

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

LÍVIA CRISTHINA SOARES SOUSA

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

SÃO LUÍS – MA

2025

LÍVIA CRISTHINA SOARES SOUSA

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. Solange da Silva Nunes Boni

SÃO LUÍS - MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a)
autor(a). Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Soares, Livia Cristhina Soares Sousa.

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO HIDROSSANITÁRIO
DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR / Livia Cristhina Soares Sousa
Soares. - 2025.

77 f.

Orientador(a): Solange da Silva Nunes Boni Boni.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,
Universidade Federal do Maranhão, São Luís - Ma, 2025.

1. Sistema Predial de Água Fria. 2. Sistema Predial
de Esgoto Sanitário. 3. Bim. 4. Revit|. I. Boni, Solange
da Silva Nunes Boni. II. Título.

LÍVIA CRISTHINA SOARES SOUSA

**ANÁLISE DAS ROTINAS DE PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE REVIT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal
do Maranhão, como requisito para a obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 06 de agosto de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dra. Solange da Silva Nunes Boni (Orientadora)

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof.º Dra. Ana Beatriz Pereira Sagadilha dos Santos (Examinador 1)

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof.º Dr. Marcos Aurelio Araujo Santos (Examinador 2)

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder o dom da vida. Aos meus pais, Lúcia Cristina Soares e Eudimar Paixão Sousa, por me apoiarem incondicionalmente em minha jornada de estudos e de vida, sem eles, nada disso seria possível. Às minhas irmãs, Valéria Soares dos Santos, Valmércia Soares Santos, e a todos os meus familiares pelo carinho e apoio constantes.

Sou grata por ter contado com excelentes professores ao longo da minha formação, cujos ensinamentos e incentivo despertaram meu apreço pela área da engenharia civil. Em especial, agradeço à professora Solange da Silva Nunes Boni, pela orientação dedicada nesta pesquisa, pelos incentivos e pelas cobranças que impulsionaram a realização deste trabalho.

Aos amigos, e colegas que compartilharam experiências valiosas ao longo do curso, contribuindo significativamente para o meu crescimento acadêmico e pessoal, deixo meu sincero agradecimento.

Por fim, um agradecimento especial ao meu companheiro, Ygor Vinícius Matos Sá, pelo apoio incondicional e por ter sido meu porto seguro nos momentos mais desafiadores desta jornada.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o desenvolvimento e a gestão de projetos hidrossanitários de uma residência unifamiliar, utilizando o software Autodesk Revit e tendo como referência os requisitos normativos das normas NBR 5626:2020 e NBR 8160:1999. A metodologia adotada foi de natureza qualitativa, com abordagem exploratória e descritiva, estruturada a partir de um estudo de caso de um projeto real elaborado por uma Empresa Júnior de Engenharia Civil. A modelagem tridimensional no Revit, integrada à metodologia BIM, possibilitou maior precisão nos dimensionamentos hidráulico e sanitário, além de favorecer a compatibilização entre os diferentes sistemas prediais. Os resultados obtidos indicam que o uso de ferramentas tecnológicas, associado à observância das normas técnicas, contribui para aumentar a eficiência, a segurança e o desempenho das instalações. A análise crítica do projeto evidenciou, ainda, a relevância da compatibilização interdisciplinar e da conformidade normativa para prevenir falhas construtivas e assegurar a durabilidade e funcionalidade das instalações prediais.

Palavras-chave: Sistema Predial de água Fria, Sistema Predial de Esgoto Sanitário. BIM. Revit.

ABSTRACT

This study aims to analyze the development and management of plumbing projects for a single-family residence, using Autodesk Revit software and based on the normative requirements of NBR 5626:2020 and NBR 8160:1999 standards. The adopted methodology was qualitative in nature, with an exploratory and descriptive approach, structured from a case study of a real project developed by a Junior Civil Engineering Company. The three-dimensional modeling in Revit, integrated with the BIM methodology, enabled greater accuracy in hydraulic and sanitary sizing, as well as improved coordination among different building systems. The results indicate that the use of technological tools, combined with compliance with technical standards, contributes to increasing efficiency, safety, and performance in building installations. The critical analysis of the project also highlighted the importance of interdisciplinary coordination and regulatory compliance to prevent construction failures and ensure the durability and functionality of building systems.

Keywords: Cold Water Building System, Sanitary Sewage Building System, BIM, Revit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planta de demolição/construção	19
Figura 3: Partes constituintes de um sistema predial.....	21
Figura 4: Partes constituintes das instalações de esgoto	22
Figura 5: Origem de Patologias Fonte: Adaptado de Carvalho Junior (2018, p. 28).	23
Figura 6: Modelo arquitetônico da residência	37
Figura 7: Níveis	38
Figura 8: Propriedade de Família de caixa d'água	39
Figura 9: Sistema sanitário	42
Figura 10: Representação gráfica do sistema hidráulico	42
Figura 11: Representação gráfica da Compatibilização dos sistemas hidráulicos e Sanitários	43
Figura 12: Representação gráfica da concepção do sistema hidráulico	44
Figura 13: Sistema hidráulico banheiro 1 (superior).....	45
Figura 14: Representação gráfica dos trechos definidos para o dimensionamento de hidráulico do banheiro 1	46
Figura 15: Representação gráfica -sentido acumulativo dos pesos no Sistema	47
Figura 16 – Representação Gráfica do Comprimento Real do Trecho 2-1	50
Figura 17: Representação gráfica do desnível geométrico da modelagem	53
Figura 18: Representação gráfica de montante do trecho 2-1	54
Figura 19: Representação gráfica do Banheiro 2 para o dimensionamento (Térreo).....	55
Figura 20: Representação gráfica - área da lavanderia.....	57
Figura 21: Representação gráfica do traçado de AF lateral da Cozinha	58
Figura 22- Representação gráfica dimensionamento AF Cozinha	58
Figura 23: Representação gráfica área dos barriletes	59
Figura 24: Representação gráfica do traçado do sistema de esgoto	62
Figura 25: Planta baixa do banheiro superior.....	63
Figura 26: Vista isométrica banheiro superior	63
Figura 27: Ramais de sanitário do pavimento térreo.....	65
Figura 28: Representação gráfica ramais de sanitários banheiro térreo	66
Figura 29: Representação gráfica ramais de sanitários da cozinha	67
Figura 30: Representação gráfica dos ramais de sanitário da lavanderia.....	67
Figura 31: Sistema de Ventilação	69
Figura 32: Planta baixa caixa de gordura	70
Figura 33: Vista lateral caixa de gordura.....	70
Figura 34: Planta baixa caixa de inspeção.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: patologias de vazamentos em sistemas de água fria.....	24
Tabela 2: causas mais comuns das infiltrações em elementos construtivos.....	25
Tabela 3: patologias em sistemas de esgotos sanitários	26
Tabela 4: taxa de ocupação de acordo com a natureza do local	28
Tabela 5: comparativo de mudanças da nbr 5626:1998 entre a nbr 5626:2020	30
Tabela 6 : vazões de projeto e pesos relativos dos pontos de utilização	31
Tabela 7: dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação	33
Tabela 8: dimensionamento de ramais de ventilação	34
Tabela 9: unidade de hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.....	34
Tabela 10: unidade de hunter de contribuição para aparelhos não relacionados na figura anterior.....	35
Tabela 11: dimensionamento de ramais de esgoto	35
Tabela 12: dimensionameto banheiro 1(superior).....	45
Tabela 13: dimensões dos tubos de pvc rígido – linha soldável.....	48
Tabela 12: perdas de carga localizada	50
Tabela 15: cálculo para a perda de carga unitária no trecho 2-1	52
Tabela 16: parâmetros hidráulicos de jusante do trecho 2-5	54
Tabela 17: dimensionamento do banheiro térreo	56
Tabela 18: dimensionamento da lavanderia	57
Tabela 19: dimensionamento da cozinha.....	59
Tabela 20: dimensionamento barrilete – saída 1 que alimenta banheiros e cozinha.....	60
Tabela 21: dimensionamento da barrilete - saída 2 que alimenta a lavanderia	60
Tabela 22: peças escolhidas para a execução	60
Tabela 23: dimensionamento do sistema sanitário do banheiro superior.....	64
Tabela 24: dimensionamento do sistema sanitário do banheiro térreo.....	66
Tabela 25: dimensionamento do sistema sanitário da cozinha.....	66
Tabela 26: dimensionamento do sistema sanitário da lavanderia	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIM	Modelo de Informação do Ativo
BIM	Modelagem da Informação da Construção
CAD	Computer-Aided Design
CAEMA	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão
CMP	Método do Consumo Máximo Provável
CMX	Método do Consumo Máximo Possível
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PIM	Modelo de Informação do Projeto
PRU	Pesos Relativos de Utilização
PVC	Policloreto de Vinila
UHC	Unidades Hunter de Contribuição

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO - 1	28
EQUAÇÃO - 2	29
EQUAÇÃO - 3	29
EQUAÇÃO - 4	30
EQUAÇÃO - 5	48
EQUAÇÃO - 6	49

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2	JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÃO.....	14
1.3	OBJETIVO.....	15
1.3.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.3.2	OBJETIVO ESPECÍFICOS	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTOS DE PROJETOS	15
2.2	DESAFIOS DO USO DA IMPLANTAÇÃO DO BIM	17
2.3	FERRAMENTAS E SOFTWARES PARA BIM EM PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS	17
2.4	REQUISITOS NORMATIVOS EM PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS.....	20
2.4.1	Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente	20
2.4.3	Sistema Prediais de Esgotos Sanitários	21
2.6	PATOLOGIAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDROSSANITÁRIOS	22
2.6.1	Patologias em instalações prediais de água fria	23
2.6.2	Patologias em instalações prediais de esgoto	25
2.7	DIMENSIONAMENTO HIDROSSANITÁRIOS	27
2.7.1	Dimensionamentos de Sistemas prediais de água fria.....	27
2.7.1.1	Sistema De Distribuição	27
2.7.1.2	Dimensionamento do ramal predial.....	27
2.7.1.3	Consumo de água fria.....	28
2.7.1.4	Sistema de Reservação	29
2.7.1.5	Dimensionamento das tubulações	29
2.7.2	Dimensionamentos de Sistemas prediais de esgoto	31
2.7.2.1	Determinações das Vazões de projeto	31
2.7.2.2	Componentes do sistema e funções	32
2.7.2.3	Requisitos de Declividades.....	33
2.7.2.4	Ventilação da rede	33
2.7.2.5	Dimensionamento dos diâmetros	34
2.8	QUALIDADE DE INSTALAÇÕES	35
3.	METODOLOGIA.....	36
3.1	ESTUDO DE CASO.....	37
3.1.1	Método construtivo do sistema hidráulico e sanitário de projeto no Revit	37
3.1.1.1	Dimensionamento de projeto hidráulico	39
3.1.1.1.1	Consumo de utilização	40
3.1.1.1.2	Pressões máximas e mínimas	40
3.1.1.1.3	Perda de carga e velocidade	40
3.1.1.2	Dimensionamento de projeto sanitário	40
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1.	PROJETO HIDRÁULICO	43
4.1.2	Análise Normativa de Projeto Hidráulico	61
4.2.	PROJETO SANITÁRIO	61
4.2.1	Análise Normativa de Projeto Sanitário	71
5.	CONCLUSÃO.....	73
6.	REFERÊNCIA	75

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Os sistemas hidráulicos e sanitários de edificações incluem as redes de água fria e quente, esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais. Assim, as instalações hidrossanitárias, como tubos, conexões e dispositivos, compõem uma parte significativa dos elementos presentes em uma construção, desempenhando um papel essencial devido ao contato constante com os usuários.

Nesse contexto, destaca-se a importância do desenvolvimento desse sistema no que tange ao método construtivo, especialmente na etapa de concepção, seja na estruturação do projeto ou na aplicação de modelos construtivos convencionais (RODRIGUES, 2022).

A execução dos sistemas vinculados a aspectos iniciais de concepção, necessitam de diretrizes que conduzam os processos de planejamento (projeto) alinhados aos parâmetros normativos e de execução. Além disso, poder garantir maior qualidade no procedimento de projeto é fundamental, segundo Botelho e Ribeiro Junior (2014 p. 341), “a qualidade não é uma utopia, ela é planejamento atingível, bastando apenas aos responsáveis pela mesma o cumprimento das normas de projeto e de execução, além da utilização de boa técnica e de mão de obra treinada”.

Os processos de instalação hidrossanitária estão diretamente ligados a modelos de projetos que garantem a funcionalidade e a eficiência do sistema. Esses projetos abrangem condições relacionadas ao abastecimento de água fria e quente, ao esgoto sanitário e à drenagem de águas pluviais, formando um conjunto de sistemas essenciais para as edificações. Dada a sua importância, é fundamental que os projetos estejam alinhados às normas de desempenho, bem como aos métodos construtivos exigidos por essas normas (SILVA, 2021).

Entender a importância de projetos, está atrelado ao conceito de desempenho associados as construções, uma vez que o produto dessa análise determina a capacidade do sistema projetado, e torna-se um desafio carregar a totalidade da vida útil das construções somente com execuções informais, como acontece na grande maioria das obras.

Cabe ressaltar, que boa parte das construções apresentam vícios construtivos baseados na maneira com a qual as instalações são executadas, nesse sentido, conforme Carvalho Júnior (2016), os vícios ocasionados por falhas estão ligados, tanto na má qualidade dos materiais usados, mão de obra associadas à eventuais negligências dos construtores que ocasionam em vícios construtivos e, por consequência danos aos proprietários.

Assim, de acordo com Nakamura (2012, apud CARVALHO JÚNIOR, 2016, p. 25), é fundamental manter os sistemas de qualquer edificação, uma vez que a avaliação rotineira assegura sua funcionalidade, tanto no que diz respeito ao desempenho quanto à prevenção de problemas inesperados ou ao longo da vida útil dos materiais.

Dessa maneira, as inconformidades, dadas pelo entrosamento entre a área da concepção arquitetônica com profissionais responsáveis pela execução, são resultados de falhas frequentes dos sistemas integrantes e presentes nas instalações por meio dessa falta de compatibilização dos sistemas existentes das construções.

1.2 Justificativas e Motivação

A gestão no desenvolvimento de projetos hidrossanitários envolve a elaboração de estratégias alinhadas às especificações técnicas e aos parâmetros normativos, garantindo o desempenho eficiente e seguro do sistema.

A concepção do sistema hidrossanitário é desenvolvida com base na estrutura da construção porém, um dimensionamento adequado do projeto evita desperdícios, previne problemas a curto prazo e garante a funcionalidade do sistema. Além disso, permite uma compreensão clara da distribuição do sistema na residência, o que facilita futuras manutenções, ajustes e readequações.

Compreender a importância de um projeto bem elaborado, independentemente do sistema complementar, é fundamental para um planejamento estratégico eficaz. Isso evita ajustes recorrentes durante a fase construtiva. Além disso, é essencial compatibilizar os projetos para identificar e corrigir inconformidades presente no campo, como destacado por Miranda (2019).

Assim como, conhecer novos conceitos tecnológicos presentes em mercado permite a incorporação de um sistema mais flexível diante de mudanças arquitetônicas ainda em fase embrionária e que colaboram com projetos compatibilizados e mitigam falhas presentes em sua execução. Nesse contexto, é fundamental analisar a elaboração de projetos de sistemas prediais, considerando o desenvolvimento com o uso de recursos tecnológicos disponíveis na atualidade.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar a elaboração e desenvolvimento de projetos hidrossanitários no software revit e a eficácia dos projetos criados, por meio de tecnologias, processo de elaboração e parâmetros normativos, no que se refere aos dimensionamentos, representações gráficas e exequibilidade da estrutura dos projetos a fim de permitir a eficiência do sistema aos usuários.

1.3.2 Objetivo Específicos

Avaliar as metodologias empregadas no desenvolvimento de projeto hidrossanitário;

Descrever o desenvolvimento de projetos hidrossanitários de residência unifamiliar no software Revit;

Apresentar os requisitos normativos aplicáveis aos projetos hidrossanitários e sua integração com a metodologia do software.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desenvolvimento de projetos hidrossanitários no Revit exige uma estratégia de dimensionamento bem definida, indo além da simples modelagem da estrutura. A plataforma permite a criação de sistemas com alto nível de detalhamento e facilita a compatibilização com outras disciplinas da construção civil, promovendo maior precisão e integração entre os projetos. A utilização de planilhas eletrônicas como suporte ao dimensionamento hidráulico possibilita a simulação do comportamento do fluido, favorecendo uma análise mais precisa da funcionalidade do sistema. Essa abordagem contribui significativamente para a prevenção de falhas operacionais e de manifestações patológicas, que são recorrentes em sistemas hidrossanitários mal projetados. A revisão bibliográfica, portanto, aborda tanto os recursos e vantagens do uso da tecnologia BIM (Modelagem da Informação da Construção) quanto os principais problemas técnicos e construtivos que afetam a durabilidade e o desempenho dessas instalações (DARIVA, 2018).

2.1 Metodologias de Desenvolvimentos de Projetos

Ao longo da história da humanidade os projetos de construção civil foram marcados pelo crescente desenvolvimento tecnológico. Com o passar do tempo, a elaboração de projetos evoluiu significativamente. No passado, a elaboração de projetos era um trabalho manual, realizado com tintas e gabaritos em papel vegetal. No entanto, com o avanço da tecnologia, tornou-se possível desenvolver projetos em 2D e até em 3D por meio de softwares de modelagem computacional, como os sistemas CAD e BIM, que revolucionaram a forma de

projetar e representar as construções (COUTINHO, A. B.; MOURA, G. S.; TEIXEIRA, E. K. da C, 2021).

Na década de 1980, os trabalhos manuais foram gradualmente substituídos pela metodologia CAD (Computer-Aided Design), que utiliza desenhos assistidos por computador para auxiliar, otimizar e proporcionar maior qualidade na elaboração de projetos (MIRANDA, 2019). Embora tenha representado um grande avanço ao possibilitar a transposição de desenhos para formatos digitais, o método CAD ainda apresenta limitações e está sujeito a potenciais falhas. A técnica CAD apresenta alguns aspectos desfavoráveis, entre os quais se destacam: a falta de integração entre os sistemas, baixa produtividade, ausência de parametrização, visualização limitada, dificuldade de adaptação às exigências do mercado e altos custos com reprocessamentos.

Com os avanços tecnológicos, surgiu a metodologia Building Information Modeling (BIM) definida como o uso de representações digitais dos processos de construção para apoiar o design, a execução e a gestão de edificações, promovendo a troca e a interoperabilidade de informações em um ambiente digital (R. SACKS et al., 2018, apud ALAVI; BORTOLINI; FORCADA, 2022).

Ao invés de apresentar apenas desenhos em 2D, como nos métodos tradicionais, o BIM permite a criação de modelos 3D detalhados que integram não apenas a geometria do edifício, mas também informações concisas sobre seus componentes, incluindo materiais, custos, cronogramas e dados de manutenção (DARIVA; ARAÚJO, 2019). Desse modo, técnicas cada vez mais avançadas permitem detectar incongruências entre projetos de diferentes disciplinas. Tal realização de verificações de conflitos entre sistemas, ainda na fase de concepção, torna essa etapa crucial para a identificação de problemas que podem impactar diretamente todo o planejamento da obra.

Um fator importante, que cabe destacar é a funcionalidade BIM de interoperabilidade, atividade integrada que permite transpor com um mesmo projeto em diferentes softwares (MIRANDA, 2019). Tais operações presentes nestas ferramentas, necessitam de profissionais capacitados para extrair os resultados esperados sem que haja superdimensionamento ou falhas sistêmicas, dessa maneira evita-se projetos inexecutáveis e que não contemplam os parâmetros de qualidade propostos em normas.

No entanto, o acesso a ferramentas inteligentes não garante, por si só, bons resultados, uma vez que é fundamental compreender o funcionamento analítico de todo o sistema projetado, conforme estabelecido nas normas técnicas. Além disso, destaca-se a constante evolução dessas tecnologias, muitas ainda em fase de aprimoramento, para que os resultados

obtidos se tornem cada vez mais fiéis aos procedimentos aplicados na prática da construção civil, conforme aponta Ferreira (2007, apud COELHO; NOVAES, 2008).

