

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE GOIÁS
(IFG) – CÂMPUS GOIÂNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Yan Lucas de Almeida Alves

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO BIM EM UM PROJETO
HIDROSSANITÁRIO RESIDENCIAL**

**GOIÂNIA
2025**

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

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

Identificação da Produção Técnico-Científica

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

Nome Completo do Autor: Yan Lucas de Almeida Alves

Matrícula: 20191011050224

Título do Trabalho: ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO BIM EM UM PROJETO HIDROSSANITÁRIO RESIDENCIAL

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

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

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Goiânia-GO, 24 / 03 / 2025.
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Yan Lucas de Almeida Alves

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO BIM EM UM PROJETO
HIDROSSANITÁRIO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado pelo Instituto Federal de
Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás
(IFG) – Câmpus Goiânia, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Dálcio Ricardo
Botelho Alves

Coorientadora: Profa. Ma. Marcela Leão
Domiciano

GOIÂNIA
2025

A474e Alves, Yan Lucas de Almeida.
Estudo de caso: análise da aplicação do bim e um projeto hidrossanitário residencial / Yan Lucas de Almeida Alves. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2025.
87 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Dálcio Ricardo Botelho Alves.
Coorientadora: Profa. Ma. Marcela Leão Domiciano.

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

1. Construção civil. 2. BIM (Building Information Modeling). 2. BIM (Modelagem da Informação na Construção). 3. Hidrossanitários residenciais - projetos. I. Alves, Dálcio Ricardo Botelho (orientador). II. Domiciano, Marcela Leão (coorientadora) III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. IV. Título.

CDD 690.028

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.266
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

Yan Lucas de Almeida Alves

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO BIM EM UM PROJETO HIDROSSANITÁRIO RESIDENCIAL

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

Membros da banca: Dr. Dalcio Ricardo Botelho Alves (orientador), Prof.^a Dra. Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco, Esp. Erica de Almeida Bastos Zanon.

Aprovado em 14 de Março de 2025.

Documento assinado eletronicamente por:

- Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/03/2025 15:00:27.
- Dalcio Ricardo Botelho Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/03/2025 08:24:13.
- Erica de Almeida Bastos Zanon, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/03/2025 08:06:51.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC0001 - GYN-CCBEC, em 17/03/2025 08:03:30.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/03/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 627564

Código de Autenticação: bc4f7de4b5



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha irmã, por estarem ao meu lado e me apoiarem em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder força, saúde e perseverança ao longo dessa jornada acadêmica e de todos os meus projetos de vida.

Aos meus pais, Patricia e Cleovander, pelo amor, apoio incondicional e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu orientador, Dálcio Ricardo Botelho Alves e minha coorientadora, Marcela Leão Domiciano, pela dedicação, paciência e colaboração ao longo desse trabalho.

Aos meus colegas de curso, pelas experiências compartilhadas durante essa caminhada.

Ao Instituto Federal de Goiás, pela oportunidade de formação.

Aos professores do curso de Engenharia Civil do IFG Campus Goiânia, pelo ensino de qualidade e as valiosas lições profissionais.

À toda a minha família e amigos, pelo suporte e incentivo nos momentos mais difíceis.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho com excelência, meu sincero agradecimento.

RESUMO

O BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de informações de construção) é uma abordagem inovadora que permite a criação e o gerenciamento de informações digitais integradas ao longo do ciclo de vida de uma edificação. Além disso, o BIM apresenta-se como uma ferramenta que promove a eficiência, a colaboração e a qualidade nos projetos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise a respeito da importância da tecnologia em questão, sua aplicação, eficiência e seus desafios, através de um estudo de caso de um projeto hidrossanitário de uma edificação residencial de 69,9 m², feito tanto com o uso do sistema BIM, quanto com o tradicional sistema CAD (*"CADD": Computer-Aided Design and Drafting* ou Projeto e Desenho Assistidos por Computador). A análise foi feita com o auxílio de softwares que englobam a tecnologia do sistema BIM. Além disso, foi feita a comparação do projeto desenvolvido pelo BIM e pelo sistema CAD, visando identificar a eficácia de cada sistema. Como resultados, evidenciou-se a eficiência da aplicação de novas tecnologias no desenvolvimento de projetos da construção civil, em especial, em projetos hidrossanitários residenciais. Desse modo, a tecnologia mostrou-se capaz de contribuir para a redução de erros, facilitar a compatibilização de projetos e as correções de forma mais eficaz, bem como permitir maior riqueza de detalhes nos projetos.

Palavras-chave: BIM. CAD. Projeto hidrossanitário. Softwares.

ABSTRACT

BIM (Building Information Modeling) is an innovative approach that enables the creation and management of integrated digital information throughout a building's lifecycle. Furthermore, BIM serves as a tool that enhances efficiency, collaboration, and quality in project development. In this context, this study aimed to analyze the importance of this technology, its application, efficiency, and challenges through a case study of the hydrosanitary design of a 69.9 m² residential building, developed using both the BIM system and the traditional CAD system ("CADD": Computer-Aided Design and Drafting). The analysis was conducted with the support of software incorporating BIM technology. Additionally, a comparison was made between the project developed with BIM and the CAD system to assess the effectiveness of each approach. As a result, the study demonstrated the efficiency of applying new technologies in civil construction projects, particularly in residential hydrosanitary designs. Thus, the technology proved to be capable of reducing errors, facilitating project coordination and corrections more effectively, and allowing for greater detail in project development.

Keywords: BIM. CAD. Hydrosanitary design. Software.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa popular - Planta baixa.....	26
Figura 2 - Casa popular - Corte A-A	27
Figura 3 - Casa popular - Corte B-B.....	27
Figura 4 - Instalação predial de água fria - sistema de abastecimento indireto.....	30
Figura 5 - Normograma de pesos, vazões e diâmetros.....	36
Figura 6 - Localização do compartimento que abriga o cavalete	46
Figura 7 - Planta superior de água fria	47
Figura 8 - Planta baixa de água fria	48
Figura 9 - Isométrico da coluna 1	49
Figura 10 - Isométrico da coluna 2	50
Figura 11 – Planta de esgoto sanitário	55
Figura 12 - Traçado do sistema de água fria no banheiro através do AutoCAD em planta baixa	58
Figura 13 - Traçado do sistema de água fria na cozinha através do AutoCAD em planta baixa.....	59
Figura 14 - Traçado do sistema de água fria no banheiro através do AutoCAD em isométrico	59
Figura 15 - Traçado do sistema de água fria na cozinha através do AutoCAD em isométrico	60
Figura 16 – Perspectiva do sistema de água fria no banheiro - Revit	61
Figura 17 - Perspectiva do sistema de água fria na cozinha - Revit.....	61
Figura 18 - Perspectiva unifilar do sistema de água fria no banheiro - Revit	62
Figura 19 - Perspectiva unifilar do sistema de água fria na cozinha - Revit	63
Figura 20 - Perspectiva do sistema completo de água fria - Revit	64
Figura 21 - Perspectiva da caixa d'água - Revit.....	65
Figura 22 – Tabela de tubos de água fria gerada pelo Revit	65
Figura 23 - Tabela de conexões de tubo de água fria gerada pelo Revit	66
Figura 24 - Tabela de acessórios de tubo de água fria gerada pelo Revit.....	66
Figura 25 - Tabela de peças hidrossanitárias de água fria gerada pelo Revit	66
Figura 26 – Planta baixa de esgoto - AutoCAD	68
Figura 27 – Planta baixa de esgoto - Revit.....	69
Figura 28 – Perspectiva do sistema de esgoto no banheiro - Revit	70

Figura 29 - Perspectiva do sistema de esgoto na cozinha - Revit.....	70
Figura 30 - Perspectiva do sistema completo de esgoto - Revit.....	71
Figura 31 – Detalhe do terminal de ventilação - Revit.....	71
Figura 32 – Tabela de tubos de esgoto gerada pelo Revit	72
Figura 33 - Tabela de conexões de tubo de esgoto gerada pelo Revit.....	72
Figura 34 - Tabela de peças hidrossanitárias de esgoto gerada pelo Revit	72
Figura 35 – Verificação de interferências entre as tubulações de água e esgoto próximas à pia da cozinha - Revit	75
Figura 36 – Verificação de interferências entre as tubulações de água e esgoto próximas ao lavatório do banheiro - Revit	75
Figura 37 – Verificação de interferências entre as tubulações da coluna 1 de água fria e coluna de ventilação - Revit	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local	32
Tabela 2 - Consumo predial diário per capita (litros/dia)	32
Tabela 3 - Dimensionamento de hidrômetros em função do consumo diário mensal (m ³ /mês).....	34
Tabela 4 - Faixa de medição diária de hidrômetros	34
Tabela 5 - Pesos relativos nos pontos de utilização	35
Tabela 6 - Comprimento equivalente em metros das conexões - PVC Rígido	38
Tabela 7 - Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga	40
Tabela 8 - Unidades de Hunter de contribuição para aparelhos não relacionados na tabela 7	41
Tabela 9 - Dimensionamento de ramais de esgoto em função do número máximo de UHC	41
Tabela 10 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial	42
Tabela 11 - Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação	43
Tabela 12 - Dimensionamento de ramais de ventilação em função do número máximo de UHC	44
Tabela 13 - Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador.....	44
Tabela 14 - Memorial de cálculo do barrilete	51
Tabela 15 - Memorial de cálculo da coluna 1, ramal e sub-ramais.....	51
Tabela 16 - Memorial de cálculo da coluna 2	51
Tabela 17 - Memorial de cálculo final de água fria	52
Tabela 18 - Memorial de cálculo dos ramais de esgoto do banheiro e cozinha.....	54
Tabela 19 - Memorial de cálculo dos subcoletores e coletor predial	56
Tabela 20 - Memorial de cálculo da coluna e ramal de ventilação	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVO GERAL	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	CAD x BIM.....	17
2.2	BIM PARA PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS	18
2.2.1	PROJETO DE ESGOTO	19
2.2.2	PROJETO DE ÁGUA FRIA	20
2.2.3	INTEGRAÇÃO COM BIM	21
2.3	PROCESSO PROJETUAL	21
2.3.1	PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	22
2.3.2	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1	PROJETO DE ÁGUA FRIA	29
3.1.1	RESERVATÓRIO	30
3.1.2	RAMAL PREDIAL E HIDRÔMETRO	33
3.1.3	RAMAIS, SUB-RAMAIS, COLUNAS E BARRILETE.....	34
3.2	PROJETO DE ESGOTO SANITÁRIO	39
3.2.1	RAMAIS DE DESCARGA E ESGOTO	40
3.2.2	SUBCOLETORES E COLETOR PREDIAL	42
3.2.3	COLUNA E RAMAL DE VENTILAÇÃO	42
4	RESULTADOS E ANÁLISES	44
4.1	PROJETO DE ÁGUA FRIA	44
4.1.1	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	45
4.1.2	DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL E HIDRÔMETRO	45
4.1.3	PLANTAS E ISOMÉTRICOS DA REDE INTERNA	46

4.1.4	DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS, SUB-RAMAIS, COLUNAS E BARRILETE.....	48
4.1.5	COMENTÁRIOS E JUSTIFICATIVAS	52
4.2	PROJETO DE ESGOTO SANITÁRIO	52
4.2.1	DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA E ESGOTO	53
4.2.2	DIMENSIONAMENTO DOS SUBCOLETORES E COLETOR	54
4.2.3	DIMENSIONAMENTO DA COLUNA E RAMAL DE VENTILAÇÃO ..	56
4.2.4	COMENTÁRIOS E JUSTIFICATIVAS	57
4.3	CAD x BIM.....	57
4.3.1	ÁGUA FRIA	58
4.3.2	ESGOTO	67
4.3.3	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	74
5	CONCLUSÃO.....	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE A – APRESENTAÇÃO DE PROJETOS	84

1 INTRODUÇÃO

Segundo Campestrini (2015), o BIM surge como ferramenta para analisar e facilitar o acesso às inovações em métodos, ferramentas, processos e conceitos no setor da construção civil. Levando em consideração o impacto do BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção), é notável que a metodologia quando aplicada, traz uma mudança relevante o suficiente para que os processos convencionais – como, por exemplo, o sistema CAD (“CADD”: *Computer-Aided Design and Drafting* ou Projeto e Desenho Assistidos por Computador) – se tornem cada vez mais arcaicos. Isso ocorre pois, o que anteriormente eram apenas linhas feitas à mão em folhas de desenho técnico e que, posteriormente, se tornaram linhas e hachuras apresentadas digitalmente, hoje são elementos tridimensionais carregados de um aglomerado de informações úteis e adaptáveis para uma série de processos que abrangem todas as etapas de um projeto, desde a sua concepção até uma eventual desativação.

O BIM constitui processos de gestão da informação e de produção ao longo do ciclo de vida da edificação (Lee; Sacks; Eastman, 2006). Além disso, permite a criação de modelos virtuais que integram informações detalhadas sobre os diferentes componentes e projetos de uma edificação, incluindo os sistemas hidrossanitários. Essa abordagem proporciona uma visão abrangente e mais precisa do projeto, possibilitando detecções antecipadas de conflitos, análises de desempenho e a otimização dos processos de construção e manutenção. Entretanto, esse sistema requer profissionais mais capacitados e, a implementação de novas tecnologias requer treinamentos, recursos, dentre outras barreiras que precisam ser ultrapassadas para atingir sua implementação em definitivo.

Nesse contexto, esse trabalho trata sobre a adoção dessa metodologia e seus benefícios práticos, quando aplicada em projetos hidrossanitários residenciais, incluindo os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de uma edificação. A modelagem detalhada dos sistemas hidráulicos e sanitários facilita a identificação de problemas de projeto, como falhas de dimensionamento ou interferências, antes mesmo do início da construção. Além disso, os programas BIM fazem com que retrabalhos sejam minimizados e, com isso, os custos associados aos processos sejam menores, mesmo contendo maior nível de detalhamento e trazendo maior riqueza de informações.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho foi avaliar as principais vantagens da aplicação do sistema BIM em projetos hidrossanitários em comparação com o sistema CAD, por meio de um estudo de caso em um projeto residencial experimental. Assim sendo, foi analisada a eficácia e eficiência de ambas as metodologias, possibilitando ampliar o debate sobre a implementação de novas tecnologias de projetos na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram:

- Desenvolver o projeto hidrossanitário de uma edificação residencial utilizando as tecnologias CAD e BIM;
- Comparar a praticidade do desenvolvimento do projeto;
- Identificar vantagens e limitações do uso de cada tecnologia nos processos de modelagem e documentação do projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sofisticadas tecnologias atualmente utilizadas na área de engenharia e arquitetura, tem se destacado como instrumentos fundamentais para a compreensão e aplicação das metodologias CAD e BIM no contexto de projetos hidrossanitários. Inicialmente, foi abordado o funcionamento das metodologias BIM e CAD, destacando a evolução dos softwares de desenho ao longo do tempo e comparando-os, ressaltando as vantagens e desvantagens de cada sistema.

Além disso, foram desenvolvidos conceitos e elementos dos projetos hidrossanitários de água fria e esgoto residencial e sua integração com o BIM. Por fim, foram abordados aspectos importantes do processo projetual na construção civil, sua importância e de etapas essenciais do mesmo aplicadas na construção civil, como o planejamento, gerenciamento e compatibilização.

É importante ressaltar que, normas técnicas como a NBR 5626 (ABNT, 2020) e a NBR 8160 (ABNT, 2019), são fundamentais para orientar a elaboração e execução dos projetos hidrossanitários, garantindo a qualidade e a segurança das edificações.

O cumprimento dessas normas ajuda a evitar patologias na construção e assegura a durabilidade e o conforto das habitações (Maia, 2021).

2.1 CAD x BIM

O CAD, introduzido na década de 1970, transformou a forma como os projetos eram desenvolvidos, passando do manual para o digital. Segundo Costa (2015), o lançamento do AutoCAD, um dos softwares mais destacados da época, permitiu a modelagem inicialmente em 2D, e posteriormente em 3D, trazendo vantagens como melhor qualidade de apresentação, economia de tempo e melhor gerenciamento dos projetos. O CAD armazena numericamente as informações de seus objetos gráficos através de operações matemáticas e geométricas (Ayres *et al.*, 2007), projetando e adicionando rotinas programadas de desenho, estimando materiais automaticamente e combinando projetos.

O BIM, por outro lado, não é um software específico, mas um sistema abrangente que integra ferramentas para representar as características de uma edificação ao longo de todo o seu ciclo de vida. De acordo com Baia (2015), o BIM permite a modelagem em 2D ser convertida para 3D de forma eficaz, possibilitando simulações de protótipos e melhor visualização entre as equipes envolvidas. Este sistema oferece um detalhamento maior do projeto, incluindo dimensões de elementos e tipos de revestimento, que podem ser consultados em qualquer etapa do desenvolvimento (Baia, 2015).

O CAD e o BIM apresentam diferentes abordagens para o desenvolvimento de projetos. O CAD, como mencionado, se destaca pela sua capacidade de projetar através de desenhos vetoriais, armazenando informações numéricas e permitindo a criação de *templates* que otimizam o tempo de trabalho. O AutoCAD, por exemplo, é amplamente utilizado por permitir uma maior precisão nos projetos e integração com outros softwares de cálculos estruturais (Ayres *et al.*, 2007).

O BIM, por sua vez, oferece uma abordagem mais integrada e colaborativa. Segundo Eastman *et al.* (2014), o BIM é uma tecnologia de modelagem que produz, comunica e analisa modelos de construção com características físicas e funcionais do ciclo de vida de uma edificação. A chave do conceito BIM está na criação de modelos virtuais que simbolizam objetos reais, permitindo a interoperabilidade entre diferentes softwares e facilitando a comunicação entre as equipes de projeto (Eastman *et al.*,

2014). Além disso, a modelagem paramétrica em BIM estabelece regras geométricas e não geométricas que ajustam os objetos conforme as necessidades do projeto.

Ambos os sistemas têm suas vantagens e desafios. O CAD é conhecido por sua maior acessibilidade e custo relativamente baixo, além de ser amplamente adotado no mercado, facilitando a contratação de profissionais qualificados (Justi, 2008). No entanto, o CAD pode enfrentar problemas como a necessidade de inserir manualmente informações de cortes, vistas e perspectivas, o que pode ser mais trabalhoso e sujeito a erros.

O BIM, embora apresente um custo de implementação mais elevado e a necessidade de capacitação dos profissionais, oferece uma integração completa dos modelos, reduzindo os riscos de imprecisões e conflitos no projeto. A interoperabilidade do BIM permite uma comunicação mais fluida entre as equipes de diferentes setores, melhorando a eficiência do planejamento e execução do projeto (Silva, 2017). A metodologia BIM também facilita a criação de maquetes eletrônicas, listas de materiais e compatibilização de projetos, prevenindo atrasos e custos imprevistos.

2.2 BIM PARA PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS

O BIM é um processo de elaboração de projetos que prevê a criação de um modelo virtual com características fiéis à edificação, gerando um protótipo que contém informações detalhadas sobre os materiais utilizados, técnicas construtivas e outras informações relevantes (Durante, 2013). Experiências internacionais confirmam que a utilização do BIM nos projetos de construção civil resulta em ganhos significativos de produtividade e qualidade (Souza, 2009).

A qualidade do projeto é crucial, pois, quando bem elaborado, reduz dúvidas, erros e retrabalhos durante a execução, além de definir com precisão as técnicas, produtos e materiais que serão utilizados na obra (Durante, 2013). No entanto, após Souza (2009) realizar sua pesquisa de impacto do uso do BIM em escritórios de arquitetura, concluiu-se que, o custo elevado dos softwares e o tempo necessário para treinamento são barreiras significativas para a adoção do BIM, com 25% dos entrevistados apontando o custo como um problema e 18,75% destacando o tempo de treinamento como uma dificuldade.

Apesar dessas dificuldades, o BIM oferece facilidades substanciais, como a parametrização de informações entre os objetos e suas especificações, algo que é mais limitado no CAD. Essas vantagens incluem a diminuição dos erros de desenho (14,28%), facilidade para modificações nos projetos (14,28%) e melhor compreensão através de visualizações em 3D (Souza, 2009). No contexto dos projetos hidrossanitários, as informações parametrizadas dos objetos e modelos resultam em maior facilidade na geração de plantas, cortes e perspectivas tridimensionais de água fria e esgoto, detalhamento das vistas e levantamento de quantitativos.

2.2.1 PROJETO DE ESGOTO

Conforme a NBR 8160 (ABNT, 2019), as instalações prediais de esgoto sanitário têm a função de coletar, conduzir e afastar da edificação todos os despejos provenientes do uso dos aparelhos sanitários, encaminhando-os para a rede pública de esgoto ou uma fossa séptica. Esse processo deve ser minuciosamente planejado para prevenir problemas de contaminação e garantir a segurança e o conforto dos usuários (Carvalho Júnior, 2018).

As instalações prediais de esgoto são fundamentais para o bom funcionamento de uma edificação. Elas coletam e transportam os dejetos domésticos e industriais das peças hidrossanitárias até a rede pública ou a um receptor individual de tratamento, como tanques sépticos e filtros anaeróbios (Carvalho Júnior, 2014). Essas instalações devem ser projetadas de modo a evitar a contaminação da água, garantir um escoamento rápido e eficiente, e impedir a entrada de gases nocivos e resíduos que possam causar entupimentos (ABNT, 2019).

A NBR 8160 (ABNT, 2019) estabelece as condições mínimas para as instalações de esgoto sanitário, são essas:

- a) rápido escoamento dos esgotos sanitários;
- b) fácil desobstrução;
- c) impedimento da passagem de gases e animais do interior das instalações para o exterior;
- d) impedimento de acúmulo de gás no interior da tubulação.

2.2.2 PROJETO DE ÁGUA FRIA

O sistema predial de água fria, conforme a NBR 5626 (ABNT, 2020), é composto por tubos, reservatórios e componentes destinados a conduzir água da rede pública aos pontos de utilização. Este projeto é dividido em três subsistemas: alimentação, reservação e distribuição interna. O subsistema de alimentação é responsável por captar a água da rede pública e conduzi-la aos reservatórios da edificação. O subsistema de reservação armazena a água, geralmente em reservatórios inferiores e superiores, e o subsistema de distribuição interna distribui a água dos reservatórios até cada peça hidrossanitária (ABNT, 2020).

De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020), as instalações prediais de água fria devem ser projetadas de forma a garantir que, ao longo da vida útil da edificação, atendam aos determinados requisitos essenciais (Lima, 2016):

- a) Preservar a potabilidade da água;
- b) Garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;
- c) Promover economia de água e energia;
- d) Possibilitar manutenção fácil e econômica;
- e) Evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente;
- f) Proporcionar conforto aos usuários, provendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo às demais exigências do usuário.

Os projetos de água fria devem ser detalhados e seguir as normas técnicas para garantir o abastecimento adequado e a segurança dos usuários. Isso inclui a instalação de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais para assegurar que a água chegue de maneira eficiente e segura aos pontos de consumo (Carvalho Júnior, 2014). A importância desses projetos está em minimizar problemas como vazamentos e entupimentos, que podem aumentar o consumo de água e causar transbordamentos (Diógenes, 2017).

2.2.3 INTEGRAÇÃO COM BIM

O uso do BIM nos projetos hidrossanitários oferece várias vantagens. Permite a parametrização de informações entre os objetos e suas especificações, facilitando a visualização e modificação dos projetos (Souza, 2009). A criação de um modelo 3D detalhado ajuda na compreensão das instalações e na detecção precoce de possíveis conflitos entre os sistemas (Durante, 2013).

Além disso, Miranda (2015) destaca, através de tal tecnologia, a notável capacidade de realizar alterações no cronograma da obra e nas plantas de forma eficiente, resultando em uma redução significativa de tempo em comparação com a modificação manual dos desenhos.

É evidente então que a integração do BIM nos projetos hidrossanitários, tanto de água fria quanto de esgoto, proporciona uma série de benefícios que vão desde a melhoria na qualidade dos projetos até a redução de erros e retrabalhos. Contudo, a implementação do BIM ainda enfrenta desafios, como o custo elevado dos softwares e o tempo necessário para o treinamento (Souza, 2009).

2.3 PROCESSO PROJETUAL

O processo de projeto é caracterizado por um conjunto de atividades inter-relacionadas, que incluem desde o planejamento estratégico até a entrega final do produto. De acordo com Silva e Souza (2003), as fases desse processo incluem o planejamento estratégico, o planejamento do empreendimento, a concepção e desenvolvimento do produto, e a entrega final, seguida pela avaliação pós-ocupação e retroalimentação para novos projetos, além de um projeto *as built*, quando necessário. Este ciclo é fundamental para assegurar que o projeto atenda às expectativas dos clientes e se ajuste às necessidades emergentes.

Cada fase do processo tem um papel crítico na qualidade final do projeto. A fase de desenvolvimento do produto é especialmente relevante, pois envolve intensa interação entre os participantes. Nesta fase, são desenvolvidos o anteprojeto, o projeto legal, os projetos pré-executivos e executivos, e o detalhamento (Silva; Souza, 2003). Durante esta fase, a interação entre os projetistas é intensa e essencial para resolver conflitos e integrar diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutural e

instalações. Essa colaboração é crucial para evitar problemas futuros e garantir a funcionalidade e a qualidade do projeto.

O processo projetual também pode ser definido como uma combinação de criatividade e gerenciamento. Tzortzopoulos (1999) destaca que o processo envolve um aspecto criativo, onde as ideias e soluções são desenvolvidas, e um aspecto gerencial, que organiza e coordena as etapas do projeto. Este equilíbrio é crucial para garantir que o projeto seja desenvolvido de forma eficiente e atenda aos padrões de qualidade esperados.

