



**Universidade Federal do Espírito Santo
Centro Tecnológico
Colegiado de Engenharia Civil
Projeto de Graduação**

Caio Loyola Reis

Marcela Giacomin Della-Sávia

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO TECNOLOGIA BIM

Vitória - ES

Julho, 2023

Caio Loyola Reis

Marcela Giacomin Della-Sávia

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO TECNOLOGIA BIM

Projeto de Graduação dos Alunos Caio Loyola Reis e Marcela Giacomin Della-Sávia, apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Diogo Costa Buarque

Vitória - ES

Julho, 2023

RESUMO

A falta de compatibilização entre os projetos de uma edificação é passível de sérias consequências na execução de uma edificação, como atrasos no cronograma de entrega do empreendimento, custos adicionais não previstos e a redução da qualidade da obra proveniente dos improvisos e retrabalhos para driblar as interferências. Nesse sentido, a ausência de uma comunicação assertiva entre os projetistas das diferentes disciplinas, além do uso de softwares geométricos 2D que não parametrizam suas informações e a elaboração dos diferentes projetos por empresas distintas se apresentam como as principais causas dessas incompatibilidades. Diante disso, o *Building Information Modeling* (BIM) se apresenta como metodologia ideal para a elaboração dos projetos, uma vez que possui interface gráfica 3D – o que facilita a visualização do que se está projetando e a detecção de possíveis incompatibilidades; possibilita a atualização automática em todas as vistas em caso de alterações; além de permitir a coordenação entre os projetistas envolvidos em todos os projetos. Assim, visando salientar a importância de promover a compatibilização dos projetos e mostrar a potencialidade do BIM no seu desenvolvimento e compatibilização, nesse trabalho elaborou-se o projeto arquitetônico, hidrossanitário e elétrico de uma residência unifamiliar com modelagem no Software BIM Revit para, então, detectar as incompatibilizações no Navworks

Palavras-chave: BIM, Revit, Compatibilização de Projetos, Projetos em 3D.

ABSTRACT

The lack of harmonization among the projects of a building can lead to serious consequences during its execution, such as delays in the project delivery schedule, unforeseen additional costs, and a decrease in construction quality resulting from improvisations and rework to overcome interferences. In this sense, the absence of effective communication between designers from different disciplines, the use of non-parametric 2D geometric software, and the development of different projects by distinct companies emerge as the main causes of these incompatibilities. Therefore, Building Information Modeling (BIM) emerges as an ideal methodology for project development, as it features a 3D graphical interface, facilitating visualization of the design and detection of potential clashes; it enables automatic updates across all views in case of changes; and allows coordination among all involved designers in the various projects. Consequently, aiming to highlight the importance of promoting project coordination and showcasing the potential of BIM in its development and compatibility, this work developed the architectural, hydrosanitary, and electrical design of a single-family residence using the BIM software Revit modeling and subsequently identify inconsistencies using Navisworks.

Keywords: BIM, Revit, Project Coordination, Project Harmonization, 3D Projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dimensões do BIM.....	18
Figura 2 - O BIM e o ciclo de vida da edificação	21
Figura 3 – Projeto hidrossanitário realizado no AutoCAD	22
Figura 4 – Projeto hidrossanitário realizado no Revit	23
Figura 5 – Curva de custo da mudança de Boehm.	24
Figura 6 – Comparativo CAD x BIM	25
Figura 7 – Modelagem de laje orgânica no Revit	26
Figura 8 – Modelagem de laje para residência no Revit	26
Figura 9 – tubulação furando viga estrutural	33
Figura 10 – Tubos de gás perfurando vigas metálicas	33
Figura 11 – incompatibilização entre corrimão e porta para mangote de incêndio....	34
Figura 12 – Fluxograma de desenvolvimento de compatibilização de projetos	36
Figura 13 – sobreposição de projeto hidrossanitário e estrutural no CAD 2D	38
Figura 14 – Torre de Shangai renderizada pelo Revit	41
Figura 15 – análise solar no Revit	42
Figura 16 – Exemplo de projeto elaborado no ArchiCAD	45
Figura 17 – projeto desenvolvido no Bentley AECOsim Building Designer	46
Figura 18 – Estrutura do Estádio Optus desenvolvida no Tekla Structures	47
Figura 19 – Compatibilização de projetos usando o Navworks.....	48
Figura 20 – desenvolvimento de projeto no software Qi Builder	49
Figura 21 - Macrozoneamento no município de Vila Velha.	52
Figura 22 - Zoneamento no município de Vila Velha.....	53
Figura 23 - Reservatórios Industrializados.	57
Figura 24 - Ábaco para encanamentos de cobre e PVC	64
Figura 25 – Dimensões das tubulações do fabricante Tigre.....	66
Figura 26 – Ligação do ramal de ventilação na coluna de ventilação	74
Figura 27 - Localização do condomínio Riviera Park.	77
Figura 28 - Indicações para cálculos de área de contribuição.....	79
Figura 29 - Calha retangular com $b = 2 \times h$	82
Figura 30 - Calha retangular com $h = 2 \times b$	83

Figura 31 – Método prático para dimensionamento de calha retangular.....	84
Figura 32 - Ábaco para o dimensionamento de condutor vertical: calha com saída em aresta viva	85
Figura 33 - Ábaco para o dimensionamento de condutor vertical: calha com funil de saída	86
Figura 34 – Layout do pavimento térreo.....	102
Figura 35 – Layout do pavimento superior	103
Figura 36 – Parte da cobertura elaborada no projeto arquitetônico	104
Figura 37 – Tubulações das caixas d’água	108
Figura 38 – Isometria da lavanderia (AF2D)	112
Figura 39 – Isometria banheiro 02 (AF1A)	113
Figura 40 – Definição dos trechos (pavimento superior)	114
Figura 41 – Definição dos trechos (térreo)	115
Figura 42 – tubulações de esgoto sanitário do banheiro 01	125
Figura 43 – tubulações de esgoto sanitário da cozinha e área gourmet	126
Figura 44 – tubulações de esgoto sanitário da lavanderia	126
Figura 45 – Identificação das águas e telhados da cobertura	131
Figura 46 – Laje impermeabilizada e abrigo da caixa d’água.	134
Figura 47 – traçado das tubulações de águas pluviais na cobertura.....	139
Figura 48 – Traçado do condutor horizontal	141
Figura 49 - Estrutura da edificação	153
Figura 50 – Interferência entre projetos arquitetônico/estrutural e hidrossanitário passando pela laje	155
Figura 51 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando por vigas e/ou pilares na cobertura (parte 1)	156
Figura 52 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando por vigas e/ou pilares na cobertura (parte 2)	156
Figura 53 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando por vigas e/ou pilares na cobertura (parte 4)	157
Figura 54 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando por vigas e/ou pilares na cobertura (parte 4)	158

Figura 55 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário em vigas e/ou pilares no pavimento superior (parte 1).....	159
Figura 56 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário em vigas e/ou pilares do pavimento superior (parte 2).....	160
Figura 57 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando nas vigas baldrame	161
Figura 58 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário em vigas e/ou pilares (térreo).....	161
Figura 59 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário na cozinha	163
Figura 60 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário na área gourmet	163

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros Urbanísticos - ZOR-B	53
Tabela 2 - Parâmetros máximos e mínimos - Código de Edificações Gerais de Vila Velha	54
Tabela 3 - Requisitos mínimos das dimensões dos vãos de iluminação e ventilação	55
Tabela 4 - Consumo médio per capita por tipo de construção.....	58
Tabela 5 - Dimensionamento do abrigo do cavalete.....	61
Tabela 6 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais.....	61
Tabela 7- Pesos relativos nos pontos de utilização, em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	63
Tabela 8 – Comprimentos equivalentes para perdas de carga localizada.....	68
Tabela 9 - Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga	70
Tabela 10 – Dimensionamento de caixas sifonadas.....	71
Tabela 11 - Dimensionamento dos ramais de esgoto	71
Tabela 12 - Dimensionamento de tubos de queda	72
Tabela 13 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial	73
Tabela 14 – dimensionamento dos ramais de ventilação	75
Tabela 15 – distância máxima de um desconector ao tubo ventilador	75
Tabela 16 – Dimensionamento de colunas e barrilete de ventilação	76
Tabela 17 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ (L/min)	81
Tabela 18 - Coeficiente de rugosidade	83
Tabela 19 - Dimensão da calha em função do comprimento do telhado	84
Tabela 20 - Método prático para o dimensionamento de condutores verticais ..	86
Tabela 21 - Capacidade dos condutores horizontais de seção circular	87
Tabela 22 - Tipos de linhas elétricas	90
Tabela 23 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D	91

Tabela 24 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas	92
Tabela 25 - Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W	93
Tabela 26 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única	93
Tabela 27 - Seção mínima dos condutores	94
Tabela 28 - Seção mínima do condutor de proteção	95
Tabela 29 – Parâmetros urbanísticos do projeto	104
Tabela 30 – Índices Urbanísticos do projeto: CA, TO e TP.....	105
Tabela 31 – Índices Urbanísticos do projeto.....	105
Tabela 32 – Resultados dos parâmetros construtivos do projeto	105
Tabela 33 – Resultados dos parâmetros internos dos cômodos do projeto ...	106
Tabela 34 – dimensionamento das colunas d'água pela somatória dos pesos	110
Tabela 35 – Legenda dos pontos hidráulicos	111
Tabela 36 – Diâmetros adotados para os ramais de descarga	122
Tabela 37 – Dimensionamento dos desconectores	123
Tabela 38 – dimensionamento dos ramais de esgoto	124
Tabela 39 – Dimensionamento dos tubos de queda.....	127
Tabela 40 – Dimensionamento do coletor e subcoletores prediais.....	128
Tabela 41 – Dimensionamento dos ramais de ventilação	129
Tabela 42 – Dimensionamento das colunas de ventilação.....	130
Tabela 43 – Precipitação média mensal de 1970 a 2018.....	133
Tabela 44 – Precipitação média anual de 1970 a 2018.....	133
Tabela 45 – Determinação das vazões	135
Tabela 46 – Dimensionamento das calhas	138
Tabela 47 – Dimensionamento dos condutores verticais	140
Tabela 48 – Dimensionamento dos condutores horizontais	141
Tabela 49 – Cargas instaladas por ambiente	142
Tabela 50 – Disjuntores Steck	143
Tabela 51 - Dimensionamento dos condutores e disjuntores	143

Tabela 52 - Dimensionamento dos condutores e disjuntores	144
Tabela 53 - Dimensionamento dos condutores e queda de tensão.....	144
Tabela 54 - Dimensionamento dos condutores e queda de tensão.....	145
Tabela 55 - Dimensionamento dos eletrodutos por ambientes e circuitos.....	145
Tabela 56 - Dimensionamento dos eletrodutos por ambientes e circuitos.....	146
Tabela 57 - Dimensionamento dos eletrodutos por ambientes e circuitos.....	146
Tabela 58 - Dimensionamento dos eletrodutos por ambientes e circuitos.....	146
Tabela 59 – Balanceamento de cargas para DR	147
Tabela 60 – Balanceamento de cargas para DR	147
Tabela 61 – Balanceamento de cargas para DR	148
Tabela 62 – Demanda de potência para o QDC do térreo	149
Tabela 63 – Demanda de potência para o QDC do pavimento superior	150
Tabela 64 – Balanceamento de cargas nas fases do QDC térreo.....	151
Tabela 65 – Balanceamento de cargas nas fases do QDC pavimento superior	152

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.2 Building Information Modeling - BIM	17
2.2.1 Benefícios na Construção Civil	20
2.2.2 Contexto Global do BIM	27
2.2.3 Implementação do BIM no Brasil.....	29
2.3 COMPATIBILIZAÇÃO	32
2.3.1 Relevância da compatibilização de projetos	34
2.3.2 Detecção de interferências no CAD e BIM.....	37
2.4 SOFTWARES BIM.....	40
2.4.1 Revit	41
2.4.2 ArchiCAD	44
2.4.3 Bentley AECOsim Building Designer	45
2.4.4 Tekla Structures.....	46
2.4.5 Navisworks	47
2.4.6 Qi Builder.....	48
3 METODOLOGIA	50
3.1 PREDEFINIÇÕES	50
3.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO.....	51
3.2.1 Cálculo dos índices urbanísticos	51
3.2.2 Definição dos parâmetros construtivos	54
3.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO	55
3.3.1 Instalações de água fria.....	56

3.3.2 Instalações de esgoto sanitário	69
3.3.3 Instalações de águas pluviais	76
3.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	87
3.4.1 Dimensionamento da potência aparente.....	87
3.4.2 Dimensionamento dos condutores.....	88
3.4.3 Dimensionamento de eletrodutos.....	96
3.4.4 Proteções dos circuitos	97
3.4.5 Dimensionamento do padrão de entrada	99
3.4.6 Balanceamento de cargas	100
4 RESULTADOS	101
4.1 PROJETO ARQUITETÔNICO.....	101
4.2 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA	107
4.2.1 Dimensionamento do reservatório	107
4.2.2 Dimensionamento do ramal predial, cavalete e alimentador	108
4.2.3 Dimensionamento dos ramais e sub-ramais de distribuição	109
4.3 INSTALAÇÕES DE ESGOTO	122
4.3.1 Dimensionamento dos ramais de descarga.....	122
4.3.2 Dimensionamento dos desconectores.....	123
4.3.3 Dimensionamento dos ramais de esgoto.....	124
4.3.4 Dimensionamento dos tubos de queda.....	127
4.3.5 Dimensionamento do coletor predial e subcoletores	128
4.3.6. Dimensionamento caixa de gordura e caixas de inspeção	129
4.3.7 Dimensionamento dos ramais e colunas de ventilação	129
4.4 INSTALAÇÕES DE ÁGUA PLUVIAL	130
4.4.1 Pré-definições.....	130
4.4.2 Cálculo do índice pluviométrico	132
4.4.3 Cálculo da área de contribuição	133

4.4.4 Determinação das vazões de projeto	135
4.4.5 Dimensionamento das calhas	135
4.4.6 Dimensionamento dos condutores verticais	138
4.4.7 Dimensionamento dos condutores horizontais	140
4.5 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	142
4.5.1 Dimensionamento da potência aparente.....	142
4.5.2 Dimensionamento dos condutores.....	142
4.5.3 Dimensionamento dos eletrodutos.....	145
4.5.4 Proteções do circuito.....	147
4.5.5 Dimensionamento do padrão de entrada	148
4.5.6 Balanceamento de carga	151
4.6 PROJETO ESTRUTURAL.....	152
4.7 COMPATIBILIZAÇÃO	153
5 CONCLUSÃO	164
REFERÊNCIAS.....	166

1 INTRODUÇÃO

Segundo Eastman *et al.* (2008), o termo BIM (*Building Information Modeling*) consiste em “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção” (EASTMAN, 2008), e tem como principal objetivo a elaboração de projetos de maneira integrada entre Engenheiros e Arquitetos - cujos projetos são realizados dentro de um mesmo modelo.

O que difere a tecnologia BIM de um simples modelador 3D é a criação de uma base de dados com parâmetros e regras relacionados à geometria, o que permite a extração de informações e a geração de relatórios. Com eles, há a possibilidade de previsão das etapas da construção e, por conseguinte, o tempo de execução da obra; a previsão de insumos nas fases de construção; a elaboração de orçamentos; o cálculo energético; dentre outros atributos. (EASTMAN, 2008).

Em contrapartida, modelos com apenas dados 3D limitam-se somente à visualização gráfica, uma vez que não possuem inteligência para atribuir parâmetros aos objetos, como os blocos que compõem uma parede, suas dimensões, fabricantes, componentes do revestimento e suas espessuras (FARIA, 2007). O SketchUp, por exemplo, é um software referência na modelagem de projetos, porém não possui os atributos necessários para a realização de qualquer tipo de análise paramétrica além da visualização da geometria e aparência.

Historicamente, a mais antiga citação do que se conhece a respeito da BIM é o protótipo “Building Description System”, publicado por Eastman na Universidade Carnegie-Mellon no ano de 1975, que apresentava noções de BIM ao propor a derivação de cortes, planos e isometrias de elementos previamente modelados; a descrição dos materiais durante a modelagem; análise quantitativa; estimativas de custos de materiais a partir da obtenção de um relatório com quantitativos; e alterações na modelagem atualizadas automaticamente em todos os projetos vinculados e em todas as seções derivadas. Desse modo, nota-se que as abordagens que hoje são consideradas BIM já estão em discussão há quase 50 anos (MENEZES, 2012). A utilização do termo *Building information modeling*, entretanto, se deu pela primeira vez em 1992, no artigo “Automation in Construction” de G. A. Van Nederveen e F. Tolman (VAN NEDERVEEN e TOLMAN, 1992).

No cenário brasileiro, a plataforma tem sido utilizada por profissionais das áreas de orçamento, arquitetura, estruturas e instalações prediais, sendo fortemente

estabelecida em projetos arquitetônicos (FARIA, 2007). No âmbito de setores públicos, o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte) e o PBQP - H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat), vinculado ao programa Minha Casa Minha Vida, são alguns exemplos de órgãos que utilizam o BIM em seus processos, sobretudo após a publicação da Lei nº 14133/21 - que determina o uso preferencial da tecnologia BIM em projetos de obras públicas.

Logo, a atuação do BIM representa um avanço no desenvolvimento e na gestão da obra, uma vez que permite o acompanhamento de todo o seu ciclo. Em consequência disso, a identificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto é facilitada, permitindo a obtenção de soluções ainda na etapa de elaboração do projeto.

Portanto, diante do exposto nos parágrafos anteriores, neste trabalho buscou-se elaborar os projetos arquitetônico, hidrossanitário e elétrico de uma edificação de dois pavimentos, promovendo sua compatibilização com o uso da metodologia BIM. Desse modo, analisou-se na prática a aplicabilidade da tecnologia na detecção e solução de interferências entre os projetos.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral consiste na compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico no software Revit, os quais foram dimensionados pelos próprios autores - com exceção do projeto estrutural. Este último foi modelado no mesmo software apenas para fins de compatibilização com os projetos das demais disciplinas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Concepção, dimensionamento e modelagem do projeto arquitetônico, a partir do qual os projetos complementares serão baseados;
- Dimensionamento e modelagem do projeto hidrossanitário;
- Dimensionamento e modelagem do projeto elétrico;
- Compatibilização dos projetos através do software Navworks.

A compatibilização foi feita com o intuito de expor as interferências entre os projetos para reforçar a importância de realizá-la antes de se iniciar a obra de uma edificação. Assim, não coube a esse projeto de graduação propor alterações nos projetos para eliminar as incompatibilidades.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Compreende-se como projeto um “empreendimento temporário de atividade com início, meio e fim programados, que tem por objetivo fornecer um produto singular e dentro das restrições orçamentárias” (MAXIMIANO, 2002). Assim sendo, o projeto não representa apenas uma etapa do ciclo de uma edificação, mas um processo global composto por todas as informações cruciais ao desenvolvimento de uma obra. Tais informações englobam as disciplinas arquitetura, hidráulica, esgoto sanitário e pluvial, instalações elétricas, estruturas, ar-condicionado, ventilação, dentro outros – os quais fazem parte do produto final de uma edificação.

Para que uma obra seja executada dentro do prazo e orçamento estipulados, é fundamental a definição de equipes de projeto que garantam uma produtividade harmônica dos processos, cuja coordenação e comunicação entre os projetistas ocorra com eficiência. Contudo, segundo o engenheiro Rasmus Halstenberg (2017), esse é exatamente o grande desafio das construtoras. Diante disso, o *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, se apresenta como uma tecnologia revolucionária que modificou a forma como os projetos de construção são planejados, projetados, construídos e gerenciados. Anteriormente à sua implementação, a indústria da construção era sujeita a diversos desafios provenientes da ausência de métodos mais eficazes na elaboração dos projetos – os quais serão expostos mais detalhadamente no decorrer deste trabalho.

Previamente à implementação do BIM, o processo de projeto e construção era baseado em desenhos 2D e documentação em papel, o que tornava difícil aos envolvidos a visualização do projeto e do completo entendimento das interações complexas entre os diferentes elementos da construção. Além disso, as informações eram frequentemente perdidas e desatualizadas devido à falta de uma comunicação assertiva e integrada entre os projetistas, o que levava a erros, retrabalhos e atrasos no cronograma. Dentre os principais problemas recorrentes da abordagem tradicional, encontram-se:

- Falta de coordenação entre as diferentes disciplinas;
- Incompatibilidades entre os sistemas;
- Erros de dimensionamento;

- Custos imprevistos e, assim, orçamentos imprecisos;
- Quantitativos sobre projetos desatualizados;
- Análise tardia de informações;
- Dificuldade de gerenciar as revisões entre projetos.

Assim, com a implementação do BIM, o gerenciamento de processos construtivos foi renovado, de modo a evitar tais deficiências. A possibilidade de visualização em 3D de todos os elementos tornou possível analisar o ambiente virtual da edificação antes de se iniciar a construção, permitindo a detecção precoce de conflitos e problemas de compatibilidade e, assim, a correção antes que a edificação saia do papel.

A inserção do BIM na sociedade tem sido gradual, mas cada vez mais recorrente em grandes projetos de construção devido ao incentivo de sua adoção por parte do governo. Contudo, a transição completa para o uso generalizado do BIM ainda enfrenta obstáculos, como a resistência à mudança, o custo inicial para treinamento dos profissionais da indústria e os custos com novos equipamentos que suportem o BIM em seus sistemas.

2.2 Building Information Modeling - BIM

O BIM (*Building Information Modeling*) consiste na elaboração de um modelo virtual que contém informações técnicas sobre os elementos de uma edificação durante todo o seu ciclo de vida, sendo de grande interesse aos escritórios de Engenharia e Arquitetura. Nesse sentido, é criado um conjunto de bancos de dados das disciplinas do projeto associados a esses elementos, os quais englobam informações exatas a respeito da geometria, materiais, quantidades, dentre outros. Assim, após a elaboração completa de um modelo com uso do BIM, a sua complexidade e detalhe de informações impacta, por exemplo, diretamente os setores de planejamento e execução de uma obra, auxiliando na elaboração precisa de orçamentos, na minimização de desperdícios e interferências e no fornecimento dos insumos necessários para a realização da construção.

A Modelagem de Informação da Construção, quando implementada da maneira correta, possibilita um processo de projeto/construção integrado em um arquivo único com a colaboração de todos os envolvidos – o que resulta numa melhor qualidade

com custo e prazo de execução reduzidos (EASTMAN et al., 2014). Desse modo, ao final da elaboração de um projeto, espera-se a obtenção de desenhos, vistas 3D, cortes, elevações e tabelas quantitativas de maneira automática e parametrizada, reduzindo, assim, o tempo de elaboração de projeto.

Geometricamente, três dimensões são suficientes para a criação de um projeto arquitetônico com seu perfeito entendimento das informações. Contudo, segundo Luciano Hamed (2015), com o advento do BIM, outras 6 dimensões foram reconhecidas para a definição dos seus aspectos técnicos – como mostra a figura 1.

Figura 1 - Dimensões do BIM



Fonte: Sienge, 2020.

- 3D: Modelagem Paramétrica – as plantas e vistas da edificação são representadas em dimensão espacial ao plano, garantindo uma visualização otimizada de todo o projeto. Além disso, a cada componente são atribuídos parâmetros e regras, deixando de ser apenas representações/desenhos com geometria fixa - como era no CAD. Tais parâmetros podem estar atribuídos a mais de um objeto, o que permite a atualização automática do sistema em caso

de alteração de um dos componentes (EASTMAN et al., 2014). As regras associadas podem ser valores ou características, e são elas que definem a interação entre diferentes objetos do empreendimento. Por exemplo, supõe-se que uma edificação possui dois níveis definidos: o térreo e a cobertura. Na cobertura estão os reservatórios de água fria, os quais associam-se ao nível “cobertura”. Se, porventura, o pé direito do térreo aumentar em um metro, o nível “cobertura” se tornará um metro mais elevado em relação à sua altura anterior. Uma vez que os reservatórios estão associados à cobertura, eles automaticamente se elevarão, da mesma forma, em um metro em relação ao térreo. Essa automação é fundamental ao BIM, sendo uma consequência da modelagem paramétrica – que permite aos projetos a capacidade de atualização automática.

