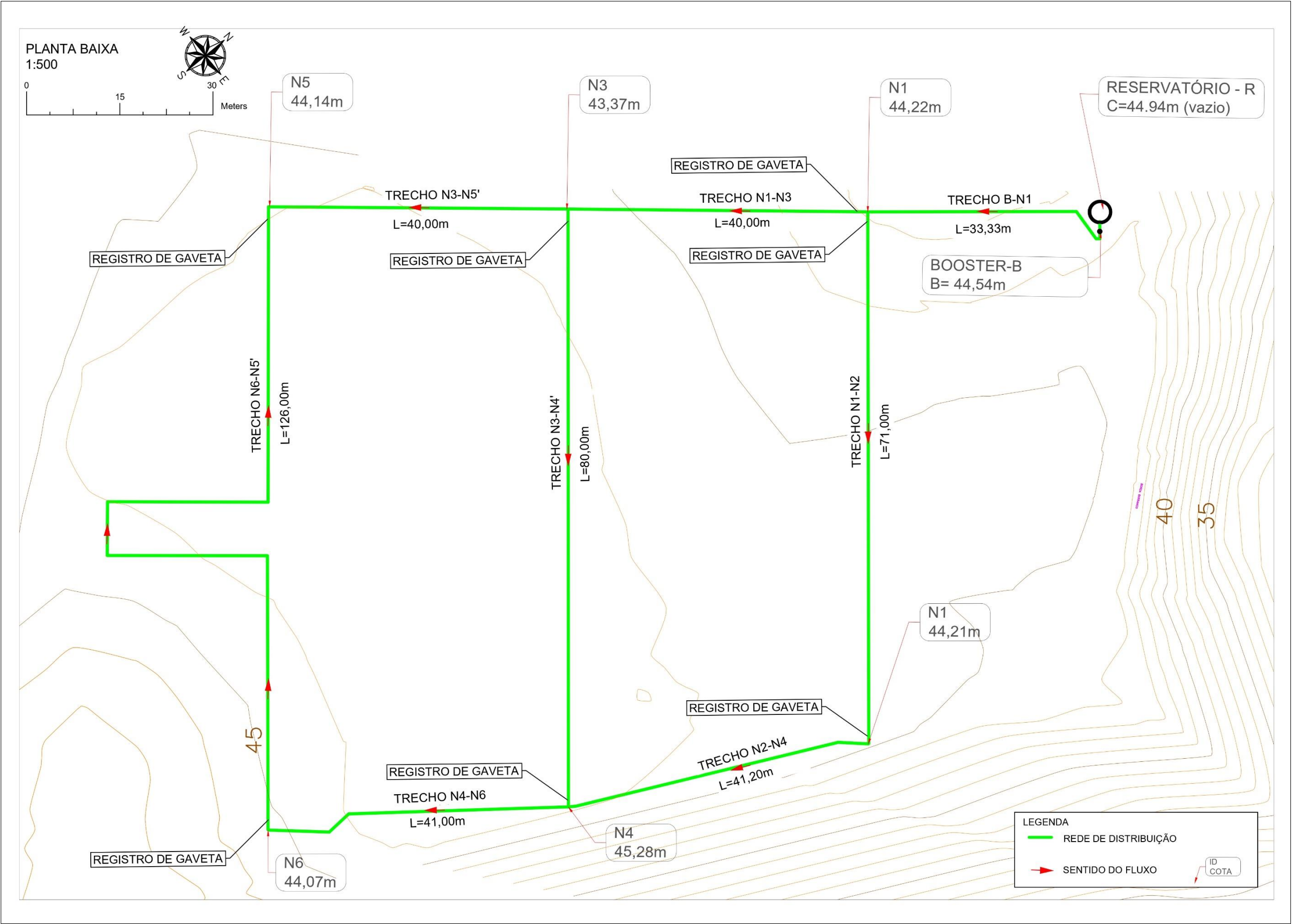
3.2 COLETA DE DADOS

O procedimento metodológico teve início com a avaliação das condições do terreno. Para a caracterização das suas condições físicas, foi analisado o arquivo planialtimétrico, o qual foi inserido no software Civil 3D 2026, permitindo a utilização da superfície do terreno representada por curvas de nível. Paralelamente, o layout arquitetônico foi utilizado para compreender a disposição dos lotes e do sistema viário.

Com base nessas informações, foi possível elaborar o traçado preliminar da rede de abastecimento, bem como obter os comprimentos dos trechos e as cotas altimétricas necessárias ao dimensionamento.

A rede de distribuição de água projetada foi do tipo malhada, pois, em uma eventual manutenção, isso garante o isolamento apenas no trecho em questão e não compromete totalmente o fornecimento para outros pontos. Verificando previamente os demais projetos como rede de esgoto e drenagem, observou-se que estes já estão previstos para passagem na via. Assim, o traçado da rede de água passará pela calçada, garantindo dessa forma menos riscos de incompatibilidade e grandes alterações futuras no projeto. As informações mencionadas podem ser observadas na Figura 11 .

Figura 11 - Topografia e traçado preliminar da rede de abastecimento.



3.2.1 População de projeto

A estimativa populacional foi definida com base no projeto, que prevê 49 unidades habitacionais, além da guarita. Destaca-se que o condomínio possui dois modelos de residências, diferenciados pelo número de dormitórios.

Para o dimensionamento do consumo residencial diário, adotou-se, conforme Crender (2006), a ocupação média de 2 habitantes por dormitório e um consumo per capita (qpc) de 150 l/hab.dia.

3.2.2 Vazões de Projeto

Segundo Porto (2006), para o dimensionamento de um sistema de abastecimento, é necessário determinar as vazões de adução e distribuição. A vazão de adução ou também chamada de vazão máxima diária é usada para calcular unidades do sistema que estão a montante dos reservatórios de distribuição e podem ser determinadas pela Equação (1)

$$Q_{máx,d} = \frac{k_1 \cdot P \cdot qpc}{86400} \quad (1)$$

Onde:

$Q_{máx,d}$ = vazão máxima diária de projeto (L/s);

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

P = população final para área a ser abastecida, hab;

qpc = consumo per capita (L/hab.dia);

Para a vazão de distribuição ou também chamada de vazão máxima horária por Tsutiya (2006) pode ser calculada pela Equação (2), na qual são considerados os coeficientes de variação máxima diária (k_1) e horária (k_2). Na ausência de dados específicos e confiáveis, é prática usual adotar os valores de 1,2 para k_1 e 1,5 para k_2 .

$$Q_{máx,h} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot P \cdot qpc}{86400} \quad (2)$$

Onde:

$Q_{máx,h}$ = vazão máxima horária de projeto (L/s);

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo;

P = população final para área a ser abastecida, hab;
 qpc = consumo per capita (L/hab.dia);

Ainda seguindo as orientações para dimensionamento da rede pelo método do seccionamento fictício, admite-se uma distribuição uniforme de consumo ao longo do trecho, chamada de vazão de demanda do trecho ou vazão de distribuição (Q_D), calculada pela Equação (3).

$$Q_D = Q_{mar} * L_{trecho} \quad (3)$$

Onde:

L_{trecho} = comprimento do trecho (m);

Q_{mar} = taxa de consumo linear ou vazão em marcha (L/s/m);

A vazão em marcha é resultado da divisão entre a vazão de projeto ($Q_{máxh}$) e o comprimento total da rede de abastecimento. Conforme Equação (4).

$$Q_{mar} = \frac{Q_{máxh}}{L_{trecho}} \quad (4)$$

Em posse dessas informações obtêm-se a vazão montante (Q_m) em L/s, que é a soma da vazão à jusante e de distribuição. Conforme Equação (5).

$$Q_m = Q_j + Q_D \quad (5)$$

Sendo valido ressaltar que a vazão à jusante do trecho Q_j em (L/s), pode ser obtida através do produto entre a Q_{mar} (L/s/m) pelo comprimento da tubulação à jusante do trecho L_{jus} (m). Conforme Equação (6).

$$Q_j = Q_{mar} * L_{jus} \quad (6)$$

Dessa forma, torna-se possível a obtenção da vazão fictícia (Q_f) em L/s, definida como uma vazão hipotética de valor constante ao longo de toda a extensão do conduto. Essa vazão é adotada como parâmetro para o cálculo da perda de carga, contribuindo para minimizar erros

de subdimensionamento ou superdimensionamento da rede. Conforme Porto (2006), Q_f pode ser calculada Equação (7) e (8)

$$Q_f = \frac{Q_m + Q_j}{2} \text{ se } Q_j \neq 0 \quad (7)$$

$$Q_f = \frac{Q_m}{\sqrt{3}} \text{ se } Q_j = 0 \quad (8)$$

3.3 CRITÉRIOS E PARÂMETROS

3.3.1 Material das tubulações

Diversos materiais podem ser empregados em redes de distribuição de água, destacando-se o PVC, o ferro fundido dúctil, o aço e o polietileno de alta densidade (PEAD). A escolha do material depende de fatores como pressão de operação, resistência mecânica, durabilidade, condições de instalação, custos de implantação e manutenção, além das características específicas de cada empreendimento (MARCONDES, 2016).

Kellner et al. (2016) destacam que as tubulações de PVC são amplamente utilizadas em sistemas de distribuição de água devido à sua baixa rugosidade interna, característica que proporciona menores perdas de carga e melhor desempenho hidráulico da rede. Os autores também verificaram que essas propriedades são mantidas mesmo após longos períodos de operação, contribuindo para a eficiência e a confiabilidade do sistema ao longo de sua vida útil.

De acordo com a Tigre (2025), os tubos de PVC da linha PBA são amplamente utilizados em sistemas de abastecimento de água para aplicações públicas, industriais e rurais, sendo fabricados em diâmetros nominais a partir de DN 50. Já os tubos da linha PBS são destinados principalmente a instalações industriais, piscinas e edificações de grande porte, estando disponíveis em diâmetros nominais a partir de DN 20.

Apesar das diferenças de aplicação, ambas as linhas apresentam compatibilidade dimensional, através do diâmetro externo, possibilitando a interligação entre seus componentes quando tecnicamente necessária (TIGRE, 2025). Essa característica permite, por exemplo, a utilização de tubos PBS em trechos de menor diâmetro em sistemas de abastecimento, como no caso do DN 40, não disponível na linha PBA.

Figura 12 -Tubos PBS (esquerda) e PBA (direita).



Fonte: Tigre (2025).

3.3.2 Diâmetro

Para evitar perdas de carga excessivas em sistemas de abastecimento de água, a NBR 12218 (ABNT, 2017) recomenda a adoção de diâmetro nominal (DN) mínimo de 50 mm, ressaltando que o DN possui caráter apenas referencial, não sendo utilizado diretamente em medições ou cálculos hidráulicos e para possibilitar a aplicação da fórmula de Hazen-Williams com boa precisão.

Nesse contexto, a determinação do diâmetro interno (DI) das tubulações foi obtida por meio da Equação (9), em que DE corresponde ao diâmetro externo e “e” à espessura da parede, ambos em milímetros.

$$DI = DE - 2e \quad (9)$$

3.3.3 Perda de Carga

Durante o escoamento em tubulações e na passagem por acessórios hidráulicos, o fluido sofre perdas de energia, caracterizando os fenômenos de perda de carga distribuída e perda de carga localizada, respectivamente (COTRIM, 2025).

Em relação ao cálculo da perda de carga distribuída nas tubulações, a NBR 12218 (ABNT, 2017) sugere o uso da fórmula Universal ou da de Hazen-Williams para diâmetros maiores ou iguais a 50 mm. Nesse trabalho foi adotada a fórmula de Hazen-Williams conforme Equação (10) e o coeficiente hidráulico de C consultado na Tabela 1 sugerida por Azevedo Netto (2015) para fórmula de Hazen-Williams, considerando o uso de ± 20 anos.

$$\Delta H_{dist} = 10,643 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot L \quad (10)$$

Onde:

ΔH_{dist} = perda de carga distribuída (m)

D = diâmetro interno (m)

Q = vazão (m³/s)

L = comprimento do tubo (m)

C = coeficiente de Hazen-Williams

Tabela 1 - Valor do coeficiente C sugerido para fórmula de Hazen-Wiliams para águas a 20°C, pouco incrustantes, pouco corrosivas.

Tubulações compostas por tubos	Novos	Usados ± 10 anos	Usados ± 20 anos
Aço soldado, revestimento não permanente (betuminoso), até DN 125	135	107,5	85
Aço soldado, revestimento não permanente (betuminoso), 125 < DN < 550	137,5	110	90
Aço soldado, revestimento não permanente (betuminoso), 550 < DN < 1.500	142,5	117,5	95
Aço soldado, revestimento permanente (epóxi), até DN 125	130	120	110
Aço soldado, revestimento permanente (epóxi), 125 < DN < 550	140	130	120
Aço soldado, revestimento permanente (epóxi), 550 < DN < 1.500	145	135	130
Concreto 750 < DN < 1.250	135	132,5	130
Concreto 1.050 < DN < 2.000	140	135,5	135
Ferro fundido sem revestimento permanente, até DN 125	120	100	90
Ferro fundido sem revestimento permanente, 125 < DN < 550	125	105	95
Ferro fundido sem revestimento permanente, 550 < DN < 1.500	130	110	100
Ferro fundido dúctil revestido argamassa cimento, até DN 125	125	115	110
Ferro fundido dúctil revestido argamassa cimento, 125 < DN < 550	130	120	115
Ferro fundido dúctil revestido argamassa cimento, 550 < DN < 1.500	135	125	120
Ferro fundido dúctil revestimento permanente (epóxi), até DN 125	125	120	115
Ferro fundido dúctil revestimento permanente (epóxi), 125 < DN < 550	135	130	125
Ferro fundido dúctil revestimento permanente (epóxi), 550 < DN < 1.500	140	138	135
PVC ou resina com fibra, juntas tipo PB ou luva, até DN 125	137,5	135	132,5
PVC ou resina com fibra, juntas tipo PB ou luva, 125 < DN < 550	140	137,5	135
PVC ou resina com fibra, juntas tipo PB ou luva, 550 < DN < 1.500	142,5	140	137,5
PEAD, polipropileno outros termoplásticos, juntas soldadas, DN até 125 mm	140	137,5	135
PEAD, polipropileno outros termoplásticos, juntas soldadas, 125 < DN < 550	142,5	140	137,5
PEAD, polipropileno outros termoplásticos, juntas soldadas, 550 < DN até 1.500	145	142,5	140
Material usado eventualmente ou em desuso:	Novos	Usados ± 10 anos	Usados ± 20 anos
Aço ("ferro doce") galvanizado roscado, até DN 125 mm	125	100	75
Aço corrugado (chapa ondulada)	60		-
Aço rebitado	110	90	80
Chumbo	130	120	120
Cobre, latão, bronze, aço inox, até DN 125 mm	140	138	135
Cimento-amianto	140	135	125
Madeira, em aduelas (tanoaria)	120	120	110
Mangueiras de incêndio emborrachadas internamente	135	-	-
Manilhas de barro vidrado (tubos cerâmicos) com 3 m, 125 < DN < 750	130	127,5	125
Tijolos, condutos muito bem executados em concreto in loco etc.	115	110	105
Vidro (laboratório)	145	145	145

Fonte: Adaptado, Azevedo Netto (2015)

Quanto a perda de carga localizada, esta resulta de conexões e peças especiais como curva, cotovelo, registros, válvulas entre outros, que ao produzir alteração no escoamento provocam perda de carga localizada (AZEVEDO NETTO, 2015). O autor ainda afirma que a

perda pode ser calculada pelo método do coeficiente k (Equação 11) ou ainda pelo método do comprimento equivalente (Equação 12).

$$\Delta h_{loc} = k1 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (11)$$

Onde:

Δh_{loc} = perda de carga localizada (m.c.a)

$k1$ = coeficiente de perda correspondente à peça especial considerada;

v = velocidade média do fluxo imediatamente a jusante da peça em m/s;

g = aceleração da gravidade (9,8m/s²)

Sendo $k1$ consultada nas Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 - Valores de k para cálculo de perda localizada (Peças Diversas).

Acessório	Fator Característico k
Cotovelo 90°	0,9
Cotovelo 45°	0,4
Curva 90°	0,4
Curva 45°	0,2
Curva 22°	0,1
Tê, passagem direta	0,9
Tê, passagem lateral	0,2
Tê saída bilateral	1,8
Válvula de gaveta aberta	0,2
Válvula de retenção	3,0
Válvula de pé com crivo	10,0
Entrada normal em canalização	0,5
Entrada de borda em canalização	1,0
Saída em canalização	1,0

Fonte: Adaptado, Porto (2006)

Tabela 3 - Valores de k para cálculo de perda localizada (Reduções Bruscas).

A_{maior}/A_{menor}	Fator Característico k
0,0	0,50
0,1	0,46
0,2	0,41
0,3	0,36
0,4	0,30
0,5	0,24
0,6	0,18
0,7	0,12
0,8	0,06
0,9	0,02
1,0	0,00

Fonte: Adaptado, Porto (2006)

O método do comprimento equivalente (Equação 12) constitui uma alternativa para a consideração das perdas de carga localizadas, incorporando ao comprimento da tubulação trechos equivalentes que produziram a mesma perda de carga ocasionada pelas singularidades existentes no sistema (AZEVEDO NETTO, 2015).

$$Le = \frac{Kx D}{f} \quad (12)$$

Onde:

Le = comprimento equivalente (m);

k_1 = coeficiente de perda correspondente à peça especial considerada (adimensional);

D = diâmetro interno (m);

f = fator de atrito (adimensional)

Sendo valido ressaltar a existência de valores práticos para consultar o Le. As tabelas Tabela 4 e Tabela 5 incluem valores para os comprimentos fictícios correspondentes às perdas em peças e acessórios mais utilizados nas tubulações.

Tabela 4 - Comprimentos Equivalentes (m). Para peças em Ferro Fundido.

DIÂMETRO	COTOVELO	COTOVELO	CURVA	CURVA	TÊ PASSAGEM 90°	TÊ PASSAGEM 90°	ENTRADA	ENTRADA	SAÍDA	VÁLVULA	VÁLVULA	VÁLVULA
(mm)	90°	45°	90°	45°	DIRETA	LATERAL	NORMAL	DE BORDA	CANALIZAÇÃO	GAVETA ABERTA	DE RETENÇÃO	PÉ DE CRIVO
50	1,1	0,8	0,9	0,4	1,1	3,5	0,7	1,5	1,5	0,4	6,4	14
63	1,3	0,9	1,0	0,5	1,3	4,3	0,9	1,9	1,9	0,4	8,1	17
75	1,6	1,2	1,3	0,6	1,6	5,2	1,1	2,2	2,2	0,5	9,7	20
100	2,1	1,5	1,6	0,7	2,1	6,7	1,6	3,2	3,2	0,7	12,9	23
125	2,7	1,9	2,1	0,9	2,7	8,4	2,0	4,0	4,0	0,9	16,1	30
150	3,4	2,3	2,5	1,1	3,4	10,0	2,5	5,0	5,0	1,1	19,3	39
200	4,3	3,0	3,3	1,5	4,3	13,0	3,5	6,0	6,0	1,4	25,0	52
250	5,5	3,8	4,1	1,8	5,5	16,0	4,5	7,5	7,5	1,7	32,0	65

Fonte: Adaptado, Azevedo Netto (1998).

Tabela 5 - Comprimentos Equivalentes (m). Para peças em P.V.C.

DIÂMETRO	COTOVELO	COTOVELO	CURVA	CURVA	TÊ PASSAGEM 90°	TÊ PASSAGEM 90°	ENTRADA	ENTRADA	SAÍDA	VÁLVULA	VÁLVULA	VÁLVULA
(mm)	90°	45°	90°	45°	DIRETA	LATERAL	NORMAL	DE BORDA	CANALIZAÇÃO	GAVETA ABERTA	DE RETENÇÃO	PÉ DE CRIVO
25	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	0,4	1,0	0,9	0,2	2,7	9,5
32	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	0,5	1,2	1,3	0,3	3,8	13,3
40	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	0,6	1,8	1,4	0,4	4,9	15,5
50	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	1,0	2,3	3,2	0,7	6,8	18,3
60	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	1,5	2,8	3,3	0,8	7,1	23,7
75	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	1,6	3,3	3,5	0,9	8,2	25,0
85	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	2,0	3,7	3,7	0,9	9,3	26,8
110	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	2,2	4,0	3,9	1,0	10,4	28,8

Fonte: Adaptado, Porto (2006).

Considerando que as metodologias de cálculo de perdas localizadas não contemplam necessariamente todas as peças hidráulicas de forma equivalente, neste estudo, sempre que possível, as perdas foram determinadas por ambos os métodos. Essa comparação buscou aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos. Assim, para cada componente, foi adotado o maior valor de perda de carga identificado entre as metodologias analisadas, garantindo uma abordagem mais conservadora no dimensionamento.

3.3.4 Velocidade

A adoção de limites de velocidade nas tubulações é fundamental para garantir a segurança, a durabilidade e a viabilidade econômica dos sistemas de abastecimento. Segundo Tsutiya (2006), velocidades mais baixas contribuem para a maior durabilidade das tubulações, ao reduzirem o desgaste físico provocado pelo atrito de partículas sólidas e minimizarem os efeitos de transientes hidráulicos (TSUTIYA, 2006), mas pode favorecer a permanência e o acúmulo de bolhas de ar eventualmente introduzidas na tubulação, especialmente em pontos altos do sistema (TASCA, 2023). Por outro lado, velocidades elevadas possibilitam a redução dos diâmetros das tubulações e, conseqüentemente, dos custos de aquisição, contudo, podem ocasionar aumento das perdas de carga, implicando maiores gastos com energia elétrica em sistemas de bombeamento ou a necessidade de maiores alturas de reservação.

A NBR 12218 (ABNT, 2017) estabelece que as velocidades máximas de dimensionamento devem estar associadas a uma perda de carga de até 10 m/km, além de recomendar que sejam evitadas velocidades mínimas inferiores a 0,40 m/s.

Para o dimensionamento, a velocidade foi calculada pela divisão entre a Q_f em (m³/s) e a área do conduto $A_{conduto}$ em m²/s, conforme Equação (13).

$$v = \frac{Q_f}{A_{conduto}} \quad (13)$$

3.3.5 Pressão disponível

Para assegurar o funcionamento adequado e durabilidade na rede de abastecimento, é necessário estabelecer limites de pressão. Elevadas pressões estáticas provocam danos estruturais, enquanto baixas pressões dinâmicas impedem que a água chegue com força suficiente para abastecer todos os pontos da rede.

Foram adotados os seguintes limites de pressões de acordo com o que rege a NBR 12218 (ABNT, 2017):

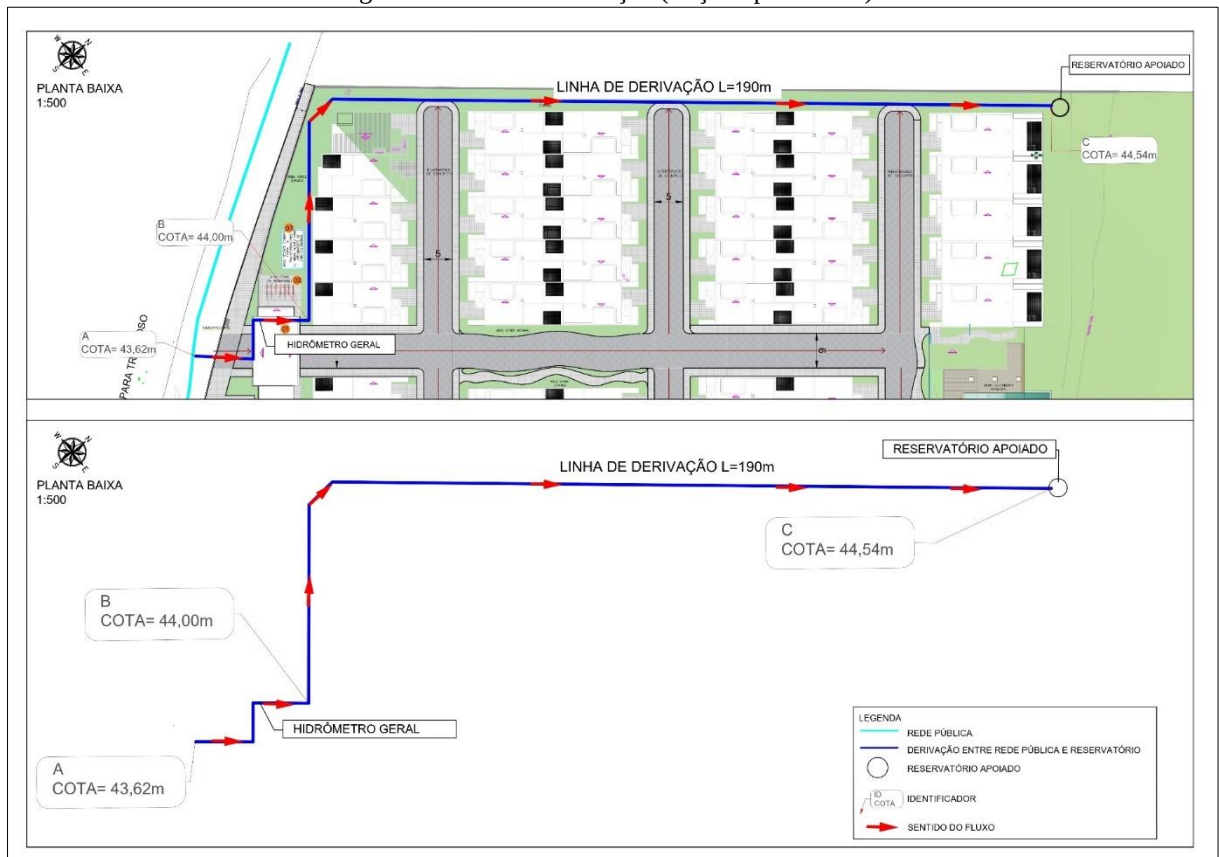
- Pressão estática máxima: 40 m.c.a., podendo chegar a 50 m.c.a. em regiões com topografia acidentada;
- Pressão dinâmica mínima: 10 m.c.a. (em todos os pontos da rede a pressão dinâmica mínima não será inferior a 10 m.c.a.).

3.4 DIMENSIONAMENTO

3.4.1 Linha de Derivação

Para o dimensionamento da linha de derivação LD que abastecerá o reservatório, foi feito um traçado preliminar como pode-se observar na Figura 13. Isso permitiu o levantamento de dados de extensão ($L=190\text{m}$), cota no ponto de derivação ($z_A=44,62\text{m}$), cota na chegada no reservatório ($z_C=44,54\text{m}$) e levantamento prévio das peças.

Figura 13-Linha de derivação (traçado preliminar).



Fonte: Elaboração própria (2026).

3.4.2 Reservatório

As edificações serão abastecidas por reservatório individual, estes receberão água do reservatório principal do tipo apoiado. Para atender a demanda de consumo e considerando a topografia e espaços disponíveis, optou-se por posicionar o fundo do reservatório na cota 45,34 m.

A reserva mínima R_{min} (Equação 15) foi determinada como 1/3 do consumo máximo diário. Conforme recomendação da norma PNB 594/77 da ABNT (apud TSUTIYA, 2006), essa consideração é feita para compensar a variação diária do consumo, prevenindo eventuais emergências. O consumo médio no projeto foi calculado pela Equação 14.

$$C_{m\acute{a}x,d} = \frac{k_1 \cdot P \cdot qpc}{86400} \quad (14)$$

$$R_{min} = \frac{C_{m\acute{a}x,d}}{3} \quad (15)$$

3.4.3 Rede de Distribuição

Definidos os critérios e parâmetros de projeto, realizou-se o dimensionamento da rede em planilha Excel por meio do método do seccionamento fictício. Esse método consiste na transformação da rede malhada em uma rede ramificada, definindo-se previamente o percurso da água, adotando-se como critério o menor trajeto necessário para o abastecimento de cada ponto (TSUTIYA, 2006).

Em casos de baixa pressão nos pontos de consumo de uma rede de distribuição, é comum adotar soluções que adicionem energia ao sistema. Dessa forma, segundo Leite (2024), para determinar a energia adicionada ou retirada por máquinas h dr ulicas, pode-se utilizar a equação de Bernoulli estendida, baseada na conservação das energias cinética, potencial e de pressão, associada   Primeira Lei da Termodinâmica, resultando na Equação 16.

$$\left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right) = \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right) \pm w - ep \quad (16)$$

Onde:

$\frac{P}{\gamma}$ = carga de pressão (m).

$\frac{v^2}{2g}$ = carga cinética (m).

z_1 =carga de elevação/potencial (m).

w = energia aplicada ou retirada por alguma máquina (m).

ep =perda de energia mecânica ou perda de carga (m).

A rede de abastecimento foi dimensionada considerando uma condição crítica de operação, na qual o reservatório se encontra vazio, com o objetivo de assegurar o atendimento das pressões mínimas requeridas no ponto hidraulicamente mais desfavorável da rede.

3.4.4 Booster

Como mencionado por Porto (2006), uma bomba opera em conjunto com o sistema de tubulações, de modo que a energia fornecida pela bomba deve ser equivalente à energia requerida pelo sistema para determinada vazão de bombeamento. Ainda segundo o autor, a seleção da bomba adequada pode ser realizada graficamente, por meio do cruzamento entre a Curva Característica do Sistema-CCS e a Curva Característica da Bomba-CCB, sendo o ponto de interseção definido como ponto de funcionamento.

3.4.4.1 Curva Característica do Sistema - CCS

Para a determinação da Curva Característica do Sistema (CCS), os valores da vazão máxima horária ($Q_{máx,h}$) foram variados entre 0 e 2 L/s. Para cada valor de vazão adotado, o sistema foi recalculado utilizando o mesmo procedimento empregado no método do seccionamento fictício, com o objetivo de avaliar o comportamento da altura manométrica requerida pelo sistema em diferentes condições de operação.

Essa análise foi realizada considerando que, conforme apresentado no tópico 3.2.2 Vazões de Projeto, as equações (3), (4), (5), (6) e (7), referentes às vazões de distribuição (Q_D); em marcha (Q_{mar}); a montante (Q_m); a jusante (Q_j) e fictícia (Q_f), respectivamente, possuem relação direta com a vazão máxima horária adotada no dimensionamento.

Além disso, no método do seccionamento fictício, a determinação da perda de carga (Equação 10) depende da vazão fictícia calculada em cada trecho, de modo que os resultados obtidos ao longo do processo estão diretamente associados às condições iniciais de cálculo, especialmente ao valor da vazão máxima horária.

O intervalo entre 0 e 2 L/s foi definido com base na vazão de projeto obtida, uma vez que essa faixa contempla o valor dimensionado e permite avaliar o comportamento hidráulico do sistema diante de possíveis incrementos na demanda, verificando a variação da altura manométrica necessária para diferentes condições de vazão.

3.4.4.2 NPSH Disponível e Requerido

Conforme Azevedo Netto (1998), o NPSH, do inglês “*Net Positive Suction Head*”, é utilizado para designar a energia disponível na sucção da bomba. O autor também destaca que o NPSH requerido corresponde a uma característica própria da bomba hidráulica, enquanto o NPSH disponível pode ser determinado pela Equação 17.

$$NPSH_{disponível} = \pm H + \frac{P_a - P_v}{\gamma} - h_f \quad (17)$$

Onde:

$+H$ = carga ou altura de água na sucção (entrada afogada) (m)

$-H$ = altura de aspiração (m)

P_a = pressão atmosférica (m.c.a) (Equação 18)

P_v = pressão de vapor da água (m.c.a) (Tabela 6)

γ = peso específico (1)

h_f = soma de todas as perdas de carga na sucção

Para que uma bomba funcione bem, é necessário que:

$$NPSH_{disponível} \geq NPSH_{requerido}$$

Segundo Porto (2006), a pressão atmosférica ($\frac{P_a}{\gamma}$), varia em função da altitude do local e das condições climáticas, podendo ser estimada pela Equação (18), onde h representa a altitude do local. Já a pressão de vapor da água ($\frac{P_v}{\gamma}$), pode ser obtida na Tabela 6.

$$\frac{P_a}{\gamma} = 13,6 \left[\frac{760 - 0,081 * h}{1000} \right] \quad (m. c. a) \quad (18)$$

Tabela 6 - Valores da pressão de vapor da água em m.c.a.

T (°C)	P_v/γ (m)
5	0,09
10	0,13
15	0,17
20	0,24
25	0,32
30	0,43
35	0,57
40	0,75
45	0,98
50	1,25
55	1,61
60	2,03
65	2,56
70	3,20
75	3,96
80	4,86
85	5,93
90	7,18
95	8,62
100	10,33

Fonte: Porto (2026).

3.4.4.3 Pré-Seleção – Booster

Para a seleção do sistema de pressurização (Booster), foi utilizado o valor de vazão de consumo calculado na Equação (2) e a respectiva altura manométrica, obtida pela Curva Característica do Sistema.

Foram avaliadas bombas centrífugas da marca KSB, modelo Meganorm, por meio de seleção manual a partir das curvas características disponibilizadas pelo fabricante. Além disso, foram analisadas bombas da Sulzer, que disponibiliza em seu portal uma ferramenta de pré-seleção de equipamentos baseada no preenchimento das condições operacionais do sistema.

A partir dos parâmetros de entrada, como vazão e altura manométrica requeridas, a ferramenta permite identificar modelos de bombas com desempenho compatível às condições de projeto, auxiliando na definição do equipamento mais adequado para atendimento aos requisitos hidráulicos estabelecidos (SULZER, 2026).