Dessa forma, é fundamental compreender que esses novos recursos, aliados à metodologia BIM, permitem aprimorar a qualidade dos serviços relacionados aos projetos. Eles asseguram maior eficiência, aumentam a produtividade e favorecem a integração de dados dinâmicos ao planejamento das obras.

2.2 Desafios do Uso da Implantação do BIM

Entende-se que o BIM integra diretamente o que corresponde a visão de arquitetos, engenheiros e construtores quando se refere a elaboração de um modelo virtual preciso, tal metodologia proporciona dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamentos, cálculo energético e previsão das fases da construção (MENEZES, 2011).

Embora o BIM corresponda a um grande desenvolvimento na área de elaboração de projetos, seja em maior produtividade, na redução de custos e maior controle de informações, é possível constatar que a total capacidade do BIM ainda é pouco explorada no contexto global, conforme apontam Andrade e Ruschel (2009).

Com o avanço da globalização e o desenvolvimento do BIM, cresce a necessidade de compatibilizar projetos, uma demanda cada vez mais presente em escritórios e construtoras. Segundo Mikaldo Jr. (2006), a adoção do BIM torna os projetos mais detalhados e complexos, incorporando uma maior diversidade de informações e disciplinas. Isso aumenta significativamente a complexidade da compatibilização, uma vez que é essencial assegurar a coerência e a integração entre todos os elementos do projeto. Assim, é notório que boa parte das dificuldades presentes na adaptação da metodologia esteja relacionada com a necessidade de mão de obra especializada para o uso da ferramenta.

Outro ponto, diz respeito aos custos iniciais e à infraestrutura necessária para a integração das ferramentas BIM. A necessidade de computadores de alto desempenho representa uma barreira, especialmente para pequenas empresas de projetos, assim como os elevados custos com licenças de softwares.

2.3 Ferramentas e Softwares para BIM em Projetos Hidrossanitários

Gerir a etapa de projetos compreende a disciplina de planejar, executar, monitorar e finalizar projetos de maneira eficiente. De acordo com Coelho e Novaes (2008), a colaboração entre os membros das equipes de projeto se concentra em um modelo que organiza as informações essenciais para o planejamento e a construção de um edifício.

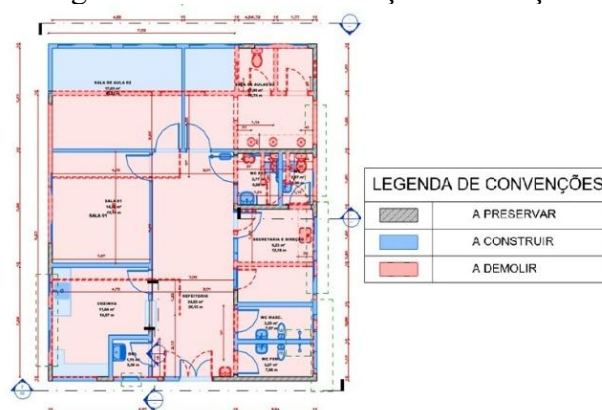
Desse modo, as vantagens que o BIM proporciona para o planejamento consiste em assegurar a análise de todos os processos desde a fase de projetos à execução da construção, pois permite operabilidade em diferentes sistemas de maneira simultânea. Em software BIM é possível configurações automatizadas a fim de permitir características que englobam além de uma representação gráfica. São modelos que entende a inserção de componentes quantificando-os, aderindo objetos paramétricos que aceitam adequações geométricas e possui capacidade de compatibilização com as demais disciplinas, além de servir como incorporação organizacional para a estruturação de planejamento (MARSICO, et al., 2017).

Tais aspectos, promovem o progresso continuado da metodologia, uma vez que é permitido uma alteração do fluxo de trabalho tradicional. Enquanto no método tradicional é necessário esforço de criação na fase de produção do projeto, pranchas, quantitativos e orçamentos com base em desenhos 2Ds, o BIM traz automatização em toda a etapa de documentação. Nesse estágio, cria-se um modelo digital detalhado com informações e geometrias precisas, a partir do qual os documentos técnicos são gerados automaticamente. (PAIVA,2016).

Conforme Amorim et al. (2021), o BIM verifica todas as integrações de projetos das demais disciplinas, com uma simulação digital por meio de realidade virtual a fim de proporcionar uma maior imersão dos projetos. Essa perspectiva torna inovadora o processo de execução fazendo com que os profissionais da área se adequem a mudanças promovidas pelas metodologias e cada vez mais eficiente no ramo de integração de projeto.

Entender sobre a interoperabilidade está diretamente ligado a função IFC (Industry Foundation Classes), instrumento no qual permite a aplicação de um projeto entre diferentes softwares BIM, além disso no processo de construção de projeto, dentro do Revit, é possível o desenvolvimento integrado de projeto, que acontece com o intuito de contemplar de maneira simultânea as etapas construtivas como a de construção nova, fase existente e fase demolida, conforme mostra a Figura 1:

Figura 1: Planta de demolição/construção



Fonte: Elaboração própria (2025).

A integração dos projetos com as fases de evolução de obras é essencial para o levantamento de reformas. Essa possibilidade descreve todos os parâmetros de ajustes que pode ser mantido, demolido ou inserido nas construções. Com o auxílio das extrações de quantidades e adequações de componentes obtém-se clareza de medições que avaliam as interferências realizadas.

Na Figura 1 (Figura 1: Planta de demolição/construção), pode-se notar, a partir de uma legenda, de que forma é possível fazer a leitura do que foi projetado nas plantas de demolir/construir.

A proposta da integração de fases em uma vista de projeto, permite que o projetista trace parâmetros que forneçam dados assertivos das etapas, o que facilita na rapidez de coleta de informações para os orçamentos das obras. Ter essa mesma proposta em uma ferramenta que não seja BIM, não viabiliza na extração de materiais que é necessário para todo contexto de obra.

A adoção do BIM, viabilizada pelo uso do software Revit® em projetos hidrossanitários, oferece uma riqueza de detalhes que facilita a compreensão por parte dos executores. Além disso, reduz significativamente o tempo necessário para atualizações e ajustes no projeto, minimizando retrabalhos. Essa metodologia também favorece o desenvolvimento de soluções mais econômicas e sustentáveis, seja pela maior disponibilidade de tempo para análises detalhadas, seja pela visualização completa e tridimensional que ela proporciona (ALMEIDA, 2016).

Conforme Brandão, Borges-Andrade e Guimarães (2012) a função de parametrização merece ênfase, por ser fundamental na otimização da produtividade de um projeto. Tal função é capaz de gerar atualizações automáticas dos elementos, especialmente os de baixo nível, que predominam em projeto hidrossanitários. Assim, como consequência tem-se maior agilidade e fluidez ao desenvolvimento.

2.4 Requisitos Normativos em Projetos Hidrossanitários

As normas técnicas e os regulamentos de instalações atuam como guias essenciais para a implementação de sistemas hidrossanitários. Além de garantir a segurança, essas normas facilitam a comunicação entre engenheiros, arquitetos, técnicos e construtores, ao estabelecer terminologias e métodos unificados. Os requisitos normativos também desempenham um papel crucial na padronização técnica, conformidade legal, eficiência dos sistemas, sustentabilidade ambiental, durabilidade e manutenção, além da prevenção de riscos de incêndios (ABNT, 2020; BRITO, 2015).

2.4.1 Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente

Segundo a ABNT NBR 5626:2020 - Sistemas Prediais de Água Fria e Quente (SPAFAQ), estabelece as exigências e critérios para projetos, execução, operação e manutenção, determinando que a água distribuída deve atender aos padrões de potabilidade (ABNT, 2020; BRITO, 2015).

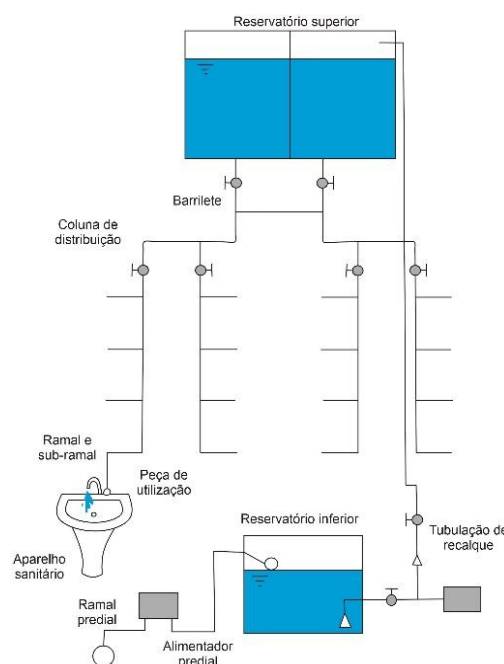
As instalações dos SPAFAQ, é o conjunto de tubulações, equipamentos, reservatório e dispositivos que abastecem os aparelhos e pontos de uso da edificação, garantindo quantidade suficiente e preservando a qualidade da água (CARVALHO JÚNIOR, 2016).

De acordo com a NBR 5626:2020, o objetivo da norma está em assegurar os seguintes requisitos:

- Preservar a potabilidade da água;
- Garantir o fornecimento de maneira contínua;
- Assegurar a economia de água e energia;
- Viabilizar manutenção fácil e econômica;
- Evitar graus de ruídos inadequados aos usuários;
- Proporcionar conforto, prevendo adequações de materiais, de fácil manuseio, com vazões satisfatórias aos padrões recomendáveis.

A Figura 2 caracteriza as partes constituintes das instalação dos sistemas prediais de água fria, que conforme a NBR 5626, podem ser especificadas como: ramal predial, cavalete, alimentador predial, reservatório inferior, conjunto elevatórios, tubulações de sucção e recalque, reservatório superior, barrilete, colunas e ramais de distribuição e aparelhos sanitários.

Figura 2: Partes constituintes de um sistema predial



Fonte: Viana (2019).

2.4.3 Sistema Prediais de Esgotos Sanitários

Segundo a NBR 8160:1999, são estabelecidos os requisitos e diretrizes para o projeto, execução, testes e manutenção dos sistemas prediais de esgoto sanitário, de maneira que atendam aos padrões mínimos de higiene, segurança e conforto dos usuários, e tem como principais funções a coleta e o transporte dos efluentes gerados pelo uso adequado dos aparelhos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999).

As instalações prediais de esgoto podem ser definidas como sendo o conjunto de aparelhos sanitários, tubulações e dispositivos destinados a coletar, conduzir e afastar da edificação todos os dejetos provenientes dos aparelhos sanitários para fins higiênicos, garantindo um destino apropriado. Essa condução dos esgotos sempre que possível, são feitas por gravidade (CARVALHO JÚNIOR, 2016).

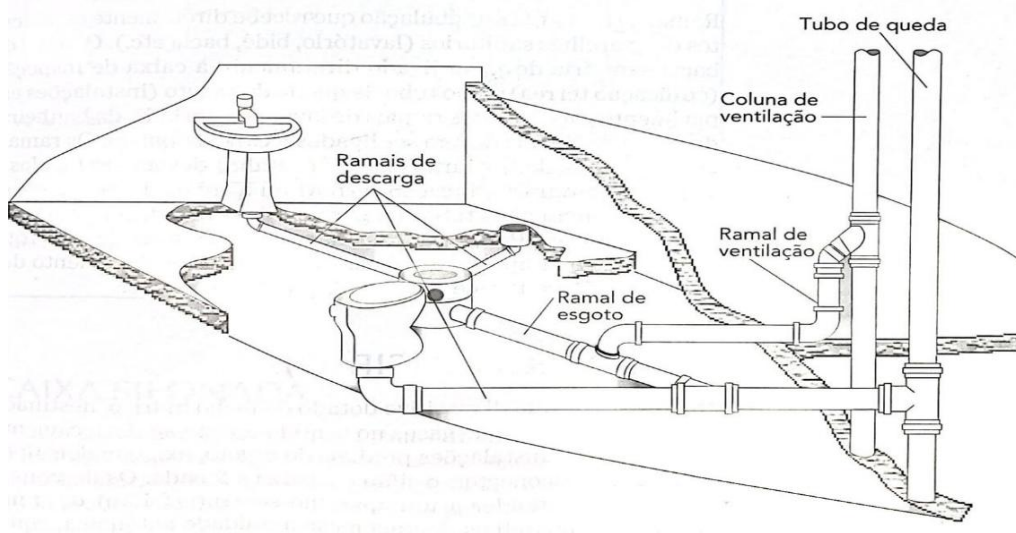
Toda edificação deve obrigatoriamente interliga-se a rede pública, quando houver, seguindo os parâmetros exigidos pela concessionária. No entanto, em casos de regiões desprovidas de rede pública coletora, todos os tipos de resíduos podem ser despejados em águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas, desde que recebam tratamentos que reduzam os níveis de agentes poluentes (CARVALHO JÚNIOR, 2016).

De acordo com a NBR 8160:1999, o objetivo da norma está em assegurar os seguintes requisitos:

- Evitar a contaminação da água, garantindo a manutenção de sua qualidade para consumo, tanto no interior dos sistemas de suprimentos e de equipamentos, assim como nos ambientes receptores.
- Permitir a rapidez do escoamentos dos efluentes, evitando a ocorrência de vazamento e a formação de depósitos no interior das tubulações.

A Figura 3, representa de forma esquemática os componentes do sistema predial de esgoto sanitário, em que são: aparelhos sanitários, desconectores ou sifões, caixas sifonadas, ramal de descarga, ramal de esgoto, tubo de queda, coluna de ventilação, subcoletor, dispositivos de inspeção (caixa de inspeção e caixa de gordura), coletor predial e válvula de retenção.

Figura 3: Partes constituintes das instalações de esgoto



Fonte: Carvalho Júnior (2016).

2.6 Patologias em Sistemas Prediais hidrossanitários

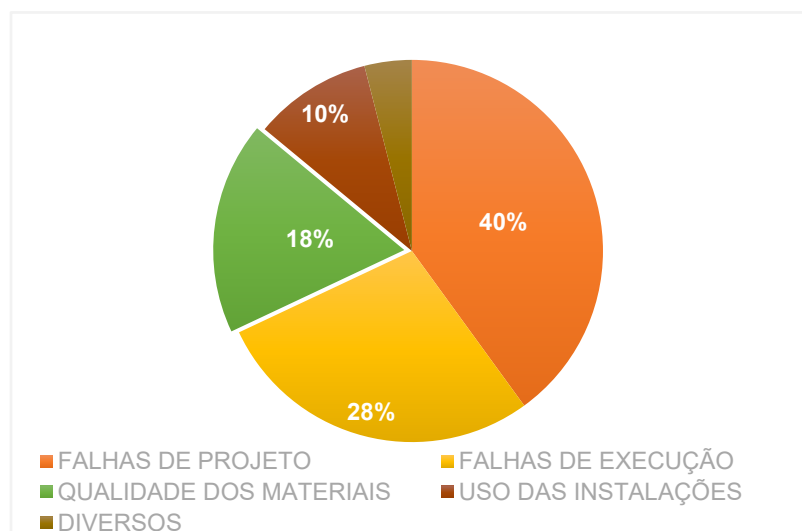
Segundo Pinheiro (2020), ao longo do tempo, as edificações passam por desgastes decorrentes de diversos fatores, o que pode comprometer o funcionamento adequado dos sistemas instalados.

Pacífico, Amorim e Santos Júnior (2024), destacam que os principais tipos de patologias hidrossanitárias podem ser classificados em duas categorias: a primeira, relacionada às instalações hidráulicas de água fria; e a segunda, às patologias referentes aos sistemas de esgotamento das edificações.

Conforme ilustrado no Figura 5, Carvalho Júnior aponta que 40% das patologias nas edificações são decorrentes de falhas de projeto, seguidas por 28% de falhas na execução,

18% relacionadas à qualidade dos materiais, 10% ao uso inadequado das instalações e 4% a serviços diversos.

Figura 4: Origem de Patologias



Fonte: Adaptado de Carvalho Junior (2018, p. 28).

2.6.1 Patologias em instalações prediais de água fria

As patologias em sistemas prediais de água fria representam um dos principais desafios na durabilidade e desempenho das edificações. Segundo Carvalho Júnior (2020), essas falhas decorrem, em grande parte, da ausência de projetos específicos, do uso de materiais inadequados e da má execução das instalações, fatores que comprometem diretamente a estanqueidade e a funcionalidade da rede hidráulica. O autor destaca que cerca de 75% das manifestações patológicas nas construções estão relacionadas aos sistemas hidráulicos prediais, evidenciando a importância de uma abordagem preventiva, com foco em projetos bem elaborados, fiscalização técnica e manutenção periódica.

Segundo Gnipper (2010), os sistemas prediais hidráulicos estão associados a problemas recorrentes, como vazamentos, infiltrações, bolor e mofo, ruídos e até rupturas.

A patologia de vazamento em sistemas prediais de água fria é caracterizada pela perda indesejada de água em qualquer ponto da rede, causadas por falhas de execução, defeitos em materiais, erros em projetos ou desgaste ao longo do tempo (GNIPPER, 2010).

A Tabela 1, apresenta as principais patologias de vazamento em sistemas de água fria, suas causas, sintomas e soluções recomendadas.

Tabela 1: Patologias de Vazamentos em Sistemas de Água Fria

Patologia	Causa Provável	Sintomas Visíveis	Solução Recomendada
Vazamento em conexões	Rosqueamento mal feito, solda fria, aperto excessivo ou frouxo	Gotejamento visível, manchas próximas às conexões	Refazer a conexão com técnica correta e aplicar vedante adequado
Vazamento em tubulações	Fissuras por recalque, pressão excessiva, material de má qualidade	Manchas em paredes, umidade constante, mofo	Substituir o trecho danificado; avaliar necessidade de recalcular pressão
Vazamento (embutido)	Falha de execução ou junta mal vedada	Pintura descascando, bolhas em alvenaria, aumento na conta de água	Teste de estanqueidade, detector de vazamento e abertura controlada para reparo
Microvazamentos	Fadiga do material, dilatação térmica, desgaste com o tempo	Ruído constante na tubulação, hidrômetro girando sem consumo	Substituição preventiva de trechos, revisão de materiais e pressão
Infiltração associada ao sistema	Junta rompida em ponto não visível	Umidade persistente, mofo ou bolor, odor característico	Verificação de pressão, revisão geral da rede, correção da impermeabilização
Estouro de tubulação	Pressão acima do limite, ausência de válvula redutora de pressão (VRP)	Alagamento, ruído súbito, interrupção no abastecimento	Instalar VRP, recalcular projeto, substituir trechos rompidos

Fonte: Adaptado Carvalho Junior, 2018.

Quanto as patologias de infiltração, são manifestações mais comuns nas edificações e geralmente decorrentes de falhas de impermeabilização ou deterioração dos sistemas hidráulicos (PETRUCCI 2002).

A Tabela 2, mostra as principais causas associadas a esse tipo de patologia:

Tabela 2: Causas mais comuns das infiltrações em elementos construtivos

Tipo de Infiltração	Solução
Em paredes externas	Aplicação de tinta impermeabilizante, revisão de rejuntas, vedação de frestas.
Em lajes e coberturas	Aplicação de manta asfáltica, impermeabilizantes acrílicos ou poliuretano.
Em banheiros e áreas molhadas	Refazer a impermeabilização do contrapiso com manta ou emulsão asfáltica.
Umidade ascendente	Tratamento com barreiras químicas (injeções) ou físicas (revestimentos impermeáveis na base da parede).
Em tubulações hidráulicas	Substituição ou reparo do trecho danificado, com reforço da estanqueidade.

Fonte: Adaptado Petrucci, 2022.

Como consequência, as manifestações de bolor e mofo estão frequentemente associadas a patologias hidráulicas, principalmente decorrentes de falhas de estanqueidade, como vazamentos ocultos ou infiltrações em tubulações embutidas. Essas condições criam um ambiente insalubre, afetando diretamente a qualidade do ar interno e o desempenho global da edificação, conforme os requisitos das normas técnicas de salubridade e estanqueidade. Tais manifestações exigem diagnósticos técnicos especializados e intervenções corretivas em toda a rede hidráulica predial (PETRUCCI, 2002; ABNT, 2020; ABNT, 2021).