- b) 4D: Planejamento – na quarta dimensão, o tempo é o elemento de estudo fundamental. A programação possibilita estimar o prazo para a conclusão de um projeto e a execução da obra, visto que se pode determinar o tempo de implementação de cada elemento individual. Assim, como há outros elementos com relação de dependência de acordo com a ordem de execução, o tempo de projeto é facilmente obtido. Essa dimensão é crucial para mostrar o andamento de uma construção ao longo dos dias, permitindo a visualização de todas as etapas e fases da obra – ferramenta essencial aos setores de planejamento e de gerenciamento. Dessa forma, pode-se promover uma melhor administração dos estoques, equipamentos a serem utilizados e instalações provisórias em cada fase de execução - resultando em canteiros de obras planejados da maneira mais eficiente e sem interferências. Ademais, tendo o conhecimento do tempo de execução das etapas, a identificação de gargalos é facilitada, permitindo a tomada de atitudes em prol da solução dos problemas que atrasam a obra e, por conseguinte, garantindo que o cronograma seja seguido.
- c) 5D: Orçamento – Com a parametrização dos objetos na metodologia BIM, a quantificação precisa de cada item da edificação é obtida de maneira automatizada. Dessa forma, pode-se associar preços aos objetos do modelo, os quais incluem custos de instalação, compra e substituição. Assim, elaboram-se as estimativas de orçamento.

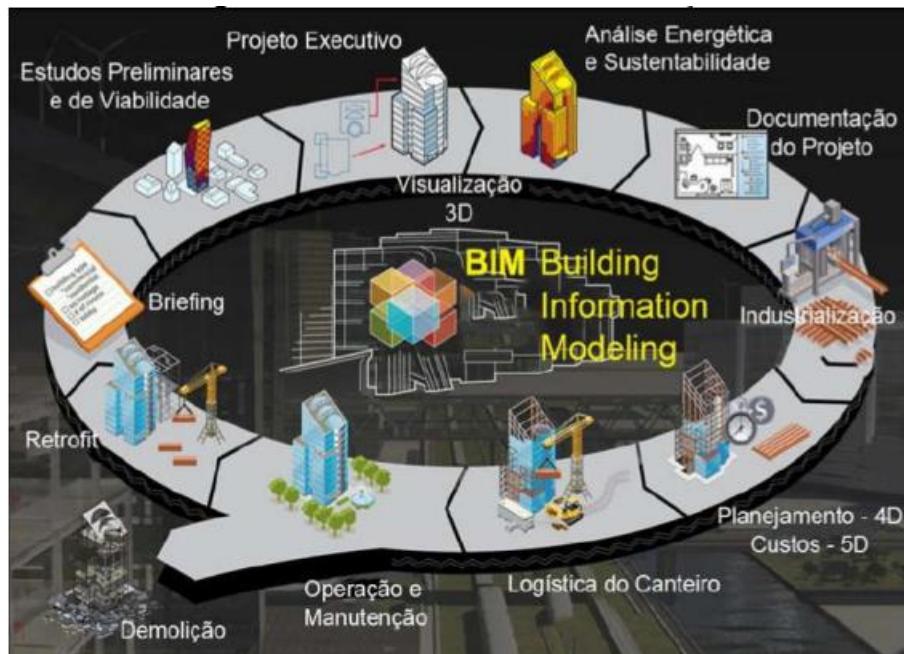
- d) 6D: Sustentabilidade – Na sexta dimensão, é inserido o conceito de energia. Por se tratar de uma construção virtual que simula o comportamento da edificação, a tecnologia BIM vem a representar uma ferramenta útil para análises, como a análise de eficiência energética. Atribuindo a energia ao ciclo de vida da edificação, pode-se quantificar a energia usada na construção durante todo o seu ciclo de vida – fomentando a otimização da sustentabilidade.
- e) 7D: Gestão e Manutenção de Instalações – a metodologia BIM tem como objetivo a criação de um modelo virtual tridimensional e colaborativo o mais próximo possível do que foi projetado. Nesse sentido, a sétima dimensão engloba o projeto *As Built*, de modo a levar em consideração não somente o que foi projetado, mas o que está sendo executado na obra. Assim, o usuário final terá acesso às informações de como as instalações do empreendimento foram executadas e saberá como proceder diante de futuras necessidades de manutenção.

Diante do exposto, nota-se a abrangência da metodologia BIM pelo número de dimensões que ele engloba. A escolha das dimensões a serem utilizadas variam conforme as necessidades das empresas, as quais farão um estudo de viabilidade para implementação desse novo sistema.

2.2.1 Benefícios na Construção Civil

As vantagens do uso da tecnologia BIM na construção civil englobam tanto as fases anteriores à elaboração dos projetos quanto em todo o processo de construção. Como dito anteriormente, a possibilidade de implementação de 7 dimensões de projeto tende a promover uma melhoria no gerenciamento e planejamento da obra, além de elevarem a qualidade nos projetos. Assim, nesse tópico será evidenciado o grande potencial dessa metodologia quando aplicada na construção civil.

Figura 2 - O BIM e o ciclo de vida da edificação



Fonte: CAMPOS, 2010.

2.2.1.1 Benefícios no pré-construção

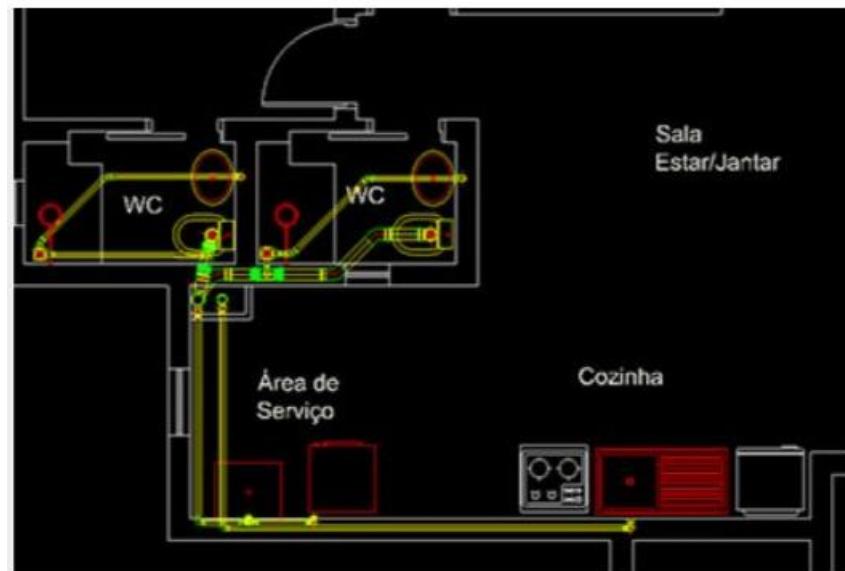
Antes da elaboração dos projetos, sejam de arquitetura ou de engenharia, é necessário a realização de um estudo de viabilidade, com o intuito de garantir a qualidade dentro de um dado orçamento e cronograma – de acordo com as condições financeiras do proprietário. A realização de que um projeto está demasiadamente acima do orçamento após considerável dedicação de tempo na sua elaboração significa desperdiçar esforços (EASTMAN et al., 2014). Assim, a possibilidade de vincular custos a uma base de dados e obter uma tabela de quantitativos automatizada com valores precisos é crucial para que o cliente vislumbre se o projeto está de acordo com seus requisitos. Logo, minimiza-se gastos inesperados devido à quantificação errônea dos métodos manuais.

Além dos benefícios relacionados à precificação da obra, o BIM permite a elaboração de um modelo esquemático em 3D antes de gerar um modelo detalhado da edificação, o que possibilita uma análise minuciosa do que será projetado (EASTMAN et al., 2014). Dessa forma, pode-se averiguar se o projeto cumprirá com os requisitos funcionais especificados pelo cliente, de forma a possibilitar que o engenheiro/arquiteto trace alternativas em caso de necessidade de alterações.

2.2.1.2 Benefícios no Projeto

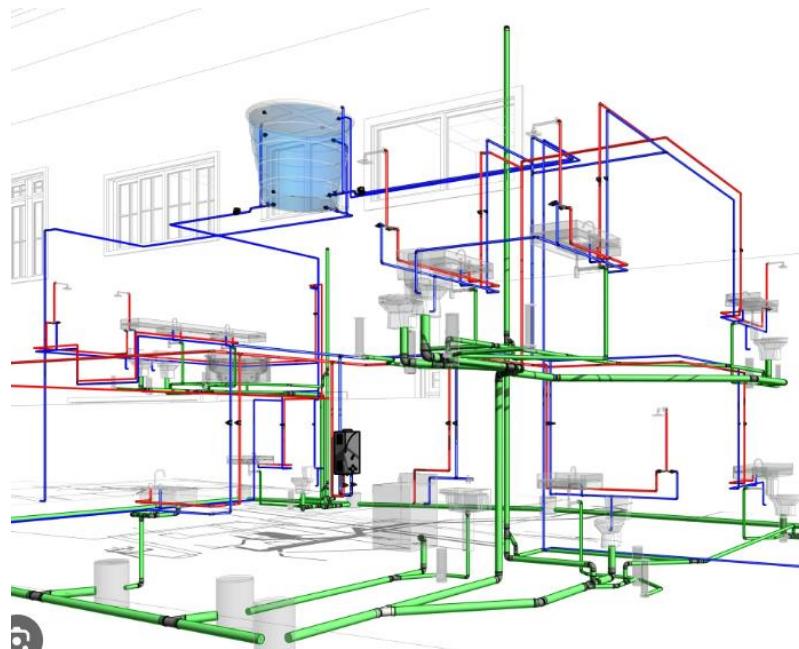
Na fase de elaboração do projeto, a modelagem em BIM permite a visualização 3D da edificação, ao invés de múltiplas vistas 2D – como ocorre no CAD. Assim, atrelado à parametrização dos elementos, a visualização do projeto é precisa, minimizando possíveis interpretações humanas errôneas, seja por parte do projetista ou do cliente. A modelagem 3D fornece uma melhor compreensão do projeto como um todo, o que facilita a realização de modificações ao longo do processo em caso de interferências ou solicitações do cliente – além de favorecer a leitura clara e rápida do projeto por parte do proprietário. Desse modo, a comunicação com o cliente é melhorada e os conflitos são identificados antes que sejam detectados na obra, evitando retrabalhos por imprevistos. As figuras 3 e 4 seguir retratam essas diferenças visuais entre um projeto hidrossanitário no CAD e outro em software BIM.

Figura 3 – Projeto hidrossanitário realizado no AutoCAD



Fonte: Render Cursos, 2020.

Figura 4 – Projeto hidrossanitário realizado no Revit



Fonte: Arqonline Cursos, 2020.

Ademais, a leitura correta de um projeto impacta diretamente na execução da obra, visto que os trabalhadores e engenheiros encarregados precisam de um entendimento claro do que será executado, sendo crucial o seu completo compreendimento a fim de evitar problemas durante a construção (KYMME, 2008).

De acordo com a figura 5, pode-se observar a relação entre o custo dos retrabalhos eventuais e a fase da obra, concluindo que os gastos com imprevistos durante a execução aumentam exponencialmente se comparado com a fase de elaboração do projeto - sendo este o momento ideal de realizar modificações. Desse modo, uma vez que o BIM impacta na redução de retrabalhos através da identificação de gargalos ainda na concepção do projeto, há uma minimização significativa de gastos fora do orçamento em detrimento dos projetos realizados com o CAD, além de maior garantia do cumprimento do prazo da obra.

Figura 5 – Curva de custo da mudança de Boehm.

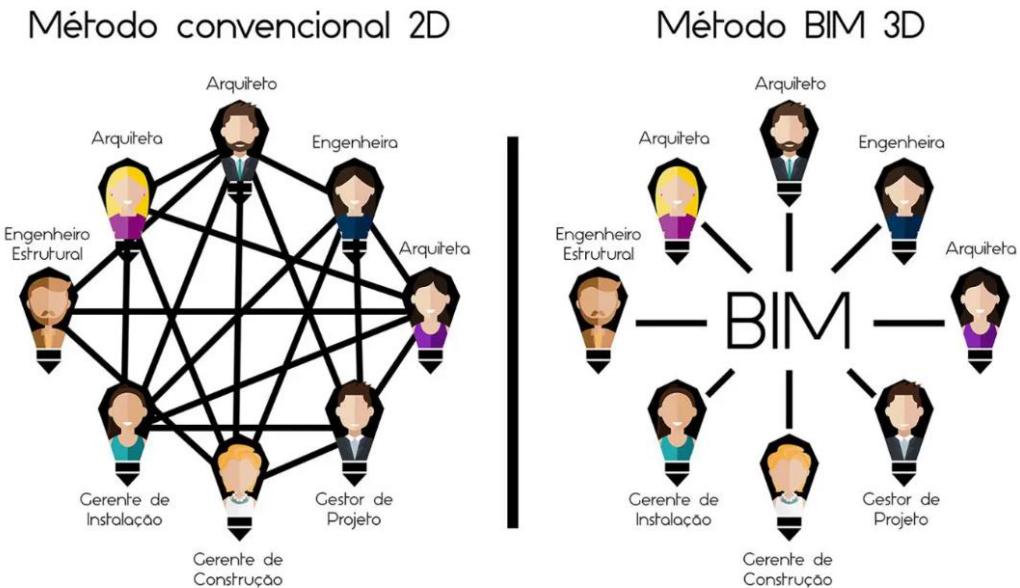


Fonte: BERKAN, 2022.

Outro atributo do BIM consiste na colaboração e trabalho simultâneo de vários projetistas de disciplinas diferentes em um mesmo projeto, como explicitado na figura 6. “Com essa interoperabilidade, se elimina a necessidade de réplica de dados de entrada que já tenham sido gerados e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos durante o processo de projeto.” (ANDRADE e RUSCHEL, 2009). A possibilidade de sincronização de vistas contribui para um trabalho colaborativo, em que diferentes profissionais trabalham concomitantemente em um único arquivo no mesmo servidor, desde que no mesmo software. Assim, o projeto é atualizado constantemente e de forma automática. Em contrapartida, no CAD seria necessário que um profissional enviasse seu trabalho para o outro a medida em que alterações são feitas. Logo, a percepção de incompatibilidades só seria possível após tal envio, a partir da sobreposição de arquivos de disciplinas distintas e identificação pelo olhar humano – o que é passível de erros que possam passar despercebidos.

Para o desenvolvimento de projetos em múltiplos softwares BIM, o IFC – “*Industry Foundation Classes*” – é o formato de arquivo gerado a fim de garantir uma padronização do arquivo, preservando os dados dos projetos na transição de um software para outro.

Figura 6 – Comparativo CAD x BIM



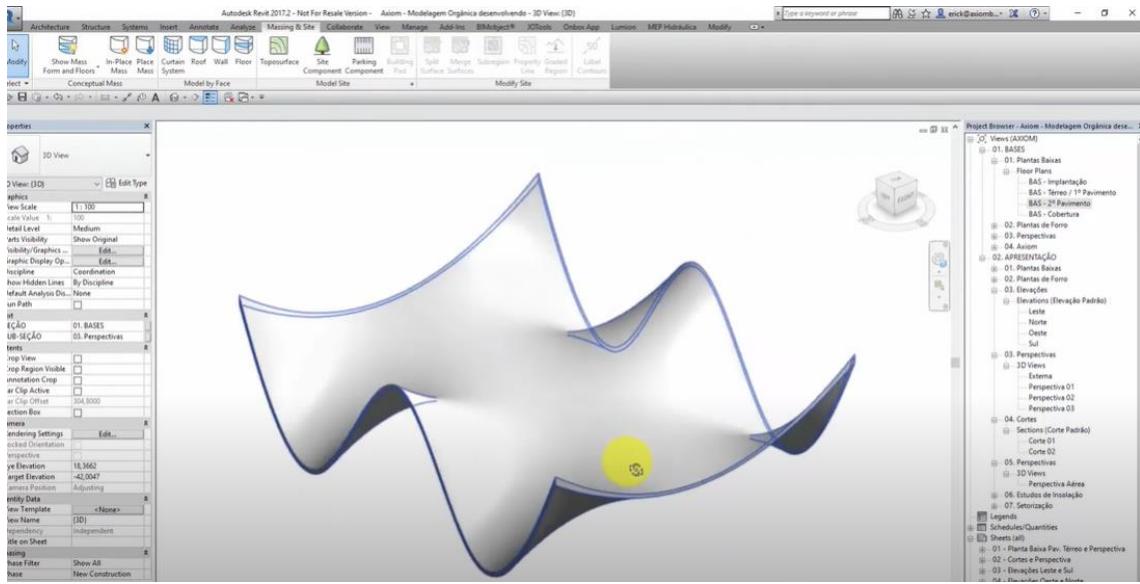
Fonte: SPBIM, 2021.

Por fim, como descrito no item 2 para a 5^a e 6^a dimensão do BIM, através dessa metodologia é possível extrair uma lista precisa de quantitativos e atribuir parâmetros de custo unitário e por m² aos elementos, resultando em uma estimativa de orçamento de obra acurada e atualizada à medida em que os valores unitários são alterados. Também é possível vincular o modelo a ferramentas de análise energética durante as etapas de pré-projeto, atributo esse que não é possível com as ferramentas 2D – as quais exigem análises de energia em separado ao final do projeto (EASTMAN et al., 2014). Como consequência dessas análises, surgem diversas oportunidades de modificações a fim de melhorar o desempenho energético da construção e, assim, a sua qualidade.

2.2.1.3 Benefícios à Construção e Fabricação

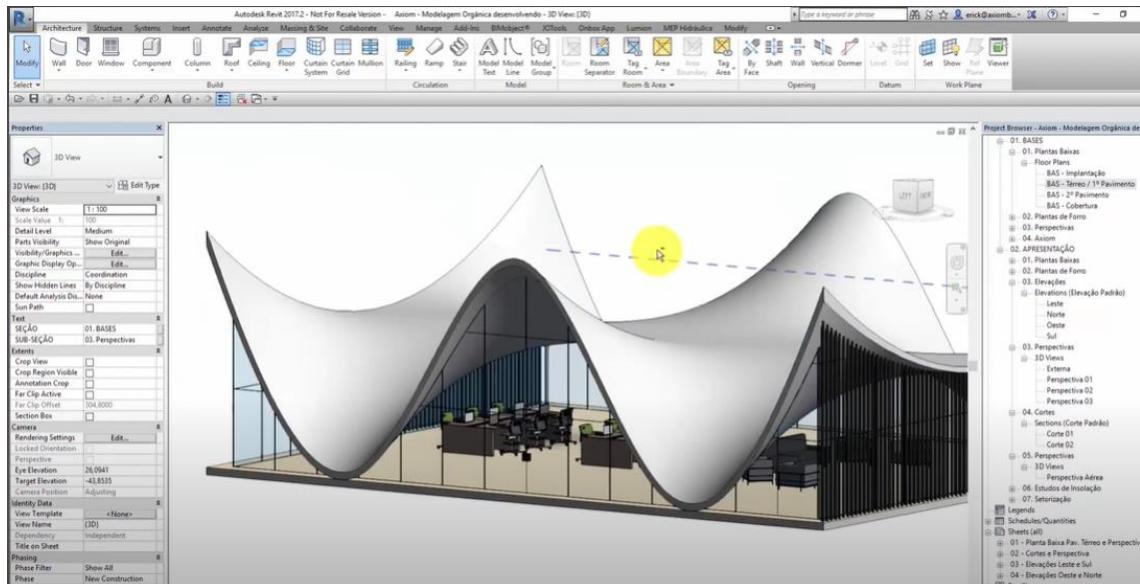
Para a etapa de construção, tendo em vista que os componentes são projetados em 3D com a tecnologia BIM, pode-se utilizar esse atributo para modelar peças de aço, componentes pré-moldados e fabricação de vidros, por exemplo (EASTMAN et al., 2014). Assim, torna-se possível fabricar objetos personalizados que não são encontrados prontos no mercado. Nas figuras 7 e 8 abaixo, utilizou-se o Revit – software com tecnologia BIM – para modelar a laje de uma residência.

Figura 7 – Modelagem de laje orgânica no Revit



Fonte: Erick Mark, Youtube (2018)

Figura 8 – Modelagem de laje para residência no Revit



Fonte: Erick Mark, Youtube (2018)

Ademais, tendo em vista que a modelagem é em 3D e cooperativa entre as diferentes disciplinas (estrutural, elétrico, hidrossanitário etc), os conflitos entre os projetos são identificados antes da sua detecção no decorrer da obra, tornando o processo de construção mais rápido e fluido, minimizando a probabilidade de disputas jurídicas por atrasos imprevistos e, assim, fomentando a redução de custos indesejados.

2.2.2 Contexto Global do BIM

Antes da invenção dos computadores e softwares de desenvolvimentos de projetos, todos os projetos eram desenvolvidos manualmente em pranchetas e em papeis. Porém, com a invenção do computador em 1946, houve uma grande evolução tecnológica, possibilitando o surgimento de novas tecnologias na elaboração de projetos de construção civil. Segundo Maria (2008), a indústria de softwares gráficos teve início no seu desenvolvimento a partir do ano de 1960, possibilitando que os computadores se tornassem ferramentas para a engenharia. Os softwares CAD (Computer Aided Drawing) e o CAM (Computer Aided Manufacturing) são alguns exemplos de ferramentas desenvolvidas para a elaboração de projetos.

O PRONTO foi o primeiro CAM, desenvolvido em 1957 pelo Dr. Patrick J. Hanratty, conhecido como o pai do CAD/CAM. Todavia somente com o desenvolvimento do SKETCHPAD, por Ivan Sutherland em 1963, surgiu o primeiro editor gráfico conhecido, possibilitando a criação de objetos manipulados individualmente. No início da década de 1980, a Autodesk, em parceria com a Intel, lança o Autocad R1.

Apesar da diversidade de softwares CAD na época, a capacidade de processamento dos computadores pessoais não atendia aos requisitos mínimos para o funcionamento, fazendo com que fossem popularizados softwares com menor uso de processamento, como afirmado por Ayres Filho e Scheer (2007). Logo, difundiu-se a versão geométrica do CAD, a qual apresentavam formas geométricas mais primitivas, como linhas e arcos.

Apesar do CAD ter se consolidado como principal software para a elaboração de projetos de engenharia e arquitetura, notou-se enorme dificuldade na análise completa dos projetos – visto que dependia exclusivamente da capacidade do observador de interpretar corretamente a informação armazenada (AYRES FILHO e SCHEER, 2007). Tal dificuldade foi observada sobretudo em edifícios de múltiplos pavimentos uma vez que as plantas não apresentam vínculos claros, sendo necessária a atualização manual de cada planta baixa em caso de alterações. Ademais, a dificuldade de transportar uma informação entre as plantas fragiliza o desempenho do processo, fomentando a ocorrência de erros. Diante dos problemas enfrentados, o Prof. Charles M. Eastman do Instituto de Tecnologia da Georgia publicou um artigo sobre o BPM (Building Product Model), que descreve um sistema

onde a representação dos elementos do projeto é baseada em informações geométricas associadas aos elementos. Assim, seria possível desenvolver os projetos ao mesmo tempo em que cortes, vistas e relatórios de quantitativos são gerados e atualizados automaticamente. Tais atributos constituíram as primeiras ideias do que viria a ser o BIM (EASTMAN et al., 2008).