O gerenciamento eficaz do processo projetual permite a otimização dos recursos, a redução de desperdícios e a melhoria contínua da qualidade do projeto (PMI, 2013). Sendo assim, a coordenação das atividades dentro de uma equipe é essencial para o sucesso do empreendimento, garantindo que todas as etapas do projeto sejam cumpridas de forma coordenada e eficaz.

Por fim, a compatibilização atua como um agente integrador entre as diversas disciplinas de projeto, com o objetivo de identificar e resolver interferências de forma precoce. Esse processo reduz significativamente os erros durante a execução da obra, contribuindo para uma menor incidência de problemas. Os benefícios dessa prática se refletem em todos os subsistemas, permitindo uma execução planejada e padronizada, além de promover a racionalização do processo (Graziano, 2003).

2.3.1 PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Conforme observado por Fellows e Liu (2012), a construção civil é uma indústria complexa, composta por diversas atividades que exigem planejamento cuidadoso e gerenciamento eficiente para cumprir os prazos, custos e requisitos de qualidade estabelecidos. Para alcançar esses objetivos, o planejamento deve abranger todos os aspectos da obra, desde o estudo de viabilidade até a execução e acompanhamento das atividades.

O planejamento é a primeira fase do processo projetual e envolve a definição clara dos objetivos, prazos, custos e recursos necessários para a execução da obra. Como destacado por Fabricio (2002), o planejamento de obra é responsável pela definição e acompanhamento do cronograma das etapas da obra e pelo fluxo de caixa do empreendimento, visando cumprir os prazos estabelecidos. Esta fase é fundamental para evitar problemas futuros, como atrasos e custos imprevistos.

A importância do planejamento é evidente na necessidade de se antecipar possíveis problemas que podem surgir durante a execução da obra. Segundo Melhado (1994), uma das principais falhas ocorre entre projeto e fabricantes, distribuidores e execução. O planejamento eficaz ajuda a identificar e mitigar esses problemas desde o início, garantindo que as etapas sejam cumpridas de acordo com o cronograma e orçamento estabelecidos.

Além disso, o planejamento deve incluir um plano diretor de longo prazo, estudos de viabilidade, orçamento inicial e um plano de ação detalhado para cada etapa da obra (Sant'ana, 2016). Essas etapas são essenciais para assegurar que a obra seja executada dentro dos parâmetros estabelecidos e para facilitar a gestão dos recursos disponíveis.

O gerenciamento de projetos, por sua vez, está intrinsecamente ligado à otimização e coordenação dos recursos envolvidos na obra, incluindo materiais, mão de obra e orçamento. De acordo com Peixoto (2022), a gestão do projeto de construção civil envolve a aplicação de técnicas, conhecimento e habilidades para garantir o cumprimento do projeto dentro dos prazos estabelecidos.

A ausência de um gerenciamento eficaz pode levar a problemas significativos, como desperdício de materiais, aumento de custos e atrasos na execução. Guimarães e Qualharini (2019) destacam que a falta de comunicação e gerenciamento pode afetar negativamente as diversas etapas do projeto. Portanto, a gestão de projetos é essencial para coordenar os recursos de forma eficiente e garantir que as demandas dos contratantes sejam atendidas (Junkes, 2022).

No gerenciamento de projetos, é fundamental otimizar recursos e coordenar as atividades. Diante disso, a coordenação técnica desempenha um papel fundamental no planejamento e na gestão de projetos. Essa atividade garante que as soluções desenvolvidas por projetistas de diferentes áreas estejam alinhadas com os objetivos do cliente e sejam compatíveis entre si. Para isso, é necessário um fluxo de informações contínuo e bem organizado entre todos os envolvidos (Silva; Souza, 2003).

Com base nos conceitos de gestão de projetos e no uso do BIM, Manzione (2013) aponta que evoluções relacionadas ao projeto, proporcionadas pelo BIM, permitem que os agentes envolvidos reavaliem seus modelos de gestão e coordenação, estabelecendo uma maior necessidade de integração entre os domínios

da tecnologia da informação e da gestão. Isso implica na reavaliação das fases do projeto e das responsabilidades dos participantes ao longo de todo o processo.

Nesse sentido, o autor considera que a disseminação do BIM requer a criação de um novo paradigma para o trabalho colaborativo. Além disso, ele destaca que a implementação do BIM deve ocorrer de forma gradual, por meio de estágios evolutivos.

2.3.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Como já pontuado anteriormente, a fase de desenvolvimento do projeto exige uma grande interação entre os diversos participantes, sendo essencial que as disciplinas envolvidas, como arquitetura e engenharia, integrem seus esforços para evitar conflitos. No entanto, a comunicação e coordenação muitas vezes se tornam insuficientes, especialmente na fase do projeto executivo, onde a impressão é que todas as interferências foram solucionadas anteriormente, o que pode não ser o caso (Silva; Souza, 2003).

Historicamente, a colaboração direta entre projetistas e construtores, comum na década de 60, facilitava a comunicação e a coordenação, resultando em menos desperdício e maior eficiência. Com o tempo, essa interação se perdeu, levando a um aumento nos índices de desperdício e a um mercado mais competitivo e exigente (Coelho; Novaes, 2008). Neste cenário, a compatibilização de projetos emergiu como uma resposta necessária para mitigar os problemas decorrentes da falta de coordenação entre as especialidades envolvidas (Silva; Novaes, 2008; Tedesco Jovanovichs; Chahdan Mounzer, 2022).

A compatibilização é definida como a atividade que visa integrar e ajustar projetos correlatos para assegurar que todos os elementos estejam em conformidade e funcionem em harmonia (Solano, 2005). Segundo Graziano (2003), essa prática garante que os sistemas projetados não conflitem entre si e que os dados compartilhados sejam consistentes e confiáveis até a finalização da obra. A necessidade de compatibilização se destaca pela identificação de sobreposições e interferências entre projetos, evitando problemas como erros dimensionais e falta de detalhamento (Santos; Powell; Formoso, 1998; Tavares Junior, 2001).

A importância da compatibilização se reflete na otimização de recursos e na redução de desperdícios. Estudos mostram que a falta de compatibilização pode

resultar em atrasos significativos e aumento de custos devido a retrabalho e correção de erros (França; Haddad, 2018; Nunes; Leão, 2018). Além disso, a compatibilização permite uma visão geral do processo, contribuindo para a resolução de problemas e a diminuição do uso de materiais (Silva; Novaes, 2008).

Com o avanço de tecnologias como o BIM, a compatibilização tem se tornado mais eficiente. A integração dos projetos por meio dessas tecnologias possibilita a identificação e resolução de conflitos de forma mais precisa e em tempo real, facilitando a coordenação e a comunicação entre as disciplinas envolvidas (Mattos, 2010; Macedo, 2018). A adoção de ferramentas como CAD e BIM permite uma análise mais detalhada das interferências e a implementação de soluções integradas, otimizando o processo e garantindo a qualidade do projeto final (Buss *et al.*, 2020; Macedo, 2018). Além do mais, Monteiro *et al.* (2017) diz que, a compatibilização de projetos com o uso de tecnologias como BIM permite a identificação de conflitos ainda na fase de planejamento, evitando retrabalho e desperdício de materiais durante a execução.

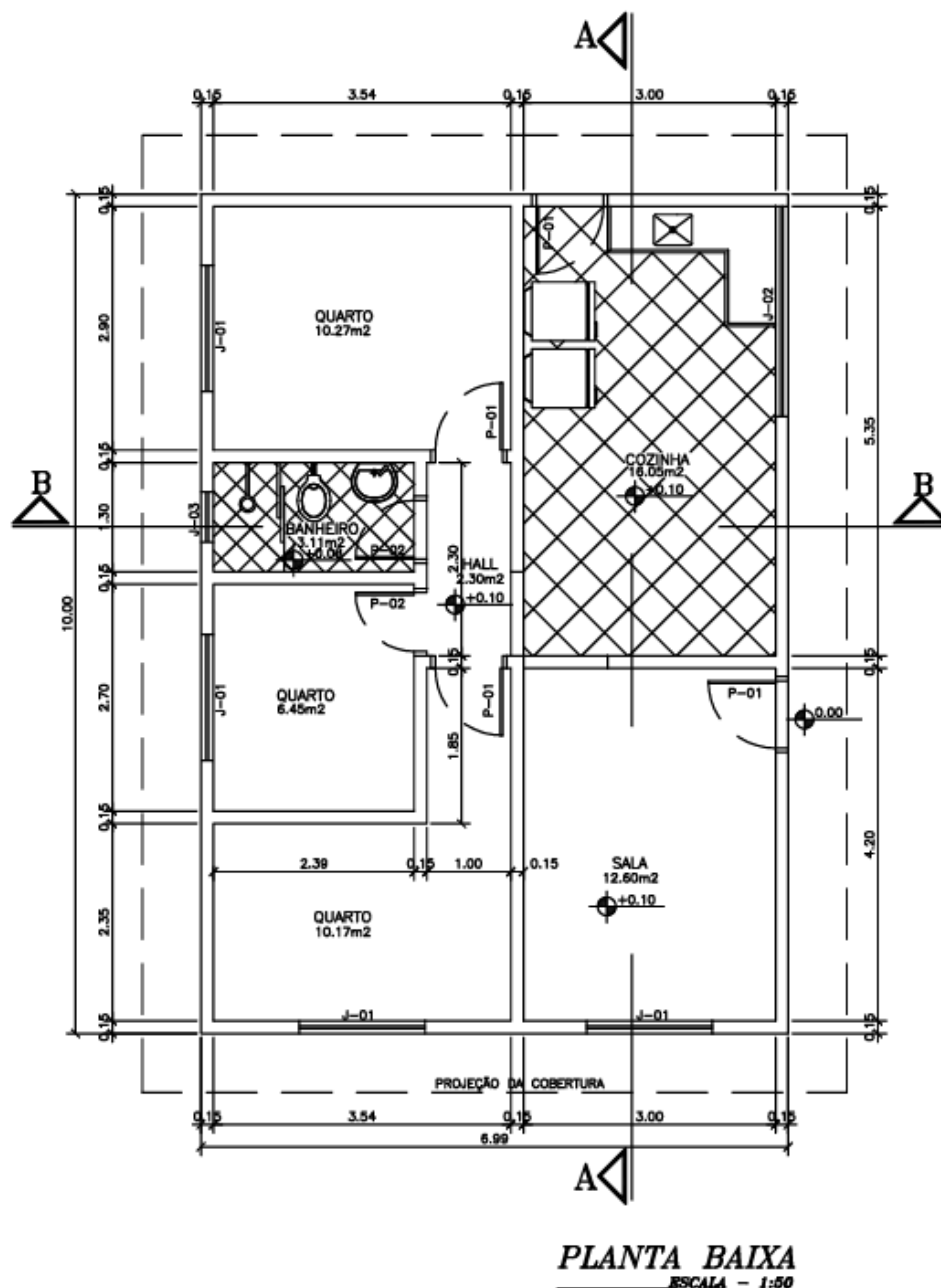
Portanto, a compatibilização de projetos não é apenas uma etapa adicional, mas uma ferramenta essencial para garantir a eficiência e a qualidade na construção civil. Ela atua na coordenação e integração dos diversos elementos do projeto, reduzindo o retrabalho, o desperdício de materiais e os custos associados, além de promover uma execução mais fluida e bem-sucedida das obras (Gomes; Almeida, 2021; Tedesco Jovanovichs; Chahdan Mounzer, 2022). Em um setor cada vez mais competitivo e complexo, essa atividade se torna um pilar fundamental para o sucesso dos empreendimentos, destacando-se como um investimento valioso para evitar problemas futuros e assegurar a entrega de projetos com alta qualidade e no prazo estabelecido.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse trabalho foram elaborados os projetos de água fria e esgoto sanitário de uma edificação residencial de 69,90m², em conformidade com a NBR 5626 (ABNT, 2020) e a NBR 8160 (ABNT, 2019). O projeto arquitetônico da residência trabalhada é um modelo experimental para pesquisas acadêmicas e foi obtido de forma gratuita através de um endereço eletrônico, em formato .dwg – compatível com o software AutoCAD (AditivoCAD, 2024). Para o modelo trabalhado

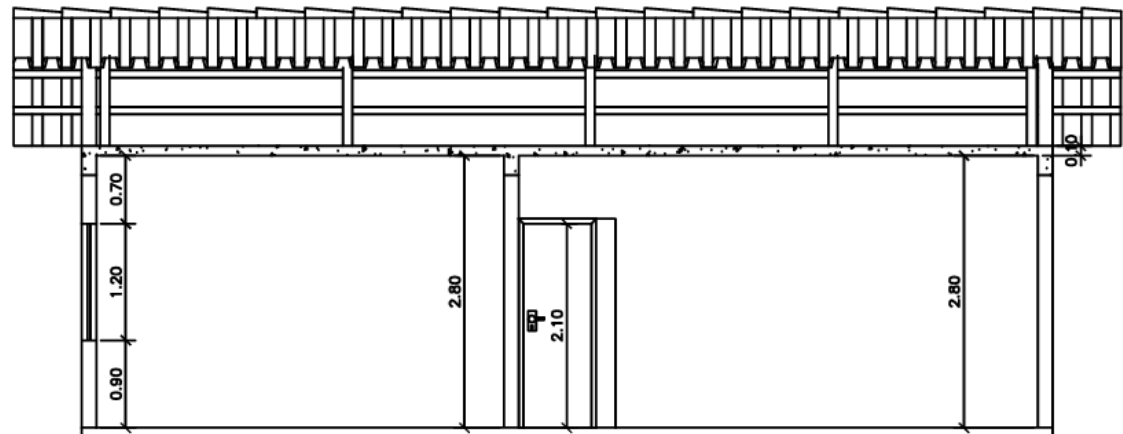
no Revit, foi realizada uma modelagem tridimensional da arquitetura no software seguindo o desenho adquirido em formato CAD, entretanto, essa etapa não foi contabilizada para apresentação dos resultados da pesquisa, pois, no cenário projetual praticado na indústria da construção civil, para desenvolver um projeto complementar em BIM, a arquitetura base também é fornecida em BIM. A planta baixa e os cortes do projeto arquitetônico utilizado podem ser visualizadas nas figuras 1, 2 e 3.

Figura 1 - Casa popular - Planta baixa



Fonte: AditivoCAD, 2024.

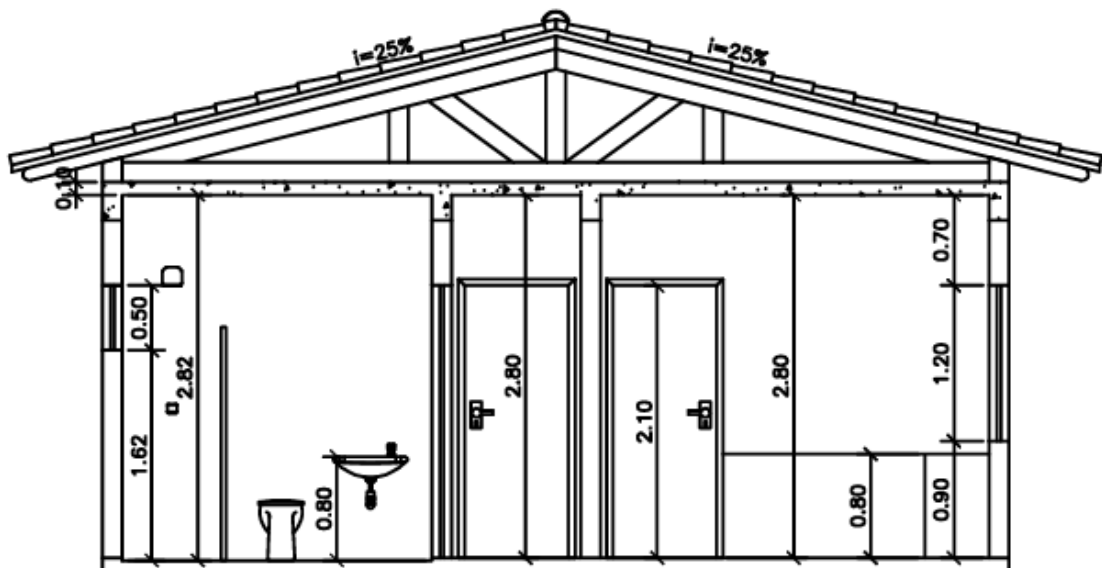
Figura 2 - Casa popular - Corte A-A



CORTE - A A
ESCALA - 1:50

Fonte: AditivoCAD, 2024.

Figura 3 - Casa popular - Corte B-B



CORTE - B B
ESCALA - 1:50

Fonte: AditivoCAD, 2024.

O propósito deste estudo foi avaliar as principais vantagens da aplicação de um método BIM a um projeto hidrossanitário residencial, em relação ao tradicional método

CAD. Portanto, a metodologia se baseia em uma pesquisa por estudo de caso, de caráter descritivo e abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa foi baseada em fontes secundárias teóricas, sendo estas principalmente advindas de artigos científicos e outros trabalhos de graduação, e também de fontes primárias, sendo essas o projeto residencial modelado e estudado em 2D e 3D, utilizando diferentes metodologias (BIM e CAD) e softwares (Revit e AutoCAD), além de todas as etapas subsequentes do mesmo.

Inicialmente, foi feito o dimensionamento dos projetos de água fria e esgoto sanitário da residência, no qual não foi contabilizado o tempo de desenvolvimento, por não se tratar do foco de apresentação do trabalho. Durante a etapa de dimensionamento, foi necessário desenvolver algumas plantas e perspectivas com os traçados desejados para os trechos de abastecimento de água e coleta de esgoto, os quais foram feitos no AutoCAD. Com isso, o tempo de desenvolvimento do projeto através da metodologia CAD já foi parcialmente contabilizado nessa etapa.

Então, após o dimensionamento dos projetos, foi realizada uma análise comparativa detalhada de cada software no processo de desenvolvimento do projeto, a fim de identificar as métricas relevantes de cada um, como tempo de desenvolvimento, qualidade do projeto e nível de detalhamento. O estudo de caso prosseguiu a partir das modelagens dos projetos de água e esgoto da edificação residencial utilizando os programas AutoCAD e Revit, separadamente, ambos disponibilizados em versões gratuitas para estudantes. Cabe ressaltar que primeiramente foi realizada a modelagem no AutoCAD, dando prosseguimento aos traçados já feitos na etapa de dimensionamento e posteriormente foi feita a modelagem no Revit. Em seguida, a compatibilização dos projetos de água e esgoto com a arquitetura foi realizada através do Revit, verificando possíveis interferências no ambiente tridimensional.

Além disso, durante o processo de modelagem e detalhamento do projeto, vários elementos que fazem parte do escopo de um projeto foram desenvolvidos - plantas, cortes, vistas, detalhes, levantamento de quantitativos, entre outros – e, com isso, foi possível evidenciar as diferenças da aplicação de cada método e funcionalidades de cada software.

As plataformas BIM possibilitam uma apresentação mais realista e sofisticada do projeto. Diante desse cenário, também foram geradas perspectivas do projeto desenvolvido, oferecendo uma visualização tridimensional mais imersiva.

Ao longo de todo desenvolvimento e ao fim do processo, foram feitas análises quantitativas, a partir da documentação do tempo gasto em todos os processos envolvidos ao longo da modelagem, criação de vistas, configurações e ajustes do projeto feito a partir das duas metodologias, também levando em consideração a precisão das informações, que pode aumentar ou diminuir possíveis futuros retrabalhos.

Os resultados dessa pesquisa analisados por tratamento qualitativo, levaram em consideração análises de qualidade e eficiência das metodologias de projeto aplicadas e resultados alcançados nos elementos desenvolvidos ao longo do estudo.

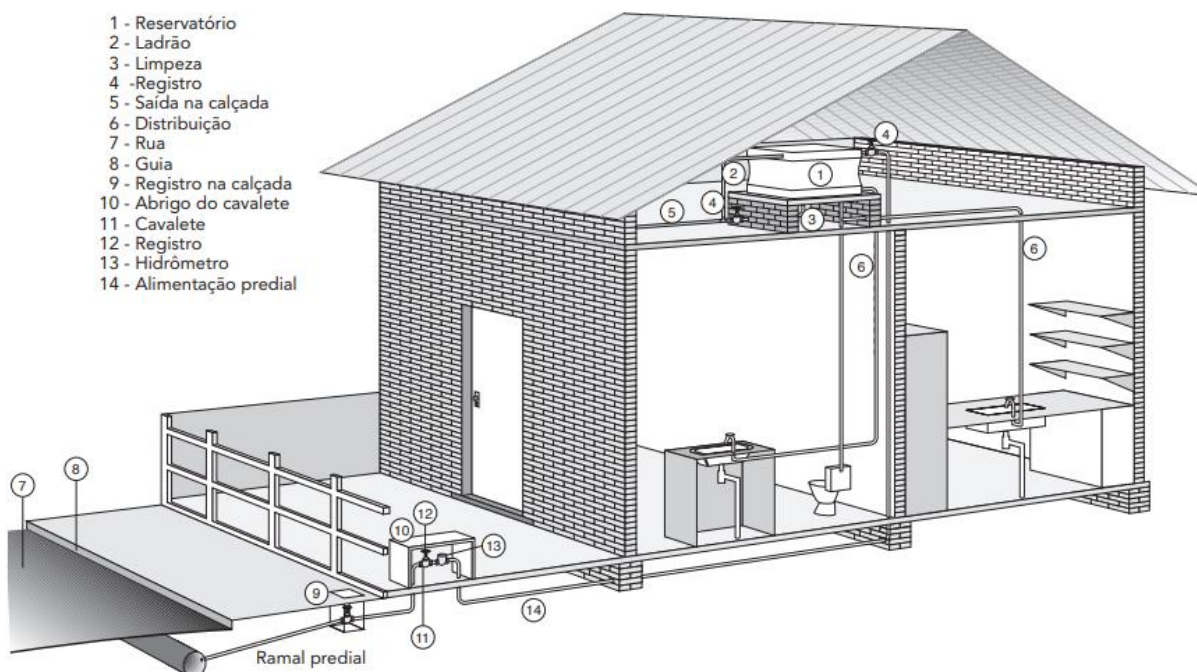
3.1 PROJETO DE ÁGUA FRIA

A norma NBR 5626 (ABNT, 2020) concede ao projetista a liberdade para escolher a metodologia de dimensionamento, desde que sejam atendidas as especificações normativas que assegurem o adequado funcionamento do sistema. A partir de tabelas, gráficos e ábacos disponíveis na literatura técnica, é possível determinar os parâmetros necessários para o cálculo das vazões, perdas de carga, pressão de projeto e velocidades ideais para o dimensionamento da tubulação de água fria e do reservatório.

No caso da edificação em questão, foi utilizado um sistema indireto de abastecimento, sem bombeamento para os pontos de utilização e aparelhos hidrossanitários. Nesse caso, a alimentação é feita de forma indireta, através de um reservatório interno, levando em consideração que a rede pública de água consegue fornecer uma pressão suficiente para alimentar o reservatório superior.

Nesse sistema, foram previstos os seguintes elementos, conforme a representação esquemática da Figura 4: Abrigo com conjunto cavalete e hidrômetros para medição; ramal predial (trecho entre a rede de água e o reservatório); reservatório superior; sistema de distribuição com ramais, sub-ramais, colunas e barriletes; aparelhos sanitários; sistema de extravasão, popularmente conhecido como "ladrão"; tubulação de limpeza do reservatório.

Figura 4 - Instalação predial de água fria - sistema de abastecimento indireto



Fonte: Carvalho, 2013.

A principal vantagem desse sistema de abastecimento é que, em caso de falta de fornecimento, a água do reservatório garante o abastecimento interno. A principal desvantagem, é a possibilidade de contaminação da água nos reservatórios, caso os usuários esqueçam de realizar limpezas periódicas no mesmo.

3.1.1 RESERVATÓRIO

Para efeito de dimensionamento, optou-se pela utilização de um reservatório de polietileno, por se tratar de um material mais comum e acessível, sendo o mais praticado no mercado para residências tradicionais. A NBR 5626 (ABNT, 2020) estabelece que, o abastecimento deve ser garantido em quantidade suficiente, mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento, devendo esse sistema ser separado fisicamente de qualquer instalação. A norma também estabelece que volume à ser reservado deve garantir no mínimo 24h de consumo normal e deve ser limitado ao valor correspondente à três dias de consumo diário, garantindo um sistema que assegure a potabilidade da água dentro do período de

detenção médio (1). Foi adotado então um sistema que reserve um volume suficiente que garanta dois dias de consumo (2).

$$C_D \leq C_R \leq 3 * C_D \quad (1)$$

$$C_R = 2 * C_D \quad (2)$$

Onde:

C_D = consumo diário per capita (l)

C_R = capacidade de reserva (l)

Para calcular o consumo diário da residência, inicialmente deve-se estimar qual o número de pessoas que consumirá água na edificação, ou seja, a população residente, e qual o consumo per capita da mesma, ou seja, quantos litros de água cada pessoa consome por dia (3).

$$C_D = P * q \quad (3)$$

Onde:

P = população que ocupará a edificação

q = consumo per capita (l/dia)

Para estimar a população consumidora de determinada edificação, deve-se levar em consideração uma taxa de ocupação de acordo com o tipo de uso da construção, que está descrita na Tabela 1. Por se tratar de uma residência, foi levada em consideração uma taxa de ocupação de duas pessoas por dormitório na casa em questão.

Para estipular o consumo diário per capita, vários autores utilizam tabelas que determinem qual o consumo necessário para suprir a aplicação do ser humano em edificações variadas, como consta na Tabela 2.