2.6.2 Patologias em instalações prediais de esgoto

As patologias em sistemas prediais de esgoto são falhas ou anomalias que ocorrem nas tubulações, conexões e dispositivos sanitários responsáveis pela coleta e condução dos efluentes dentro das edificações. Essas ocorrências comprometem o desempenho funcional da rede, podendo ocasionar vazamentos, retornos de esgoto, mau cheiro, infiltrações estruturais e até mesmo riscos sanitários para os usuários da edificação (ABNT, 1999; PETRUCCI, 2002).

Segundo Carvalho Júnior (2018), um dos sintomas mais comuns das patologias em sistemas de esgoto é o mau cheiro proveniente de ralos, pias, vasos sanitários e áreas de serviço. Todas as tubulações devem possuir saídas de ventilação para a atmosfera, e a ausência desse recurso é um dos principais fatores responsáveis pela propagação de odores desagradáveis no ambiente. Os desconectores (ralos sifonados ou sifões) são dispositivos

dotados de fecho hídrico, cuja função é impedir a passagem de gases provenientes da rede de esgoto no sentido contrário ao escoamento.

Conforme a NBR 8.160, todos os aparelhos sanitários devem ser protegidos por desconectores. Todos os desconectores devem apresentar fecho hídrico, com altura de 50mm, e apresentar orifício de 50mm de altura, além de apresentar orifício de saída, com diâmetro igual ou superior ao do ramal de descarga a ele conectado. A Tabela 3, abaixo sintetiza as principais patologias presentes nos sistemas de esgotos.

Tabela 3: Patologias em Sistemas de Esgotos Sanitários

PATOLOGIAS	CAUSAS	SOLUÇÕES
Mau cheiro	Falta de ventilação; ausência de desconectores (ralos sifonados).	Instalar ramais de ventilação; usar sifões com fecho hídrico adequado.
Retorno de esgoto	Obstruções; desnível incorreto; ausência de válvulas ou caixas de inspeção.	Instalar caixas de inspeção e válvulas de retenção; revisar o projeto.
Entupimentos frequentes	Acúmulo de gordura, sólidos ou materiais inadequados na rede.	Instalar caixas de gordura; realizar limpeza periódica; orientar usuários.
Infiltrações no solo	Tubulações trincadas ou mal seladas; juntas com vazamentos.	Verificar e reparar conexões; usar materiais normatizados e bem instalados.
Borbulhamento nos ralos	Falta de ventilação; perda do fecho hídrico por pressão negativa.	Dimensionar e instalar ventilação adequada (primária e secundária).
Mau escoamento	Declividade inadequada; subdimensionamento das tubulações.	Reprojetar o sistema com base na NBR 8160; ajustar inclinações.
Contaminação do solo	Vazamento de esgoto por tubulação danificada ou não estanque.	Reparo das tubulações; testes de estanqueidade antes do uso.
Corrosão em tubulações	Uso de materiais inadequados ou presença de esgotos agressivos.	Utilizar tubos resistentes e apropriados para esgoto (ex: PVC ou PEAD).
Rompimento de tubulações	Sobrecarga do solo, tráfego de veículos pesados, instalação superficial.	Garantir profundidade correta e proteção mecânica conforme norma.

Fonte: Adaptado Carvalho Junior, 2018.

2.7 Dimensionamento hidrossanitários

Os dimensionamentos hidrossanitários compreendem o conjunto de sistemas responsáveis pelo fornecimento de água potável e pela coleta e condução dos efluentes sanitários até a rede pública ou sistema de tratamento. Para garantir o funcionamento adequado, seguro e eficiente desses sistemas, é fundamental seguir as diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas brasileiras, como a NBR 5626, que trata da instalação predial de água fria, e a NBR 8160, que regulamenta o sistema de esgoto sanitário (ABNT, 2020; ABNT, 1999).

2.7.1 Dimensionamentos de Sistemas prediais de água fria

2.7.1.1 Sistema De Distribuição

Segundo Botelho Ribeiro Júnior (2014), o abastecimento de água fria em instalações prediais é um componente essencial do sistema hidráulico e pode ser realizado por diferentes métodos, a depender da configuração da edificação. Os sistemas de distribuição classificam-se em diretos, quando a água é fornecida diretamente da rede pública aos pontos de consumo, sem uso de reservatórios, e indiretos, que utilizam reservatórios internos, podendo funcionar por gravidade (sem bombeamento) ou com auxílio de bombas pressurizadoras. Há ainda o sistema misto, que combina características dos sistemas direto e indireto, permitindo que alguns pontos da edificação sejam alimentados diretamente da rede pública, enquanto outros recebem água proveniente de reservatórios. Essa abordagem busca otimizar o desempenho hidráulico, garantir maior segurança no abastecimento e atender melhor a variações no perfil de consumo. Cada sistema possui características próprias de aplicação, vantagens e limitações, sendo escolhidos conforme a necessidade de pressão, segurança no abastecimento e perfil de consumo.

2.7.1.2 Dimensionamento do ramal predial

Embora a NBR 5626:2020 não estabeleça explicitamente um diâmetro mínimo para o alimentador predial, recomendações técnicas indicam que, em residências unifamiliares e edificações de pequeno porte, é comum adotar um diâmetro de 25 mm. Essa prática visa garantir vazão e pressão adequadas até os pontos de consumo, em conformidade com os parâmetros gerais da norma.

No entanto, a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA), concessionária responsável pelo abastecimento de água no estado do Maranhão, estabelece padrões específicos para os serviços de ligação predial. Segundo o Caderno de Encargos da companhia (CAEMA, 2002), os diâmetros dos alimentadores prediais podem variar conforme

a classificação da ligação e a faixa de consumo esperada. Para residências comuns, são adotados tubos de 20 mm ou 25 mm em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) ou Policloreto de Vinila (PVC) rígido, sendo o diâmetro de 25 mm geralmente utilizado para ligações com maior demanda, como em imóveis com mais de um banheiro.

Para edificações de maior porte ou com previsão de consumo elevado, a CAEMA admite a utilização de alimentadores com diâmetros de 32 mm, 40 mm, 50 mm ou superiores, de acordo com a necessidade hidráulica e respeitando as características do sistema público de distribuição.

2.7.1.3 Consumo de água fria

A determinação do consumo hidráulico em uma edificação exige uma coleta adequada de informações, pois esse consumo está diretamente relacionado à quantidade de água utilizada ao longo de um determinado período. Tal demanda depende das características da ocupação, do número de usuários, do tipo de uso (residencial, comercial, institucional ou industrial) e dos hábitos de consumo da população atendida (CARVALHO JÚNIOR, 2022).

Na ausência de dados específicos do empreendimento, utilizam-se tabelas técnicas apropriadas para estimativas. Nesses casos, verifica-se a taxa de ocupação conforme o tipo de uso do edifício e o consumo per capita (por pessoa). A partir dessas informações, o consumo é calculado por meio da equação 1:

$$Cd = P \times q \quad (1)$$

Em que:

Cd = consumo diário (litros/dia)

P = população que ocupará a edificação

q = consumo per capita (litros/dia).

A Tabela 4, especifica a taxa de ocupação de acordo com a natureza do local:

Tabela 4: Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local

Tipologia	Consumo (litros/dia)
Alojamento provisório	80 per capita
Ambulatório	25 per capita
Apartamentos	200 per capita
Casas populares ou rurais	150 per capita
Cavalariças	100 por cavalo
Cinemas e Teatros	2 por lugar
Creches	50 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escolas (externatos)	50 per capita
Escolas (internatos)	150 per capita

Continuação Tabela 4

Escolas (semi-internatos)	100 per capita
Escritórios	50 per capita
Garagens e posto de serviços	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 operários
Indústrias com restaurantes	100 por operários
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	150 por veículo
Orfanatos, asilos, berçários	2,5 cm por dia
Piscinas lâmina de água	150 per capita
Postos de serviços para automóveis	2,5 cm por dia
Quartéis	150 per capita
Residência de popular	150 per capita
Residência de padrão médio	150 per capita
Residência de padrão luxo	200 per capita
Restaurantes e outros similares	25 por refeição
Templos	2 por lugar

Fonte: Carvalho Júnior, 2014.

2.7.1.4 Sistema de Reservação

Para o sistema de reservação, a NBR 5626:2020 recomenda que para o dimensionamento deve-se levar em consideração o número de habitantes da edificação (residencial, comercial, hospitalar etc.) e o consumo médio diário per capita (em litros /habitantes-dia). A norma estabelece que a instalação deve ser capaz de atender à demanda da residência com quantidade, pressão e qualidade adequadas.

2.7.1.5 Dimensionamento das tubulações

O dimensionamento das tubulações em um projeto hidrossanitário é crucial para a garantia de um bom funcionamento do sistema.

Para o alimentador predial, o dimensionamento é feito em função da vazão mínima e do diâmetro da tubulação. É a partir da área e da vazão (respectivamente Eq.2 e Eq.3) que é obtida o resultado da Eq.4

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (2)$$

$$Q = V \times A \quad (3)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (4)$$

Em que:

D é o diâmetro em mm;

Q é a vazão, em m³/s;

V é a velocidade, em m/s.

De acordo com Macintyre (2020), o dimensionamento das tubulações pode ser realizado por dois métodos: o Método do Consumo Máximo Possível (CMX) e o Método do Consumo Máximo Provável (CMP). O primeiro considera o uso simultâneo de todos os aparelhos atendidos por um mesmo ramal, sendo um critério de projeto conservador, que resulta em tubulações com diâmetros maiores. Já o segundo, também conhecido como Método dos Pesos Relativos ou das Unidades Hunter de Contribuição (UHC), atribui um peso específico a cada tipo de aparelho e considera que a probabilidade de uso simultâneo diminui à medida que o número de aparelhos aumenta. Por esse motivo, o Método do Consumo Máximo Provável é amplamente utilizado em instalações residenciais por considerar, em seu dimensionamento, os trechos individualmente, com base em tabelas que contemplam perdas de carga, vazões, velocidades e pressões desejadas.

Para as tubulações a NBR 5626 (ABNT, 1998), atribui o dimensionamento dos ramais e sub-ramais relacionados aos pesos a cada ponto de utilização identificados em função de aparelhos sanitários, no entanto a NBR 5626, 2020 traz mudanças significativas em relação ao dimensionamento baseado nos pesos relativos, velocidade e pressão em comparação com a versão anterior. A seguir, na Tabela 5, pode-se observar comparativos de mudanças para as análises do dimensionamento.

Tabela 5: Comparativo de mudanças da NBR 5626:1998 entre a NBR 5626:2020

Itens	NBR 5626:1998	NBR 5626:2020
Método dos pesos relativos	Utiliza tabela com pesos atribuídos a cada peça de utilização	Ainda é permitido, mas agora como um dos métodos possíveis, com critérios mais abertos
Tabela fixa (Tabela 10)	Traz tabela padrão com valores para bacia, chuveiro, pia etc.	Não traz uma tabela fixa – recomenda uso de catálogos de fabricantes ou critérios de projeto
Fórmula da vazão	$Q = 0,3\sqrt{\sum P}$	Não apresenta essa fórmula explicitamente; indica que métodos empíricos podem ser usados, desde que justificados

Continuação Tabela 5

Coefficiente 0,3 L/s	Fixo na equação de Hunter	Não especificado. A vazão deve ser definida com base no projeto e uso previsto da instalação
Velocidade máximas recomendada	3,0 m/s para qualquer trecho	Ainda recomenda limite máximo de 3,0 m/s, mas com mais flexibilidade técnica e menciona que velocidades elevadas podem gerar golpes de aríete
Velocidade mínima	Não estabelecida	Também não especifica valor mínimo, mas indica que a vazão deve ser suficiente para manter o funcionamento adequado
Pressão mínima nos pontos de utilização	10 kPa (1 mca) para funcionamento de aparelhos	10 kPa (1 mca) mantida — mas exige avaliação do requisito do fabricante
Pressão máxima nos pontos de utilização	400 kPa (40 mca)	400 kPa (40 mca) mantida – acima disso deve-se usar redutor de pressão
Pressão dinâmica recomendada	Não especificava com clareza	Indica que a pressão dinâmica deve estar entre os valores mínimo e máximo recomendados pelos fabricantes

Fonte: Autoral adaptado NBR 5626.

Em grande parte das literaturas é possível observar bases de informações usadas como critério para o dimensionamento da versão de NBR 5626:1998, no entanto pode-se dizer que há alguns avanços significativos na concepção das instalações hidráulicas prediais. A nova norma adota uma abordagem mais flexível, técnica e contextualizada, substituindo parte das antigas regras fixas por critérios que valorizam a análise do projetista, o uso de dados reais e a compatibilidade com os produtos disponíveis no mercado.

2.7.2 Dimensionamentos de Sistemas prediais de esgoto

2.7.2.1 Determinações das Vazões de projeto

A norma adota o conceito de Unidade Hunter de Contribuição (UHC), um fator numérico atribuído a cada tipo de aparelho sanitário com base na sua frequência de uso e na vazão de contribuição ao sistema, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 : Vazões de projeto e pesos relativos dos pontos de utilização

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	1,15	0,3
	Válvula de descarga	1,7	32,0
Banheira	Misturador (água fria)	0,3	1,0
Bebedouro	Registro de pressão	0,1	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,1	0,1

Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,2	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,1	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,3	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório Com sifão cerâmico integrado	Válvula de descarga	0,5	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	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
	Torneira elétrica	0,1	0,1
Tanque	Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,2	0,4

Fonte: Adaptado de GUIA DA ENGENHARIA, 2023.

A NBR 8160 propõe um método probabilístico, ou seja, baseado no uso simultâneo, uma vez que fazer a soma direta das vazões causariam superdimensionamento. A soma das UHCs de uma determinada linha de escoamento permite a definição dos diâmetros mínimos das tubulações, com vistas a garantir o desempenho hidráulico adequado e evitar problemas como subdimensionamento ou extravasamentos.

2.7.2.2 Componentes do sistema e funções

Segundo a NBR 8160, os componentes compreendem:

- Sub-ramal de esgoto no qual liga o aparelho ao ramal de esgoto;
- Ramal de esgoto em que conduz os efluentes até o tubo de queda;
- Tubo de queda que leva os esgotos de vários andares até a base do edifício;
- Ramal de ventilação em que garante a entrada de ar no sistema, evitando a perda do fecho hídrico dos sifões;
- Caixa de gordura (CG), instalada nas saídas de pias e cozinhas para reter gordura e evitar entupimentos;
- Caixa de inspeção (CI), permite a inspeção e desobstrução da rede, instalada em pontos estratégicos;
- Desconector, cria um fecho hídrico para impedir o retorno de gases da rede para o ambiente interno.

2.7.2.3 Requisitos de Declividades

Conforme a NBR 8160:1999, essa inclinação mínima é um requisito técnico essencial, pois influencia diretamente:

- A velocidade do escoamento (mínima recomendada: 0,6 m/s);
- A prevenção de entupimentos e depósitos sólidos;
- O correto funcionamento hidráulico do sistema;

2.7.2.4 Ventilação da rede

Conforme a NBR 8160:1999 é obrigatória para garantir a estabilidade do fecho hídrico, e podem ser:

- Ventilação primária: tubo ventilador ligado à extremidade superior do tubo de queda.
- Ventilação secundária: ramais ligados aos sub-ramais e desconectores.

A norma exige que o prolongamento do tubo de ventilação ultrapasse 0,30 m acima da cobertura e esteja a no mínimo 1,5 m de janelas e aberturas, dentre outros critérios.

A classificação para as determinações das colunas e ramais seguem conforme as Tabela 7 e Tabela 8.

Tabela 7: Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto	Número de unidade 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	1100			8	31	238			
150	2000			7	26	201			
150	2900			6	23	183			
200	1800				10	73	286		
200	3400				7	57	219		
200	5600				6	49	186		
200	7600				5	43	171		
250	4000					24	94	293	
250	7200					18	73	225	
250	11000					16	60	192	
250	15000					14	55	174	
300	7300					9	37	116	287
300	13000					7	29	90	219

Continuação Tabela 7

300	20000	6	24	76	186
300	26000	5	22	70	152

Fonte: NBR 8160:1999.

Tabela 8: Dimensionamento de ramais de ventilação

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidade 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 8160:1999.

2.7.2.5 Dimensionamento dos diâmetros

Baseia-se na soma das unidades Hunter e na declividade disponível. A norma fornece tabelas com a capacidade máxima de condução (em UHC) por diâmetro e inclinação – conforme são mostradas nas Tabela 9, 10 e 11.

Tabela 9: Unidade de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

Aparelho sanitário		Número de unidade de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN
Bacia sanitária		6	100
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência Coletivo	2	40
		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	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial		3	50
		4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50
Máquina de lavar roupas		3	50

Fonte: Adaptado NBR 8160:1999.

Tabela 10: Unidade de Hunter de contribuição para aparelhos não relacionados na figura anterior

Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN	Número de unidade de Hunter de contribuição UHC
40	2
50	3
75	5
100	6

Fonte: NBR 8160:1999.

Tabela 11: Dimensionamento de ramais de esgoto

Diâmetro nominal mínimo do tubo DN	Número de unidade de Hunter de contribuição UHC
40	3
50	6
75	20
100	6

Fonte: Adaptado NBR 8160:1999.

O dimensionamento deve respeitar também os critérios de acessibilidade e manutenção, com inspeções previstas em pontos estratégicos e facilidade de acesso para eventuais desobstruções.

2.8 Qualidade de Instalações

A qualidade das instalações hidrossanitárias é fundamental em todas as etapas do sistema: planejamento, projeto, execução e manutenção. O atendimento aos parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas assegura condições sanitárias mínimas, contribuindo não apenas para a saúde pública, mas também servindo como critério de regulamentação e competitividade no mercado de materiais e equipamentos (RIBEIRO JÚNIOR, 2014).

De acordo com a ABNT NBR 5626:2020, que dispõe sobre as instalações prediais de água fria, e a ABNT NBR 8160:1999, referente aos sistemas prediais de esgoto sanitário, o desempenho e a durabilidade das instalações hidrossanitárias estão condicionados à observância de critérios técnicos específicos estabelecidos por essas normativas. Dentre os parâmetros exigidos, destacam-se a estanqueidade das conexões hidráulicas, que assegura a integridade do sistema e previne perdas por infiltração; a manutenção de pressões e vazões compatíveis com o regime de funcionamento dos aparelhos sanitários, conforme as curvas de desempenho estabelecidas pelos fabricantes; a execução de declividades mínimas nos coletores horizontais, conforme tabelas normativas, garantindo o escoamento por gravidade com velocidade autolimpante; a seleção de materiais construtivos compatíveis com a

finalidade de uso, certificados segundo os requisitos da ABNT e do INMETRO; a implementação de dispositivos e soluções construtivas que impeçam o retorno de gases provenientes da rede de esgoto; e, ainda, a previsão de pontos de acesso técnico para inspeção e manutenção periódica, em conformidade com as exigências de operação e segurança do sistema predial.

Cardoso e Siqueira (2010) afirmam que a qualidade dos sistemas prediais hidrossanitários deve abranger não apenas a funcionalidade operacional, mas também aspectos relacionados ao desempenho hidráulico, à durabilidade dos materiais e componentes, e à sustentabilidade do sistema, de modo a garantir a integração eficiente ao ciclo de vida total da edificação.

3. METODOLOGIA

Este estudo buscou desenvolver-se por meio de um estudo de caso de abordagem metodológica de natureza qualitativa, com caráter exploratório, descritivo e explicativa, a fim de analisar os métodos construtivos adotados em projetos hidrossanitários e sua conformidade com os requisitos estabelecidos pelas normas técnicas vigentes.

A pesquisa exploratória permitiu um maior entendimento sobre o tema, enquanto o aspecto descritivo foi essencial para detalhar as etapas do processo de elaboração e análise do projeto. Para isso, utilizou-se como objeto de estudo um projeto de residência unifamiliar hidrossanitário (água fria e esgoto sanitário) desenvolvido por uma Empresa Júnior de Engenharia Civil, com base em plantas arquitetônicas fornecidas e diretrizes técnicas normativas.