3.4.4.4 Curva Característica da Bomba - CCB

Após a definição da bomba selecionada na etapa de pré-seleção, foi obtida a Curva Característica da Bomba (CCB) a partir dos dados fornecidos pelo catálogo do fabricante. Conforme Santos (2001), as curvas características de bombas hidráulicas podem ser representadas por modelos matemáticos ajustados aos pontos obtidos das curvas fornecidas pelos fabricantes, permitindo sua utilização em análises de desempenho e simulação da operação do equipamento. Dessa forma, foi realizado um ajuste polinomial de segundo grau aos pontos da curva da bomba, possibilitando sua representação analítica e posterior análise em conjunto com a Curva Característica do Sistema (CCS).

Segundo Mataix (1970), a altura manométrica desenvolvida por uma bomba corresponde à energia específica transferida ao fluido pelo rotor, descontadas as perdas internas existentes no equipamento. Essas perdas estão associadas principalmente aos efeitos hidráulicos do escoamento no interior da bomba e aumentam com o crescimento da vazão, provocando a redução da altura manométrica disponível. Como a perda de carga é aproximadamente uma função de segundo grau da vazão, o ajuste da CCB a uma equação quadrática é aceitável.

Dessa forma, a relação entre a altura desenvolvida e a vazão pode ser representada simplificada pela Equação 19.

$$H_b = H_{b_{\text{máx}}} - \Delta H_{\text{interna}} \quad (\text{m. c. a}) \quad (19)$$

Em que (H_b) corresponde à altura manométrica desenvolvida pela bomba para uma determinada vazão; (H_{b_{máx}}) representa a altura manométrica máxima da bomba, obtida para

condição de vazão nula; e $(\Delta H_{\text{interna}})$ representa a redução da altura devido às perdas internas do equipamento.

3.4.4.5 Ponto de Funcionamento

Para a determinação do ponto de funcionamento do sistema, foram plotadas a Curva Característica do Sistema (CCS) calculada e a Curva Característica da Bomba (CCB) ajustada por meio da equação polinomial de segundo grau. O ponto de interseção entre as duas curvas corresponde ao ponto de funcionamento da bomba, representando a condição em que a altura manométrica fornecida pelo equipamento é igual à altura requerida pelo sistema, definindo a vazão de operação e as condições hidráulicas de funcionamento.

3.4.4.6 Potências

As potências hidráulica e de eixo, foram obtidas por meio das Equações 20 e 21, conforme detalhado abaixo.

POTÊNCIA HIDRÁULICA:

A potência hidráulica (P_h) fornecida pela bomba, também denominada potência de saída da bomba, representa a quantidade de energia por unidade de tempo utilizada para recalcar a vazão (Q) em m^3/s até a altura total de elevação (H) em m.c.a (VIANA, 2012). Segundo Porto (2006), essa potência pode ser calculada pela Equação 20.

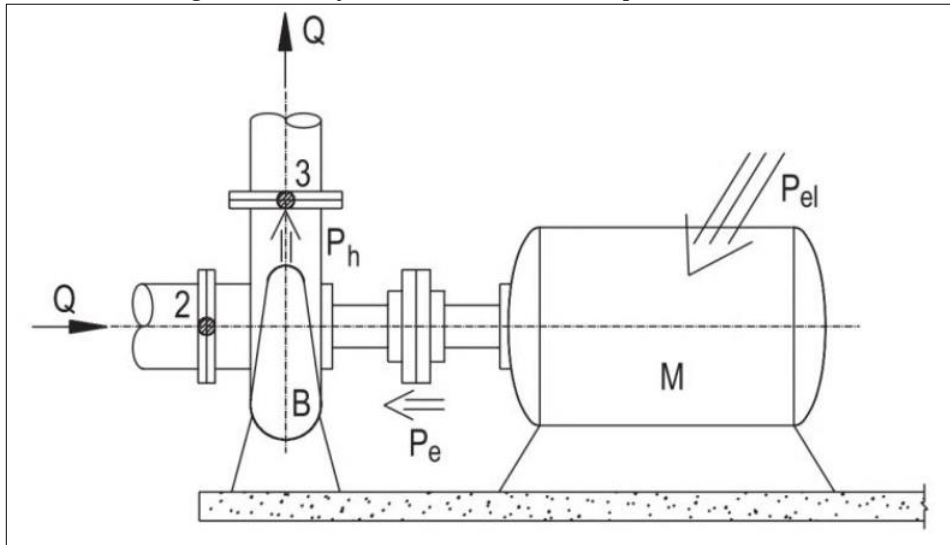
$$P_h = 9,8 \cdot 10^3 \cdot Q \cdot H \quad (W) \quad (20)$$

POTÊNCIA DE EIXO:

Em um conjunto motobomba (Figura 14), no qual o motor está acoplado à bomba, a potência de eixo (P_e) corresponde à potência mecânica (P_m) transmitida ao eixo da bomba (VIANA, 2012). A potência mecânica, apresentada na Equação 21, pode ser determinada a partir da rotação angular ω (rad/s) e do torque no eixo T (N·m), utilizando-se um torquímetro (PORTO, 2006).

$$P_m = T \cdot \omega \quad (W) \quad (21)$$

Figura 14 - Conjunto motobomba com acoplamento direto.



Fonte: Viana (2012).

Nesse contexto, Leite (2024), afirma que a potência de eixo (P_e), também pode ser encontrada através da Equação 22.

$$n = \frac{P_h}{P_e} \quad (22)$$

Onde:

P_h = Potência hidráulica (W)

P_e = potência de eixo (W)

n = rendimento total da bomba (corresponde ao rendimento p/ o ponto de funcionamento calculado)

3.4.4.7 Ajuste de Rotação

Com o objetivo de determinar o ponto de funcionamento mais próximo dos valores de projeto de vazão e altura manométrica, realizou-se o ajuste da rotação da bomba por meio das relações de semelhança. Segundo Porto (2006), essas relações permitem estimar o desempenho da bomba a partir de variações na vazão, altura manométrica e potência, em função da alteração da rotação ou do diâmetro do rotor, considerando-se o rendimento aproximadamente constante.

Azevedo Netto (1998), apresenta essas relações da seguinte forma:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{rpm_1}{rpm_2} \therefore Q_2 = \frac{rpm_2}{rpm_1} * Q_1 \quad (23)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{(rpm_1)^2}{(rpm_2)^2} = \therefore H_2 = \frac{(rpm_2)^2}{(rpm_1)^2} * H_1 \quad (24)$$

Para que não haja alteração na curva do rendimento hidráulico, sugere-se que a redução de rotação não extrapole 20%, isto é, rpm_2/rpm_1 seja sempre superior a 0,80 (TSUTIYA, ANO).

Para evitar alterações significativas na curva de rendimento hidráulico da bomba, a redução da rotação deve ser limitada, adotando-se como critério prático uma relação entre rotações superior a 0,80 ($rpm_2/rpm_1 > 0,80$), de forma que essa a redução de rotação não extrapole 20% (CALLEN, 2026).

Com a rotação reduzida, a CCB pode ser alterada, gerando novos pontos de funcionamento, isto é, novas vazões e alturas manométricas. A partir desses valores, pode-se obter o rendimento de operação relativo à vazão ajustada, por meio do mesmo gráfico de rendimento original; e as potências de funcionamento, a partir das equações 20 e 22.

3.5 MODELAGEM GRÁFICA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A modelagem gráfica da rede de abastecimento de água foi desenvolvida utilizando o *software Autodesk Civil 3D*, com o objetivo de representar tridimensionalmente os elementos que compõem o sistema de abastecimento, permitindo a integração com os demais projetos do empreendimento e possibilitando análises de compatibilização em ambiente BIM.

3.5.1 Dados de Entrada

Para o desenvolvimento do modelo foram utilizados dados provenientes de outras disciplinas do empreendimento, disponibilizados pela equipe técnica da empresa IBR Engenharia. Os arquivos utilizados como base incluem a superfície topográfica, o modelo geométrico das vias, o projeto urbanístico, além dos modelos tridimensionais dos sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário. Esses elementos foram utilizados como referência para o posicionamento da rede de abastecimento e para a verificação da compatibilidade espacial entre os sistemas.

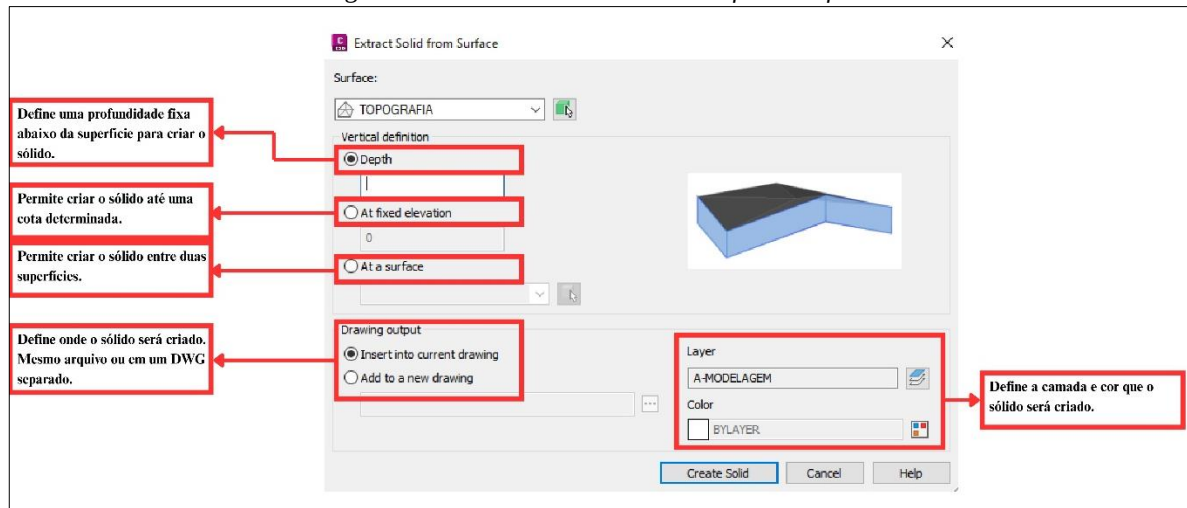
3.5.1.1 Topografia

A superfície topográfica utilizada neste trabalho já contemplava a integração entre o terreno natural e a terraplenagem com áreas previstas para implantação das vias, calçadas e áreas dos lotes, servindo como base para o desenvolvimento da rede de abastecimento de água.

Para melhorar a interpretação do modelo tridimensional, foram utilizados recursos de visualização do Civil 3D, como os estilos *wireframe* e conceitual, permitindo melhor compreensão do relevo e dos elementos incorporados ao modelo.

Entretanto, visando à integração dos modelos no *Software Navisworks* para as etapas posteriores de compatibilização e análise, a superfície foi convertida em um sólido tridimensional. Para isso, utiliza-se o comando *Extract Solids from Surface* do Civil3D (Figura 15), ferramenta que permite transformar uma superfície triangular (TIN) em um sólido 3D. Esse processo gera representações sólidas dos elementos modelados, preservando sua geometria e dimensões, o que facilita a interoperabilidade entre plataformas e melhora o desempenho durante a coordenação dos modelos (ENVISIONCAD, 2014).

Figura 15 - Ferramenta *Extract Solids from Surface*.



3.5.1.2 Geometria

A geometria viária, foi obtida por meio do modelo de corredores fornecidos pela equipe responsável pelo projeto geométrico do empreendimento. Esse modelo contém a modelagem tridimensional das vias projetadas, incluindo os elementos que compõem sua estrutura, conforme ilustrado na Figura 16.

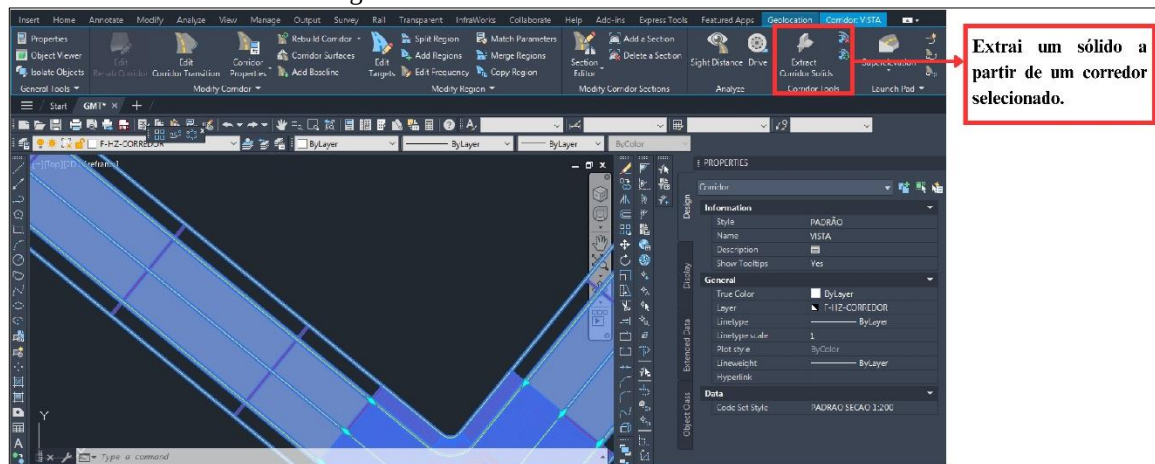
Figura 16 - Geometria das vias - visualização tridimensional dos corredores.



Fonte: Adaptado, IBR-Engenharia (2026).

Assim como para a superfície da disciplina de topografia, visando à integração dos modelos no *Software Navisworks*, os corredores também foram convertidos em sólidos tridimensionais. Para isso, utiliza-se o comando *Extract Corridor Solids* do Civil3D, semelhante ao *Extract Solids from Surface*. Essa ferramenta (Figura 17) permite transformar os corredores paramétricos em objetos sólidos 3D.

Figura 17 - Ferramenta *Extract Corridor Solids*.



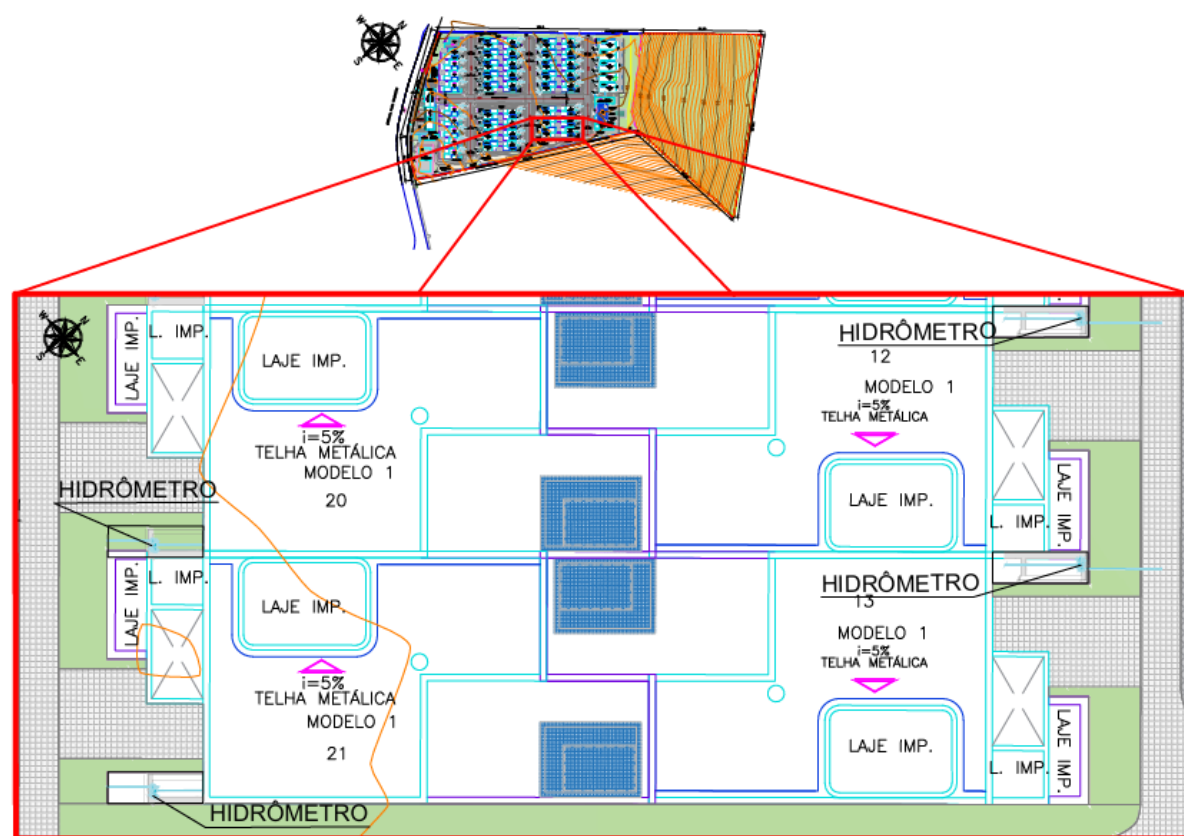
3.5.1.3 Projeto Urbanístico

O projeto urbanístico, disponibilizado em formato bidimensional (2D), conforme apresentado anteriormente na Figura 10 - Planta de Implantação, fornece a configuração dos lotes, áreas verdes e sistema viário do empreendimento. Essas informações servem de base para a definição dos pontos de atendimento da rede de abastecimento de água e para o planejamento da sua distribuição ao longo do condomínio.

A Figura 18 apresenta uma ampliação de um trecho do empreendimento, abrangendo as residências 12, 13, 20 e 21, na qual é destacada a camada contendo as posições previstas para instalação dos hidrômetros residenciais, elaborada pela equipe de projetos hidrossanitários da empresa. Essa aproximação possui caráter meramente ilustrativo e será utilizada para facilitar a visualização das informações, uma vez que o mesmo critério de definição dos pontos de instalação dos hidrômetros é adotado para todas as unidades do condomínio.

A integração entre o projeto urbanístico e os elementos hidrossanitários permite o adequado posicionamento da infraestrutura de abastecimento, garantindo o atendimento das demandas de água previstas para os diferentes setores do empreendimento.

Figura 18 - Posicionamento dos hidrômetros residenciais.



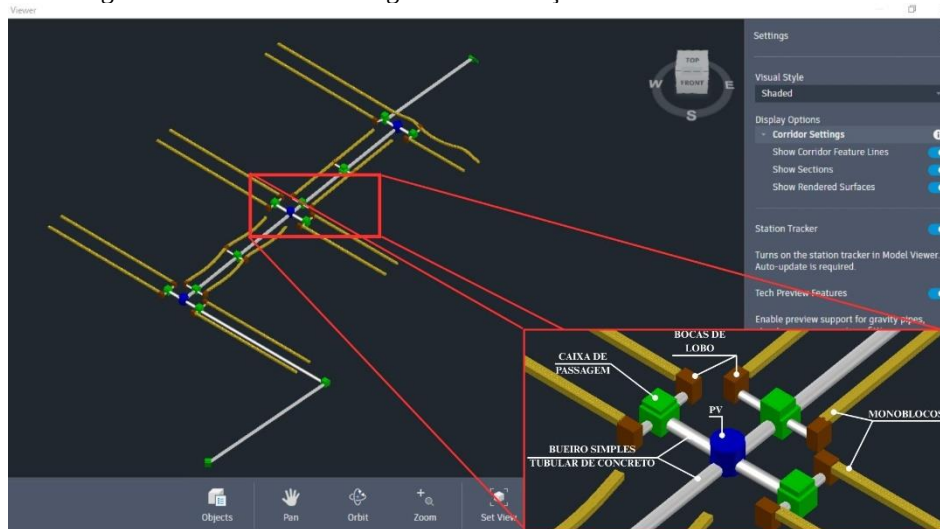
Fonte: Adaptado, IBR-Engenharia (2026).

3.5.1.4 Projetos de Drenagem e Esgotamento Sanitário

Os projetos de drenagem pluvial e esgotamento sanitário foram disponibilizados pelos projetistas na forma de sólidos 3D, isso permite a visualização espacial das estruturas e auxiliando na concepção da rede de abastecimento de água, com redução de possíveis conflitos entre os sistemas.

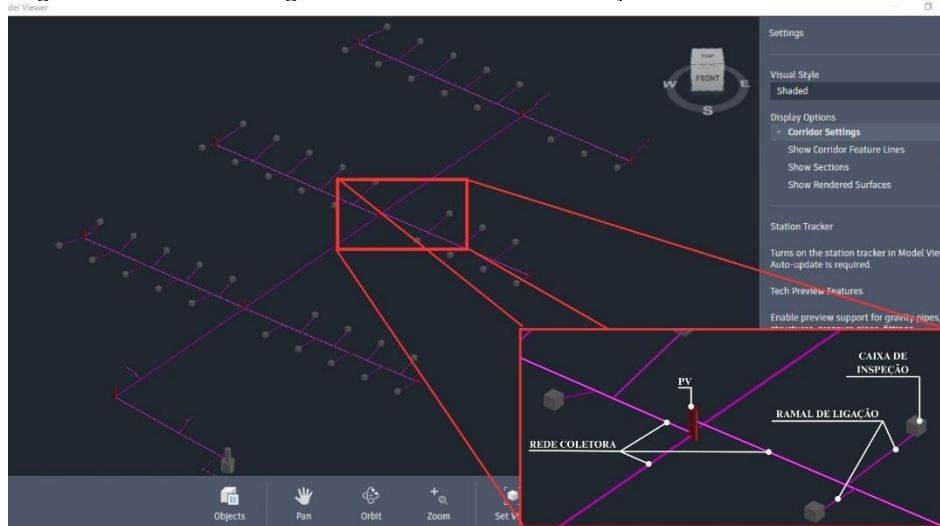
As Figura 19 e Figura 20 mostram a representação tridimensional dos sólidos correspondentes às estruturas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário que foram incorporadas ao modelo.

Figura 19 - Sistema de drenagem - visualização tridimensional dos sólidos.



Fonte: Adaptado, IBR-Engenharia (2026).

Figura 20 - Sistema de esgotamento sanitário - visualização tridimensional dos sólidos.



Fonte: Adaptado, IBR-Engenharia (2026).

3.5.2 Lançamento da Rede de Abastecimento

Após a consolidação dos dados de entrada, foi realizada a modelagem dos elementos que compõem o sistema de abastecimento de água. Essa etapa envolve a representação das tubulações, dispositivos hidráulicos e estruturas auxiliares, possibilitando a construção de um modelo integrado e compatibilizado com as demais disciplinas do empreendimento.

As tubulações foram modeladas de acordo com o traçado definido em projeto, considerando os alinhamentos viários, as condições topográficas e os critérios de implantação

adotados. Além da representação geométrica, o modelo contempla informações técnicas relevantes, como diâmetros, materiais e profundidades de assentamento.

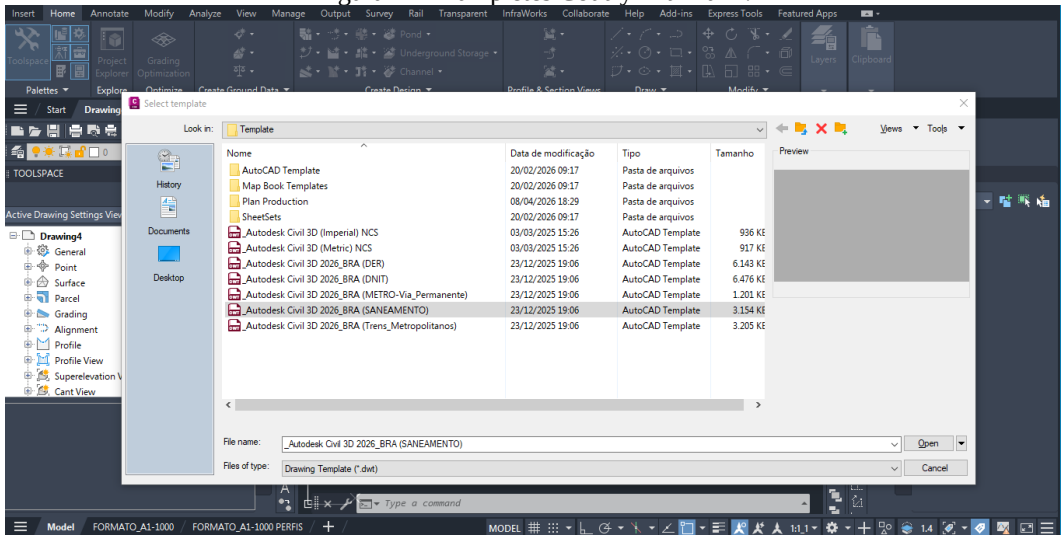
3.5.2.1 Bibliotecas utilizadas

Antes do início da modelagem da rede de abastecimento de água, é foi realizada a configuração das bibliotecas de componentes empregadas no projeto. Essa etapa teve como objetivo garantir a correta representação dos materiais e dispositivos previstos, bem como padronizar os elementos utilizados ao longo da modelagem.

O *Country Kit Brasil* consiste em um conjunto de personalizações desenvolvidas para adequar o Civil 3D aos padrões e requisitos adotados no mercado brasileiro (BORGES, 2024). Entre os recursos disponibilizados estão os templates, bibliotecas de componentes e demais configurações que auxiliam na padronização da modelagem e da documentação técnica de projetos de infraestrutura (AUTODESK, 2022).

Embora o *Country Kit Brasil* possua diversos recursos desenvolvidos para atender às demandas de órgãos e projetos rodoviários brasileiros, o pacote também disponibiliza ferramentas aplicáveis a outras áreas da infraestrutura, incluindo saneamento conforme Figura 21.

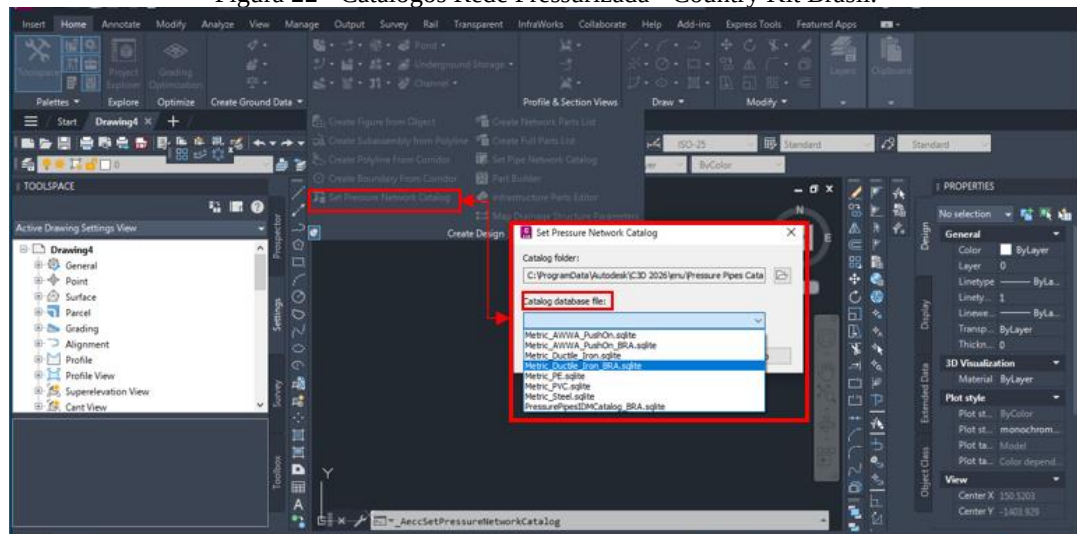
Figura 21 - Tamplates Coutry Kit Brazil.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Conforme ilustrado na Figura 22, a pasta *Pressure Pipes Catalog* contém a lista de opções de catálogo utilizadas pelo Civil 3D para a inserção dos componentes em um sistema de abastecimento de água.

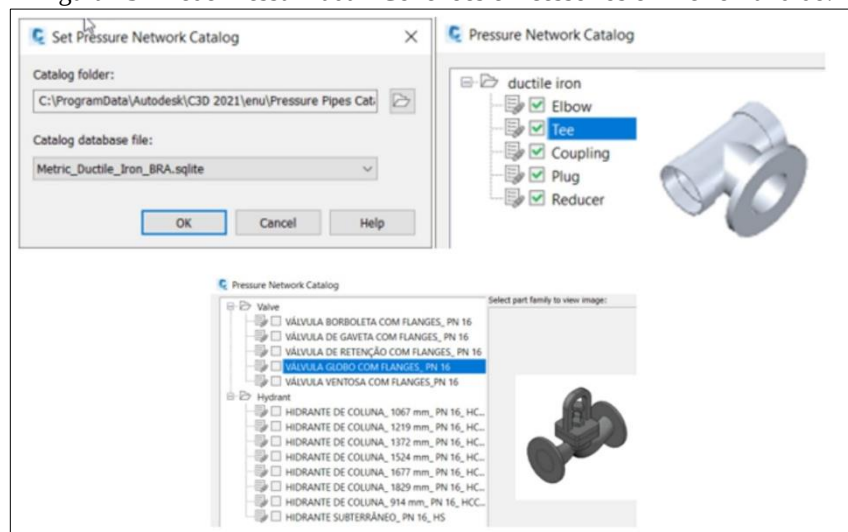
Figura 22 - Catálogos Rede Pressurizada - Country Kit Brasil.



Fonte: Elaboração própria (2026).

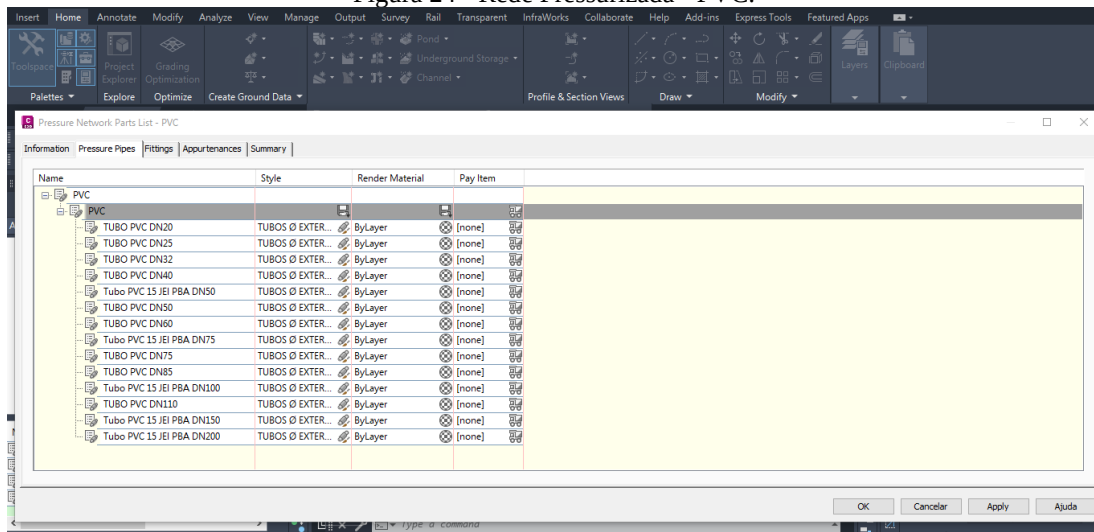
As Figura 23 e Figura 24 apresentam exemplos dos componentes disponíveis nos catálogos utilizados, incluindo conexões e acessórios de ferro fundido provenientes do *Country Kit Brasil*, bem como peças em PVC pertencentes à biblioteca personalizada da IBR-Engenharia.

Figura 23 - Rede Pressurizada - Conexões e Acessórios em Ferro Fundido.



Fonte: AUTODESK (2022).

Figura 24 - Rede Pressurizada - PVC.



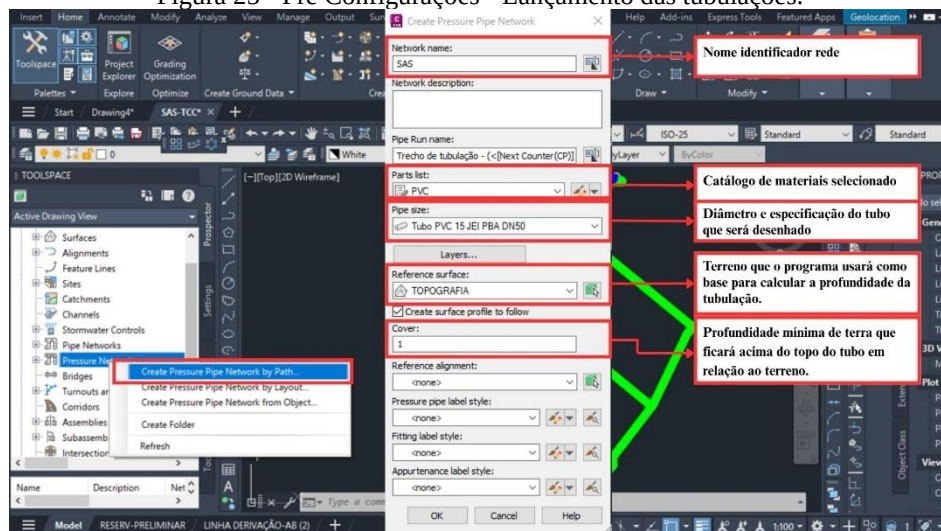
Elaboração própria (2026).

3.5.2.2 Tubulações e Dispositivos

Após a definição do traçado preliminar das redes de distribuição e derivação, apresentado nas Figura 11 e Figura 13, bem como a configuração dos catálogos de tubulações, foi realizada a modelagem das redes por meio da ferramenta *Create Pressure Pipe Network by Path*. Essa ferramenta permite a criação de redes pressurizadas a partir da definição de um percurso ponto a ponto, possibilitando a inserção automática das tubulações e conexões.

Previamente ao lançamento da rede, foram configurados parâmetros como o material da tubulação, a superfície de referência e a profundidade mínima de assentamento, conforme ilustrado na Figura 25. Essas definições permitem que os elementos sejam posicionados automaticamente em conformidade com os critérios de projeto adotados.