Inspirado nessa ideia, a empresa alemã Nemetschek criou o primeiro software BIM, em 1980, batizado de Allplan. Contudo, o termo BIM foi consolidado com o desenvolvimento do software Revit, em 1990, pela empresa Autodesk - sendo considerado a evolução mais promissora da época referente aos métodos de desenhos para a engenharia civil. A partir daí, o Revit passa a ser amplamente difundido e utilizado pelas empresas no Brasil e no contexto global, contribuindo para a disseminação da tecnologia BIM.

2.2.2.1 Disseminação do BIM na Europa

O governo do Reino Unido, motivado pelo desperdício e baixo desempenho do setor de construção - que correspondia a 7% do PIB em 2013 - reconheceu a tecnologia BIM como um elemento fundamental para o desenvolvimento da indústria, traçando estratégias para ampliar a adoção do BIM e estabelecendo metas que envolvem desde os projetistas até os clientes finais.

Para atingir essas metas, foram desenvolvidos diversos protocolos e guias para padronizar a modelagem da informação e disseminar o conhecimento técnico. Além disso, foram designados atores líderes que incluem instituições governamentais, empresas privadas – como empreiteiras -, e instituições da área acadêmica, as quais desempenham um papel fundamental na implementação e consolidação efetiva dessa metodologia.

Assim como o Reino Unido, demais países da União Europeia também implementaram estratégias para a ampliação do uso da tecnologia. Segundo Kassem e Amorim (2015), obteve-se os seguintes resultados sobre o nível de adoção da tecnologia na União Europeia:

- Na Holanda, estabeleceu-se o uso obrigatório do BIM e do IFC a partir de novembro de 2011 para projetos governamentais de grande porte com valor acima de 10 milhões de euros, bem como em grandes projetos de manutenção

de edificações. Além disso, está em desenvolvimento uma biblioteca de elementos e regulamentações, e um guia de acordos colaborativos foi elaborado por institutos de pesquisa, associações, empreiteiras, entre outros, para fornecer um padrão a ser seguido.

- Na Finlândia, a empresa pública Senate Properties, vinculada ao Ministério das Finanças Finlandês, desempenha um papel importante na promoção da adoção do BIM no país. A partir de outubro de 2007, a empresa começou a exigir o uso de BIM/IFC em seus projetos, além de desenvolverem um guia intitulado "Exigências comuns do BIM 2012" – o qual estabelece objetivos específicos voltados para o BIM em novas construções e reformas.
- Na Noruega, a Statsbygg é a principal entidade responsável pela concepção e implementação das estratégias do BIM. Após seu estabelecimento, as diretrizes para o uso do BIM foram desenvolvidas e tornaram-se obrigatórias para todos os projetos públicos a partir de 2010.
- Na França, de acordo com uma pesquisa realizada pela McGraw Hill Construction em 2010 – a qual corresponde a uma das principais empresas fornecedoras de informações do setor de construção nos Estados Unidos -, o BIM é adotado por 40% dos arquitetos, 29% das empreiteiras, 44% dos engenheiros e 38% da indústria em geral. Embora o uso do BIM não seja obrigatório no país, a taxa de adoção é considerada alta.

2.2.3 Implementação do BIM no Brasil

No contexto brasileiro, o BIM teve um dos primeiros casos registrados de utilização em 2002, no escritório do arquiteto Luiz Augusto Contier. A implementação do BIM no país, porém, tem sido um processo gradual e concentrado sobretudo na fase de projeto de edifícios no setor privado (Radüns e Pravia, 2013). No âmbito do setor público, a aplicação do BIM em projetos de infraestrutura ainda é limitada, sendo as grandes empreiteiras as líderes na sua utilização. Empresas como a Petrobras, a Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro (CEDURP) e o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) têm desempenhado um papel de destaque nesse processo.

Com o avanço da digitalização e a crescente demanda por processos mais eficientes e sustentáveis na indústria da construção, os órgãos governamentais passaram a adotar diversas medidas para fomentar o uso da tecnologia BIM. Nesse sentido, em 2009 foi estabelecida a ABNT/CEE-134, uma Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, com o propósito de desenvolver normas técnicas relacionadas ao BIM. Como resultado desse trabalho, foram criados os seguintes produtos:

- A norma NBR ISO 12006-2:2015, intitulada "Construção de edificação - Organização da informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação de informação". Essa norma tem como objetivo servir de base para sistemas nacionais de informação, possibilitando a troca de dados em projetos internacionais e no comércio exterior.
- A norma NBR 15965-1:2011, que aborda o "Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1: Terminologia e estrutura", e a norma NBR 15965-2:2011, que trata do "Sistema de classificação da informação da construção - Parte 2: Características dos objetos da construção". Ambas as normas têm como finalidade estabelecer um sistema de classificação para a informação da construção, facilitando a organização e a padronização dos dados.

Em maio de 2017, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) lançou a "Coletânea de Normas Técnicas de Modelagem de Informação", englobando partes da NBR 15965 e da NBR ISO 12006-2:2018. Esse documento abrange terminologia, classificação de objetos da construção, processos de construção e estruturas para a classificação de informações e visa padronizar os componentes de construção utilizados nos modelos BIM. Além disso, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), em parceria com o Ministério da Indústria e do Comércio Exterior e Serviços (MDIC), lançou a plataforma BIM BR e a biblioteca pública brasileira de BIM (BRASIL, 2018), em que os usuários podem acessar manuais e guias de projeto, localizar profissionais e empresas com experiência em BIM, bem como realizar o download e o upload de objetos virtuais de forma gratuita - tornando o acesso à tecnologia mais acessível.

Além dos exemplos citados acima, em 5 de junho de 2017 foi estabelecido o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modeling por meio de

um decreto que, posteriormente, foi revogado e substituído em 2018 - o qual instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling. De acordo com o artigo 2º desse decreto, os objetivos da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling são:

"Art. 2º A Estratégia BIM BR tem os seguintes objetivos específicos:
 I - difundir o BIM e seus benefícios;
 II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
 III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
 IV - estimular a capacitação em BIM;
 V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
 VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
 VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM; VIII - estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e
 IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM." (BRASIL,2018, p.1)

O decreto também estabelece metas para o crescimento da indústria da construção civil em 9,7% e um aumento de produtividade em 10% caso a utilização do BIM pelas empresas seja multiplicada por dez em 10 anos. Assim, projeta-se um acréscimo de cerca de 28,9% no PIB da indústria da construção (CBIC, 2018).

Para fortalecer a implementação do BIM no Brasil, além dos decretos federais, foi criada em agosto de 2017 a Câmara Brasileira de BIM (CBIM), que visa discutir políticas públicas para a adoção do BIM, bem como regulamentar e normatizar os procedimentos relacionados a essa tecnologia. A Câmara conta com membros presentes no Comitê Federal (CE-BIM), o que permite uma colaboração entre essas entidades.

Juntamente com a CBIM Nacional, foram estabelecidas representações regionais, abrangendo todos os estados brasileiros e o Distrito Federal. Embora esteja em processo de criação de seu estatuto, a CBIM já está atuando em várias frentes para disseminar o BIM, incluindo a realização de palestras em eventos relacionados ao tema.

Além das iniciativas legais, existem diversos materiais disponíveis no país que abordam o BIM. Um exemplo é a Coletânea de Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras, produzida pela CBIC em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Essas entidades estão utilizando uma

variedade de meios, como materiais educativos e cursos, para disseminar o conhecimento sobre o BIM.

Como resultado dessas iniciativas, juntamente com a disseminação facilitada da informação por meio dos meios de comunicação, houve um aumento significativo do interesse na metodologia BIM no Brasil. Isso resultou em um maior acesso ao conhecimento e a oportunidades de treinamento especializado no uso de softwares relacionados ao BIM, proporcionando um melhor preparo e capacitação dos profissionais.

2.3 COMPATIBILIZAÇÃO

A compatibilização de projetos é a integração dos diferentes projetos de uma construção, como arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias, e visa a garantia de que todos os elementos estejam em harmonia a fim de que sejam construídos de forma eficiente. Nesse sentido, a etapa de projeto é de grande importância, uma vez que é a partir dele que se estabelecem as diretrizes, características e especificações do empreendimento, possibilitando a determinação da viabilidade da construção no âmbito técnico, financeiro e ambiental.

Segundo Oliveira e Freitas (1997), embora a fase de execução seja responsável por uma parcela significativa dos custos de uma obra, é durante a etapa de projeto que se estabelecem entre 70% e 80% do custo total da construção. Assim, investir em um projeto bem elaborado é crucial para que a construção evolua de maneira fluida, garantindo um ótimo resultado – mesmo que exija um maior investimento inicial. Como exemplo, a elaboração de um projeto de qualidade afeta diretamente o cronograma da obra, permitindo um planejamento mais eficiente da construção. Com todas os detalhes e informações bem definidos, é possível estabelecer um cronograma realista, determinar os recursos necessários e antecipar possíveis desafios, reduzindo a ocorrência de atrasos e custos adicionais. Portanto, um projeto bem elaborado e completo auxilia a identificar interferências antes da execução da obra e, assim corrigi-los, evitando retrabalhos e desperdícios.

Logo, a fase de projeto é um processo complexo, que compreende a elaboração de vários subsistemas que atuam de forma conjunta e colaborativa em um empreendimento para, assim, formarem os projetos executivos. Nesse sentido, quanto maior o número de subsistemas, maior o número de informações trocadas

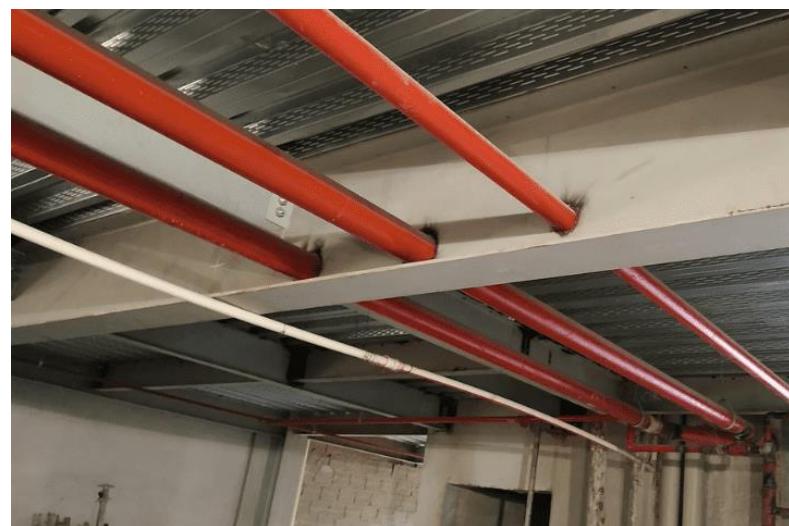
entre os projetistas. No entanto, nem sempre essa troca ocorre de forma eficiente, podendo resultar em incompatibilidades entre os projetos. Nas figuras abaixo, verifica-se a ocorrência de algumas dessas incompatibilidades.

Figura 9 – tubulação furando viga estrutural



Fonte: Neo Ipsum, 2020.

Figura 10 – Tubos de gás perfurando vigas metálicas



Fonte: Jonatas Alexandre, 2021.

Figura 11 – incompatibilização entre corrimão e porta para mangote de incêndio



Fonte: Engenharia 360, 2022.

2.3.1 Relevância da compatibilização de projetos

De acordo com Callegari e Barth (2007), a compatibilização de projetos consiste na integração entre os diferentes projetos de uma obra, com o intuito de identificar interferências entre os sistemas e, assim, corrigi-los – minimizando os retrabalhos e o desperdício de materiais. Dessa forma, assegura-se os padrões de controle de qualidade da obra.

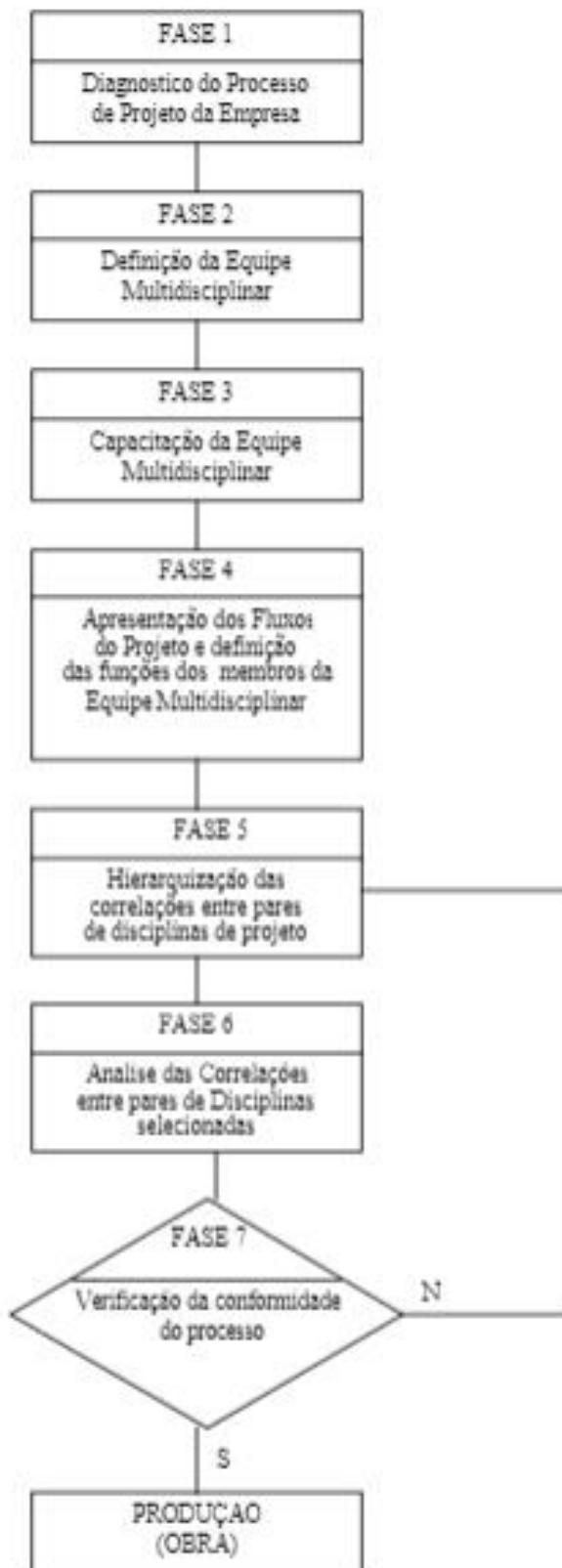
Para Mikaldo (2008), a compatibilização de projetos é definida como o processo que torna os projetos compatíveis, proporcionando soluções integradas e, assim, tornando o empreendimento exequível.

Já para Tavares Junior (2001), a “compatibilização de projetos torna-se uma ferramenta necessária para a melhoria da qualidade do projeto pela eliminação das não-conformidades apresentadas pelos mesmos”.

A partir dessas premissas, nota-se a importância da compatibilização para identificação de interferências físicas e tecnológicas entre os projetos. Nesse sentido, as principais causas dessas incompatibilidades são:

- Falta de uma coordenação e comunicação assertiva entre as equipes responsáveis pelos diferentes projetos. A falta de troca de informações e discussões conjuntas pode levar a decisões isoladas que não levam em consideração o impacto nas outras disciplinas. Além disso, um grande número de envolvidos no projeto e a sua elaboração por diversos escritórios também dificultam a coordenação e troca de informações;
- Diferentes requisitos e normas técnicas, visto que cada disciplina da construção possui suas próprias referências normativas. Se esses requisitos não forem considerados e alinhados desde o início do projeto, podem surgir conflitos entre eles. Por exemplo, um sistema de ventilação pode não ser adequado de acordo com as normas de segurança contra incêndio.
- Mudanças e atualizações à medida que o projeto avança e novas informações adquiridas, de modo que, se não forem devidamente comunicadas e coordenadas entre as equipes, podem surgir incompatibilidades entre os projetos;
- Erros de interpretação ou omissões de detalhes importantes durante a elaboração dos projetos. Por exemplo, a ausência de uma informação relevante no projeto estrutural pode resultar em interferências com a instalação hidráulica;
- Restrições de espaço e limitações físicas. Por exemplo, a falta de espaço para passagens de dutos ou tubulações pode provocar interferências com outras disciplinas. A figura 12 apresenta o fluxograma do desenvolvimento do modelo de compatibilização de projetos, elaborado por Tavares (2007);

Figura 12 – Fluxograma de desenvolvimento de compatibilização de projetos



Fonte: TAVARES, 2007.

- Compatibilização entre os projetos somente ao final das contribuições individuais, desprezando as compatibilizações durante o processo de elaboração dos projetos;
- Ausência de tecnologias colaborativas no processo construtivo, como o BIM (Building Information Modeling), que permitam a integração e compatibilização dos projetos. A falta de visualização em 3D e a incapacidade de detectar interferências de forma antecipada podem resultar em problemas durante a construção.

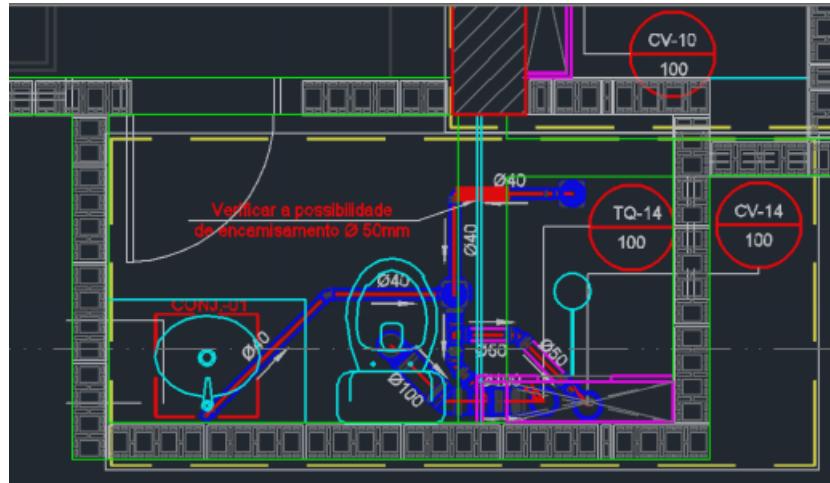
Assim, nota-se que as principais causas das incompatibilidades envolvem uma comunicação precária entre as equipes de cada disciplina, resultado de um planejamento deficiente e da adoção de tecnologias defasadas - que não promovem a visualização e atualização dos projetos em tempo real pelos envolvidos. Sendo assim, o uso de tecnologias colaborativas como o BIM auxilia na redução das incompatibilidades entre os projetos, fomentando uma melhoria na eficiência e qualidade da construção. Por conseguinte, evita-se gastos inesperados em decorrência dessas interferências durante a obra, garantindo, assim, o cumprimento do prazo estipulado para sua finalização.

2.3.2 Detecção de interferências no CAD e BIM

2.3.2.1 Detecção de interferências no CAD 2D

Apesar ser uma prática usada há anos, muito antes do surgimento do BIM, a análise das interferências entre os diversos projetos de uma edificação utilizando o CAD 2D é ineficaz e imprecisa (MONTEIRO et al., 2017). Isso se dá pois a compatibilização dos projetos é feita mediante a sobreposição entre eles de forma manual, tornando a identificação de interferências confusa, falha e a critério do olho humano – sendo passível de erros. Assim, com o surgimento de tecnologias que fazem uso do BIM, o CAD 2D é cada vez mais deixado de lado, dando lugar aos novos softwares. Na figura 13 abaixo, é perceptível a visualização confusa e bagunçada ao se compatibilizar projetos utilizando a tecnologia bidimensional.

Figura 13 – sobreposição de projeto hidrossanitário e estrutural no CAD 2D



Fonte: MONTEIRO et al., 2017.

Assim, as principais desvantagens de se utilizar softwares 2D para a compatibilização de projetos englobam:

- Limitação espacial: o CAD 2D não possui objetos paramétricos, ou seja, os elementos são apenas representações bidimensionais chamadas de “layers”. Assim, a compreensão completa de como os elementos se relacionam em um espaço tridimensional pode ser dificultada, levando a possíveis erros ou omissões na compatibilização. Do mesmo modo, caso o projetista deseje alterar a posição ou os valores geométricos de uma parede, por exemplo, tal modificação deverá ser feita em todas as vistas, visto que não há automação.
- Falta de detalhamento: o CAD 2D geralmente fornece uma representação simplificada dos objetos em detrimento de um modelo 3D completo. Isso pode levar à falta de informações importantes que podem ser fundamentais a uma compatibilização correta dos projetos, tendo em vista que alguns detalhes podem ser difíceis de se representar adequadamente em 2D.
- Dificuldade na identificação de interferências complexas: embora seja possível identificar interferências básicas usando o CAD 2D, certas interferências mais complexas e sutis podem passar despercebidas. Isso ocorre porque a visualização em 2D pode não revelar totalmente a relação espacial entre diferentes elementos do projeto. Assim, interferências em diferentes níveis de profundidade ou colisões entre elementos tridimensionais podem ser mais difíceis de serem identificadas apenas em um ambiente 2D.

- d) Processo de revisão e alterações: fazer alterações ou revisões em desenhos realizados no CAD é um processo lento e sujeito a erros. Isso ocorre pois é necessário atualizar manualmente todos os desenhos relacionados, o que aumenta o risco de inconsistências e erros humanos.
- e) Coordenação entre disciplinas: a coordenação entre projetos de várias disciplinas é um processo desafiador, visto que as atualizações nos projetos não são feitas de forma automática e simultânea – como ocorre no BIM. A compatibilização é feita somente após a finalização dos projetos, visto que não se tem acesso aos mesmos de outras disciplinas em tempo real, mas somente se os projetistas encaminharem versões dos projetos entre si. Por conseguinte, é provável o surgimento de inconsistências diante da dificuldade de comunicação entre as equipes.

2.3.2.2 Detecção de interferências no BIM

Com o uso dos softwares BIM, a detecção de interferências entre os projetos é feita durante a sua elaboração, e não somente após a geração de um projeto final. Dessa forma, enquanto o projetista modela um projeto, é possível vincular outros já existentes (ex.: projeto estrutural) e verificar se seu traçado conflita com as demais disciplinas, o que possibilita a realização de alterações imediatas em caso de interferências detectadas. Os próprios softwares BIM possuem ferramentas que permitem testes de conflitos, mas também é possível utilizar programas de análise que rodam testes de incompatibilidades mais complexos.

A coordenação entre os profissionais envolvidos na elaboração dos projetos das diferentes disciplinas permite o seu desenvolvimento simultâneo, descartando a necessidade de esperar que um projeto seja finalizado por um profissional para, assim, ser encaminhado a outro projetista – que irá compatibilizar com seu projeto e dar continuidade a ele. Com isso, melhora-se o trabalho em grupo, mesmo que os projetos sejam elaborados em escritórios distintos. Com o BIM, a atualização automática garante que as informações modificadas cheguem ao conhecimento de todos os envolvidos em um projeto.

Outrossim, diferentemente do CAD, os objetos são tridimensionais e paramétricos, permitindo uma visualização dos elementos de maneira clara, rápida e automatizada. Dessa forma, seguindo o mesmo exemplo para o CAD, se o projetista

desejar modificar uma parede de lugar ou a sua espessura, tais mudanças são feitas instantaneamente em todas as vistas em que ela está presente. Além disso, a possibilidade de gerar vistas 3D, cortes e várias vistas variadas de forma automatizada também é um fator que auxilia da detecção visual dos conflitos, o que é dificultado no caso dos projetos em 2D.

Uma característica diferencial da tecnologia BIM consiste na possibilidade de compatibilizar projetos realizados em softwares distintos, de fabricantes diferentes. Como já citado anteriormente, pode-se exportar os arquivos no formato IFC e vinculá-los em um software comum, transformando-os em um único modelo com todas as informações inseridas na modelagem - sem que informações valiosas sejam perdidas (SENA, 2012).