O projeto analisado foi modelado no software Autodesk Revit, ferramenta especializada em modelagem da informação da construção (BIM – Building Information Modeling), que permite a visualização tridimensional e a extração de dados técnicos com maior precisão. Essa modelagem serviu de base para o levantamento das soluções adotadas no projeto e para a verificação do atendimento aos parâmetros da ABNT NBR 5626:2020 e ABNT NBR 8160:1999, entre outras normas pertinentes.

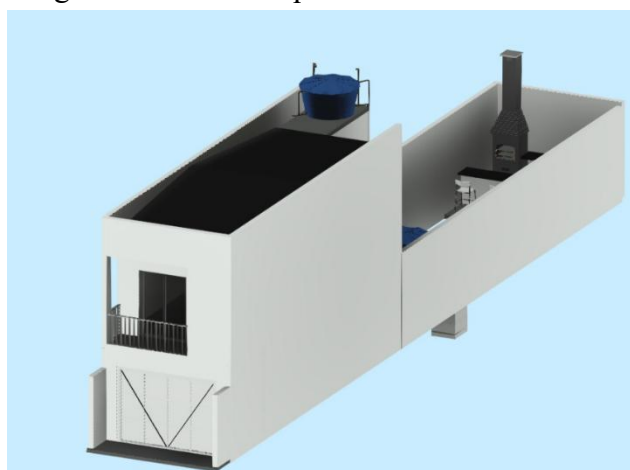
Para os dimensionamentos, foram analisados os sistemas propostos em comparação com as exigências normativas, além das informações levantadas a partir do que foi utilizado na execução do projeto. Alguns compartimentos foram avaliados com foco em componentes que exigem maior atenção em sua análise, como, por exemplo, as bombas.

3.1 Estudo de Caso

O projeto analisado neste estudo de caso refere-se ao desenvolvimento de um sistema hidrossanitário. A escolha desse projeto justifica-se pela possibilidade de acesso direto aos dados e informações técnicas, viabilizado pela participação do autor na empresa ao longo do ano de 2023. Tal envolvimento permitiu uma compreensão aprofundada das etapas de concepção, desenvolvimento e compatibilização do projeto.

O projeto teve início com a entrega, por parte do cliente, do modelo arquitetônico (Figura 5) desenvolvido no software Autodesk Revit, que utiliza a metodologia BIM (Building Information Modeling). Essa plataforma permitiu a modelagem integrada dos sistemas hidrossanitários da edificação. Para a análise, foram utilizados materiais técnicos como plantas baixas, cortes, detalhamentos, memorial descritivo e memorial de cálculo.

Figura 5: Modelo arquitetônico da residência



Fonte: Elaboração própria (2025).

A análise crítica foi conduzida por meio da comparação entre os elementos do projeto e os requisitos estabelecidos por normas técnicas brasileiras aplicáveis, destacando-se a NBR 5626:2020 (Instalações prediais de água fria e quente) e a NBR 8160:1999 (Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução), com o intuito de verificar a conformidade normativa e propor melhorias no processo de projeto com o uso da tecnologia BIM.

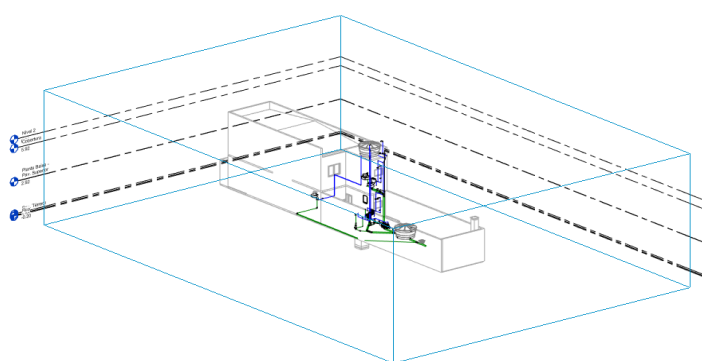
3.1.1 Método construtivo do sistema hidráulico e sanitário de projeto no Revit

O processo de modelagem do sistema hidrossanitário no Revit teve início após a finalização do projeto arquitetônico, que, neste caso, foi fornecido pelo cliente. A partir disso, realizou-se a vinculação da planta arquitetônica ao novo modelo, etapa fundamental para o desenvolvimento adequado do projeto hidrossanitário. Essa vinculação foi essencial, pois permitiu que os elementos hidráulicos e sanitários fossem posicionados de forma precisa, respeitando a estrutura, os compartimentos e a organização espacial da edificação.

Em seguida, realizou-se a conferência e o ajuste dos níveis do projeto, garantindo que os traçados das tubulações fossem corretamente alocados entre os pavimentos e respeitando-se os desníveis necessários para o escoamento. Com os níveis ajustados, procedeu-se ao lançamento dos componentes hidráulicos, como ramais de distribuição, colunas, registros, conexões e aparelhos sanitários, utilizando as ferramentas paramétricas do software.

O Revit permite ainda a visualização tridimensional dos sistemas, o que facilita a detecção de interferências com outros elementos (como estrutural ou elétrica) e contribui para a precisão do projeto. A Figura 6 ilustra esse processo de configuração de níveis e traçado das tubulações no ambiente BIM.

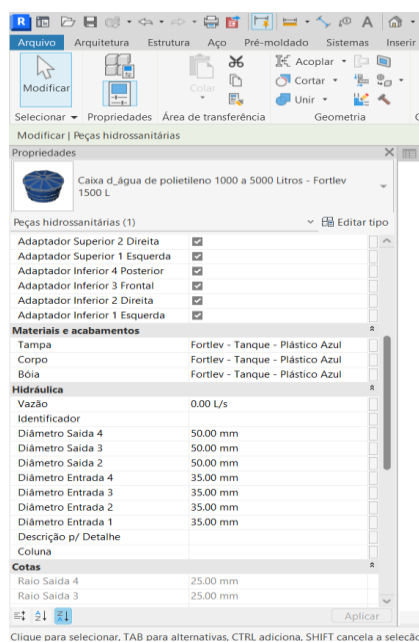
Figura 6: Níveis



Fonte: Elaboração própria (2025).

Os sistemas hidráulico e sanitário, inseridos no contexto do Revit MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), são constituídos por itens que são adicionados por meio de famílias. Essas famílias são elementos paramétricos que fazem parte do modelo BIM, sendo responsáveis por representar os componentes construtivos utilizados no projeto, desde objetos simples, como caixa de água e torneiras até sistemas complexos, como tubulações, aparelhos sanitários, portas e janelas. No ambiente MEP, as famílias funcionam como blocos inteligentes e configuráveis, possuindo propriedades físicas, geométricas e funcionais. Elas podem ser ajustadas conforme os parâmetros definidos pelo projetista. Tais parâmetros controlam aspectos como dimensões, materiais, conexões, identificações e o comportamento no modelo, conforme apresentado na Figura 7, os quais representam as propriedade de uma família usada no projeto.

Figura 7: Propriedade de Família de caixa d'água



Fonte: Elaboração própria (2025).

Vale ressaltar que a viabilização do Modelo de Informação do Projeto (PIM) e do Modelo de Informação do Ativo (AIM) é fundamental, pois ambos consistem em conjuntos estruturados de dados que apoiam a tomada de decisões ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção e construção até a operação e manutenção. À medida que as etapas evoluem, esses modelos tendem a se tornar mais completos, consolidando-se como ferramentas essenciais para a gestão eficiente do ativo (ABNT, 2020).

3.1.1.1 Dimensionamento de projeto hidráulico

O dimensionamento do projeto hidráulico constitui uma das etapas fundamentais no desenvolvimento do sistema hidrossanitário, sendo responsável por garantir a eficiência do abastecimento de água, o desempenho hidráulico das tubulações e a conformidade com os requisitos normativos conforme detalhado anteriormente. Nesta fase, foram considerados os parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas vigentes, especialmente a NBR 5626:2020, que apresenta recomendações para o desenvolvimento do projeto de instalações prediais de água fria e quente.

O processo de construção do projeto hidráulico, no caso estudado, foi realizado com o auxílio do software Autodesk Revit, tendo como base as plantas arquitetônicas e as informações referentes à rede coletora da residência. Paralelamente ao uso do software, foram elaborados o memorial descritivo e o memorial de cálculo, com o suporte de planilhas pré-formatadas em Excel, utilizadas para determinar os diâmetros das tubulações e as pressões de serviço em cada trecho da rede. Os cálculos seguiram os critérios estabelecidos pelas normas

técnicas, de modo a garantir que as pressões e velocidades estivessem dentro dos limites recomendados, assegurando o desempenho adequado da instalação.

3.1.1.1.1 Consumo de utilização

O consumo do sistema de abastecimento foi projetado de forma indireta, por meio de um reservatório alimentado pela rede da concessionária. A capacidade do sistema foi estimada com base na quantidade de pessoas por dormitório e, conforme verificado no projeto, determinou-se que uma capacidade de 1000 litros obtido conforme é verificado na Equação 1.

3.1.1.1.2 Pressões máximas e mínimas

Na etapa de verificação do dimensionamento da rede predial, foram analisadas as pressões máximas e mínimas conforme estabelecido pelo memorial descritivo e pela NBR 5626/2020. De acordo com o documento, toda a rede foi dimensionada de maneira a garantir que, mesmo com o uso simultâneo possível de dois ou mais pontos de utilização, a vazão de projeto seja plenamente atendida. Além disso, foi assegurado que a pressão da água, em regime dinâmico, não seja inferior a 10Kpa (1,0 m. c. a.), e em regime estático não ultrapasse 400KPa (40,0 m.c.a), conforme os limites estabelecidos para o adequado funcionamento dos aparelhos e a segurança da instalação.

As definições das pressões foram retiradas por meio das alturas estabelecidas (desnível geométrico) conforme os traçados dos projetos sendo cada trecho verificado com o auxílio de planilhas que consideram as perdas de carga, a velocidade e a vazão.

3.1.1.1.3 Perda de carga e velocidade

Para o desenvolvimento do projeto, a análise da perda de carga foi realizada com base na perda de carga unitária, considerando a vazão estimada do sistema e o diâmetro interno da tubulação. Foram aplicadas equações práticas da hidráulica, como fórmula de Hazen Williams adequada para escoamento de água em regime permanente em tubulações pressurizadas, além da equação de Darcy-Weisbach quando necessário, para maior precisão em trechos com características específicas. Essas equações permitem avaliar a resistência ao escoamento ao longo do comprimento da tubulação. A perda de carga unitária, expressada em metros por metro (m/m), permite facilitar o dimensionamento adequado dos condutores e assegura o desempenho hidráulico necessário para o funcionamento eficiente da rede.

3.1.1.2 Dimensionamento de projeto sanitário

O dimensionamento do sistema sanitário foi executado com base nos parâmetros normativos, assegurando a conformidade com os critérios técnicos de segurança e

desempenho. As análises abrangeram a determinação das áreas de contribuição, a seleção adequada dos materiais, o cálculo das vazões de projeto, a definição das inclinações mínimas necessárias e a especificação dos diâmetros das tubulações, conforme os requisitos estabelecidos nas normas técnicas aplicáveis.

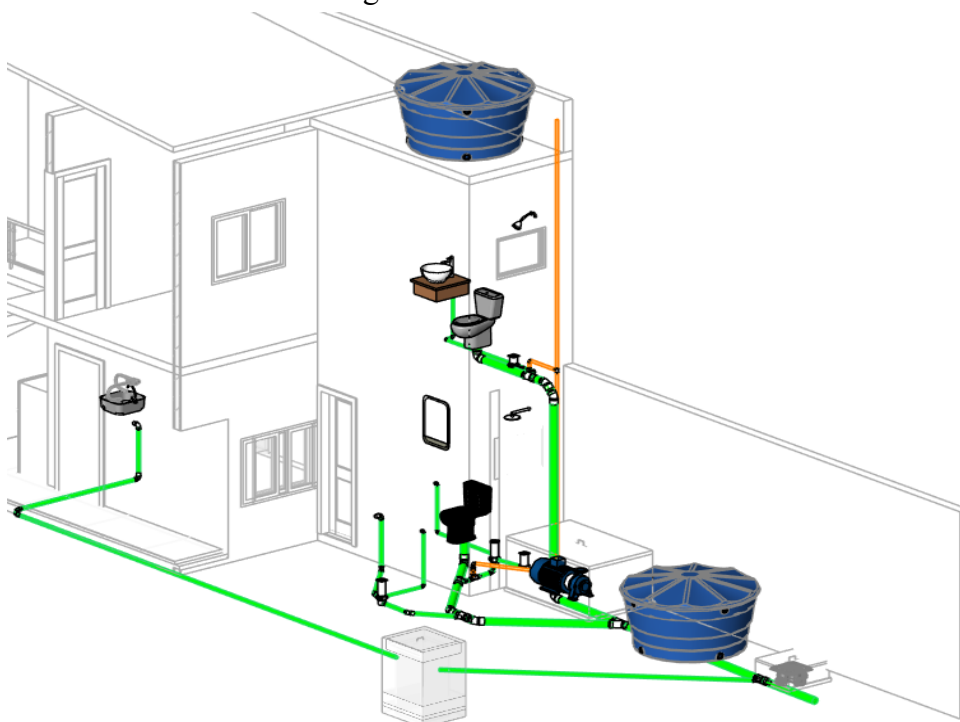
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto hidrossanitário, modelado pelo software Autodesk Revit. As instalações hidráulicas e sanitárias foram realizadas com base nas plantas arquitetônicas fornecidas pelo cliente, respeitando os critérios estabelecidos pelas normas técnicas vigentes à época da execução, especialmente a NBR 5626:2020 (instalações prediais de água fria) e a NBR 8160:1999 (sistemas prediais de esgoto sanitários).

Para o dimensionamento do sistema de abastecimento de água, foram utilizadas planilhas eletrônicas desenvolvidas em Microsoft Excel, que consideraram parâmetros como vazões de projeto, perda de carga, pressão mínimas e fatores de simultaneidade, conforme exigido por norma. Já o projeto sanitário, foi feito traçado completo das tubulações de esgoto e de ventilação, também com base nas plantas arquitetônicas, sendo aplicados termos técnicos e recomendações extraídas da NBR 8160 para a definição de declividades, pontos de inspeção, conexões e posicionamento dos ramais.

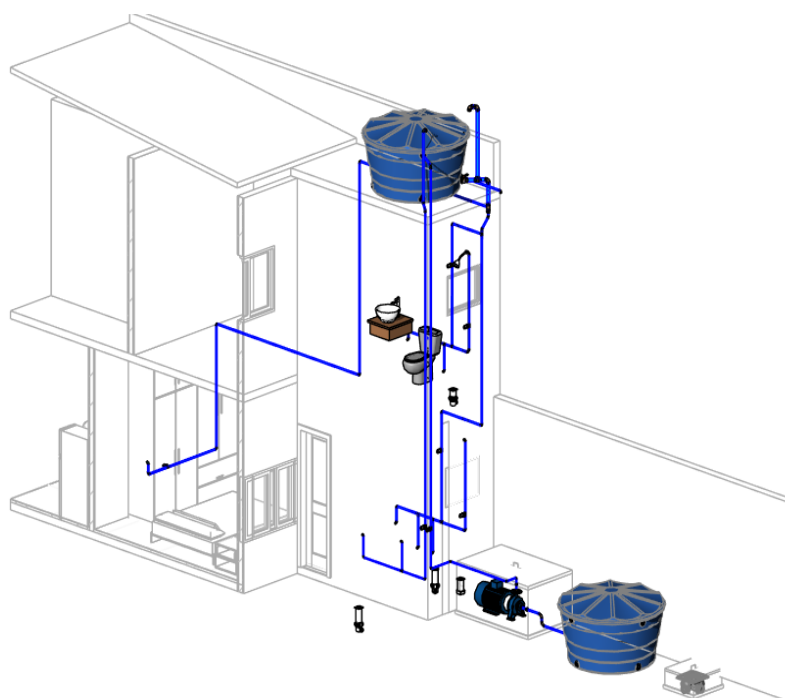
Nas Figuras 8, 9 e 10 apresentam os elementos modelados em ambas as disciplinas, os critérios adotados para os dimensionamentos, e as adaptações realizadas durante o processo de compatibilização dos sistemas. Destaca-se, ainda, os benefícios da modelagem tridimensional no Revit, especialmente na identificação de interferências e visualização precisa dos componentes.

Figura 8: Sistema sanitário



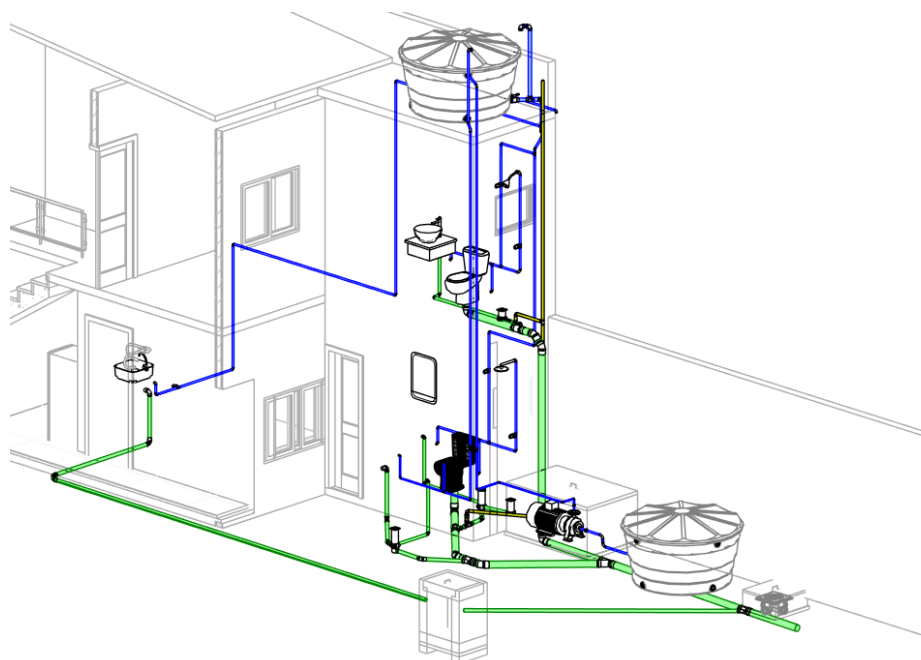
Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 9: Representação gráfica do sistema hidráulico



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 10: Representação gráfica da Compatibilização dos sistemas hidráulicos e Sanitários



Fonte: Elaboração própria (2025).

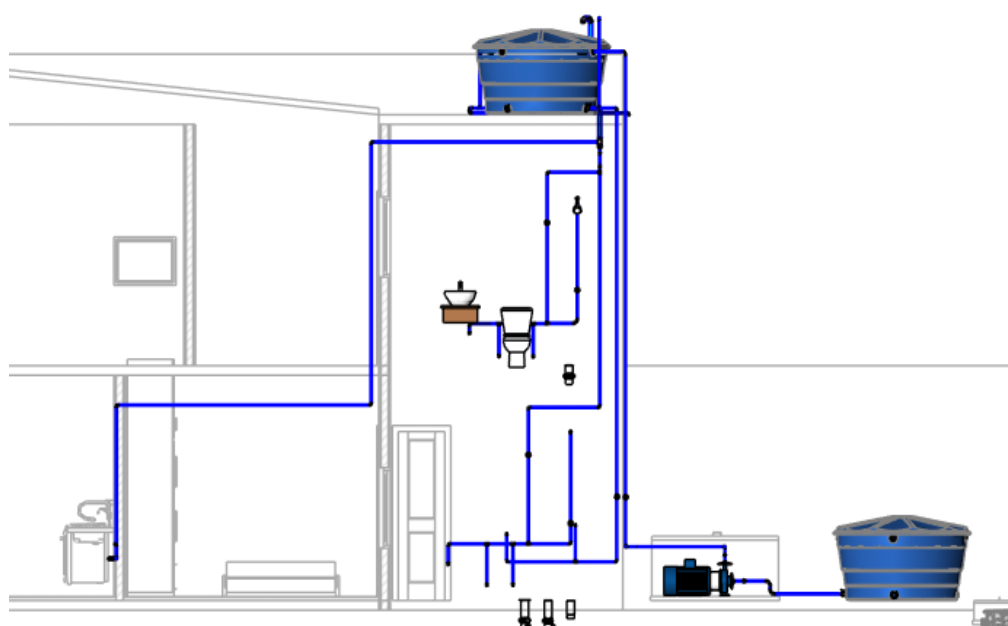
4.1. Projeto hidráulico

Com base nas informações extraídas das plantas arquitetônicas, do memorial descritivo e da modelagem realizada no software Revit, foi possível desenvolver e analisar o sistema hidráulico da edificação. Esta etapa teve como objetivo avaliar a adequação do projeto aos critérios normativos estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras, como a NBR 5626:2020, que trata das instalações prediais de água fria e água quente, entre outras aplicáveis.