Figura 25 - Pré Configurações - Lançamento das tubulações.



Fonte: Elaboração própria (2026).

A profundidade de assentamento de 1,00 m (entre ponto de derivação até o hidrômetro geral), foi adotada para garantir a proteção mecânica da tubulação, em conformidade com critérios utilizados por concessionárias de saneamento, como a SABESP (2018), que recomenda recobrimentos entre 1,00 m e 1,20 m para redes implantadas em leito carroçável. Para os trechos internos do condomínio, foi adotada a profundidade de 0,80 m, considerando a baixa intensidade de tráfego local e as recomendações da TIGRE (2025) para áreas sujeitas à circulação de veículos leves.

3.5.2.3 Reservatórios e booster

Os catálogos de componentes utilizados na modelagem da rede não contemplam elementos específicos para a representação do reservatório e booster. Em razão disso, essas estruturas foram representadas por blocos tridimensionais genéricos desenvolvidos em CAD, com dimensões compatíveis às previstas em projeto. Essa solução mostra-se adequada aos objetivos deste trabalho, desenvolvido em nível de estudo preliminar, cujo foco está na definição da concepção do sistema e na avaliação de sua viabilidade espacial.

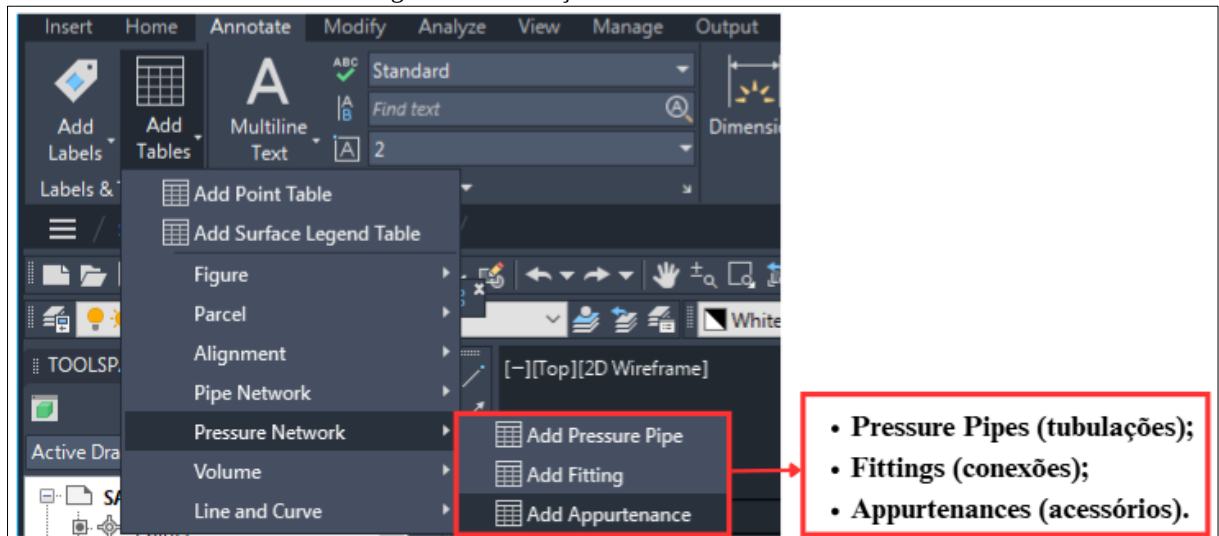
Sob a perspectiva da metodologia BIM, essas representações podem ser associadas predominantemente aos níveis de desenvolvimento LOD 200, nos quais os elementos são modelados por meio de geometrias simplificadas e dimensões aproximadas, contendo informações suficientes para análises de posicionamento, ocupação do espaço e compatibilização com os demais sistemas do empreendimento (NUNES et al., 2021; PATEL, 2026).

3.5.3 Extração de Dados do Modelo

3.5.3.1 Listagem de materiais

Após a conclusão da modelagem, foi obtida automaticamente a listagem dos componentes inseridos na rede por meio das ferramentas de geração de tabelas (Figura 26). Para redes pressurizadas, o *software* disponibiliza comandos específicos que permitem extrair informações das tubulações, conexões e acessórios diretamente do modelo tridimensional, garantindo consistência entre a documentação gerada e os elementos efetivamente modelados.

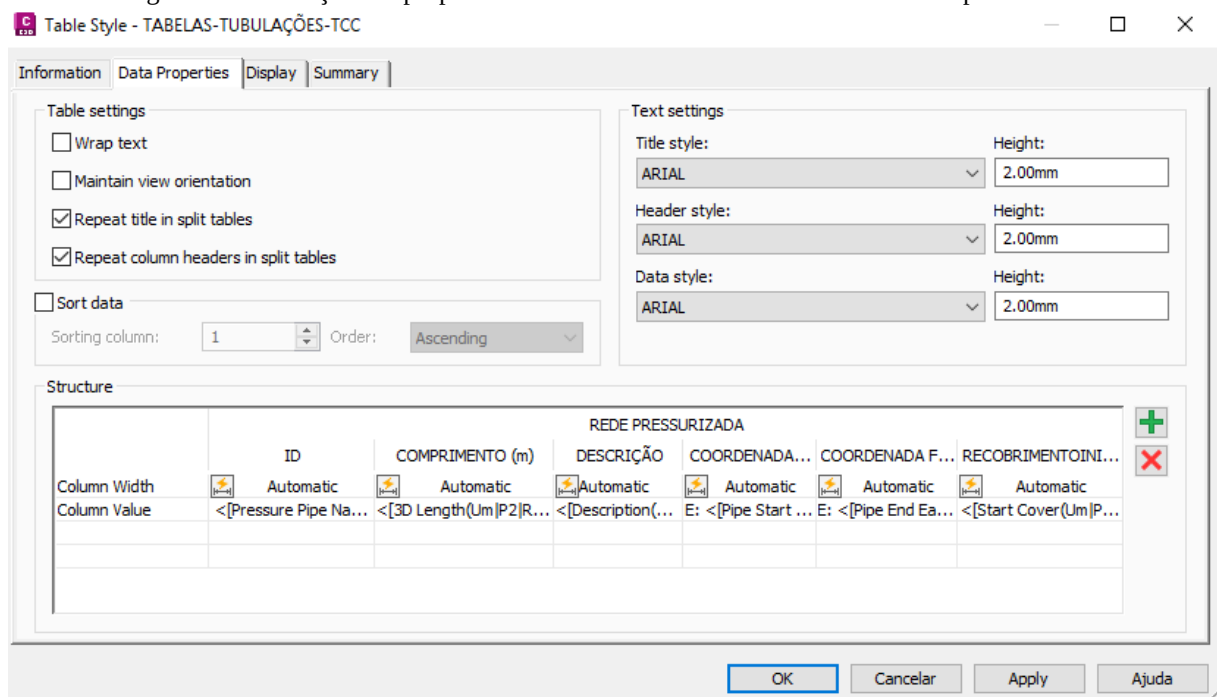
Figura 26 - Obtenção de tabelas automáticas.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Por meio da ferramenta *Add Tables > Pressure Network*, ilustrada na Figura 26, foram geradas automaticamente tabelas contendo informações dos componentes modelados, incluindo identificação, descrição, coordenadas, comprimentos e demais propriedades da rede (Figura 27). Como esses dados são extraídos diretamente do modelo, as tabelas permanecem vinculadas aos elementos representados, sendo atualizadas automaticamente em caso de alterações, o que contribui para a consistência das informações e reduz a possibilidade de erros associados à documentação manual.

Figura 27 - Definição das propriedades e atributos utilizados na tabela da rede pressurizada.

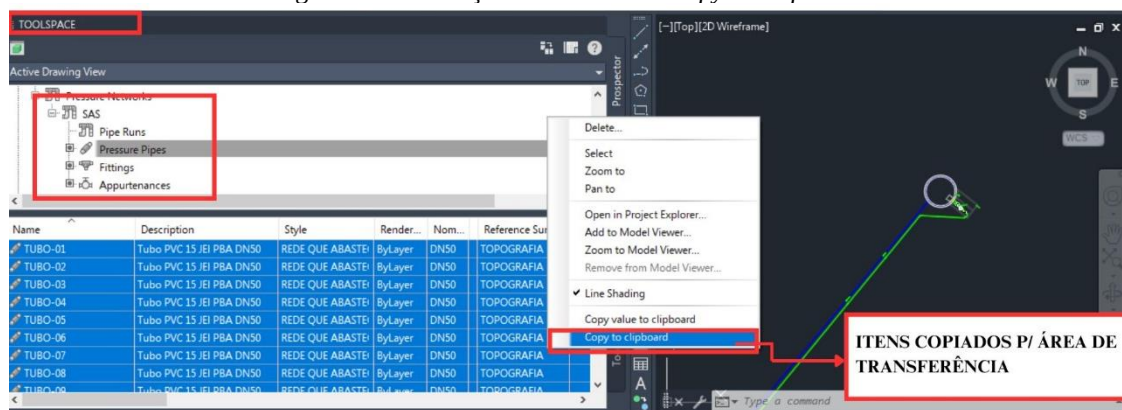


Fonte: Elaboração própria (2026).

3.5.3.2 Quantitativos

Para a conferência e consolidação dos quantitativos, as listagens de componentes das categorias *Pressure Pipes* (tubulações), *Fittings* (conexões) e *Appurtenances* (acessórios) foram extraídas do Civil 3D por meio da ferramenta *Copy to Clipboard*, disponível no painel *Toolspace* (Figura 28) e exportadas do Civil 3D para o *Microsoft Excel*.

Figura 28 - Utilização da ferramenta *Copy to Clipboard*.



Fonte: Elaboração própria (2026).

3.6 COMPATIBILIZAÇÃO

3.6.1 Integração dos modelos

A etapa de compatibilização foi realizada com o objetivo de integrar os modelos das disciplinas de infraestrutura, permitindo a análise conjunta dos sistemas projetados e a identificação de possíveis conflitos espaciais entre os elementos.

Inicialmente, foi realizada a integração dos modelos referentes ao modelo de drenagem pluvial, esgotamento sanitário, terraplenagem e abastecimento no *software Navisworks*, formando um modelo federado. Essa integração permite a visualização simultânea das diferentes disciplinas em um único ambiente virtual, possibilitando a avaliação da interação entre os elementos projetados e a identificação de possíveis incompatibilidades geométricas entre as redes.

3.6.2 Detecção de interferências

Após a integração dos modelos, foi utilizada a ferramenta *Clash Detective*, disponibilizada pelo *Navisworks*, para a detecção automática de interferências entre os componentes dos projetos. Para isso, foram realizados testes de colisão entre pares de disciplinas, avaliando a ocorrência de sobreposição ou conflito espacial entre os elementos modelados.

Os critérios de análise consideram a identificação de interferências físicas entre componentes das redes, sendo realizada uma avaliação individual dos conflitos encontrados para diferenciar colisões reais de situações esperadas de projeto, como conexões entre elementos que necessariamente deverão possuir contato físico.

Foram avaliadas as seguintes combinações entre sistemas:

- TESTE 1: Sistema de abastecimento de água × sistema de drenagem pluvial;
- TESTE 2: Sistema de abastecimento de água × sistema de esgotamento sanitário;
- TESTE 3: Sistema de abastecimento de água × terraplenagem.

A partir dos resultados gerados pelo *Clash Detective*, as interferências identificadas foram analisadas considerando sua localização, os elementos envolvidos e a necessidade de ajustes nos modelos. Dessa forma, a compatibilização permite verificar a integração entre as disciplinas e antecipar possíveis problemas de execução antes da etapa construtiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COLETA DE DADOS

4.1.1 População de projeto

Para a população de projeto, conforme os parâmetros explicados na metodologia, obteve-se uma população estimada de 306 habitantes, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Estimativa da população de projeto.

POPULAÇÃO DE PROJETO					
Descrição	Suites (und.)	Estimativa pessoas/quarto	Habitantes por casa (und.)	Nº de Casas (und.)	Habitantes (und.)
Casa Modelo 1	3	2	6	44	264
Casa Modelo 2	4	2	8	5	40
Guarita	-	-	-	-	2
Σ					306

O sistema de distribuição de água será implantado em fase única, uma vez que o condomínio não dispõe de áreas destinadas a expansões futuras. Dessa forma, considerou-se que todas as unidades projetadas, incluindo áreas residenciais e comuns, correspondem à ocupação total do empreendimento.

4.1.2 Vazões de Projeto

As vazões máxima diária ($Q_{\text{máx,d}}$), máxima horária ($Q_{\text{máx,h}}$), e em marcha (Q_{mar}), calculadas para esse estudo estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Vazões máxima diária, horária e de distribuição.

VAZÃO DE PROJETO E DISTRIBUIÇÃO		
$Q_{\text{máx,d}}$ (L/s)	$Q_{\text{máx,h}}$ (L/s)	Q_{mar} (L/s/m)
0,638	0,956	0,00209

4.2 DIMENSIONAMENTO

4.2.1 Linha de Derivação – LD

PERDA DE CARGA DISTRIBUIDA E LOCALIZADA:

Conforme mencionado na metodologia, a perda de carga distribuída foi calculada pela equação de Hazen-Williams, enquanto a perda de carga localizada foi estimada pelos métodos dos coeficientes de perda localizada (k) e do comprimento equivalente (Le). Os resultados e detalhes desses cálculos podem ser consultados no APÊNDICE A.

Considerando que nem todos os componentes hidráulicos são contemplados de forma equivalente pelas metodologias de cálculo da perda de carga localizada, adotou-se, para cada peça, o maior valor obtido entre os métodos avaliados, conforme apresentado na coluna 4 do APÊNDICE A, a fim de conferir maior segurança aos resultados.

Durante a análise, verificou-se que as peças de ID C-05 e C-08, correspondentes às extremidades, e a peça A2, referente ao registro de esfera, não apresentavam valores específicos de perda de carga para nenhum dos métodos aplicados. Já para as peças C-09, correspondente à bucha de redução, e C-10, referente à curva de 22°, os valores de perda de carga estavam disponíveis apenas para o método do coeficiente de perda localizada k .

Ressalta-se ainda que, para o cálculo da perda de carga distribuída, o trecho compreendido entre o registro geral e a chegada ao reservatório possui diâmetro de 40 mm, inferior ao limite mínimo recomendado de 50 mm para aplicação da equação de Hazen-Williams. Essa condição poderia resultar em um valor de perda de carga subestimado em relação ao comportamento real do sistema. Entretanto, optou-se por manter a equação, uma vez que, posteriormente, foi adotado um critério conservador, considerando a superestimação da perda de carga total, conforme detalhado a seguir.

Com isso, a perda de carga distribuída foi estimada em 3,09 m, enquanto a perda de carga localizada resultou em 0,10 m. A Tabela 9 apresenta um resumo dos valores de perda de carga obtidos e adotados para os cálculos subsequentes.

Tabela 9 - Perdas distribuída, localizada e total.

PERDAS DE CARGA			
ΔH_{dist} (m)	Δh_{loc} (m)	$\Delta H_{tot} = \Delta H_{dist} + \Delta h_{loc}$ (m)	ΔH_{tot}^*
3,09	0,10	3,19	4,19

Visando contemplar incertezas associadas a perdas não previstas e possíveis variações de vazão e pressão na rede, especialmente em função da sazonalidade da demanda, foi acrescido 1 m à perda de carga total calculada, resultando no valor de $\Delta H_{tot}^* = 4,19\text{m}$

VERIFICAÇÃO DA VELOCIDADE:

Com o objetivo de evitar velocidades inferiores a 0,40 m/s, conforme recomendado pela NBR 12218 (ABNT, 2017), adotou-se uma tubulação com diâmetro nominal DN 40 mm. Assim, considerando a vazão máxima diária de $Q_{m\acute{a}x,d} = 0,638\text{ L/s}$, aplicando a Equação 25, obteve-se uma velocidade de escoamento de aproximadamente $v=0,5\text{ m/s}$ para esse trecho.

$$v = \frac{Q_{\text{máxd}}}{A_{\text{conduto}}} = \frac{Q_{\text{máxd}}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{0,000638}{\frac{\pi(0,04)^2}{4}} = 0,50 \text{ m/s} \quad (25)$$

VERIFICAÇÃO DAS PRESSÕES DISPONÍVEIS:

Considerando a carga de posição ($z_A=43,62$) e a carga de pressão disponível no ponto de derivação igual 10 m.c.a (como explicado no tópico 3.1.1 Implantação e características) a cota piezométrica nesse ponto, portanto, é de $Cp_A = 53,62$ m. Já no ponto a jusante, onde chega ao reservatório, a cota piezométrica encontrada a partir da diferença entre a cota piezométrica do nó a montante e a perda de carga do trecho ($\Delta H_{tot} = 4,19$ m), foi de $Cp_C = 49,43$ m.

Em posse dessas informações obteve-se as pressões disponíveis nesses pontos, encontradas a partir da diferença entre as cotas piezométricas e cotas das tubulações. Essas informações podem ser melhor conferidas na Tabela 10.

Tabela 10 - Pressões disponíveis no trecho de derivação.

TRECHO	ΔH_{tot} (m)	Cota Tubulação (m)		Cota Piezométrica (m)		Pressão Disponível (m.c.a)	
		mont.	jus.	mont.	jus.	mont.	jus.
		z_A	z_C	Cp_A	Cp_C	P_A	P_C
A-C	4,19	43,62	44,54	53,62	49,43	10	4,9

A pressão disponível no ponto mais desfavorável da LD foi calculada em 4,9 m.c.a. Embora esse valor esteja abaixo da pressão dinâmica mínima de 10 m.c.a., recomendada pelas normas técnicas, tal resultado já era esperado em razão das características topográficas do terreno e do cenário crítico previamente delimitado. Ainda assim, a pressão disponível é suficiente para o abastecimento de um reservatório apoiado de pequeno porte, atendendo ao objetivo proposto para o sistema.

4.2.2 Reservatório

Para este estudo, adotou-se um reservatório principal de distribuição do tipo circular apoiado, dotado de poço de rebaixo, visando maximizar o aproveitamento do volume armazenado e minimizar o volume morto da estrutura. A utilização dessa solução, como já mencionado na revisão teórica, é recorrente em projetos de saneamento, sendo prevista, por exemplo, na proposta técnica elaborada pela Águas da Condessa S.A. para a concessão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Paraíba do Sul (RJ) (RIO DE JANEIRO, 2021).

A análise hidráulica da rede pública identificou duas condições que poderiam influenciar diretamente o dimensionamento do sistema de abastecimento do empreendimento. A primeira refere-se à baixa pressão disponível no ponto de conexão com a rede pública, associada à possibilidade de expansão populacional a jusante, o que pode contribuir para uma redução ainda maior da pressão disponível ao longo do tempo. A segunda está relacionada à sazonalidade do consumo e ao crescimento populacional, fatores que podem comprometer a disponibilidade hídrica e ocasionar períodos de insuficiência no abastecimento.

Diante dessas limitações, foram avaliadas diferentes alternativas para garantir o atendimento adequado ao empreendimento:

- a) **Ligação direta da rede pública aos reservatórios individuais das residências:** essa alternativa foi descartada devido à pressão insuficiente da rede pública para garantir o abastecimento adequado aos pontos mais desfavoráveis, além de não solucionar possíveis problemas relacionados à falta de água em períodos de maior demanda.
- b) **Ligação da rede pública diretamente a um reservatório elevado:** essa solução permitiria maior segurança quanto à disponibilidade de água, porém a baixa pressão da rede pública poderia impedir o enchimento adequado do reservatório, comprometendo sua operação.
- c) **Implantação de um booster a montante de um reservatório elevado:** essa alternativa solucionaria as limitações de pressão e disponibilidade de água, entretanto envolveria, além dos custos associados à implantação da estrutura elevada, despesas adicionais relacionadas à operação e manutenção do sistema de bombeamento.
- d) **Implantação de um reservatório apoiado associado a um booster a jusante:** essa alternativa permite que a rede pública, mesmo com baixa pressão, contribua para o enchimento do reservatório, garantindo maior segurança quanto à disponibilidade de água. Posteriormente, o sistema de bombeamento fornece a pressão necessária para o abastecimento adequado das unidades consumidoras.

Dessa forma, a alternativa (d) foi considerada a mais viável, pois atende às limitações identificadas na análise hidráulica e apresenta menor complexidade e custo de implantação quando comparada à solução com reservatório elevado, que seria uma estrutura maior.

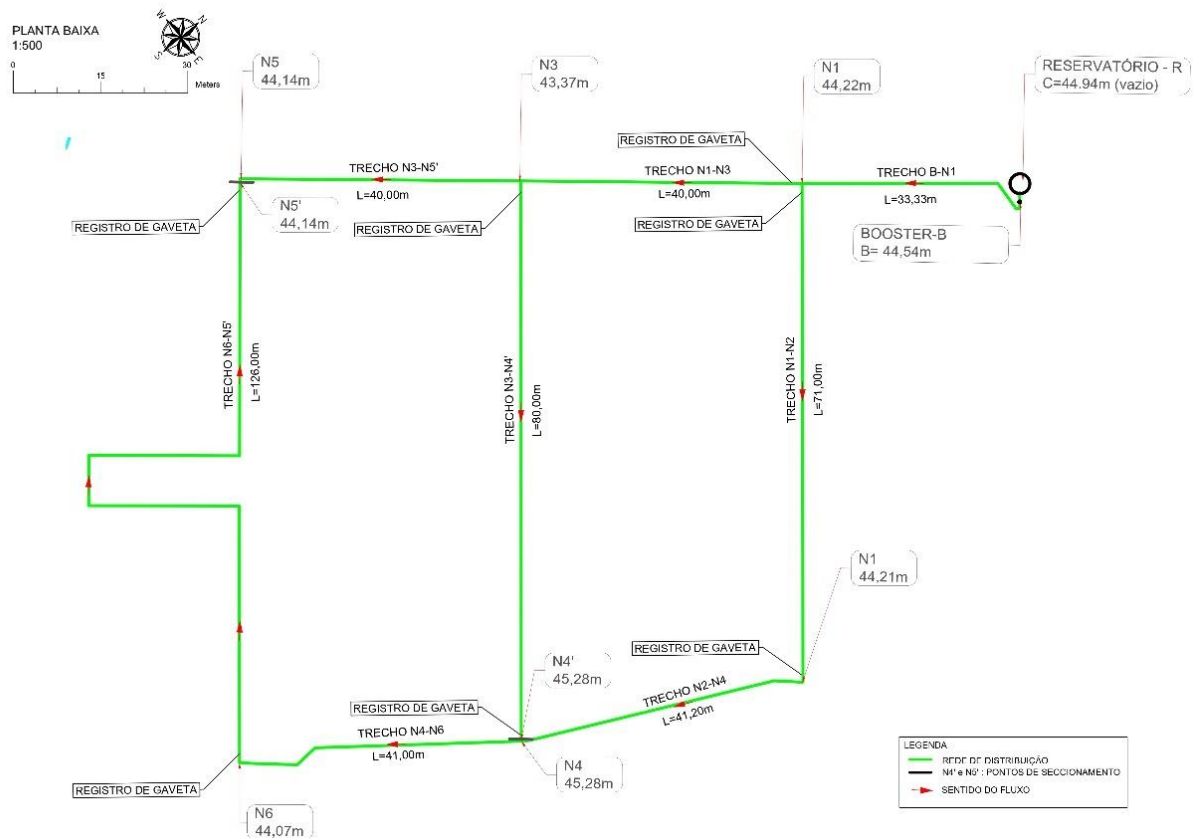
4.2.3 Rede de Distribuição

Quanto a concepção, rede de distribuição foi pensada em uma configuração malhada, proporcionando maior flexibilidade operacional e confiabilidade ao sistema. Essa solução

permite que eventuais intervenções de manutenção sejam realizadas com o isolamento apenas dos trechos afetados, minimizando interrupções no abastecimento das demais unidades consumidoras. Quanto ao traçado da rede, optou-se por sua implantação ao longo das calçadas, visando reduzir interferências com as redes de drenagem pluvial e esgotamento sanitário previstas para as vias do condomínio.

Em relação do dimensionamento, primeiramente foram adotados os sentidos dos fluxos, bem como os pontos de seccionamento N4' e N5'. Em seguida levantados os dados de cotas e extensão dos trechos conforme apresentado na Figura 30.

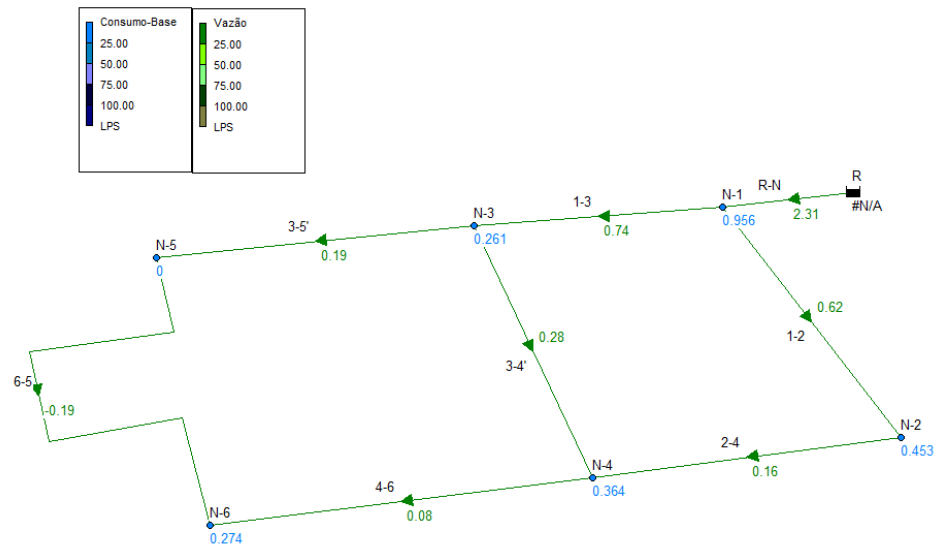
Figura 30 - Traçado preliminar - rede de distribuição



Fonte: Elaboração própria (2026).

Posteriormente, com o objetivo de verificar o sentido do fluxo na rede, o sistema foi inserido no programa EPANET, considerando as respectivas cotas, comprimentos e consumos base, conforme apresentado na Figura 31. Os consumos atribuídos a cada nó correspondem aos valores de vazão a montante e a jusante, calculados na planilha do cálculo hidráulico apresentada na Figura 32.

Figura 31 - Sentido do fluxo EPANET.



Fonte: Elaboração própria (2026).

O sentido do fluxo obtido no EPANET coincidiu com o previamente adotado pelo método do seccionamento fictício, com exceção do trecho N6–N5, no qual o programa indicou escoamento no sentido N5–N6. Foram realizados novos testes e repetidos os cálculos considerando o sentido indicado pelo software, entretanto, o EPANET voltou a inverter o fluxo do trecho, mantendo o mesmo comportamento hidráulico.

Essa condição pode ser atribuída à característica malhada da rede considerada pelo programa, diferentemente do método do seccionamento fictício, que define previamente o percurso da água ao transformar a rede em ramificada. Assim, a inversão observada em apenas um trecho não compromete o funcionamento geral da rede nem os critérios de dimensionamento adotados.

Abaixo estão apresentadas as demais etapas (Quadro 6) realizadas para o cálculo hidráulico da rede de água (Figura 32).

Quadro 6 - Etapas do cálculo hidráulico da rede de água.

ETAPA	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO
Etapa 01	Coluna 1	Identificação dos trechos.
Etapa 02	Coluna 2 e 3	Identificação dos nós a montante e a jusante.
Etapa 03	Coluna 4	Inserção da extensão total por trecho
Etapa 04	Coluna 5	Calculada a vazão de jusante (Q_j) pela Equação (6)
Etapa 05	Coluna 6	Calculada a vazão de distribuição (Q_D) pela Equação (3)
Etapa 06	Coluna 7	Calculada a vazão de montante (Q_m) pela Equação (5)
Etapa 07	Coluna 8	Calculada a vazão de fictícia (Q_f) pela Equação (7) e (8)
Etapa 08	Colunas 9, 10, 11 e 12	Inseridos os diâmetros nominais (DN), externo (DE) e interno (DI). Considerando como referência espessura de tubos PVC do catálogo da TIGRE. (https://api.aecweb.com.br/cls/catalogos/tigre/aguafrigia.pdf)
Etapa 09	Coluna 13 e 14	Calculada a perda de carga unitária e distribuída pela Equação (10)
Etapa 10	Coluna 15	Calculada a perda de carga unitária pelo método do comprimento equivalente e coeficiente k. Sendo escolhido o resultado de maior valor entre os métodos, conforme ANEXO B.
Etapa 11	Coluna 16	Calculada a perda de carga total $\Delta H_{tot} = \Delta H_{dist} + \Delta h_{loc}$ (m)
Etapa 12	Coluna 17 e 18	Cotas piezométricas, à montante e à jusante do trecho calculada pela diferença entre a cota piezométrica do nó à montante e a perda de carga do trecho;
Etapa 13	Coluna 19 e 20	Inseridas as cotas do terreno para os nós à montante e à jusante
Etapa 14	Colunas 21 e 22	Pressão disponível à montante e à jusante calculadas pela diferença entre as cotas piezométricas e as cotas do terreno. Na situação sem bombeamento.
Etapa 15	Colunas 23 e 24	Acrescida, à pressão disponível, a altura manométrica do booster de $H_m = 12,60\text{m}$
Etapa 15	Coluna 25	Verificada a velocidade pela Equação (13)

Fonte: Elaboração própria (2026).

O dimensionamento hidráulico realizado sem a utilização de sistema de pressurização, ou seja, na condição crítica de operação, na qual o reservatório se encontra vazio, resultou em valores de pressão disponível insuficientes para o atendimento adequado da rede, variando entre -2,59 m.c.a. e 0,73 m.c.a. Esse resultado já era esperado em função das características topográficas do terreno e das premissas adotadas no projeto, especialmente a disponibilidade de apenas 10 m.c.a. de pressão dinâmica no ponto de alimentação do sistema e a utilização de um reservatório apoiado, cuja configuração, nesse estudo, não proporciona ganho significativo de carga hidráulica à rede de distribuição.

Figura 32 - Planilha do cálculo hidráulico da Rede de Água.

DADOS													
População (hab)	306	k2	1,5	Extensão sem distribuição em marcha (m)				32	Cota Piezométrica (m) no reservatório vazio: C_{preser}				44,94
qpc (L/hab/dia)	150	Coefficiente C	132,5	Q_{total} (l/s)				0,956					
k1	1,2	Extensão (m)	474	Q_{mar} (l/s.m)				0,0022	Altura manométrica necessária Hm				12,60

COLUNAS																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Trecho	Nós		Extensão	Vazão (l/s)				Diâmetros (mm)				Perdas de carga (m)				Cota Piezométrica (m)		Cota Terreno (m)		Pressão Disponível (m.c.a) sem bomba		Pressão Disponível (m.c.a) com bomba		v (m/s)
	jus.	mont.		Q_i	Q_D	Q_m	Q_f	DN	DE	e(mm)	DI	J (m/m)	ΔH_{dist}	Δh_{loc}	Δh_{total}	C_{pm}	C_{pi}	C_{tm}	C_{ti} (m)	P_m	P_i	P_m	P_i	
N3-N5	N5	N3	40,00	0,000	0,087	0,087	0,050	40,00	40,00	2,40	35,20	0,0002	0,0068	0,0009	0,0076	44,10	44,10	43,37	44,14	0,73	-0,04	13,32	12,54	0,05
N3-N4'	N4'	N3	80,00	0,000	0,174	0,174	0,101	40,00	40,00	2,40	35,20	0,0006	0,0487	0,0188	0,0675	44,10	44,04	43,37	45,28	0,73	-1,24	13,32	11,34	0,10
N1-N3	N3	N1	40,00	0,261	0,087	0,349	0,305	40,00	40,00	2,40	35,20	0,0047	0,1894	0,0019	0,1913	44,30	44,10	44,22	43,37	0,08	0,73	12,66	13,32	0,31
N6-N5'	N5'	N6	126,00	0,000	0,274	0,274	0,158	40,00	40,00	2,40	35,20	0,0014	0,1777	0,0484	0,2261	42,47	42,24	44,07	44,14	-1,60	-1,90	10,98	10,69	0,16
N4-N6	N6	N4	41,00	0,274	0,089	0,364	0,319	40,00	40,00	2,40	35,20	0,0052	0,2112	0,0139	0,2251	42,69	42,47	45,28	44,07	-2,59	-1,60	10,00	10,98	0,33
N2-N4	N4	N2	41,00	0,364	0,089	0,453	0,408	40,00	40,00	2,40	35,20	0,0081	0,3334	0,0158	0,3491	43,04	42,69	44,21	45,28	-1,17	-2,59	11,42	10,00	0,42
N1-N2	N2	N1	71,00	0,453	0,155	0,608	0,530	40,00	40,00	2,40	35,20	0,0132	0,9362	0,3165	1,2527	44,30	43,04	44,22	44,21	0,08	-1,17	12,66	11,42	0,55
B-N1	N1	B	33,00	0,956	0,000	0,956	0,956	50,00	50,00	2,40	45,20	0,0116	0,3831	0,1946	0,5776	44,87	44,30	44,94	44,22	-0,07	0,08	12,52	12,66	0,60
R-B	B	R	2,00	0,956	0,000	0,956	0,956	50,00	50,00	2,40	45,20	0,0116	0,0232	0,0441	0,0673	44,94	44,87	44,94	44,94	0,00	-0,07	12,60	12,52	0,60

Fonte: Elaboração própria (2026).