Tabela 1 - Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local

Natureza do local	Taxa de ocupação
Residências e apartamentos	Duas pessoas por dormitório
Bancos	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Escritórios	Uma pessoa por 6,00 m ² de área
Lojas (pavimento térreo)	Uma pessoa por 2,50 m ² de área
Lojas (pavimento superior)	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Shopping centers	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,50 m ² de área
Salões de hotéis	Uma pessoa por 5,50 m ² de área
Restaurantes	Uma pessoa por 1,40 m ² de área
Teatro, cinemas e auditórios	Uma cadeira para cada 0,70 m ² de área

Fonte: Carvalho, 2013.

Tabela 2 - Consumo predial diário per capita (litros/dia)

Prédio	Consumo (litros/dia)
Alojamento provisório	80 <i>per capita</i>
Ambulatórios	25 <i>per capita</i>
Apartamentos	200 <i>per capita</i>
Casas populares ou rurais	150 <i>per capita</i>
Cavaliarias	100 por cavalo
Cinemas e teatros	2 por lugar
Creches	50 <i>per capita</i>
Edifícios públicos ou comerciais	50 <i>per capita</i>
Escolas (externatos)	50 <i>per capita</i>
Escolas (internatos)	150 <i>per capita</i>
Escolas (semi-internato)	100 <i>per capita</i>
Escritórios	50 <i>per capita</i>
Garagens e posto de serviço	50 por automóvel/200 por caminhão
Hotéis(sem cozinha e sem lavanderia)	120 por hóspede
Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 por hóspede
Indústrias – uso pessoal	80 por operário
Indústrias – com restaurante	100 por operário
Jardins (rega)	1,5 por m ²
Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Matadouro – animais de grande porte	300 por animal abatido
Matadouro – animais de pequeno porte	150 por animal abatido
Mercados	5 por m ² de área
Oficinas de costura	50 <i>per capita</i>
Orfanatos, asilos, berçários	150 <i>per capita</i>
Piscinas – lâmina de água	2,5 cm por dia
Postos de serviços para automóveis	150 por veículo
Quartéis	150 <i>per capita</i>
Residência popular	150 <i>per capita</i>
Residência de padrão médio	200 <i>per capita</i>
Residência de padrão luxo	250 <i>per capita</i>
Restaurantes e outros similares	25 por refeição
Templos	2 por lugar

Fonte: Carvalho, 2013.

3.1.2 RAMAL PREDIAL E HIDRÔMETRO

Para o dimensionamento do ramal predial admitem-se as premissas em que, a vazão seja suficiente para suprir o consumo diário de 24h e que a velocidade varie na faixa 0,60 m/s e 1,0 m/s, conforme NBR 5626 (ABNT, 2020). A velocidade a ser adotada para fins de cálculo, foi 0,6 m/s, por se tratar da situação mais crítica e garantir a segurança do sistema. A vazão mínima a ser considerada para o cálculo do Ramal Predial é obtida a partir da equação 4.

$$Q_{\min} = \frac{C_D}{86400} \quad (4)$$

Onde:

$Q_{\min}$ = vazão mínima (l/s)

C_D = consumo diário per capita (l)

86400 = quantidade de segundos em um dia

A partir da vazão e de uma equação fundamental da hidráulica (equação da continuidade), pode ser determinado o diâmetro do ramal (5).

$$D_{\min} \geq \sqrt{\frac{4000 * Q_{\min}}{\pi * v}} \quad (5)$$

Onde:

$D_{\min}$ = diâmetro mínimo (mm)

$Q_{\min}$ = vazão mínima (l/s)

v = velocidade (m/s)

Com isso, deve ser adotado para o ramal predial o diâmetro comercial interno mais próximo e maior que o diâmetro mínimo de cálculo. Cabe ressaltar que, após a escolha do diâmetro adotado, o diâmetro a ser considerado nos cálculos posteriores foi o diâmetro interno, obtido por tabelas técnicas das principais fabricantes.

O dimensionamento do hidrômetro (medidor de vazão) é realizado segundo o consumo mensal da edificação, de acordo com as instruções da concessionária de água local. No caso, por se tratar de um trabalho realizado no município de Goiânia-GO, os resultados levarão em consideração as Tabelas 3 e 4 da concessionária local, a Saneago.

Tabela 3 - Dimensionamento de hidrômetros em função do consumo diário mensal (m³/mês)

TABELA GERAL DE DIMENSIONAMENTO DE HIDRÔMETROS			
CONSUMO MÉDIO MENSAL (m³/mês)		SEM CAIXA D'ÁGUA	COM CAIXA D'ÁGUA
INFERIOR (Mín.)	SUPERIOR (Máx.)	CAPACIDADE TECNOLOGIA	
0	10	1,5 m³/h Unijato	
11	50	3,0 m³/h multijato ou volumétrico	1,5 m³/h unijato ou 3,0 m³/h volumétrico
51	200	3,0 m³/h multijato ou volumétrico ou ultrassônico	
201	335	5,0 m³/h multijato ou volumétrico ou ultrassônico	
336	470	7,0 m³/h multijato ou volumétrico ou ultrassônico	
471	670	10 m³/h multijato ou volumétrico ou ultrassônico	
671	1.342	20 m³/h multijato ou volumétrico ou ultrassônico	
1343	2.012	30 m³/h multijato ou ultrassônico	
2.013	10.445	50 mm ultrassônico ou woltmann vertical	
10.446	18.900	80 mm ultrassônico ou woltmann vertical	
18.901	30.000	100 mm ultrassônico ou woltmann vertical	
30.001	60.000	150 mm ultrassônico ou woltmann vertical	
60.001	144.763	200 mm ultrassônico ou woltmann horizontal	

Fonte: Saneago, 2022.

Tabela 4 - Faixa de medição diária de hidrômetros

FAIXA DE MEDIÇÃO DIÁRIA DE HIDRÔMETROS		
CAPACIDADE (VAZÃO MÁXIMA DO HIDRÔMETRO)	DIÂMETRO (POLEGADA)	CONSUMO DIÁRIO MÁXIMO*
3,0 m³/h	3/4"	36 m³
5,0 m³/h	3/4"	60 m³
7,0 m³/h	1"	84 m³
10 m³/h	1"	120 m³
20 m³/h	1.1/2"	240 m³
30 m³/h	2"	360 m³

Fonte: Saneago, 2022.

3.1.3 RAMAIS, SUB-RAM AIS, COLUNAS E BARRILETE

Para dimensionar os trechos de distribuição, foi utilizado o método da soma dos pesos, preconizado pela NBR 5626 (ABNT, 2020). Este método é baseado na probabilidade de uso simultâneo de aparelhos e peças. Para fins de um dimensionamento mais realista, utilizaremos o critério de consumo máximo provável,

baseando-se na hipótese de que é pouco provável de ocorrer o uso simultâneo de aparelhos no mesmo ramal.

O método se inicia na verificação do peso relativo de cada aparelho sanitário conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 5 - Pesos relativos nos pontos de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto (litros/s)	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	Sem sifão Integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: Carvalho, 2013.

Posteriormente, somam-se os pesos dos aparelhos alimentados em cada trecho da distribuição e é calculada a vazão no respectivo trecho pela equação 6.

$$Q = 0,3 * \sqrt{\Sigma P} \quad (6)$$

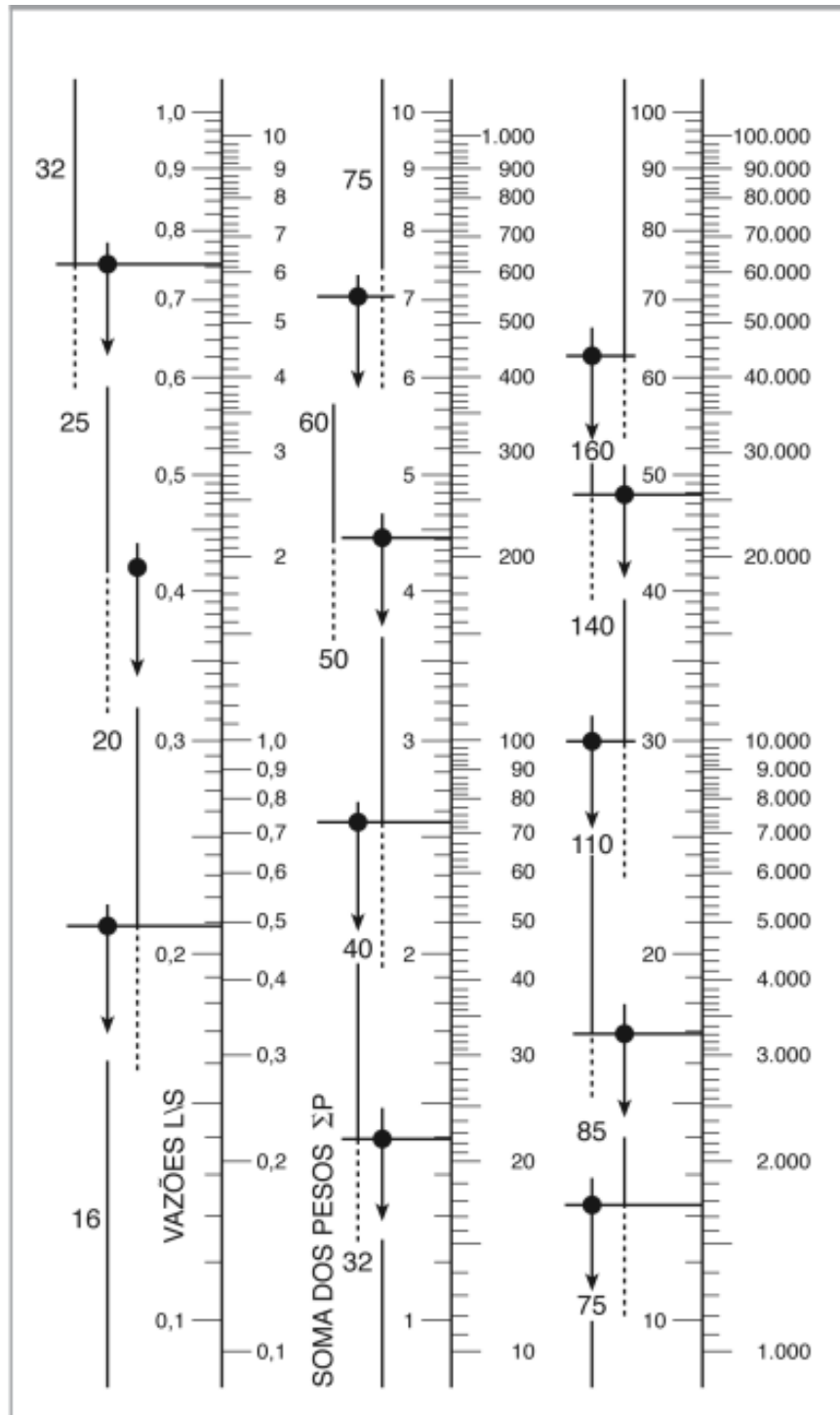
Onde:

Q = vazão (l/s)

ΣP = soma de pesos

Com isso, é possível determinar o diâmetro de cada trecho da tubulação através do ábaco (normograma) de pesos, vazões e diâmetros, apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Normograma de pesos, vazões e diâmetros



Fonte: Carvalho, 2013.

Com os valores de vazão e diâmetro de cada trecho, é possível definir o valor da velocidade através da equação 7 e verificar se elas atendem os limites estabelecidos pela NBR 5626 (ABNT, 2020), que é de no máximo 3 m/s.

$$v = \frac{4000 * Q}{\pi * D^2} \quad (7)$$

Onde:

Q = vazão (l/s)

D = diâmetro (mm)

v = velocidade (m/s)

Também é necessário verificar a perda de carga nos tubos e conexões. Para a perda de carga nos tubos, a NBR 5626 (ABNT, 2020) estabelece que podem ser utilizadas as expressões de *Fair-Whipple-Hsiao* para cálculo da perda de carga unitária em tubos rugosos e tubos lisos. Para tubos lisos (de plástico e cobre), a expressão pode ser visualizada através da equação 8.

$$j = 0,000869 * Q^{1,75} * D^{-4,75} \quad (8)$$

Onde:

j = perda de carga unitária (m/m)

D = diâmetro (m)

Q = vazão (m³/s)

Já a perda de carga nas conexões, deve ser expressa em termos do comprimento equivalente dessas conexões (método do comprimento equivalente), que podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6 - Comprimento equivalente em metros das conexões - PVC Rígido

		DIÂMETROS								
DN mm		20	25	32	40	50	60	75	85	110
Ref. pol.		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
Joelho 90°		1,1	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3
Joelho 45°		0,4	0,5	0,7	1,0	1,0	1,3	1,7	1,8	1,9
Curva 90°		0,4	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Curva 45°		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
TE 90° passagem direta		0,7	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
TE 90° saída de lado		2,3	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3
TE 90° saída bilateral		2,3	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3
Entrada normal		0,3	0,4	0,5	0,6	1,0	1,5	1,6	2,0	2,2
Entrada de borda		0,9	1,0	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,7	4,0
Saída de canalização		0,8	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9
Válvula de pé e crivo		8,1	9,5	13,3	15,5	18,3	23,7	25,0	26,8	28,6
Válvula de re- tenção tipo leve		2,5	2,7	3,8	4,9	6,8	7,1	8,2	9,3	10,4
Válvula de re- tenção pesado		3,6	4,1	5,8	7,4	9,1	10,8	12,5	14,2	16,0
Registro globo aberto		11,1	11,4	15,0	22,0	35,8	37,9	38,0	40,0	42,3
Registro gaveta aberto		0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0
Registro ângulo aberto		5,9	6,1	8,4	10,5	17,0	18,5	19,0	20,0	22,1

Fonte: Carvalho, 2013.

Por fim, a perda de carga total é calculada em função do comprimento total de tubos, adquirido através da soma das distâncias no trajeto da tubulação, da soma do comprimento equivalente das conexões existentes no trecho e da perda de carga unitária (9).

$$Hf = (L_R + L_{eq}) * j \quad (9)$$

Onde:

Hf = perda de carga total no trecho (m.c.a)

L_R = comprimento do trecho (m)

L_{eq} = comprimento equivalente – conexões (m)

j = perda de carga unitária (m/m)

Com a perda de carga calculada, é possível calcular as pressões e verificar se elas se situam dentro dos limites estabelecidos por norma. A NBR 5626 (ABNT, 2020) estabelece que a pressão estática em qualquer ponto de utilização da rede predial de distribuição seja inferior a 40 mca (metros de coluna d'água). Já a pressão dinâmica, não pode ser inferior a 1 mca em todos os pontos de utilização e a 0,5 mca para os demais pontos, exceto em trechos verticais de tomadas d'água. Foram consideradas as pressões residual e disponível, sendo que, a pressão residual é a pressão à jusante do trecho calculado e, a pressão disponível é a pressão à montante do trecho somada ao desnível geométrico. O cálculo das pressões pode ser feito através da equação 10.

$$PR = PD - Hf \quad (10)$$

Onde:

PR = pressão residual (m.c.a)

PD = pressão disponível (m.c.a)

Hf = perda de carga total (m.c.a)

3.2 PROJETO DE ESGOTO SANITÁRIO

O dimensionamento do sistema de esgoto sanitário predial foi realizado conforme os critérios estabelecidos na NBR 8160 (ABNT, 2019), que define os requisitos técnicos para projeto, ensaio e manutenção desses sistemas. O dimensionamento pode ser conduzido por meio do método hidráulico ou pelo método das Unidades Hunter de Contribuição (UHC), conforme previsto na referida norma. É importante ressaltar que por se tratar de uma residência térrea, não existirá tubo de queda, já que todo o esgoto dos ramais foi conduzido diretamente ao coletor predial e interligado à rede pública de coleta de esgoto.

3.2.1 RAMAIS DE DESCARGA E ESGOTO

A definição dos diâmetros dos ramais de descarga baseou-se na Tabela 7 da NBR 8160 (ABNT, 2019), que estabelece os valores mínimos para cada tipo de aparelho sanitário. Caso determinado equipamento não esteja contemplado nessa tabela, utiliza-se como referência a Tabela 8. Além disso, a norma preconiza declividades mínimas para essas tubulações, sendo 2% para diâmetros nominais (DN) iguais ou inferiores a 75 mm e 1% para DN iguais ou superiores a 100 mm.

Tabela 7 - Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>
Bacia sanitária		6	100 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 ³⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ³⁾

¹⁾ O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN* 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN* 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: NBR 8160, 2019.

Tabela 8 - Unidades de Hunter de contribuição para aparelhos não relacionados na tabela 7

Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>	Número de unidades de Hunter de contribuição <i>UHC</i>
40	2
50	3
75	5
100	6

Fonte: NBR 8160, 2019.

O dimensionamento dos ramais de esgoto foi realizado considerando o somatório das UHC de cada aparelho sanitário, excetuando-se a bacia sanitária. Com base nesse total, o diâmetro foi definido segundo os valores apresentados na Tabela 9 da norma. O mesmo procedimento foi aplicado ao trecho subsequente à bacia sanitária. Caso o diâmetro calculado seja inferior ao do ramal de descarga, deve-se adotar um diâmetro igual ou superior ao deste último.

Tabela 9 - Dimensionamento de ramais de esgoto em função do número máximo de UHC

Diâmetro nominal mínimo do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição <i>UHC</i>
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: NBR 8160, 2019.

3.2.2 SUBCOLETORES E COLETOR PREDIAL

O dimensionamento do subcoletor e do coletor predial foi baseado na Tabela 10, considerando o somatório das UHC provenientes dos trechos anteriores. Além do dimensionamento, observou-se a necessidade de manter declividades adequadas, variando entre 0,5% e 5%, conforme estipulado pela norma. Quanto às mudanças de direção, estas devem ser realizadas apenas quando imprescindíveis e executadas com peças que possuam ângulos centrais iguais ou inferiores a 45°. Nessas regiões, também é recomendado o uso de dispositivos que permitam a inspeção do sistema.

Tabela 10 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

Fonte: NBR 8160, 2019.

3.2.3 COLUNA E RAMAL DE VENTILAÇÃO

A coluna de ventilação foi dimensionada conforme os valores apresentados na Tabela 11, utilizando-se o somatório das UHC e levando em consideração o diâmetro do ramal de esgoto, para a determinação do diâmetro e do comprimento máximo admissível.

Tabela 11 - Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto DN	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido m							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	10	40	305	-	-	-
150	1 100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2 000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2 900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1 800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3 400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5 600	-	-	-	6	49	186	-	-
200	7 600	-	-	-	5	43	171	-	-
250	4 000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7 200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11 000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15 000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7 300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13 000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20 000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26 000	-	-	-	-	5	22	70	152

Fonte: NBR 8160, 2019.

Os ramais de ventilação foram dimensionados a partir da Tabela 12, levando-se em conta o total de UHC acumuladas. Ademais, a norma estabelece uma distância máxima entre o desconector e o tubo de ventilação, conforme especifica a Tabela 13.

Tabela 12 - Dimensionamento de ramais de ventilação em função do número máximo de UHC

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fonte: NBR 8160, 2019.

Tabela 13 - Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador

Diâmetro nominal do ramal de descarga <i>DN</i>	Distância máxima m
40	1,00
50	1,20
75	1,80
100	2,40

Fonte: NBR 8160, 2019.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Os projetos de água fria e esgoto sanitário realizados tiveram como base uma residência térrea de 69,90m², contendo um total de 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha e 1 banheiro. As instalações prediais de água fria e esgoto sanitário escolhidas são de PVC e o sistema de abastecimento da rede interna da edificação, de forma indireta, como já ressaltado na Seção 3.1.

4.1 PROJETO DE ÁGUA FRIA

Nesta etapa do trabalho foi realizado o dimensionamento das instalações de água fria da residência com base nas metodologias expostas na Seção 3.1.

4.1.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

O dimensionamento reservatório foi feito considerando as determinações da Seção 3.1.1. A residência possui 3 quartos, conseqüentemente, com base na determinação Tabela 1, considera-se um total de 2 pessoas por dormitório e uma população total residente de 6 pessoas. Além disso, a Tabela 2 evidencia que o consumo per capita é de 150 l/dia, por se tratar de uma casa popular.

Com base nos dados e, aplicando as equações 2 e 3, temos:

$$C_D = 6 * 150 = 900l$$

$$C_R = 2 * 900 = 1800l$$

Havendo só um reservatório, este deverá estar em nível superior e conterá toda reserva necessária. Portanto, foi adotada uma caixa d'água com a capacidade de valor comercial imediato superior, nesse caso, 2000L.

4.1.2 DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL E HIDRÔMETRO

Para o dimensionamento do ramal predial e do hidrômetro foram levadas em consideração as determinações da Seção 3.1.2. Adotando a velocidade de 0,6 m/s por garantia de segurança no sistema, a vazão e o diâmetro foram calculados a partir das equações 4 e 5.

$$Q_{\min} = \frac{900}{86400} = 0,01042 \text{ l/s}$$

$$D_{\min} \geq \sqrt{\frac{4000 * 0,01042}{\pi * 0,6}} \geq 4,70 \text{ mm}$$

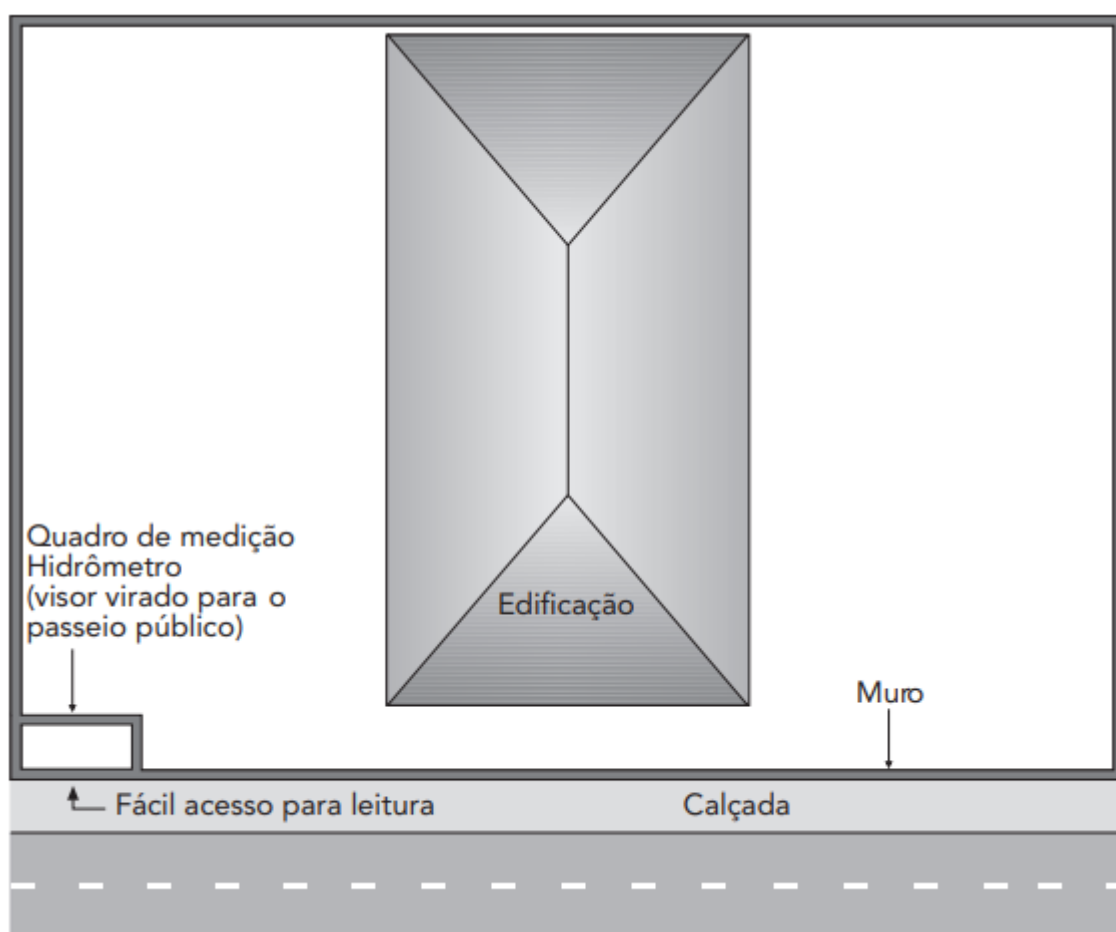
Com isso, foi selecionado o diâmetro comercial de PVC imediatamente superior, nesse caso, 20 mm. Tendo dimensionado o reservatório e o ramal predial, podemos definir o diâmetro das tubulações de extravasor e limpeza do reservatório, adotando por recomendações da NBR 5626 (ABNT, 2020) uma bitola comercial acima a do ramal, portanto, de 25 mm.

Para dimensionar o hidrômetro, levaremos em consideração o consumo mensal da edificação, multiplicando por 30 o consumo diário, sendo assim, 27000 L ou 27 m³. Segundo a Tabelas 3 e 4 da concessionária local, o consumo mensal de 27 m³ está situado na faixa de consumo mensal de 11 a 50 m³/mês, portanto, o hidrômetro selecionado para a residência é de modelo volumétrico com capacidade de 3,0 m³/h

e diâmetro 3/4", de marca e modelo aprovado pela Saneago, suportando um consumo máximo diário de 36 m³.

Também cabe levar em consideração o posicionamento do quadro de medição com o visor virado para o passeio público, para facilitar a leitura dos usuários, como representa a Figura 6.