A seguir, são apresentados os resultados obtidos, com destaque para o dimensionamento das tubulações, posicionamento de peças hidráulicas, vazões adotadas, pressões mínimas e máximas, bem como a análise da eficiência e viabilidade do sistema projetado.

A primeira parte da concepção dos projetos foi na determinação dos pontos de abastecimento seguindo com o traçado das colunas d'água, conforme mostra a Figura 11:

Figura 11: Representação gráfica da concepção do sistema hidráulico

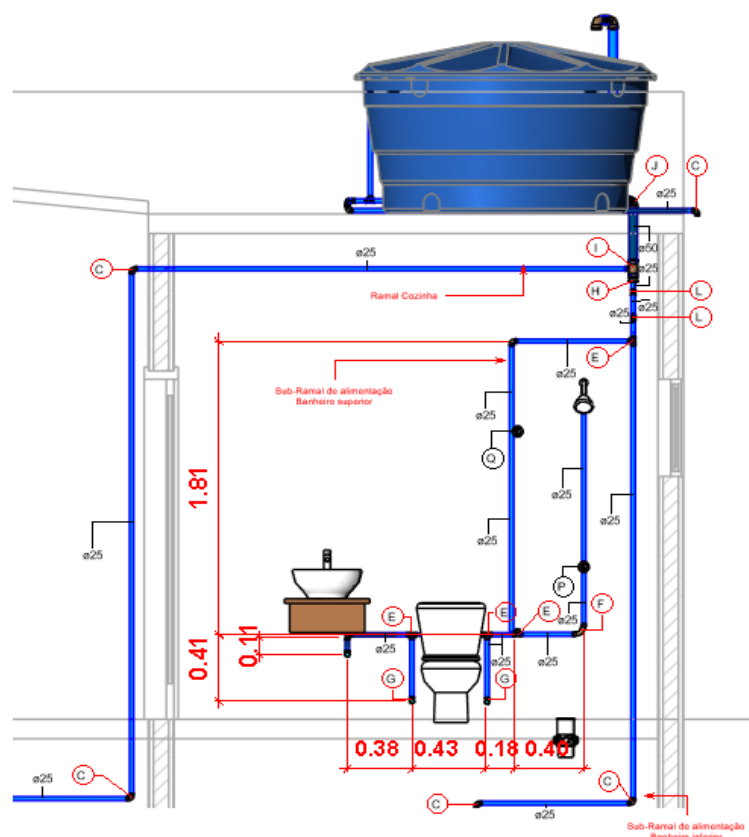


Fonte: Elaboração própria (2025).

Com o auxílio de planilhas eletrônicas foram dimensionados os ramais de distribuição conforme cada área de abastecimento sendo eles: banheiro 1 (superior), banheiro 2 (térreo), cozinha, lavanderia e barrilete. O dimensionamento foi realizado com base na estimativa de vazão, considerando o número de pontos de utilização e a aplicação das Unidades Hunter de Contribuição (UHC), conforme recomendado pela NBR 5626:2020. A partir da soma das UHCs, obteve-se o consumo total provável para cada trecho, permitindo a escolha adequada do diâmetro interno das tubulações. Esses mesmos critérios foram replicados para as demais áreas do sistema, assegurando a uniformidade e eficiência do dimensionamento hidráulico.

A primeira área analisada foi o banheiro 1 (andar superior), conforme identificado na Figura 12:

Figura 12: Sistema hidráulico banheiro 1 (superior)



Fonte: Elaboração própria (2025).

A área do banheiro 1 foi dividida em trechos, conforme mostra a Tabela 12, a fim de permitir um dimensionamento detalhado dos ramais de distribuição, considerando as variações de vazão, comprimento e desnível ao longo do percurso até os pontos de utilização, permitindo maior precisão no cálculo das perdas de carga e verificação das pressões disponíveis.

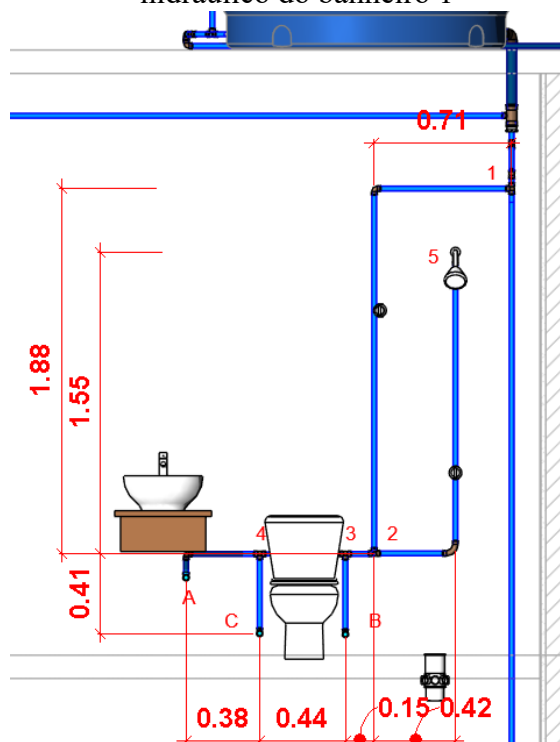
Tabela 12: Dimensionamento banheiro 1 (superior)

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Velocidade limite (m/s)	Comprimento			Perda de carga (mca/m)		Desnível Geométrico (m)	Montante	Jusante	Necessária
						Real	Equiv.	Total	Unit.	Total				
2-1	1,80	0,40	21,60	1,10	2,06	2,52	6,50	9,02	0,083	0,745	1,85	1,55	2,65	1,00
2-5	0,40	0,19	21,60	0,52	2,06	1,95	3,90	5,85	0,022	0,130	-1,50	2,65	1,02	1,00
3-2	1,40	0,35	21,60	0,97	2,06	0,18	4,80	4,98	0,066	0,330	0,00	2,65	2,32	1,00
4-3	1,10	0,31	21,60	0,86	2,06	0,44	4,80	5,24	0,054	0,281	0,00	2,61	2,32	1,00
4-A	0,70	0,25	21,60	0,68	2,06	0,49	2,20	2,69	0,036	0,097	0,11	2,42	2,43	1,00

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

A coluna 1, é a identificação dos trechos (1-2, 2-5, 3-2, 4-3, 4-A) de dimensionamentos, que foram definidos no banheiro 1, conforme mostra a numeração presente na Figura 13:

Figura 13: Representação gráfica dos trechos definidos para o dimensionamento de hidráulico do banheiro 1



Fonte: Elaboração própria (2025).

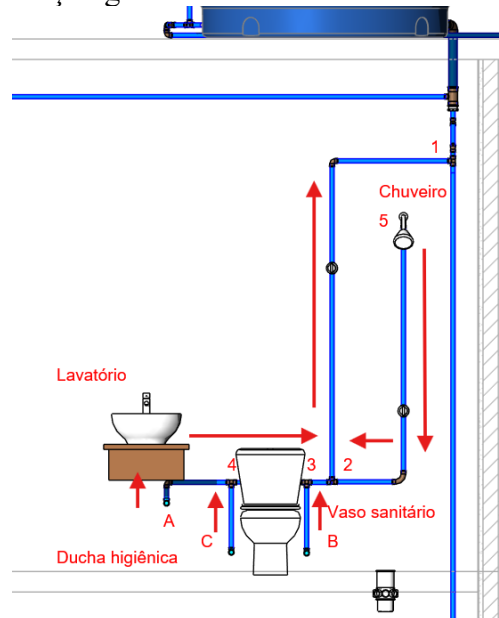
A segunda coluna define os pesos relativos, responsáveis por representar o impacto das contribuições hidráulicas de cada aparelho definido no trecho de análise, como mostra na Tabela 6. Esses valores são fundamentais para o dimensionamento, pois permite converter a quantidade e o tipo de aparelhos em uma unidade de medida padronizada (UHC), pois facilita a estimativa da vazão provável em cada segmento da tubulação. Essa metodologia é amplamente aplicada em instalações hidráulicas prediais por empregar fatores que associam a contribuição individual de cada aparelho à demanda simultânea. Embora a NBR 5626:2020 não use explicitamente os termos “pesos relativos”, ela exige que o dimensionamento considere o perfil de uso, incluindo vazões máximas e médias, perdas de carga e pressões mínimas admissíveis nos pontos de consumo e que, em cenários simultâneos, a redução de pressão dinâmica não ultrapasse limites (por exemplo, 10 %) estabelecidos na norma.

Os trechos selecionados para a análise das pressões foram definidos com base nos aparelhos sanitários atendidos pelos sub-ramais do Banheiro 1, localizado no pavimento superior. A Figura 14 ilustra o sentido do fluxo hidráulico, indicado pelas setas vermelhas, que orientam a sequência adotada na análise.

Foi aplicado o método do somatório, o qual consiste em uma abordagem progressiva de cálculo, partindo dos pontos de consumo mais distantes (lavatório, ducha higiênica e vaso

sanitário) e avançando até o ponto de alimentação principal da coluna de distribuição (Trecho 1). Esse método permite o acúmulo das vazões ao longo dos trechos, garantindo o dimensionamento adequado das pressões em todo o percurso e assegurando o funcionamento eficiente dos aparelhos hidráulicos, mesmo nos pontos finais da rede.

Figura 14: Representação gráfica -sentido acumulativo dos pesos no Sistema



Fonte: Elaboração própria (2025).

Dessa forma, o dimensionamento dos condutores deve ser realizados pelo método do somatório de pesos relativos de utilização, de forma acumulativa, partindo-se dos trechos terminais em direção à alimentação principal. Logo o trecho 2-1 acumula os pesos provenientes dos trechos 4-A, 4-3, 3-2 e 2-5, conforme indicado o valor da Tabela 12. Essa abordagem garante que o dimensionamento considere a demanda total do sistema a montante, assegurando o atendimento da pressão mínima nos pontos de consumo e a eficiência hidráulica da instalação.

Para a terceira coluna da Tabela 12, a vazão foi determinada com base no somatório dos Pesos Relativos de Utilização (PRU), para o método do somatório, foi utilizada a fórmula da vazão, presente na Tabela 5.

Os diâmetros das tubulações foram fixados pelo projetista durante o traçado do projeto hidráulico, sendo adotado o diâmetro nominal de 25 mm para todos os sub-ramais do banheiro. O material escolhido foi tubo de PVC rígido da linha soldável, amplamente utilizado em instalações prediais de água fria devido à sua durabilidade, facilidade de instalação e compatibilidade com normas técnicas.

Para o cálculo das velocidades nos trechos, considerou-se o diâmetro interno real de 21,4 mm, conforme especificações técnicas do fabricante, presentes na Tabela 13, para

tubulações de 25 mm de diâmetro nominal. Essa diferença entre o diâmetro nominal e o diâmetro interno efetivo é comum em tubulações de PVC, sendo essencial levá-la em conta para garantir precisão nos cálculos hidráulicos.

Tabela 13: Dimensões dos tubos de PVC rígido – linha soldável

D REF (pol)	DN (mm)	DE (mm)	DI (mm)	e (mm)
1/2	20	20	17	1,5
3/4	25	25	21,4	1,8
1	32	32	27,8	2,1
1 1/4	40	40	35,2	2,4
1 1/2	50	50	44	3
2	60	60	53	3,5
2 1/2	75	75	66,6	4,2
3	85	85	75,6	4,7
4	110	110	97,8	6,1
D REF - diâmetro de referência			DN - diâmetro nominal	
DE - diâmetro externo			DI - diâmetro interno	
e - espessura da parede do tubo				

Fonte: Elaboração própria com base em dados de catálogos técnicos.

No entanto, observa-se que o valor adotado para os cálculos de velocidade em todos os trechos deste banheiro foi de 21,6 mm, enquanto o valor correto, conforme indicado na tabela de dimensões para tubulações de PVC rígido com diâmetro nominal de 25 mm, é de 21,4 mm. Essa diferença evidencia uma inconsistência na extração dos dados da tabela, indicando uma possível falha pontual na consulta ou inserção do dado. Vale destacar que essa divergência ocorreu apenas neste caso específico, visto que os demais dimensionamentos, realizados com outros diâmetros de tubulação, seguiram corretamente os valores de diâmetro interno conforme especificações técnicas. Essa inconsistência pode ser visualmente constatada na quarta coluna da Tabela 12.

Para a determinação da velocidade da água nos trechos analisados, utilizou-se a equação aplicada ao escoamento em condutores circulares, a qual relaciona a vazão com o diâmetro interno da tubulação.

A fórmula adotada considera os parâmetros em unidades práticas de uso técnico, sendo expressa por:

$$V = 4 \times 10^3 \times Q \times \pi^{-1} \times d^{-2} \quad (5)$$

V = velocidade da água (em metros por segundo – m/s);

Q = vazão (em litros por segundo – L/s);

D = diâmetro interno da tubulação (em milímetros – mm);

π = constante pi ($\approx 3,1416$).

Essa equação foi aplicada em cada trecho do sistema, utilizando os valores de vazão previamente calculados e os diâmetros internos conforme especificados pelo fabricante, garantindo precisão na análise das velocidades.

A velocidade limite indicada na quarta coluna da tabela tem como função verificar se a velocidade da água nas tubulações permanece dentro de valores tecnicamente aceitáveis, contribuindo para a preservação do sistema. De acordo com a NBR 5626:2020, item 6.8.3, as tubulações devem ser dimensionadas de forma a limitar a velocidade de escoamento, de modo que se evitem golpes de aríete com intensidades prejudiciais aos componentes.

Embora o limite de velocidade média de 3,0 m/s seja frequentemente adotado em projetos como referência, a própria norma destaca que esse valor não impede a ocorrência do golpe de aríete, mas sim ajuda a limitar a magnitude dos picos de sobrepressão. Essa prática também auxilia na redução de ruídos e no aumento da durabilidade das conexões, contribuindo para o desempenho geral e o conforto acústico do sistema.

Embora a equação empírica não esteja presente na versão atual da norma, ela foi empregada neste estudo como ferramenta complementar para verificar a compatibilidade entre o diâmetro interno das tubulações e as velocidades obtidas, seguindo critérios encontrados na literatura técnica. Assim na quinta coluna da Tabela 12, para encontrar a velocidade limite dos trechos, foi calculado conforme mostra a eq. 6.

$$V \leq 14\sqrt{DI} \quad (6)$$

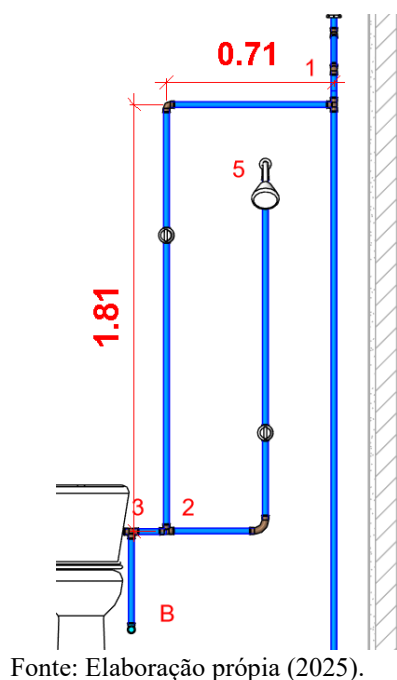
V – Velocidade da água dentro da tubulação, em m/s;

DI – Diâmetro interno da tubulação, em m.

Essa expressão permite ajustar o limite de velocidade de acordo com o diâmetro interno, fornecendo uma referência adicional para validação dos resultados hidráulicos, especialmente em situações em que o projeto exige maior rigor na análise de desempenho do sistema.

Para o dimensionamento hidráulico, são considerados dois tipos de comprimento: o comprimento real e o comprimento equivalente. O comprimento real corresponde à extensão linear do trecho de tubulação, medida entre dois pontos do sistema, sem considerar as perdas por singularidades. No exemplo do trecho 2-1, representado na Figura 15 é possível visualizar essa medida diretamente a partir do traçado do sistema.

Figura 15 – Representação Gráfica do Comprimento Real do Trecho 2-1



Fonte: Elaboração própria (2025).

Conforme apresentado na Tabela 12, o comprimento real do trecho 2-1 é obtido pela soma direta dos segmentos lineares que o compõem, totalizando 2,52 metros (1,81 m + 0,71 m). Esse procedimento foi adotado de forma sistemática para todos os trechos do dimensionamento hidráulico do banheiro.

Por sua vez, o comprimento equivalente considera as perdas de carga localizadas, representadas por conexões, curvas, válvulas e demais singularidades do sistema. Essas perdas são expressas sob a forma de um valor fictício de comprimento adicional, que busca equivaler a perda de energia causada por esses componentes àquela que ocorreria em um trecho reto da tubulação (BRITO, 2005; BASTOS, 2012,).

Para o cálculo do comprimento equivalente de cada trecho, foram utilizados os valores de perda de carga localizada disponíveis na Tabela 14, com base em coeficientes estabelecidos pela literatura técnica e compatíveis com os materiais e diâmetros adotados no projeto.

Tabela 14: Perdas de carga localizada

DE (mm)	DI (mm)	Joelho 90º	Joelho 45º	Curva 90º	Curva 45º	Tê 90º Passag em Direita	Tê 90º Saída de lado	Tê 90º Saída Bilatera l	Entrad a Norm al	Entrad a de Borda	Saída de Canali zação	Válvul a de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Regist ro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	17	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	21,6	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	27,8	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15	0,3	8,4
40	35,2	2	1	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22	0,4	10,5

Continuação Tabela 12

50	44	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17
60	53,4	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	66,6	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25	8,2	12,5	38	0,9	19
85	75,6	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8	8	2	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40	0,9	20
110	97,8	4,3	1,9	1,6	1	2,6	8,3	8,3	2,2	4	3,9	28,6	10,4	16	42,3	1	22,1

Fonte: Adaptado de AUE SOFTWARE (2023),

A perda de carga, apresentada na décima coluna da Tabela 12, foi calculada com base em uma equação empírica aplicada a tubulações de PVC soldável em regime de escoamento turbulento. Essa equação é uma adaptação da fórmula de Darcy-Weisbach, com parâmetros ajustados para aplicações prediais. A fórmula utilizada foi:

Em que:

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (7)$$

J: Perda de carga unitária, em m/m (metros de coluna d'água por metro de tubulação). É quanto de pressão a água perde a cada metro de tubo.

Q: Vazão em litros por segundo (L/s). Representa a quantidade de água que está passando.

d: Diâmetro interno do tubo, em milímetros (mm). Quanto maior o diâmetro, menor a perda de carga (menos atrito).

Essa equação foi desenvolvida para simplificar os cálculos em projetos prediais de água fria, substituindo a aplicação direta das fórmulas de Darcy-Weisbach ou Hazen-Williams, e incorporando os fatores de perda de carga linear e localizada em uma única expressão prática, conforme discutido por Miranda et al. (2019), que evidenciam a consolidação desses parâmetros em fórmulas ajustadas à realidade de sistemas prediais.

O cálculo que permite determinar a perda de carga unitária do trecho 2-1, é demonstrado na Tabela 13, representada por uma planilha eletrônica em excel, são detalhados todos os parâmetros utilizados no dimensionamento, como o comprimento equivalente, o diâmetro interno da tubulação, o coeficiente de atrito e a vazão de projeto. A perda de carga total é obtida pela multiplicação da perda unitária pelo comprimento equivalente do respectivo trecho, conforme determinado na etapa anterior de dimensionamento.