Logo, o modelo integrado e tridimensional gerado pela tecnologia BIM possibilita a detecção rápida e precisa de interferências entre as diversas disciplinas que compõem um projeto, possibilitando que alterações antecipadas sejam feitas de forma rápida e automatizada. Esses benefícios reduzem custos, evitam erros e retrabalhos durante a execução da obra, assegurando uma melhoria na eficiência geral do processo de projeto e construção.

Apesar das vantagens descritas anteriormente a respeito do uso da tecnologia BIM na elaboração e compatibilização de projetos, de acordo com SOUZA et al. (2009), pesquisas realizadas em escritórios de engenharia e arquitetura apontam que as maiores vantagens decorrentes do seu uso foram a facilidade em realizar mudanças nos projetos, a facilidade de visualização devido às vistas 3D, além da minimização dos erros nos desenhos. Contudo, também foram coletadas dificuldades na implementação da tecnologia, a exemplo do tempo necessário para o treinamento da equipe e o tamanho dos arquivos gerados - sendo necessária a aquisição de computadores mais potentes.

2.4 SOFTWARES BIM

A seguir, serão apresentadas as ferramentas BIM mais utilizadas atualmente, as quais podem ser utilizadas simultaneamente em um mesmo projeto entre os projetistas de diferentes disciplinas.

2.4.1 Revit

O software Revit é uma ferramenta desenvolvida pela Autodesk destinada a ajudar as equipes de arquitetura, engenharia e construção (AEC) a elaborar projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações prediais. Dentre os seus principais atributos, destacam-se a modelagem de formas, estruturas e sistemas em 3D de forma exata, precisa e com facilidade; parametrização das formas; simplificação da documentação do trabalho com tabelas, elevações e plantas geradas e modificadas automaticamente; além da centralização e unificação do projeto entre as equipes multidisciplinares, em que todos os membros de uma equipe podem colaborar em tempo real (AUTODESK, 2023). Por conseguinte, o processo de criação e documentação de um projeto torna-se mais eficiente e preciso.

Na figura 14 exibida abaixo, pode-se visualizar a torre de Shangai, a qual foi renderizada no Revit.

Figura 14 – Torre de Shangai renderizada pelo Revit

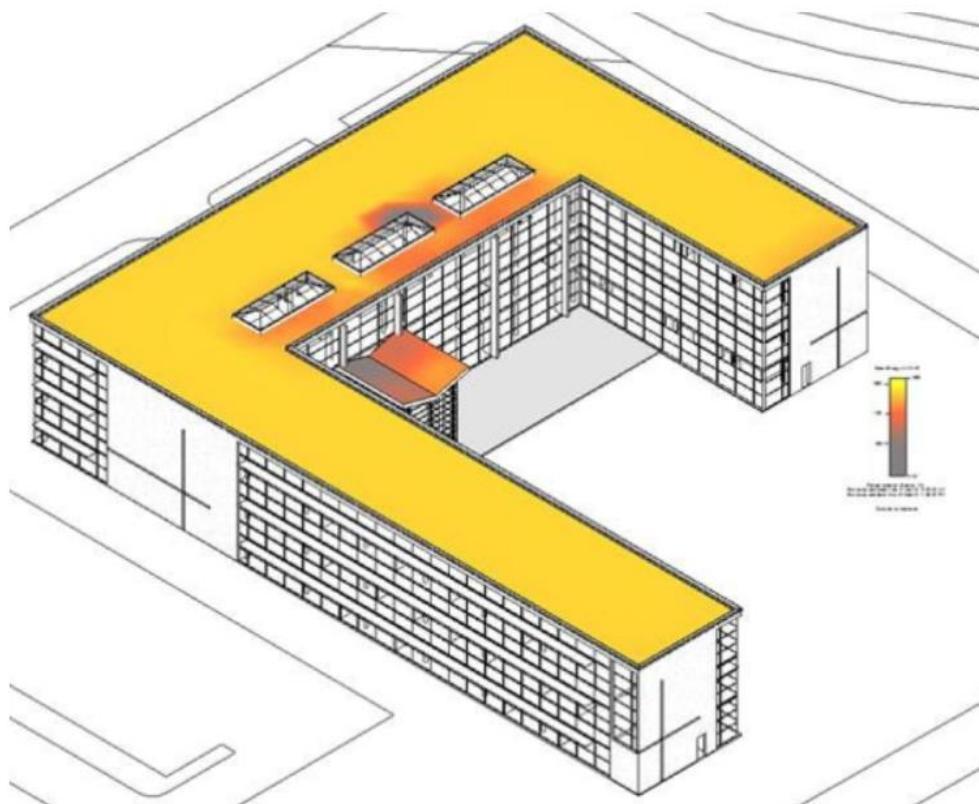


Fonte: Autodesk, 2012.

O software também contempla as dimensões 5D e 6D, possibilitando a elaboração de tabelas quantitativas, listas de materiais e a realização de análises de eficiência energética (ALVES et al., 2012), simulação de iluminação, colisões e fluxo

de trabalho, permitindo que os profissionais avaliem a viabilidade e desempenho de um projeto antes mesmo de se iniciar sua execução. Na figura 15, observa-se uma análise solar realizada sobre uma edificação, no Revit.

Figura 15 – análise solar no Revit



Fonte: Autodesk, 2023.

Em se tratando da modelagem dos componentes, o Revit possui uma numerosa biblioteca de elementos paramétricos personalizados – as “famílias” -, como portas, janelas, móveis, luminárias, equipamentos mecânicos, dentro outros. Com elas, os projetistas podem criar modelos detalhados e consistentes, facilitando a visualização, modificação, documentação e análise do projeto. As famílias são compostas de parâmetros e geometria, permitindo que os usuários modifiquem suas propriedades e características, como dimensões e materiais. Existem três tipos principais de famílias no Revit:

- a) Famílias de Sistema: são famílias pré-definidas pelo Revit e incluem elementos básicos, como paredes, pisos, tetos, escadas etc. Elas são fornecidas pelo Software e podem ser personalizadas pelo projetista (AUTODESK, 2023).

- b) Famílias de componentes/carregáveis: São famílias criadas e personalizadas pelos usuários de acordo com suas necessidades. Por exemplo, um arquiteto pode desenvolver uma família de porta com dimensões e características únicas para atender aos requisitos do seu projeto. Essas famílias podem ser salvas e reaproveitadas em diferentes projetos através da ferramenta “Inserir componente”.
- c) Famílias no local: são elementos únicos criados através da modelagem geométrica no local, quando se necessita um elemento específico do projeto atual. Semelhante às famílias carregáveis, as famílias no local também são criadas utilizando as ferramentas do Editor de família. Elas são muito utilizadas na elaboração de móveis planejados, por exemplo.

No âmbito dos projetos complementares, o Revit possui extensões especializadas desenvolvidas pela Autodesk focadas na modelagem de elementos estruturais, sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos: o Revit Estrutural e Revit MEP.

O Revit Estrutural oferece um conjunto de ferramentas e recursos específicos da engenharia estrutural, possibilitando a criação de modelos digitais 3D de lajes, vigas, pilares, fundações, escadas etc. Os principais recursos disponibilizados são:

- Reforços de concreto: é possível modelar armaduras de concreto em 3D, além de documentar e detalhar os desenhos de fabricação com tabelas de dobras dos vergalhões (AUTODESK, 2023).
- Análise estrutural: o software possui integração com ferramentas de análise estrutural, permitindo a realização de análises estáticas e dinâmicas de estruturas. Assim, pode-se desenvolver o modelo físico do projeto no Revit enquanto se realiza a análise em outros aplicativos. (AUTODESK, 2023).

O Revit MEP – “Mechanical, Electrical and Plumbing” - , por sua vez, possui os recursos específicos para profissionais da área de instalações e sistemas prediais. Com essa versão do software, é possível criar modelos 3D detalhados dos sistemas MEP, como sistemas de ventilação, ar condicionado, iluminação, energia elétrica, encanamento, exaustão, dentre outros. Dentre seus principais atributos, tem-se:

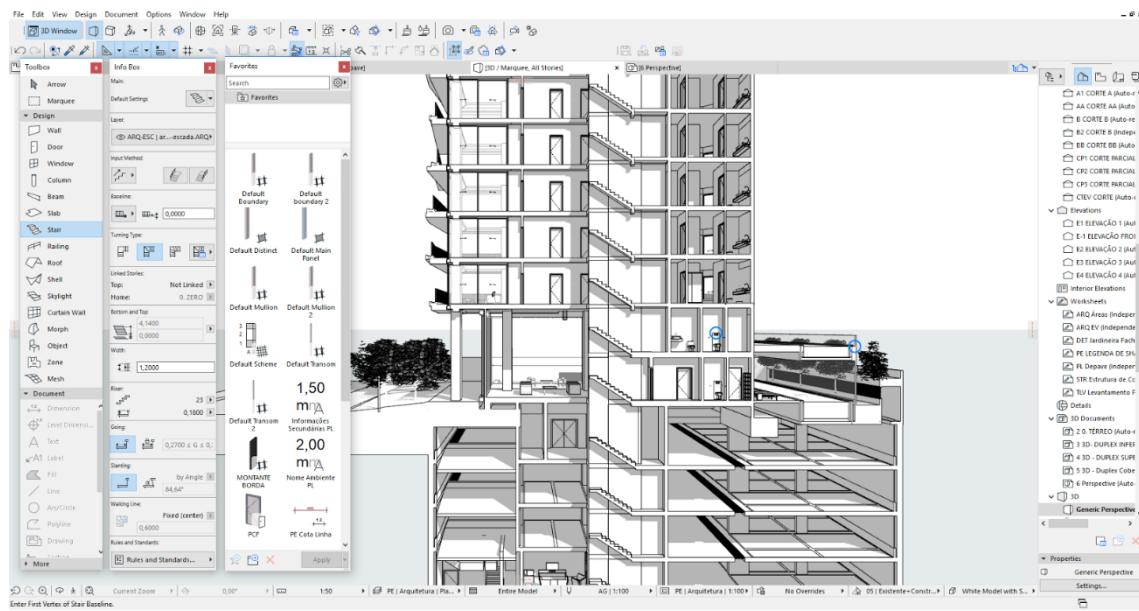
- Geração automática de desenhos técnicos, diagramas de circuitos elétricos, layout das tubulações e listas de materiais;
- Avaliação de desempenho energético, simulação de iluminação e fluxo de ar;
- Detecção de interferências e incompatibilidades entre os sistemas;
- Verificação de requisitos normativos.

Em suma, o Revit é uma ferramenta poderosa e abrangente para modelagem de informações da construção, e ajuda os profissionais a projetar, visualizar, analisar e documentar projetos de maneira eficiente e colaborativa. Consequentemente, garante-se melhoria na qualidade do trabalho e redução dos custos e erros ao longo do processo de construção.

2.4.2 ArchiCAD

Desenvolvido pela Graphisoft, o ArchiCAD é um software BIM que oferece recursos avançados de modelagem, documentação e colaboração para arquitetos e engenheiros. Assim como o Revit, os principais atributos do ArchiCAD envolvem a criação de modelos virtuais 3D detalhados de edifícios e estruturas; modelagem integrada e colaborativa multidisciplinar em um arquivo único, o qual é atualizado em tempo real; geração automática de plantas, vistas, cortes e quantitativos a partir do modelo 3D; e a parametrização dos elementos, ou seja, os objetos possuem propriedades e comportamentos específicos que podem ser configurados e personalizados (ARCHICAD, 2023). Também é possível exportar os dados do projeto em formato IFC e BFC (BIM Collaboration Format).

Figura 16 – Exemplo de projeto elaborado no ArchiCAD

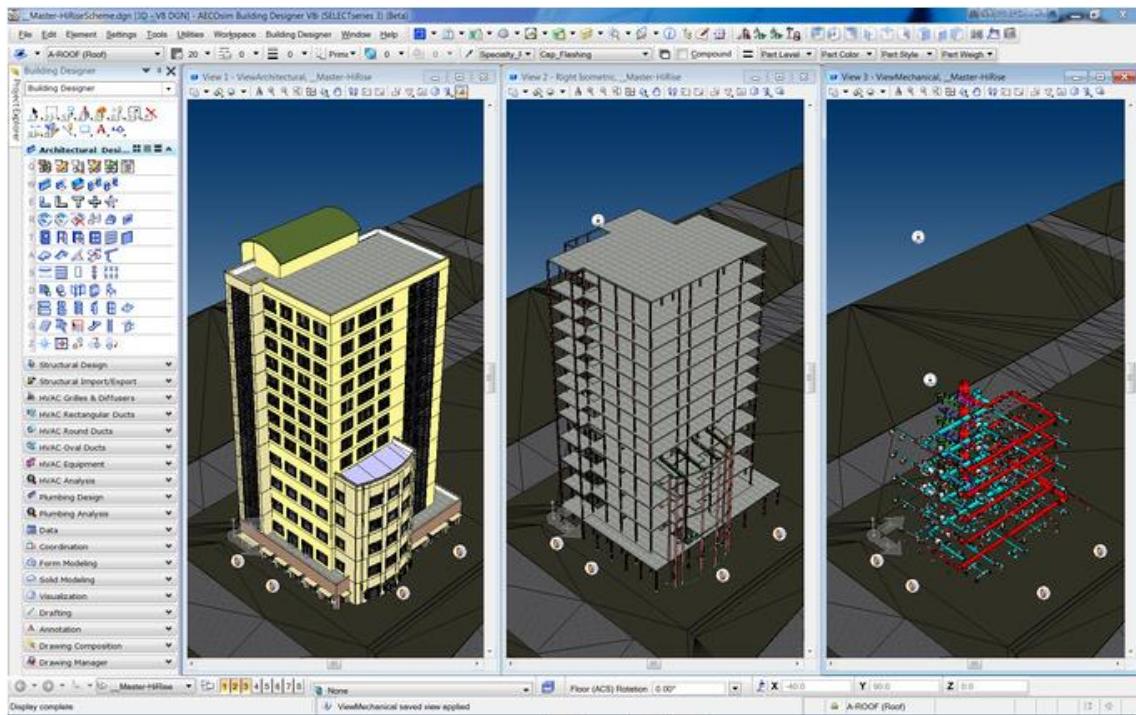


Fonte: Graphsoft, 2017

2.4.3 Bentley AECOsim Building Designer

O Bentley AECOsim Building Designer é um software BIM desenvolvido pela Bentley Systems que atende às necessidades de projetos de construção e infraestrutura. Com ele, é possível modelar estruturas de aço, concreto, madeira, fundações, além de gerar cortes, plantas, elevações e vistas 3D de maneira automática. Semelhante ao Revit, a Bentley possibilita a integração com outras aplicações da plataforma, como a Bentley Building Mechanical Systems, Bentley Building Electrical Systems e a Bentley Navigator, permitindo a elaboração e colaboração de sistemas hidrossanitários, elétricos, mecânicos, tratamento de ar, detecção de incêndio, dentre outros. O software também permite a análise de desempenho da edificação, como cálculos anuais de energia, emissão de carbono, cargas de pico e custos de combustível (BENTLEY, 2023).

Figura 17 – projeto desenvolvido no Bentley AECOsim Building Designer



Fonte: Tadviser, 2017.

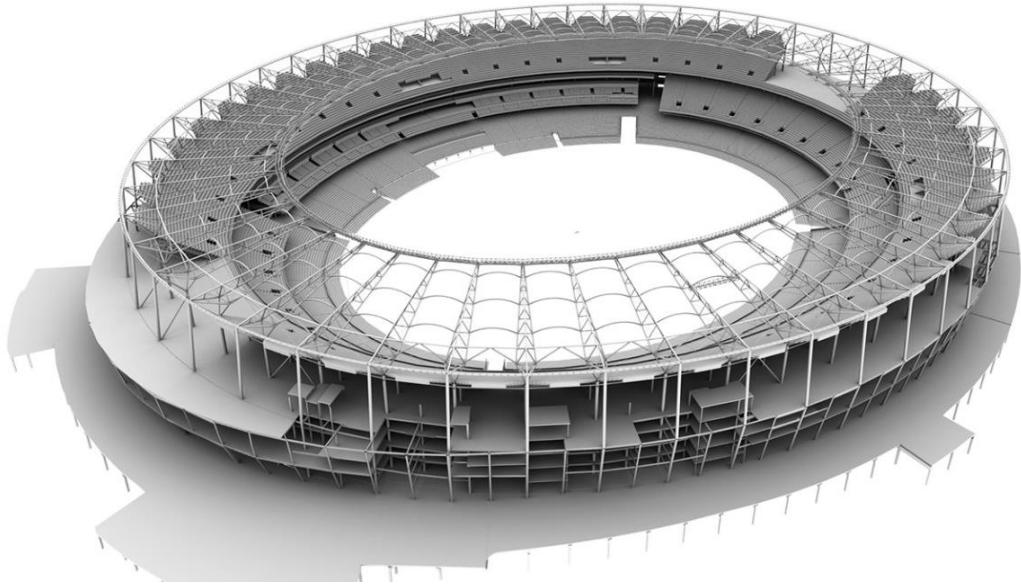
2.4.4 Tekla Structures

Desenvolvido pela empresa norte americana “Trimble”, o software fornece uma modelagem precisa e detalhada sobre o projeto de Engenharia Estrutural. Uma vez que adota a tecnologia BIM, com o Tekla é possível criar modelos integrados em um arquivo único e parametrizados, sendo muito utilizado para analisar estruturas de edifícios, pontes, torres e plataformas offshores.

Sua principal vantagem é a capacidade de análise de estruturas complexas. Assim, os Engenheiros podem aplicar cargas, realizar simulações e obter resultados detalhados, permitindo a verificação da resistência e estabilidade da estrutura. Ademais, o software também oferece ferramentas de detecção de interferências e colisões, ajudando a evitar problemas durante a fase de construção.

Para analisar interferências com instalações MEP e arquitetura, porém, deve-se exportar o modelo por meio do formato IFC para outros softwares que contemplem esses projetos (TEKLA, 2023). O Tekla BIMsight, por exemplo, é a ferramenta utilizada para colaboração entre esses diversos projetos, podendo, assim, realizar alterações em casos de possíveis conflitos.

Figura 18 – Estrutura do Estádio Optus desenvolvida no Tekla Structures

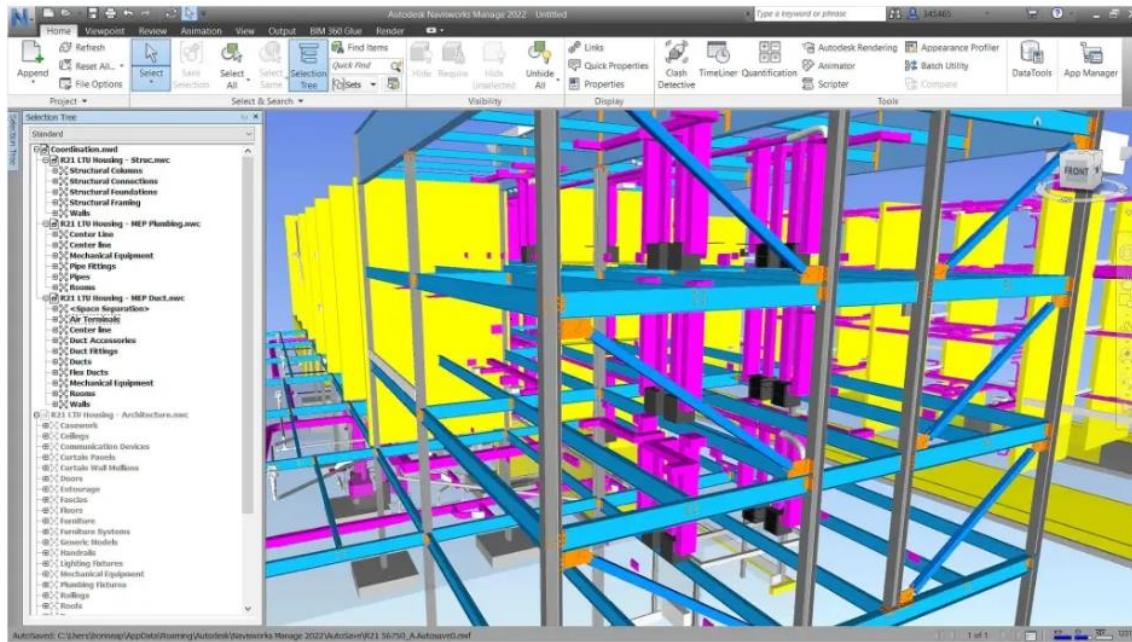


Fonte: Tekla, 2023

2.4.5 Navisworks

O Navisworks é um software de gerenciamento de projetos e coordenação de construção desenvolvido pela Autodesk, sendo amplamente utilizado para a visualização e revisão de projetos 3D. Ele permite a combinação de modelos 3D de diferentes disciplinas em um mesmo ambiente, mesmo que os arquivos sejam de diferentes formatos, como o Revit, AutoCAD, Tekla Structures etc, permitindo aos usuários a verificação de interferências e a compatibilização entre os projetos em um só lugar. Assim, pode-se identificar áreas onde os elementos se sobrepõem ou entram em conflito, prevenindo erros e problemas durante a execução da edificação (AUTODESK, 2023). Além disso, os usuários podem navegar e explorar o modelo em 3D, aplicando filtros para visualizar elementos específicos e criando animações.

Figura 19 – Compatibilização de projetos usando o Navworks.



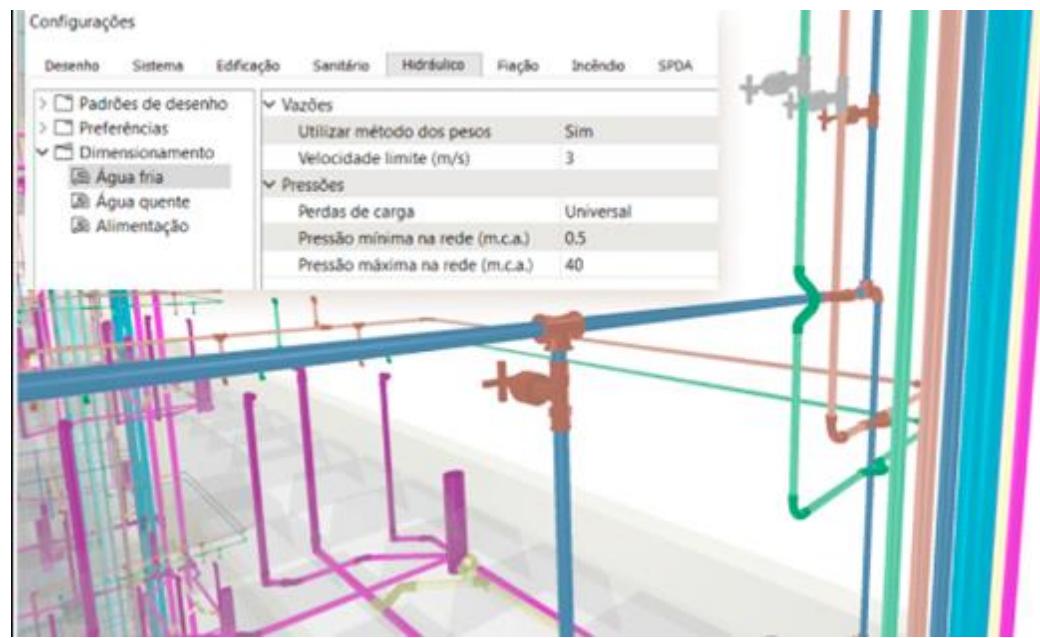
Fonte: Autodesk, 2023.

2.4.6 Qi Builder

O QiBuilder é um software desenvolvido pela empresa AltoQi, e é amplamente utilizado para o projeto e documentação de sistemas hidrossanitários, elétricos, preventivos de incêncio, SPDA, gás etc. O software oferece uma gama de recursos para auxiliar os projetistas no cálculo, dimensionamento, compatibilização e documentação dos projetos, garantindo que estejam dentro das referências normativas brasileiras. A ferramenta permite ao usuário a geração de isometrias, cortes, diagramas, memoriais de cálculo e extração de quantitativos (AltoQi, 2023), garantindo uma visualização facilitada e de qualidade dos projetos.