Figura 6 - Localização do compartimento que abriga o cavalete



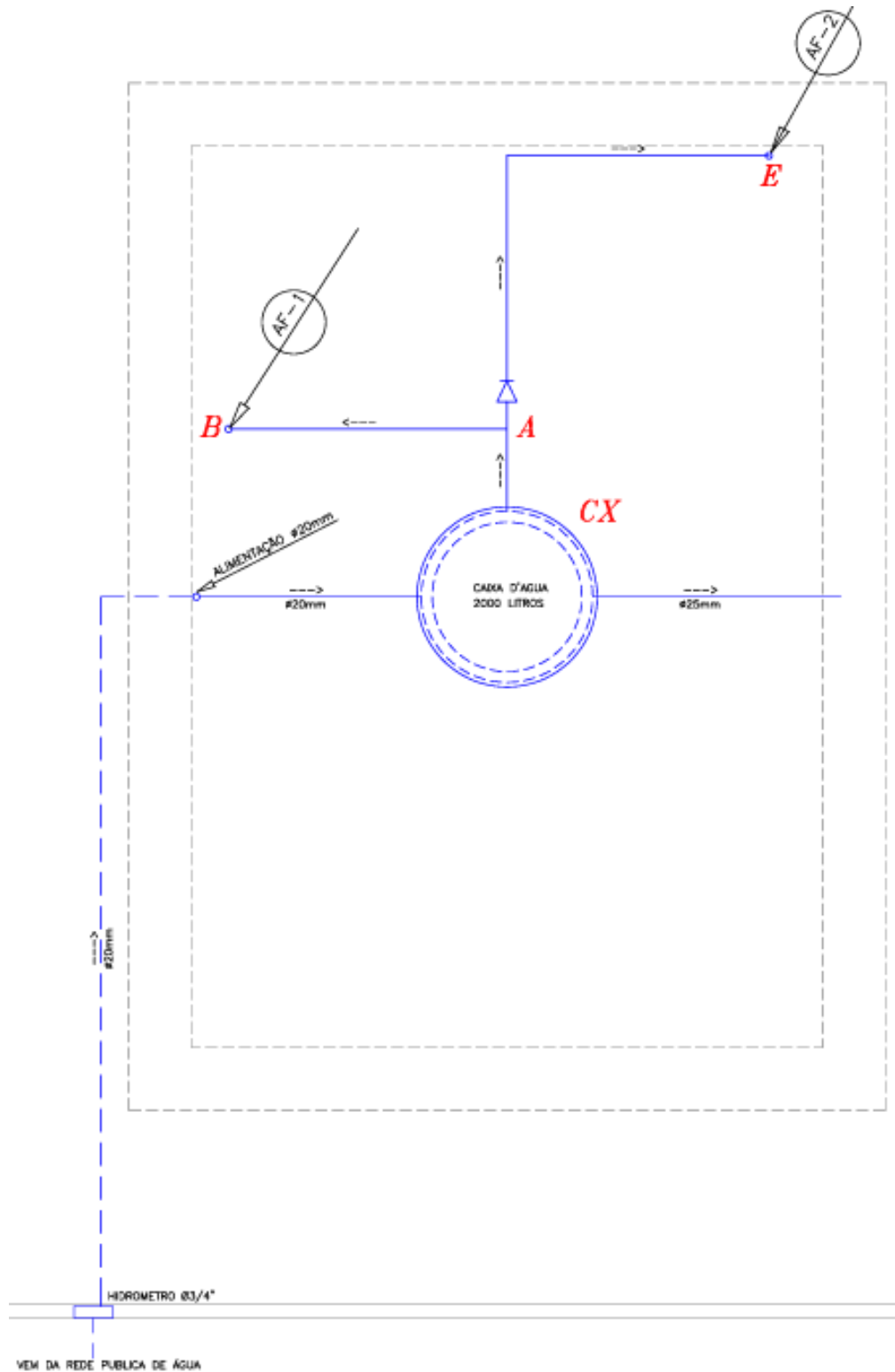
Fonte: Carvalho, 2013.

4.1.3 PLANTAS E ISOMÉTRICOS DA REDE INTERNA

Para a realização do dimensionamento das tubulações, é fundamental a apresentação das plantas e dos isométricos da rede interna de distribuição. A partir da análise dos percursos possíveis, definiu-se a configuração final da rede, conforme

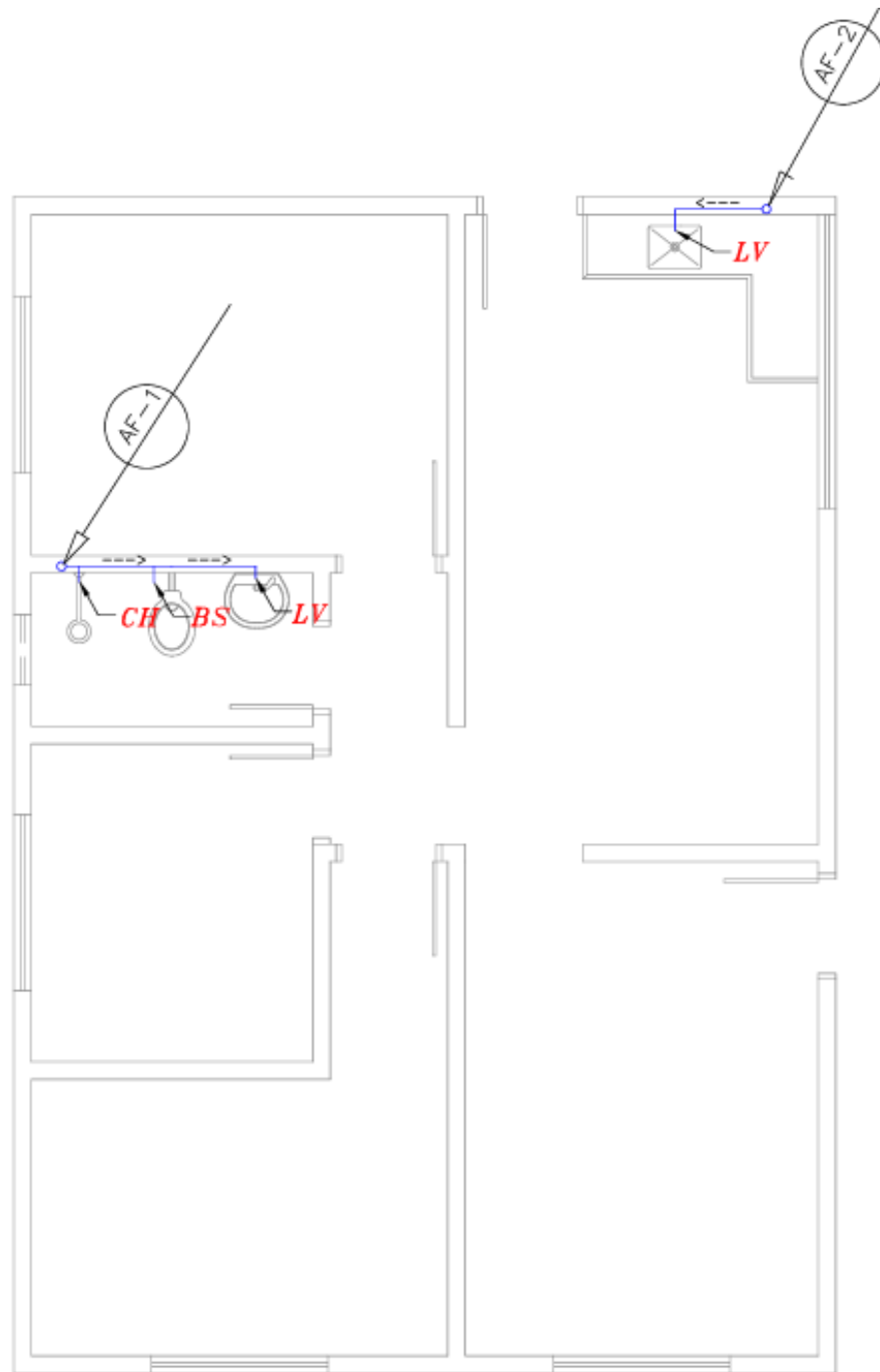
ilustrado em planta nas Figuras 7 e 8. Os isométricos foram expostos na seção seguinte acompanhando o dimensionamento dos trechos de distribuição.

Figura 7 - Planta superior de água fria



Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 8 - Planta baixa de água fria



Fonte: Autoria própria, 2025.

4.1.4 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS, SUB-RAM AIS, COLUNAS E BARRILETE

O dimensionamento dos trechos de distribuição foi feito considerando as determinações da Seção 3.1.3 e os trajetos visualizados na Seção 4.1.3. Iniciaremos

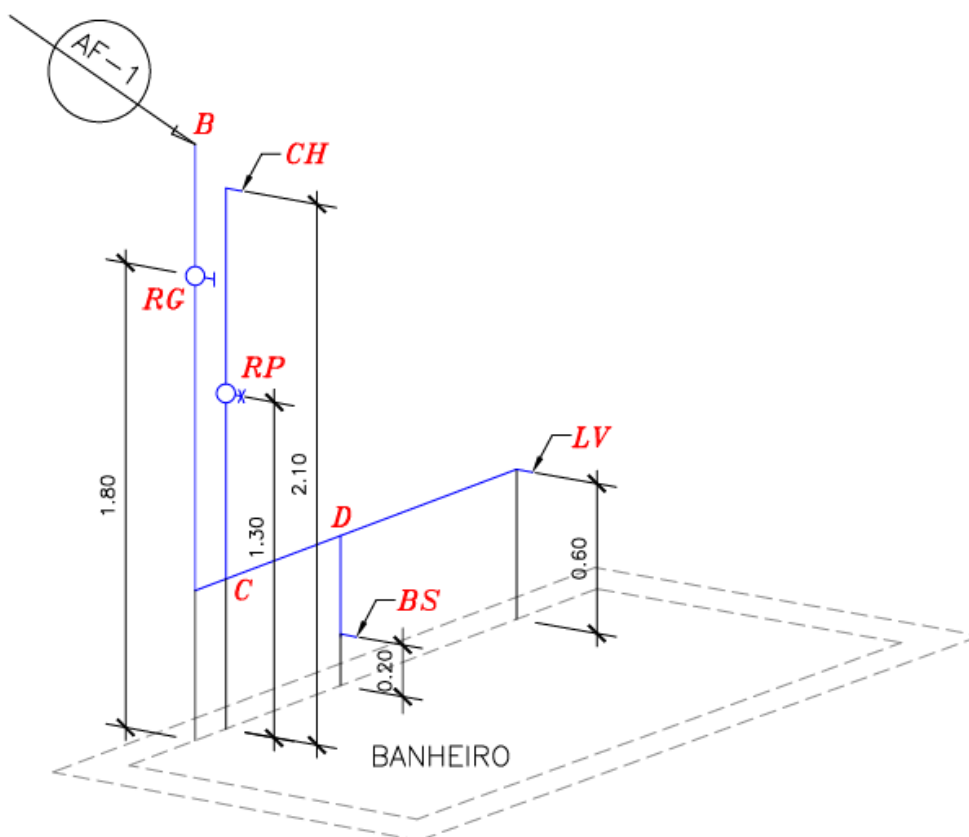
pelo dimensionamento da coluna 1, localizada no banheiro e contendo as seguintes peças de utilização: bacia sanitária com caixa de descarga, chuveiro elétrico e lavatório.

$$\Sigma P = BS + CH + LV$$

$$\Sigma P = 0,3 + 0,1 + 0,3 = 0,7$$

Levando em consideração o isométrico da coluna 1 apresentado na figura 9, é possível realizar toda a sequência de dimensionamento dos trechos, aplicando às fórmulas e analisando as tabelas e ábaco expostos na Seção 3.1.3.

Figura 9 - Isométrico da coluna 1



Fonte: Autoria própria, 2025.

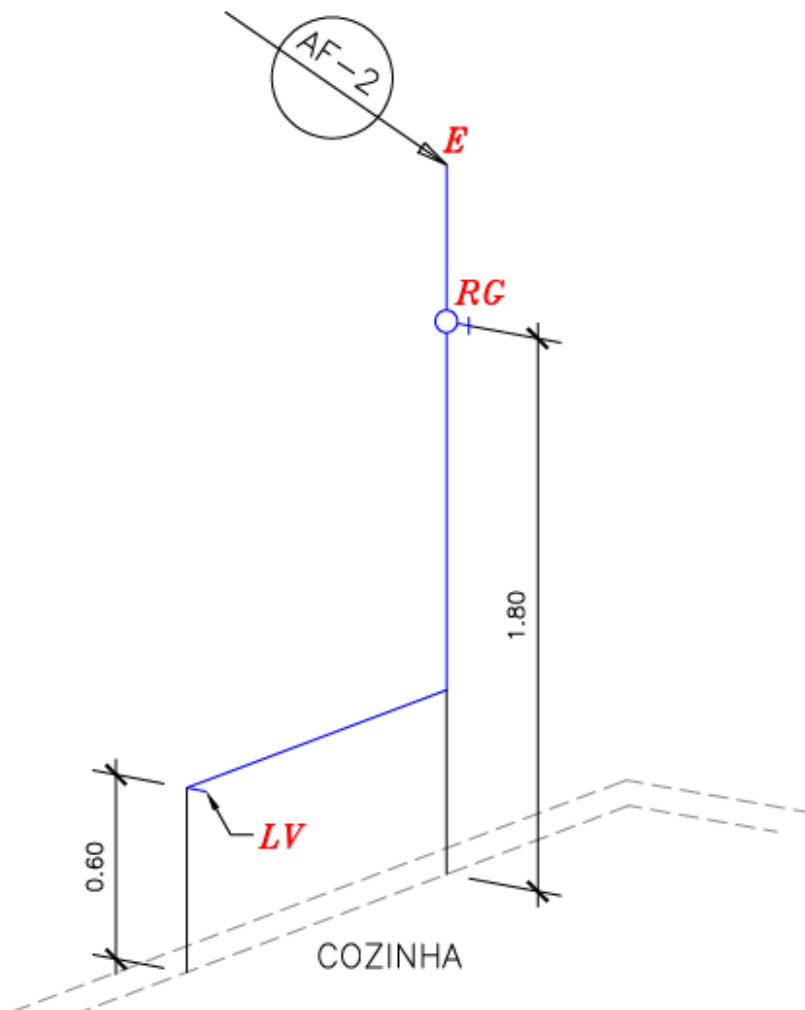
Com o valor do somatório dos pesos, é determinado o valor do diâmetro a ser adotado através do ábaco da Figura 5. Com isso, conclui-se que a coluna 1, em teoria, terá o diâmetro de 20mm e, por se tratar do menor diâmetro possível, os demais ramais e sub-ramais do ambiente em teoria podem ter o mesmo diâmetro.

O mesmo procedimento foi realizado para a coluna 2, localizada na cozinha e contendo um lavatório, levando em consideração o isométrico apresentado na figura 10.

$$\Sigma P = LV$$

$$\Sigma P = 0,3$$

Figura 10 - Isométrico da coluna 2



Fonte: Autoria própria, 2025.

Para seguir com a determinação dos valores de velocidade, perdas de carga e pressões, é necessário fazer o dimensionamento do barrilete, para determinação da pressão à montante nas colunas. Diante disso, a aplicação das equações correspondentes foi realizada através de tabela digital contendo as fórmulas, de forma que os resultados alcançados no memorial sejam mais precisos.

O dimensionamento do barrilete foi feito seguindo à mesma metodologia de cálculo nos ramais, sub-ramais e colunas e os trajetos visualizados na Seção 4.1.3. O memorial de cálculo do barrilete pode ser observado na Tabela 14 a seguir.

Tabela 14 - Memorial de cálculo do barrilete

TRECHO	PESOS	VAZÃO	DIÂMETRO	Ø INT.	VELOCIDADE	COMPRIMENTOS (m)			PERDA DE CARGA		DESNÍVEL GEOMÉTRICO (m)	PRESSÃO (m.c.a)	
		(l/s)		(mm)		REAL	EQ.	TOTAL	UNIT. (j)	TOTAL (J)		MONTANTE	JUSANTE
CX-A	1	0,300	32 mm	27,9	0,491	0,91	5,2	6,11	0,01	0,09	0,6	0	0,51
A-B	0,7	0,251	32 mm	27,9	0,411	3,09	0,6	3,69	0,01	0,04	0	0,51	0,47
A-E	0,3	0,165	32 mm	27,9	0,27	5,95	1,2	7,15	0,01	0,04	0	0,51	0,48

Fonte: Autoria própria, 2025.

Através do dimensionamento, foi possível concluir que o barrilete possuirá um diâmetro de 32 mm, para garantir uma pressão à montante das colunas 1 e 2 de 0,47 e 0,48 m.c.a, respectivamente. Esses valores são muito próximos do valor mínimo estabelecido pela NBR 5626 (ABNT, 2020), que é de 0,5 m.c.a para os pontos de trechos horizontais, sem considerar os pontos de utilização, portanto foram considerados.

Após definidas as pressões nos pontos de descida das colunas, é possível elaborar o memorial de cálculo das mesmas, compreendido nas Tabelas 15 e 16.

Tabela 15 - Memorial de cálculo da coluna 1, ramal e sub-ramais

TRECHO		PESOS	VAZÃO	DIÂMETRO	Ø INT.	VELOCIDADE	COMPRIMENTOS (m)			PERDA DE CARGA		DESNÍVEL GEOMÉTRICO (m)	PRESSÃO (m.c.a)	
			(l/s)		(mm)		(m/s)	REAL	EQ.	TOTAL	UNIT. (j)		TOTAL (J)	MONTANTE
B-C	COLUNA 1	0,7	0,251	25 mm	21,7	0,679	2,45	1,1	3,55	0,03	0,12	2,3	0,47	2,65
C-CH	SUB-RAMAL	0,1	0,095	20 mm	17,1	0,414	1.5	3,5	3,5	0,02	0,07	-1,5	2,65	1,08
C-D	RAMAL	0,6	0,233	20 mm	17,1	1,015	0,65	2,3	2,95	0,09	0,28	0	2,65	2,37
D-VS	SUB-RAMAL	0,3	0,165	20 mm	17,1	0,719	0,4	1,1	1,5	0,05	0,08	0,4	2,37	2,69
D-LV	SUB-RAMAL	0,3	0,165	20 mm	17,1	0,719	0,85	1,1	1,95	0,05	0,10	0	2,37	2,27

Fonte: Autoria própria, 2025.

Tabela 16 - Memorial de cálculo da coluna 2

TRECHO		PESOS	VAZÃO	DIÂMETRO	Ø INT.	VELOCIDADE	COMPRIMENTOS (m)			PERDA DE CARGA		DESNÍVEL GEOMÉTRICO (m)	PRESSÃO (m.c.a)	
			(l/s)		(mm)		(m/s)	REAL	EQ.	TOTAL	UNIT. (j)		TOTAL (J)	MONTANTE
E-LV	COLUNA 2	0,3	0,165	20 mm	17,1	0,719	3,05	1,2	4,25	0,05	0,22	2,8	0,48	3,06

Fonte: Autoria própria, 2025.

Todos os diâmetros de ramais e sub-ramais foram definidos como 20 mm, se diferindo apenas o diâmetro da coluna 1, que foi considerado como 25 mm, porque caso fosse utilizado 20 mm, a pressão no ponto do chuveiro seria inferior à mínima exigida por norma, que é de 1 m.c.a. Com isso, foi preservado um correto funcionamento do sistema considerando a pior condição de pressão residual, garantindo uma pressão de 1,08 m.c.a no chuveiro e atendendo ao limite de velocidade máxima em todos os trechos.

Por fim, o memorial de cálculo final do projeto de água fria, compreendendo todo o dimensionamento do projeto, pode ser visualizado na Tabela 17.

Tabela 17 - Memorial de cálculo final de água fria

TRECHO		PESOS	VAZÃO	DIÂMETRO	Ø INT.	VELOCIDADE	COMPRIMENTOS (m)			PERDA DE CARGA		DESNÍVEL GEOMÉTRICO (m)	PRESSÃO (m.c.a)	
			(l/s)		(mm)		(m/s)	REAL	EQ.	TOTAL	UNIT. (j)		TOTAL (J)	MONTANTE
CX-A		1	0,300	32 mm	27,9	0,491	0,91	5,2	6,11	0,01	0,09	0,6	0	0,51
A-B		0,7	0,251	32 mm	27,9	0,411	3,09	0,6	3,69	0,01	0,04	0	0,51	0,47
A-E		0,3	0,165	32 mm	27,9	0,27	5,95	1,2	7,15	0,01	0,04	0	0,51	0,48
TRECHO		PESOS	VAZÃO	DIÂMETRO	Ø INT.	VELOCIDADE	COMPRIMENTOS (m)			PERDA DE CARGA		DESNÍVEL GEOMÉTRICO (m)	PRESSÃO (m.c.a)	
			(l/s)		(mm)		(m/s)	REAL	EQ.	TOTAL	UNIT. (j)		TOTAL (J)	MONTANTE
B-C	COLUMNA 1	0,7	0,251	25 mm	21,7	0,679	2,45	1,1	3,55	0,03	0,12	2,3	0,47	2,65
C-CH	SUB-RAMAL	0,1	0,095	20 mm	17,1	0,414	1.5	3,5	3,5	0,02	0,07	-1,5	2,65	1,08
C-D	RAMAL	0,6	0,233	20 mm	17,1	1,015	0,65	2,3	2,95	0,09	0,28	0	2,65	2,37
D-VS	SUB-RAMAL	0,3	0,165	20 mm	17,1	0,719	0,4	1,1	1,5	0,05	0,08	0,4	2,37	2,69
D-LV	SUB-RAMAL	0,3	0,165	20 mm	17,1	0,719	0,85	1,1	1,95	0,05	0,10	0	2,37	2,27
TRECHO		PESOS	VAZÃO	DIÂMETRO	Ø INT.	VELOCIDADE	COMPRIMENTOS (m)			PERDA DE CARGA		DESNÍVEL GEOMÉTRICO (m)	PRESSÃO (m.c.a)	
			(l/s)		(mm)		(m/s)	REAL	EQ.	TOTAL	UNIT. (j)		TOTAL (J)	MONTANTE
E-LV	COLUMNA 2	0,3	0,165	20 mm	17,1	0,719	3,05	1,2	4,25	0,05	0,22	2,8	0,48	3,06

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.1.5 COMENTÁRIOS E JUSTIFICATIVAS

Com o objetivo de garantir que a pressão mínima exigida fosse atendida em todos os trechos da rede de água fria, tornou-se necessário elevar o reservatório em 60 cm utilizando uma base. Essa adequação permitiu alcançar os níveis de pressão requeridos em todos os pontos de utilização.

4.2 PROJETO DE ESGOTO SANITÁRIO

O material selecionado para as tubulações de esgoto foi o de PVC Série normal por suportar bem as cargas hidráulicas do sistema, atender às normativas necessárias

e apresentar excelente custo-benefício e facilidade de instalação. Todas as premissas levadas em consideração para o dimensionamento do esgoto sanitário da residência estão descritas na Seção 3.2.

4.2.1 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA E ESGOTO

O diâmetro dos ramais de descarga e esgoto foi definido conforme os parâmetros estabelecidos na Seção 3.2.1. Assim, foram definidos que os ramais de descarga do lavatório e do chuveiro (ralo) terão um diâmetro de 40 mm e o da bacia sanitária 100 mm.

O diâmetro calculado para o ramal de esgoto do banheiro que coleta a contribuição do chuveiro e do lavatório (secundário) foi de 40 mm. No entanto, considerando que posteriormente o diâmetro do ramal de ventilação que foi posteriormente calculado e adotado é de 50 mm, o diâmetro adotado para esse ramal também foi de 50 mm. O mesmo se repete para o ramal principal, que coleta a contribuição do ramal secundário e da bacia sanitária, visto que, como o diâmetro da bacia sanitária é de 100 mm, e que a utilização de reduções não é recomendada, foi adotado o diâmetro de 100 mm também para esse ramal de esgoto.

Na cozinha, o ramal de esgoto da pia terá um diâmetro de 50 mm, não havendo contribuições individuais de outros aparelhos nesse ambiente e se conectando diretamente ao subcoletor predial. Todas essas admissões foram registradas no memorial de cálculo da Tabela 18.