Reescrevendo a Equação 16 de Bernoulli estendida, apresentada na metodologia, para a situação do estudo, a altura manométrica ($H_m=12,60$) necessária do booster foi encontrada pela Equação 26. Onde foram consideradas as seguintes premissas:

- Situação crítica, onde o reservatório (R) se encontraria vazio, logo carga de pressão $\frac{P_1}{\gamma} = 0$ mca e carga de elevação $z_1 = 44,94$ m.
- Avaliação o trecho (R-N04), visto que o nó N04 é o ponto mais desfavorável, devido à maior elevação ($z_2 = 45,28$ m) e às perdas de carga acumuladas, logo a perda de carga ao longo do trecho é $\Delta H_{R-N4} = 2,25$ m.
- Fixação da pressão dinâmica mínima necessária no nó N04, portanto sendo a carga de pressão $\frac{P_2}{\gamma} = 10$ m.c.a.

$$H_m = \left(\frac{P_2}{\gamma} + z_2\right) - \left(\frac{P_1}{\gamma} + z_1\right) + \Delta H_{R-N4} \quad (26)$$

Logo, a adoção de um sistema de pressurização do tipo booster, capaz de fornecer uma altura manométrica adicional de 12,60 m, permite elevar a pressão disponível na rede, fazendo com que esta varie entre 10,0 m.c.a. e 13,32 m.c.a. Dessa forma, são atendidos os requisitos mínimos de operação, garantindo condições adequadas de abastecimento em todos os pontos da rede, conforme apresentado nas colunas 23 e 24 da Figura 32.

Quanto a escolha do material da rede, embora os tubos PBA sejam os mais utilizados em redes de abastecimento de água, a ausência de fabricação no diâmetro DN40 motivou a adoção de tubos da linha PBS nos trechos correspondentes. Essa escolha foi possível em razão da compatibilidade dimensional entre os sistemas.

Em relação às velocidades de escoamento, observou-se que, mesmo após a redução do diâmetro das tubulações de 50 mm para 40 mm, cinco trechos permaneceram com velocidades inferiores ao valor mínimo recomendado de 0,40 m/s. Esse resultado está associado às baixas vazões demandadas em determinados segmentos da rede, situação comum em sistemas de pequeno porte.

4.2.4 Booster

Com o objetivo de garantir as pressões mínimas exigidas na rede de abastecimento, foi prevista a instalação de um sistema de pressurização (booster) capaz de fornecer uma altura manométrica mínima de 12,60 m.c.a. Esse valor foi definido para assegurar uma pressão

dinâmica mínima de 10 m.c.a. no nó N4', identificado como o ponto mais desfavorável da rede em razão de sua maior cota altimétrica em relação aos demais pontos.

4.2.4.1 Curva Característica do Sistema - CCS

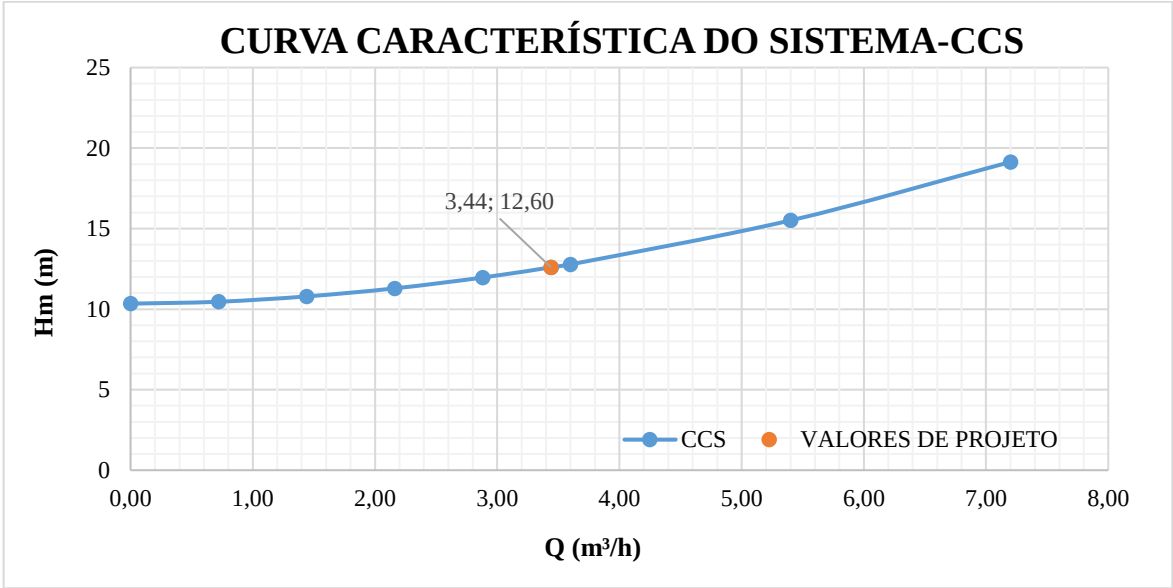
Como mencionado na metodologia, após a variação dos valores da vazão máxima horária ($Q_{m\acute{a}x,h}$), no intervalo entre 0 e 2 L/s, observou-se uma alteração no comportamento hidráulico do sistema, resultando em diferentes valores de altura manométrica requerida para cada condição de vazão analisada. A relação entre a vazão aplicada e a altura manométrica necessária permitiu a obtenção da Curva Característica do Sistema (CCS), apresentada na Tabela 11 e no Gráfico 1.

Tabela 11-Dados Curva Característica do Sistema – CCS

$Q_{m\acute{a}x,h}$ (L/s)	$Q_{m\acute{a}x,h}$ (m³/h)	Hm (m)
0,00	0,00	10,34
0,20	0,72	10,46
0,40	1,44	10,79
0,60	2,16	11,29
0,80	2,88	11,96
0,96	3,44	12,60
1,00	3,60	12,78
1,50	5,40	15,51
2,00	7,20	19,14

Fonte: Elaboração própria (2026).

Gráfico 1- Curva Característica do Sistema – CCS



Fonte: Elaboração própria (2026).

4.2.4.2 NPSH Disponível e Requerido

Neste projeto, considerando a altitude de 45,34 m (cota do nível do terreno onde o reservatório está apoiado), obteve-se pressão atmosférica de em $\frac{P_a}{\gamma} = 10,29$ m. c. a. Já para a temperatura de 25°C, a pressão de vapor da água resultou em $\frac{P_v}{\gamma} = 0,32$ m. c. a. Assim, por meio da Equação 17, determinou-se um $NPSH_{\text{disponível}} = 10,26$ m, representando a energia disponível para que a água alcance o rotor da bomba sem ocorrência de cavitação.

$$NPSH_{\text{disponível}} = 0,45 + (10,29 - 0,32) - 0,155 = 10,26 \text{ m}$$

Enquanto o $NPSH_{\text{requerido}}$, parâmetro característico da bomba selecionada, apresentou valor de 0,67 m, representando a altura mínima de energia necessária na sucção para evitar a ocorrência de cavitação no interior da bomba. O $NPSH_{\text{disponível}}$ foi significativamente superior ao $NPSH_{\text{requerido}}$, resultando em uma margem de segurança de 9,59 m. Dessa forma, verifica-se que as condições de operação do sistema são adequadas, indicando que há risco mínimo de cavitação para a bomba nas condições avaliadas.

4.2.4.3 Pré-Seleção – Booster

KSB MEGANORME:

A primeira alternativa analisada foi a bomba KSB Meganorm (ANEXO A), indicada para o bombeamento de água e líquidos limpos, com aplicações em sistemas de abastecimento de água, drenagem e irrigação.

Com base no catálogo do fabricante, selecionou-se inicialmente a bomba classe 25-200, com rotação de 1.750 rpm, para atender à vazão e à altura manométrica de projeto, conforme apresentado na Figura 33.

SULZER:

A segunda alternativa analisada correspondeu à bomba da empresa suíça Sulzer, que disponibiliza em seu portal uma ferramenta de pré-seleção de bombas baseada no preenchimento das condições operacionais do sistema, conforme ilustrado na Figura 35.

Figura 35 - Pré-seleção - Bombas SULZER

Fonte: SULZER (2026).

O site retornou 5 (cinco) opções de bombas centrífugas: VMS 06, VMS 15, VMS 02, VMS 10 e VMS 25, conforme Figura 36. Entretanto, apenas as opções VMS 06, 15 e 02 apresentaram ponto de funcionamento compatíveis com as condições de projeto de $Q = 3,44 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H_m = 12,60 \text{ m.c.a.}$, conforme observado nas folhas de dados apresentadas nos ANEXOS B, C e D, respectivamente.

Figura 36 - Bombas SULZER.

VMS 15		5 entradas encontradas										
		Design. do produto	DN	Tipo de...	Passag...	n° 1/min	D ₂ mm	Qtot m³/h	Htot m	P ₂ tot kW	η (B...	NPSH m
Installation type - standard		Recomendação										
Ponto de trabalho efectivo:		VMS 6	DN32	Propulsor f 0		3300	90	2.822	11.86	0.1711	54.07	1.822
Q: 3.992 m³/h		VMS 15	DN50	Propulsor f 0		1675	110	3.992	13.38	0.2846	52.3	0.6683
H: 13.38 m		VMS 2	DN25	Propulsor f 0		3300	80	3.103	12.18	0.2119	48.7	4.163
η: 52.3 %		VMS 25	DN65	Propulsor f 0		1745	123.7					
		VMS 10	DN40	Propulsor f 0		1675	96					

Fonte: SULZER (2026).

SELEÇÃO:

Em função das alternativas analisadas, a bomba centrífuga VMS 15, é a que melhor atende as condições de projeto. Embora a bomba da KSB apresente margem de segurança ligeiramente superior, todas satisfazem a condição ($NPSH_{\text{disponível}} \geq NPSH_{\text{requerido}}$), conforme resultados numéricos apresentados na Tabela 12.

A bomba VMS 15 apresentou as características mais compatíveis com as exigências do sistema, destacando-se pelo diâmetro de sucção e recalque de DN 50 mm, adequado às condições de projeto, e pelo elevado rendimento hidráulico de 52,30%, o segundo maior entre as alternativas avaliadas (Tabela 12)

Dessa forma, essa bomba foi selecionada por conciliar compatibilidade hidráulica e eficiência energética, uma vez que maiores rendimentos estão associados à redução do consumo específico de energia para atender às mesmas condições de vazão e altura manométrica requeridas (ASSIS, 2022).

Tabela 12 - Comparação dos modelos de bombas.

MARCA	MODELO	DN	ROTAÇÃO	RENDIMENTO	NPSHd	NPSHr	MAGEM DE SEGURANÇA
		mm	rpm	n %	m	m	NPSHd - NPSHr
SULZER	VMS 06	32	3300	54,07	10,26	1,82	8,44
SULZER	VMS 15	50	1675	52,30	10,26	0,67	9,59
SULZER	VMS 02	25	3300	48,70	10,26	4,16	6,10
KSB	MEGANOR 25-200	25	1750	23,00	10,26	0,50	9,76

Fonte: Elaboração própria (2026).

A bomba selecionada foi a VMS 15, pertencente à série de bombas centrífugas verticais de múltiplos estágios (Figura 37) com sucção e recalque em linha (DN50), projetada para o bombeamento de líquidos limpos ou levemente agressivos à base de água. Seu conjunto hidráulico em aço inoxidável proporciona resistência à corrosão e durabilidade, enquanto sua configuração vertical otimiza o espaço de instalação (SULZER, 2026).

Figura 37 - Linha de bombas VMS.



Fonte: SULZER (2026).

Além disso, a série dispõe de diferentes opções de conexões hidráulicas, ampliando sua versatilidade de aplicação Figura 38.

Figura 38 - Opções de conexões da base para bombas VMS.



Fonte: SULZER (2026).

4.2.4.4 Curva Característica da Bomba - CCB

A ferramenta *ABS Select Product Program*, disponibilizada pela Sulzer (2026) disponibilizada no site da empresa, permite a obtenção da Curva Característica da Bomba (CCB), a partir da inserção de diferentes valores de vazão, ela retorna dados para altura manométrica (Hm) e rendimento (n).

Para a bomba VMS 15, foram inseridas vazões variando de 0 a 12 m³/h, em intervalos de 2 m³/h, conforme apresentado no ANEXO G. O intervalo adotado contempla a vazão de projeto calculada para o sistema (3,44 m³/h) e permite uma análise mais ampla do comportamento da bomba em diferentes condições de operação.

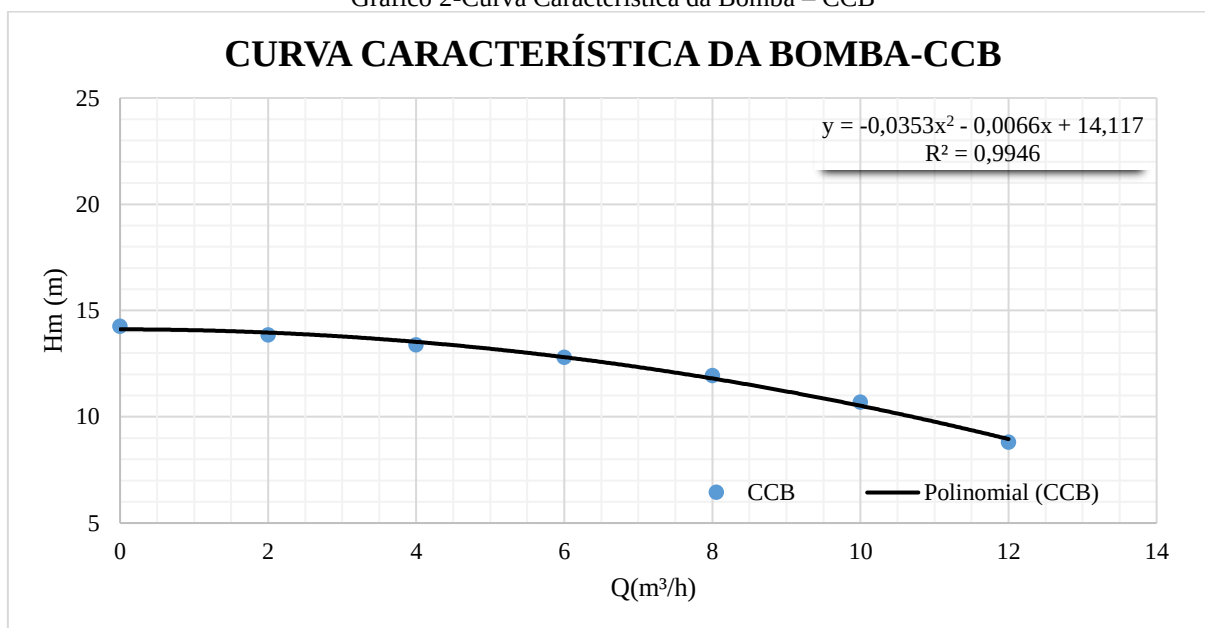
Como resultado, obtiveram-se a Tabela 13 e os Gráfico 2 e Gráfico 3, apresentados a seguir.

Tabela 13 - Dados Curva Característica da Bomba – CCB

$Q_{m\acute{a}x,h}$ (m ³ /h)	Hm (m)	n (%)
0	14,25	0,34
2	13,84	36,41
4	13,38	52,34
6	12,79	58,83
8	11,94	62,08
10	10,68	63,80
12	8,80	61,17

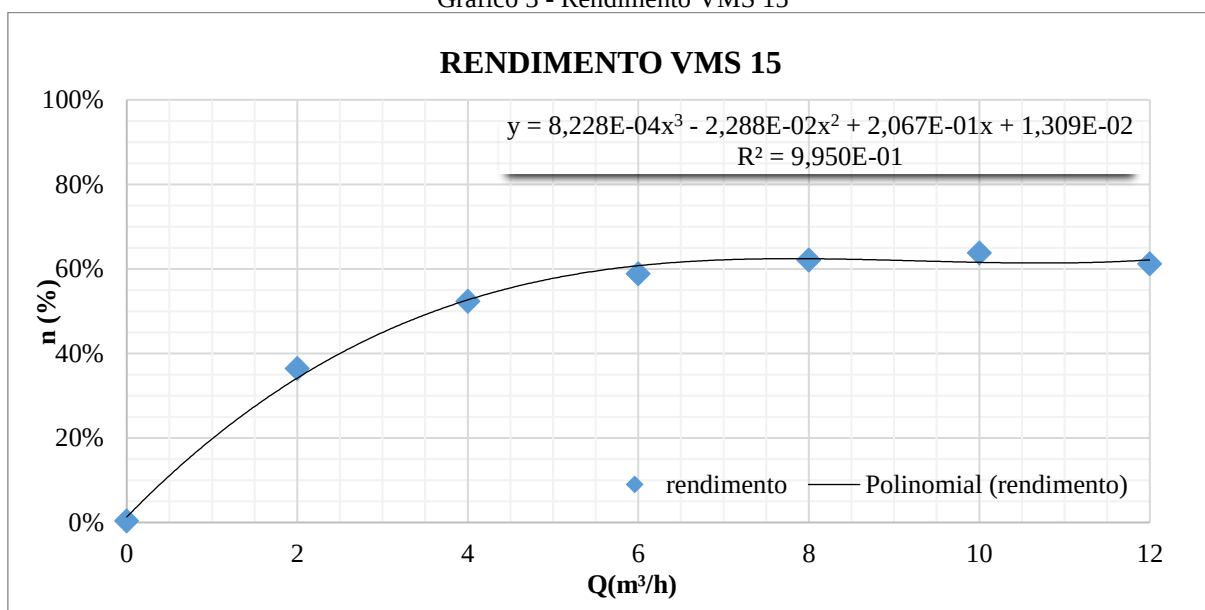
Fonte: Elaboração própria (2026).

Gráfico 2-Curva Característica da Bomba – CCB



Fonte: Elaboração própria (2026).

Gráfico 3 - Rendimento VMS 15



Fonte: Elaboração própria (2026).

Os ajustes polinomiais realizados para a Curva Característica da Bomba (CCB) e para o rendimento da bomba VMS 15 apresentaram boa aderência aos dados obtidos, com coeficientes de determinação de $R^2 = 0,9946$ e $R^2 = 0,9950$, respectivamente. O valor de R^2 próximo de 1 indica que os modelos representam adequadamente o comportamento dos dados analisados. Observa-se ainda, que a altura manométrica reduz com o aumento da vazão, enquanto o rendimento aumenta até atingir uma faixa de maior eficiência operacional da bomba, conforme esperado e explicado ao longo da metodologia.

4.2.4.5 Ponto de Funcionamento

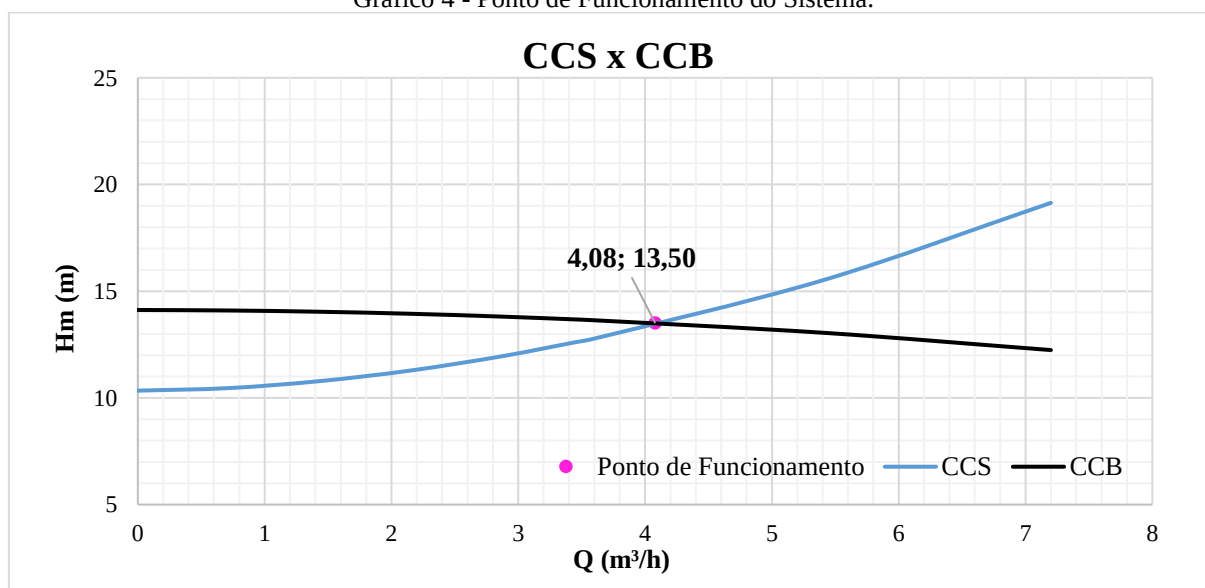
As equações polinomiais obtidas anteriormente foram utilizadas para ajustar os resultados ao mesmo intervalo de vazões empregado na CCS (Tabela 11). Dessa forma, foi possível plotar conjuntamente os gráficos da CCS e da CCB, permitindo a determinação do ponto de funcionamento do sistema, conforme apresentado na Tabela 14 e nos Gráfico 4 e Gráfico 5.

Tabela 14 - Dados da CCS e CCB

$Q_{\text{máx,h}}$ (m ³ /h)	H _m CCS (m)	H _m CCB (m)	n (%)
0,00	10,34	14,12	1,3%
0,72	10,46	14,10	15,0%
1,44	10,79	14,04	26,6%
2,16	11,29	13,94	36,1%
2,88	11,96	13,81	43,8%
3,44	12,60	13,68	48,7%
3,60	12,78	13,64	49,9%
5,40	15,51	13,05	59,2%
7,20	19,14	12,24	62,2%

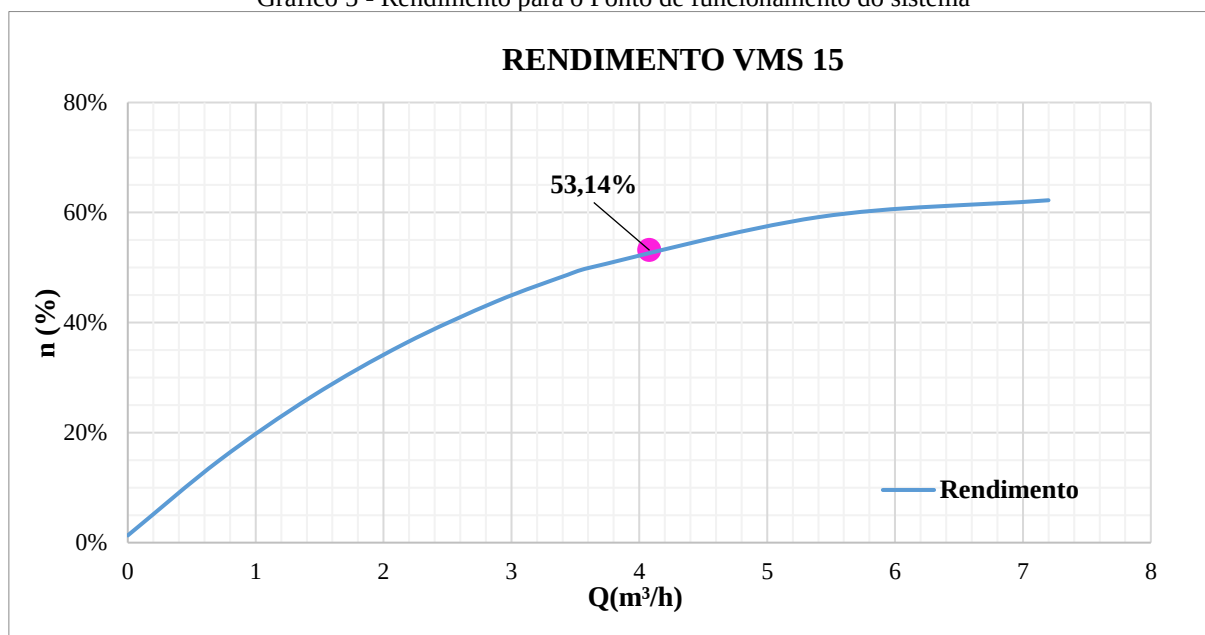
Fonte: Elaboração própria (2026).

Gráfico 4 - Ponto de Funcionamento do Sistema.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Gráfico 5 - Rendimento para o Ponto de funcionamento do sistema



Fonte: Elaboração própria (2026).

O ponto de funcionamento obtido correspondeu a uma vazão de 4,08 m³/h e altura manométrica de 13,50 m.c.a. Embora esses valores sejam ligeiramente superiores aos parâmetros de projeto (3,44 m³/h e 12,60 m.c.a.), observa-se boa proximidade entre as condições previstas e as efetivamente obtidas.

Para esse ponto de operação, o rendimento calculado foi de 53,14%. Comparando-se esse resultado com o ponto de máximo rendimento da bomba, igual a 63,8% (ANEXO C), verifica-se uma diferença de 10,66%. Apesar disso, o equipamento opera em uma faixa de eficiência considerada satisfatória para a aplicação, indicando adequação da seleção realizada.

4.2.4.6 Potências

Para a determinação da potência hidráulica da bomba (P_h) (Equação 20), foram considerados os valores de vazão ($Q = 4,08 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0011 \text{ m}^3/\text{s}$) e altura manométrica total ($H=13,50 \text{ m.c.a.}$), correspondentes ao ponto de funcionamento obtido anteriormente. A partir desses parâmetros, obteve-se uma potência hidráulica de $P_h = 145,53 \text{ W}$ equivalente a 0,14 kw.

Considerando o rendimento total da bomba de 53,14%, correspondente às condições de operação no ponto de funcionamento, foi calculada a potência requerida no eixo (P_e) (Equação 22), resultando em 0,27 kW. A conversão dessa potência para cavalo-vapor (CV) foi realizada multiplicando-se o valor obtido pelo fator de conversão (1,36), resultando em uma potência de eixo de 0,37 CV.

Dessa forma, o conjunto motobomba deve possuir um motor capaz de fornecer, no mínimo, 0,37 CV de potência ao eixo da bomba, garantindo o atendimento às condições hidráulicas estabelecidas no ponto de funcionamento calculado.

4.2.4.7 Ajuste de Rotação

Buscando uma aproximação ainda maior às condições de projeto, foi avaliada a redução da rotação da bomba de 1675 rpm para 1610 rpm por meio das leis de semelhança. O ajuste resultou em um novo ponto de funcionamento de 3,46 m³/h e 12,60 m.c.a., praticamente coincidente com os valores de projeto (3,44 m³/h e 12,60 m.c.a), demonstrando a viabilidade do ajuste operacional para otimizar o desempenho do sistema de pressurização.

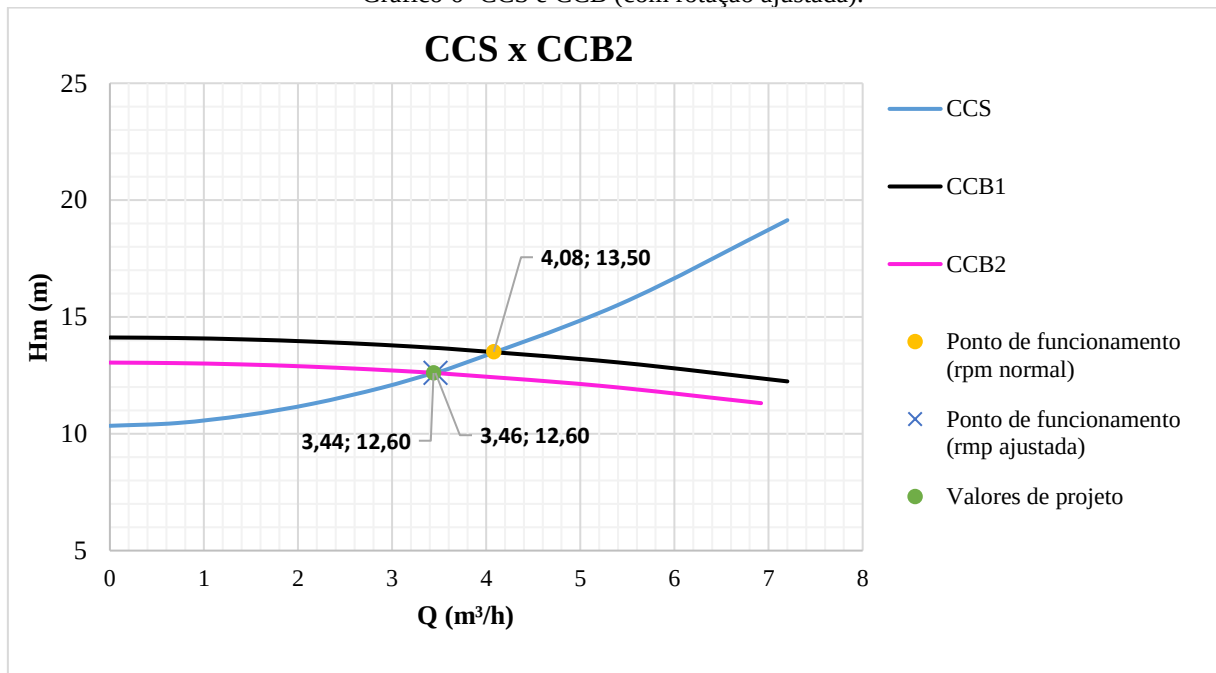
Além disso, verificou-se a relação entre as rotações, dada por $\text{rpm}_2/\text{rpm}_1 = 1610/1675 = 0,96$. Como o valor obtido é superior a 0,80, conforme critério indicado para aplicação das leis de semelhança, a redução da rotação não provoca alterações significativas na curva de rendimento da bomba, mantendo as características de desempenho próximas às condições originais de operação.

Os resultados estão apresentados na Tabela 15 e Gráfico 6

Tabela 15 - Dados CCS e CCB (ajustada).

CCS		CCB ₁ (rpm ₁ = 1675)		CCB ₂ (rpm ₂ = 1610)	
Q _{máx,h,1} (m³/h)	H _{mCCS} (m)	Q _{máx,h,1} (m³/h)	H _{mCCB₁} (m)	Q _{máx,h,2} (m³/h)	H _{mCCB₂} (m)
0,00	10,34	0,00	14,12	0,00	13,05
0,72	10,46	0,72	14,10	0,69	13,02
1,44	10,79	1,44	14,04	1,38	12,97
2,16	11,29	2,16	13,94	2,08	12,88
2,88	11,96	2,88	13,81	2,77	12,76
3,44	12,60	3,44	13,68	3,31	12,64
3,60	12,78	3,60	13,64	3,46	12,60
5,40	15,51	5,40	13,05	5,19	12,06
7,20	19,14	7,20	12,24	6,92	11,31

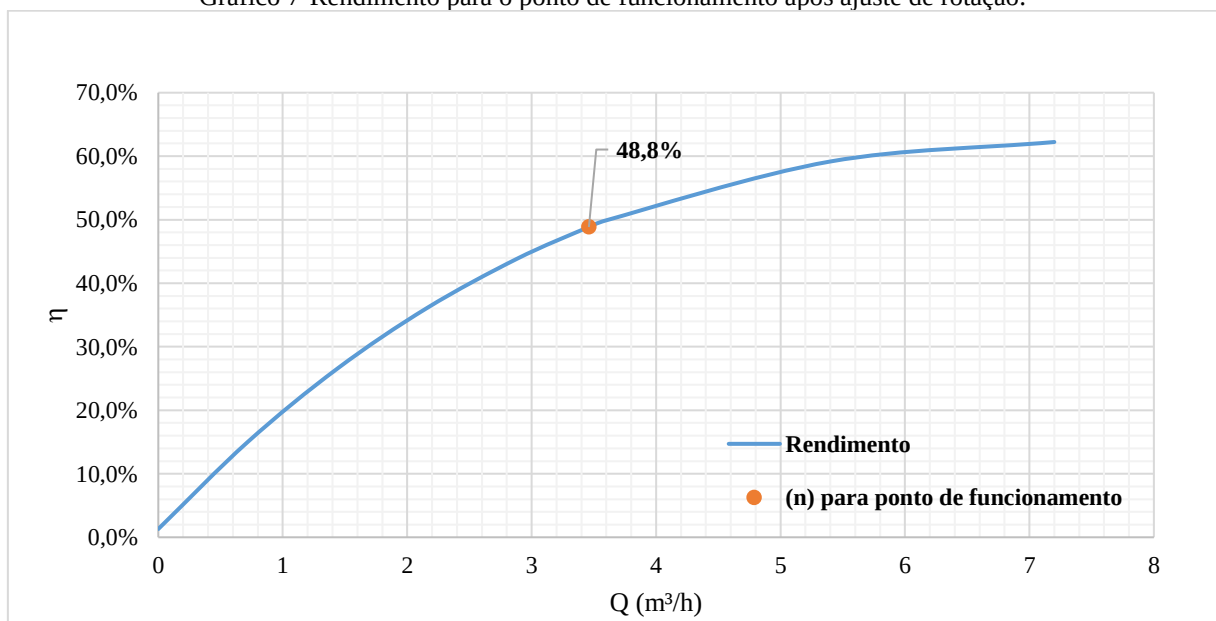
Gráfico 6- CCS e CCB (com rotação ajustada).



Fonte: Elaboração própria (2026).

Considerando o novo ponto de funcionamento obtido, correspondente à vazão de 3,46 m³/h e altura manométrica de 12,60 m.c.a., o rendimento operacional da bomba passou a ser de 48,8%, conforme apresentado no Gráfico 7. Esse resultado indica que, mesmo com a redução da rotação, a bomba permanece operando em uma faixa de desempenho adequada, mantendo um rendimento compatível com as condições de projeto.