Outro atributo do Qi Builder consiste na possibilidade de exportar os dados do software em formato BFC para que possam ser explorados em outras plataformas BIM.

Figura 20 – desenvolvimento de projeto no software Qi Builder



Fonte: Alto Qi, 2023.

3 METODOLOGIA

3.1 PREDEFINIÇÕES

Para efeitos deste projeto de graduação, como explicitado anteriormente, elaborar-se-á o projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar a partir do qual serão dimensionados e modelados os projetos hidrossanitário e elétrico. A estrutura da edificação também será obtida a partir da arquitetura definida, contudo, seu dimensionamento e plotagem não constam no escopo deste projeto de graduação.

A edificação a ser projetada consiste em uma unidade unifamiliar de dois pavimentos que será situada no condomínio Riviera Park, no bairro Jucu - Vila Velha. A família “persona” que residirá no local é composta por quatro membros, sendo eles um casal de jovens adultos e dois filhos. Com base nos desejos pessoais da família captados em um *briefing* fictício, é possível determinar o número de cômodos e banheiros, o estilo da cozinha, o número de vagas de garagem, componentes da área externa, a distribuição dos cômodos entre os pavimentos, os tipos de eletrodomésticos, dentre outros itens inerentes à satisfação dos residentes. Nesse sentido, definiu-se que a casa será composta por:

- 1 suíte para o casal com closet situada no pavimento superior. Os donos do imóvel também desejam uma varanda, se possível;
- 1 suíte para a filha no pavimento superior;
- 1 suíte para o filho no pavimento superior;
- Escritório no pavimento superior para home office;
- Lavabo no pavimento térreo;
- Cozinha ampla integrada com a sala, equipada com cooktop, geladeira, máquina de lavar louças, forno e microondas;
- Despensa para estocagem dos alimentos;
- Lavanderia com tanque e máquina de lavar;
- Sala de jantar;
- Sala de TV integrada com a sala de jantar;
- Área gourmet nos fundos externos com churrasqueira, bancada para manuseio dos alimentos, pia e cervejeira;
- Jardim dos fundos;

- Garagem para dois carros;
- Pé direito duplo na entrada da residência;

No âmbito das instalações hidrossanitárias, a edificação terá reservatório de água fria, o qual abastecerá todos os pontos de água da casa. Não haverá reservatório de água quente, de modo que a água proveniente dos chuveiros terá aquecimento elétrico. Por fim, em se tratando das instalações elétricas, deve-se prever Tomadas de Uso Específico (TUE's) e Tomadas de Uso Geral (TUG's) para os equipamentos supracitados, além de dois quadros de distribuição de circuitos (QDC's) - um para cada pavimento.

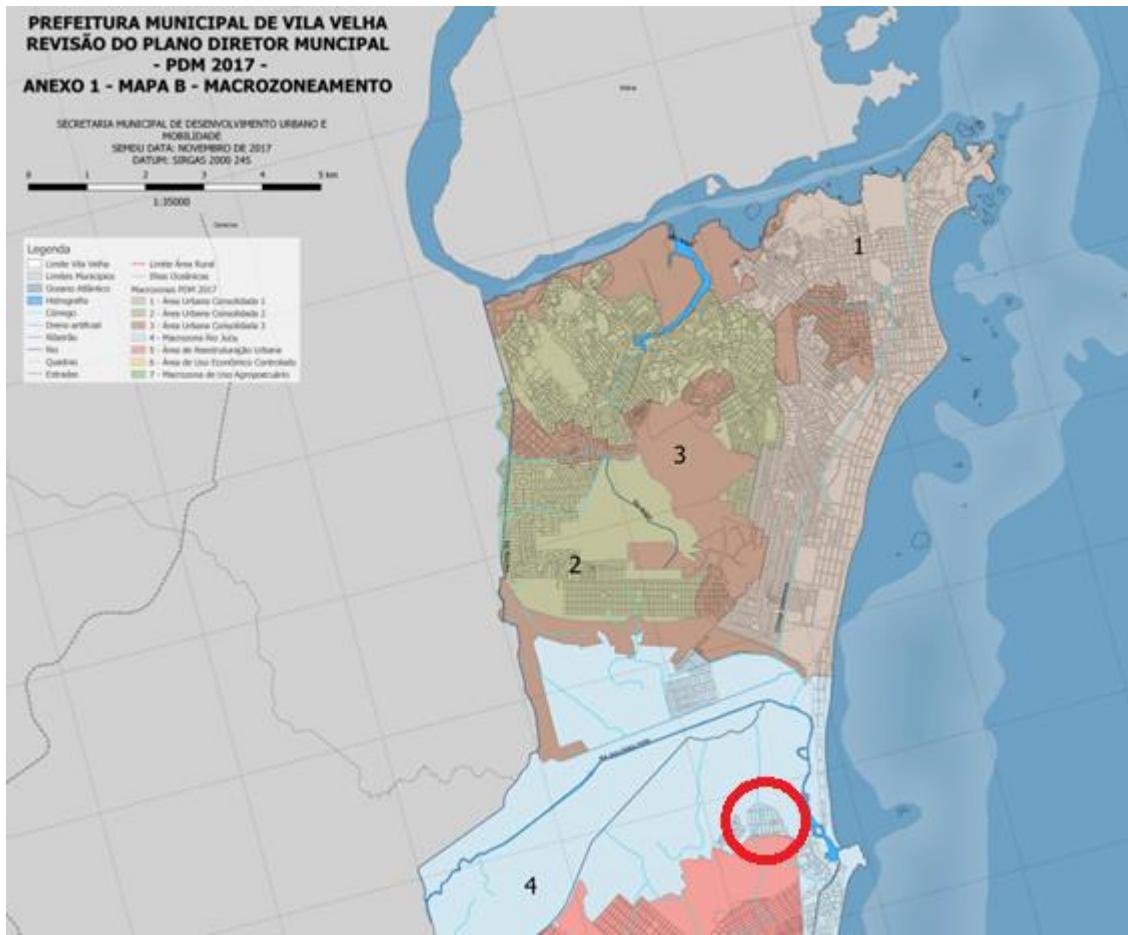
3.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Antes de se iniciar o projeto Arquitetônico, é necessário consultar as legislações municipais a fim de garantir que o projeto a ser executado esteja condizente com os pré-requisitos estabelecidos pela Lei local. Diante disso, através das análises do Código de Edificações e do Plano Diretor Municipal do município, é possível retirar algumas informações imprescindíveis para a elaboração do projeto como Coeficiente de Aproveitamento, Taxa de Ocupação, Taxa de Permeabilidade, altura máxima da edificação, afastamentos mínimos frontais, laterais e dos fundos, gabarito máximo, dimensões e áreas mínimas dos cômodos; dimensões mínimas de portas e de ambientes de circulação; dimensões mínimas de escadas; pé direito mínimo; dentre outros.

3.2.1 Cálculo dos índices urbanísticos

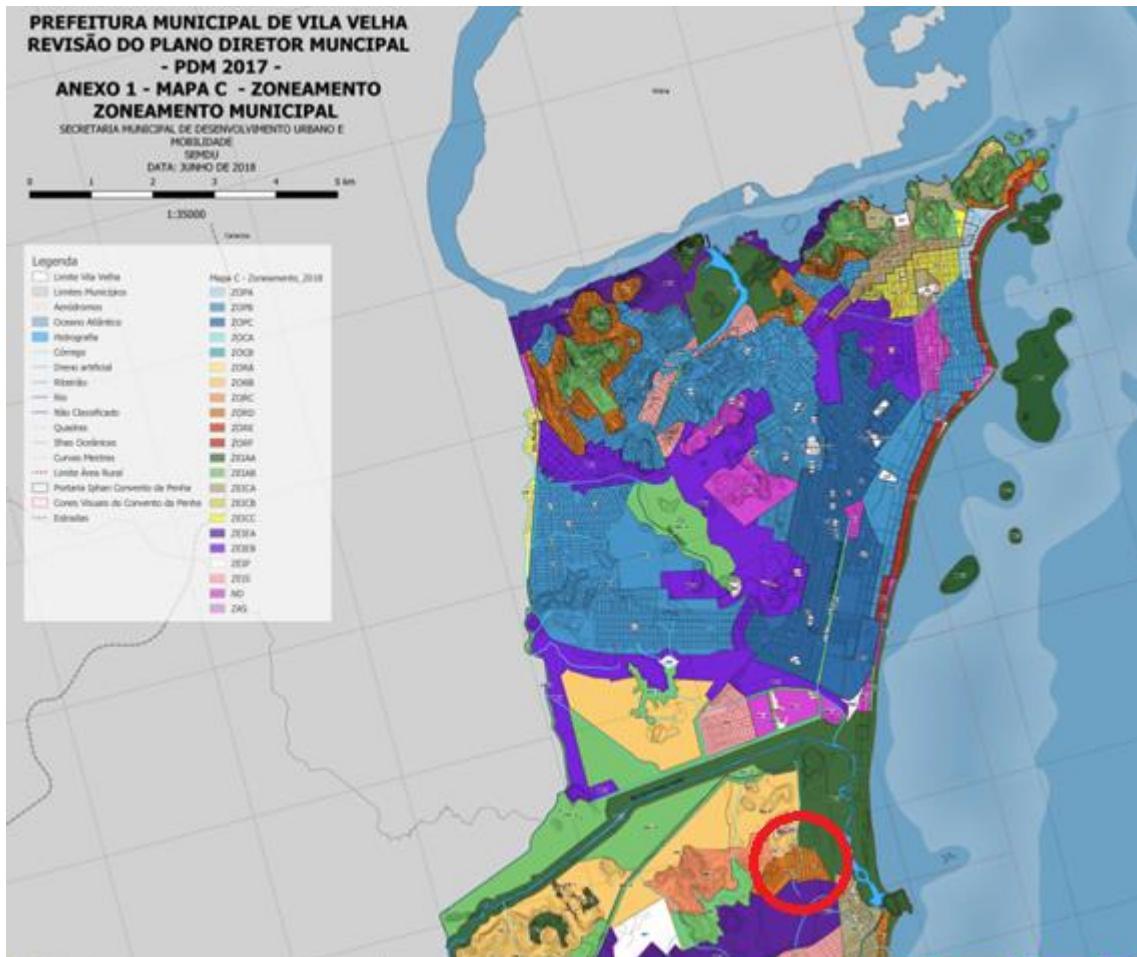
Os índices urbanísticos a serem cumpridos são definidos pelo Art. 100º da Lei nº 4.575/2007 – alterada pela Lei nº 65/2018, e dependem da Zona de ocupação em que se encontra a edificação. De acordo com a Lei nº 4575/2007, que trata do Plano Diretor Municipal de Vila Velha, a edificação está situada na Macrozona do Rio Jucu, mais especificamente na Zona de Ocupação Restrita B (ZOR -B), como mostram as figuras 21 e 22.

Figura 21 - Macrozoneamento no município de Vila Velha.



Fonte: Lei nº 4.575/2007, alterada pela lei nº 65/2018.

Figura 22 - Zoneamento no município de Vila Velha.



Fonte: Lei nº 4.575/2007, alterada pela lei nº 65/2018.

Assim, através da tabela 01 para a ZOR – B, os parâmetros urbanísticos limites a serem atendidos são especificados.

Tabela 1 - Parâmetros Urbanísticos - ZOR-B

ÍNDICES URBANÍSTICOS	PARÂMETROS ZOR-B
Coeficiente de aproveitamento (CA)	0,8 - básico
Taxa de Ocupação Máxima (TO)	50%
Taxa de Permeabilidade Mínima (TP)	35%
Gabarito	3 (três) pavimentos
Altura da Edificação	15 m
Altura Máxima da Edificação	*
Afastamento Mínimo Frontal	3 m
Afastamentos Mínimos Laterais e de fundos	1,5 m **

Fonte: Lei nº 4.575/2007, alterada pela lei nº 65/2018.

O Coeficiente de Aproveitamento (CA), a Taxa de Ocupação (TO) e a Taxa de Permeabilidade (TP) podem ser calculadas utilizando as equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$CA = \frac{ATC}{AT} \quad (1)$$

$$TO = \frac{APH \times 100}{AT} \quad (2)$$

$$TP = \frac{AP \times 100}{AT} \quad (3)$$

Onde:

ATC - Área Total Computável;

AT - Área Total do Terreno;

APH - Área de Projeção Horizontal da Edificação; e

AP - Área Permeável.

3.2.2 Definição dos parâmetros construtivos

De acordo com a Lei nº46/2016, que institui o Código de Edificações Gerais do Município de Vila Velha, ficam definidos valores limites de parâmetros construtivos como dimensões mínimas de cômodos; altura e largura mínima de portas; iluminação e ventilação mínimas por cômodo; largura e altura mínima útil em escadas; áreas mínimas de cômodos; dentre outros. Na tabela 02 a seguir é possível visualizar alguns desses valores.

Tabela 2 - Parâmetros máximos e mínimos - Código de Edificações Gerais de Vila Velha

MÁXIMOS E MÍNIMOS	VALORES
Altura mínima de peitoris e guarda-corpo	1,10 m
Distância mínima entre o beiral do telhado e o lote vizinho	0,70 m
Altura mínima de portas	2,10 m
Largura mínima de portas	0,80 m * 1,10 m **
Largura mínima espaços de circulação	0,80 m
Altura mínima livre em escadas	2,40 m
Largura mínima útil em escadas	1,10 m
* portas de banheiros, de serviço, cozinhas, dormitórios;	
**porta principal	

Fonte: Lei nº 46/2016.

Para o dimensionamento de escadas, o Art. 204 da Lei nº 46/2016 determina que os degraus tenham altura do espelho (h) entre 16 cm e 18 cm e largura do degrau (b) compreendida pela fórmula de Blondel (4):

$$63 \text{ cm} \leq (2h + b) \leq 65 \text{ cm} \quad (4)$$

Por fim, no âmbito dos vãos de iluminação e ventilação, a tabela 03 a seguir apresenta as dimensões mínimas, áreas mínimas, iluminação e ventilação mínimas e pé direito mínimo por cômodo da edificação.

Tabela 3 - Requisitos mínimos das dimensões dos vãos de iluminação e ventilação

Requisitos mínimos	Hall e Lavabo	Sala	Cozinha e Copa	Quarto	Espaço Multiuso	Banheiro Social	Área Serviço	Quarto Serviço	Depósito Serviço	Banheiro Serviço	Garagem (Vaga)	Porões e Sótãos
Menor Dimensão	0,90	2,30	1,50	2,00	2,00	1,20	1,20	2,00	1,20	0,80	2,30	-
Área Mínima	1,00	10,00	4,50	7,00	7,00	2,50	1,60	4,00	1,60	1,60	10,35	-
Iluminação e Ventilação Mínimas	-	1/6	1/8	1/6	1/6	1/8	1/10	1/6	1/10	1/8	1/20	1/10
Pé Direito Mínimo (m)	2,30	2,60	2,30	2,60	2,60	2,30	2,30	2,60	2,60	2,30	2,30	2,30
Revestimento Parede	Reboco e pintura	Impermeável até 1,50 m no box	Reboco e pintura	Reboco e pintura	Reboco e pintura	Impermeável até 1,50 m no box	Reboco e pintura	Reboco e pintura				
Revestimento Piso	Cimentado	Cimentado	Cimentado	Cimentado	Cimentado	Impermeável	Impermeável	Cimentado	Cimentado	Impermeável	Cimentado	Cimentado

Fonte: Lei nº 46/2016.

Todos os cômodos de permanência prolongada (quartos e salas) devem possuir vãos de iluminação voltados para o exterior, podendo ser por meio de varandas e sacadas (VILA VELHA, 2016).

3.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO

Para a elaboração dos projetos de instalações hidrossanitárias, compostos pelos sistemas de abastecimento de água fria, sistemas de águas pluviais e sistema de esgoto sanitário, devem ser respeitados os dispostos pelas seguintes normas:

- NBR 5626 - Sistemas prediais de água fria e água quente;
- NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário;
- NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais.

3.3.1 Instalações de água fria

As instalações de água fria de uma residência compreendem todos os componentes hidráulicos desde o dispositivo de medição de consumo (hidrômetro) até os pontos de utilização de água da edificação, que visam ao abastecimento dos aparelhos em quantidade suficiente e com qualidade (CARVALHO, 2017).

De acordo com a NBR 5626:2020, as instalações prediais de água fria devem atender aos seguintes requisitos:

- Preservar a potabilidade da água;
- Promover a economia de água e energia;
- Considerar o acesso para verificação e manutenção;
- Prever setorização adequada do sistema de distribuição;
- Minimizar ocorrências de patologias;
- Proporcionar o equilíbrio de pressões da água fria e quente;
- Evitar níveis de ruído inadequado;
- Proporcionar conforto aos usuários;
- Garantir o fornecimento de água de forma contínua e em quantidade adequada, mantendo pressões e velocidades compatíveis com o bom funcionamento dos aparelhos sanitários.

Antes de se iniciar o dimensionamento, deve-se definir o tipo de abastecimento da rede interno, podendo ser direto, indireto ou misto, além de conhecer o material que irá compor as tubulações.

3.3.1.1 Sistemas de abastecimento

Como falado anteriormente, são três os tipos de sistemas de abastecimento predial: direto, indireto e misto (CARVALHO, 2017). No sistema direto, a alimentação da rede de distribuição é feita diretamente da rede pública, não havendo reservatório intermediário entre a alimentação e a distribuição para os pontos de abastecimento. Dessa forma, o abastecimento é feito de forma ascendente. A desvantagem desse tipo de abastecimento é que, caso haja problemas que provoquem a interrupção do fornecimento de água pública, faltará água na edificação.

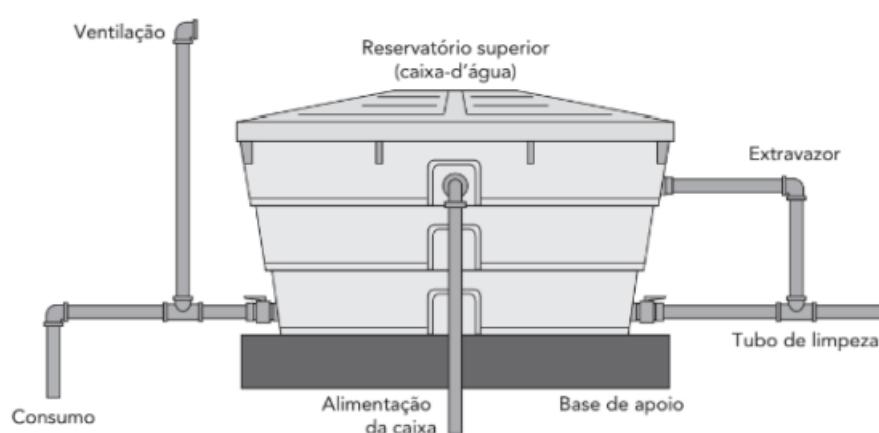
No caso do sistema indireto, são adotados reservatórios que recebem a água proveniente do abastecimento público, a partir dos quais será distribuída para os pontos de utilização. Nesse sistema, pode-se utilizar bombas quando a pressão da rede pública não é suficiente – como ocorre em edificações com mais de três andares. Nesses casos, um reservatório inferior é utilizado, de onde a água é bombeada até um reservatório superior e levada aos pontos de abastecimento por gravidade. Também é possível a adoção de um equipamento de pressurização a partir de um reservatório inferior.

Por fim, o sistema misto de distribuição concilia parte da alimentação diretamente da rede pública, enquanto a outra parte se dá por reservatório superior – por gravidade. Esse sistema é mais usual visto que algumas peças podem ser alimentadas diretamente da rede pública como torneiras de jardim, tanques ou edícula. (CARVALHO, 2017).

3.3.1.2 Dimensionamento dos reservatórios

Nas residências de pequeno a médio porte, os reservatórios geralmente são industrializados e posicionados na cobertura, acima ou abaixo do telhado. Em sua instalação, recomenda-se um espaçamento mínimo livre em seu entorno de 60 cm, com exceção de reservatórios de volume superior a 1000L – cujo espaçamento mínimo pode ser 45 cm (CARVALHO, 2017).

Figura 23 - Reservatórios Industrializados.



Fonte: CARVALHO, 2017.

Para o dimensionamento das caixas d'água, primeiro é necessário determinar o consumo de água. Para tanto, são utilizadas tabelas a fim de verificar a taxa de ocupação em função da natureza da edificação e o consumo *per capita* por pessoa. A fórmula 5 é a utilizada para determinar o consumo diário de água.

$$CD = C \times NP \quad (5)$$

Onde:

CD – Consumo diário (L/dia);

C – Consumo diário per capita (L/hab/dia);

NP – Número de pessoas a serem atendidas (hab).

Tabela 4 - Consumo médio per capita por tipo de construção

Tipo de construção	Consumo médio (litros/dia)
Alojamentos provisórios	80 por pessoa
Casas populares ou rurais	120 por pessoa
Residências	200 por pessoa
Apartamentos	200 por pessoa
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 por hóspede
Escolas - internatos	150 por pessoa
Escolas - semi internatos	100 por pessoa
Escolas - externatos	50 por pessoa
Quartéis	150 por pessoa
Edifícios públicos ou comerciais	50 por pessoa
Escritórios	50 por pessoa
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Mercados	5 por m ² de área
Matadouros - animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Postos de serviço p/ automóveis	150 por veículo
Cavalaria	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m ²
Orfanato, asilo, berçário	150 por pessoa
Ambulatório	25 por pessoa
Creche	50 por pessoa
Oficina de costura	50 por pessoa

Fonte: Lei nº 46/2016.

Para residências e apartamentos, é comum adotar uma taxa de ocupação de 2 pessoas por dormitório (CARVALHO, 2017).

Contudo, o dimensionamento de reservatórios deve levar em consideração a possibilidade de falta de água por parte da rede pública e possíveis imprevistos. Assim, os reservatórios devem ter capacidade de volume tal que atenda um abastecimento por 48h (dois dias).

$$CR = CD \times 2 \quad (6)$$

Onde:

CR – Capacidade total do reservatório (L);

CD – Consumo diário (L/dia).

A altura da caixa d'água é determinada em função das pressões dinâmicas nos pontos de consumo de água, cujos valores mínimos correspondem a 0,5 m.c.a para qualquer ponto da rede e 1 m.c.a para os pontos de utilização (NETTO, 2015).

3.3.1.3 Dimensionamento do ramal predial, cavalete e alimentador predial

O ramal predial é a tubulação entre a rede pública de abastecimento e o hidrômetro, e o seu dimensionamento varia conforme o tipo de sistema de abastecimento. Para um abastecimento indireto, a vazão mínima de alimentação é obtida pela equação 7.

$$Q_{mín} = \frac{CD}{86400} \quad (7)$$

Onde:

Q mín – Vazão mínima (m³/s);

CD – Consumo diário (L/dia).

De acordo com a NBR 5626:2020, a vazão de abastecimento do reservatório deve ser tal que a reposição total do seu volume se dê em até 6 horas. No caso de residências unifamiliares, esse tempo de reposição deve ser de até 3 horas. Assim, a

vazão mínima expressa na fórmula anterior deve ser transformada de modo a atender essa exigência. Tendo em vista que 3 horas correspondem a 1/8 de um dia, por exemplo, basta multiplicar o consumo diário por 8 e proceder com os cálculos.