Tabela 18 - Memorial de cálculo dos ramais de esgoto do banheiro e cozinha

RAMAIS DO BANHEIRO			
APARELHOS SANITÁRIOS	DN (mm)		UHC
	RAMAL DE DESCARGA	RAMAL DE ESGOTO	
CHUVEIRO	40	50	2
LAVATÓRIO	40		1
BACIA SANITÁRIA	100	-	6
TOTAL:		100	9

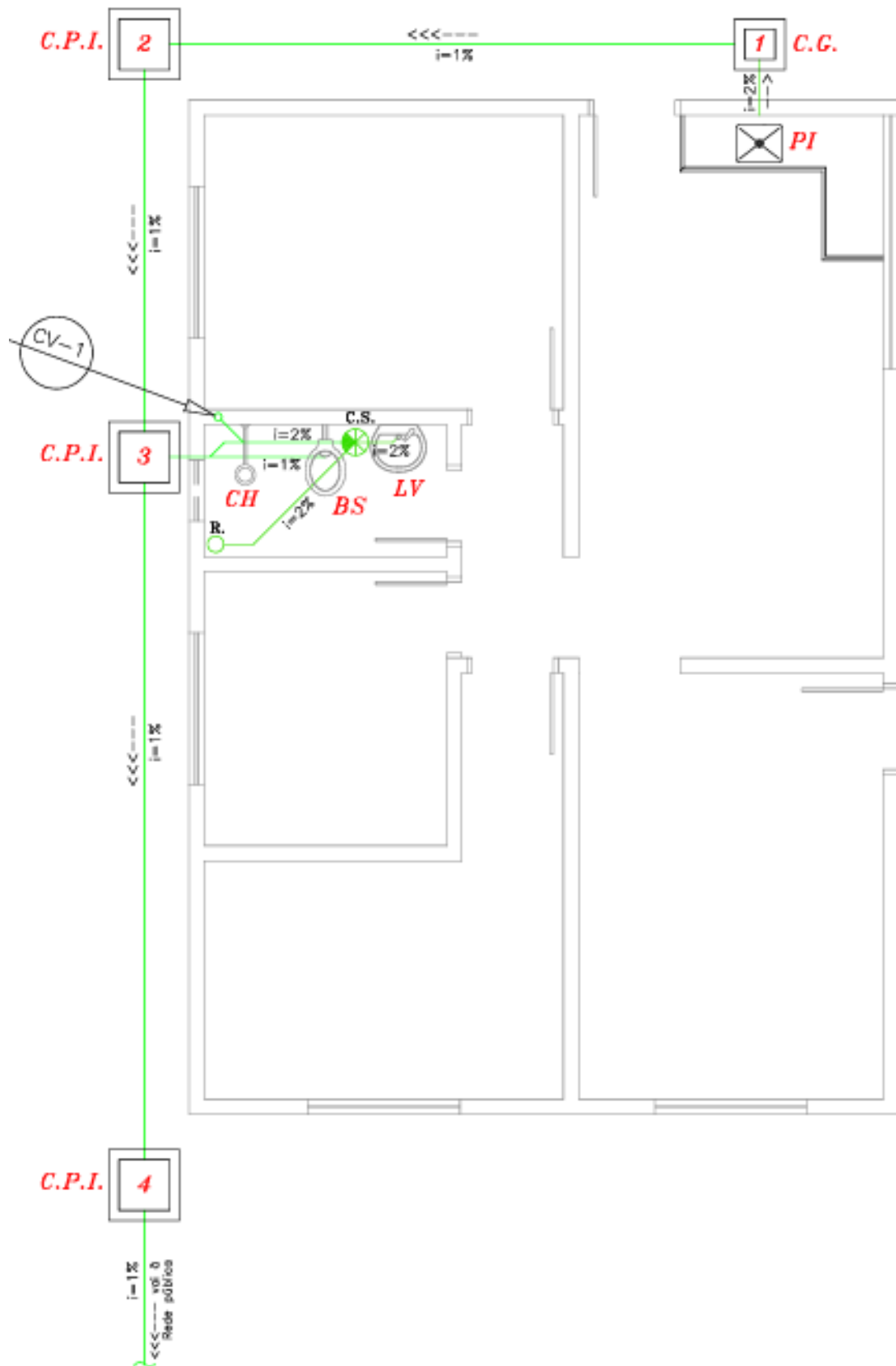
RAMAIS DA COZINHA			
APARELHOS SANITÁRIOS	DN (mm)		UHC
	RAMAL DE ESGOTO		
PIA DE COZINHA	50		3

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS SUBCOLETORES E COLETOR

Com base nos critérios apresentados na seção 3.2.2 e dos trechos expostos na planta da Figura 11, foi realizado o dimensionamento de cada trecho dos subcoletores e do coletor predial. Os resultados obtidos estão registrados na tabela 19.

Figura 11 – Planta de esgoto sanitário



Fonte: Autoria própria, 2025.

Tabela 19 - Memorial de cálculo dos subcoletores e coletor predial

TRECHO 1-2		
UHC	DN (mm)	COMPRIMENTO (m)
3	100	5,56
TRECHO 2-3		
UHC	DN (mm)	COMPRIMENTO (m)
3	100	3,57
TRECHO 3-4 (COLETOR PREDIAL)		
UHC	DN (mm)	COMPRIMENTO (m)
12	100	6,67

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.2.3 DIMENSIONAMENTO DA COLUNA E RAMAL DE VENTILAÇÃO

O dimensionamento da coluna e do ramal de ventilação foi realizado conforme as diretrizes descritas na seção 3.2.3, definindo um diâmetro nominal de 50 mm para ambos, com os resultados apresentados na tabela 20.

Tabela 20 - Memorial de cálculo da coluna e ramal de ventilação

COLUNA DE VENTILAÇÃO		
UHC	DN CALCULADO (mm)	DN ADOTADO (mm)
9	40	50
RAMAL DE VENTILAÇÃO		
UHC	DN CALCULADO (mm)	DN ADOTADO (mm)
9	50	50

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.2.4 COMENTÁRIOS E JUSTIFICATIVAS

Tanto a caixa de gordura que recolhe o esgoto da pia da cozinha, quanto as caixas de inspeção que direcionam o trajeto do efluente, podem ser adotadas como caixas pré-moldadas ou moldadas in loco de alvenaria e com fundo concretado, com dimensões a definir e com tampa que permita o acesso e eventuais manutenções.

A coluna de ventilação definida deve ser executada próxima à coluna de água fria do banheiro, facilitando a execução, além disso, ela foi posicionada em projeto corretamente respeitando a distância máxima de 1,20 m do desconector, conforme estabelece a NBR 8160 (ABNT, 2019). Além disso, todas as tubulações indicadas em projeto respeitam as declividades mínimas exigidas normativamente, sendo, no mínimo 1% para tubos com DN superior ou igual a 100 mm e no mínimo 2% para tubos com DN inferior ou igual a 75 mm.

4.3 CAD x BIM

Nesta etapa do trabalho foram registradas todas as principais diferenças no processo de desenho/modelagem e documentação do projeto hidrossanitário de água fria e esgoto conforme as duas metodologias a serem analisadas no trabalho, CAD e BIM, trazendo dados qualitativos e quantitativos.

O desenvolvimento gráfico dos projetos de água fria e esgoto sanitário foram realizados separadamente em cada software utilizado. No AutoCAD, esse desenvolvimento foi feito ao longo do processo de dimensionamento, em sua maioria, servindo de apoio para o dimensionamento com as plantas e isométricos desenhados. Já no Revit, a modelagem iniciou-se após a definição dos traçados e diâmetros no AutoCAD. Os tempos gastos para a execução de cada etapa foram registrados e apresentados ao final das seções 4.3.1 e 4.3.2.

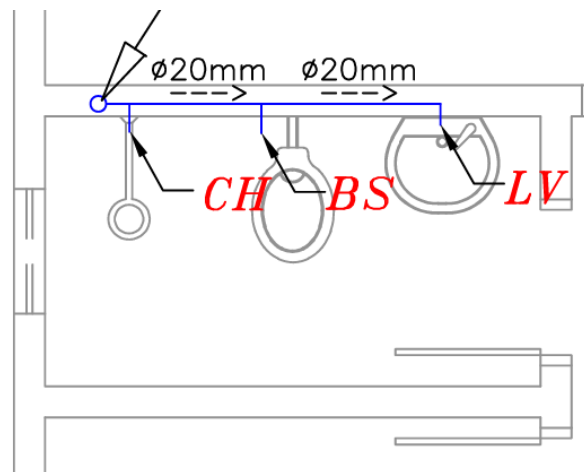
Para a elaboração dos projetos no Revit, foi possível encontrar *templates* e famílias gratuitas na internet, disponibilizados tanto por especialistas e entusiastas do software, quanto por fornecedores que disponibilizam suas peças gráficas. Para esse trabalho, foram utilizados alguns *templates* e diversas famílias disponibilizadas por outros usuários, proporcionando um aumento significativo na produtividade e na redução do tempo de elaboração do projeto em comparação com um modelo desenvolvido somente a partir das configurações e *templates* nativos do Revit.

4.3.1 ÁGUA FRIA

Ao analisar as Figuras 12 e 13, que exibem trechos do traçado do sistema de água fria no banheiro e na cozinha do pavimento tipo gerado no AutoCAD, observa-se que a representação apresenta um formato linear e sem grande riqueza de detalhes. Embora o AutoCAD ofereça a possibilidade de visualizar o traçado sob diferentes perspectivas, conforme ilustrado nas Figuras 14 e 15, a diferença em relação à planta baixa se restringe à visualização dos registros, sem um aprimoramento significativo na apresentação de detalhes construtivos.

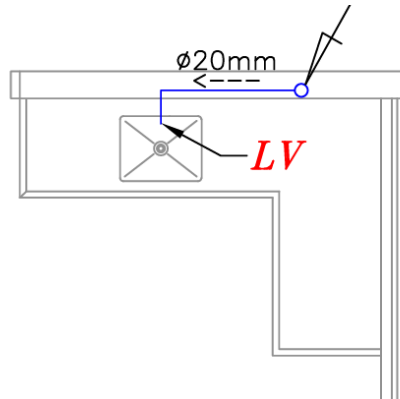
Além disso, a elaboração do projeto de água fria por meio do AutoCAD pode levar a imprecisões, como erros na definição das alturas das tubulações. Outro aspecto a ser considerado é que as conexões e os componentes hidráulicos são representados apenas de forma simbólica, o que pode dificultar a compreensão da instalação durante a execução do projeto. Com isso, também é possível que o projetista considere conexões e/ou diâmetros que não existem, devido à aceitação do software.

Figura 12 - Traçado do sistema de água fria no banheiro através do AutoCAD em planta baixa



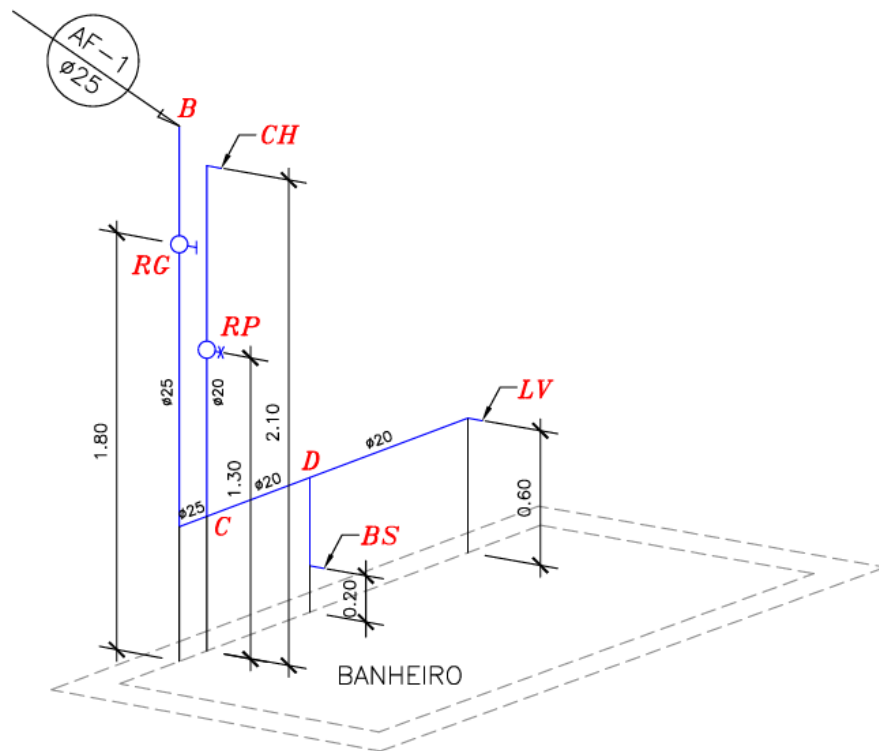
Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 13 - Traçado do sistema de água fria na cozinha através do AutoCAD em planta baixa



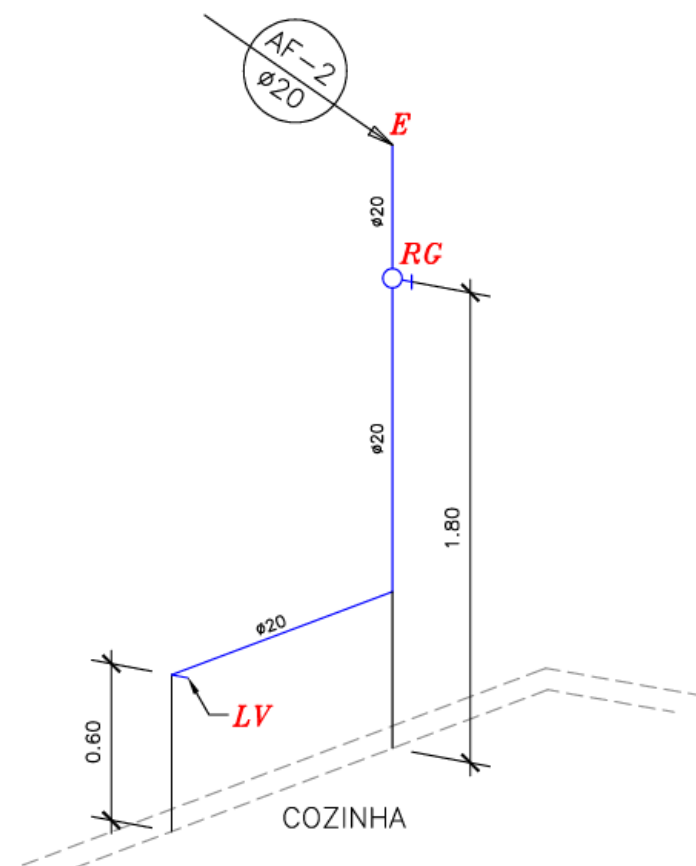
Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 14 - Traçado do sistema de água fria no banheiro através do AutoCAD em isométrico



Fonte: Autoria própria, 2025.

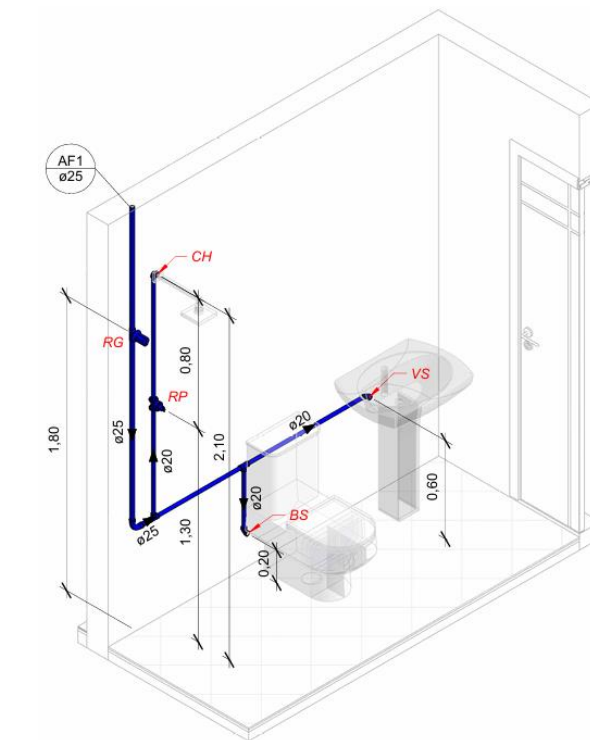
Figura 15 - Traçado do sistema de água fria na cozinha através do AutoCAD em isométrico



Fonte: Autoria própria, 2025.

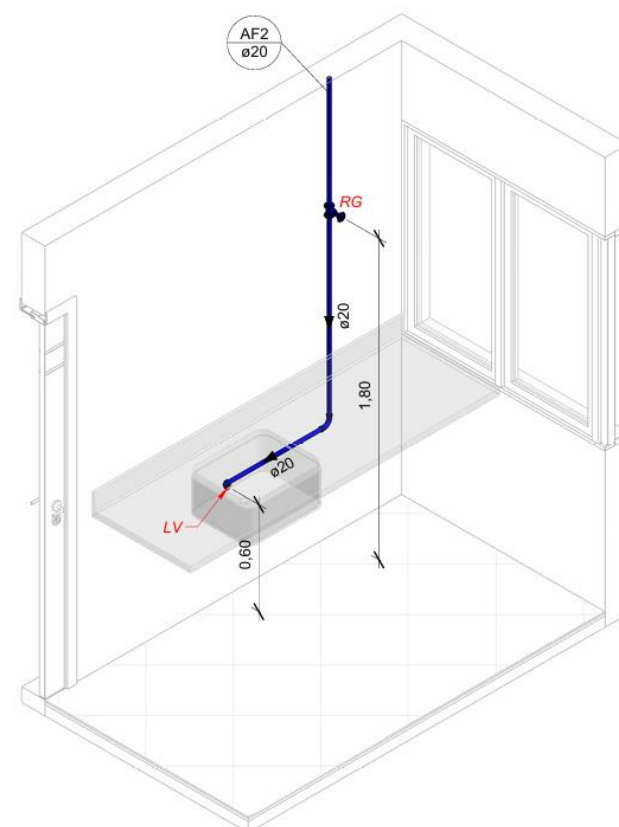
Por outro lado, para fins de comparação, as Figuras 16 e 17 apresentam os trechos do banheiro e da cozinha modelados no Revit. Nesse modelo, observa-se que a representação da tubulação de água fria é mais fidedigna à realidade, permitindo uma visualização detalhada das conexões e dos componentes utilizados. Esse nível de detalhamento melhora significativamente a compreensão do sistema, facilitando a sua instalação na fase de execução da obra.

Figura 16 – Perspectiva do sistema de água fria no banheiro - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

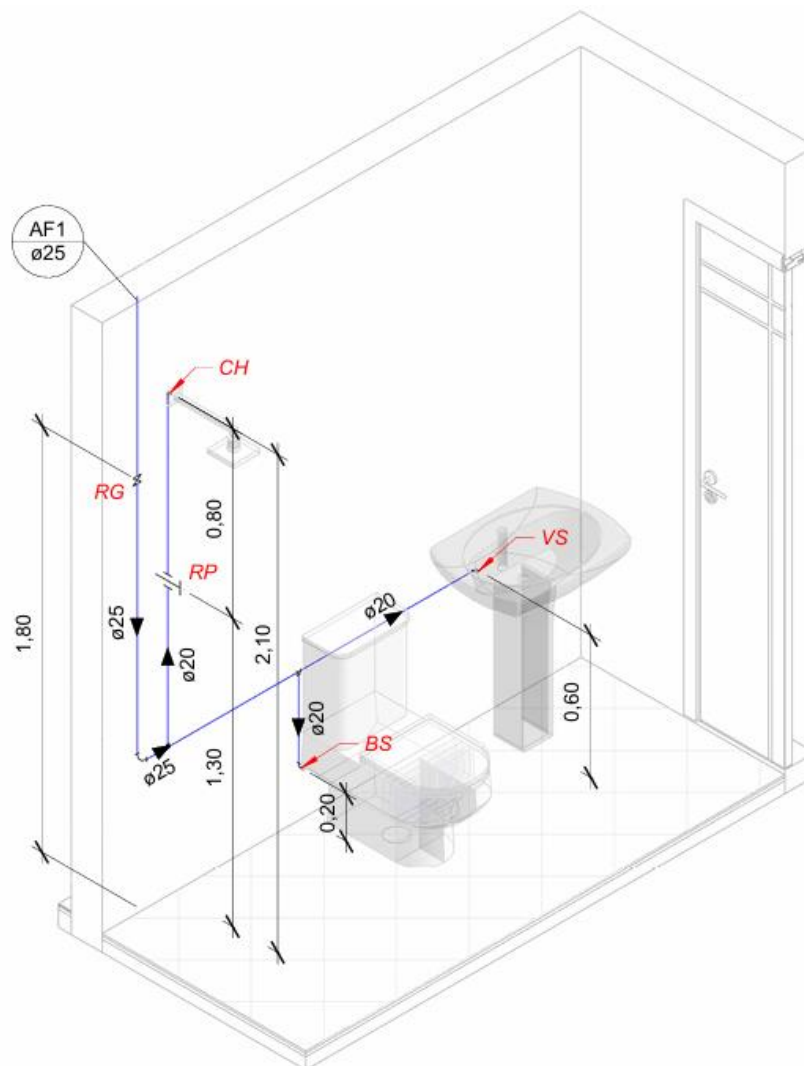
Figura 17 - Perspectiva do sistema de água fria na cozinha - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

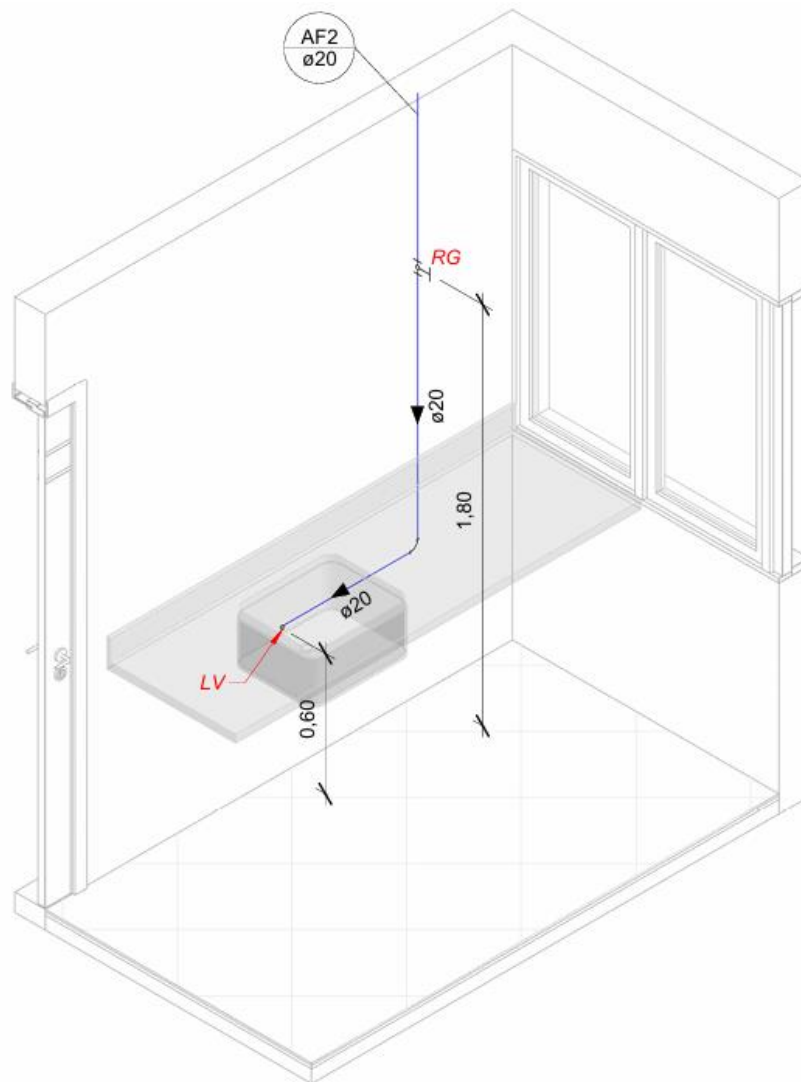
Além disso, o Revit também permite a representação unifilar de sistemas de tubulação caso haja preferência do projetista, como pode ser visto nas Figuras 18 e 19, porém, com um detalhamento mais rico dos outros elementos construtivos representados na vista, por se tratar de um modelo mais realista.

Figura 18 - Perspectiva unifilar do sistema de água fria no banheiro - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

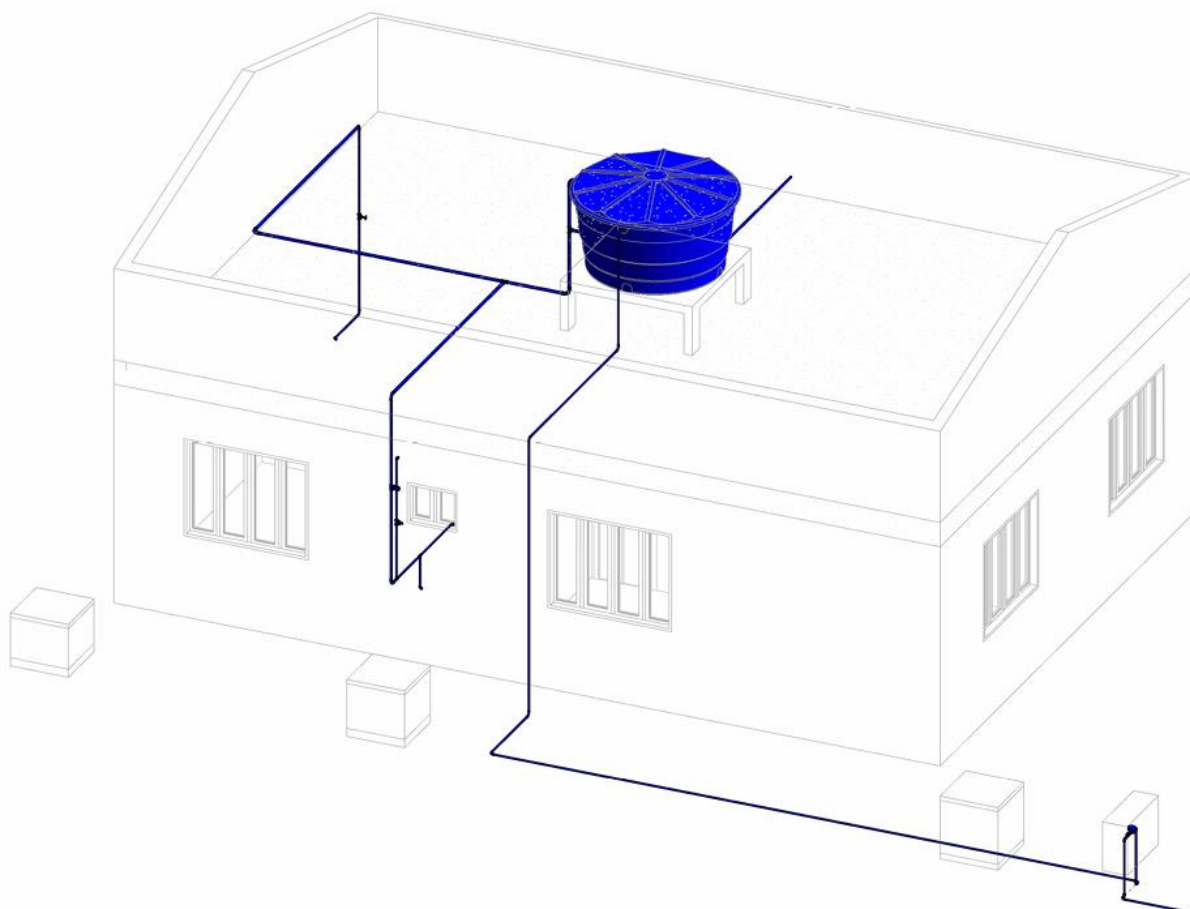
Figura 19 - Perspectiva unifilar do sistema de água fria na cozinha - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

Para uma melhor visualização do projeto como um todo, também foi gerada uma perspectiva geral da água fria, proporcionando uma representação do sistema completo na Figura 20.