Gráfico 7-Rendimento para o ponto de funcionamento após ajuste de rotação.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Em seguida, seguindo o mesmo procedimento aplicado para o ponto de funcionamento antes do ajuste de rotação, foram recalculadas as potências hidráulica (Ph) e de eixo (Pe) para a nova condição operacional, utilizando as Equações 20 e 22. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Potência do eixo antes e após ajuste de rotação.

Parâmetros	Antes do ajuste de rotação	Após o ajuste de rotação
Ponto de funcionamento (Q (m³/s) e Hm (mca))	0,0011 e 13,50	0,00096 e 12,60
Rendimento (%)	53,14	48,80
Potência Hidráulica (Ph) (kW)	0,14	0,12
Potência de eixo (Pe) (kW)	0,27	0,24
Potência de eixo (Pe) (CV)	0,37	0,33

Fonte: Elaboração própria (2026).

Após a redução da rotação da bomba, observou-se uma redução da potência de eixo requerida, passando de 0,37 CV para 0,33 CV. Essa diminuição está associada à menor energia fornecida pela bomba ao sistema, decorrente da redução da vazão e da altura manométrica de operação, resultando em uma condição de funcionamento mais próxima aos parâmetros de projeto.

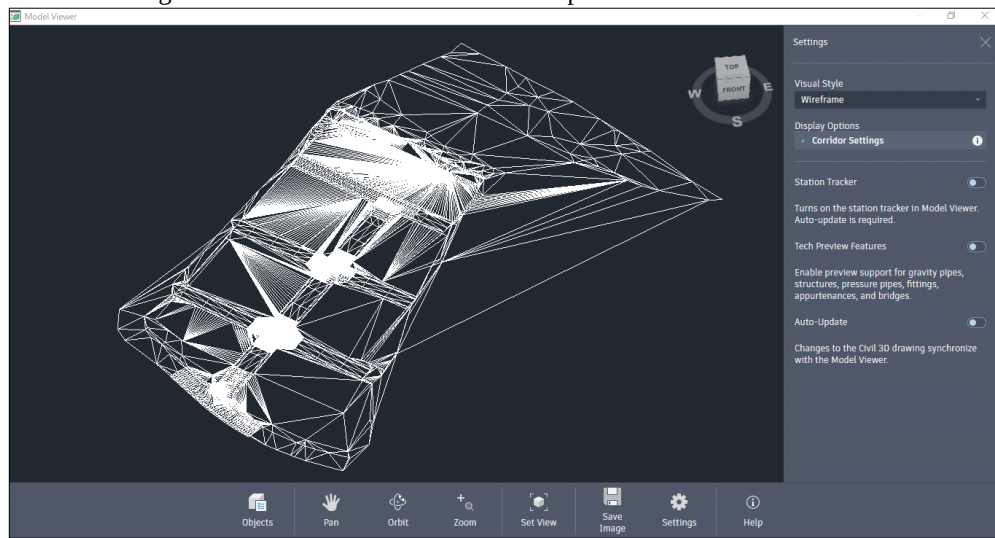
4.3 MODELAGEM

4.3.1 Dados de Entrada

Superfície:

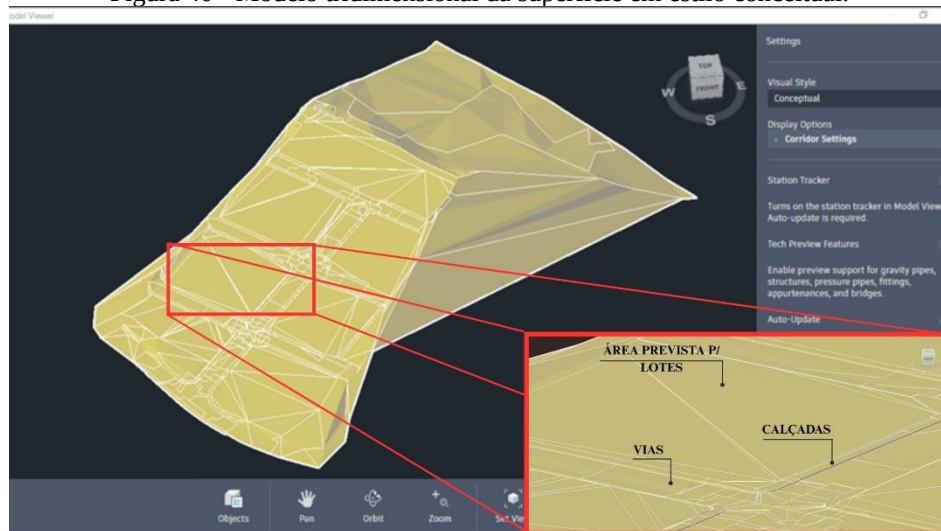
Após a aplicação dos estilos de visualização *wireframe* e conceitual, foi possível obter uma melhor interpretação tridimensional da superfície topográfica. A Figura 39 apresenta o modelo em visualização *wireframe*, enquanto a Figura 40 apresenta a visualização conceitual, permitindo melhor percepção do relevo e dos elementos representados.

Figura 39 - Modelo tridimensional da superfície em estilo wireframe.



Fonte: Adaptado, IBR-Engenharia (2026).

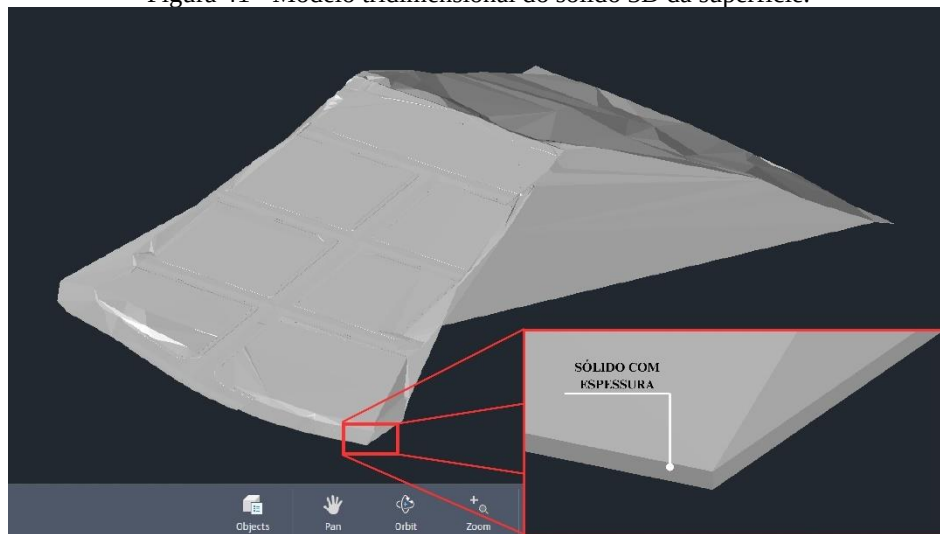
Figura 40 - Modelo tridimensional da superfície em estilo conceitual.



Fonte: Adaptado, IBR-Engenharia (2026).

Como resultado da modelagem da superfície do terreno em formato sólido tridimensional, obteve-se a representação volumétrica da área de estudo, conforme apresentado na Figura 41. O sólido gerado apresentou espessura de 0,20 m, parâmetro definido para fins de representação tridimensional e análise de compatibilização, não representando uma característica física do terreno. A obtenção dessa geometria permitiu a inserção da superfície como elemento compatível com os demais modelos, possibilitando a avaliação das interações espaciais entre o terreno e os sistemas projetados.

Figura 41 - Modelo tridimensional do sólido 3D da superfície.



Fonte: Adaptado, IBR-Engenharia (2026).

Geometria:

A partir da aplicação do comando *Extract Corridor Solids* nos corredores das vias, foram obtidos os sólidos tridimensionais correspondentes aos diferentes elementos da infraestrutura viária. A conversão permitiu representar os volumes das camadas e componentes, como pavimento, meio-fio e passeio, conforme apresentado na Figura 42.

Figura 42 - Geometria das vias - visualização tridimensional dos sólidos.



Fonte: Adaptado, IBR-Engenharia (2026).

Para os demais dados de entrada, como o projeto urbanístico, sistema de drenagem e esgotamento sanitário, não foram necessárias alterações, uma vez que esses modelos já foram disponibilizados no formato adequado para sua incorporação ao presente estudo de caso, conforme descrito na metodologia.

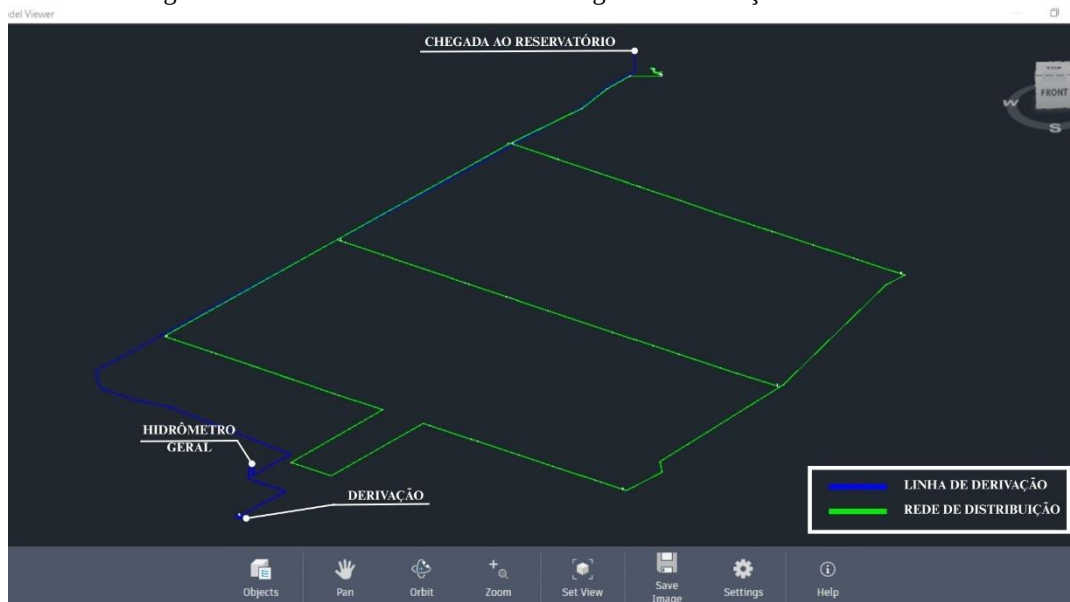
4.3.2 Lançamento da Rede de Abastecimento

A partir das bibliotecas configuradas provenientes do *Country Kit Brasil* e dos componentes disponibilizados pela IBR-Engenharia, foi obtido o modelo tridimensional da rede de abastecimento, contemplando as tubulações, conexões e acessórios inseridos no sistema. O modelo representou os diferentes materiais previstos, incluindo tubulações em PVC e componentes em ferro fundido na derivação com a rede pública, além dos acessórios pontuais, como válvulas de gaveta associadas ao sistema de pressurização.

Para a representação da implantação da rede, foram consideradas as profundidades de assentamento definidas em projeto, sendo adotado recobrimento de 1,00 m no trecho entre a derivação da rede pública e o hidrômetro geral, e 0,80 m nos trechos internos do condomínio. Esses parâmetros resultaram na representação espacial das tubulações em relação à superfície do terreno e aos demais elementos do empreendimento.

Como resultado final, foi obtido o modelo tridimensional da rede de abastecimento, possibilitando a visualização integrada do posicionamento das tubulações, conexões e acessórios, conforme apresentado na Figura 43.

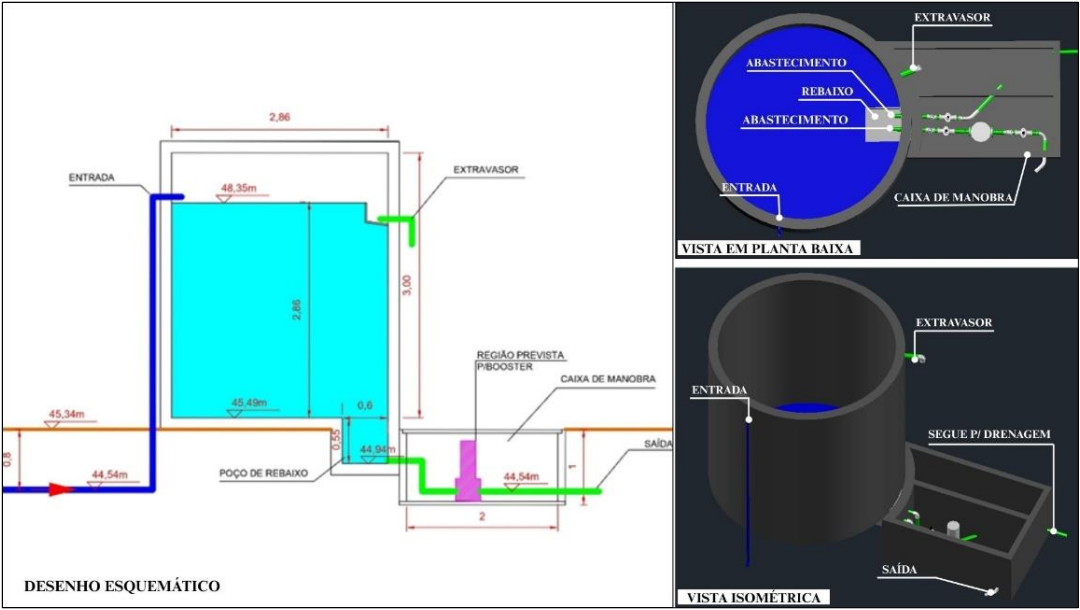
Figura 43 - Sistema de abastecimento de água - visualização tridimensional.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Já para o reservatório e booster, estes foram concebidos em blocos CAD apresentado um nível de detalhamento em LOD 200. A Figura 44 apresenta a concepção preliminar do reservatório, definida a partir dos resultados do dimensionamento hidráulico, juntamente com sua representação tridimensional simplificada no modelo.

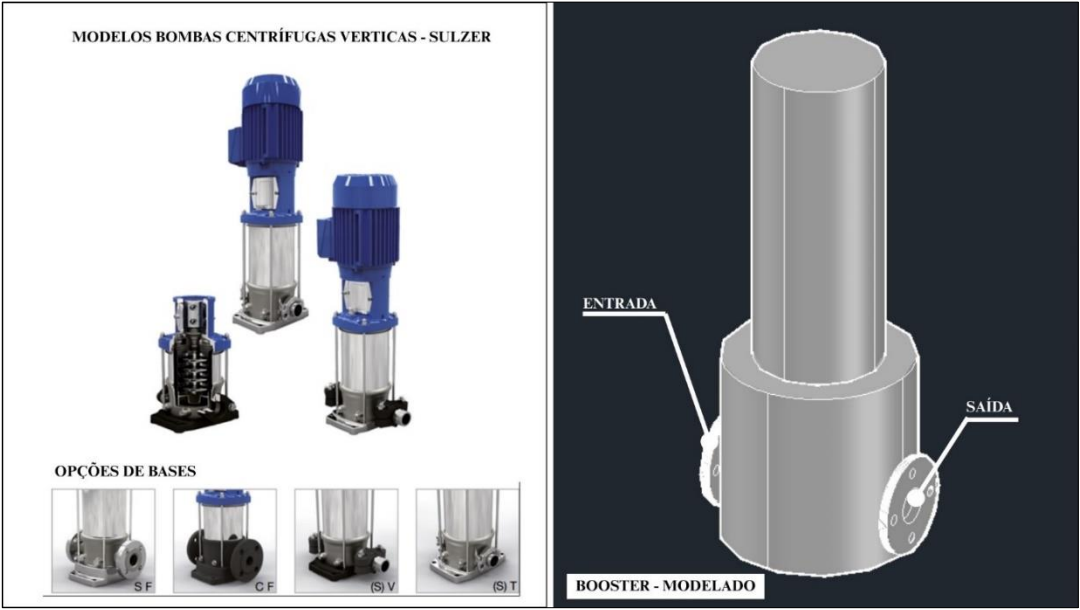
Figura 44 - Modelagem do Reservatório.



Fonte: Elaboração própria (2026).

De forma análoga, a Figura 45 ilustra os modelos de bombas centrífugas verticais da fabricante Sulzer, adotado como referência para a elaboração de um modelo geométrico aproximado, utilizado para avaliar o espaço necessário à sua implantação e sua interação com os demais elementos do projeto.

Figura 45 - Modelagem Booster.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Quanto ao nível de desenvolvimento do modelo BIM, verificou-se a coexistência de diferentes níveis de detalhamento, variando entre LOD 200 e LOD 300. Enquanto as tubulações

e demais componentes modelados a partir de bibliotecas específicas apresentaram maior nível de desenvolvimento, elementos como o reservatório e o booster foram representados por geometrias simplificadas, compatíveis com LOD 200, adequadas aos objetivos de análise espacial e compatibilização propostos neste estudo.

4.3.3 Extração de Dados do Modelo

A utilização dos recursos de modelagem de redes pressurizadas do Civil 3D possibilitou a extração automática de informações do modelo, permitindo a obtenção de listagens de materiais e quantitativos diretamente vinculados aos elementos modelados. A composição completa das tabelas geradas está apresentada nos APÊNDICES C, D e E.

Entretanto, a geração automática contemplou apenas os elementos pertencentes às redes pressurizadas do Civil 3D. Componentes modelados por blocos genéricos, como o caso do reservatório e o conjunto booster, não são contabilizados pelo software. Assim, foi necessária a revisão das listagens geradas e a inclusão manual desses elementos no quantitativo final, garantindo a completude da documentação produzida.

Após a utilização do comando *Copy to Clipboard do Civil 3D*, os dados extraídos do modelo foram transferidos para o *Microsoft Excel*, onde puderam ser filtrados e organizados. Essa etapa facilitou a conferência dos quantitativos gerados automaticamente pelo software, bem como a complementação dos elementos não contabilizados, como os componentes representados por blocos genéricos, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 - Quantitativo

QUANTITATIVO			
ID	DESCRIÇÃO	QUANT.	UNIDADE
TUBULAÇÕES			
-	TUBO PVC 15 JEI PBA DN50	63,45	m
-	TUBO PVC 15 JEI PBA DN75	0,30	m
-	TUBO PVC DN40	592,24	m
-	TUBO PVC DN50	7,00	m
CONEXÕES			
C-01	LUVA JUNTA MECÂNICA FoFo DN150	1	und.
C-02	FLANGE DE PESCOÇO FoFo DN150	1	und.
C-03	TÊ FoFo DN150x80	1	und.
C-04	TOCO FLANGE E BOLSA FoFo DN150	1	und.
C-05	EXTREMIDADE FLANGE E BOLSA DN80	1	und.
C-06	ADAPTADOR PARA PVC PBA DN80x50	1	und.
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN50	11	und.
C-08	EXTREMIDADE JE BF PBA DN50	2	und.
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	14	und.
C-10	CURVA PVC 22° DN50	8	und.
C-11	CURVA PVC 45° DN40	4	und.
C-12	CURVA 45° PVC DN50	9	und.
C-13	CURVA 45° PVC DN50	3	und.
C-14	CONTRA FLANGE COM ROSCA INTERNA FEMEA DN50	2	und.
C-15	TÊ PVC DN40	3	und.
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	14	und.
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	52	und.
C-18	CURVA 90° PVC DN75	1	und.
ACESSÓRIOS			
A-01	VÁLCULA DE GAVETA ABERTA DN80	1	und.
A-02	REGISTRO ESFERA DN50	1	und.
A-03	HIDRÔMETRO MULTIJATO 2" Q _{maxh} =30m ³ /h	1	und.
A-04	VÁLVULA DE GAVETA DN50 FoFo	3	und.
A-05	VÁLVULA RETENÇÃO PVC SOLDÁVEL DN50	1	und.
A-06	REGISTRO DE GAVETA ROSQUEÁVEL DN40	7	und.

Fonte: Elaboração própria (2026).

O quantitativo final indicou a necessidade de aproximadamente 663 m de tubulações, distribuídas entre os diâmetros DN40, DN50 e DN75, além de 129 conexões e 14 acessórios hidráulicos, demonstrando o potencial da ferramenta para apoiar atividades de planejamento e estimativa de materiais.

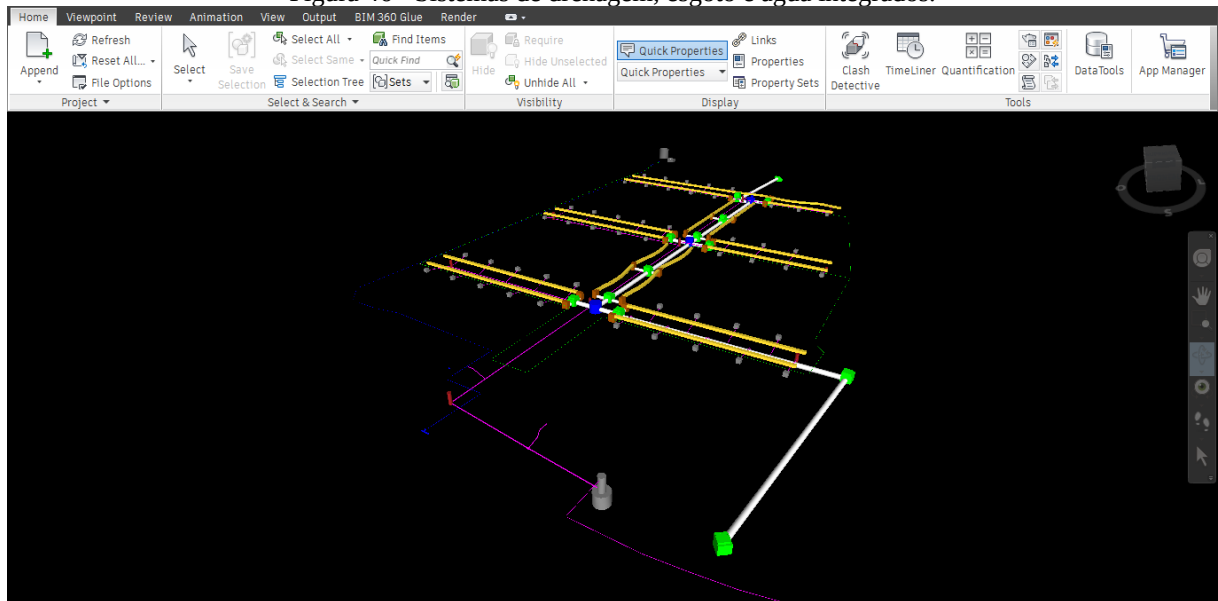
Os resultados da modelagem demonstram que a utilização da metodologia BIM, associada ao Autodesk Civil 3D, contribuiu para o desenvolvimento, a visualização e a documentação da rede de abastecimento de água, proporcionando maior controle das informações e suporte à tomada de decisão durante a fase de projeto.

4.4 COMPATIBILIZAÇÃO

4.4.1 Integração dos modelos

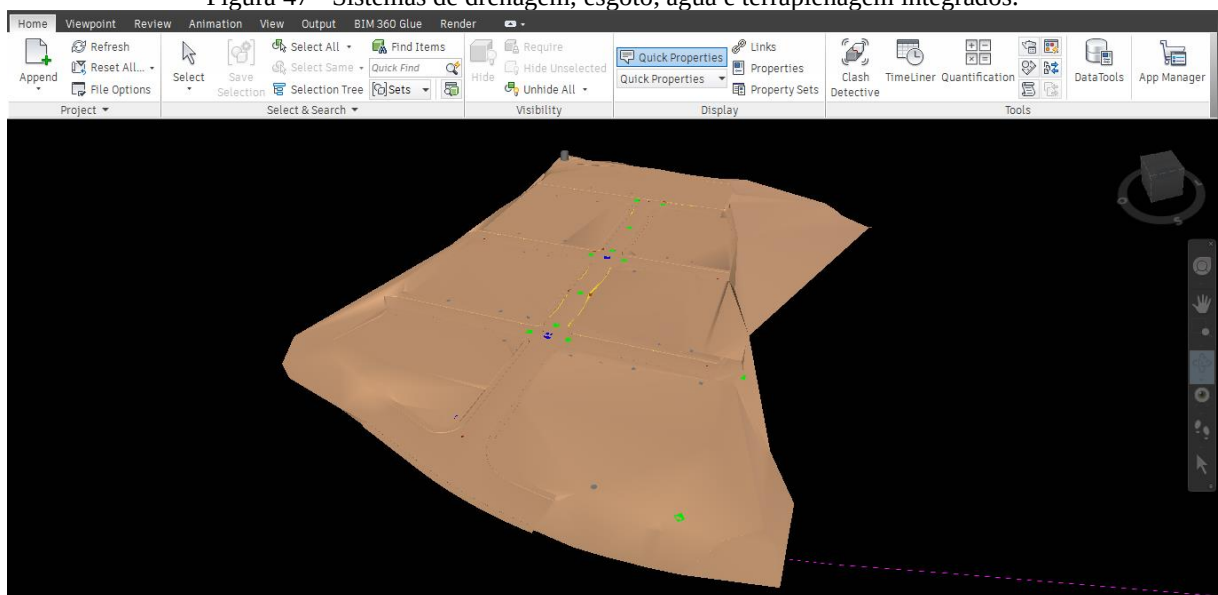
A integração dos modelos de drenagem pluvial, esgotamento sanitário, terraplenagem e abastecimento de água no software *Navisworks*, conforme apresentado nas Figura 46 e Figura 47, permitiu a visualização conjunta dos sistemas em um único ambiente virtual, formando um modelo federado utilizado nas análises de interferências entre as disciplinas.

Figura 46 - Sistemas de drenagem, esgoto e água integrados.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Figura 47 - Sistemas de drenagem, esgoto, água e terraplenagem integrados.



Fonte: Elaboração própria (2026).

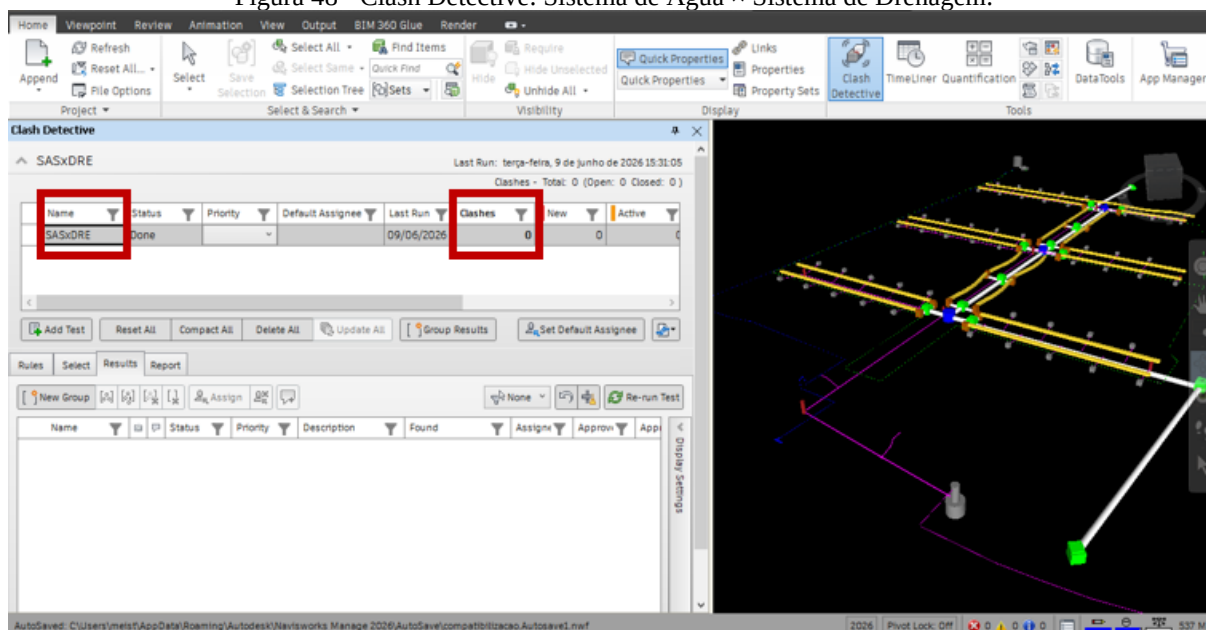
A compatibilização dos projetos em ambiente BIM permitiu avaliar a interação espacial entre os sistemas de abastecimento de água, drenagem pluvial, esgotamento sanitário e terraplenagem, contribuindo para a identificação antecipada de conflitos e para o aprimoramento da solução proposta.

4.4.2 Detecção de interferências

4.4.2.1 TESTE 1: Sistema de Abastecimento de Água x Sistema de Drenagem Pluvial

A verificação entre “SAS x DRE” não identificou ocorrências de interferências entre os modelos analisados, indicando que os elementos das duas disciplinas apresentam compatibilidade espacial e não necessitam de ajustes de posicionamento ou adequações no projeto, conforme apresentado Figura 48.

Figura 48 - Clash Detective: Sistema de Água x Sistema de Drenagem.



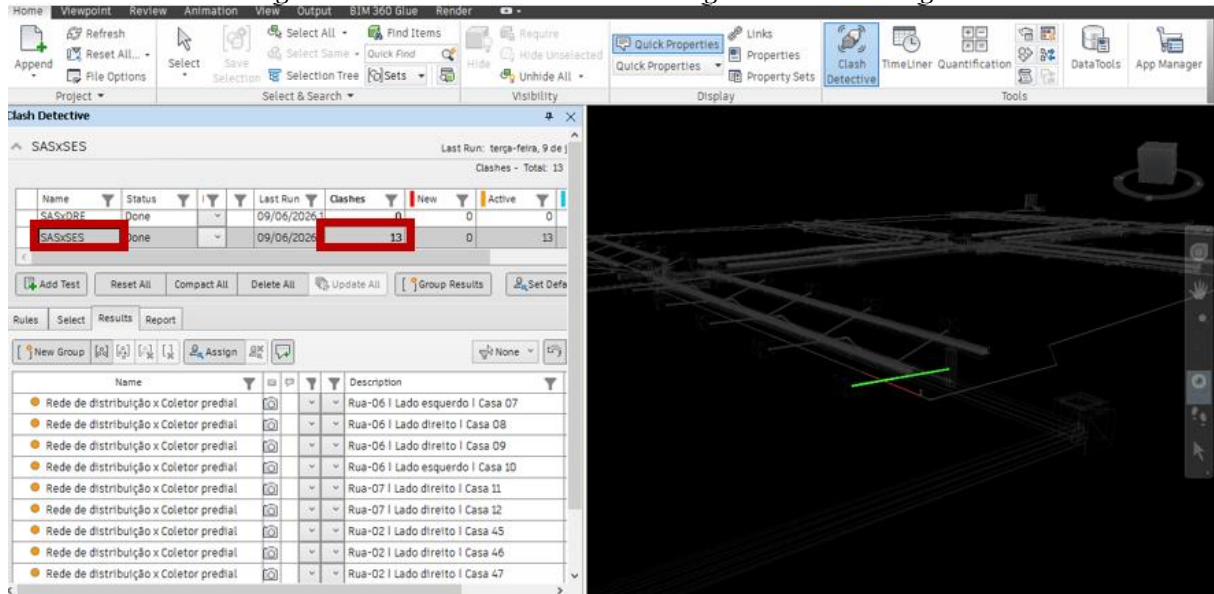
Fonte: Elaboração própria (2026).

4.4.2.2 TESTE 2: Sistema de Abastecimento de Água x sistema de Esgotamento Sanitário

A análise entre “SAS x SES”, TESTE 2, resultou em 13 interferências envolvendo a rede de distribuição de água e coletores prediais de esgoto (Figura 49). A concentração desses conflitos em trechos específicos das ruas 2, 5, 6 e 7 evidenciou a importância da verificação integrada dos projetos ainda na fase de desenvolvimento, permitindo a identificação de incompatibilidades que dificilmente seriam percebidas por meio da análise isolada dos desenhos bidimensionais.

Para a correção das interferências observadas, propõe-se a redução da profundidade de assentamento dos trechos da rede de abastecimento localizados nas ruas 2, 5, 6 e 7. Como essas tubulações estão posicionadas em áreas de calçada, com a profundidade inicialmente adotada de 0,80 m, pode-se reduzir para 0,60 m, mantendo-se em conformidade com as recomendações técnicas aplicáveis. Essa adequação permite eliminar os conflitos identificados com a rede de esgotamento sanitário, sem comprometer a segurança e a funcionalidade do sistema.

Figura 49 - Clash Detective: Sistema de Água x Sistema de Esgoto.

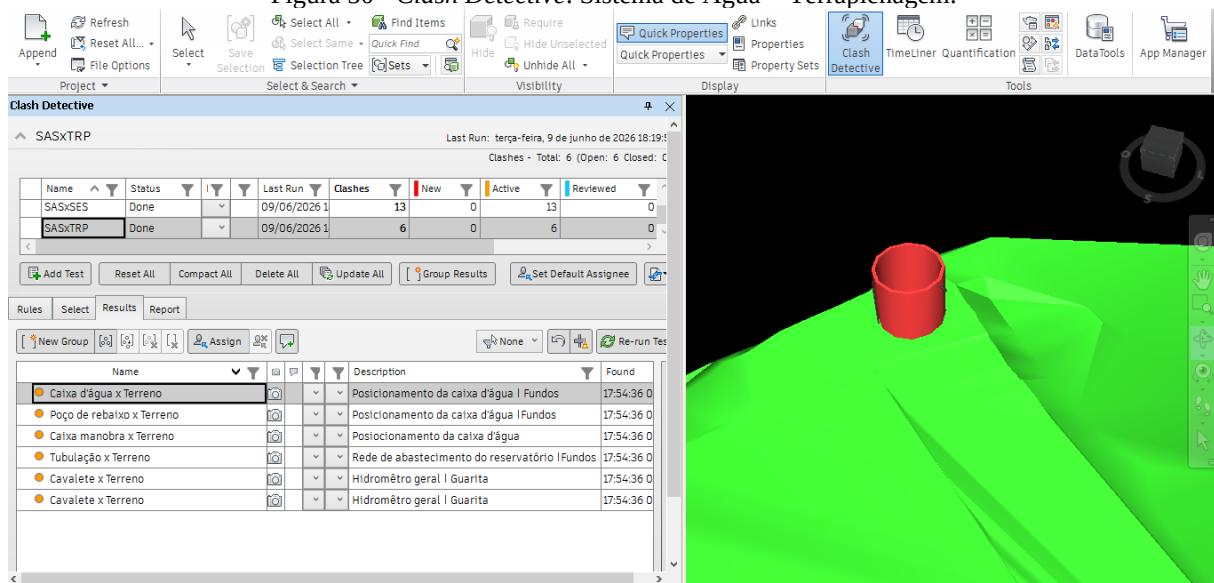


Fonte: Elaboração própria (2026).