Tabela 15: Cálculo para a Perda de Carga Unitária no trecho 2-1

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Velocidade limite (m/s)	Comprimento			Perda de carga (mca/m)	
						(m)			Unit.	Total
						Real	Equiv.	Total		
2-1	1,80	0,40	21,60	1,10	2,06	2,52	6,50	9,02	0,083	0,745

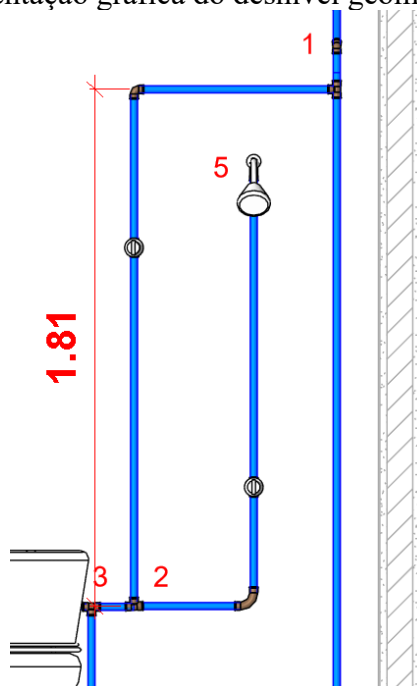
Fonte: Elaboração própria (2025).

Os resultados da perda de carga unitária já consideram a aplicação do fator de conversão (0,10197442889221) multiplicado ao resultado, comumente utilizado para transformar unidades no cálculo de perda de carga em sistemas hidráulicos prediais. Para o trecho 2-1, adotou-se uma vazão de 0,4 L/s e um diâmetro interno da tubulação de 21,6 mm. Assim, a perda de carga linear resultante foi de 0,083 metros de coluna de água por metro (m.c.a/m), conforme metodologia descrita por Barral (2023) e fundamentada nos princípios da equação de Darcy-Weisbach, adaptada para aplicações práticas. E para a obtenção da perda de carga total, foi adotado o procedimento de multiplicar a perda de carga unitária pelo comprimento total de cada trecho.

O desnível geométrico, também denominado diferença de cota, refere-se à variação vertical entre dois pontos ao longo do percurso do escoamento. Valores positivos indicam um escoamento descendente, ou seja, a favor da gravidade, enquanto valores negativos indicam um escoamento ascendente, contrário à ação gravitacional. No trecho 2-1, conforme especificado na Tabela 12, observa-se que para o trecho em questão (2-1) a distância vertical considerada é de 1,85 metros, sendo esta a única variação altimétrica presente no referido trecho.

Observa-se que o valor de 1,85 metros, apresentado na Tabela 12 como desnível geométrico do trecho 2-1, difere do valor obtido na modelagem final no software Revit, conforme ilustrado na Figura 16, que registra um desnível de 1,81 metros. Essa divergência pode estar associada a ajustes geométricos ou ao nível de precisão adotado durante a modelagem tridimensional.

Figura 16: Representação gráfica do desnível geométrico da modelagem

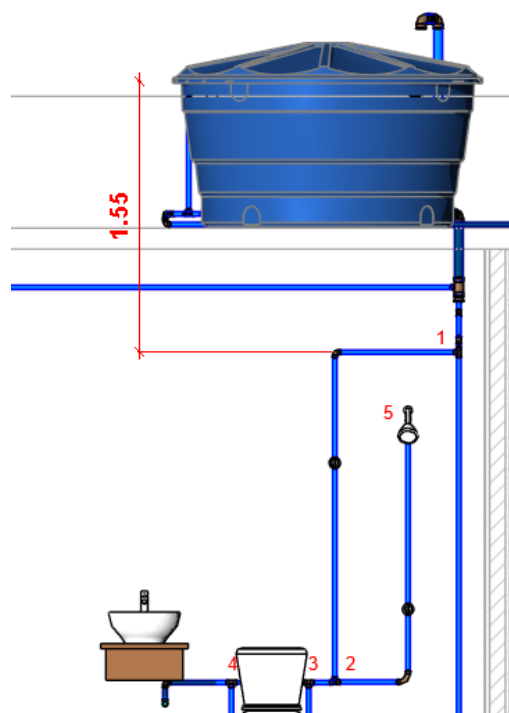


Fonte: Elaboração própria (2025).

Quando se adota, no cálculo, um valor de desnível geométrico superior ao real como no caso do trecho 2-1, em que foi considerado 1,85m ao invés de 1,81m, ocorre uma superestimação da contribuição da pressão estática gerada pela gravidade. Isso significa que a pressão disponível no ponto de consumo será, na prática, ligeiramente maior do que a prevista no dimensionamento. Embora a diferença seja pequena, esse tipo de variação pode influenciar a precisão do cálculo, especialmente em sistemas com pouca margem de pressão ou em trechos mais extensos e principalmente em uso simultâneo com outros aparelhos. Portanto, utilizar o valor real do desnível é fundamental para garantir maior fidelidade ao desempenho hidráulico previsto.

O cálculo das pressões no trecho 2-1 tem início a partir da altura do nível máximo da caixa d'água, considerada como o ponto de montante no dimensionamento. A representação dessa condição pode ser observada na Figura 17.

Figura 17: Representação gráfica de montante do trecho 2-1



Fonte: Elaboração própria (2025).

Para o cálculo das pressões – montante e jusante – conforme apresentado na Tabela 16, foi analisado o trecho 2-5, responsável pela alimentação do chuveiro, por se tratar do ponto mais crítico do sistema, exigindo a maior pressão mínima entre os aparelhos sanitários. Para a determinação da pressão a montante desse trecho, considerou-se a pressão a jusante do trecho anterior (2-1), cujo valor é 2,65 m.c.a. A pressão a jusante do trecho 2-5, por sua vez, foi calculada somando-se o desnível geométrico e subtraindo-se a perda de carga total do trecho, resultando em 1,02 m.c.a. Esse valor representa a pressão disponível no ponto de alimentação do chuveiro e permite verificar se atende aos requisitos mínimos exigidos para seu funcionamento adequado. Ressalta-se ainda que a escolha desse trecho para análise se justifica por estar próximo ao ponto de consumo final e ser decisivo, hidraulicamente para o desempenho do sistema.

Tabela 16: Parâmetros hidráulicos de jusante do trecho 2-5

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Velocidade limite (m/s)	Comprimento (m)			Perda de carga (mca/m)		Desnível Geométrico (m)	Montante (mca)	Jusante (mca)
						Real	Equiv.	Total	Unit.	Total			
2-1	1,80	0,40	21,60	1,10	2,06	2,52	6,50	9,02	0,083	0,745	1,85	1,55	2,65
2-5	0,40	0,19	21,60	0,52	2,06	1,95	3,90	5,85	0,022	0,130	-1,50	2,65	1,02

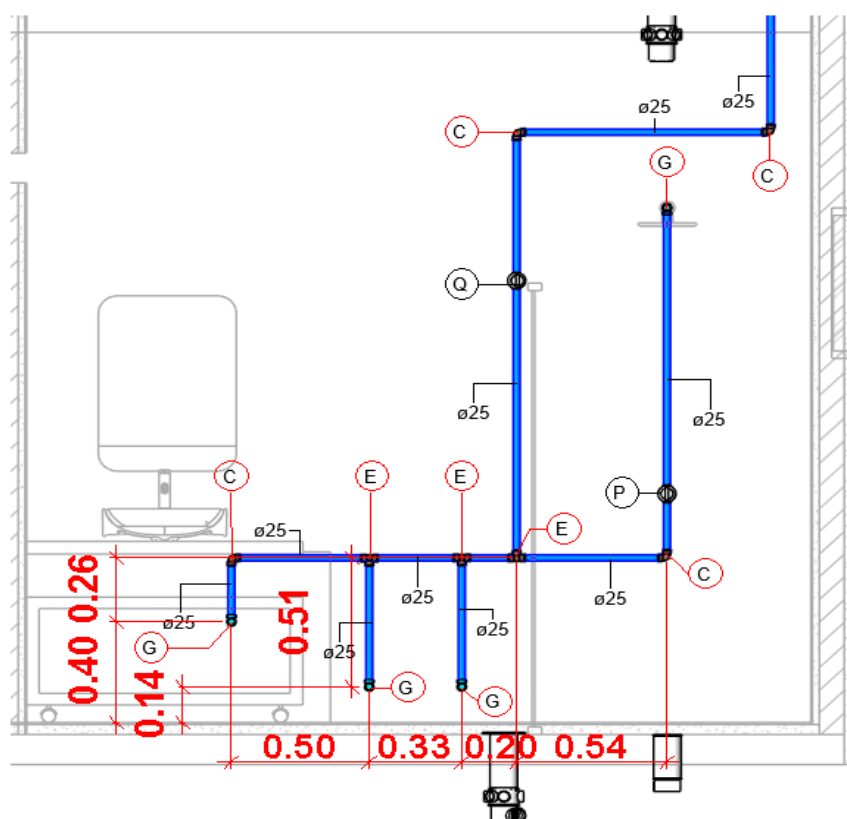
Fonte: Autorial, 2025.

Cabe lembrar que o valor do desnível geométrico negativo no trecho 2-5 indica que o fluxo ocorre no sentido contrário à força da gravidade. Ou seja, a distância é de -1,5 metros, pois há uma elevação até o ponto de consumo, o chuveiro, que é o ponto de análise da pressão para o cálculo. Assim, conclui-se que a pressão disponível no local é de 1,02 metro de coluna de água, sendo, portanto, necessário utilizar um chuveiro cuja pressão mínima de funcionamento esteja compatível com esse valor. Na prática, como essa pressão corresponde ao valor mínimo exigido pela NBR 5626:2020 para pontos de utilização, os chuveiros fabricados e comercializados no mercado, de acordo com as normas de qualidade de produtos, já são projetados para operar adequadamente nessas condições.

- Banheiro 2:

O segundo dimensionamento foi para o banheiro 2 (inferior), identificado na Figura 18 por:

Figura 18: Representação gráfica do Banheiro 2 para o dimensionamento (Térreo)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Observa-se que a distribuição dos sub-ramais seguiu o mesmo traçado adotado no banheiro superior, com todos os diâmetros fixados pelo projetista em 25 mm. Essa escolha considerou a análise dos parâmetros de vazão, velocidade e pressão nos pontos de utilização. A Tabela 17 apresenta os resultados do dimensionamento para todos os trechos do banheiro térreo.

Tabela 17: Dimensionamento do banheiro Térreo

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diâmetr o (mm)	Veloci dade (m/s)	Velocid ade limite (m/s)	Comprimento		Perda de carga (mca/m)			Desní vel Geom étric o (m)	Montant e	Jusant e	Necessária
						(m)								
						Real	Equiv.	Total	Unit.	Total				
2-1	1,80	0,40	21,60	1,10	2,06	2,59	5,00	7,59	0,083	0,627	1,70	4,63	5,70	1,00
2-5	0,40	0,19	21,60	0,52	2,06	1,94	4,60	6,54	0,022	0,145	-1,40	5,70	4,16	1,00
3-2	1,40	0,35	21,60	0,97	2,06	0,20	4,80	5,00	0,066	0,332	0,00	5,70	5,37	1,00
4 - 3	1,10	0,31	21,60	0,86	2,06	0,33	4,60	4,93	0,054	0,265	0,00	5,64	5,37	1,00
4-A	0,70	0,25	21,60	0,68	2,06	0,76	2,20	2,96	0,036	0,107	0,26	5,48	5,63	1,00

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

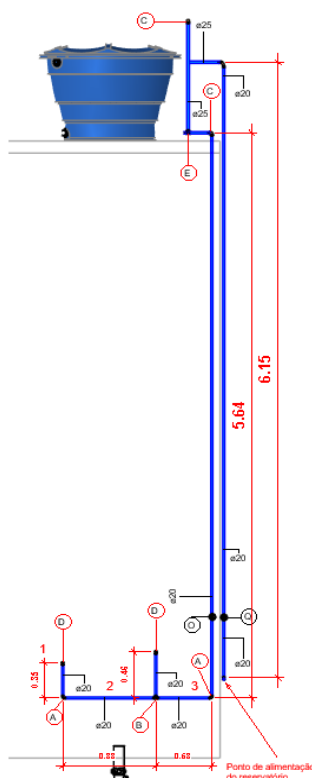
Como é possível observar, os valores dos diâmetros internos apresentaram a mesma falha de dimensionamento observada no banheiro superior, em que o diâmetro interno deveria ser 21,4 mm e não 21,6 mm. No entanto, essa diferença não altera significativamente os valores das pressões mínimas, que ainda se mantêm elevados. Isso evidencia que o sistema mantém níveis de pressão compatíveis com os requisitos mínimos, inclusive para os pontos de utilização que demandam maior pressão. Observa-se também que o desnível geométrico entre a caixa d'água e o banheiro inferior contribui para manter uma pressão satisfatória nos pontos de consumo, tornando o dimensionamento adequado.

Todos os parâmetros de peso, vazão, velocidade, velocidade limite, comprimentos, perdas de carga, desnível geométrico, montante e jusante foram dimensionados de acordo com o que foi apresentado para o banheiro 1.

- Lavanderia:

O dimensionamento da lavanderia foi o terceiro a ser analisado, e a Figura 19, especifica a área de distribuição dos ramais.

Figura 19: Representação gráfica - área da lavanderia



Fonte: Elaboração própria (2025).

O dimensionamento do sistema de abastecimento da lavanderia envolveu a análise de apenas dois trechos. O projetista adotou tubulações com diâmetro nominal de 20 mm, cujo diâmetro interno correspondente é de 17 mm. No entanto, não foi prevista a utilização de uma bucha de redução para compatibilização com os equipamentos instalados. Diferentemente do que ocorreu em outras áreas, não foram identificadas falhas na extração dos dados necessários para o dimensionamento. Ainda assim, observa-se a ausência da especificação de determinados acessórios importantes para a instalação, como a própria bucha de redução. A área da lavanderia conta com dois pontos de consumo: um para o abastecimento do tanque e outro destinado à máquina de lavar. A Tabela 18 apresenta o dimensionamento dos respectivos trechos.

Tabela 18: Dimensionamento da lavanderia

Tabela 10.2 - Dimensionamento da lavadora														
Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diâmet ro (mm)	Veloci dade (m/s)	Velocid ade limite (m/s)	Comprimento			Perda de carga (mca/m)		Desní vel Geom étrico (m)	Monta nte	Jusant e	Neces sária
						(m)								
						Real	Equiv.	Total	Unit.	Total				
2-1	0,70	0,25	17,00	1,11	1,83	1,23	2,20	3,43	0,113	0,387	-0,46	6,49	5,64	1,00
3-2	1,10	0,31	17,00	1,39	1,83	6,03	5,60	11,63	0,168	1,948	-0,35	5,64	3,34	1,00

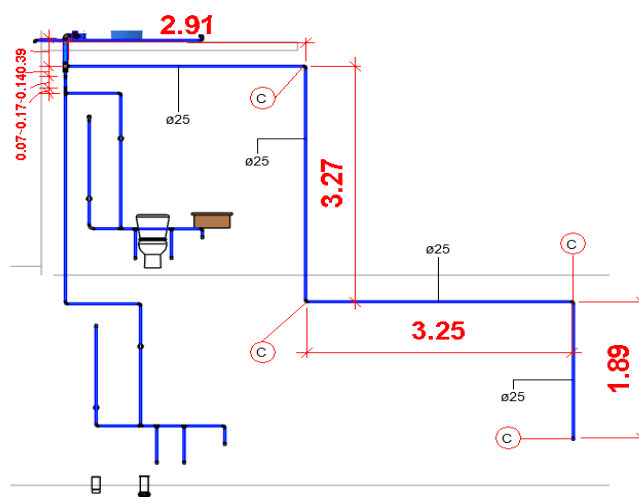
Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

Verifica-se que os valores de pressão disponíveis são adequados para o abastecimento dos pontos de consumo, com 5,64 mca em um trecho e 3,34 mca em outro. Tal desempenho é atribuído à altura do reservatório superior, que garante pressão satisfatória sem a necessidade de intervenções significativas nas tubulações ou no reposicionamento dos equipamentos. No entanto, a escolha do diâmetro de 20mm está em um valor abaixo para o sub-ramal, dessa maneira é necessário o uso de uma bucha de redução de 20mm para 25mm para a instalação dos equipamentos da lavanderia.

- Cozinha:

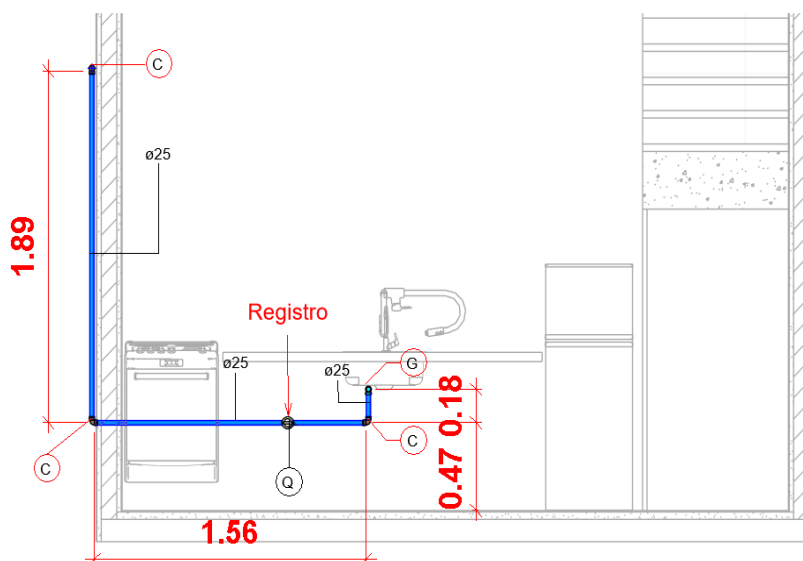
O dimensionamento seguinte foi a coluna de água da cozinha, como mostra a Figura 20 e Figura 21:

Figura 20: Representação gráfica do traçado de AF lateral da Cozinha



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 21- Representação gráfica dimensionamento AF Cozinha



Fonte: Elaboração própria (2025).

A Tabela 19 apresenta o dimensionamento dos parâmetros hidráulicos da cozinha:

Tabela 19:Dimensionamento da cozinha

Peso	Vazã o (l/s)	Diâmet ro (mm)	Velocida de (m/s)	Velocida de limite (m/s)	Comprimento			Perda de carga (mca/m)		Desnível Geométrico (m)	Montan te	Jusante	Necess ária
					(m)			Unit .	Tot al				
					Real	Equi v.	Tot al						
0,10	0,09	21,60	0,26	2,06	13,4 6	5,60	19,0 6	0,00 7	0,12 6	-0,18	6,49	6,18	1,00

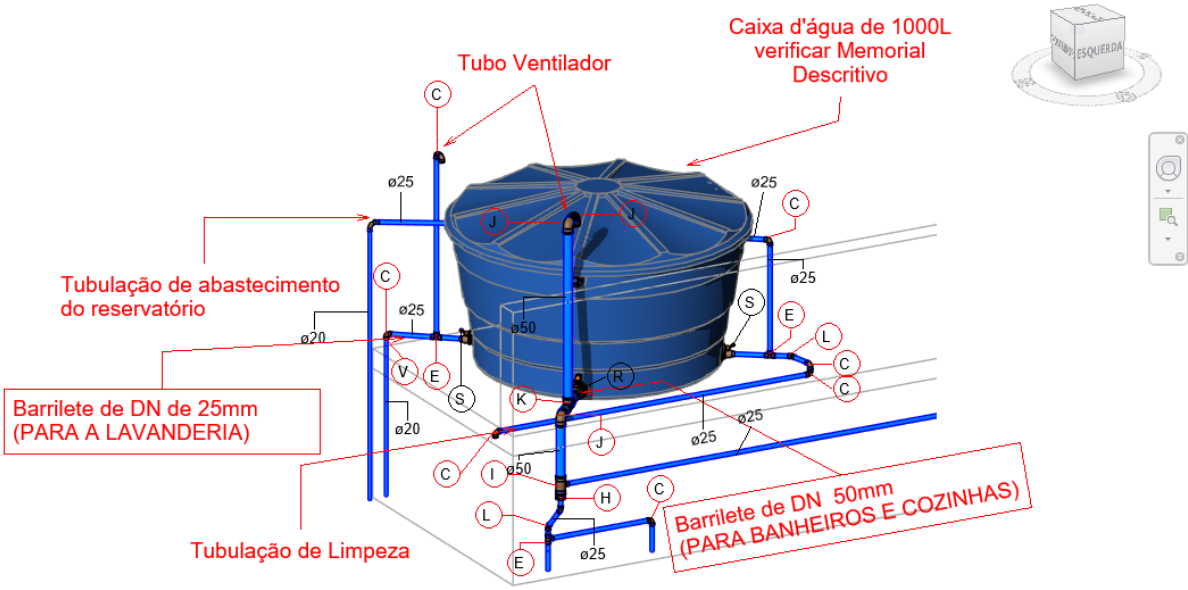
Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

De acordo com a análise da Tabela 19, verifica-se que a pressão obtida no dimensionamento foi superior a pressão mínima recomendada pela norma. Logo pode-se afirmar que os valores de pressões atendem ao uso de abastecimento no ponto hidráulico da cozinha.