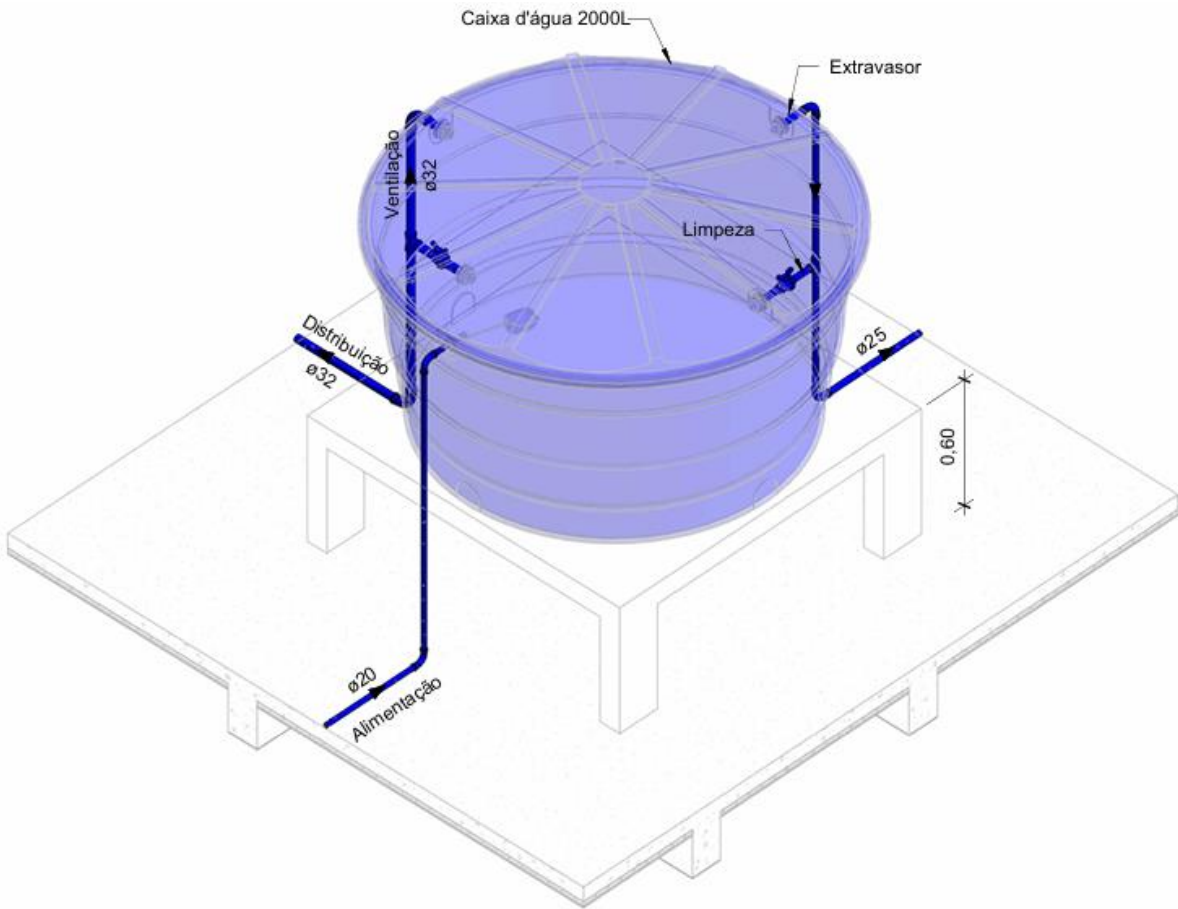
Figura 20 - Perspectiva do sistema completo de água fria - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

O Revit também permite que possam ser geradas perspectivas específicas que facilitem a correta visualização de algum determinado detalhe construtivo, proporcionando maior clareza quanto ao detalhe a ser mostrado. Partindo dessa premissa, também foi gerada uma perspectiva executiva representando a instalação da caixa d'água e de seus elementos - Linhas de alimentação, extravasor, limpeza e saída, com uma tubulação complementar de ventilação - como é apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Perspectiva da caixa d'água - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

Ademais, o Revit permite a geração automatizada de tabelas quantitativas, consolidando informações sobre as tubulações, conexões, acessórios e equipamentos utilizados no projeto. Essas tabelas foram geradas e podem ser observadas nas Figuras 22, 23, 24 e 25.

Figura 22 – Tabela de tubos de água fria gerada pelo Revit

Tabela de tubos - AF			
Quant. (m)	Sistema	Descrição	Diâmetro
21,95	ÁGUA FRIA	Tubo Soldável Marrom - PVC Soldável	20 mm
6,51	ÁGUA FRIA	Tubo Soldável Marrom - PVC Soldável	25 mm
11,00	ÁGUA FRIA	Tubo Soldável Marrom - PVC Soldável	32 mm

Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 23 - Tabela de conexões de tubo de água fria gerada pelo Revit

Tabela de conexões de tubo - AF			
Quant. (pç)	Sistema	Descrição	Diâmetro
1	ÁGUA FRIA	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água, PVC Marrom, Fortlev	20 mmø
1	ÁGUA FRIA	Bucha de Redução Soldável Curta, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	25 mmø-20 mmø
1	ÁGUA FRIA	Bucha de Redução Soldável Curta, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	32 mmø-20 mmø
3	ÁGUA FRIA	Bucha de Redução Soldável Curta, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	32 mmø-25 mmø
7	ÁGUA FRIA	Curva 45°/90° Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	20 mmø-20 mmø
4	ÁGUA FRIA	Curva 45°/90° Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	25 mmø-25 mmø
3	ÁGUA FRIA	Curva 45°/90° Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	32 mmø-32 mmø
4	ÁGUA FRIA	Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	20 mmø-20 mmø
2	ÁGUA FRIA	Tê Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	20 mmø-20 mmø-20 mmø
1	ÁGUA FRIA	Tê Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	25 mmø-25 mmø-25 mmø
2	ÁGUA FRIA	Tê Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	32 mmø-32 mmø-32 mmø

Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 24 - Tabela de acessórios de tubo de água fria gerada pelo Revit

Tabela de acessórios de tubo - AF			
Quant. (pç)	Sistema	Descrição	Diâmetro
1	ÁGUA FRIA	Registro de Gaveta PVC Branco e Cromado 25mm - TIGRE	25 mmø-25 mmø
2	ÁGUA FRIA	Registro Esfera VS Soldável 25mm - TIGRE	25 mmø-25 mmø
1	ÁGUA FRIA	Registro Gaveta Docol JET 30 Bruto 3/4" - TIGRE	20 mmø-20 mmø
1	ÁGUA FRIA	Registro Pressão Docol JET 30 Bruto 3/4" - TIGRE	20 mmø-20 mmø

Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 25 - Tabela de peças hidrossanitárias de água fria gerada pelo Revit

Tabela de peças hidrossanitárias - AF		
Quant. (pç)	Sistema	Descrição
1	ÁGUA FRIA	Caixa d'água de polietileno, 2000 litros - Fortlev

Fonte: Autoria própria, 2025.

O tempo total para a elaboração do projeto de água fria no AutoCAD foi de aproximadamente 4 horas, levando em consideração: Traçados realizados durante a etapa de dimensionamento com um pré-detalhamento, totalizando aproximadamente 1 hora; Geração das vistas e detalhamento, sendo essas 2 plantas e 2 perspectivas, totalizando aproximadamente 2 horas e 30 minutos; Criação de legendas e pranchetamento final, totalizando aproximadamente 30 minutos.

Já no Revit, o tempo total para a elaboração do projeto foi de aproximadamente 7 horas, levando em consideração: Modelagem do projeto de água fria, incluindo as configurações de parâmetros e filtros nas famílias inseridas, que facilitaram nas etapas posteriores, totalizando aproximadamente 3 horas; Geração das vistas e detalhamento, sendo essas 2 plantas e 6 perspectivas, totalizando aproximadamente 3 horas – Cabe ressaltar que o tempo de detalhamento das primeiras vistas foi maior do que das posteriores, devido ao recurso de modelos de vistas que o Revit oferece, permitindo replicar padrões de configuração de vistas; Geração de tabelas de quantitativos, totalizando aproximadamente 30 minutos; Criação de legendas e pranchetamento final, totalizando aproximadamente 30 minutos.

Com isso, é possível observar que o tempo gasto para a elaboração do projeto de água fria no Revit foi de aproximadamente 75% a mais que no AutoCAD, porém, com geração de uma quantidade maior de vistas, com mais precisão e nível de detalhamento, garantindo uma redução de erros e retrabalhos, incluindo elementos tridimensionais e com geração de tabelas de quantitativos automatizadas.

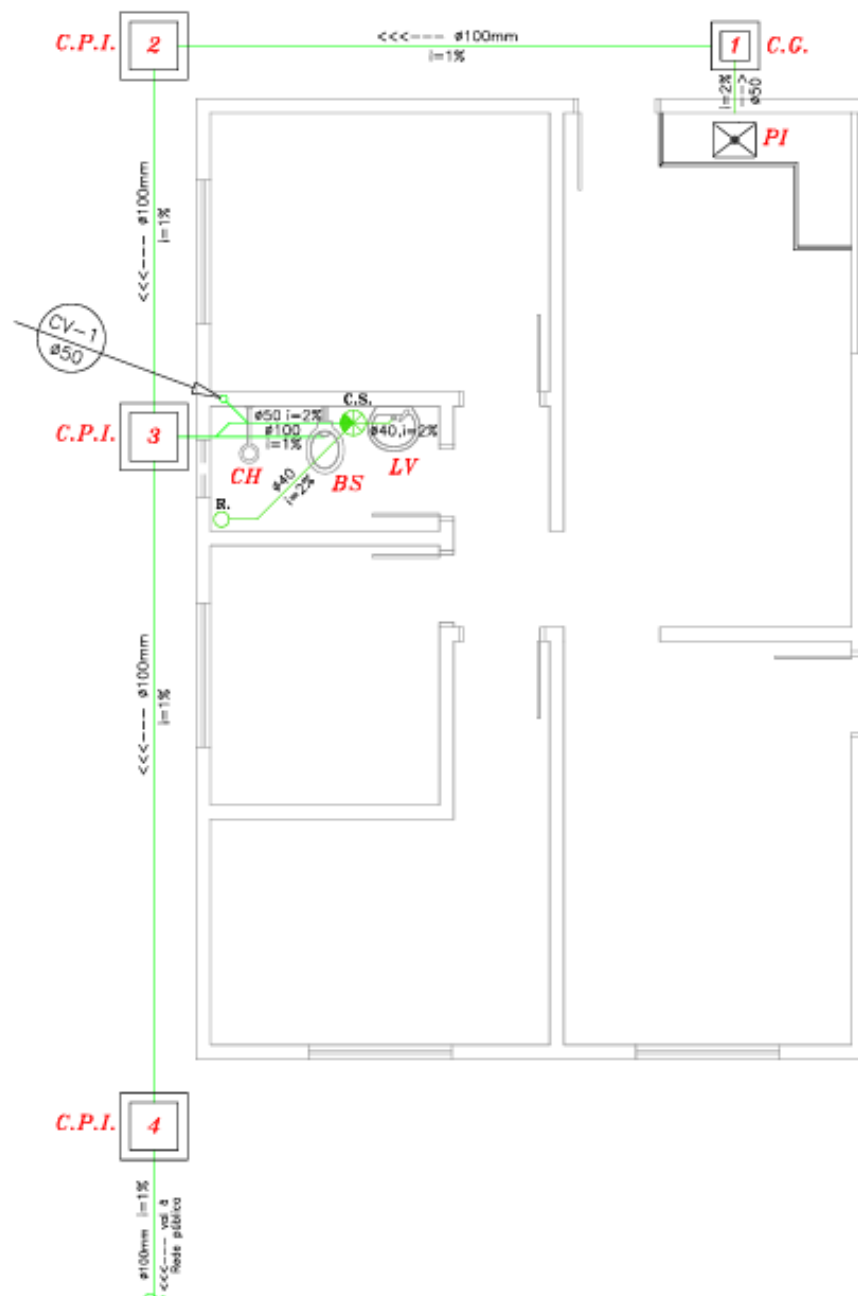
Vale destacar que, tanto no AutoCAD quanto no Revit, a etapa de criação de legendas e pranchetamento é a etapa final dos projetos de água e esgoto e foi realizada simultaneamente para ambos. Portanto, o tempo computado para essa etapa não foi contabilizado posteriormente na seção 4.3.2, de desenho/modelagem e documentação do projeto de esgoto.

4.3.2 ESGOTO

Assim como o projeto de água fria, o sistema de esgoto sanitário foi modelado individualmente nos softwares AutoCAD e Revit para fins comparativos. Na Figura 26, que apresenta a planta baixa gerada no AutoCAD, observa-se que a representação gráfica das tubulações é realizada de maneira unifilar, o que limita a visualização detalhada das conexões, ralos e demais componentes do sistema. Essa limitação pode resultar em dificuldades na interpretação do projeto e na identificação de eventuais interferências. Também deve-se levar em consideração que essas tubulações possuem diâmetros consideráveis e, por se tratarem de representações unifilares, podem causar erros e imprecisões, resultando em uma problemática durante a fase da execução em que não há espaço suficiente para as tubulações e conexões ou que as peças não se encaixam corretamente.

Cabe ressaltar que o AutoCAD também permite a representação de tubos e conexões com dimensões adequadas, através de blocos. Entretanto, esses devem ser adquiridos através de bibliotecas ou *plugins* externos e, levam muito mais tempo para sua inserção quando comparados ao método de modelagem do Revit, por conta disso os traçados de esgoto no AutoCAD foram feitos de forma unifilar.

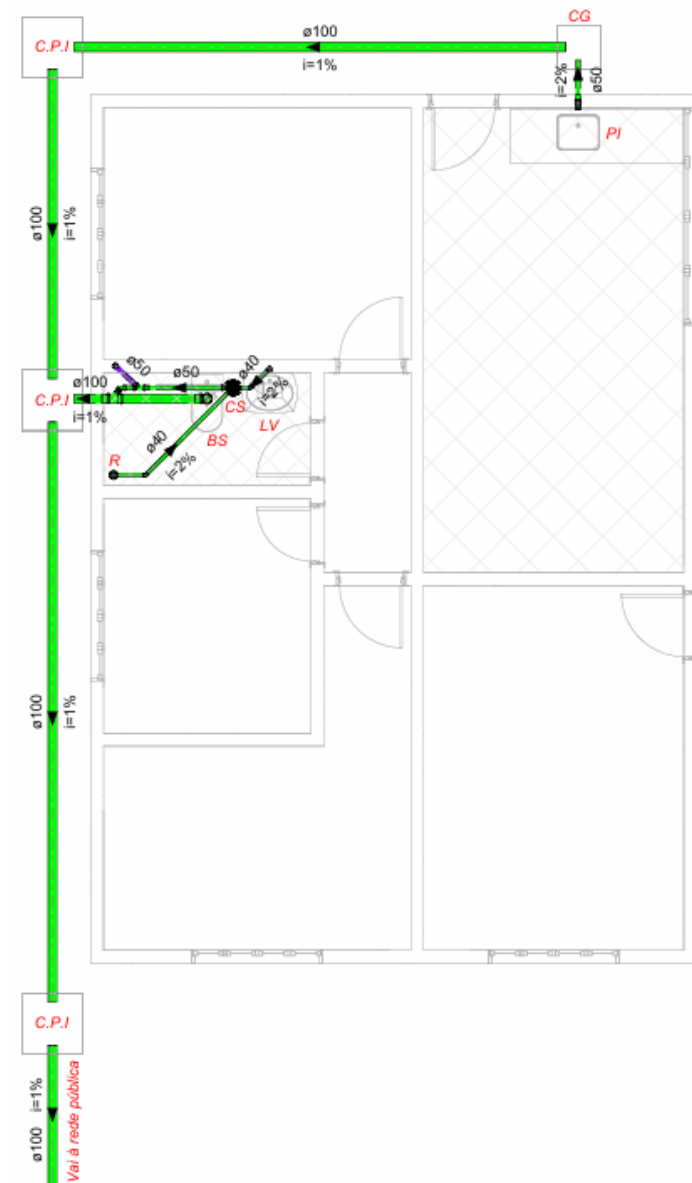
Figura 26 – Planta baixa de esgoto - AutoCAD



Fonte: Autoria própria, 2025.

Em contrapartida, na Figura 27, onde se apresenta o mesmo trecho modelado no Revit, nota-se uma representação mais detalhada, evidenciando com maior clareza os tubos, conexões, caixas sifonadas e outros elementos do sistema de esgoto sanitário. Além disso, como todos esses elementos são representados com suas dimensões reais, é possível garantir o espaço para os tubos as conexões e com isso, evitar interferências que não seriam detectadas em projeto no caso de representações unifilares. Essa maior riqueza de detalhes permite uma análise mais precisa das condições de instalação, facilitando tanto a execução quanto a verificação da conformidade com as normas técnicas vigentes.

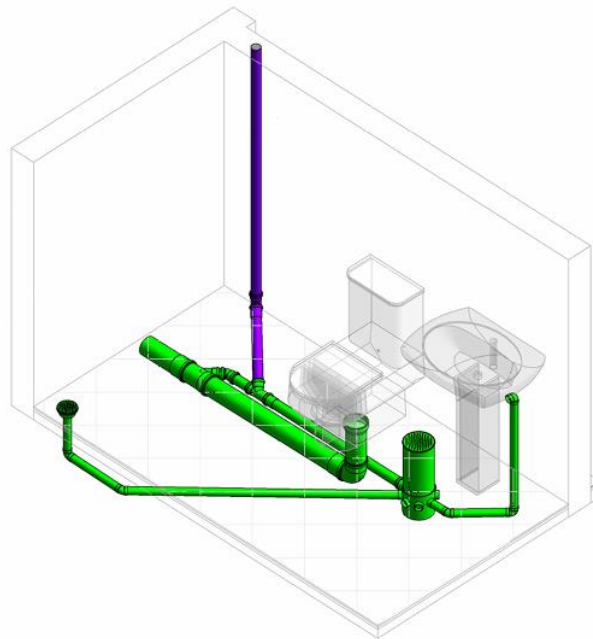
Figura 27 – Planta baixa de esgoto - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

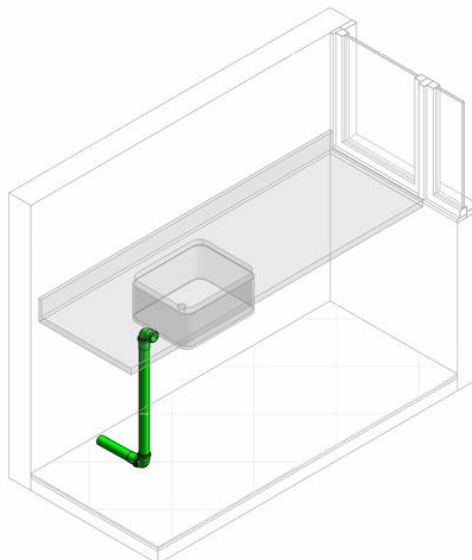
As Figuras 28 e 29 apresentam perspectivas do sistema de esgoto do banheiro e cozinha e, a Figura 30, uma representação completa do sistema de esgotamento sanitário da residência, contendo os ramais, ventilação, subcoletores e coletor predial. Através dessa visualização tridimensional, torna-se mais evidente a disposição dos componentes e suas conexões, permitindo uma análise mais eficiente da compatibilidade entre os elementos do projeto.

Figura 28 – Perspectiva do sistema de esgoto no banheiro - Revit



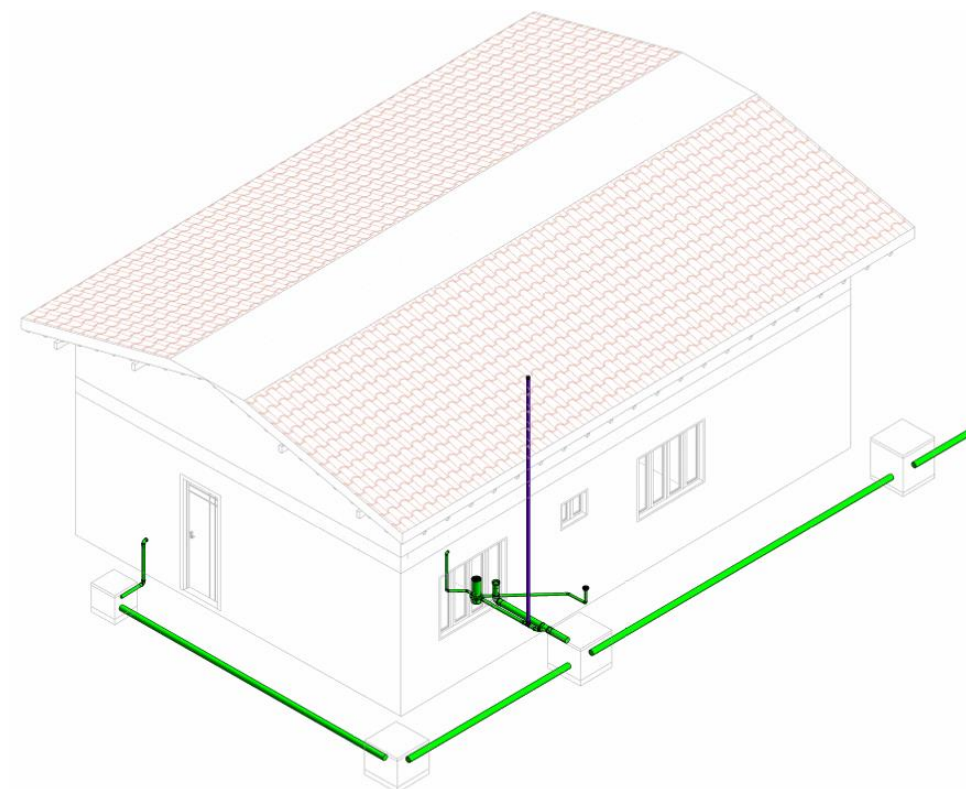
Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 29 - Perspectiva do sistema de esgoto na cozinha - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

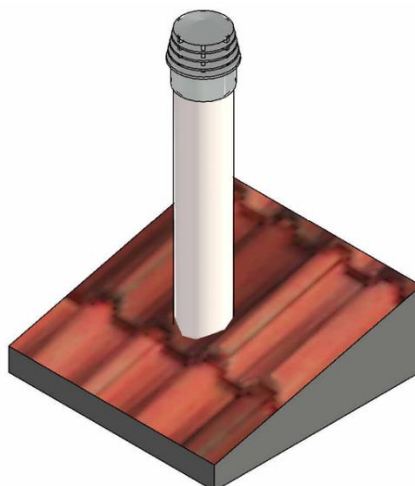
Figura 30 - Perspectiva do sistema completo de esgoto - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

Também foi gerada uma perspectiva realista representativa do terminal de ventilação, situado ao fim da coluna de ventilação e à aproximadamente 30 cm do telhado, conforme preconiza a NBR 8160 (2019), facilitando a compreensão posterior no processo de execução. Essa representação pode ser vista na Figura 31.

Figura 31 – Detalhe do terminal de ventilação - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

Assim como no projeto de água fria, foram geradas tabelas quantitativas de tubos, conexões e peças hidrossanitárias de esgoto sanitário. Como as tabelas de água fria já haviam sido geradas e configuradas, essas serviram de base para gerar as tabelas de esgoto em aproximadamente 2 minutos, e podem ser observadas nas Figuras 32, 33 e 34.

Figura 32 – Tabela de tubos de esgoto gerada pelo Revit

Tabela de tubos - ES			
Quant. (m)	Sistema	Descrição	Diâmetro
2,97	ESGOTO	Tubo Série Normal - PVC Esgoto	40 mm
2,33	ESGOTO	Tubo Série Normal - PVC Esgoto	50 mm
17,43	ESGOTO	Tubo Série Normal - PVC Esgoto	100 mm
5,04	VENTILAÇÃO	Tubo Série Normal - PVC Esgoto	50 mm

Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 33 - Tabela de conexões de tubo de esgoto gerada pelo Revit

Tabela de conexões de tubo - ES			
Quant. (pç)	Sistema	Descrição	Diâmetro
1	ESGOTO	Adaptador para Saída de Vaso Sanitário 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	100 mmø
5	ESGOTO	Joelho 45°/90°, Esgoto Série Normal - TIGRE	40 mmø-40 mmø
3	ESGOTO	Joelho 45°/90°, Esgoto Série Normal - TIGRE	50 mmø-50 mmø
1	ESGOTO	Joelho 45°/90°, Esgoto Série Normal - TIGRE	100 mmø-100 mmø
1	ESGOTO	Tê/Junção Simples, Esgoto Série Normal - TIGRE	50 mmø-50 mmø-50 mmø
1	ESGOTO	Tê/Junção Simples, Esgoto Série Normal - TIGRE	100 mmø-100 mmø-50 mmø
1	VENTILAÇÃO	Joelho 45°/90°, Esgoto Série Normal - TIGRE	50 mmø-50 mmø
1	VENTILAÇÃO	Terminal de Ventilação, Esgoto Série Normal - TIGRE	50 mmø

Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 34 - Tabela de peças hidrossanitárias de esgoto gerada pelo Revit

Tabela de peças hidrossanitárias - ES		
Quant. (pç)	Sistema	Descrição
1	ESGOTO	Caixa Sifonada Montada com Grelha e Porta Grelha Redondos Inox 150 x 150 x 50mm, Esgoto - TIGRE
1	ESGOTO	Ralo Cônico Montado - Porta grelha prata e grelha inox redondos 100 x 40mm, Esgoto - TIGRE

Fonte: Autoria própria, 2025.