4.4.2.3 TESTE 3: Sistema de Abastecimento de Água x Terraplenagem

Na análise entre “SAS x TRP” foram identificadas 6 colisões. Contudo, essas ocorrências não configuram interferências, uma vez que estão associadas ao contato entre a estrutura do reservatório, sua tubulação de alimentação e as tubulações do cavalete do hidrômetro geral (Figura 50). Por serem elementos que devem estar conectados fisicamente, tais colisões são esperadas e não requerem ajustes no modelo.

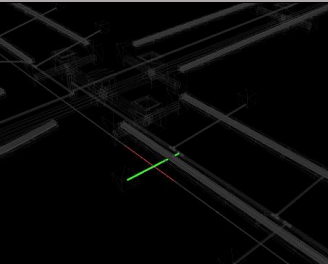
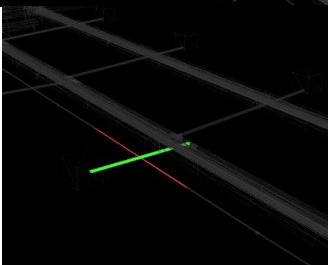
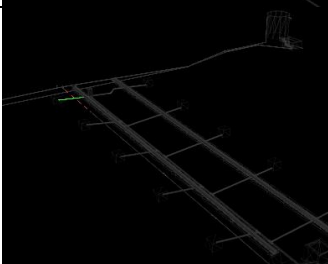
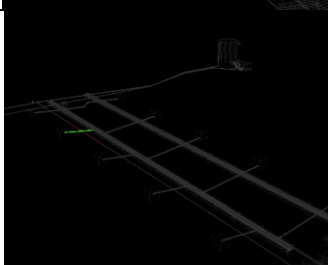
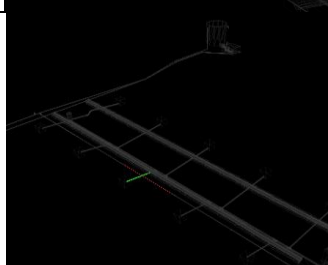
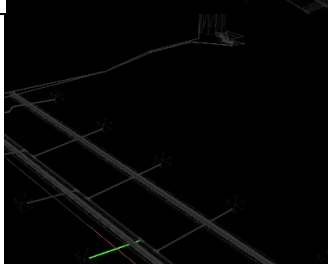
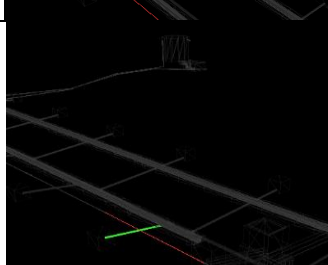
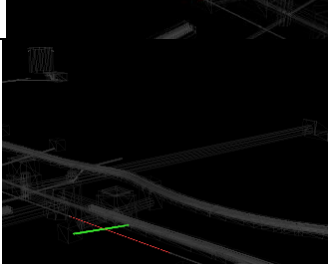
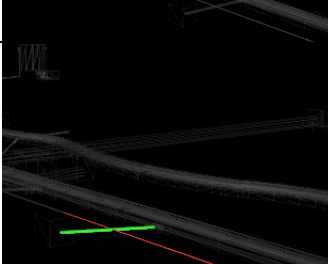
Figura 50 - Clash Detective: Sistema de Água x Terraplenagem.

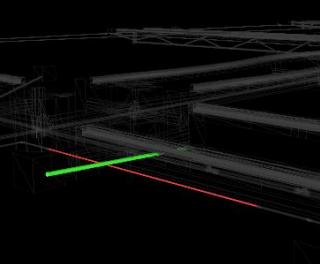
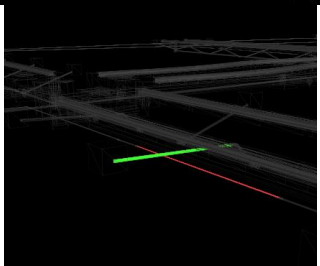
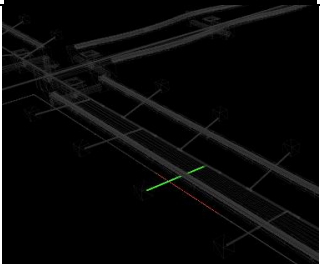
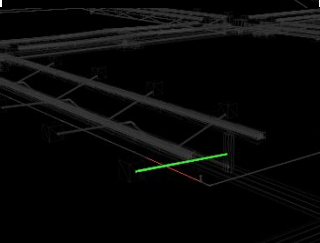
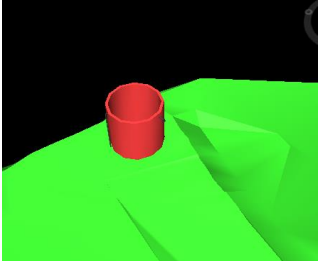
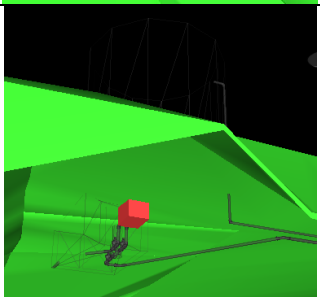
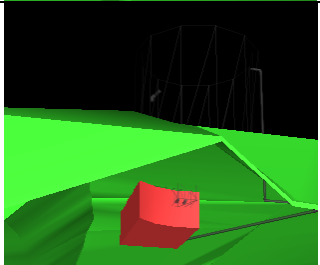
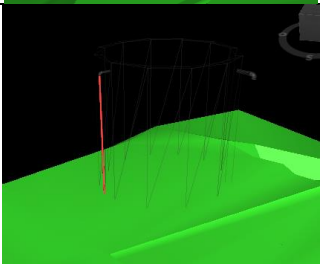
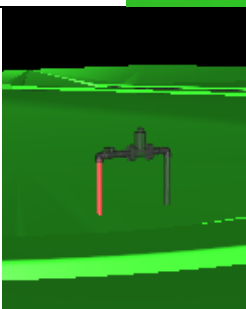
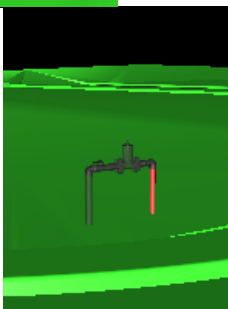


Fonte: Elaboração própria (2026).

A caracterização e localização dos conflitos mencionados nos TESTES2 e TESTE3 são apresentados de forma detalhada no Quadro 7

Quadro 7-Registro das interferências detectadas pelo Clash Detective.

ID	TIPO DE INTERFERENCIA	LOCAL	IMAGEM		
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA x SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO					
Clash1	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-05 Lado direito Casa 27			
Clash2	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-05 Lado direito Casa 29			
Clash3	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-06 Lado esquerdo Casa 06			
Clash4	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-06 Lado esquerdo Casa 07			
Clash5	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-06 Lado direito Casa 08			
Clash6	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-06 Lado direito Casa 09			
Clash7	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-06 Lado esquerdo Casa 10			
Clash8	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-06 Lado esquerdo Casa 11			
Clash9	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-07 Lado direito Casa 12			

ID	TIPO DE INTERFERENCIA	LOCAL	IMAGEM	
Clash10	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-02 Lado direito Casa 45		
Clash11	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-02 Lado direito Casa 46		
Clash12	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-02 Lado direito Casa 47		
Clash13	Rede de distribuição x Coletor predial	Rua-02 Lado direito Casa 49		
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA x TERRAPLENAGEM				
Clash1	Caixa d'água x Terreno	Posicionamento da caixa d'água Fundo		
Clash2	Poço de rebaixo x Terreno	Posicionamento da caixa d'água Fundo		
Clash3	Caixa de manobra x Terreno	Posicionamento da caixa d'água Fundo		
Clash4	Tubulação x Terreno	Rede de abastecimento do reservatório Fundo		
Clash5 e 6	Cavalete x Terreno	Hidrômetro Geral Guarita		

Fonte: Elaboração própria (2026).

De modo geral, os resultados demonstram que a utilização do *Navisworks* e da ferramenta *clash detective* contribuiu para a identificação preventiva de conflitos entre disciplinas, permitindo a proposição de soluções ainda na fase de projeto. Dessa forma, a compatibilização realizada proporcionou maior confiabilidade ao modelo desenvolvido e reduziu a probabilidade de retrabalhos e interferências durante a execução das obras.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu o objetivo proposto ao desenvolver o dimensionamento hidráulico, a modelagem BIM e a compatibilização de uma rede de abastecimento de água para um condomínio residencial localizado em Arraial d'Ajuda, Bahia. A integração entre as etapas de concepção, dimensionamento, modelagem e coordenação dos projetos permitiu avaliar a aplicabilidade da metodologia BIM em empreendimentos de infraestrutura sanitária, evidenciando seu potencial como ferramenta de apoio ao desenvolvimento de projetos mais eficientes e confiáveis.

O dimensionamento hidráulico, realizado com o auxílio de planilhas eletrônicas, possibilitou a definição de uma solução tecnicamente adequada às condições de abastecimento do empreendimento, composta por uma rede de distribuição do tipo malhada, reservatório de armazenamento e sistema de pressurização por booster. A solução adotada garantiu o atendimento aos critérios de pressão mínima estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis, assegurando condições adequadas de operação do sistema.

A modelagem tridimensional desenvolvida no Autodesk Civil 3D permitiu representar os principais componentes da rede e extrair automaticamente informações relevantes para o projeto, tais como listagem e quantitativos de materiais. Além disso, a utilização de diferentes níveis de desenvolvimento (LOD) mostrou-se compatível com os objetivos do estudo, permitindo conciliar a representação geométrica dos elementos com as necessidades de análise espacial e coordenação entre disciplinas.

A etapa de compatibilização, realizada no Navisworks por meio da ferramenta *clash detective*, demonstrou a importância da integração dos projetos em ambiente BIM para a identificação antecipada de interferências. A detecção de conflitos entre os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário permitiu a proposição de ajustes ainda na fase de projeto, reduzindo potenciais retrabalhos, custos adicionais e dificuldades construtivas durante a execução das obras.

De modo geral, os resultados obtidos evidenciam que a aplicação da metodologia BIM em projetos de saneamento contribui para a melhoria da qualidade das informações, para o aumento da confiabilidade dos projetos e para a otimização do processo de tomada de decisão. Assim, o trabalho reforça o potencial da modelagem da informação da construção como ferramenta de apoio ao planejamento, desenvolvimento e coordenação de sistemas de abastecimento de água.

Apesar dos benefícios proporcionados pelo BIM, sua aplicação apresenta limitações relacionadas à capacitação dos profissionais, adaptação dos processos e organização das

informações do modelo. No presente estudo, a utilização do Civil 3D e do *Navisworks* possibilitou a modelagem, extração de quantitativos e identificação de interferências, porém observou-se a necessidade de uma etapa inicial de configuração dos elementos e bibliotecas. Dessa forma, a eficiência da metodologia depende da qualidade dos dados inseridos, da padronização dos processos e do adequado gerenciamento das informações.

Como perspectivas para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação do modelo para as dimensões 4D e 5D do BIM, incorporando informações de cronograma e custos, bem como a inclusão de outras disciplinas de infraestrutura, como redes elétricas e de gás. Sugere-se ainda a realização de estudos voltados à avaliação econômica da aplicação do BIM em projetos de saneamento e à integração entre modelos BIM e softwares de simulação hidráulica, visando ampliar a interoperabilidade e a eficiência dos fluxos de trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. 2026. Disponível em: <https://bases.bu.ufsc.br/abnt/>. Acesso em: 10 abr. 2026.

AUGUSTO, Carlos. **Porto Seguro registra verão histórico com 1 milhão de turistas e impacto de R\$ 2,5 bilhões na economia**. Jornal Grande Bahia, 12 abr. 2026. Disponível em: https://jornalgrandebahia.com.br/2026/04/porto-seguro-registra-verao-historico-com-1-milhao-de-turistas-e-impacto-de-r-25-bilhoes-na-economia/?utm_source=linkedin&utm_medium=jetpack_social. Acesso em: 14 jun. 2026.

ALMEIDA, António Márcio Fernandes. **AValiação do uso de metodologias BIM em projetos de construção civil na microrregião do Baixo Jaguaribe-CE**. 2023. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Russas, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/83012/1/2025_tcc_amfalmeida.pdf. Acesso em: 14 jun. 2026.

ASSIS, Otávio Prado Borges de. **EFICIÊNCIA GLOBAL E CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA DA BOMBA CENTRÍFUGA KSB ETA 50-20**. 2022. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11682**: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/colecao.aspx>. Acesso em: 17 de mai. de 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5681**: Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/colecao.aspx>. Acesso em: 17 de mai. de 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484**: Solo: Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/colecao.aspx>. Acesso em: 17 de mai. de 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6459**: Solos: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 2025. 2025a. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/colecao.aspx>. Acesso em: 17 de mai. de 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7180**: Solos: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2025. 2025b. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/colecao.aspx>. Acesso em: 17 de mai. de 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181**: Solo: Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2025. 2025c. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/colecao.aspx>. Acesso em: 17 de mai. de 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7182**: Solos: Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2025. 2025d. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/colecao.aspx>. Acesso em: 17 de mai. de 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/colecao.aspx>. Acesso em: 14 de mai. de 2026

AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Manual de Hidráulica**. 9ª edição. São Paulo-SP: Ed.Edgard Blücher Ltda, 2015.

AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 1998.

AGÊNCIA REGULADORA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA-AGERSA (Bahia). **RELATÓRIO DE FISCALIZAÇÃO**: sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do distrito de arraial d'Ajuda - Município de porto seguro. Salvador: AGERSA, 2016. Disponível em: <https://www.agersa.ba.gov.br/wp-content/uploads/2012/01/relatorio-arraialdaajuda.pdf>. Acesso em: 07 maio 2026.

ARAUJO, Wladimir. **Episódio VI - Dimensões BIM**. 2022. Disponível em: <https://www.bimexcellence.com.br/blog/episodio-vi-dimensoes-bim>. Acesso em: 21 jan. 2026.

ARNAL, Ignasi Pérez. Why don't we start at the beginning? The Basics of a Project: Lean Planning and Pre-Construction, BIM News Last trends of the AECO sector, BIM Community, 2018.

AUTODESK. **Kits de país do Civil 3D para o Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/support/technical/article/caas/tsarticles/tsarticles/PTB/ts/1vdEbTRBvU0gog7fyVvNgK.html>. Acesso em: 05 jun. 2026.

AUTODESK. **Sobre objetos do Autodesk Civil 3D**. 2024. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2024/PTB/?guid=GUID-AA3DBD43-5F17-4E51-B743-374652778DD5>. Acesso em: 05 abr. 2026.

AUTODESK. **O que é o Navisworks?** 2025. Disponível em: <https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/What-is-Navisworks.html>. Acesso em: 05 abr. 2026.

AUTODESK. **PROJETE E CONSTRUA COM BIM MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO**. 2026. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/solutions/bim>. Acesso em: 28 jan. 2026.

BATAGLIN, F. S; Viana, D. D; Peñaloza, G. A; Smolinski, A. J; Formoso, C. T; Bulhões, I. R (2016) **Uso da Simulação Bim 4D para Apoio à Gestão dos Processos Logísticos em Obras de Sistemas Pré-fabricados de Concreto**. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2016. São Paulo. Disponível em: < http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_274.pdf > Acesso em: 12 fev. 2026.

BIM FORUM. **Level of Development (LOD) Specification**. 2024. Disponível em: <https://bimforum.org/resource/lod-level-of-development-lod-specification/>. Acesso em: 05 jun. 2026.

BÔLA, P. V. F.; SCARIOT, K. A. de L.; BOTIN, A. A. **Análise de compatibilização de projetos de infraestrutura urbana e seus impactos na construtibilidade**: Estudo de caso de um loteamento residencial no município de Sinop - Mato Grosso. *Revista Arq-Engenharia de Mato Grosso*, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 92–106, 2024. Disponível em: <https://revistas.fasipe.com.br/index.php/rae-mt/article/view/367>. Acesso em: 21 set. 2025.

BORGES, Guilherme. **Grupo de Trabalho inicia atualização do Country Kit Brasil**: Civil 3d. Civil 3D. 2024. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/grupo-de-trabalho-inicia-atualizacao-do-country-kit-brazil-civil-3d/>. Acesso em: 4 maio 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **O que é a Nova Estratégia BIM BR?**. [S. l.]: Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 25 mai. 2024. Atualizado em 17 dez. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes-faq/secretaria-de-desenvolvimento-industrial-inovacao-comercio-e-servicos/o-que-e-a-nova>. Acesso em 17 mai. 2026.

CAVALLI, Juliana Giazzon; ISATTO, Eduardo Luis; HAKKINEN ALVES SANTOS, Joseph. Desafios da implementação do BIM em edificações existentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2025. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2025. DOI: 10.46421/sbtic.v5i00.7567. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/7567>. Acesso em: 14 jun. 2026.

CALLEN, Patricia. **Leis de Similaridade de Bombas Centrífugas para Cálculo de Redução de Velocidade**. 2026. Disponível em: https://industrialmonitordirect.com/pt/blogs/knowledgebase/centrifugal-pump-affinity-laws-for-speed-reduction-calculation?_pos=1&_sid=d3d343a9b&_ss=r#section-10. Acesso em: 16 jun. 2026.

CERQUEIRA-NETO, Sebastião et al. Emancipação política dos distritos, uma discussão necessária: o caso de Porto Seguro e Arraial D'Ajuda – Bahia. **Revista Vozes dos Vales**: Publicações Acadêmicas, [S. l.], v. 12, n. 25, p. 4-30, 1 maio 2024. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. <http://dx.doi.org/10.70597/vozes.v12i25.1160>. Disponível em: <https://revistas.ufvjm.edu.br/vozes/article/view/1160/1015>. Acesso em: 09 mar. 2026.

CHAREF, Rabia *et al.* Beyond the third dimension of BIM: a systematic review of literature and assessment of professional views. **Journal Of Building Engineering**, [S. l.], v. 19, p. 242-257, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobee.2018.04.028>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324947498_Beyond_the_Third_Dimension_of_BIM_A_Systematic_Review_of_Literature_and_Assessment_of_Professional_Views. Acesso em: 17 maio 2026.

COTRIM, Vitoria Luiza Rabelo. PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES: uma análise entre modelos teóricos e dados experimentais. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 18, n. 3, p. 238-

259, dez. 2025. Disponível em: <https://share.google/q2poPnHXlaUgCRtAz>. Acesso em: 07 maio 2026.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Caderno de Requisitos Técnicos BIM do DNIT**. Brasília: [S.I], 2023. 78 p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/mosaico-de-servicos/documentos-tecnicos-bim/CRTBIM__2023_v2.pdf. Acesso em: 26 jan. 2026.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Caderno de Requisitos Técnicos BIM do DNIT**. Brasília: [S.I], 2024. 83 p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/mosaico-de-servicos/documentos-tecnicos-bim/CRTBIM_2024.pdf. Acesso em: 26 jan. 2026.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. - **Conceitos BIM**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/menu-de-categorias/conceitos-bim>. Acesso em: 21 set. 2025.

EASTMAN, Chuck *et al.* **MANUAL DE BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 503 p. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/65385920/manual-de-bim/1>. Acesso em: 03 fev. 2026.

ENVISIONCAD. AutoCAD Civil 3D 2014 New Feature: Extract Corridor Solid. 2014. Disponível em: <https://envisioncad.com/autocad-civil-3d-2014-new-feature-extract-corridor-solid/>. Acesso em: 2 jun. 2026.

GÓES, Matheus Barreto de; RIOGA, Cladiano Luiz; CAMPOS, Isadora Louise de Assis; FREITAS, Luiza Duarte de; BARBOSA, Sheila Junia; SOUZA, Flávio Teixeira de. BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO BIM NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRAS. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, [S. l.], v. 8, n. 14, p. 107–126, 2020. DOI: 10.5380/relainep.v8i14.77617. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/77617>. Acesso em: 21 set. 2025.

GOMES, Heber Pimentel; SILVA, José Gomes da. **Dimensionamento econômico de sistemas de distribuição de água, considerando variáveis as condições de contorno do projeto**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 99-110, abr./jun. 2006.

GONÇALVES, Maria Isadora Messias Bezerra *et al.* Uso do BIM na compatibilização de projetos. **Caderno Pedagógico**, [S.L.], v. 21, n. 12, p. 10144-101464, 5 nov. 2024. Brazilian Journals. <http://dx.doi.org/10.54033/cadpedv21n12-010>. Acesso em: 21 de nov. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Tabela 9923 - População residente, por situação do domicílio**. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/9923#resultado>. Acesso em: 04 mar. 2026.

KURITZA, J. C.; CAMPONOGARA, G.; MARQUES, M.; SANAGIOTTO, D. G. **Curvas adimensionais de bombas centrífugas para sistemas de abastecimento de água: desenvolvimento e estudo de caso.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 22, 2017.

KELLNER, Erich et al. Avaliação da rugosidade relativa dos tubos de PVC com vistas ao dimensionamento das redes de distribuição de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 347-355, 20 jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016141081>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304106014_Avaliacao_da_rugosidade_relativa_dos_tubos_de_PVC_com_vistas_ao_dimensionamento_das_redes_de_distribuicao_de_agua. Acesso em: 10 maio 2026.

KSB. **Bomba de instalação a seco Meganorm.** Disponível em: <https://www.ksb.com/pt-br/lc/Produtos/Bomba/Bomba-de-instala%25C3%25A7%25C3%25A3o-a-seco/c/DRY/M52B>. Acesso em: 12 maio 2026.

LEITE, Bruno Abdias de Souza. **ANÁLISE DA METODOLOGIA DE PROJETO DE UM ROTOR RADIAL DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA.** 2024. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário de Itajubá - Febi, Itajubá, 2024. Disponível em: https://fepi.br/wp-content/uploads/2025/02/TCC-Bruno-e-Joao-Vitor_compressed.pdf. Acesso em: 11 maio 2026.

LORENZINI NETO, Francisco. **IMPACTO DOS RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA SOBRE O DIMENSIONAMENTO DE REDES DE MICRODRENAGEM PLUVIAL.** 2011. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria - Ufsm, Santa Maria, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323991166_IMPACTO_DOS_RESERVATORIOS_DE_APROVEITAMENTO_DE_AGUA_DA_CHUVA_SOBRE_O_DIMENSIONAMENTO_DE_REDES_DE_MICRODRENAGEM_PLUVIAL. Acesso em: 02 abr. 2026.

MATAIX, Claudio. **Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas.** New York: Harper & Row, 1970.

MANZONI, Leonardo. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM.** 2013. 325 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/publico/TESE_LEONARDO_MANZIONE.pdf. Acesso em: 17 maio 2026.

MARCONDES, Ricardo Augusto de Castro. **ESTUDO DO USO DAS TUBULAÇÕES DE PEAD EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO BRASIL.** 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica, Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-06102016-092317/publico/RicardoAugustodeCastroMarcondesCorr16.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2026.

MENDES, Marcos Vinicius de Lima. **DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM EM UMA EMPRESA DE ENGENHARIA**. 2025. 28 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras-Pb, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/4243>. Acesso em: 21 set. 2025.

MELLO, Luiz Guilherme Rodrigues de *et al.* PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NO DNIT. **Revista Eninfra**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 18-38, 1 nov. 2022. Diretoria de Planejamento e Pesquisa - DPP/DNIT. <http://dx.doi.org/10.70859/2764-9539.v1.n1.13>. Disponível em: <https://share.google/z4WN7clTTviocv8xK>. Acesso em: 21 set. 2025.

MELLO, Sarah Letícia Barbosa *et al.* Análise da interoperabilidade em softwares de dimensionamento estrutural para concreto armado com plataforma Building Information Modeling (BIM). **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 8, n. 12, p. 79622-79642, 16 dez. 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n12-187>.

MIRANDA, Rian das Dores de; SALVI, Levi. Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [S.L.], v. 07, n. 05, p. 79-98, 8 jun. 2019. Revista Científica Multidisciplinar Nucleo Do Conhecimento. <http://dx.doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/tecnologia-bim>. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/tecnologia-bim>. Acesso em: 04 fev. 2026.

NUNES, Dayanna R. da C. et al. Análise do nível de desenvolvimento requerido para modelagem em BIM de projetos de infraestrutura de transportes. *In*: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 35., 2021. Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos [...]**. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, 2021. p. 1097-1109. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais35/documentos/2021/Infraestrutura/Modelagem%20Computacional%20Aplicada%20%C3%A0%20Infraestrutura%20de%20Transportes/4_92_AC.pdf. Acesso em: 06 jun. 2026.

NUNES, Gabriela de Godoi Saldanha; GOULART, Jhon Nero Vaz. Simulação numérica das curvas características de altura manométrica, rendimento e NPSH de uma bomba centrífuga. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA, 26., 2019, Ilhéus. **Anais [...]**. Ilhéus: ABCM, 2019.

OTRANTO, Rafael Barbosa et al. Modelo federado BIM: proposta de processo e estudos de caso. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, [S.L.], v. 20, p. 1-13, 7 out. 2024. UFAL. <http://dx.doi.org/10.46421/entac.v20i1.6037>. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6037>. Acesso em: 17 maio 2026.

PATEL, Akash. **Níveis de Desenvolvimento BIM | LOD 100, 200, 300, 350, 400, 500**. 2026. Disponível em: <https://www.united-bim.com/bim-level-of-development-lod-100-200-300-350-400-500/>. Acesso em: 05 jun. 2026.

PEDREIRA, João Gabriel Maia. **ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM NA CIDADE DE PALMAS–TOCANTINS:**

estudo de caso de um empreendimento imobiliário do tipo loteamento residencial urbano. 2017. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Centro Luterano do Brasil, Palmas, 2017.

PLANARQ. PLANEJAMENTO AMBIENTAL E ARQUITETURA. **Estudo de Impacto Ambiental. Em preeendimento Tucuruí Ecoresort Arraial D'Ajuda-Trancoso/Bahia:** Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Salvador, PLANARQ, 2014. v. 4. Disponível em: https://www.ba.gov.br/inema/sites/site-inema/files/migracao_2024/arquivos/wp-content/files/RTF_RIMA_v4_EIATUCURUI_R0.pdf. Acesso em 07 mai. 2026.

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**. 4. ed. São Carlos: EESC - USP, 2006.

PORTO SEGURO. Prefeitura. **CRESCIMENTO:** Turismo em Porto Seguro cresce 17% em janeiro de 2025, superando 2024. [S.I]: Prefeitura Porto Seguro, 30 jun. 2025. Disponível em: <https://portoseguro.ba.gov.br/noticia/crescimento-turismo-em-porto-seguro-cresce-17-em-janeiro-de-2025-superando-2024>. Acesso em 07 mai. 2026.

RIGHETTO, Antônio Marozzi (coord.). **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf. Acesso em: 27 fev. 2026.

RIO DE JANEIRO (Estado). Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro (AGENERSA). Anexo II: Proposta Técnica - Tomo I: Concorrência Pública nº 001/2020. Rio de Janeiro: AGENERSA, 2021. Disponível em: https://www.rj.gov.br/agenersa/sites/default/files/arquivos_paginas_basicas/02___ANEXO_II_PROPOSTA_TECNICA_TOMO_I.pdf. Acesso em: 31 maio 2026.

ROCHA, Perlla de Oliveira. **CONSTRUINDO CONEXÕES SUSTENTÁVEIS:** uma abordagem tecnológica para minimizar os impactos ambientais gerados pela construção civil. 2025. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2025. Disponível em: <https://share.google/Qea4jsgXwquMTJhKE>. Acesso em: 10 abr. 2026.

SABESP. **REQUISITOS BÁSICOS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DOS SISTEMAS DE ÁGUA E ESGOTOS EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS**. 2018. Disponível em:

https://www.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/espaco_empreendedor/orientador_empreendedor_cadernotecnico_interior_litoral.pdf. Acesso em: 04 jun. 2026.

SACKS, R., EASTMAN, C., TEICHOLZ, P. E LEE, G. (2021) **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 3rd Edition, Wiley, NJ.

SANTOS, Wellington Lima dos. **Desenvolvimento de uma Metodologia para Representação Analítica de Curvas Características de Bombas Hidráulicas, Visando sua Seleção, seu Dimensionamento e a Simulação de sua Operação**. 2001. 76 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/94074409-410d-41b9-8f20-7717c7044e2a/content>. Acesso em: 16 jun. 2026

SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO (São Paulo). **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais**. São Paulo: SMU, [2012]. Disponível em: https://prefeitura.sp.gov.br/web/licenciamento/w/desenvolvimento_urbano/biblioteca_digital/manual_de_drenagem/49018. Acesso em: 28 de jan. 2026.

SIE. Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade. **Comitê Técnico da Estratégia BIM SC. Estratégia BIM SC**. Florianópolis: SIE, [2022]. Disponível em: https://www.bim.sc.gov.br/_files/ugd/1b4d08_a310eb6e32f44f57967c06cc3e05752f.pdf. Acesso em: 21 set. 2025.

SILVA, Mariana Almeida da *et al.* A OCORRÊNCIA CONDOMINIAL E AS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS: um paralelismo entre os objetivos de desenvolvimento sustentável e as certificações brasileiras. **A Teoria e A Prática de Desenvolvimento Sustentável**, [S.L.], p. 159-178, 2024. RIMA Editora. http://dx.doi.org/10.55333/rima-978-65-84811-42-3_010. Acesso em: 21 set. 2025.

STRIEDER, Helena Lunkes; SCHREINERT, Gabriel Grassioli. **Metodologia BIM em obras de infraestrutura**: Uma revisão sistemática. Proceedings of the 47th Reunião Anual de Pavimentação (RAPv), Bento Gonçalves, Brazil, p. 9-12, 2022. Acesso em: 21 set. 2025.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 357-375, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508001568?via%3Dihub>. Acesso em: 17 maio 2026.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL (Belo Horizonte). **Caderno de Encargos – Drenagem**. Minas Gerais: SUDECAP, [2019]. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/cap19-25-07-31.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2026

SULZER. **Water and Wastewater Product Selection Tool**. Disponível em: <https://absel.sulzer.com/StartMain.aspx>. Acesso em: 12 maio 2026.

TASCA, Elias et al. Contribution of Air Management to the Energy Efficiency of Water Pipelines. **Sustainability**, [S.L.], v. 15, n. 5, p. 3875, 21 fev. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su15053875>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/3875>. Acesso em: 14 jun. 2026.

THUTURKAR, Sameer. Efficient Clash Detection and Project Visualization using Autodesk Navisworks. **International Journal For Research In Applied Science And Engineering Technology**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 5199-5204, 30 abr. 2026. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET). <http://dx.doi.org/10.22214/ijraset.2026.80259>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/404304316_Efficient_Clash_Detection_and_Project_Visualization_using_Autodesk_Navisworks. Acesso em: 01 jun. 2026.

TOLENTINO, João Batista. **Hidráulica Agrícola**. 2023. Disponível em: <https://hidraulica.tolentino.pro.br/>. Acesso em: 18 jun. 2026.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **ABASTECIMENTO DE ÁGUA**. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2006. 643 p. Disponível em: https://www.academia.edu/36812851/ABASTECIMENTO_DE_%C3%81GUA_tsutiya. Acesso em: 22 fev. 2026.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **COLETA E TRANSPORTE DE ESGOTO SANITÁRIO**. 3. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011. 525 p.

TEIXEIRA, Emmanuel Kennedy da Costa *et al.* Representação de um projeto de sistema de esgoto em um software BIM. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 10, n. 15, p. e343101522860, 27 nov. 2021. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22860>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/22860>. Acesso em: 01 mar. 2026.

TEIXEIRA, Vicente Grams. **PROJETO ESTRUTURAL DE RESERVATÓRIO CIRCULAR EM CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL APOIADO NO SOLO: análise estrutural, dimensionamento e detalhamento**. 2019. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/200193/001103380.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 31 maio 2026.

TIGRE. **Manual Técnico: Orientações Técnicas Instalações Hidráulicas Prediais**. 2025 Disponível em: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2025/08/manual_tigre_2025.pdf. Acesso em: 04 jun. 2026.

UFPB – UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (Paraíba). **EPANET**. Paraíba: UFPB, [2026]. Disponível em: <https://www.ct.ufpb.br/lenhs/downloda/epanet>. Acesso em: 28 fev. 2026.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho. **Bombas Funcionando como Turbinas**. Rio de Janeiro: Synergia, 2012. 67 v. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=vfRWDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=potencia+de+eixo+em+bombas&ots=fzSw3YrYE4&sig=52_gadJp1luhmrVesuBuxFxCzM&redir_esc=y#v=onepage&q=pot%C3%Aancia&f=false. Acesso em: 16 maio 2026.