- Barriletes:

A região do barrilete se divide em duas saídas, sendo uma que segue para os banheiros e outra para a cozinha e para a lavanderia, como mostra a Figura 22:

Figura 22: Representação gráfica área dos barriletes



Fonte: Elaboração própria (2025).

O dimensionamento procedeu a mesma forma que os demais dos dimensionamentos já apresentados anteriormente e as Tabela 20 e Tabela 21 apresentam os resultado dos parâmetros hidráulicos da distribuição.

Tabela 20: Dimensionamento barrilete – Saída 1 que alimenta banheiros e cozinha

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diâmet ro (mm)	Velocid ade (m/s)	Velocida de limite (m/s)	Comprimento			Perda de carga (mca/m)		Desnível Geométrico (m)	Mont ante	Jusan te	Neces sária
						(m)								
						Real	Equiv.	Total	Unit.	Total				
2-1	3,60	0,57	44	0,37	2,94	0,90	8,00	8,90	0,005	0,046	0,45	0,76	1,16	1,00

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

Tabela 21: Dimensionamento da barrilete - saída 2 que alimenta a lavanderia

Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diâmet ro (mm)	Velocida de (m/s)	Veloci dade limite (m/s)	Comprimento			Perda de carga (mca/m)		Desnível Geométr ico (m)	Monta nte	Jusa nte	Necess ária
						(m)								
						Real	Equiv.	Tota l	Unit.	Total				
2-1	0,70	0,25	21,6	0,68	2,06	0,48	5,70	6,18	0,036	0,223	0,76	0,76	1,30	1,00

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

Verifica-se que as pressões na região do barrilete responsável pelo abastecimento da lavanderia apresentam-se mais elevadas, mantendo-se estáveis ao longo da distribuição hidráulica dessa área. Em contrapartida, no barrilete 2, destinado ao atendimento dos banheiros, observam-se pressões significativamente menores. Essa condição compromete o desempenho hidráulico, sobretudo no ponto mais crítico localizado no banheiro do pavimento superior, o que foi confirmado no processo de dimensionamento, conforme demonstrado na Tabela 21.

Com base no memorial descritivo disponibilizado na entrega do projeto, foi possível identificar os equipamentos previstos para uso na edificação. A partir dessa análise, pôde-se verificar a funcionalidade do sistema quanto ao abastecimento eficaz da residência, a Tabela 22 sintetiza os materiais especificados pelo projetista:

Tabela 22: Peças escolhidas para a execução

PEÇA	QUANTIDADE
Bacia com caixa acoplada Deca Vogue Plus Conforto cor branca	2
Chuveiro Com Tubo De Parede Deca Flex Cromado	2
Registro de Gaveta Base Deca	4
Deca Torneira com fechamento automático	2
Torneira Pia Cozinha Com Filtro Mesa	1

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

A definição dos materiais propostos é de fundamental importância, pois está diretamente relacionada à exequibilidade e ao desempenho do sistema hidráulico projetado. Observa-se, por exemplo, a escolha do chuveiro com tubo de parede Deca Flex cromado. No entanto, no ponto mais crítico do dimensionamento, o banheiro superior, a pressão mínima disponível (1,02 m.c.a.) está abaixo da recomendada pelo fabricante Deca, que é de 2,0 m.c.a.

De acordo com a NBR 5626:2020 (ABNT, 2020), os pontos de utilização devem atender a uma pressão mínima de serviço compatível com o funcionamento adequado dos aparelhos. No caso dos chuveiros, essa exigência é ainda mais relevante, visto que o desempenho está diretamente ligado à pressão fornecida. Diante disso, conclui-se que o chuveiro do pavimento superior não atende às exigências técnicas estabelecidas, o que evidencia uma falha no dimensionamento hidráulico para esse ponto específico, evidenciando uma incompatibilidade entre o dimensionamento e a especificação do equipamento.

4.1.2 Análise Normativa de Projeto Hidráulico

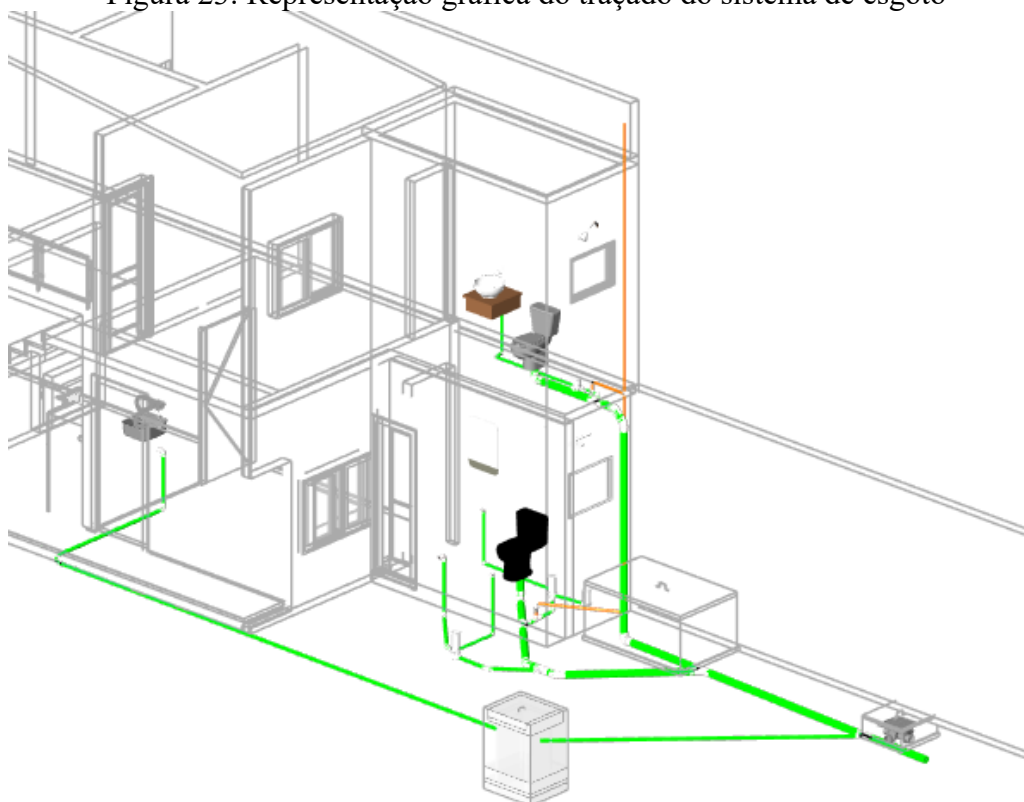
As tabelas de dimensionamento apresentam informações como vazões, velocidades, perdas de carga e desníveis geométricos, atendendo parcialmente às exigências estabelecidas pela ABNT NBR 5626:2020. Constatou-se que algumas verificações das vazões, de perdas de cargas e desníveis geométricos do projetos consideradas apresentam algumas nuances nas extrações de informações retiradas para análise, logo entende-se que houveram falhas para que análise do comportamento dos fluidos quanto as pressões mínimas e máximas nos pontos de uso, não assegurem uma definição real das condições de contorno do sistema. Portanto, embora a planilha represente uma ferramenta didática útil, para que seja utilizado adequadamente recomenda-se que o projetista tenha clareza do entendimento dos critérios e requisitos apresentados pela norma, bem como, conhecimento mínimo do dimensionamento dos parâmetros hidráulicos.

4.2. Projeto Sanitário

O dimensionamento do sistema de esgoto sanitário foi desenvolvido com base nos critérios estabelecidos pela NBR 8160:2020 Sistemas prediais de esgoto sanitário Projeto e execução. Essa análise tem como objetivo verificar a conformidade do projeto com os requisitos técnicos da norma, visando garantir o adequado funcionamento hidráulico do sistema, bem como a segurança, higiene, durabilidade e eficiência operacional da instalação.

A Figura 23, apresenta o sistema sanitário da residência, no qual é possível identificar os ramais de ventilação, componentes essenciais para o adequado funcionamento e desempenho hidráulico do sistema.

Figura 23: Representação gráfica do traçado do sistema de esgoto



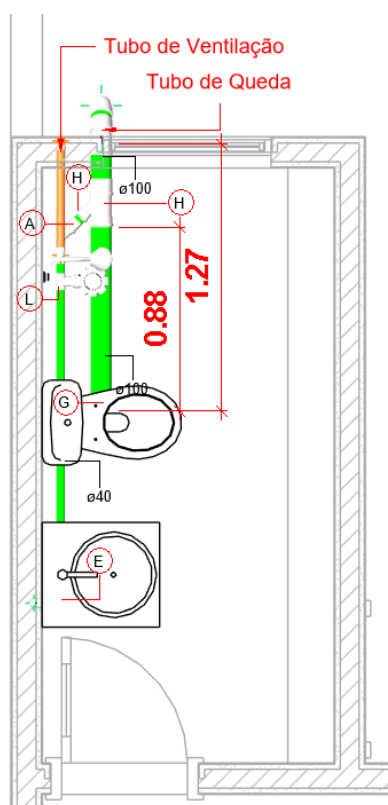
Fonte: Elaboração própria (2025).

O dimensionamento das instalações foi realizado com base nos critérios estabelecidos pela NBR 8160, considerando o fator probabilístico numérico que representa a frequência habitual de uso associada à vazão típica de cada peça sanitária. Esse fator é expresso em Unidades Hunter de Contribuição (UHC), as quais indicam a contribuição simultânea dos aparelhos sanitários no momento de maior demanda, conforme ilustrado na Tabela 9.

O dimensionamento dos ramais de esgoto (Tabela 11) foi realizado conforme os critérios estabelecidos pela norma, levando em consideração o número de unidades Hunter de contribuição (UHC), o diâmetro mínimo admissível, a declividade recomendada e os comprimentos máximos permitidos para cada trecho da tubulação Tabela 9

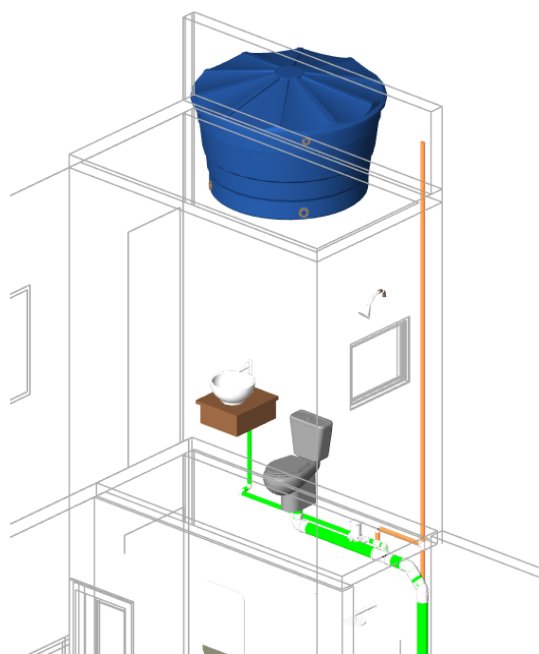
A análise foi dividida por pavimentos, em que no pavimento superior onde está presente um banheiro, conforme pode ser verificado na Figura 24, é visto o traçado adotado para o sistema. A Figura 25 é possível observar o traçado em 3D, a alocação do ramal de ventilação e a escolha para a descida do tubo de queda.

Figura 24: Planta baixa do banheiro superior



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 25: Vista isométrica banheiro superior



Fonte: Elaboração própria (2025).

A dimensão das tubulações como já mencionado, usa os Método da Vazão Máxima de Projeto, realizando o Somatório dos Pesos dos aparelhos sanitários. E para o ramal de esgoto neste banheiro as especificações seguiram conforme a Tabela 23.

Tabela 23: Dimensionamento do sistema sanitário do banheiro superior

APARELHO	UHC	DN	INCLINAÇÃO
Lavatório	2	40	2%
Ralo seco	2	40	2%

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

Conforme pode ser observado, os parâmetros adotados estão em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela NBR 8160:1999, que trata do projeto e execução de sistemas prediais de esgoto sanitário. A inclinação de 2% (ou 2 cm por metro) foi aplicada ao trecho analisado de acordo com o item 4.2.3.2 da NBR 8160:1999, o qual determina que para tubulações com diâmetro nominal (DN) igual ou inferior a 75 mm, a declividade mínima recomendada é de 2%.

Essa declividade tem como objetivo garantir a autolimpeza das tubulações, prevenindo o acúmulo de sólidos e sedimentos, favorecendo a velocidade mínima de escoamento necessária para o transporte adequado dos efluentes. De acordo com a norma, essa inclinação é considerada ideal para assegurar um escoamento gravitacional eficiente, evitando tanto a sedimentação precoce quanto velocidades excessivas que poderiam causar desgaste nas tubulações.

Quanto para o pavimento térreo, o traçado dos ramais foi determinado conforme a Figura 26.

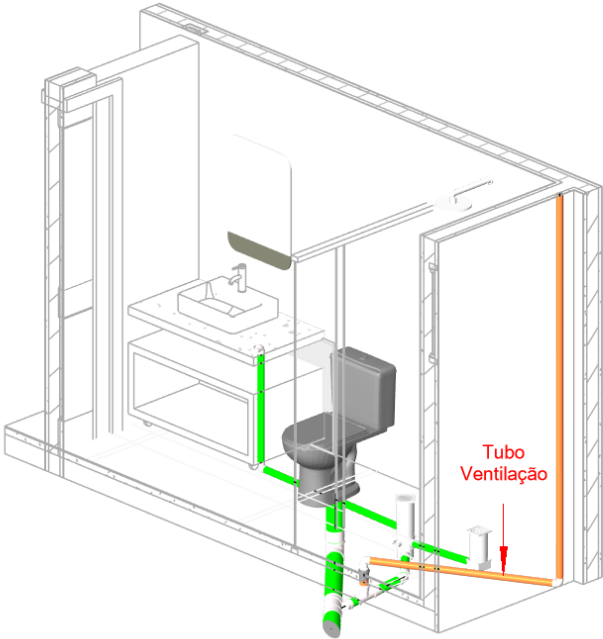
Como pode ser observado na Figura 26, o traçado dos ramais de descarga e de esgoto foi desenvolvido em conformidade com o item 4.2.3.3 da NBR 8160, o qual estabelece que as mudanças de direção nos trechos horizontais devem apresentar ângulo igual ou inferior a 45°. As inclinações adotadas foram definidas com base nos diâmetros das tubulações, conforme que apresentam os respectivas diâmetros e declividades adotadas para cada ramal, ilustrados nas Figura 27, 29 e 30.

Tabela 24: Dimensionamento do sistema sanitário do banheiro térreo

APARELHO	UHC	DN	INCLINAÇÃO
Bacia sanitária	6	100	1%

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

Figura 27: Representação gráfica ramais de sanitários banheiro térreo



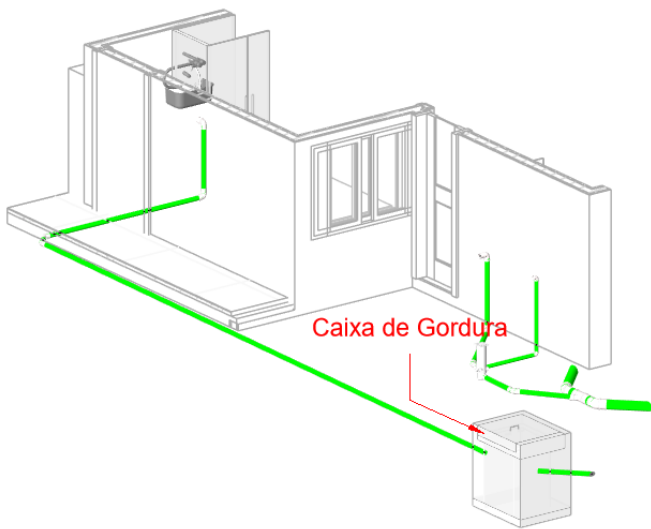
Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 25: Dimensionamento do sistema sanitário da cozinha

APARELHO	UHC	DN	INCLINAÇÃO
Pia de Cozinha residencial	3	50	2%

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

Figura 28: Representação gráfica ramais de sanitários da cozinha



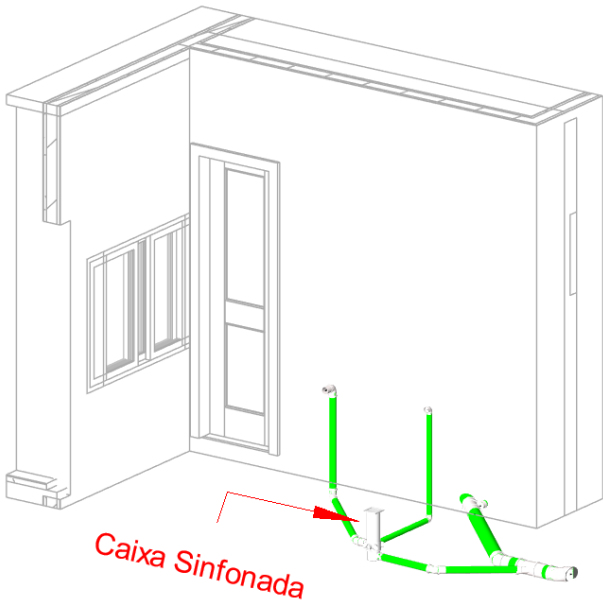
Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 26: Dimensionamento do sistema sanitário da lavanderia

APARELHO	UHC	DN	INCLINAÇÃO
Lavatório	2	40	2%
Máquina de lavar roupas	3	50	2%

Fonte: Adaptado Empresa Júnior, 2023.

Figura 29: Representação gráfica dos ramais de sanitário da lavanderia



Fonte: Elaboração própria (2025).

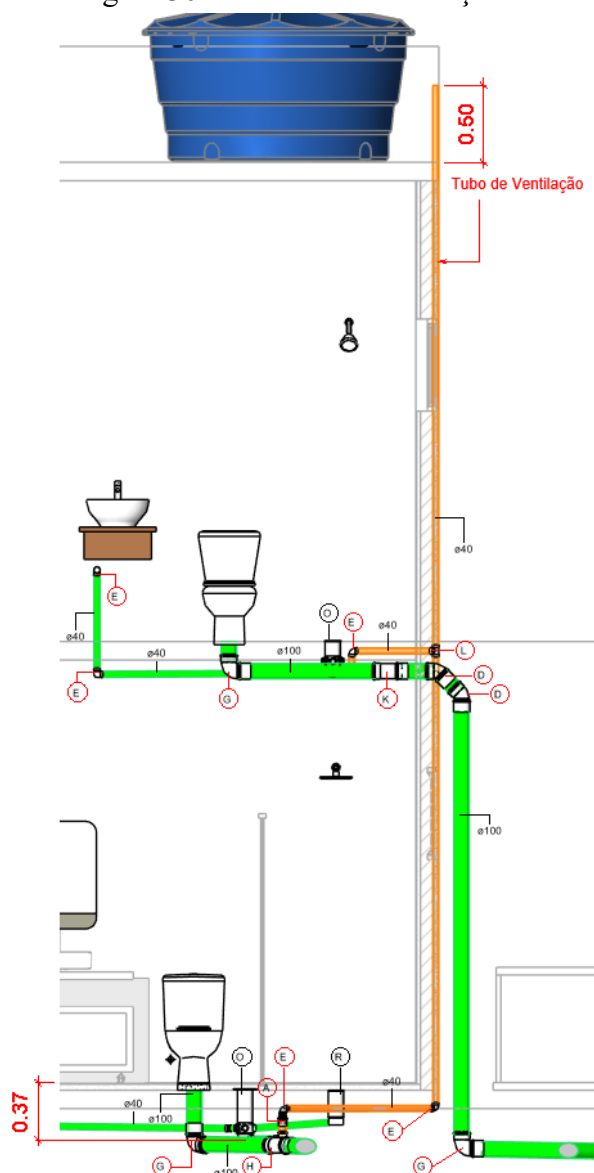
Uma falha identificada no dimensionamento da lavanderia é a consideração de um lavatório, quando o correto seria adotar a classificação de tanque, cuja Unidade Hunter de Contribuição (UHC) é igual a 3, conforme indicado na Tabela 9.