Definida a vazão mínima e fixando-se um valor de velocidade que atenda ao mínimo, substitui-se a equação 8 na equação 9 para obter a equação 10, a qual será utilizada para determinar o diâmetro mínimo do ramal predial.

$$A_{seção} = \frac{\pi D^2}{4} \quad (8)$$

$$Q = A_{seção} \times V_{mín} \quad (9)$$

$$D_{mín} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{mín}}{\pi \times V_{mín}}} \quad (10)$$

Onde:

$A_{seção}$ - área da seção do condutor (m^2);

$D_{mín}$ – Diâmetro mínimo da seção do condutor (m);

$V_{mín}$ - Velocidade mínima do escoamento (m/s);

$Q_{mín}$ – Vazão mínima (m^3/s);

Segundo a ABNT NBR 5626:2020, a velocidade na tubulação deve estar entre 0,60 m/s e 1 m/s. Logo, adotando-se como velocidade mínima o valor de 0,6 m/s, o diâmetro mínimo do ramal de entrada é encontrado.

Por sua vez, o cavalete consiste na canalização existente no interior do compartimento de concreto ou alvenaria que abriga o hidrômetro, fazendo a ligação entre o ramal predial e o alimentador predial (CARVALHO, 2017). As dimensões do abrigo são obtidas através da tabela 05, a qual está em conformidade com a Companhia Espírito-santense de Saneamento (CESAN) – concessionária responsável pelo abastecimento de água no local onde se situa a residência em estudo.

Tabela 5 - Dimensionamento do abrigo do cavalete

Ramal predial diâmetro D (mm)	Hidrômetro		Cavalete diâmetro D (mm)	Abrigo/dimensões: altura, largura e profundidade (m)
	Consumo provável (m ³ /dia)	Vazão característica (m ₃ /hora)		
20	5	3	20	0,85 x 0,65 x 0,30
25	8	5	25	0,85 x 0,65 x 0,30
25	16	10	32	0,85 x 0,65 x 0,30
25	30	20	40	0,85 x 0,65 x 0,30
50	50	30	50	2,00 x 0,90 x 0,40

Fonte: CARVALHO, 2017.

Por fim, de acordo com Carvalho (2017), o diâmetro do alimentador predial a ser adotado é o mesmo obtido para o ramal predial.

3.3.1.4 Dimensionamento dos ramais e sub-ramais de distribuição interna

Em uma edificação, as colunas de distribuição de água fria descem verticalmente a partir da caixa d'água e alimentam os ramais de cada pavimento, os quais alimentam os sub-ramais (CARVALHO, 2017). Os sub-ramais são os trechos de tubulação que alimentam diretamente as peças hidrossanitárias e seus diâmetros mínimos podem ser visualizados na tabela 6.

Tabela 6 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais

Peças de utilização	Diâmetro	
	DN (mm)	ref. (pol.)
Aquecedor de alta pressão	20	1/2
Aquecedor de baixa pressão	25	3/4
Banheira	20	1/2
Bebedouro	20	1/2
Bidê	20	1/2
Caixa de descarga	20	1/2
Chuveiro	20	1/2
Filtro de pressão	20	1/2
Lavatório	20	1/2
Máquina de lavar pratos ou roupas	25	3/4
Mictório autoaspirante	32	1
Mictório não aspirante	20	1/2
Pia de cozinha	20	1/2
Tanque de despejo ou de lavar roupas	25	3/4
Válvula de descarga	40*	1 1/4

* Quando a pressão estática de alimentação for inferior a 30 kPa (3 mca), recomenda-se instalar a válvula de descarga em sub-ramal com diâmetro nominal de 50 mm (1 1/2").

Fonte: BOTELHO e RIBEIRO, 2014.

Uma mesma coluna de distribuição pode se derivar em diversos trechos com diâmetros diferentes. Nesse sentido, porém, em caso de uso de válvulas de descarga, deve-se adotar uma coluna exclusiva a fim de evitar interferências com os demais pontos de utilização (CARVALHO, 2017).

Para os ramais que abastecem cada ambiente sanitário, um registro de gaveta deve ser instalado com o intuito de controlar o fluxo de água pela rede em caso de necessidade de manutenção. Ele normalmente é instalado a uma altura padronizada de 180 cm em relação ao piso acabado ou a 60 cm de altura em relação ao piso – altura essa recomendada quando se deseja esconder o registro dentro de alguma marcenaria. Em se tratando de chuveiros, deve-se instalar um registro de pressão a uma altura de 100 cm a 110 cm em relação ao piso acabado (CARVALHO, 2017).

Para o dimensionamento dos ramais do sistema de distribuição interno, para cada trecho da tubulação, é necessário o cálculo dos seguintes parâmetros: vazão, velocidade, perda de carga e pressão. Para tanto, primeiro define-se um diâmetro inicial que respeite os diâmetros dos sub-ramais definidos na tabela 06.

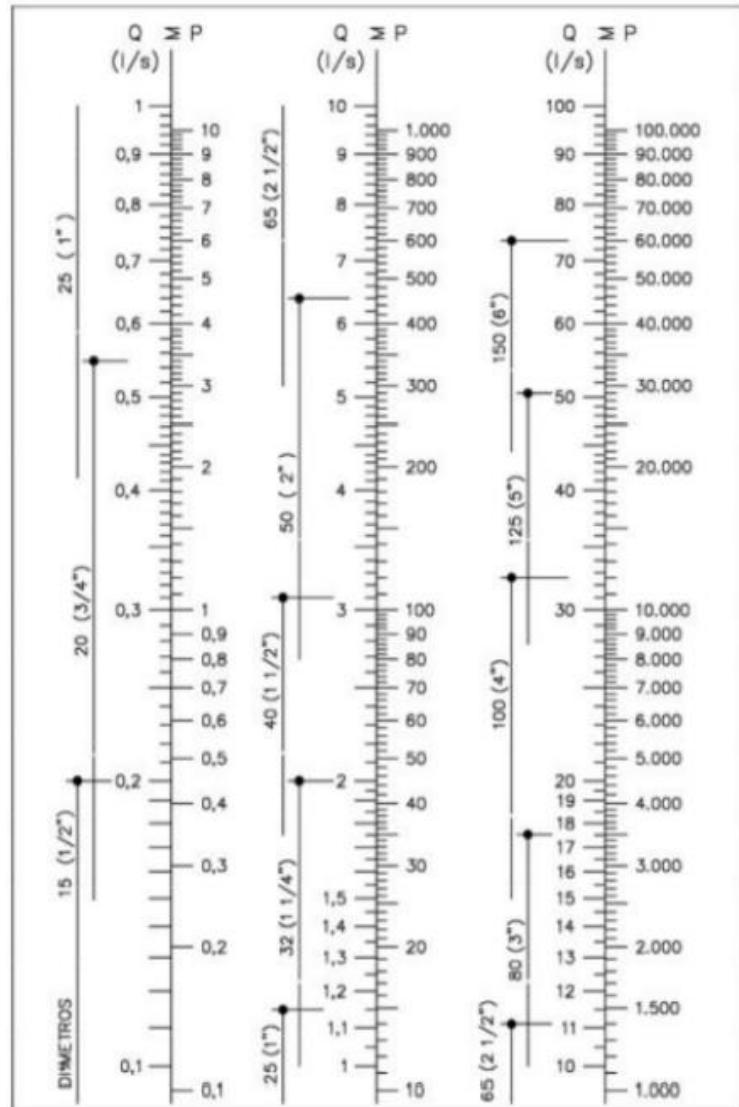
Cada aparelho possui um peso relativo que, quando somados, através do ábaco de Creder, relacionam-se com o diâmetro a ser adotado. Os pesos relativos dos equipamentos podem ser visualizados na tabela 07.

Tabela 7- Pesos relativos nos pontos de utilização, em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

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

Fonte: CARVALHO, 2017.

Figura 24 - Ábaco para encanamentos de cobre e PVC



Fonte: CREDER, 2006.

Dessa forma, para determinar o diâmetro de um ramal que atende um lavatório e uma bacia sanitária, por exemplo, toma-se os pesos relativos de ambos (0,3 para bacia sanitária e 0,3 para o lavatório), efetua-se a soma dos pesos individuais e correlaciona-se tal resultado com os diâmetros no ábaco da figura 24. Assim, para o exemplo proposto, um peso de 0,6 corresponde a um diâmetro do ramal igual a 20 mm para tubos soldáveis.

Para o cálculo da vazão, é necessário fazer uma estimativa do seu valor através de métodos empíricos ou probabilísticos. A vazão considerada no abastecimento deve ser tal que atenda a uma reposição total do reservatório em até seis horas ou, em caso de residências unifamiliares, em até três horas (CARVALHO, 2017).

- Método do Consumo Máximo Provável

O Método do Consumo Máximo Provável, também conhecido como Método dos Pesos Relativos, consiste em um método empírico para a determinação das vazões do projeto de água fria. Nele, deve-se estipular quais equipamentos do ramal a ser dimensionado serão utilizadas de maneira simultânea, somar os pesos e verificar o diâmetro correspondente a essa soma. A equação usada para o cálculo da vazão é dada pela fórmula 11.

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P} \quad (11)$$

Onde:

Q – Vazão estimada na seção considerada (L/s);

P – Peso relativo à peça de utilização, evidenciados na tabela 07.

Após o cálculo da vazão, calcula-se a velocidade da água (m/s) em cada trecho de tubulação em função do diâmetro interno do tubo, como evidencia a equação 12.

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi D^2} \quad (12)$$

De acordo com a NBR 5626:2020, recomenda-se que a velocidade máxima nas tubulações seja de até 3m/s para evitar a propagação de ruído. Além disso, é importante que se cumpra a seguinte condição.

$$v \leq 14 \times \sqrt{DI} \quad (13)$$

Onde:

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

DI – Diâmetro interno da tubulação, em m.

A figura 25 abaixo relaciona as dimensões das tubulações em função do tamanho da bitola, retirada do Catálogo da Tigre.

Figura 25 – Dimensões das tubulações do fabricante Tigre

Cotas	DIMENSÕES								
	20	25	32	40	50	60	75	85	110
B	32	32	32	40	50	60	70	77	91
D	20	25	32	40	50	60	75	85	110
e	1,5	1,7	2,1	2,4	3,0	3,3	4,2	4,7	6,1
L	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

Fonte: Catálogo Tigre, 2018.

A próxima etapa é o cálculo da pressão estática nas tubulações. Nesse sentido, a NBR 5626:2020 determina que a pressão estática entre os pontos de utilização não pode ultrapassar 40 m.c.a, ou seja, a diferença de altura entre o reservatório superior e o ponto mais baixo de abastecimento não deve superar 40 metros (CARVALHO JÚNIOR, 2017). Para o caso da pressão dinâmica, como já citado anteriormente, a pressão da água não deve ser inferior a 0,5 m.c.a nos ramais de distribuição e nem inferior a 1 m.c.a nos pontos de utilização.

O cálculo da pressão dinâmica em qualquer ponto do sistema é feito pela seguinte expressão:

$$P_{jusante} = P_{montante} \pm \text{desnível} - \text{perda de carga} \quad (14)$$

Onde:

$P_{jusante}$ – Pressão dinâmica a jusante do trecho considerado;

$P_{montante}$ – Pressão dinâmica a montante do trecho considerado;

Desnível – diferença entre cotas dos pontos que definem o trecho, sendo (+) para descida e (-) para subida.

Por fim, o último passo no dimensionamento das tubulações de água fria consiste na verificação da pressão nos ramais e nos pontos de abastecimento, tendo em vista que o atrito com o tubo e as próprias conexões acabam por provocar perdas de carga (FERREIRA, R. P. e CAUDURO, F., 2017). Antes de determiná-la, a NBR 5626 recomenda o uso das fórmulas de *Fair – Whipple* e *Hsiao* a fim de se obter a perda de carga unitária (J). Nesse âmbito, para tubos hidraulicamente rugosos (aço

carbono e aço galvanizado) utiliza-se a equação 15 e, para tubos lisos (PVC, polietileno e cobre), a equação 16.

$$J = 19,6 \times 10^6 \times Q^{1,88} \times D^{-4,88} \quad (15)$$

$$J = 8,63 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \quad (16)$$

Onde

J – Perda de carga unitária, em kPa/m;

Q – Vazão estimada, em L/s;

D – Diâmetro interno, em mm.

Tendo os valores de perda de carga unitária em cada trecho, calcula-se a perda de carga através da fórmula 17.

$$\Delta h = J \times L_{total} \quad (17)$$

Onde:

Δh - Perda de carga no trecho, em metros;

J – Perda de carga unitária em m/m;

L_{total} – Comprimento total ($L_{real} + L_{eq}$), em metros;

L_{real} – Comprimento real do trecho, em metros;

L_{eq} - Comprimento equivalente, em metros.

O comprimento equivalente é utilizado a fim de se aproximar a perda de carga de conexões em um comprimento equivalente de tubulação de mesmo diâmetro que produza a mesma perda de carga. O comprimento real, por sua vez, é o próprio comprimento da tubulação que compõe o trecho analisado. A tabela 08 relaciona os comprimentos equivalentes às conexões hidráulicas em função do seu diâmetro nominal.

Tabela 8 – Comprimentos equivalentes para perdas de carga localizada

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

Fonte: CARVALHO, 2017.

Caso os valores de velocidade, pressão e vazão não atendam aos limites descritos anteriormente, pode-se aumentar a bitola das tubulações, aumentar a elevação da caixa d'água em relação ao piso, dentre outras medidas.

3.3.2 Instalações de esgoto sanitário

Para o dimensionamento das instalações prediais de esgoto sanitário, será utilizado o método das unidades de Hunter, conforme explicitado pela norma ABNT NBR 8160:1999.

A unidade Hunter corresponde a um valor que correlaciona a probabilidade de uso simultâneo dos aparelhos sanitários em hora de contribuição máxima. Dessa forma, foram criadas diversas tabelas a fim de facilitar o dimensionamento do sistema de esgoto – as quais constam na norma referida.

3.3.2.1 Dimensionamento dos ramais de descarga

A tabela 09 correlaciona os diâmetros mínimos a serem adotados pelos ramais de descarga em função dos aparelhos sanitários e seus respectivos UHC de contribuição.

Tabela 9 - Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

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

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

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

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: ABNT NBR 8160, 1999.

3.3.2.2 Dimensionamento dos desconectores

Os desconectores devem possuir orifício de saída com diâmetro igual ou maior que o dos ramais de descarga conectados a ele. Ademais, o tamanho das caixas sifonadas é determinado em função da somatória dos UHC dos aparelhos sanitários contribuintes, como mostra a tabela 10 cujos dados foram retirados da NBR 8160:1999.

Tabela 10 – Dimensionamento de caixas sifonadas

Diâmetro Caixa Sifonada	UHC máximo
DN 100	6
DN 125	10
DN 150	15

Fonte: Autor, 2023.

3.3.2.3 Dimensionamento dos ramais de esgoto

O ramal de esgoto é dimensionado em função da somatória das unidades de *Hunter* de contribuição dos aparelhos sanitários de determinado ambiente, como mostra a tabela 11.

Tabela 11 - Dimensionamento dos ramais de esgoto

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

Fonte: ABNT NBR 8160, 1999.

3.3.2.4 Dimensionamento dos tubos de queda

De acordo com a NBR 8160:1999, os tubos de queda são dimensionados mediante a somatória dos UHC dos equipamentos contribuintes em função do número de pavimentos da edificação. Na tabela 12, é possível verificar os diâmetros nominais considerados.

Tabela 12 - Dimensionamento de tubos de queda

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 800	5 600
300	6 000	8 400

Fonte: ABNT NBR 8160, 1999.

O diâmetro do tubo de queda deve ser maior ou igual ao da tubulação ligada a ele, sendo recomendado um valor mínimo de 100 mm para tubos de queda com efluentes fecais e 75 mm para pias de cozinha. Este último pode ser 50 mm para edificações de até dois pavimentos caso a tubulação de queda receba até 6 UHC (BAPTISTA, 2010)

3.3.2.5 Dimensionamento de coletor predial e subcoletores

O coletor predial deve apresentar diâmetro nominal mínimo de 100 mm e seu dimensionamento, além do dimensionamento dos subcoletores, se dá por meio da tabela 13 – a qual relaciona o diâmetro de uma tubulação com o UHC e a declividade da tubulação.

Tabela 13 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial

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

Fonte: ABNT NBR 8160, 1999.

Para o caso de dimensionamento de prédios residenciais, deve ser computado somente o aparelho de maior descarga de cada banheiro no somatório das UHC. Nos demais casos, todos os aparelhos sanitários são considerados (ABNT NBR 8160, 1999).

Em se tratando das declividades, o coletor predial e subcoletores devem ser retilíneos e, de preferência, sem desvios. Porém, quando não for possível evitar, as curvas devem ter angulação máxima de 45° acompanhadas de dispositivo de inspeção.

3.3.2.6 Dimensionamento de caixas de gordura e inspeção

A NBR 8160 descreve os tipos de caixa de gordura e seus tamanhos em função do número de cozinhas atendidas por ela. São elas:

- Caixa de gordura pequena (CGP): são cilíndricas, de diâmetro interno mínimo de 0,30 m, possuindo capacidade de retenção de 18L. O diâmetro nominal mínimo da tubulação de saída é de 75 mm. Atende a coleta de uma cozinha.
- Caixa de gordura simples (CGS): é cilíndrica, de diâmetro interno de 0,40 m e capacidade de retenção de 31L. O diâmetro nominal mínimo da tubulação de saída é 75 mm. Atende a coleta de até duas cozinhas.
- Caixa de gordura dupla (CGD): é uma caixa cilíndrica com diâmetro interno de 0,60 m e capacidade de retenção de 120 L. O diâmetro da tubulação de saída é de 100 mm. Atende a coleta de até doze cozinhas.

- Caixa de gordura especial (CGE): o volume de retenção de gordura deve ser calculado, atendendo a coleta de mais de doze cozinhas.

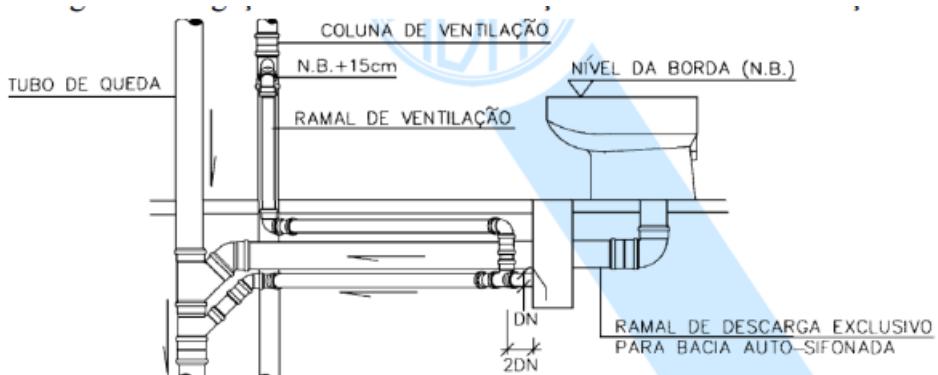
Para o dimensionamento das caixas de inspeção, a norma ABNT NBR 8160:1999 padroniza uma profundidade máxima de 1 metro, com formato prismático de lado interno mínimo de 60 cm; ou formato cilíndrico com diâmetro mínimo de 60 cm e tampa de fecho hermético.

A distância entre as caixas de inspeção não deve exceder 25 metros, e os comprimentos dos trechos de ramais de descarga e esgoto de bacias sanitárias, caixas de gordura e caixas sifonadas devem ser de até 10 metros. O mesmo vale para o comprimento das tubulações entre esses dispositivos e as caixas de inspeção (ABNT NBR 8160:1999).

3.3.2.7 Dimensionamento do subsistema de ventilação

De acordo com a ABNT NBR 8160:1999, o ramal de ventilação de um desconector é ligado a uma coluna de ventilação a uma altura igual ou maior do que 15 cm em relação ao nível de transbordamento da bacia sanitária, como mostra a figura 26.

Figura 26 – Ligação do ramal de ventilação na coluna de ventilação



Fonte: ABNT NBR 8160, 1999.

O dimensionamento dos ramais de ventilação é feito de acordo com a tabela 14, e depende da presença de bacias sanitárias no grupo e da somatória das unidades de Hunter de contribuição dos equipamentos sanitários.

Tabela 14 – dimensionamento dos ramais de ventilação

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

Fonte: ABNT NBR 8160, 1999.

Além disso, os ramais de ventilação devem estar posicionados obedecendo a uma distância máxima em relação ao desconector, a qual pode ser determinada pela tabela 15.

Tabela 15 – distância máxima de um desconector ao tubo ventilador

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

Fonte: ABNT NBR 8160, 1999.

As colunas e o barrilete de ventilação são dimensionados pela tabela 16, cujos diâmetros dependem do diâmetro nominal do tubo ventilador, do diâmetro do tubo de queda ou ramal de esgoto e do número de UHC.

Tabela 16 – Dimensionamento de colunas e barrilete de ventilação

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

Fonte: ABNT NBR 8160, 1999

Segundo Netto (2015), não há necessidade de ventilar desconectores ligados a tubos de queda que não recebem descarga de vasos sanitários.

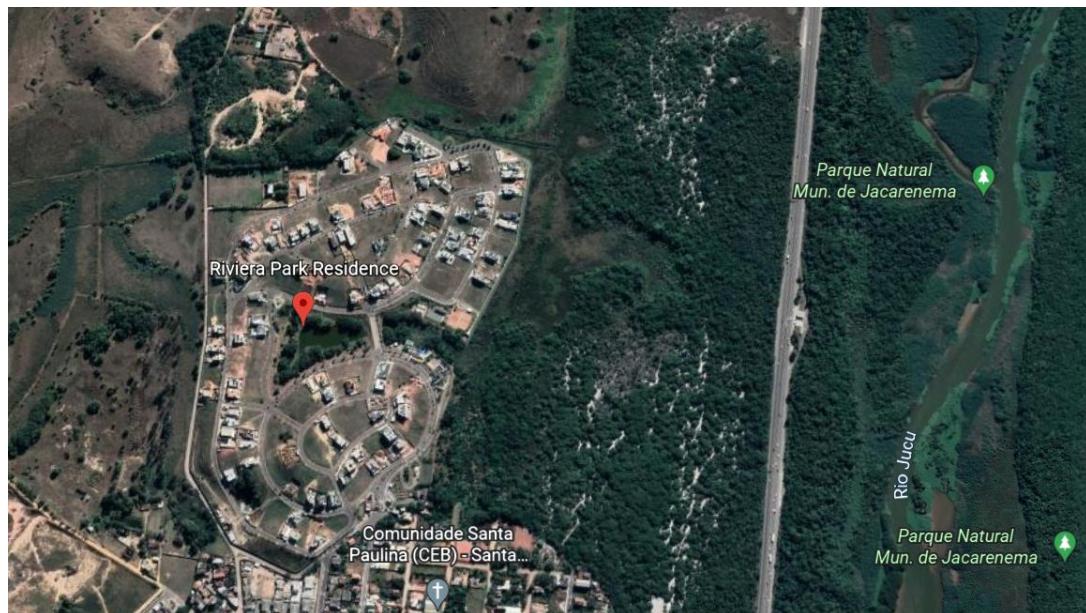
3.3.3 Instalações de águas pluviais

As instalações de águas pluviais têm como objetivo recolher e conduzir as águas das chuvas até um local adequado ao mesmo tempo em que mantém a edificação livre de empoçamentos e de umidade, sendo perfeitamente estanque. A ABNT NBR 10884:1989 determina como deve ser feito o dimensionamento dos seus componentes.

3.3.3.1 Caracterização da área de estudo e levantamento

A região onde a edificação será projetada se encontra no bairro Jucu, no município de Vila Velha, no Espírito Santo - nos limites do condomínio Riviera Park Residence.

Figura 27 - Localização do condomínio Riviera Park.



Fonte: Google Earth, 2023.