WONG, Andy K. D. *et al.* Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries. **Architectural Engineering And Design Management**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 288-302, jan. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.3763/aedm.2010.idds6>. Acesso em: 21 set. 2025.

ANEXO A – KSB MEGANORM

Folheto Descritivo
Nº A2742.1P/4

KSB MEGANORM

Bomba Centrífuga Normalizada para Uso Geral



LINHA:	Mega
NORMA:	ISO 2858

1. Aplicação

A bomba centrífuga KSB Meganorm é indicada para o bombeamento de água e de líquidos limpos ou turvos nas seguintes aplicações:

- Abastecimento de água
- Drenagem
- Irrigação
- Indústria de açúcar e álcool
- Ar condicionado
- Instalações prediais
- Combate a incêndios

2. Descrição Geral

Execução horizontal, estágio único, de sucção simples horizontal e recalque na posição vertical para cima. De construção "back-pull-out", permite os serviços de manutenção e reparo pela parte traseira sem afetar o alinhamento e fixação das tubulações. Dimensionalmente construída de acordo com a norma DIN 24256 / ISO 2858, e mecanicamente de acordo com a norma ANSI B 73.1.

3. Denominação

	KSB	Meganorm	80	/	200
Marca					
Modelo					
Diâmetro Nominal do Flange de Recalque (mm)					
Diâmetro Nominal do Rotor (mm)					

4. Dados de Operação

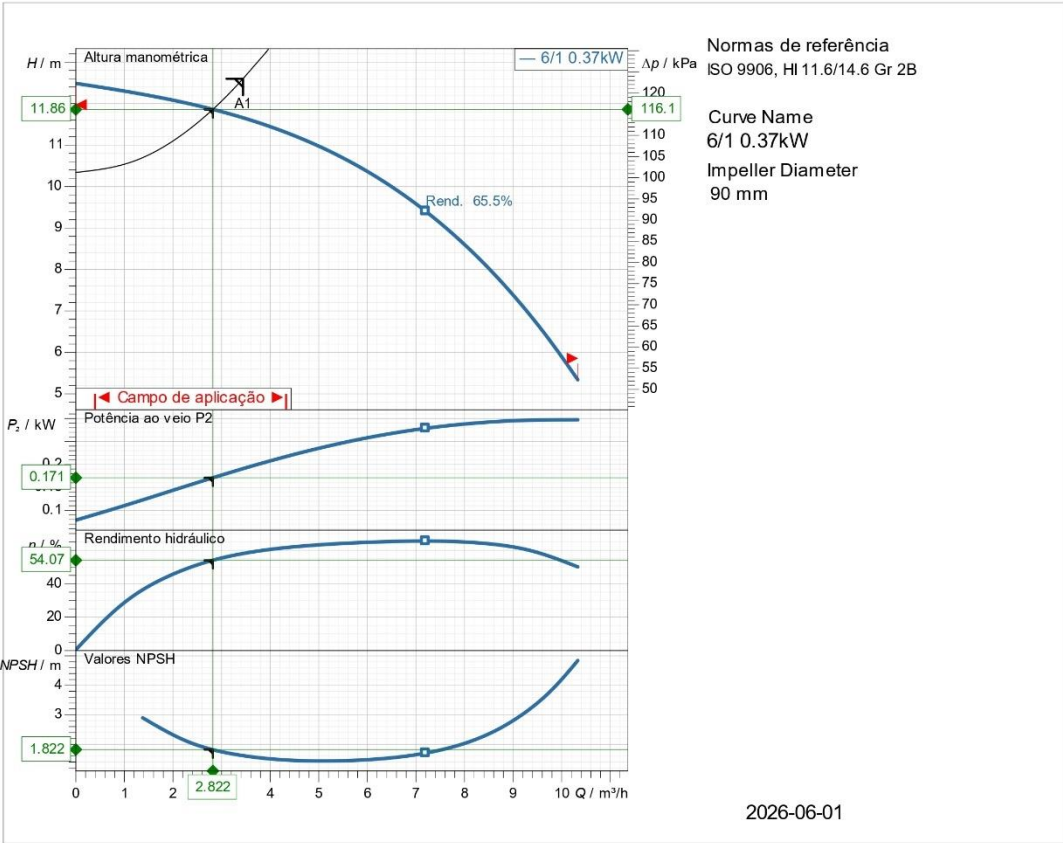
Tamanhos	- DN 25 até 150
Vazões	- até 700 m³/h
Elevações	- até 140 m
Temperatura	- até 105 °C
Rotação	- até 3500 rpm



ANEXO B – VMS 06

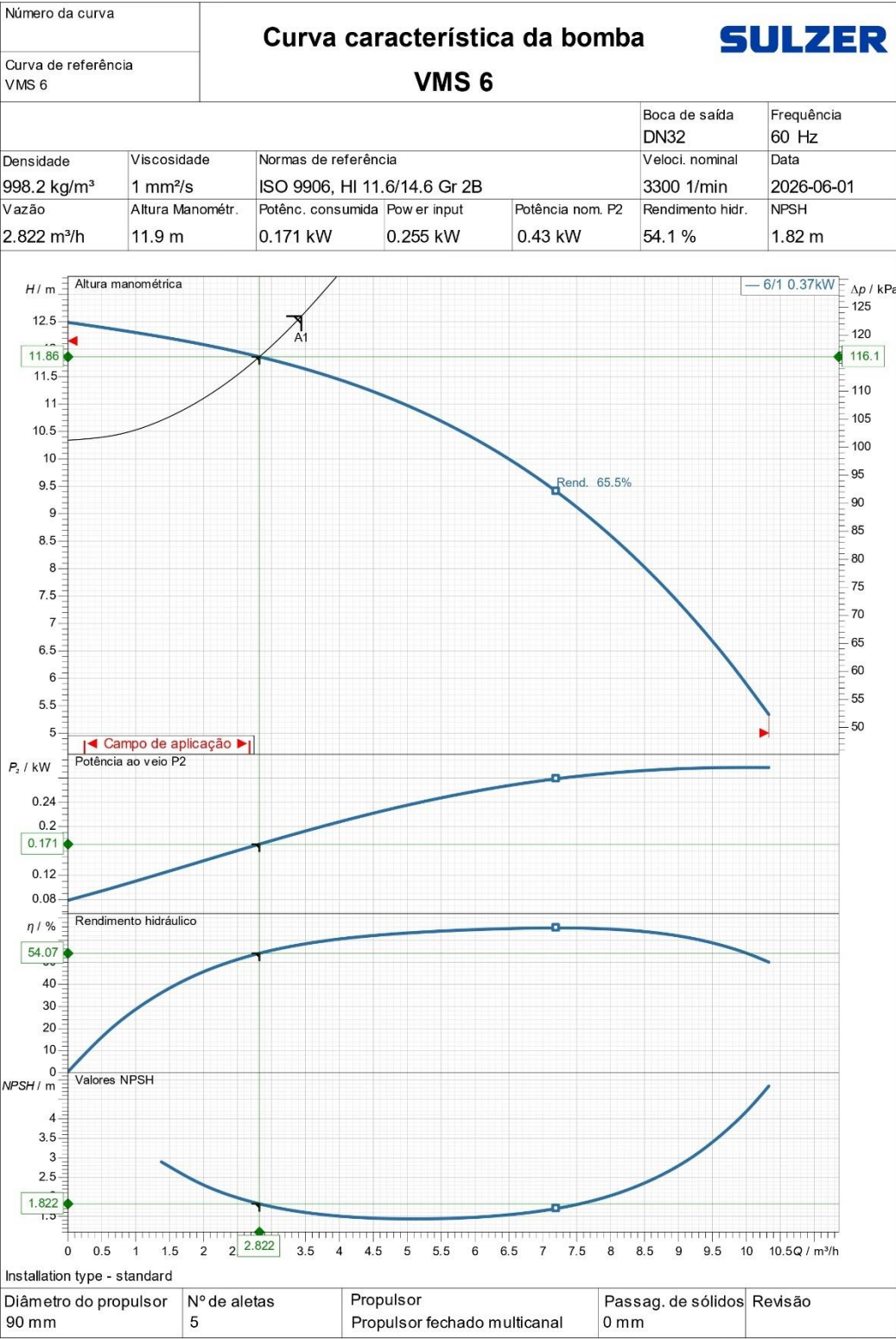
SULZER

VMS 6



Especificação das características de funcionamento		Power input 0.255 kW	
Vazão	2.822 m³/h	Altura Manométr.	11.9 m
Rendimento	54.1 %	Potênc. consumida	0.171 kW
NPSH	1.82 m	Fluido	Água
Temperatura	20 °C	Tipo de instalação	Bomba simples
Nº de bombas	1		
Dados da bomba		Marca SULZER	
Tipo	VMS 6	Propulsor	Propulsor fechado multicanal
Série	VMS	Diâmetro do propulsor	90 mm
Nº de aletas	5	Boca de aspiração	DN32
Passagem livre	0 mm	Tipo de instalação	Installation type - standard
Flange de compressão	DN32		
Momento de inércia			
Dados de motor		Frequência 60 Hz	
Tensão nominal	460 V	Velocidade nominal	3300 1/min
Potência nom. P2	0.43 kW	Rendimento	67 %
Número de pólos	2	Corrente nominal	1 A
Factor de potência	0.8	Binário nominal	1.24 Nm
Corrente de arranque		Grau de protecção	IP 55
Binário de arranque		Nº de arranques/hora	10
Classe de isolamento	F		

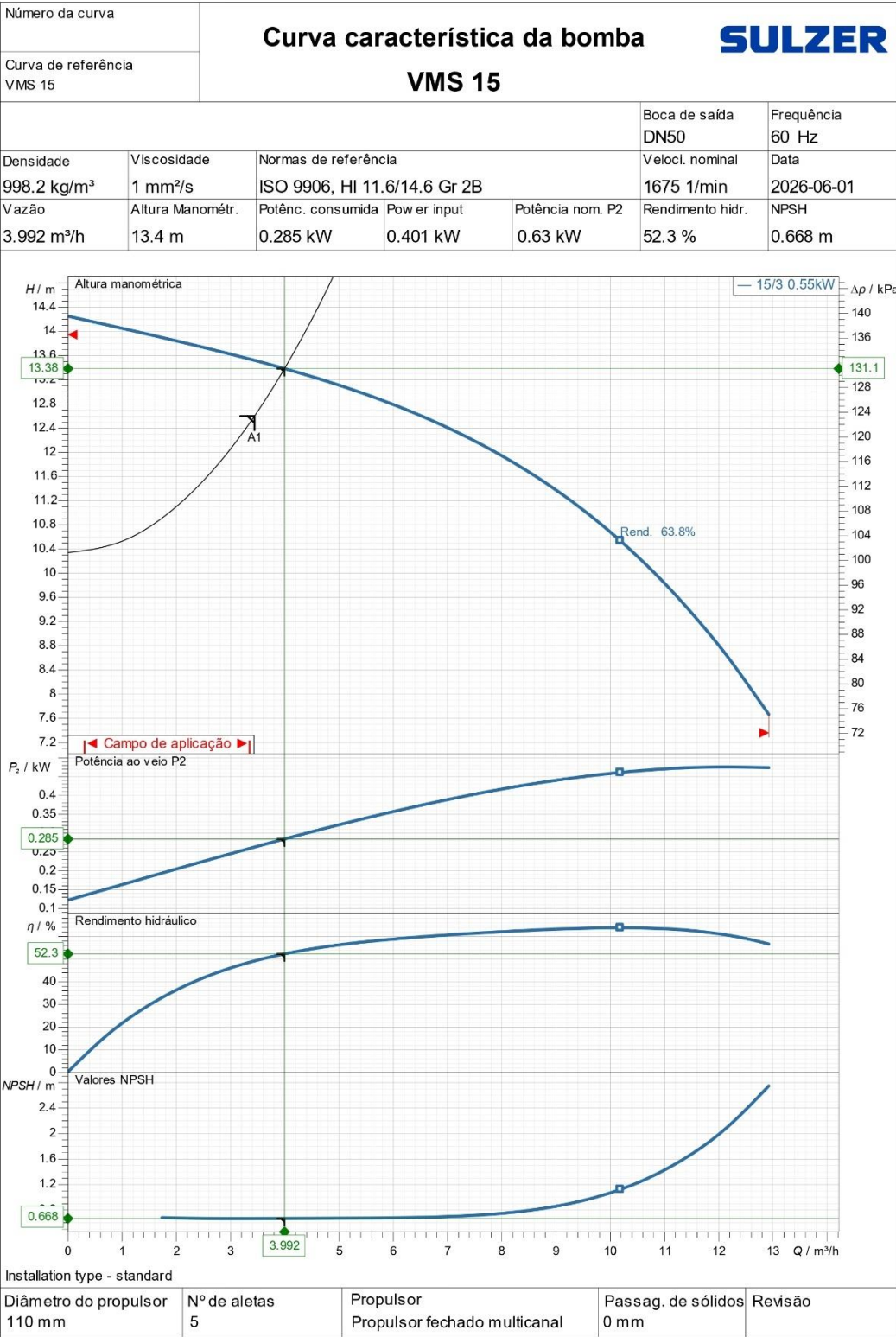
A Sulzer reserva-se o direito de alterar quaisquer dados e dimensões sem aviso prévio e não pode ser responsabilizada pelo uso das informações contidas neste software. Spaix® 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit Versão de dados May 26.2



A Sulzer reserva-se o direito de alterar quaisquer dados e dimensões sem aviso prévio e não pode ser responsabilizada pelo uso das informações contidas neste software.

Spaix© 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit
Versão de dados May 26.2

Spaix® 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit
 Versão de dados: 26.2



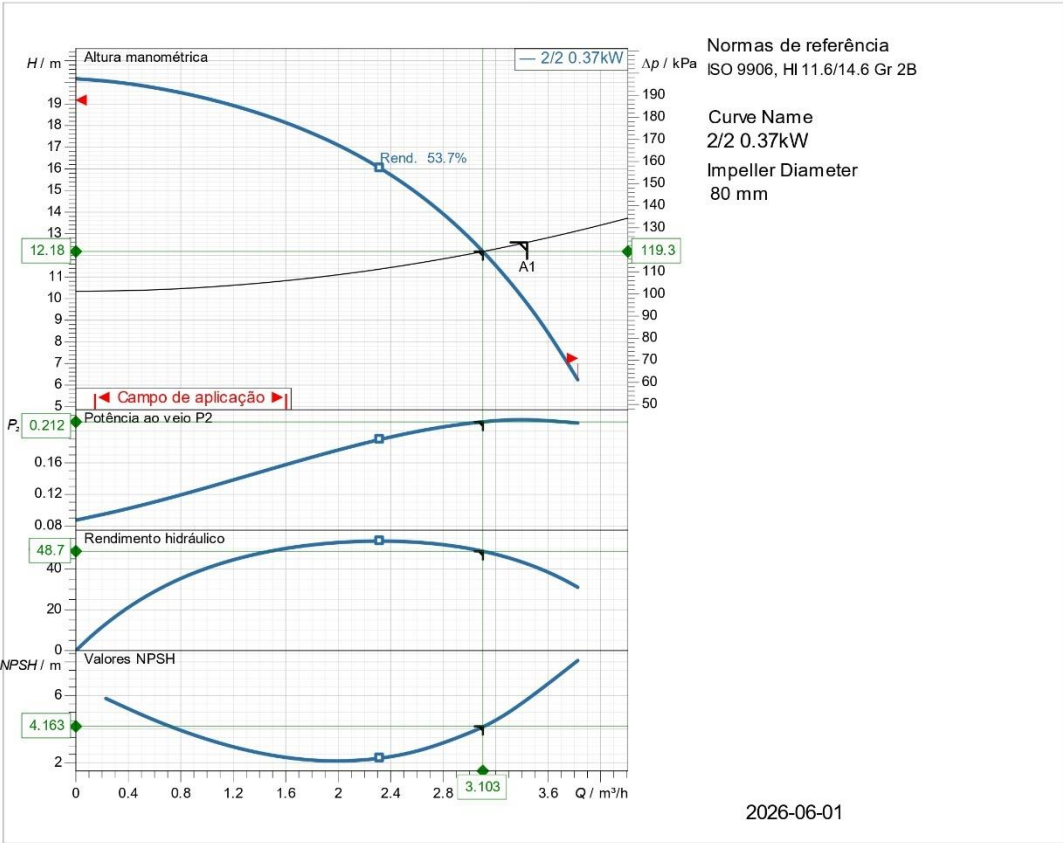
Installation type - standard

Diâmetro do propulsor 110 mm	Nº de aletas 5	Propulsor Propulsor fechado multicanal	Passag. de sólidos 0 mm	Revisão
---------------------------------	-------------------	---	----------------------------	---------

ANEXO D – VMS 02

SULZER

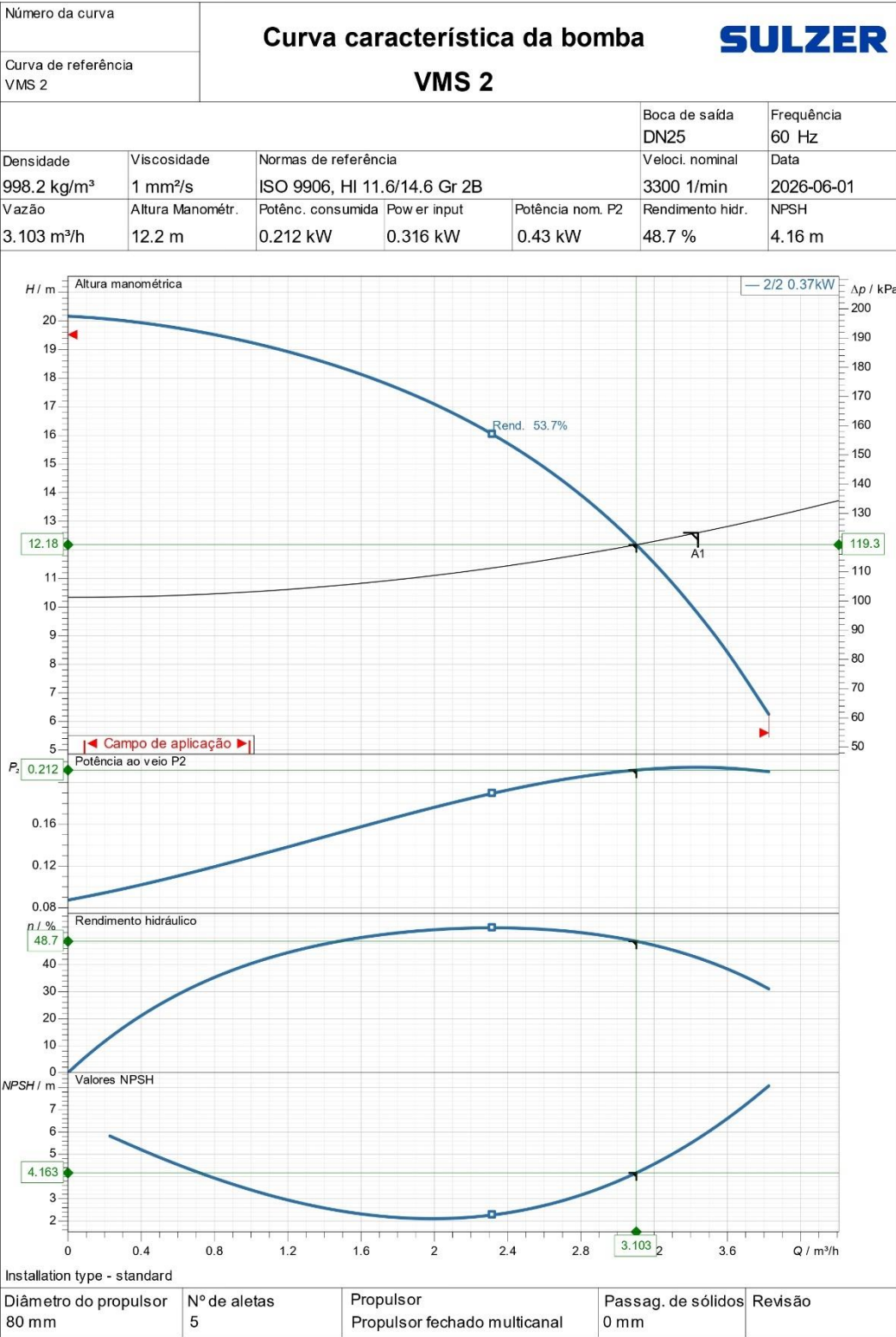
VMS 2



Especificação das características de funcionamento		Power input	0.316 kW
Vazão	3.103 m³/h	Altura Manométr.	12.2 m
Rendimento	48.7 %	Potênc. consumida	0.212 kW
NPSH	4.16 m	Fluido	Água
Temperatura	20 °C	Tipo de instalação	Bomba simples
Nº de bombas	1		
Dados da bomba		Marca	SULZER
Tipo	VMS 2	Propulsor	Propulsor fechado multicanal
Série	VMS	Diâmetro do propulsor	80 mm
Nº de aletas	5	Boca de aspiração	DN25
Passagem livre	0 mm	Tipo de instalação	Installation type - standard
Flange de compressão	DN25		
Momento de inércia			
Dados de motor		Frequência	60 Hz
Tensão nominal	460 V	Velocidade nominal	3300 1/min
Potência nom. P2	0.43 kW	Rendimento	67 %
Número de pólos	2	Corrente nominal	1 A
Factor de potência	0.8	Binário nominal	1.24 Nm
Corrente de arranque		Grau de protecção	IP 55
Binário de arranque		Nº de arranques/hora	10
Classe de isolamento	F		

A Sulzer reserva-se o direito de alterar quaisquer dados e dimensões sem aviso prévio e não pode ser responsabilizada pelo uso das informações contidas neste software.

Spaix® 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit
Versão de dados May 26.2



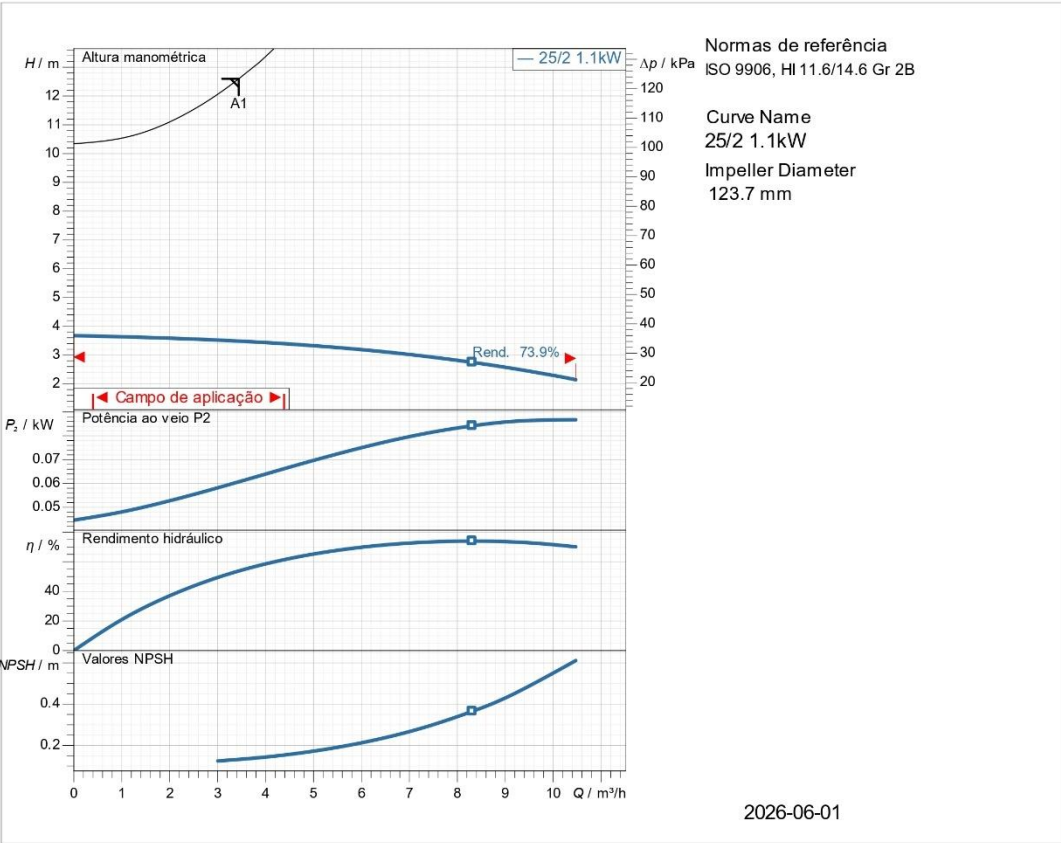
A Sulzer reserva-se o direito de alterar quaisquer dados e dimensões sem aviso prévio e não pode ser responsabilizada pelo uso das informações contidas neste software.

Spaix® 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit
Versão de dados May 26.2

ANEXO E – VMS 25



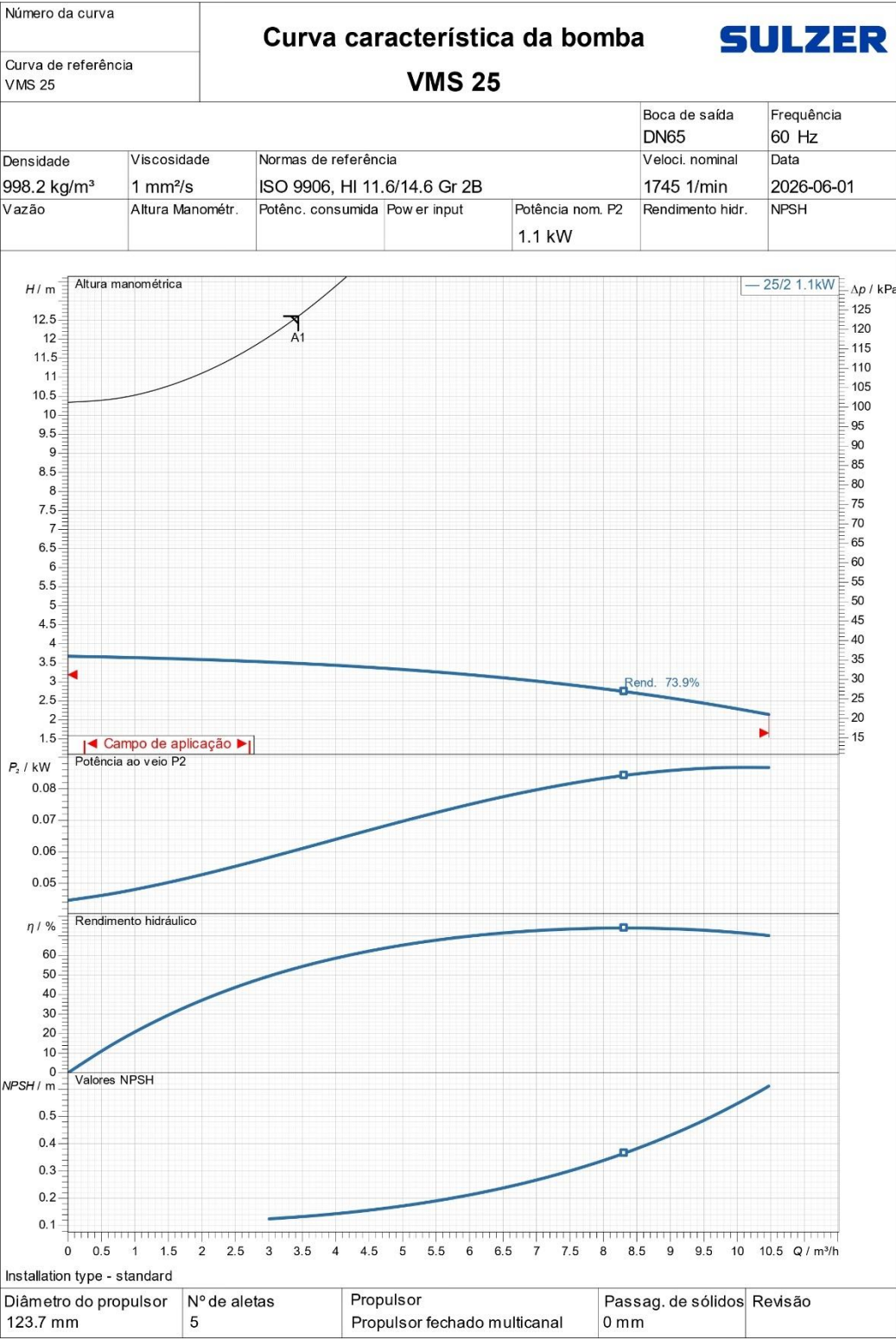
VMS 25



Especificação das características de funcionamento		Power input	
Vazão		Altura Manométr.	
Rendimento		Potênc. consumida	
NPSH		Fluído	Água
Temperatura	20 °C	Tipo de instalação	Bomba simples
Nº de bombas	1		
Dados da bomba		SULZER	
Tipo	VMS 25	Propulsor	Propulsor fechado multicanal
Série	VMS	Diâmetro do propulsor	123.7 mm
Nº de aletas	5	Boca de aspiração	DN65
Passagem livre	0 mm	Tipo de instalação	Installation type - standard
Flange de compressão	DN65		
Momento de inércia			
Dados de motor		60 Hz	
Tensão nominal	460 V	Frequência	
Potência nom. P2	1.1 kW	Velocidade nominal	1740 1/min
Número de pólos	4	Rendimento	84 %
Factor de potência	0.73	Corrente nominal	2.25 A
Corrente de arranque	19.8 A	Binário nominal	6.02 Nm
Binário de arranque	24.7 Nm	Grau de protecção	IP 55
Classe de isolamento	F	Nº de arranques/hora	10

A Sulzer reserva-se o direito de alterar quaisquer dados e dimensões sem aviso prévio e não pode ser responsabilizada pelo uso das informações contidas neste software.

Spaix® 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit
Versão de dados May 26.2



Installation type - standard					
Diâmetro do propulsor 123.7 mm	Nº de aletas 5	Propulsor Propulsor fechado multicanal	Passag. de sólidos 0 mm	Revisão	

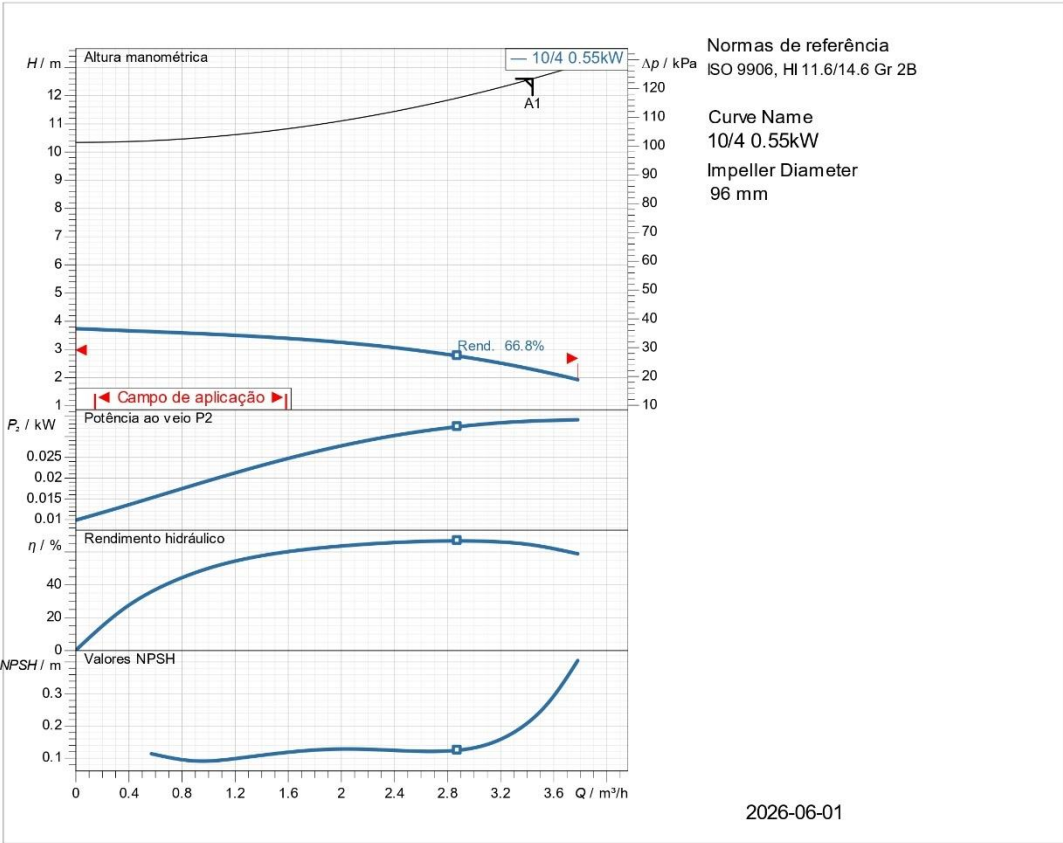
A Sulzer reserva-se o direito de alterar quaisquer dados e dimensões sem aviso prévio e não pode ser responsabilizada pelo uso das informações contidas neste software.