O dimensionamento dos ramais de ventilação (Figura 27) foi realizado com base nos critérios estabelecidos pela NBR 8160, considerando as exigências quanto ao diâmetro mínimo, à disposição no sistema e à finalidade de garantir o equilíbrio de pressões na rede. Na Tabela 7 é possível visualizar a aplicação prática das colunas no projeto, evidenciando sua correta implementação conforme os parâmetros normativos.

O dimensionamento dos ramais de ventilação do banheiro térreo foi realizado com base na somatória das Unidades Hunter de Contribuição (UHC), conforme ilustrado na Tabela 8, resultando em $\sum UHC = 9$. Observa-se, no entanto, que foi adotado o diâmetro nominal de DN 40 mm ao longo de todo o trecho, o que configura um erro de dimensionamento. De acordo com a própria Tabela 8 presente na norma, para os ramais dos grupos com presença de bacias sanitárias e carga de 9 UHC, o diâmetro mínimo recomendado é de DN 50 mm. O mesmo critério técnico foi aplicado ao banheiro do pavimento superior, que apresenta características hidráulicas equivalentes.

No presente projeto, o sistema de ventilação foi dimensionado com a adoção do mesmo diâmetro para o ramal e a coluna de ventilação. No entanto, essa solução não se mostra eficiente, uma vez que o diâmetro utilizado está abaixo do recomendado pelas normas técnicas, como já mencionado anteriormente. A adoção de um diâmetro nominal inferior compromete o equilíbrio de pressões no interior das tubulações, podendo causar o rompimento dos fechos hídricos e o retorno de odores aos ambientes internos. Conforme estabelece a ABNT NBR 8160:1999, é fundamental garantir a integridade do fecho hídrico frente a variações de pressão causadas tanto pelo ambiente quanto pelo uso do sistema. Por outro lado, observa-se que o prolongamento da coluna de ventilação foi de 0,5m conforme menciona a norma em que altura deve ser igual ou superior a 0,30 metros acima da cobertura, como ilustrado na Figura 30, atendendo à recomendação normativa.

Figura 30: Sistema de Ventilação

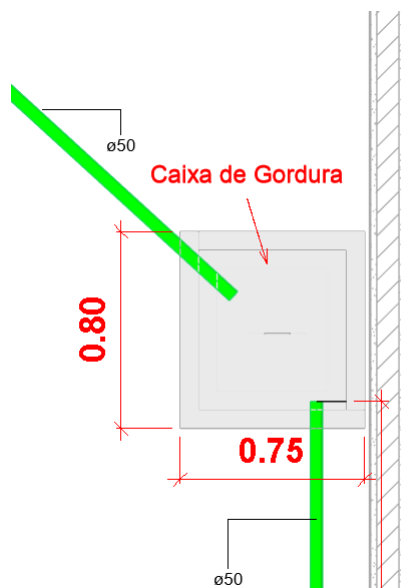


Fonte: Elaboração própria (2025).

A caixa de gordura (Figura 31 e Figura 32) definida pelo projetista trata-se de uma estrutura em alvenaria, cuja especificação atende ao item 5.1.5.1.3 letra d, da norma 8160, que permite o uso de caixas do tipo especial (CGE), prismáticas, com base retangular. As principais características técnicas exigidas incluem:

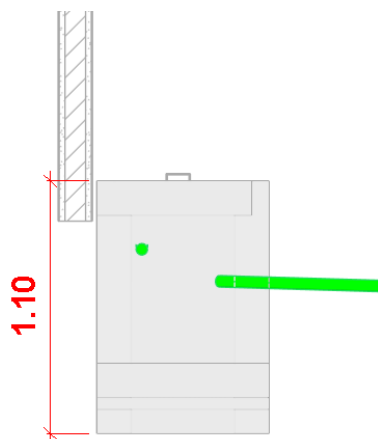
- Distância mínima entre o septo e a tubulação de saída: 0,20 m;
- Volume da câmara de retenção de gordura calculado pela fórmula: $V = 2N + 20$, sendo N o número de pessoas atendidas pelas cozinhas que contribuem para a caixa de gordura, considerando o turno de maior afluxo.

Figura 31: Planta baixa caixa de gordura



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 32: Vista lateral caixa de gordura



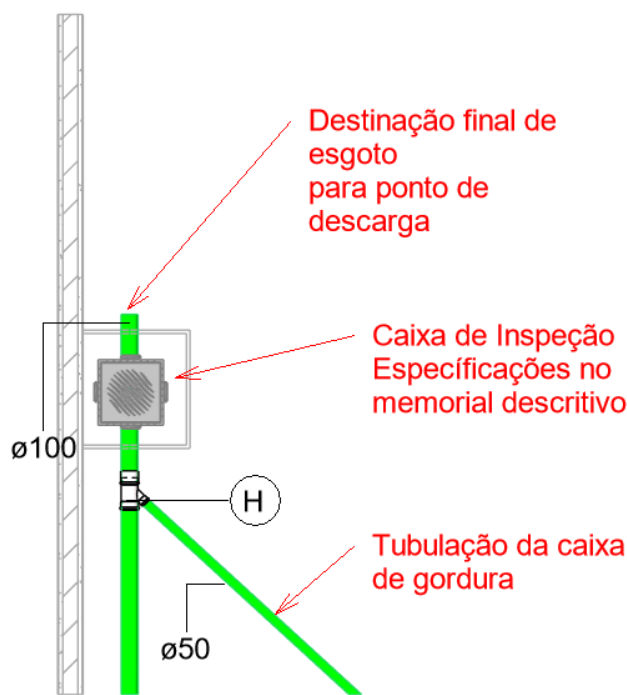
Fonte: Elaboração própria (2025).

No projeto, foi considerada apenas uma caixa de gordura retangular, com dimensões de 0,80 m de comprimento por 0,75 m de largura, e profundidade de 1,10 m. No entanto, o detalhamento apresentado não especifica a distância normativa entre o septo e o ponto de saída, impossibilitando a verificação da conformidade com a NBR 8160:1999, que exige uma distância mínima de 0,20 m para garantir o tempo de retenção e a eficiência da separação de gordura.

Além disso, a NBR 8160:1999 estabelece que a caixa de gordura deve garantir fácil acesso para limpeza, possuir tampa com vedação adequada, e que a entrada e saída das tubulações sejam posicionadas de forma a garantir o funcionamento correto do processo de

retenção. O projeto, contudo, não apresenta tais detalhes construtivos nem o posicionamento interno do septo, o que limita a verificação da sua conformidade com as exigências normativas.

Figura 33: Planta baixa caixa de inspeção



Fonte: Elaboração própria (2025).

Observa-se um erro grave no traçado, pois a tubulação proveniente da caixa de gordura deveria ter entrada direta na caixa de inspeção. De acordo com as normas técnicas, toda tubulação enterrada que apresenta mudança de direção ou aumento de diâmetro deve obrigatoriamente passar por uma caixa de inspeção, e não por conexões. Isso se justifica porque, em casos de manutenção por eventuais patologias, a ausência da caixa dificulta significativamente a intervenção.

4.2.1 Análise Normativa de Projeto Sanitário

Embora o dimensionamento dos ramais de esgoto e de ventilação tenha seguido algumas das recomendações estabelecidas na NBR 8160:1999, observou-se a ausência do dimensionamento do tubo de queda no projeto. Este componente é essencial no sistema predial de esgoto, uma vez que realiza a condução vertical dos efluentes sanitários entre os pavimentos, conectando os ramais de descarga aos coletores ou ramais de esgoto.

O tubo de queda deve ser dimensionado com base na vazão acumulada proveniente dos ramais que nele convergem, levando-se em conta a soma das Unidades Hunter de

Contribuição (UHC), que representam a contribuição probabilística de cada aparelho sanitário ao sistema. Conforme estabelece a norma, a escolha do diâmetro nominal do tubo de queda deve assegurar velocidade mínima de escoamento e capacidade de autolimpeza, além de evitar pressões internas indesejadas ou contrapressões que possam comprometer o desempenho do sistema.

Outro ponto observado foi a ausência de dimensionamento da coluna de ventilação, pois o que foi constatado é que somente o diâmetro do ramal foi considerado e o mesmo usado em todo o trecho da coluna de ventilação. Além disso, destaca-se a ocorrência de falhas nas tubulações enterradas que deveriam ser conectadas através de caixa de inspeção, conforme estabelece o item 4.2.5.5 da NBR 8160:1999.

5. CONCLUSÃO

Com base nos cálculos realizados e nas simulações desenvolvidas no software Revit, com o apoio de planilhas eletrônicas, verificou-se que o dimensionamento do sistema hidrossanitário apresenta inconsistências que comprometem a funcionalidade do sistema neste projeto. Embora o método adotado seja usual, sua aplicação exige que o projetista avalie cuidadosamente os parâmetros utilizados, uma vez que o sistema pode operar sem indicar claramente o atendimento aos requisitos normativos, diferente de outros softwares. Dessa forma, a técnica demanda atenção rigorosa às diretrizes estabelecidas pelas normas, além de uma concepção criteriosa por parte do projetista, garantindo a conformidade e eficiência do sistema.

No dimensionamento hidráulico, observou-se que os cálculos indicam que nem todas as pressões estão em conformidade com os critérios estabelecidos pela NBR 5626:2020. Verificou-se que algumas estimativas foram realizadas de forma inconsistente, especialmente em relação aos diâmetros internos. Como consequência, em determinadas ambientes, os valores de velocidade, pressão e vazão não atendem aos parâmetros definidos no traçado do projeto. Essa inadequação compromete a eficiência do sistema e prejudica a realização de uma análise técnica confiável.

Quanto ao dimensionamento sanitário, foram identificadas inconsistências em relação às normas técnicas, especialmente nos traçados definidos para o sistema. Observam-se falhas na disposição das tubulações, na escolha dos diâmetros adotados e na ausência de justificativas técnicas para a inclusão de certos componentes e ramais. Tais inadequações comprometem a eficiência do projeto e aumentam o risco de patologias no sistema de esgoto.

Um aspecto importante a ser considerado é a ausência de informações relacionadas ao dimensionamento da bomba hidráulica. Embora sua locação esteja indicada, o modelo e as especificações técnicas não foram definidas no material entregue ao cliente.

No entanto, vale ressaltar que a modelagem realizada no Revit apresenta um forte apelo visual, favorecendo a integração entre os sistemas de água fria e esgoto, além de permitir a identificação de interferências, ajustes de trajeto e compatibilidade com o projeto arquitetônico. O uso da plataforma BIM também proporcionou maior precisão no levantamento quantitativo de materiais e facilitou a geração automática de cortes e vistas isométricas, uma vantagem significativa, especialmente quando o dimensionamento é conduzido com precisão técnica.

Assim, destaca-se que o projeto hidrossanitário desenvolvido pela empresa júnior apresenta metodologias que ainda demandam melhorias. O uso da ferramenta exige maior atenção aos parâmetros normativos, aspecto fundamental para a entrega de um serviço tecnicamente viável e adequado à elaboração do sistema hidrossanitário de uma edificação.

Dessa forma, conclui-se que o projeto analisado apresenta inconsistências que comprometem a funcionalidade do sistema hidrossanitário. Os resultados obtidos reforçam a importância da adequada aplicação das normas técnicas, bem como do uso eficiente de ferramentas digitais no desenvolvimento de projetos prediais, visando à conformidade, à precisão e à viabilidade executiva do sistema. Ressalta-se, ainda, que o simples uso de tecnologias como o Revit, embora traga ganhos expressivos em visualização, integração entre sistemas e automação de elementos gráficos, não é suficiente para garantir a qualidade do projeto se não houver domínio técnico por parte dos projetistas. Assim, o aprimoramento metodológico requer não apenas o domínio das ferramentas digitais, mas também o aprofundamento do conhecimento técnico e normativo. Por fim, destaca-se a relevância acadêmica deste estudo ao evidenciar a necessidade de qualificação contínua e supervisão criteriosa, sobretudo em projetos desenvolvidos por empresas juniores, onde a prática profissional ainda está em formação.

6. REFERÊNCIA

ALADARIVA, Matheus Alves; **ARAÚJO**, Andre Luís de. Concepção de projetos hidrossanitários com tecnologia BIM: estudo comparativo ao método conduzido em plataforma CAD. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO**, 2., 2019, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–11. DOI: 10.46421/sbtic.v2i00.157. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/157>. Acesso em: 3 set. 2024.

ALAVI, Hamidreza; **BORTOLINI**, Rafaela; **FORCADA**, Nuria. BIM-based decision support for building condition assessment. *Automation in Construction*, v. 135, p. 104117, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104117>. Acesso em: 28 ago. 2024.

ALMEIDA, R.C.deG. Impacto do uso do BIM na elaboração de projetos de sistemas prediais hidrossanitários. 2016. 59p. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/IMPACTO_DO_USO_DO_BIM_NA_ELABORA%C3%87%C3%83O_DE_PROJETOS_AS_BUILT_DE_SISTEMAS_PREDIAIS_HIDROSSANIT%C3%81RIOS.pdf>

AMORIM, Alessandro Rodrigues de et al. A importância do uso do BIM nos projetos hidrossanitários. 2021. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/48694>. Acesso em: 12 dez. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 19650-1:2020 — Organização e digitalização de informações sobre edificações e engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) — Gestão da informação utilizando modelagem da informação da construção — Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

_____. **NBR 10844**: Sistemas prediais de águas pluviais – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 2020**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 5624**: Instalações hidráulicas prediais – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 8160**: Sistemas de esgoto sanitário em edificações – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

BARBOSA, João Guilherme Moura. Os benefícios do BIM em um projeto hidrossanitário residencial em Boa Vista, Roraima. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 15, n. 1, 2023. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/22586>. Acesso em: 2 jan. 2025.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; **RIBEIRO JUNIOR**, Geraldo de Andrade. *Instalações hidráulicas prediais: utilizando tubos plásticos*. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 341 p.

BRANDÃO, Hugo Pena; **BORGES-ANDRADE**, Jairo Eduardo; **GUIMARÃES**, Tomás de Aquino. Desempenho organizacional e suas relações com competências gerenciais, suporte organizacional e treinamento. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 523-539, out./dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.5700/rausp1056>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rausp/a/g5sR9D6QbBrhHqPqVqGZ8Jk>. Acesso em: 05 ago. 2025.

BRESSAN, Cláudia Priscila. Levantamento de técnicas para o dimensionamento de condutores verticais em instalações prediais de águas pluviais. 2006. 39 f. Tese (Doutorado) – Universidade São Francisco – USF, Itatiba, 2006. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1006.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2024.

BRITO, Rubem de Souza. *Instalações hidráulicas e sanitárias*. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

BRITO, Rubens Lintz de. *Instalações hidrossanitárias*. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

CAEMA – COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO MARANHÃO. *Caderno de encargos – Grupo 200000: Ligações prediais de água*. São Luís: CAEMA, 2002. Disponível em: https://sti.imperatriz.ma.gov.br/media/contracts/files/bidding/302/Pojeto_executivo-ampliacao_da_rede_de_distribuicao_de_agua_potavel%2C_cap._I%2C_II%2C_III_e_IV.pdf. Acesso em: 26 jul. 2025.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. *Patologias em sistemas prediais hidráulicos-sanitários*. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

COELHO, Sérgio Salles; **NOVAES**, Celso Carlos. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: **WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**, 8., 2008, São Paulo. Anais [...]. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf. Acesso em: 3 set. 2024.

COUTINHO, A. B.; **MOURA**, G. S.; **TEIXEIRA**, E. K. da C. Compatibilization of an architectural and hydrossanitary project using the BIM methodology. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e58610212924, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12924. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12924>. Acesso em: 28 ago. 2024.

DARIVA, Matheus Alves. *Modelagem de Informação, concepção e compatibilização de projetos de sistemas hidráulicos prediais utilizando tecnologia BIM*. 2018. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23854>. Acesso em: 80 ago. 2024.

DE ANDRADE, M. L. V. X.; **RUSCHEL**, Regina Coeli. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. *Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto*

no Ambiente Construído, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/3Dhh4Ob>. Acesso em: 8 dez. 2024.

DE MENEZES, Gilda Lúcia Bakker Batista. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v. 18, n. 22, p. 152-152, 2011. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/download/P.2316-1752.2011v18n22p152/3719>. Acesso em: 3 set. 2024.

GUIA DA ENGENHARIA. Exemplo de projeto de instalação de água fria. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/agua-fria-exemplo>. Acesso em: 19 jun. 2025.

LAMAS MARSICO, Matheus et al. Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, v. 9, n. 17, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/381766394_DESAFIOS_NA_COMPATIBILIZACAO_USANDO_BIM. Acesso em: 10 dez. 2024.

MIKALDO JR., Jorge. *Estudo comparativo do processo de desenvolvimento e compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI*. 2006. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/10393/DISSERTA%C3%87%C3%83O-JORGE%20MIKALDO%20JR.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 ago. 2025

MIRANDA, Carolina David. Projeto de instalações hidrossanitárias em BIM. 2019. 76 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 2019. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/25173/1/2019_CarolinaDavidMiranda_tcc.pdf. Acesso em: 28 ago. 2024.

MIRANDA, E. P.; **SANTOS**, G. R.; **SOUSA**, F. M.; **OLIVEIRA**, A. D. Ajuste da equação de Hazen-Williams para perda de carga em condutos. *Irriga*, Edição Especial Inovagri, p. 94–100, out. 2019. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3907>. Acesso em: 19 jul. 2025.

PACÍFICO, Bruno Leal Coelho; **AMORIM**, Matheus dos Santos de; **SANTOS JÚNIOR**, Gil Alves dos. Estudo das manifestações patológicas em instalações prediais hidrossanitárias e suas possíveis soluções. *Revista FT*, São Luís, MA, v. 29, n. 141, p. 1-15, dez. 2024. DOI: 10.69849/revistaft/fa10202412132311. Disponível em: <https://revistaft.com.br/estudo-das-manifestacoes-patologicas-em-instalacoes-prediais-hidrossanitarias-e-suas-possiveis-solucoes/>. Acesso em: 06 ago. 2025.

PAIVA, D. C. S. Uso do BIM para compatibilização de projetos: barreiras e oportunidades em uma empresa construtora. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40421>. Acesso em: 9 dez. 2024.

PINHEIRO, Ludmilla Diniz. Patologias em sistemas prediais hidrossanitários: um estudo de caso. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/831>. Acesso em: 29 maio 2025.

PUBLIO, Ravi Matheus Mozileev; **PEDROSO**, Thiago. Desafios na compatibilização usando BIM. *Revista Acadêmica Online*, v. 10, n. 51, p. 1-25, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/381766394_DESAFIOS_NA_COMPATIBILIZA_CAO_USANDO_BIM. Acesso em: 9 dez. 2024.

RODRIGUES, Antonia Edna Jorge. Avaliação do processo de projeto de sistemas hidrossanitários prediais: estudo de caso em municípios cearenses. 2022. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Crateús, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/64172>. Acesso em: 8 jan. 2025.

SILVA, Thayná Caldas. A importância da elaboração e aprovação de projetos hidrossanitários para o desempenho das edificações. 2021.

VIANA, Dandara. Instalações prediais de água fria: dimensionamento. *Guia da Engenharia*, 11 jun. 2019. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/instalacoesagua-fria/>. Acesso em: 27 jan. 2025.