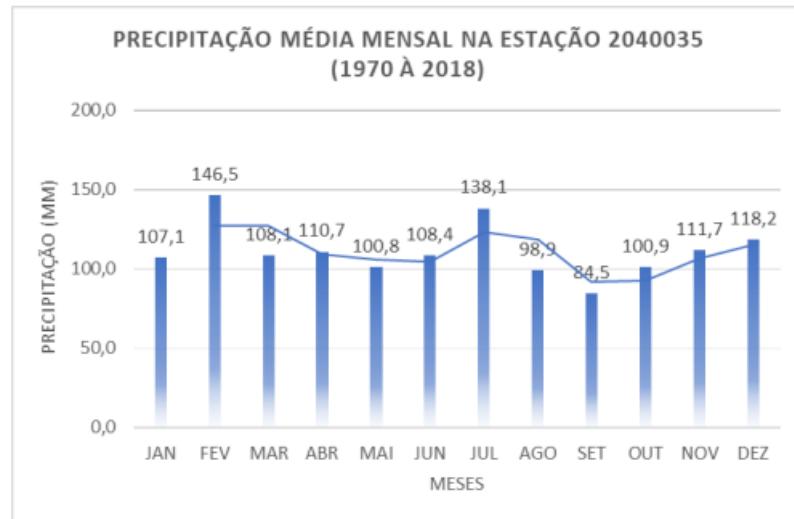
A cidade de Vila Velha está localizada na região metropolitana de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, possuindo área territorial de 210,225 km² e população de cerca de 508.655 habitantes (IBGE, 2021). O clima predominante é o tropical úmido com chuvas entre as estações Primavera e Verão (SILVA, 2012), e o relevo é plano - estando a apenas 6 metros acima do nível do mar.

3.3.3.2 Levantamento de dados pluviométricos da região

Para o levantamento dos dados pluviométricos da região, consideram-se os valores utilizados por Santos C. e Scheydegger L. (2023), os quais foram obtidos no site da Agência Nacional das Águas (ANA) para a estação pluviométrica mais próxima da região de estudo – a Estação 2040035 (-20.5167; -40.5167), situada em Goiabeiras, Espírito Santo. Foram considerados os dados pluviométricos totais diários

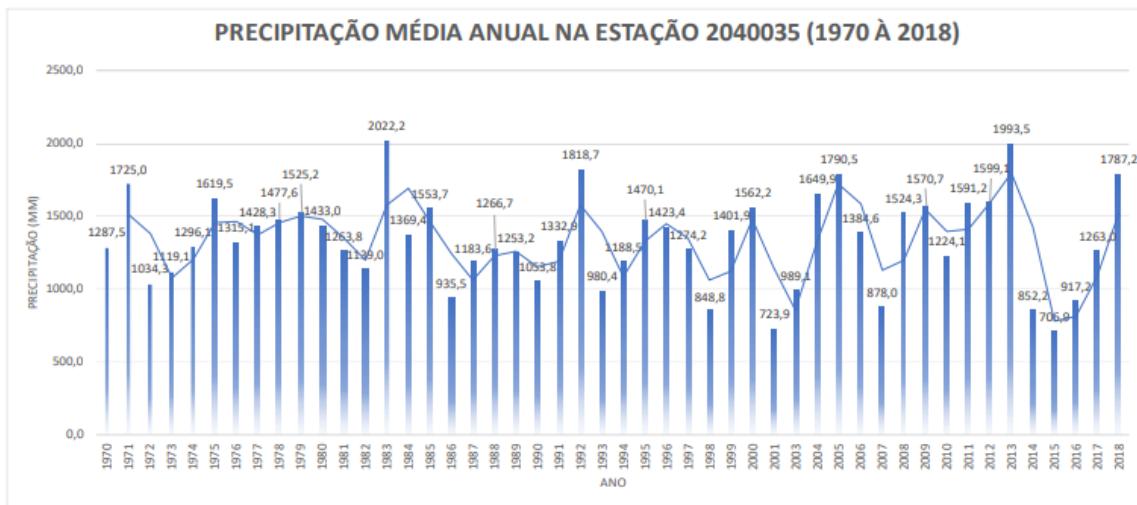
obtidos mediante pluviômetro no período de 1970 a 2018, conforme constam os dados do Anexo E.

Gráfico 1 - Série Histórica de Precipitação Mensal na estação 2040035 (estação Vitória), estimada a partir de dados de chuva disponíveis na ANA no período 1970 a 2018.



Fonte: SANTOS e SCHEYDEGGER, 2023.

Gráfico 2 - Série Histórica de Precipitação Anual na estação 2040035 (estação Vitória), estimada a partir de dados de chuva disponíveis na ANA no período de 1970 a 2018.

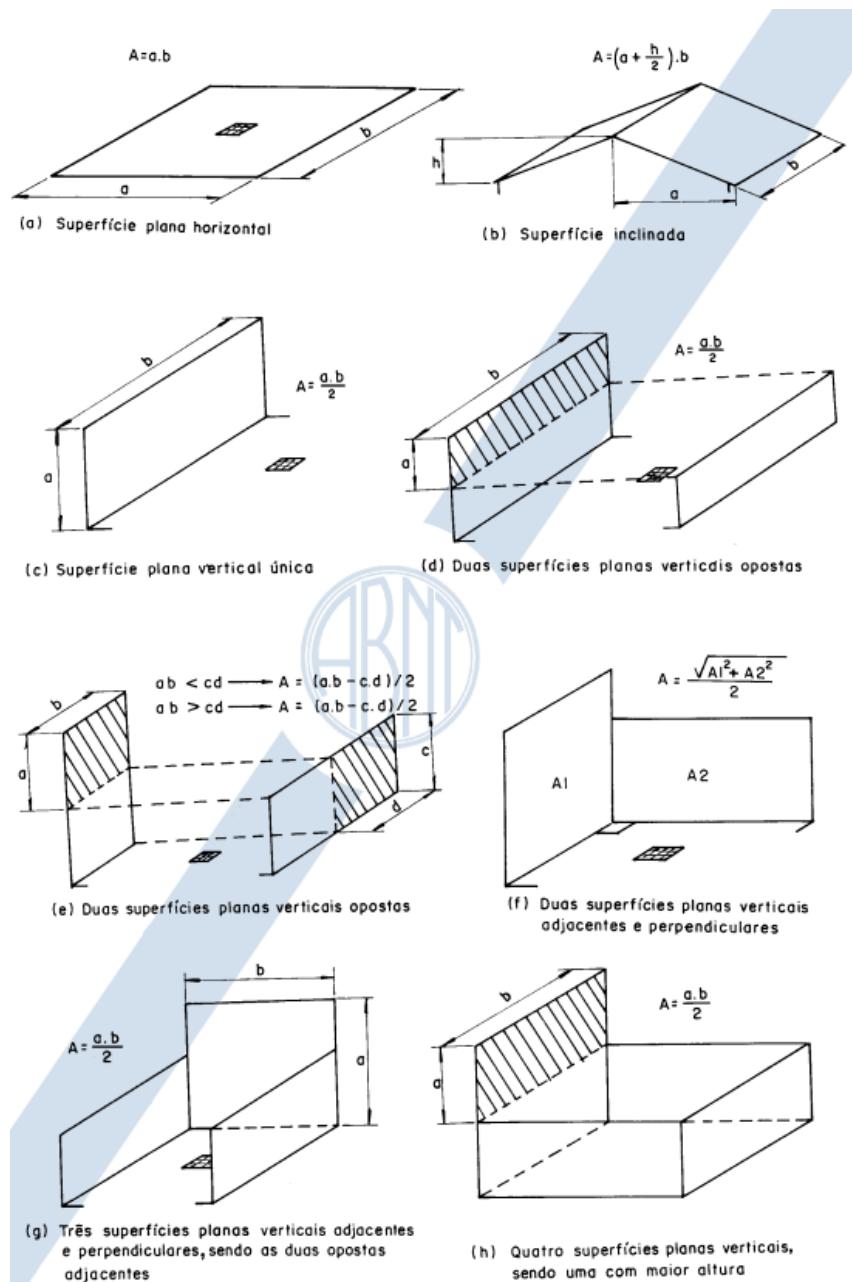


Fonte: SANTOS e SCHEYDEGGER, 2023.

3.3.3.3 Determinação da área de contribuição

A área de contribuição consiste na projeção horizontal da cobertura, a qual leva em consideração a ação dos ventos, a inclinação do telhado e as paredes que interceptam a água da chuva. A figura 28 a seguir apresenta os principais tipos de superfícies e a maneira de calcular as respectivas áreas de contribuição.

Figura 28 - Indicações para cálculos de área de contribuição



Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

3.3.3.4 Cálculo da intensidade pluviométrica

Para determinar a intensidade pluviométrica (I), deve-se fixar a duração da precipitação e do período de retorno. O período de retorno consiste na média de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma certa intensidade pluviométrica é ultrapassada apenas uma vez (CARVALHO JÚNIOR, 2017). A NBR 10844:1989 determina os seguintes períodos de retorno em função da área a ser drenada:

$T = 1$ ano para áreas pavimentadas, onde são tolerados empoçamentos;

$T = 5$ anos para coberturas e/ou terraços;

$T = 25$ anos para áreas onde está proibido o empoçamento e extravasamento de água.

A duração da precipitação (t), por sua vez, representa o período entre o início e o fim de um evento de chuva (Buarque, 2022), e é fixada em 5 minutos. Assim, conhecendo-se os valores de T e t , obtém-se a intensidade pluviométrica, em mm/h, através da fórmula de Pruski (18) adaptada para Vitória – ES.

$$I = \frac{4003,611 \times T^{0,203}}{(t + 49,997)^{0,931}} \quad (18)$$

Onde:

I - Intensidade pluviométrica, em mm/h;

T - Tempo de retorno, em anos;

t - Duração da precipitação, em minutos.

Outra maneira de se determinar a intensidade pluviométrica se dá conforme explicitado na ABNT NBR 10844:1989, através da tabela presente no Anexo F. A norma também determina que, para edificações de até 100 m² de área, pode-se adotar uma intensidade pluviométrica de 150 mm/h.

Por fim, utilizando os dados pluviométricos da região onde se encontra a edificação, como descrito em 2.3.1.2., toma-se a média dos valores para determinar a intensidade pluviométrica.

3.3.3.5 Cálculo da vazão de projeto coletada

Conhecendo a intensidade pluviométrica e a área de contribuição do telhado, a vazão de projeto é calculada pela equação 19.

$$Q = \frac{I \times A_c}{60} \quad (19)$$

Onde:

I - Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A_c - Área de contribuição, em m²;

Q - Vazão de projeto, em L/min.

3.3.3.6 Dimensionamento das calhas

Esta etapa de dimensionamento é feita somente para coberturas com telhados, podendo ter formato semicircular ou retangular. O diâmetro interno de calhas semicirculares de PVC, fibrocimento, metais não ferrosos e aço é determinado a partir da tabela 17, que considera a declividade da calha e a vazão de projeto.

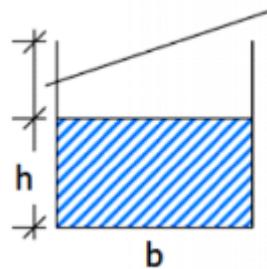
Tabela 17 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade *n* = 0,011 (L/min)

Tabela 5.3 Capacidade de calhas semicirculares (vazão em litros/min).			
Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1 167	1 634

Fonte: CARVALHO, 2017.

Para calhas retangulares, suas dimensões são obtidas com a aplicação das equações 20, 21, 22, 23 e 24 para a determinação da altura da lâmina d'água (*h*), da largura da calha (*b*) e borda livre, ou mediante o método prático.

a) 1º caso: altura da lâmina d'água igual à metade da largura da calha

Figura 29 - Calha retangular com $b = 2 \times h$ 

Fonte: BUARQUE, 2022.

$$h = \left(\frac{n \times Q}{75595,26 \times i^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (20)$$

$$b = 2 \times h \quad (21)$$

$$Borda livre = \frac{2}{3} h \quad (22)$$

Onde:

h – Altura da lâmina d’água, em metros;

b – largura da calha, em metros;

i – inclinação, em %;

Q – Vazão de projeto, em L/min;

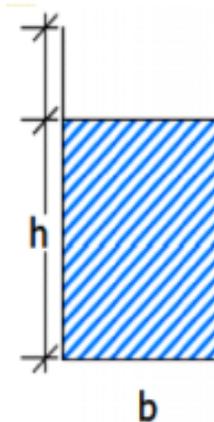
n – coeficiente de rugosidade, determinado pela tabela 18 abaixo.

Tabela 18 - Coeficiente de rugosidade

Material	<u>n</u>
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

b) 2º caso: altura da lâmina d'água igual a duas vezes a largura da calha

Figura 30 - Calha retangular com $h = 2 \times b$ 

Fonte: BUARQUE, 2022

$$b = \left(\frac{n \times Q}{65146,02 \times i^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (23)$$

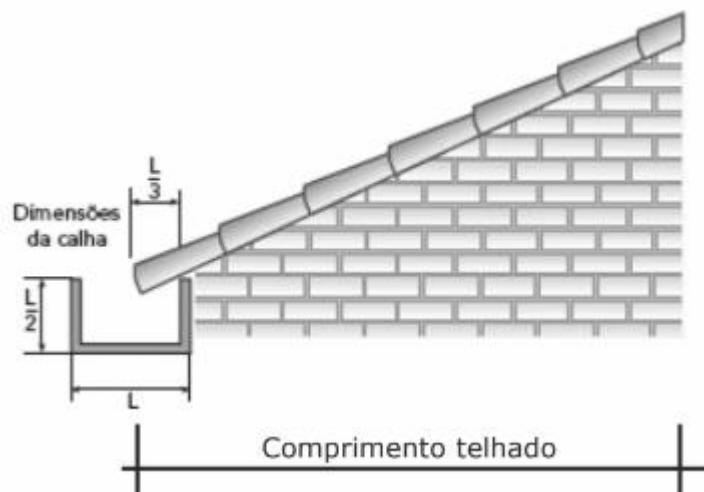
$$h = 2 \times b \quad (24)$$

A borda livre é calculada através da equação 22.

c) Método prático para dimensionamento de calhas retangulares

No caso de calha retangular cuja altura é a metade da largura, pode-se utilizar o método prático - dispensando os cálculos apresentados no 1º e 2º caso. Nesse método, o dimensionamento é realizado em função do comprimento do telhado (figura 31) e da análise da tabela 19.

Figura 31 – Método prático para dimensionamento de calha retangular



Fonte: CARVALHO, 2017.

Tabela 19 - Dimensão da calha em função do comprimento do telhado

Comprimento do telhado (m)	Largura da calha (m)
Até 5	0,15
5 a 10	0,20
10 a 15	0,30
15 a 20	0,40
20 a 25	0,50
25 a 30	0,60

Fonte: CARVALHO, 2017

Quando houver dois telhados contribuindo para uma mesma calha, os comprimentos de ambos os telhados devem ser somados.

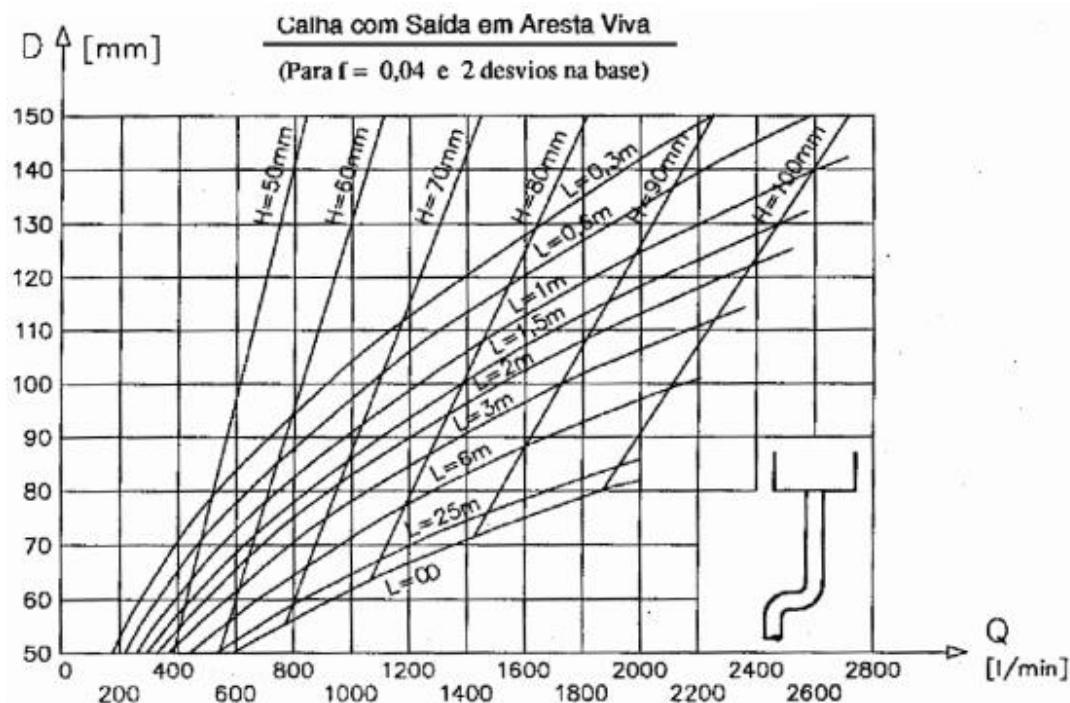
Para o caso de superfícies horizontais, porém, as calhas são dispensadas, devendo-se adotar uma declividade mínima de 0,5% na superfície a fim de garantir o escoamento das águas pluviais até os ralos (ABNT NBR 10844:1989). Quando

necessário, pode-se dividir a cobertura em áreas menores com cimentos distintos, gerando, assim, percursos de água menores.

3.3.3.7 Dimensionamento dos condutores verticais

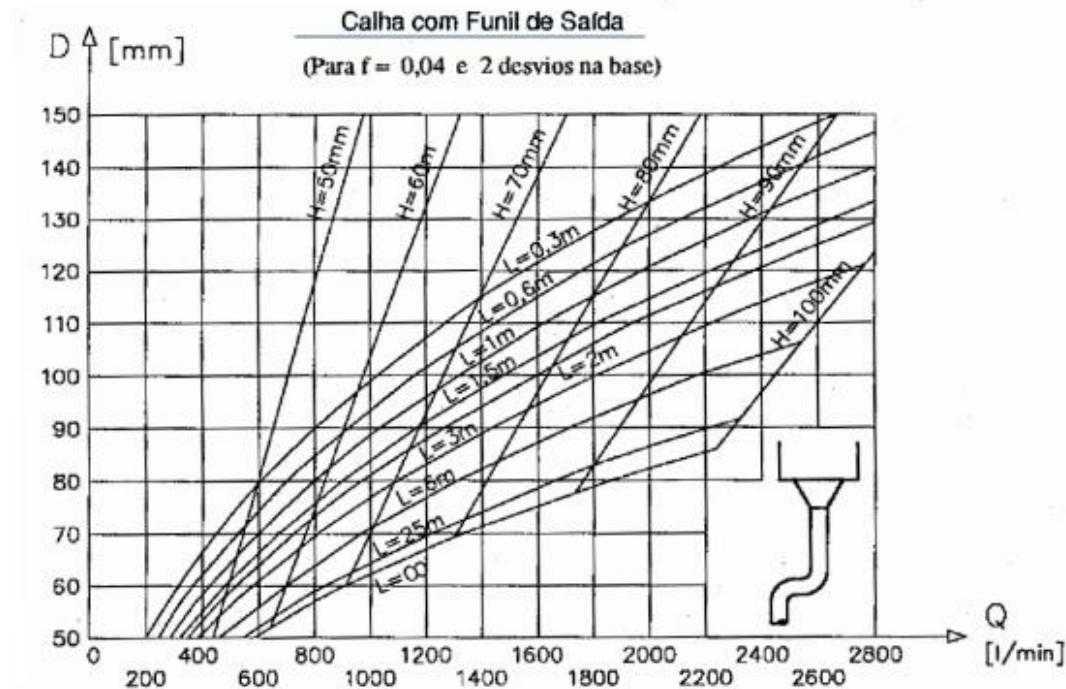
Feita a definição das calhas, os coletores verticais são dimensionados com o auxílio dos ábacos retirados da NBR 10844 (ABNT, 1989) em função da vazão proveniente das calhas, da altura vertical do condutor e da altura de água na calha no topo do condutor. Assim, o diâmetro é determinado. O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular deve ser 70 mm.

Figura 32 - Ábaco para o dimensionamento de condutor vertical: calha com saída em aresta viva



Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

Figura 33 - Ábaco para o dimensionamento de condutor vertical: calha com funil de saída



Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

Dada a complexidade dos ábacos, é possível utilizar um método prático para o dimensionamento dos condutores verticais, o qual representa uma simplificação adotada por diversos projetistas (CARVALHO, 2017). Para tanto, a tabela 20 relaciona a vazão de um único condutor, a área máxima da cobertura e o diâmetro a ser adotado.

Tabela 20 - Método prático para o dimensionamento de condutores verticais

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área máxima de cobertura (m ²)
50	0,57	14
75	1,76	42
100	3,78	90
125	7,00	167
150	11,53	275
200	25,18	600

Fonte: CARVALHO, 2017.

3.3.3.8 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os diâmetros dos condutores verticais de seção circular são determinados através da tabela 21, a qual relaciona o coeficiente de rugosidade (n) com a vazão do tubo em L/min - cujo valor é obtido pela somatória das vazões dos condutores verticais que desaguam nele -, além da inclinação da tubulação.

Tabela 21 - Capacidade dos condutores horizontais de seção circular

Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

Segundo a NBR 10844:1989, devem ser previstas caixas de areia para tubulações enterradas sempre que houver conexões com outras tubulações, mudança de declividade, mudança de direção e a cada trecho de 20 m nos percursos retilíneos.

3.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

As instalações elétricas da residência serão desenvolvidas seguindo a norma NBR 5410, NBR 14039 e NBR 14136, publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), visando entregar um projeto eficiente e de alta qualidade.

3.4.1 Dimensionamento da potência aparente

Para o dimensionamento das cargas elétricas mínimas para a iluminação da edificação, deve-se levar em consideração a NBR 5410, a qual determina que todo cômodo de 6 m² deve ter um ponto de luz com 100 VA e deve-se acrescer de 60 VA a cada 4 m² inteiros. (ABNT, 2004).

Para o dimensionamento de tomadas, é necessário se ater às exigências definidas pela NBR 5410, a qual detalha a divisão das instalações. Assim, pode-se prosseguir com o dimensionamento da seguinte forma:

- **Banheiro:**

Pelo menos uma tomada junto ao lavatório, com uma distância mínima de 60cm do limite do boxe.

- **Cozinha/área de serviço:**

No mínimo uma tomada para cada 3,5m ou fração de perímetro. Às primeiras 3 tomadas será atribuído 600VA, e para as tomadas excedentes atribui-se 100VA. Quando o número de tomadas for superior a 6, admite-se 600 VA para as primeiras 3 tomadas e 100 VA para os excedentes.

- **Sala e dormitório:**

Pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m ou fração de perímetro, espaçados uniformemente.

- **Varanda:**

Deve ser previsto um ponto de tomada. Admite-se que o ponto não seja instalado na varanda, mas próximo ao acesso.

- **Demais cômodos:**

Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 6 m²; um ponto de tomada para cada 5m ou fração do perímetro se a área do cômodo for maior que 6 m².

Vale ressaltar que em halls de serviço e salas de manutenção recomenda-se a previsão de pelo menos um ponto de tomada de uso geral (TUG) com potência mínima de 1000VA. Ademais, deve-se dimensionar as tomadas de uso específico (TUE), as quais alimentam aparelhos com corrente maior que 10A - havendo a necessidade de um circuito exclusivo com potência equivalente à do equipamento.