Spaix® 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit
Versão de dados
May 26.2

ANEXO F – VMS 10



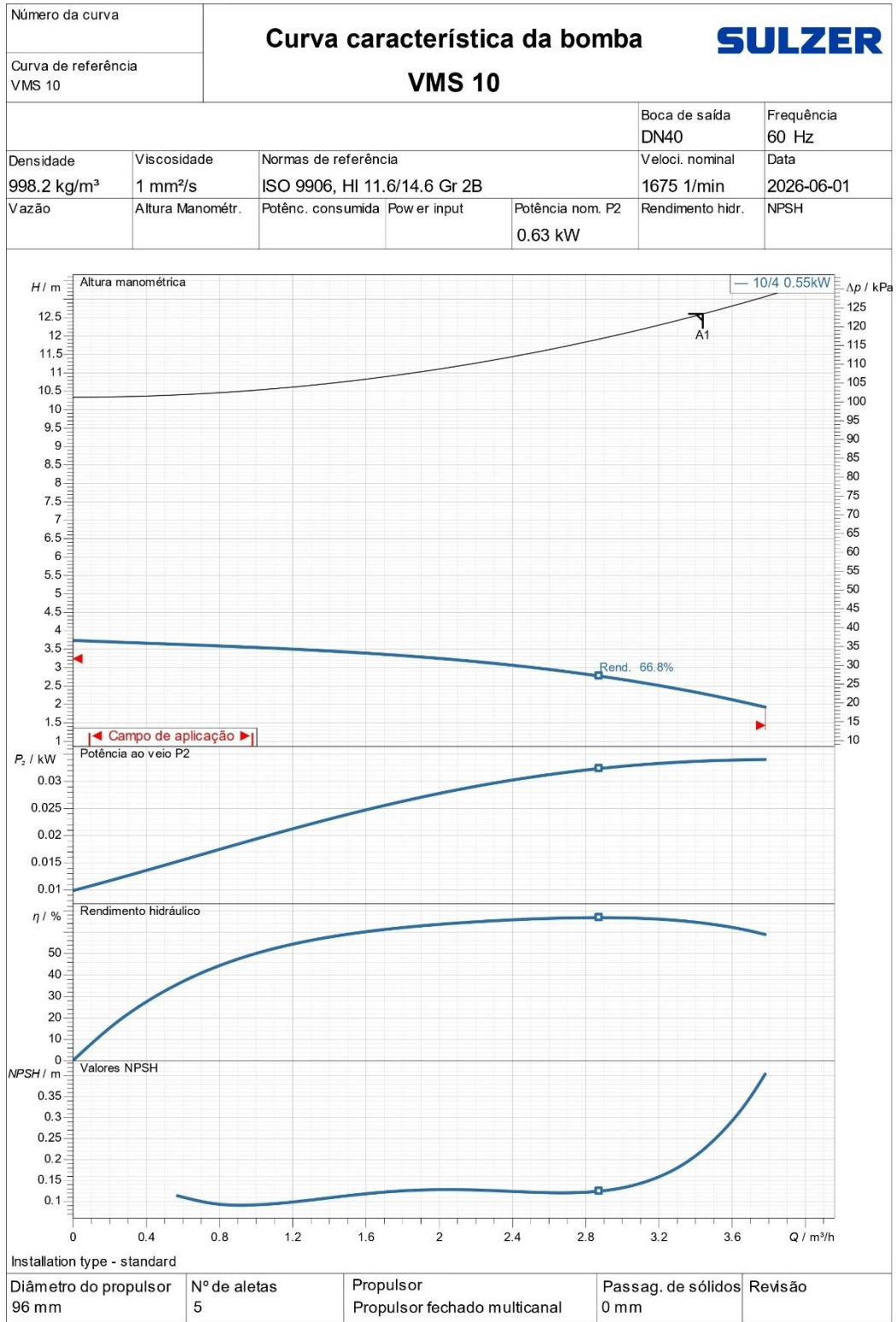
VMS 10



Especificação das características de funcionamento		Power input	
Vazão		Altura Manométr.	
Rendimento		Potênc. consumida	
NPSH		Fluido	Água
Temperatura	20 °C	Tipo de instalação	Bomba simples
Nº de bombas	1		
Dados da bomba		SULZER	
Tipo	VMS 10	Propulsor	Propulsor fechado multicanal
Série	VMS	Diâmetro do propulsor	96 mm
Nº de aletas	5	Boca de aspiração	DN40
Passagem livre	0 mm	Tipo de instalação	Installation type - standard
Flange de compressão	DN40		
Momento de inércia			
Dados de motor		60 Hz	
Tensão nominal	460 V	Frequência	
Potência nom. P2	0.63 kW	Velocidade nominal	1680 1/min
Número de pólos	4	Rendimento	71 %
Factor de potência	0.79	Corrente nominal	1.42 A
Corrente de arranque		Binário nominal	3.59 Nm
Binário de arranque		Grau de protecção	IP 55
Classe de isolamento	F	Nº de arranques/hora	10

A Sulzer reserva-se o direito de alterar quaisquer dados e dimensões sem aviso prévio e não pode ser responsabilizada pelo uso das informações contidas neste software.

Spaix® 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit
Versão de dados May 26.2



A Sulzer reserva-se o direito de alterar quaisquer dados e dimensões sem aviso prévio e não pode ser responsabilizada pelo uso das informações contidas neste software.

Spaix® 6-26.1 - 2026/04/15 (Build 568.f638dc7b91), 64 bit
Versão de dados May 26.2

ANEXO G– PONTOS DA CURVA CARACTERÍSTICA - VMS 15

Login

VMS 15
Installation type - standard
Ponto de trabalho efectivo:
Q: 3.992 m³/h
H: 13.38 m
 η : 52.3 %

5 entradas encontradas

Design. do produto	DN	Tipo	Pass...	n° 1/...	D _s mm	Qtot ...	Htot m	P _s tot...	η ...	NPS...	Ener...
Recomendação											
VMS 6	DN32	Propulsor 0		3300	90	2.822	11.86	0.1711	54.07	1.822	90.48
VMS 15	DN50	Propulsor 0		1675	110	3.992	13.38	0.2846	52.3	0.6683	100.4
VMS 2	DN25	Propulsor 0		3300	80	3.103	12.18	0.2119	48.7	4.163	101.9
VMS 10	DN40	Propulsor 0		1675	96						
VMS 25	DN65	Propulsor 0		1745	123.7						

Curva de características da bom...

Descrição do produto

Folha de dados

Segurança do motor: Necess. 1.05 diap. 2.21 | ISO 9906, H: 11.6/14.5 Gr 2B

Pontos da curva de características

Descrição	Q / m³/h	H / m	NPSH / m	η tot / %	η / %	P _s / kW	P _i / kW	M / Nm
Ponto 1	12	8.804	1.991	43.43	61.17	0.4758	0.6702	2.713
Ponto 2	10	10.68	1.071	45.3	63.8	0.4585	0.6458	2.614
Ponto 3	8	11.94	0.7492	44.08	62.08	0.4171	0.5874	2.378
Ponto 4	6	12.79	0.6794	41.77	58.83	0.3573	0.5033	2.037
Ponto 5	4	13.38	0.6684	37.16	52.34	0.2849	0.4012	1.624
Ponto 6	2	13.84	0.6755	25.85	36.41	0.2049	0.2886	1.168
Ponto 7	0	14.25		0.2447	0.3446	0.1223	0.1722	0.6971
A1 - Ponto de trabalho efectivo	3.992	13.38	0.6683	37.14	52.3	0.2846	0.4008	1.622

Configuração

Ponto de... A1 [Q: 3.44...]
☒ Mostrar campos não passo
☒ Mostrar apenas um passo
Seleção hidráulica
Curvas Características 1750
Curva de características 15/3 0.55kW
Motor
Fabricante: STANDARD
Categoria principal: Motor trifásico

1					2					3					4		
DADOS					MÉTODO DOS COMPRIMENTOS VIRTUAIS					MÉTODO DO COEFICIENTE K					Valores Escolhidos		
ID	PEÇAS	PARÂMETROS		Quantidade	Coeficiente de perda de carga			Perda de carga			Coeficiente de perda de carga		Perda de carga			Localizada Δh'loc ou Δhloc	Distribuída [ΔH _{dist} = J*Lreal] (L x m/m)
					Comprimento Equivalente (*Tabela 4 E Tabela 5) Leq =CTE . n° de peças] (m)	Comprimento Real [Lreal = Extensão da tubulação] (m)	C (Hazen-Williams) (*Tabela 1)	Unitária (m) J=10,65Q^1,85.C^-1,85.D^-1,87 (Hazen-Williams)	Localizada [Δh'loc =J*Leq] (m)	Distribuída [ΔH _{dist} = J*Lreal] (L x m/m)	k (localizado) (*Tabela 2 E Tabela 3)	C (Hazen-Williams) (*Tabela 1)	Unitária (m/m) J=10,65Q^1,85.C^-1,85.D^-1,87 (Hazen-Williams)	Localizada [Δhloc=k*v^2/2*g] (m)	Distribuída [ΔH _{dist} = J*Lreal] (L x m/m)		
C-11	CURVA PVC 45° DN4040mm	DI (mm)	35,2	2	1	-	132,5	0,0185	0,0185		0,4	-	-	0,0088	-	0,0185	-
		Q (l/s)	0,64														
		v (m/s)	0,66														
		v²/(2.g) (m)	0,022														
C-12	CURVA 90° PVC DN 40	DI (mm)	35,2	1	0,7	-	132,5	0,0185	0,0130	-	0,4	-	-	0,0088	-	0,0130	-
		Q (l/s)	0,64														
		v (m/s)	0,66														
		v²/(2.g) (m)	0,022														
B-C	TRECHO DE TUBULAÇÃO DN 40mm	DI (mm)	35,2	D	-	162	32,5	0,0185	-	3,002	-	132,5	0,0185	-	3,002	-	3,002
		Q (l/s)	0,64														
		v (m/s)	0,66														
		v²/(2.g) (m)	0,022														
					SOMATÓRIO											0,108	3,084
					PERDA DE CARGA TOTAL											3,192	

APÊNDICE C – LISTA DE MATERIAIS – REDE PRESSURIZADA

REDE PRESSURIZADA					
ID	COMP.(m)	DESCRIÇÃO	COORDENADA INICIAL	COORDENADA FINAL	RECOBRIMENTO INICIAL FINAL
TUBO-01	9,87	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491972.58 N: 8177232.95	E: 491979.16 N: 8177240.32	1.00 1.00
TUBO-02	6,40	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491979.15 N: 8177240.45	E: 491974.14 N: 8177244.43	1.00 1.00
TUBO-03	1,55	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491974.09 N: 8177244.47	E: 491974.09 N: 8177244.47	0.98 0.58
TUBO-04	0,12	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491974.11 N: 8177244.49	E: 491974.18 N: 8177244.58	-0.61 -0.61
TUBO-05	0,17	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491974.21 N: 8177244.62	E: 491974.32 N: 8177244.75	-0.60 -0.60
TUBO-06	0,17	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491974.58 N: 8177245.06	E: 491974.69 N: 8177245.19	-0.60 -0.60
TUBO-07	1,35	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491974.71 N: 8177245.22	E: 491974.70 N: 8177245.21	-0.57 0.78
TUBO-08	8,63	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491974.72 N: 8177245.24	E: 491980.24 N: 8177251.87	0.80 0.80
TUBO-09	0,15	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 491980.23 N: 8177252.01	E: 491980.12 N: 8177252.10	0.80 0.80
TUBO-10	21,29	TUBO PVC DN40	E: 491980.06 N: 8177252.15	E: 491963.63 N: 8177265.66	0.80 0.81
TUBO-11	5,54	TUBO PVC DN40	E: 491963.18 N: 8177266.03	E: 491958.93 N: 8177269.52	0.83 0.80
TUBO-12	6,18	TUBO PVC DN40	E: 491958.50 N: 8177269.88	E: 491953.73 N: 8177273.80	0.80 0.80
TUBO-13	5,66	TUBO PVC DN40	E: 491953.72 N: 8177273.84	E: 491953.25 N: 8177279.48	0.80 0.80
TUBO-14	111,87	TUBO PVC DN40	E: 491953.25 N: 8177279.51	E: 492025.09 N: 8177365.25	0.80 0.80
TUBO-15	5,18	TUBO PVC DN40	E: 492025.44 N: 8177365.67	E: 492028.66 N: 8177369.61	0.85 0.80
TUBO-16	6,55	TUBO PVC DN40	E: 492028.98 N: 8177370.00	E: 492033.16 N: 8177375.05	0.80 0.80
TUBO-17	3,41	TUBO PVC DN40	E: 492033.17 N: 8177375.06	E: 492033.15 N: 8177375.05	0.72 -2.69
TUBO-18	0,23	TUBO PVC DN40	E: 492033.17 N: 8177375.06	E: 492033.32 N: 8177375.24	-2.75 -2.74
TUBO-19	0,51	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492035.80 N: 8177374.91	E: 492035.41 N: 8177375.24	0.38 0.39
TUBO-20	0,40	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492035.83 N: 8177374.89	E: 492035.83 N: 8177374.89	0.38 0.78
TUBO-21	0,11	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492035.85 N: 8177374.87	E: 492035.94 N: 8177374.80	0.81 0.83
TUBO-22	0,14	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492036.06 N: 8177374.70	E: 492036.17 N: 8177374.61	0.85 0.87
TUBO-23	0,10	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492036.62 N: 8177374.24	E: 492036.69 N: 8177374.18	0.81 0.81
TUBO-24	0,09	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492036.75 N: 8177374.14	E: 492036.82 N: 8177374.08	0.81 0.80
TUBO-25	0,13	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492037.06 N: 8177373.88	E: 492036.96 N: 8177373.96	0.77 0.78
TUBO-26	0,24	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492037.07 N: 8177373.75	E: 492036.92 N: 8177373.57	0.78 0.77
TUBO-27	4,16	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492036.67 N: 8177373.47	E: 492032.51 N: 8177373.69	0.77 0.77
TUBO-28	5,02	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492032.29 N: 8177373.56	E: 492029.11 N: 8177369.68	0.77 0.76
TUBO-29	5,71	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492028.94 N: 8177369.46	E: 492025.35 N: 8177365.10	0.81 0.82
TUBO-30	16,32	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492025.16 N: 8177364.88	E: 492014.81 N: 8177352.29	0.84 0.50
TUBO-31	0,42	TUBO PVC DN40	E: 492015.04 N: 8177351.87	E: 492014.72 N: 8177352.14	0.79 0.54
TUBO-32	0,15	TUBO PVC DN40	E: 492015.25 N: 8177351.70	E: 492015.13 N: 8177351.80	0.81 0.91
TUBO-33	7,26	TUBO PVC DN40	E: 492020.91 N: 8177347.07	E: 492015.29 N: 8177351.67	0.80 0.81

REDE PRESSURIZADA					
ID	COMP.(m)	DESCRIÇÃO	COORDENADA NICIAL	COORDENADA FINAL	RECOBRIMENTO INICIAL FINAL
TUBO-34	0,52	TUBO PVC DN40	E: 492021.34 N: 8177346.72	E: 492020.94 N: 8177347.05	0.80 0.80
TUBO-35	6,83	TUBO PVC DN40	E: 492026.67 N: 8177342.37	E: 492021.38 N: 8177346.69	0.81 0.80
TUBO-36	0,44	TUBO PVC DN40	E: 492027.05 N: 8177342.06	E: 492026.71 N: 8177342.34	0.81 0.81
TUBO-37	6,80	TUBO PVC DN40	E: 492032.35 N: 8177337.72	E: 492027.08 N: 8177342.03	0.80 0.81
TUBO-38	0,45	TUBO PVC DN40	E: 492032.74 N: 8177337.40	E: 492032.39 N: 8177337.69	0.80 0.80
TUBO-39	6,80	TUBO PVC DN40	E: 492038.04 N: 8177333.07	E: 492032.78 N: 8177337.37	0.81 0.80
TUBO-40	0,45	TUBO PVC DN40	E: 492038.44 N: 8177332.75	E: 492038.08 N: 8177333.04	0.81 0.81
TUBO-41	6,92	TUBO PVC DN40	E: 492043.83 N: 8177328.34	E: 492038.47 N: 8177332.72	0.83 0.81
TUBO-42	2,94	TUBO PVC DN40	E: 492046.15 N: 8177326.45	E: 492043.87 N: 8177328.31	0.69 0.82
TUBO-43	6,44	TUBO PVC DN40	E: 492051.16 N: 8177322.35	E: 492046.18 N: 8177326.42	0.80 0.70
TUBO-44	7,38	TUBO PVC DN40	E: 492056.92 N: 8177317.65	E: 492051.20 N: 8177322.32	0.82 0.80
TUBO-45	7,28	TUBO PVC DN40	E: 492062.59 N: 8177313.01	E: 492056.96 N: 8177317.61	0.85 0.82
TUBO-46	0,53	TUBO PVC DN40	E: 492063.04 N: 8177312.64	E: 492062.63 N: 8177312.98	0.85 0.85
TUBO-47	7,76	TUBO PVC DN40	E: 492069.08 N: 8177307.71	E: 492063.07 N: 8177312.62	0.51 0.85
TUBO-48	0,55	TUBO PVC DN40	E: 492069.60 N: 8177307.28	E: 492069.18 N: 8177307.63	0.58 0.52
TUBO-49	3,81	TUBO PVC DN40	E: 492067.06 N: 8177304.33	E: 492069.61 N: 8177307.17	0.62 0.59
TUBO-50	35,78	TUBO PVC DN40	E: 492051.29 N: 8177271.85	E: 492066.84 N: 8177304.08	1.60 0.64
TUBO-51	0,61	TUBO PVC DN40	E: 492051.09 N: 8177271.43	E: 492050.72 N: 8177270.95	1.60 1.61
TUBO-52	29,24	TUBO PVC DN40	E: 492032.88 N: 8177247.73	E: 492050.69 N: 8177270.92	1.01 1.62
TUBO-53	3,50	TUBO PVC DN40	E: 492033.06 N: 8177244.21	E: 492032.87 N: 8177247.70	0.81 1.01
TUBO-54	8,06	TUBO PVC DN40	E: 492027.77 N: 8177238.09	E: 492033.05 N: 8177244.18	0.67 0.81
TUBO-55	0,43	TUBO PVC DN40	E: 492027.32 N: 8177238.34	E: 492027.65 N: 8177238.07	0.83 0.67
TUBO-56	3,86	TUBO PVC DN40	E: 492024.24 N: 8177240.87	E: 492027.23 N: 8177238.42	0.82 0.83
TUBO-57	1,06	TUBO PVC DN40	E: 492023.38 N: 8177241.57	E: 492024.21 N: 8177240.90	0.82 0.82
TUBO-58	6,19	TUBO PVC DN40	E: 492018.57 N: 8177245.52	E: 492023.35 N: 8177241.60	0.81 0.82
TUBO-59	1,19	TUBO PVC DN40	E: 492017.61 N: 8177246.31	E: 492018.53 N: 8177245.55	0.82 0.81
TUBO-60	6,10	TUBO PVC DN40	E: 492012.86 N: 8177250.20	E: 492017.58 N: 8177246.33	0.80 0.82
TUBO-61	1,23	TUBO PVC DN40	E: 492011.87 N: 8177251.01	E: 492012.82 N: 8177250.24	0.80 0.80
TUBO-62	6,13	TUBO PVC DN40	E: 492007.10 N: 8177254.93	E: 492011.84 N: 8177251.04	0.79 0.80
TUBO-63	1,14	TUBO PVC DN40	E: 492006.18 N: 8177255.68	E: 492007.06 N: 8177254.96	0.80 0.79
TUBO-64	7,32	TUBO PVC DN40	E: 492000.49 N: 8177260.34	E: 492006.15 N: 8177255.70	0.81 0.80
TUBO-65	1,22	TUBO PVC DN40	E: 491999.51 N: 8177261.15	E: 492000.45 N: 8177260.38	0.79 0.81
TUBO-66	19,50	TUBO PVC DN40	E: 491987.02 N: 8177246.07	E: 491999.39 N: 8177261.15	0.80 0.79
TUBO-67	1,78	TUBO PVC DN40	E: 491985.87 N: 8177244.67	E: 491987.00 N: 8177246.04	0.80 0.80
TUBO-68	6,50	TUBO PVC DN40	E: 491980.73 N: 8177248.77	E: 491985.77 N: 8177244.66	0.66 0.79
TUBO-69	0,52	TUBO PVC DN40	E: 491980.29 N: 8177249.14	E: 491980.70 N: 8177248.81	0.82 0.78

REDE PRESSURIZADA					
ID	COMP.(m)	DESCRIÇÃO	COORDENADA NICAL	COORDENADA FINAL	RECOBRIMENTO INICIAL FINAL
TUBO-70	21,30	TUBO PVC DN40	E: 491993.78 N: 8177265.71	E: 491980.28 N: 8177249.24	0.70 0.82
TUBO-71	1,16	TUBO PVC DN40	E: 491992.89 N: 8177266.57	E: 491993.78 N: 8177265.83	0.71 0.70
TUBO-72	6,57	TUBO PVC DN40	E: 491987.79 N: 8177270.78	E: 491992.86 N: 8177266.60	0.82 0.71
TUBO-73	0,82	TUBO PVC DN40	E: 491987.12 N: 8177271.33	E: 491987.76 N: 8177270.81	0.82 0.82
TUBO-74	7,37	TUBO PVC DN40	E: 491981.41 N: 8177276.05	E: 491987.10 N: 8177271.35	0.81 0.82
TUBO-75	6,47	TUBO PVC DN50	E: 491976.38 N: 8177280.20	E: 491981.37 N: 8177276.08	0.79 0.80
TUBO-76	0,60	TUBO PVC DN50	E: 491975.88 N: 8177280.61	E: 491976.34 N: 8177280.23	0.79 0.79
TUBO-77	6,75	TUBO PVC DN40	E: 491970.64 N: 8177284.93	E: 491975.85 N: 8177280.64	0.81 0.80
TUBO-78	0,84	TUBO PVC DN40	E: 491969.96 N: 8177285.50	E: 491970.60 N: 8177284.96	0.82 0.82
TUBO-79	6,56	TUBO PVC DN40	E: 491964.87 N: 8177289.69	E: 491969.93 N: 8177285.52	0.84 0.83
TUBO-80	1,33	TUBO PVC DN40	E: 491963.80 N: 8177290.57	E: 491964.83 N: 8177289.72	0.80 0.85
TUBO-81	0,27	TUBO PVC DN40	E: 491963.51 N: 8177290.82	E: 491963.71 N: 8177290.65	0.76 0.77
TUBO-82	0,43	TUBO PVC DN40	E: 492014.69 N: 8177352.14	E: 492014.41 N: 8177351.81	0.53 0.56
TUBO-83	39,37	TUBO PVC DN40	E: 492014.32 N: 8177351.70	E: 491989.06 N: 8177321.51	0.56 0.80
TUBO-84	39,82	TUBO PVC DN40	E: 491989.03 N: 8177321.47	E: 491963.48 N: 8177290.94	0.80 0.77
TUBO-85	0,53	TUBO PVC DN40	E: 491989.06 N: 8177321.48	E: 491989.48 N: 8177321.14	0.80 0.78
TUBO-86	0,80	TUBO PVC DN40	E: 491989.56 N: 8177321.07	E: 491990.18 N: 8177320.56	0.82 0.81
TUBO-87	6,76	TUBO PVC DN40	E: 491990.22 N: 8177320.53	E: 491995.44 N: 8177316.25	0.81 0.81
TUBO-88	0,58	TUBO PVC DN40	E: 491995.48 N: 8177316.22	E: 491995.93 N: 8177315.85	0.81 0.80
TUBO-89	6,71	TUBO PVC DN40	E: 491995.97 N: 8177315.81	E: 492001.16 N: 8177311.56	0.80 0.80
TUBO-90	0,63	TUBO PVC DN40	E: 492001.20 N: 8177311.53	E: 492001.68 N: 8177311.13	0.80 0.81
TUBO-91	6,66	TUBO PVC DN40	E: 492001.72 N: 8177311.10	E: 492006.87 N: 8177306.87	0.81 0.80
TUBO-92	0,61	TUBO PVC DN40	E: 492006.90 N: 8177306.85	E: 492007.37 N: 8177306.46	0.81 0.80
TUBO-93	6,73	TUBO PVC DN40	E: 492007.41 N: 8177306.43	E: 492012.61 N: 8177302.17	0.80 0.81
TUBO-94	0,64	TUBO PVC DN40	E: 492012.65 N: 8177302.14	E: 492013.14 N: 8177301.73	0.81 0.79
TUBO-95	6,73	TUBO PVC DN40	E: 492013.18 N: 8177301.70	E: 492018.39 N: 8177297.43	0.79 0.81
TUBO-96	11,55	TUBO PVC DN40	E: 492018.42 N: 8177297.40	E: 492027.35 N: 8177290.08	0.81 0.82
TUBO-97	4,36	TUBO PVC DN40	E: 492027.38 N: 8177290.06	E: 492030.75 N: 8177287.29	0.82 0.80
TUBO-98	2,92	TUBO PVC DN40	E: 492030.79 N: 8177287.26	E: 492033.05 N: 8177285.41	0.80 0.80
TUBO-99	4,68	TUBO PVC DN40	E: 492033.09 N: 8177285.38	E: 492036.71 N: 8177282.41	0.80 0.82
TUBO-100	2,66	TUBO PVC DN40	E: 492036.74 N: 8177282.38	E: 492038.80 N: 8177280.69	0.83 0.81
TUBO-101	4,70	TUBO PVC DN40	E: 492038.84 N: 8177280.66	E: 492042.48 N: 8177277.68	0.81 0.82
TUBO-102	2,59	TUBO PVC DN40	E: 492042.52 N: 8177277.64	E: 492044.52 N: 8177276.00	0.82 0.82
TUBO-103	7,38	TUBO PVC DN40	E: 492044.56 N: 8177275.97	E: 492050.26 N: 8177271.29	0.82 1.59
TUBO-104	0,42	TUBO PVC DN40	E: 492050.36 N: 8177271.21	E: 492050.69 N: 8177270.95	1.68 1.62
TUBO-105	0,51	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492035.94 N: 8177375.05	E: 492035.55 N: 8177375.37	0.36 0.38
TUBO-106	0,40	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492035.97 N: 8177375.03	E: 492035.97 N: 8177375.03	0.38 0.78

REDE PRESSURIZADA					
ID	COMP.(m)	DESCRIÇÃO	COORDENADA NICAL	COORDENADA FINAL	RECOBRIMENTO INICIAL FINAL
TUBO-107	0,13	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492035.99 N: 8177375.01	E: 492036.09 N: 8177374.93	0.81 0.83
TUBO-108	0,13	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492036.21 N: 8177374.83	E: 492036.31 N: 8177374.74	0.85 0.87
TUBO-109	0,50	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492036.56 N: 8177374.69	E: 492037.06 N: 8177374.76	0.83 0.81
TUBO-110	0,43	Tubo PVC 15 JEI PBA DN50	E: 492037.94 N: 8177374.69	E: 492038.29 N: 8177374.43	0.93 0.99
TUBO-111	0,32	Tubo PVC 15 JEI PBA DN75	E: 492035.89 N: 8177375.76	E: 492036.19 N: 8177375.67	-2.66 -2.58

APÊNDICE D – LISTA DE MATERIAIS - CONEXÕES

TABELA DE CONEXÕES		
ID	ID DESCRIÇÃO	COORDENADA
C-02	FLANGE DE PESCOÇO FoFo DN150	N:8177232,17 E: 491972,48
C-03	TÊ FoFo DN80	N:8177232,43 E: 491972,16
C-04	TOCO FLANGE E BOLSA FoFo DN 150	N:8177232,61 E: 491971,94
C-05	EXTREMIDADE FLANGE E BOLSA DN 80	N:8177232,80 E: 491972,46
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177244,47 E: 491974,09
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177244,47 E: 491974,09
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177245,22 E: 491974,71
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177245,21 E: 491974,70
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177251,95 E: 491980,30
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177374,89 E: 492035,83
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177374,89 E: 492035,83
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177373,82 E: 492037,13
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177375,03 E: 492035,97
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177375,03 E: 492035,97
C-07	CURVA 90° PVC PBA JE DN 50	N:8177240,39 E: 491979,22
C-08	EXTREMIDADE JE BF PBA DN50	N:8177244,78 E: 491974,34
C-08	EXTREMIDADE JE BF PBA DN50	N:8177245,03 E: 491974,56
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177265,98 E: 491963,24
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177269,83 E: 491958,55
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177269,57 E: 491958,87
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177369,67 E: 492028,71
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177352,23 E: 492014,76
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177304,28 E: 492067,01
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177304,01 E: 492066,80
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177271,49 E: 492051,14
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177271,78 E: 492051,27
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177252,15 E: 491980,06
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177365,29 E: 492025,12
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177365,62 E: 492025,39
C-09	BUCHA DE RED. PVC CURTA 50X40	N:8177369,99 E: 492028,98
C-10	CURVA PVC 22° DN50	N:8177269,71 E: 491958,70
C-10	CURVA PVC 22° DN50	N:8177369,56 E: 492029,02
C-10	CURVA PVC 22° DN50	N:8177364,98 E: 492025,25
C-10	CURVA PVC 22° DN50	N:8177271,61 E: 492051,23
C-10	CURVA PVC 22° DN50	N:8177304,17 E: 492066,88

TABELA DE CONEXÕES		
C-10	CURVA PVC 22° DN50	N:8177265,84 E: 491963,41
C-10	CURVA PVC 22° DN50	N:8177365,46 E: 492025,26
C-10	CURVA PVC 22° DN50	N:8177369,83 E: 492028,84
C-11	CURVA PVC 45° DN40	N:8177273,81 E: 491953,72
C-11	CURVA PVC 45° DN40	N:8177279,50 E: 491953,25
C-11	CURVA PVC 45° DN40	N:8177244,19 E: 492033,06
C-11	CURVA PVC 45° DN40	N:8177247,71 E: 492032,87
C-12	CURVA 90° PVC DN 40	N:8177375,06 E: 492033,17
C-12	CURVA 90° PVC DN 40	N:8177375,05 E: 492033,16
C-12	CURVA 90° PVC DN40	N:8177290,88 E: 491963,43
C-12	CURVA 90° PVC DN40	N:8177265,79 E: 491993,84
C-12	CURVA 90° PVC DN40	N:8177249,19 E: 491980,23
C-12	CURVA 90° PVC DN40	N:8177244,61 E: 491985,82
C-12	CURVA 90° PVC DN40	N:8177261,21 E: 491999,43
C-12	CURVA 90° PVC DN40	N:8177238,02 E: 492027,71
C-12	CURVA 90° PVC DN40	N:8177307,23 E: 492069,66
C-13	CURVA 45° PVC DN50	N:8177373,48 E: 492036,84
C-13	CURVA 45° PVC DN50	N:8177373,68 E: 492032,40
C-13	CURVA 45° PVC DN50	N:8177374,67 E: 492036,39
C-15	TÊ PVC DN40	N:8177352,16 E: 492014,70
C-15	TÊ PVC DN40	N:8177270,94 E: 492050,70
C-15	TÊ PVC DN40	N:8177321,49 E: 491989,05
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177351,87 E: 492015,05
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177351,80 E: 492015,13
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177351,80 E: 492014,41
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177351,71 E: 492014,33
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177307,70 E: 492069,08
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177307,63 E: 492069,17
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177271,29 E: 492050,27
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177271,22 E: 492050,36
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177321,14 E: 491989,48
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177321,07 E: 491989,56
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177290,64 E: 491963,72
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177290,58 E: 491963,80
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177238,41 E: 492027,23
C-16	ADAPTADOR ROS. PVC DN40	N:8177238,35 E: 492027,32

TABELA DE CONEXÕES		
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177347,06 E: 492020,92
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177346,71 E: 492021,36
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177342,35 E: 492026,69
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177337,71 E: 492032,37
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177337,39 E: 492032,76
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177333,05 E: 492038,06
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177332,74 E: 492038,45
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177328,32 E: 492043,85
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177326,44 E: 492046,16
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177322,33 E: 492051,18
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177317,63 E: 492056,94
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177312,99 E: 492062,61
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177312,63 E: 492063,05
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177320,55 E: 491990,20
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177316,23 E: 491995,46
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177315,83 E: 491995,95
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177311,54 E: 492001,18
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177311,11 E: 492001,70
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177306,86 E: 492006,89
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177306,45 E: 492007,39
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177302,15 E: 492012,63
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177301,72 E: 492013,16
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177297,42 E: 492018,41
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177290,06 E: 492027,37
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177287,28 E: 492030,77
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177285,39 E: 492033,07
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177282,39 E: 492036,73
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177280,68 E: 492038,82
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177277,66 E: 492042,50
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177275,99 E: 492044,54
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177289,71 E: 491964,85
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177285,50 E: 491969,95
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177284,95 E: 491970,62
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177280,62 E: 491975,87
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177280,21 E: 491976,36
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177276,06 E: 491981,39

TABELA DE CONEXÕES		
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177271,34 E: 491987,11
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177270,79 E: 491987,78
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177266,58 E: 491992,88
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177248,79 E: 491980,72
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177246,06 E: 491987,01
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177260,36 E: 492000,47
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177255,69 E: 492006,17
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177254,94 E: 492007,08
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177251,02 E: 492011,86
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177250,22 E: 492012,84
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177246,32 E: 492017,60
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177245,54 E: 492018,55
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177241,58 E: 492023,37
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177240,88 E: 492024,22
C-17	TÊ PVC REDUÇÃO DN40x25	N:8177351,69 E: 492015,27
C-18	CURVA 90° PVC DN75	N:8177375,66 E: 492036,24

APÊNDICE E – LISTA DE MATERIAIS – ACESSÓRIOS

TABELA ACESSÓRIOS		
ID	DESCRIÇÃO	COORDENADA S
A-01	VÁLCULA DE GAVETA ABERTA DN80	E: 491972.35 N:8177232.67
A-02	REGISTRO ESFERA DN50	E: 49Q972.35 N:8Q77244.60
A-05	VÁLVULA RETENÇÃO PVC SOLDÁVEL DN50	E: 492036.72 N:8177374.16