Com relação ao tempo necessário para o desenvolvimento do projeto de esgoto, verificou-se que a modelagem no Revit levou aproximadamente 2 horas, enquanto no AutoCAD esse tempo foi reduzido para apenas 1 hora, levando em consideração que no AutoCAD foi desenvolvida apenas uma planta e no Revit foram geradas algumas perspectivas. No entanto, é importante ressaltar que a representação no AutoCAD se limita a um modelo unifilar, sem a inclusão de peças sanitárias e outros detalhes construtivos, o que pode impactar na precisão e qualidade do projeto final, além de não permitir a geração de tabelas de quantitativos de forma automatizada.

O tempo total para a elaboração do projeto de esgoto sanitário no AutoCAD foi de aproximadamente 2 horas, levando em consideração: Traçados realizados durante a etapa de dimensionamento com um pré-detalhamento, totalizando aproximadamente 1 hora; Geração da planta baixa de esgoto e detalhamento, totalizando aproximadamente 1 horas.

Já no Revit, o tempo total para a elaboração do projeto foi de aproximadamente 4 horas, levando em consideração: Modelagem do projeto de esgoto, incluindo as configurações de parâmetros e filtros nas famílias inseridas, que facilitaram nas etapas posteriores, totalizando aproximadamente 2 horas e 30 minutos; Geração das vistas e detalhamento, sendo essas 1 planta baixa e 4 perspectivas, totalizando aproximadamente 1 hora e 20 minutos – Cabe ressaltar que o tempo de detalhamento das vistas de esgoto foi muito menor em relação às vistas geradas no projeto de água, devido ao recurso de modelos de vistas aplicado, que permitiu replicar padrões de configuração das vistas de água fria, exigindo apenas adaptações posteriores; Geração de tabelas de quantitativos, totalizando aproximadamente 10 minutos – Vale destacar que o tempo de geração das tabelas de esgoto foi muito menor em relação ao tempo gasto para geração das tabelas no projeto de água, devido ao recurso de configuração de tabelas do Revit que permite que as tabelas sejam replicadas, modificando apenas algumas configurações.

Com isso, é possível observar que o tempo gasto para a elaboração do projeto de água fria no Revit foi de aproximadamente 100% a mais que no AutoCAD, porém, com geração de uma quantidade maior de vistas, com mais precisão e nível de detalhamento, garantindo uma redução de erros e retrabalhos, incluindo elementos tridimensionais e com geração de tabelas de quantitativos automatizadas.

4.3.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

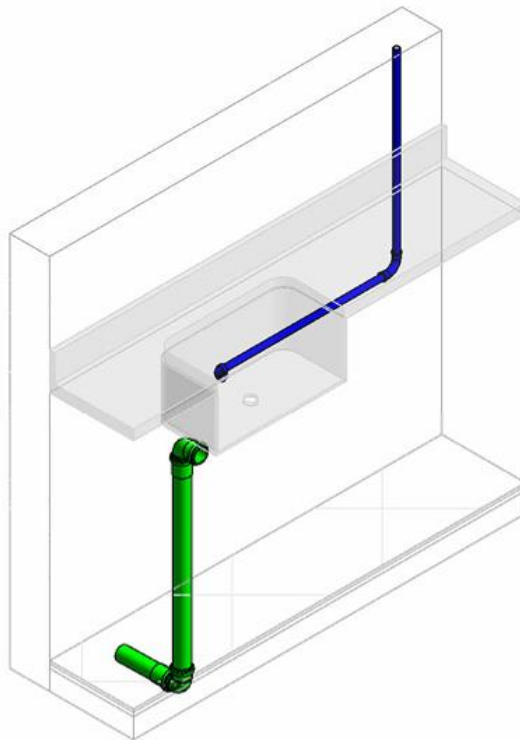
Após a conclusão dos projetos de esgoto e água fria, optou-se por realizar a compatibilização dos modelos diretamente no Revit de forma manual e visual. Esse procedimento permitiu identificar regiões de possíveis interferências entre os sistemas, prevenindo problemas construtivos e otimizando a execução da obra.

A compatibilização dentro do ambiente BIM representa um dos aspectos mais relevantes da metodologia, pois possibilita a detecção precoce de conflitos entre os projetos, evitando custos adicionais e atrasos no cronograma da obra. Erros de compatibilidade podem resultar em retrabalho, impactando diretamente no prazo de entrega e na qualidade da construção.

Por se tratar de um projeto para uma edificação com área reduzida e a análise a ser realizada incluir poucos elementos, não houve necessidade de utilizar softwares de compatibilização específicos. Porém, com as próprias ferramentas de visualização tridimensional e seleção de elementos do Revit, foi possível verificar algumas regiões onde os elementos de água fria e de esgoto são posicionados próximos e, com isso, evidenciar que não haviam interferências.

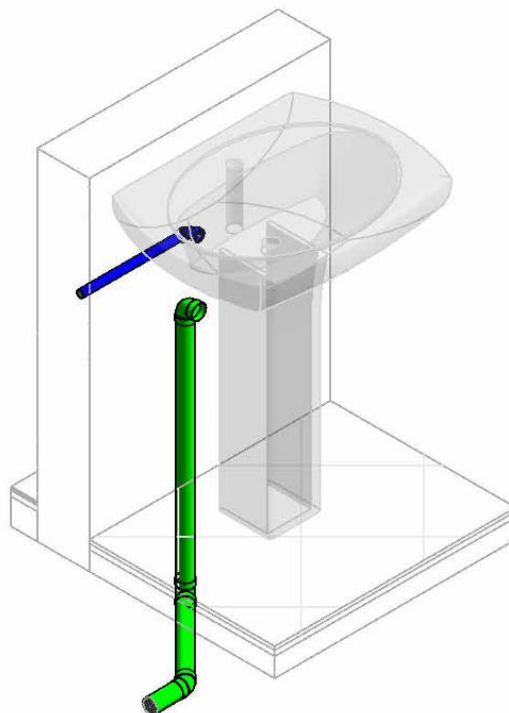
Algumas dessas verificações que exemplificam a compatibilização foram as verificações realizadas entre: Tubulações de água e esgoto próximas à pia da cozinha; Tubulações de água e esgoto próximas ao lavatório do banheiro; Tubulações da coluna 1 de água fria e coluna de ventilação. Essas podem ser respectivamente observadas nas Figuras 35, 36 e 37.

Figura 35 – Verificação de interferências entre as tubulações de água e esgoto próximas à pia da cozinha - Revit



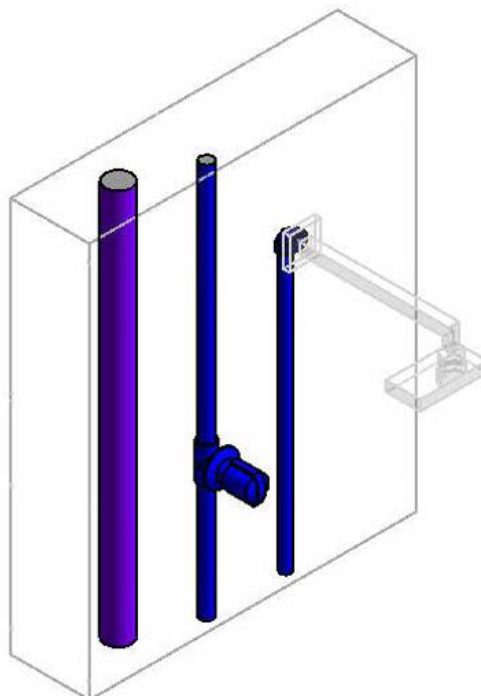
Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 36 – Verificação de interferências entre as tubulações de água e esgoto próximas ao lavatório do banheiro - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 37 – Verificação de interferências entre as tubulações da coluna 1 de água fria e coluna de ventilação - Revit



Fonte: Autoria própria, 2025.

A automatização do processo de compatibilização dentro do ambiente BIM proporciona uma redução significativa no tempo de revisão de projetos. Enquanto a compatibilização de modelos desenvolvidos no AutoCAD segue o método tradicional de sobreposição manual de desenhos, o uso de softwares BIM permite a detecção sistemática de conflitos, garantindo maior precisão na análise e contribuindo para a melhoria da qualidade final do projeto. O tempo gasto para fazer a compatibilização nesse projeto no Revit foi de aproximadamente 5 minutos, por se tratar apenas de um exercício de observação. Essas vistas (perspectivas) geradas não foram incluídas no pranchetamento final dos projetos, por se tratarem de vistas auxiliares para a compatibilização.

5 CONCLUSÃO

Espera-se que este trabalho contribua para ampliar o debate sobre a adoção de novas tecnologias na construção civil, com o objetivo de melhorar a qualidade dos projetos. Através da comparação detalhada realizada, foi possível identificar os pontos positivos e negativos de cada sistema, levando em consideração todos os aspectos envolvidos.

Em resumo, os projetos desenvolvidos através da metodologia CAD ainda demonstram ter um processo de execução prático e eficiente, quando feito em menor escala. Entretanto, a metodologia apresenta muitos desafios quanto à geração de elementos construtivos carregados de detalhes, como as perspectivas e, de elementos projetuais carregados de informações, como as tabelas de quantitativos.

Em suma, foi possível observar que o tempo gasto quanto ao desenvolvimento dos projetos em BIM foi maior. Entretanto, foi possível gerar uma quantidade de vistas muito maior, com muito mais informações, nível de detalhes e garantindo uma representação fiel ao modelo real. Ademais, cabe ressaltar que, caso seja utilizado um *template* pré-configurado conforme as necessidades do projetista, a eficiência do trabalho aumentaria consideravelmente, através de um documento com famílias, modelos de vista, tabelas e outros elementos automatizados com a tecnologia BIM.

Com isso, evidencia-se que por meio da análise do desempenho de cada metodologia construtiva através do emprego de diferentes softwares na modelagem, documentação e levantamentos do projeto, o BIM demonstrou ser uma tecnologia extremamente útil em sua aplicação quando comparada à tecnologia do sistema CAD. Tal fato pode ser justificado quanto à eficiência no desenvolvimento do projeto e devido a maior riqueza de detalhes oferecida por programas integrados à metodologia.

Os resultados obtidos neste estudo serão úteis para os profissionais da área, estudantes e projetistas, fornecendo informações claras sobre o desempenho de cada metodologia e a utilidade dos softwares aplicados no estudo (AutoCAD e Revit). Isso ajudará na escolha do sistema mais adequado, com base em dados concretos. O objetivo é trazer benefícios reais para a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), destacando o que realmente importa para o uso eficiente das ferramentas disponíveis para a elaboração, modelagem e detalhamento de um projeto hidrossanitário, além de fomentar a popularização e adoção de novas tecnologias na indústria.

Apesar da importância dos resultados obtidos, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. O tempo de desenvolvimento de cada etapa é um fator individual e deve considerar a curva de aprendizado do profissional, podendo variar significativamente conforme a experiência e o nível de familiaridade do profissional com os softwares e metodologias utilizadas. Assim, um usuário mais experiente no BIM ou no CAD pode otimizar o processo e reduzir o tempo necessário para a elaboração do projeto, o que pode influenciar na comparação entre as abordagens.

Além disso, a escala do projeto analisado também representa uma limitação, uma vez que, se o estudo fosse aplicado a um empreendimento de maior porte, como edificações multifamiliares ou comerciais, as disparidades entre o BIM e o CAD seriam ainda mais evidentes. Projetos de maior complexidade exigem um nível superior de compatibilização, coordenação e detalhamento, aspectos em que o BIM se destaca, potencializando suas vantagens em relação ao método tradicional baseado no CAD.

Uma das principais barreiras para a ampla adoção do BIM na indústria da construção civil é a escassez de profissionais qualificados, fator diretamente relacionado à ausência do ensino obrigatório dessa metodologia nas grades curriculares da maior parte das universidades. Diante da crescente adoção do BIM no mercado e de seus benefícios evidenciados nesse trabalho, é importante destacar a necessidade de universidades incorporarem o ensino dessa metodologia em suas grades curriculares obrigatórias. A formação acadêmica ainda é, em grande parte, baseada apenas no desenho técnico feito a mão e no uso de softwares tradicionais de desenho técnico, como o CAD. A introdução do BIM de forma obrigatória no ensino superior permitiria aos alunos uma compreensão mais aprofundada da metodologia, contribuindo para a modernização do ensino de engenharia e arquitetura e alinhando a formação profissional às demandas atuais e futuras do setor.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5626:2020 - Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção.

ABNT NBR 8160:2019 - Sistemas prediais de esgoto sanitário — Projeto e execução.

ADITIVOCAD. **Projeto Completo Construção Popular de 69,90m²**. site AditivoCAD.com, 2024. Disponível em: https://www.aditivocad.com/projetos-autocad.php?dwg=casa_popular_completo. Acesso em: 15 ago. 2024.

AYRES, F. et al. **Diferentes Abordagens do uso do CAD no processo de Projeto Arquitetônico**. Curitiba, 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/3016612/Diferentes_abordagens_do_uso_do_CAD_no_processo_de_projeto_arquitet%C3%B4nico?pop_sutd=true. Acesso em: 20 jul. 2024.

BAIA, D.V.S. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil**. Dissertação de mestrado em estruturas e construção civil – Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília. Distrito Federal, 2015.3,29 p.

BUSS, A.G.; CARNEIRO, D.D.A.; LÉDO, B.C. **Aplicação do BIM na compatibilização de projetos complementares**. Brazilian Applied Science Review, v.4, n.1, p. 319-332, 2020.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco et al. **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, v. 1, 2015.

CARVALHO JÚNIOR, R. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 7. Ed. São Paulo: Blucher, 2013. 340 p.

CARVALHO JÚNIOR, R. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias – Princípios Básicos para Elaboração de Projetos**. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2014.

CARVALHO JÚNIOR, R. **Patologias em Sistemas Prediais Hidráulico-Sanitários**. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2018.

COELHO, S.S.; NOVAES, C.C. **Modelagem de informações para construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil.** In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., 2008, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2008.

COSTA, G.C.L.R.; FIGUEIREDO, S.H.; RIBEIRO, S.E.C. **Estudo comparativo da tecnologia CAD com a tecnologia BIM.** In: Revista de Ensino de Engenharia, v.34, p.11-18, 2015.

DIÓGENES, H. **4 Motivos que fazem o projeto hidráulico ser fundamental.**
Fonte: Ime Junior. 2017

DURANTE, F.K. **O uso da metodologia BIM (Building Information Modeling) para gerenciamento de projetos: Gerente BIM.** Trabalho de conclusão de curso
Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2013. 3 p.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. Manual de Bim. Porto Alegre: Bookman, 2014. et al. **Manual de BIM. Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Editora Bookman, Porto Alegre, 2014.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios.** 2002. 329 f.
Tese (Doutor em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FELLOWS, Richard; LIU, Anita MM. **Managing organizational interfaces in engineering construction projects: addressing fragmentation and boundary issues across multiple interfaces.** Construction management and economics, v. 30, n. 8, p. 653-671, 2012.

FRANÇA, A.; HADDAD, A. N. **Causes of Construction Projects Cost Overrun in Brazil.** International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 69–83, 2018. Disponível em:
<https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/1876>. Acesso em: 6 set. 2024.

GOMES, L. N.; ALMEIDA, D. H. **Impacto da ausência de compatibilização de projetos na execução de uma obra residencial**. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 7, p. 1-9, 2021.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo – IPT-SP (Mestrado Profissionalizante), 2003.

GUIMARÃES, Amanda; QUALHARINI, Eduardo. **A Importância do Gerenciamento da Comunicação na Construção Civil**. Revista Boletim do Gerenciamento nº 6 (2019).

JUNKES, V. H. et al. **Gestão de projetos na construção civil - Estudo de caso em obras públicas**. PRODUTO E PRODUÇÃO, v. 23, p. 87-99, 2022.

JUSTI, A. R. **Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros**. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 3, n. 1, p. 140-152, 2008.

LEE, Ghang; SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles M. **Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system**. Automation in construction, v. 15, n. 6, p. 758-776, 2006.

LIMA, C.F.M.; **Gestão do processo de projeto hidrossanitário**. 2016. 284p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2016.

MACEDO, Letícia Ferreira et al. **Compatibilização de projetos de um pavimento tipo em alvenaria estrutural com uso do BIM**. 2018. 38,44 p.

MAIA, F. N. **Norma de desempenho – Parte 6: Sistemas Hidrossanitários**. Fonte: Lugar certo, 2021.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo. Editora Pini, 2010.

MELHADO, S.B. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. 294 f. Tese (Doutor em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MIRANDA, A; MATOS, C. **Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas**. Revista do TCU, p. 133, setembro, 2015.

MONTEIRO, A.C.N.; JÚNIOR, A.S.S.; CAVALCANTI, D.S.C.; PEREIRA, E.E. **Compatibilização de projetos na construção civil: Importância, métodos e ferramentas**. Revista Campo do Saber, v.3, n.1, 2017.

NUNES, G.H.; LEÃO, M. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM**. Revista de Engenharia Civil (2018) 55:47-61.

PEIXOTO, Nuno Lapa de Barros. **As políticas e modelos de mensuração do valor criado nos projetos de construção civil: o caso da Mota-Engil**. 2022. Dissertação (mestrado em Controlo de Gestão) - Universidade Católica Portuguesa. Portugal. 2022. 39f.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBOK®. 5. ed. EUA: Project Management Institute, 2013. 569 p.

SANT'ANA, Edson Poyer. **Planejamento de obra passo a passo**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/planejamento-de-obra-passo-a-passo/>. Acesso em: 05 set. 2024.

SANTOS, Aguinaldo dos; POWELL, James; FORMOSO, Carlos Torres. **Transferência de “know-how” no ambiente da construção civil**. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 7, 1998.

SILVA, C. P. **A plataforma BIM aplicada no planejamento de obras**. 2017. Trabalho de Diplomação (Graduação em Tecnologia) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em:

https://bdm.unb.br/bitstream/10483/20466/1/2017_CarolinaDoPradoSilva_tcc.pdf.

Acesso em: 20 jul. 2024.

SILVA, M.A.C.; SOUZA, R. DE. **Gestão do processo de projeto de edificação**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003. 181 p.

SILVA, M.V.F.P.; Novaes, C.C. **A coordenação de projetos de edificações**: estudos de caso, in *Gestão e Tecnologia de Projetos*, 3º vol, São Paulo, Brasil, 2008, pp. 44-78.

SOLANO, Renato S. **Compatibilização de projetos na construção civil de edificações: Método das dimensões possíveis e fundamentais**. In: Workshop de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. 2005.

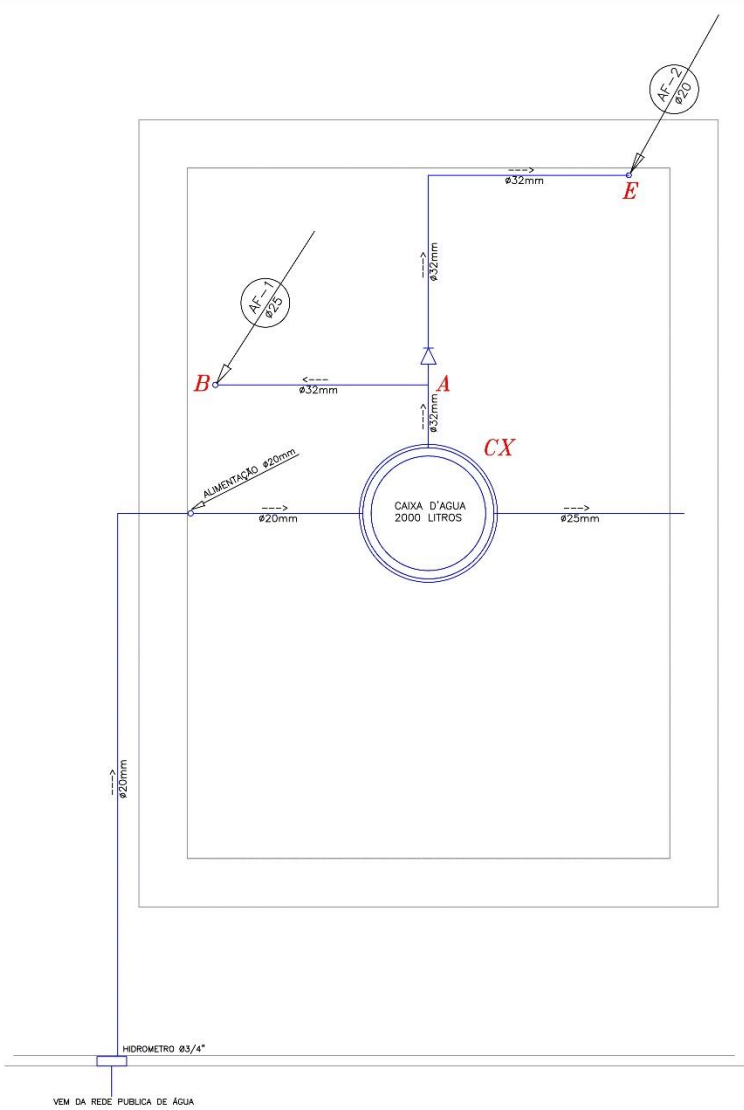
SOUZA, L.L.A.; AMORIM, S.R.L.; LYRIO, A.M. **Impactos do uso do bim em escritórios de arquitetura**: Oportunidades no mercado imobiliário. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v.4, n.2, p. 26-53, 2009.

TAVARES JUNIOR, W. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte**. Florianópolis, 2001. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

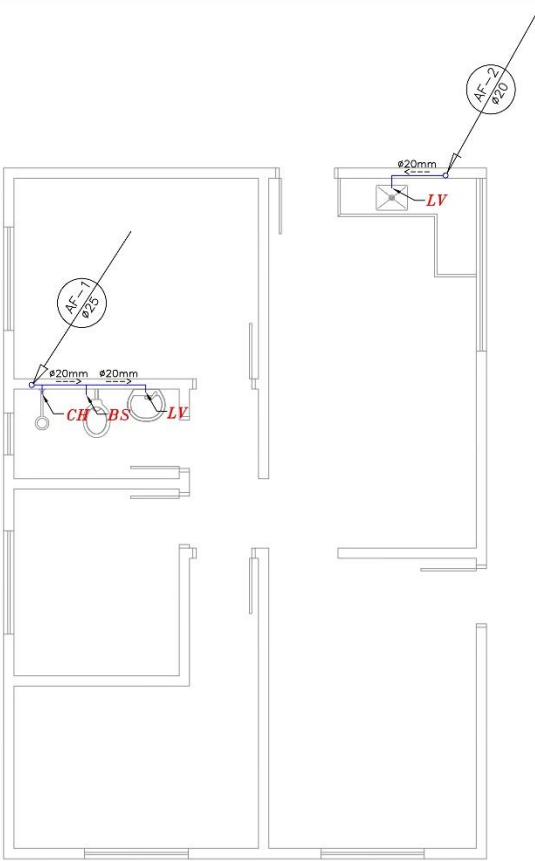
TEDESCO JOVANOVIHS, Caroline; CHAH DAN MOUNZER, Elie. **Contribution of BIM in the projects compatibility of different specialties encompass by civil construction**. *Dyna rev.fac.nac.minas*, Medellín, v. 89, n. 223, p. 46-55, Sept. 2022.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

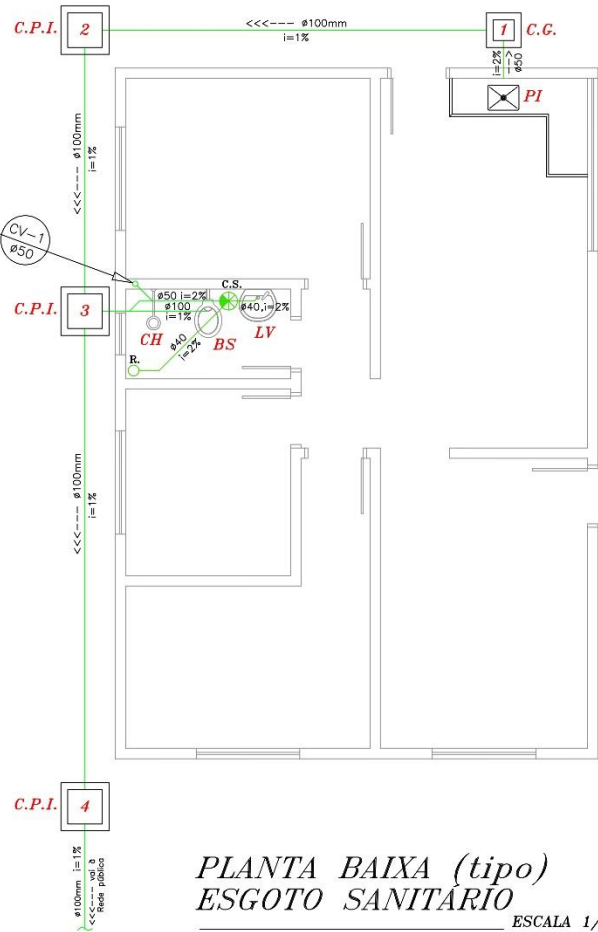
APÊNDICE A – APRESENTAÇÃO DE PROJETOS



PLANTA SUPERIOR
ÁGUA FRIA
ESCALA 1/50



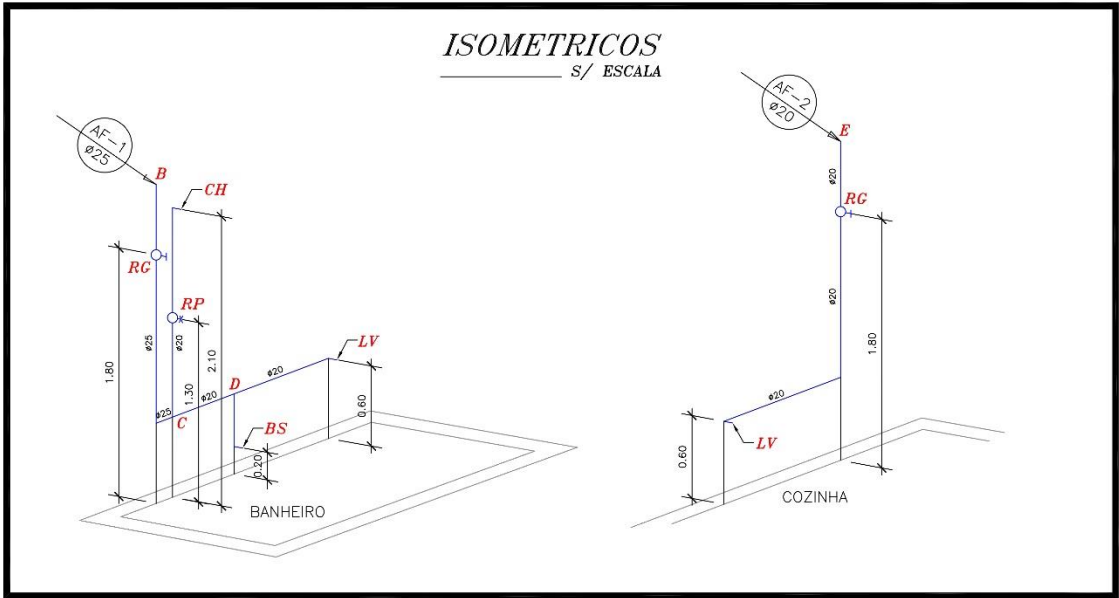
PLANTA BAIXA (tipo)
ÁGUA FRIA
ESCALA 1/50



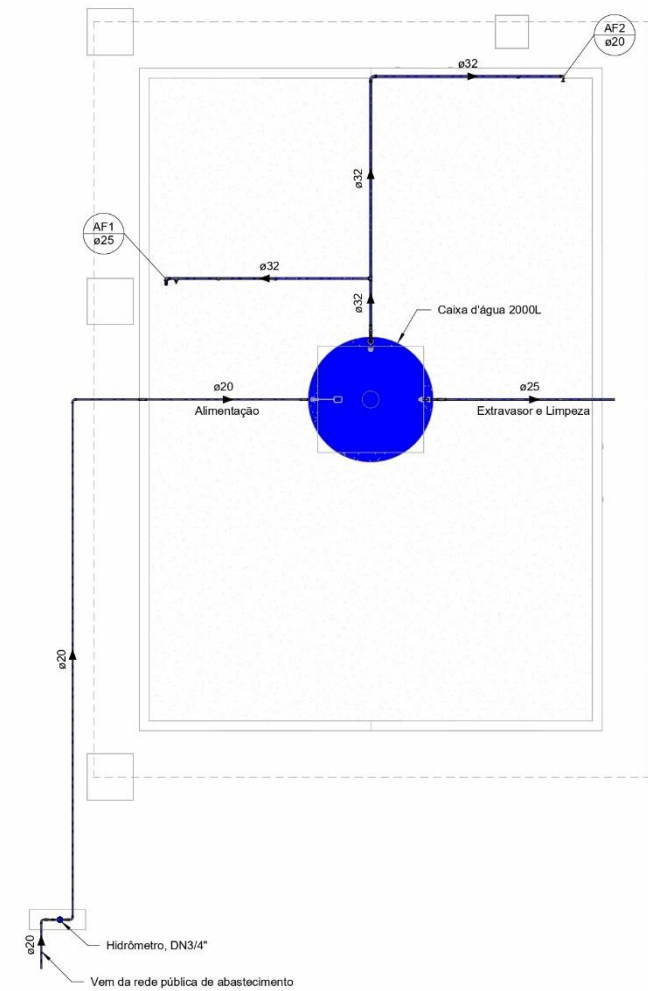
PLANTA BAIXA (tipo)
ESGOTO SANITÁRIO
ESCALA 1/50

LEGENDA SANITÁRIO	
	C.S. CAIXA SIFONADA.
	C.G. CAIXA DE GORDURA.
	C.P.I. CAIXA DE PASSAGEM COM INSPEÇÃO.
	R. RALO SECO.
	TUBULAÇÃO DE ESGOTO PRIMÁRIO.
	TUBULAÇÃO DE ESGOTO SECUNDÁRIO.

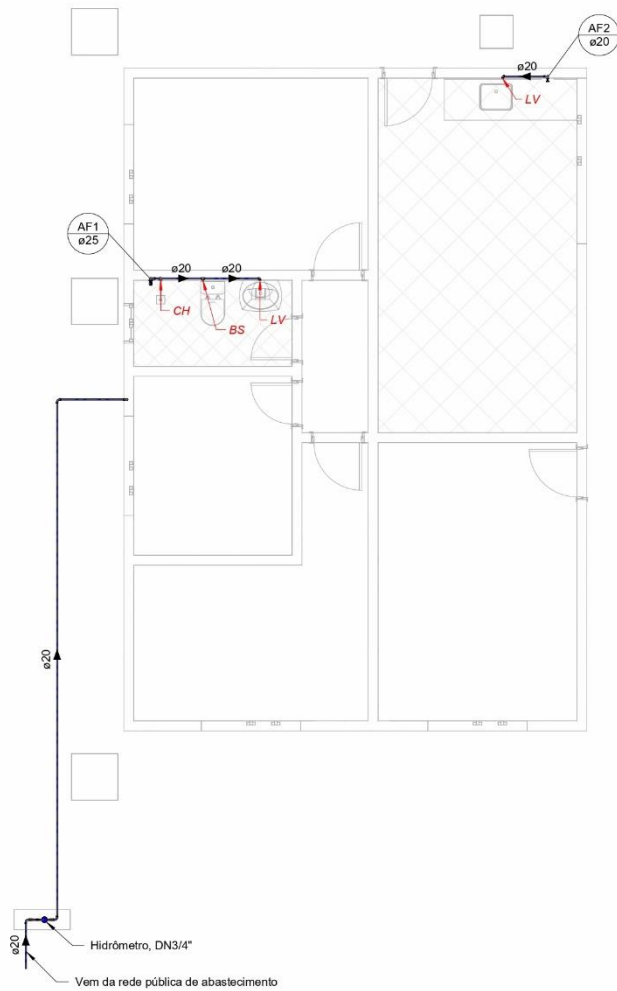
LEGENDA HIDRÁULICO	
	COLUNA DE ÁGUA FRIA.
CH	CHUVEIRO.
BS	BACIA SANITÁRIA
LV	LAVATÓRIO.
PI	PIA DE COZINHA.
RG	REGISTRO DE GAVETA.
RP	REGISTRO DE PRESSÃO.
	TUBULAÇÃO DE ÁGUA FRIA.
	TUBULAÇÃO DE ÁGUA FRIA NO PISO.



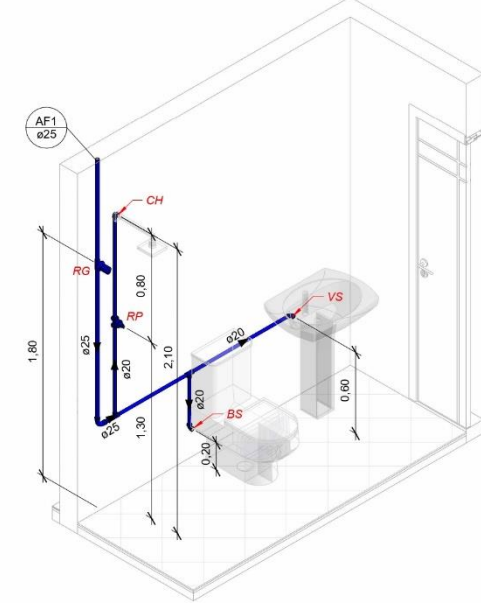
AUTOR	Yan Lucas de Almeida Alves
PROJETO	RESIDÊNCIA TÉRREA 69,9 m²
DESENHO	PROJETO HIDROSSANITÁRIO ÁGUA FRIA ESGOTO SANITÁRIO
DATA	25/05
REVISÃO	01/01



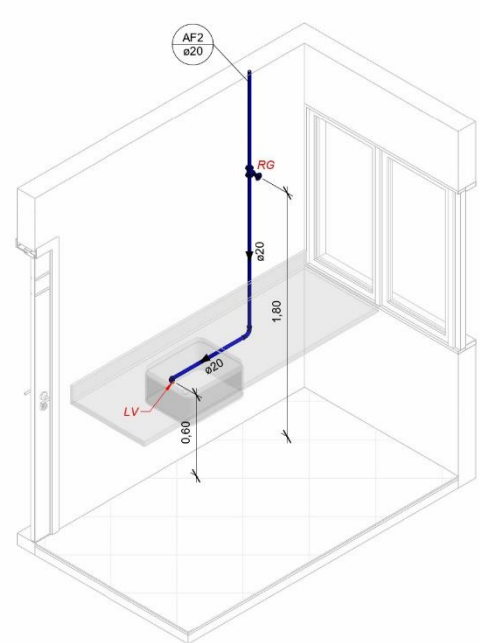
1 PLANTA SUPERIOR - AF
1 : 50



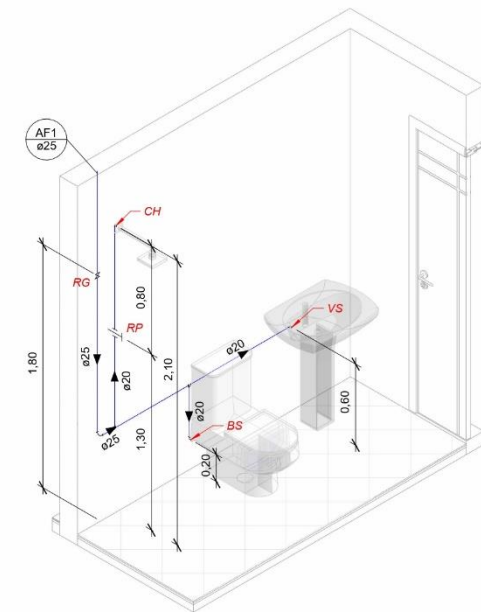
2 PLANTA BAIXA - AF
1 : 50



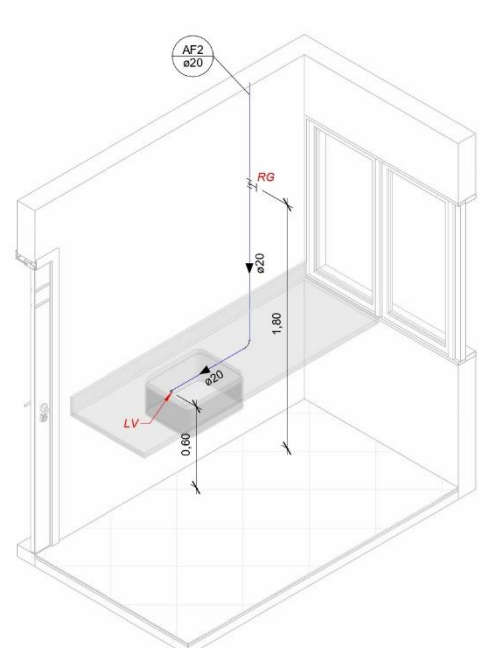
3 PERSPECTIVA AF BANHEIRO



4 PERSPECTIVA AF COZINHA



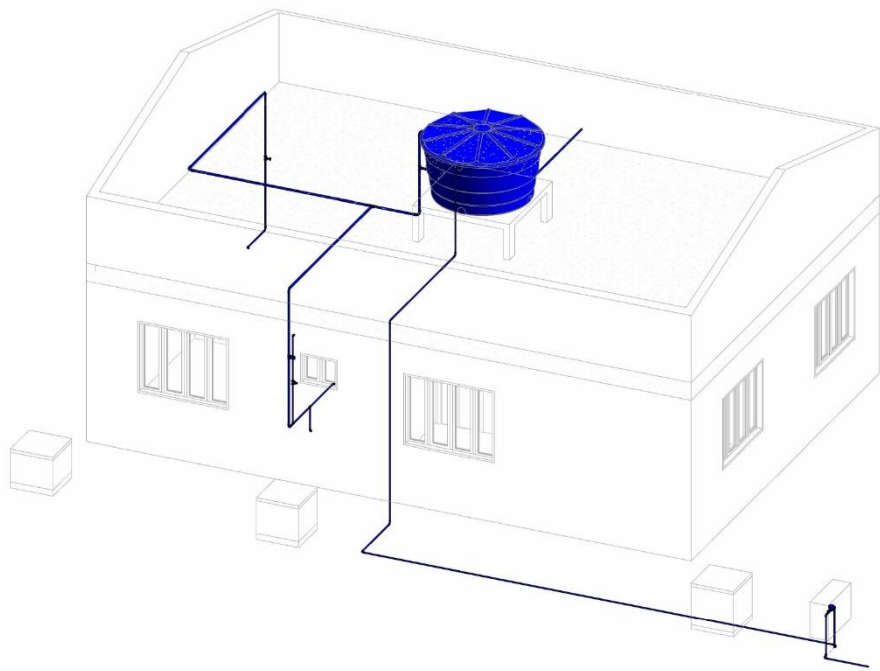
5 PERSPECTIVA AF UNIF. BANHEIRO



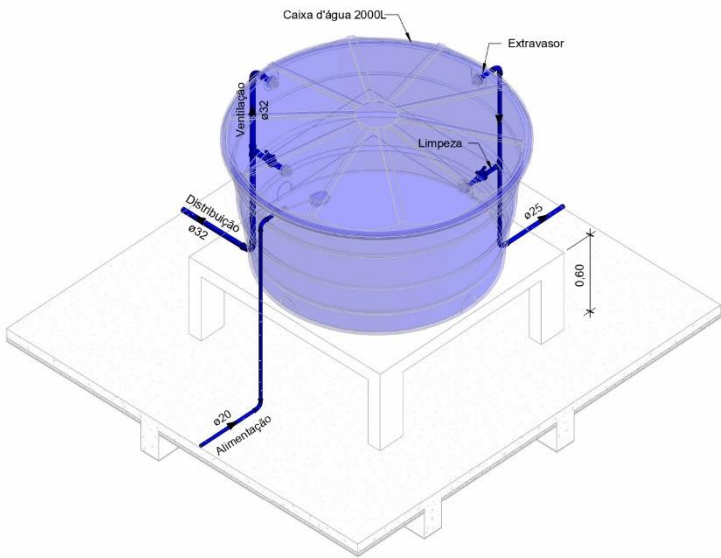
6 PERSPECTIVA AF UNIF. COZINHA

LEGENDA HIDRÁULICO

- ÁGUA FRIA
- AF Ø Coluna de água fria
- BS - Bacia Sanitária
- CH - Chuveiro
- LV - Lavatório
- RG - Registro de gaveta
- RP - Registro de pressão



1 PERSPECTIVA AF COMPLETO



2 PERSPECTIVA RESERVATÓRIO

LEGENDA HIDRÁULICO

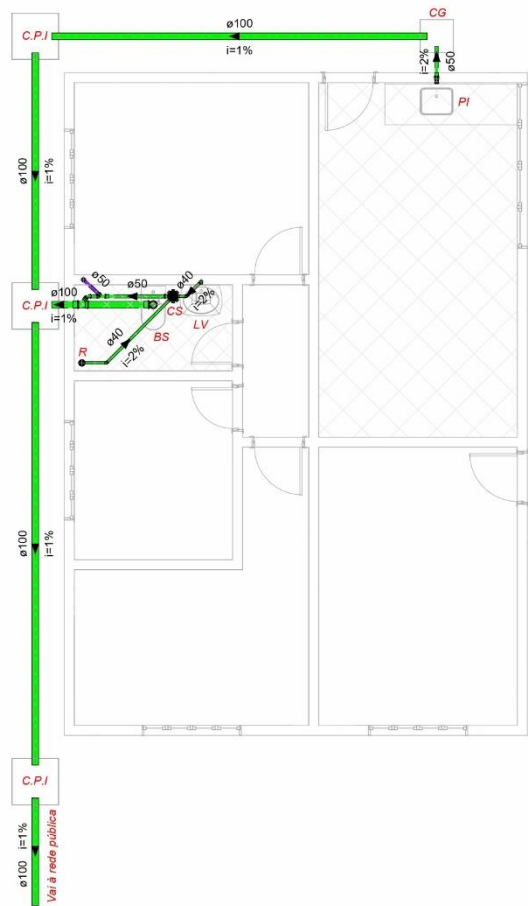
- ÁGUA FRIA
- AF Ø Coluna de água fria
- BS - Bacia Sanitária
- CH - Chuveiro
- LV - Lavatório
- RG - Registro de gaveta
- RP - Registro de pressão

Tabela de tubos - AF			
Quant. (m)	Sistema	Descrição	Diâmetro
21,95	ÁGUA FRIA	Tubo Soldável Marrom - PVC Soldável	20 mm
6,51	ÁGUA FRIA	Tubo Soldável Marrom - PVC Soldável	25 mm
11,00	ÁGUA FRIA	Tubo Soldável Marrom - PVC Soldável	32 mm

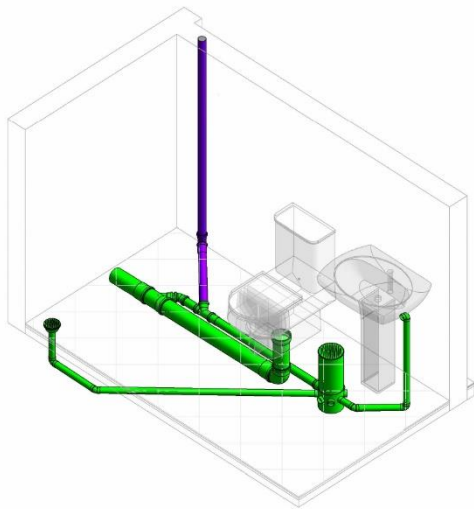
Tabela de conexões de tubo - AF			
Quant. (pç)	Sistema	Descrição	Diâmetro
1	ÁGUA FRIA	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água, PVC Marrom, Fortlev	20 mmø
1	ÁGUA FRIA	Bucha de Redução Soldável Curta, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	25 mmø-20 mmø
1	ÁGUA FRIA	Bucha de Redução Soldável Curta, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	32 mmø-20 mmø
3	ÁGUA FRIA	Bucha de Redução Soldável Curta, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	32 mmø-25 mmø
7	ÁGUA FRIA	Curva 45º/90º Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	20 mmø-20 mmø
4	ÁGUA FRIA	Curva 45º/90º Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	25 mmø-25 mmø
3	ÁGUA FRIA	Curva 45º/90º Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	32 mmø-32 mmø
4	ÁGUA FRIA	Joelho 90º Soldável com Bucha de Latão, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	20 mmø-20 mmø
2	ÁGUA FRIA	Tê Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	20 mmø-20 mmø-20 mmø
1	ÁGUA FRIA	Tê Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	25 mmø-25 mmø-25 mmø
2	ÁGUA FRIA	Tê Soldável, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	32 mmø-32 mmø-32 mmø

Tabela de acessórios de tubo - AF			
Quant. (pç)	Sistema	Descrição	Diâmetro
1	ÁGUA FRIA	Registro de Gaveta PVC Branco e Cromado 25mm - TIGRE	25 mmø-25 mmø
2	ÁGUA FRIA	Registro Esfera VS Soldável 25mm - TIGRE	25 mmø-25 mmø
1	ÁGUA FRIA	Registro Gaveta Docol JET 30 Bruto 3/4" - TIGRE	20 mmø-20 mmø
1	ÁGUA FRIA	Registro Pressão Docol JET 30 Bruto 3/4" - TIGRE	20 mmø-20 mmø

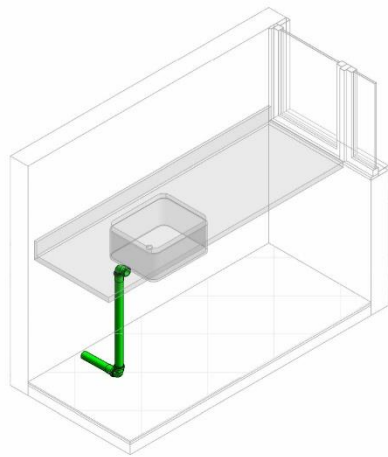
Tabela de peças hidrossanitárias - AF		
Quant. (pç)	Sistema	Descrição
1	ÁGUA FRIA	Caixa d'água de polietileno, 2000 litros - Fortlev



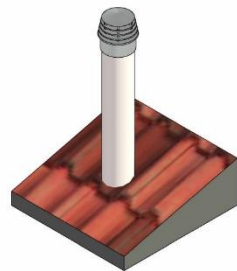
1 PLANTA BAIXA - ES
1 : 50



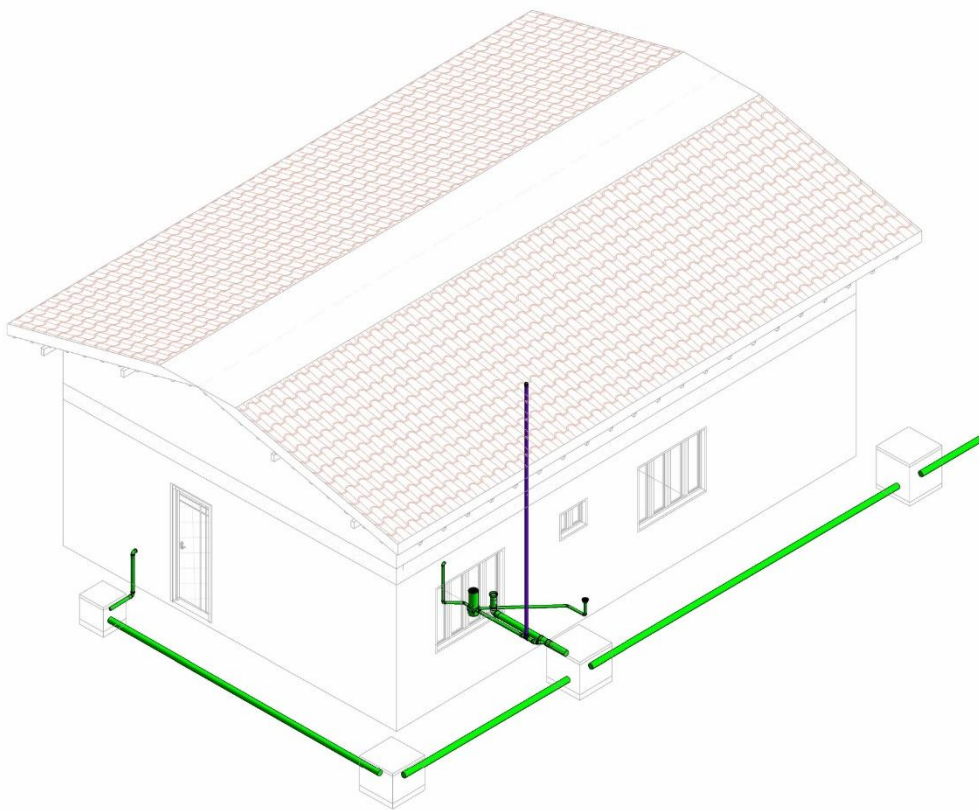
2 PERSPECTIVA ES BANHEIRO



3 PERSPECTIVA ES COZINHA



4 PERSPECTIVA VENT



5 PERSPECTIVA ES COMPLETO

- LEGENDA SANITÁRIO
- ESGOTO SANITÁRIO
 - VENTILAÇÃO
 - BS - Bacia Sanitária
 - LV - Lavatório
 - PI - Pia de cozinha
 - CS - Caixa sifonada
 - R - Ralo Seco
 - CG - Caixa de gordura
 - CPI - Caixa de Inspeção com passagem

Tabela de tubos - ES			
Quant. (m)	Sistema	Descrição	Diâmetro
2,97	ESGOTO	Tubo Série Normal - PVC Esgoto	40 mm
2,33	ESGOTO	Tubo Série Normal - PVC Esgoto	50 mm
17,43	ESGOTO	Tubo Série Normal - PVC Esgoto	100 mm
5,04	VENTILAÇÃO	Tubo Série Normal - PVC Esgoto	50 mm

Tabela de conexões de tubo - ES			
Quant. (pç)	Sistema	Descrição	Diâmetro
1	ESGOTO	Adaptador para Saída de Vaso Sanitário 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	100 mmø
5	ESGOTO	Joelho 45°/90°, Esgoto Série Normal - TIGRE	40 mmø-40 mmø
3	ESGOTO	Joelho 45°/90°, Esgoto Série Normal - TIGRE	50 mmø-50 mmø
1	ESGOTO	Joelho 45°/90°, Esgoto Série Normal - TIGRE	100 mmø-100 mmø
1	ESGOTO	Tê/Junção Simples, Esgoto Série Normal - TIGRE	50 mmø-50 mmø-50 mmø
1	ESGOTO	Tê/Junção Simples, Esgoto Série Normal - TIGRE	100 mmø-100 mmø-50 mmø
1	VENTILAÇÃO	Joelho 45°/90°, Esgoto Série Normal - TIGRE	50 mmø-50 mmø
1	VENTILAÇÃO	Terminal de Ventilação, Esgoto Série Normal - TIGRE	50 mmø

Tabela de peças hidrossanitárias - ES		
Quant. (pç)	Sistema	Descrição
1	ESGOTO	Caixa Sifonada Montada com Grelha e Porta Grelha Redondos Inox 150 x 150 x 50mm, Esgoto - TIGRE
1	ESGOTO	Ralo Cônico Montado - Porta grelha prata e grelha inox redondos 100 x 40mm, Esgoto - TIGRE