3.4.2 Dimensionamento dos condutores

Uma vez calculada a potência aparente do circuito, é necessário realizar o dimensionamento dos condutores. Para tal, a NBR 5410 determina os métodos de dimensionamento a fim de garantir a segurança e qualidade do circuito:

- Método da capacidade de condução de corrente;
- Método da seção mínima;
- Queda de tensão;
- Proteção do circuito.

A seção final dos condutores será o maior valor obtido dentre os critérios acima.

3.4.2.1 Capacidade de condução de corrente

Este critério determina a menor seção nominal em que a corrente deve circular (corrente de projeto), de modo em que não ocasione sobreaquecimento dos condutores. Cabe ressaltar que os condutores não podem ser levados a uma temperatura acima de 70°C para os fios e cabos com isolação de PVC e de 90°C para isolação com EPR e XLPE.

Primeiramente, calcula-se a corrente de projeto do circuito, que é determinada pela equação 25 abaixo:

$$I_B = \frac{S}{V} \quad (25)$$

Onde:

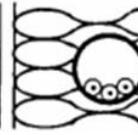
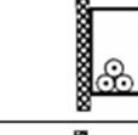
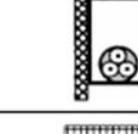
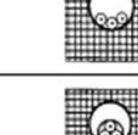
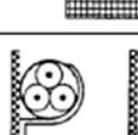
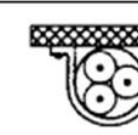
I_B é a corrente de projeto (A);

S é a potência aparente do circuito (VA);

V é a tensão eficaz do circuito (V).

Em seguida, utilizando a tabela 22, identifica-se o método de instalação dos condutores, o qual está diretamente relacionado à dissipação do calor gerado pela circulação da corrente elétrica no circuito - interferindo positivamente ou negativamente na capacidade de condução dos condutores.

Tabela 22 - Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

Fonte: ABNT NBR 5410, 2004.

Com o método de instalação definido, a fase do circuito e a corrente de projeto prevista anteriormente, é possível determinar a seção mínima dos condutores através da tabela 20 extraída da NBR 5410.

Tabela 23 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767

Fonte: ABNT NBR 5410, 2004.

Por fim, realiza-se a correção da corrente devido a três fatores: temperatura ambiente, temperatura do solo e agrupamento de condutores.

3.4.2.1.1 Fator de correção para temperatura ambiente - k_1

Tendo em vista a influência da temperatura ambiente na capacidade de condução de corrente, quanto maior a temperatura, menor será a capacidade de condução, e vice-versa. Os fatores de correção para temperatura ambiente podem ser observados na tabela 21 retirada da NBR 5410 de acordo com o material da isolação.

Tabela 24 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	—	0,65
70	—	0,58
75	—	0,50
80	—	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Fonte: ABNT NBR 5410, 2004.

3.4.2.1.2 Fator de correção para resistividade térmica do solo - k_2

Segundo a NBR 5410, são válidos os valores da tabela 20 para as capacidades de condução de condução de corrente indicadas para as linhas subterrâneas com uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. Para resistividades térmicas diferentes desse valor, devem ser utilizados os fatores de correção da tabela 25.

Tabela 25 - Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W

Resistividade térmica K.m/W	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96

Fonte: ABNT NBR 5410, 2004.

3.4.2.1.3 Fator de correção para agrupamento de circuitos - k_3

Para linhas com uma quantidade de condutores carregados maior do que a estipulada pela tabela 23, deve ser determinada a capacidade de condução de corrente de cada um dos condutores, utilizando a tabela 26 abaixo:

Tabela 26 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71				0,70	36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62				0,61	
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72				0,72	38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78				0,78	

Fonte: ABNT NBR 5410, 2004.

3.4.2.1.4 Corrente de projeto corrigida - I'_B

A corrente de projeto corrigida é calculada em função dos fatores de correção obtidos anteriormente, como mostra a fórmula 26.

$$I'_B = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} \quad (26)$$

Onde:

I'_B é a corrente de projeto corrigida (A);

I_B é a corrente de projeto (A);

K1 é o fator de correção de temperatura;

K2 é o fator de correção de resistividade térmica do solo;

K3 é o fator de correção de agrupamento de condutores carregados.

3.4.2.2 Seção mínima

Este método possibilita a divisão da análise dos condutores em três categorias: condutores de fase, condutor neutro e condutor de proteção.

3.4.2.2.1 Condutores de fase

As dimensões mínimas para a seção dos condutores de fase são determinadas pela tabela abaixo:

Tabela 27 - Seção mínima dos condutores

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material	
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al	
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al	
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾	
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al	
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu	
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento	
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁴⁾	
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu	

¹⁾ Seções mínimas ditadas por razões mecânicas
²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.
³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².
⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Fonte: ABNT NBR 5410, 2004.

3.4.2.2.2 Condutor neutro

De acordo com a NBR 5410, os condutores neutros de circuitos monofásicos devem ter a mesma seção dos condutores de fase, levando em consideração que o condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito (ABNT, 2004).

3.4.2.2.3 Condutor de proteção

O cálculo da seção mínima do condutor de proteção é determinado pela tabela 28 a seguir. Nota-se que, para seções menores que 16 mm², usa-se a seção dos condutores de fase.

Tabela 28 - Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Fonte: ABNT NBR 5410, 2004.

3.4.2.3 Queda de tensão

A Lei de Ohm determina que a queda de tensão é uma consequência da resistência elétrica dos condutores pela passagem da corrente. Assim, é possível determinar a resistência elétrica dos condutores, definidos pela equação 27 abaixo.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s} \quad (27)$$

Onde:

R = resistência elétrica em ohm;

ρ = a resistividade específica do material, no caso do cobre = 0,0172;

l = o comprimento do condutor (m);

s = a seção do condutor (mm^2).

Determinados o valor da resistência dos condutores do padrão de entrada até os terminais, basta calcular a queda de tensão dos circuitos. A NBR 5410 determina um critério máximo de queda de tensão de 5% (ABNT, 2004). Logo, através da equação 28, obtém-se a queda de tensão.

$$\Delta E = 2 \cdot R \cdot I \cdot \cos \theta \quad (28)$$

Onde:

ΔE é a queda de tensão (V);

R é resistência elétrica (Ω);

I é a corrente elétrica no circuito (A);

$\cos \theta$ é o fator de potência da rede.

O valor da queda de tensão em percentual é obtido com a fórmula 29. Caso não seja atendida a condição estabelecida pela norma, há a necessidade de aumento da bitola dos condutores.

$$\Delta E \% = 100 \cdot \frac{\Delta E}{E} \quad (29)$$

Onde:

$\Delta E \%$ = o percentual de queda de tensão;

ΔE = a queda de tensão (V);

E = a tensão (V).

3.4.3 Dimensionamento de eletrodutos

O dimensionamento dos eletrodutos é influenciado pela taxa de ocupação em seu interior, dado pela soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos. Assim, a área útil do eletroduto não pode ser superior a:

- 53%, no caso de um condutor;
- 31%, no caso de dois condutores;

- 40%, no caso de três ou mais condutores.

Ademais, os trechos contínuos e retilíneos em que não há interposição de caixas de passagem não podem ter comprimentos maiores que 15 m em áreas internas e superiores a 30 m em áreas externas, tendo em vista que para cada curva de 90° o comprimento equivalente é reduzido em 3 m - havendo a limitação de apenas 3 curvas para um único eletroduto.

Em casos em que não há possibilidade de instalação de uma caixa de passagem, é permitido que o comprimento do trecho seja aumentado desde que haja um aumento no tamanho nominal do eletroduto imediatamente superior para cada 6 metros.

Feitas essas considerações, determina-se o diâmetro interno do eletroduto através da taxa de ocupação em seu interior, como mostra a fórmula 30.

$$T_x = \frac{S_T}{\frac{\pi \cdot D_i^2}{4}} \rightarrow D_i = 2 \sqrt{\frac{S_T}{T_x \times \pi}} \quad (30)$$

Onde:

T_x é a taxa de ocupação, determinada previamente;

D_i é o diâmetro interno do eletroduto;

S_T é a área de seção dos condutores.

3.4.4 Proteções dos circuitos

De acordo com a NBR 5410, são levantadas quatro proteções de circuito: contra choques elétricos, contra efeitos térmicos, contra sobrecorrentes e contra sobretensões. Para proteção dos condutores contra sobrecargas e curtos-circuitos, serão utilizados disjuntores termomagnéticos regulamentados pela NBR IEC 60947-2 para tensões inferiores a 1000 Vca e 1500 Vcc.

Para o seu dimensionamento, é necessária a determinação da corrente de projeto corrigida para cada circuito através da equação 25. Com as potências dos

circuitos já determinadas, obtém-se o valor da corrente nominal do circuito conforme a equação 31 abaixo:

$$I_n = \frac{P}{V} \quad (31)$$

Onde:

I_n = a corrente nominal do disjuntor (A);

P = a potência do circuito corrigida (W)

V = a tensão do circuito.

Tendo determinadas as correntes nominais, as correntes dos disjuntores devem ser selecionadas através do parâmetro abaixo:

$$I'b \leq In \leq Iz \quad (32)$$

Onde:

$I'b$ é a corrente de projeto corrigida (A);

In é a corrente nominal do disjuntor (A);

Iz é a capacidade de condução de corrente dos condutores (A), determinado pela tabela 23;

Por fim, a escolha dos disjuntores é realizada considerando que ele suporta 80% da corrente e ao se analisar as curvas parciais de ruptura dos disjuntores fornecidos pelo fabricante. Para áreas molhadas, a NBR 5410 determina a obrigatoriedade da utilização de dispositivos a corrente diferencial-residual (DR). Os DR's garantem a proteção a incêndio e choques elétricos, além de serem indicadores de qualidade de projeto.

O dimensionamento do DR é realizado através da análise das correntes demandadas para cada fase de instalação dos circuitos. Uma vez determinado o circuito ou o agrupamento de circuitos, deve ser escolhido um DR que suporte a corrente da fase com maior demanda.

3.4.5 Dimensionamento do padrão de entrada

O dimensionamento do padrão de entrada deve ser realizado com base na distribuidora de energia local. Para o caso da edificação em estudo, a concessionária é a EDP ESCELSA.

A primeira etapa do dimensionamento do padrão de entrada consiste no cálculo da carga demandada para a edificação. A EDP determina os seguintes passos para o cálculo de demanda:

- Demanda referente a iluminação e tomadas;
- Demanda referente a chuveiros, torneiras, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos;
- Demanda referente a aquecedor central ou de acumulação (boiler) ou sauna;
- Demanda referente a secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça/roupa e forno de micro-ondas;
- Demanda referente a fogões elétricos;
- Demanda referente a condicionador de ar;
- Demanda referente a motores elétricos e máquinas de solda a motor;
- Demanda referente a equipamentos especiais;
- Demanda referente a hidromassagem;
- Cálculo da corrente de demanda (a);
- Determinação da categoria de atendimento.

Para que seja possível a determinação da categoria de atendimento, a EDP fornece os valores de fator de potência e fatores de correção de demanda para as cargas instaladas na edificação, como podemos observar pelo anexo H.

Desta forma as demandas são calculadas através da soma das potências de cada equipamento elétrico, corrigidos com os fatores de potência e correção.

Por fim, feito o somatório de potência demandada pela edificação, esse valor é dividido pela tensão da fase entregue pela fornecedora, nesse caso 127V, obtendo a corrente demandada.

Através da corrente demandada a EDP classifica o tipo de instalação do padrão de entrada.

Vale ressaltar a recomendação da instalação de um quadro de cargas adicional no segundo pavimento além do quadro do térreo a fim de reduzir a queda de tensão dos circuitos e a alta demanda de cargas da instalação.

3.4.6 Balanceamento de cargas

O balanceamento de cargas é de grande importância para uma instalação elétrica para que não haja uma sobrecarga dos condutores de tensão para a edificação. A NBR 5410 estipula que o balanceamento de cargas deve ser realizado tal que não haja uma diferença maior que 5% entre as fases. A quantidade de fases é determinada através do dimensionamento do padrão de entrada no item 3.4.5.

4 RESULTADOS

4.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

Na elaboração do projeto arquitetônico, buscou-se atender ao máximo as exigências dos clientes especificadas anteriormente na metodologia. O terreno possui as dimensões de 30 x 15 m, o que é relativamente grande se comparado com a edificação projetada – tendo bastante área permeável.

Primeiramente, elaborou-se um croqui da edificação no software Revit com o posicionamento de cada cômodo. No pavimento térreo, a entrada da casa se dá na sala de jantar, a qual tem espaço suficiente para uma mesa de 10 lugares. O ambiente possui pé direito duplo, além de uma escada em “L” que leva ao pavimento superior. Ela é integrada com a sala de TV e a cozinha, e ambas possuem amplas portas de folhas de vidro com saída para o quintal dos fundos para garantir uma ótima iluminação natural e ventilação. A cozinha é equipada com forno elétrico e microondas dispostos em uma torre quente, além de um cooktop sobre uma ilha e uma geladeira com porta dupla. Ademais, há um armário destinado a armazenagem de alimentos não perecíveis – como solicitado pela família. O pavimento térreo também conta com um lavabo, um pequeno cômodo destinado a depósito e área de serviço espaçosa com saída para o jardim lateral.

Na parte externa da propriedade, na fachada, há uma garagem com espaço suficiente para dois veículos e, nos fundos, uma área gourmet com churrasqueira elétrica e um amplo jardim. Na figura 34 abaixo, é possível visualizar uma parte do layout do pavimento térreo. O layout completo, bem como todo o projeto arquitetônico, está presente no Anexo A.

Cabe ressaltar que, diante do jardim de mais de 125 m² aos fundos, o projeto possui uma projeção de piscina com o intuito de mostrar aos clientes a possibilidade de sua construção caso desejem no futuro. Porém, seu dimensionamento não será considerado nos projetos estrutural, hidrossanitário e elétrico.

Figura 34 – Layout do pavimento térreo



Fonte: Autores, 2023.

Feito o croqui do pavimento térreo, o pavimento superior foi determinado. Aproveitando toda a área ocupada pelo térreo, elaborou-se um layout para o pavimento superior contendo um escritório e 3 suítes, as quais apresentam espaço suficiente para posicionar uma cama de casal e um closet. Ademais, todas essas dependências possuem varanda. A figura 35 mostra o layout do pavimento superior.

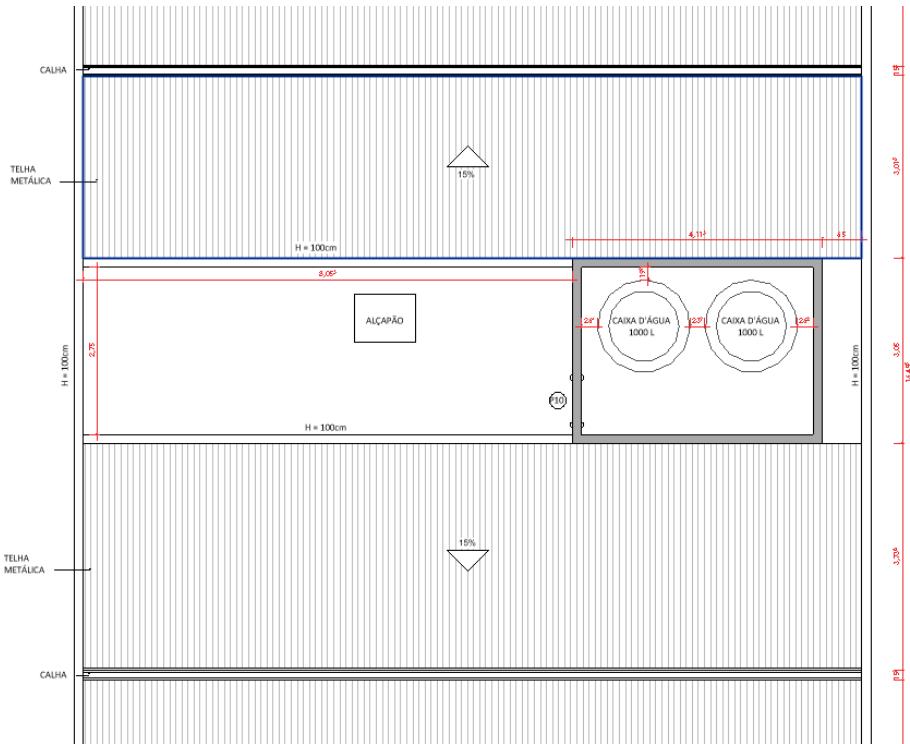
Figura 35 – Layout do pavimento superior



Fonte: Autores, 2023.

Por fim, para a cobertura, o acesso se dá por um alçapão cuja projeção está presente na figura anterior em frente à suíte 01. O pavimento possui platibanda de altura igual a 1 metro ao redor de todo o seu limite, com beiral de 80 cm em relação à edificação. Optou-se por dividir a cobertura em 4 regiões: telhado dos fundos, cujas águas inclinam-se para uma mesma calha central; telhado da frente, idêntico ao dos fundos; laje impermeabilizada, onde está posicionado o alçapão e serve de caminho até o abrigo da caixa d'água; e abrigo das caixas d'água, grande o suficiente para caberem até 2 reservatórios. O material escolhido para os telhados é telha metálica, a qual possui inclinação de 15% no presente projeto.

Figura 36 – Parte da cobertura elaborada no projeto arquitetônico



Fonte: Autores, 2023.

Após a definição dos itens citados, verificou-se se todos os índices urbanísticos, parâmetros construtivos e dimensões mínimas de vãos e dos ambientes estão de acordo com os especificados nas tabelas 1, 2 e 3. Os parâmetros “área total computada”, “área de projeção”, “área do terreno” e “área permeável” podem ser vistos na tabela 29.

Tabela 29 – Parâmetros urbanísticos do projeto

PARÂMETRO URBANÍSTICO	VALOR CALCULADO
Área Total Computada (m ²)	361,15
Área de projeção (m ²)	215,66
Área do terreno (m ²)	450,00
Área permeável (m ²)	269,42

Fonte: Autores, 2023.

Os índices urbanísticos definidos pelo Plano Diretor Municipal de Vila Velha e pelo Código de Edificações do município podem ser visualizados nas tabelas 30 e 31. Nota-se que todos os parâmetros respeitaram seus limites estipulados.

Tabela 30 – Índices Urbanísticos do projeto: CA, TO e TP.

ÍNDICE URBANÍSTICO	VALOR LIMITE (PDM de Vila Velha)	VALOR CALCULADO
CA	0,80	0,80
TO (%)	$\leq 50\%$	48%
TP (%)	$\geq 35\%$	60%

Fonte: Autores, 2023

Tabela 31 – Índices Urbanísticos do projeto

ÍNDICE URBANÍSTICO	VALOR LIMITE (PDM de Vila Velha)	VALOR DO PROJETO
Gabarito	3 (três) pavimentos	2 (dois) pavimentos
Altura da edificação	$\leq 15\text{ m}$	9,10 m
Afastamento frontal	$\geq 3\text{ m}$	5,93 m
Afastamento lateral	$\geq 1,5\text{ m}$	2,53 m
Afastamento dos fundos	$\geq 1,5$	9,06 m

Fonte: Autores, 2023

Os parâmetros construtivos do projeto como altura de peitoris, altura e larguras de portas, largura útil de escadas, altura livre em escadas e distância do beiral ao lote vizinho constam na tabela 32. Nota-se que todos os parâmetros adotados no projeto arquitetônico estão dentro dos limites estipulados no Código de Edificações de Vila Velha.

Tabela 32 – Resultados dos parâmetros construtivos do projeto

PARÂMETROS CONSTRUTIVOS	VALOR LIMITE (Código de Edificações de Vila Velha)	VALOR DO PROJETO
Altura de guarda-corpo	$\geq 1,10\text{ m}$	1,10 m
Altura de peitoris de janela	$\geq 1,10\text{ m}$	1,80 m
Distância do beiral do telhado ao lote vizinho	$\geq 0,70\text{ m}$	1,73 m (distância referente ao beiral direito, que é o pior caso)
Altura de portas	$\geq 2,10$	Todas as portas têm altura bruta igual ou superior a 2,10 m.

Largura de portas	$\geq 0,80$ m (banheiros, área de serviço, cozinha e dormitórios)	0,8 m
	$\geq 1,10$ m (porta principal)	1,45 m
Largura útil em escadas	$\geq 1,10$ m	1,30 m
Altura livre em escadas	$\geq 2,40$ m	Pé direito duplo

Fonte: Autores, 2023

Cabe ressaltar que todos os dormitórios e o escritório contam com porta de vidro de duas ou três folhas com saída para uma varanda, descartando a adoção de janelas – visto que as portas atendem aos requisitos de vãos de iluminação e ventilação. As únicas janelas presentes no projeto são as fixas da fachada, as quais vão desde o piso do térreo até o nível da cobertura – sendo impossível definir uma altura de peitoril -, além das básculas do lavabo e área de serviço, que possuem peitoril de 1,80 m.

Em se tratando dos parâmetros internos da edificação, a menor dimensão de cada ambiente, suas áreas e pé direito são visualizados na tabela 33. Nela também constam os parâmetros mínimos definidos no Código de Edificações de Vila Velha, permitindo a percepção de que todos estão de acordo com seus respectivos limites.

Tabela 33 – Resultados dos parâmetros internos dos cômodos do projeto

PARÂMETROS INTERNOS DOS CÔMODOS						
CÔMODO	DIMENSÃO		ÁREA		PÉ DIREITO	
	Mínima	Adotada (menor dimensão)	Mínima	Adotada	Mínima	Adotada
SALA DE JANTAR	2,30 m	4,43 m	10,00 m ²	37,9 m ²	2,60 m	6,51 m
SALA DE TV	2,30 m	4,30 m	10,00 m ²	24,85 m ²	2,60 m	2,96 m
COZINHA	1,50 m	4,30 m	4,50 m ²	27,95 m ²	2,30 m	2,96 m
LAVANDERIA	1,20 m	2,11 m	1,60 m ²	7,54 m ²	2,30 m	2,78 m
LAVABO	0,90 m	1,44 m	1,00 m ²	3,43 m ²	2,30 m	2,78 m
ESCRITÓRIO	2,00 m	2,68 m	7,00 m ²	12,4 m ²	2,60 m	2,91 m

SUÍTE 01	2,00 m	3,16 m	7,00 m ²	14,62 m ²	2,60 m	2,91 m
BANHO 01	1,20 m	1,83 m	2,50 m ²	4,99 m ²	2,30 m	2,83 m
SUÍTE 02	2,00 m	3,15 m	7,00 m ²	16,03 m ²	2,60 m	2,91 m
BANHO 02	1,20 m	1,30 m	2,50 m ²	3,9 m ²	2,30 m	2,83 m
SUÍTE 03	2,00 m	2,67 m	7,00 m ²	12,68 m ²	2,60 m	2,91 m
BANHO 03	1,20 m	1,30 m	2,50 m ²	3,9 m ²	2,30 m	2,83 m
CIRCULAÇÃO	0,80 m	1,30 m	-	20,87 m ²	-	3,01 m
DEPÓSITO	1,20 m	1,20 m	1,60 m	2,55 m ²	2,60 m	2,89 m

Fonte: Autores, 2023.

Por fim, fazendo uso da equação 4, foi dimensionada a altura dos degraus da escada (espelho) e sua profundidade. Considerando uma altura a ser vencida equivalente a 3,50 m, dividindo-se por 18 cm de espelho, obteve-se um número de degraus igual a 19,44. Assim, arredondando para 20 degraus, o espelho adotado é de 17,50 cm. Já a profundidade escolhida para o piso de cada degrau foi de 28 cm.

Após o cumprimento de todos os requisitos citados anteriormente, foram efetuados os cortes longitudinal e transversal da edificação com o objetivo de possibilitar uma melhor visualização do interior da casa, bem como os pés direitos dos ambientes, altura de esquadrias em corte, espaço disponível entre forro e laje e altura total da edificação. Os cortes, bem como as plantas devidamente cotadas de todos os pavimentos, estão presentes no Anexo A.

4.2 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

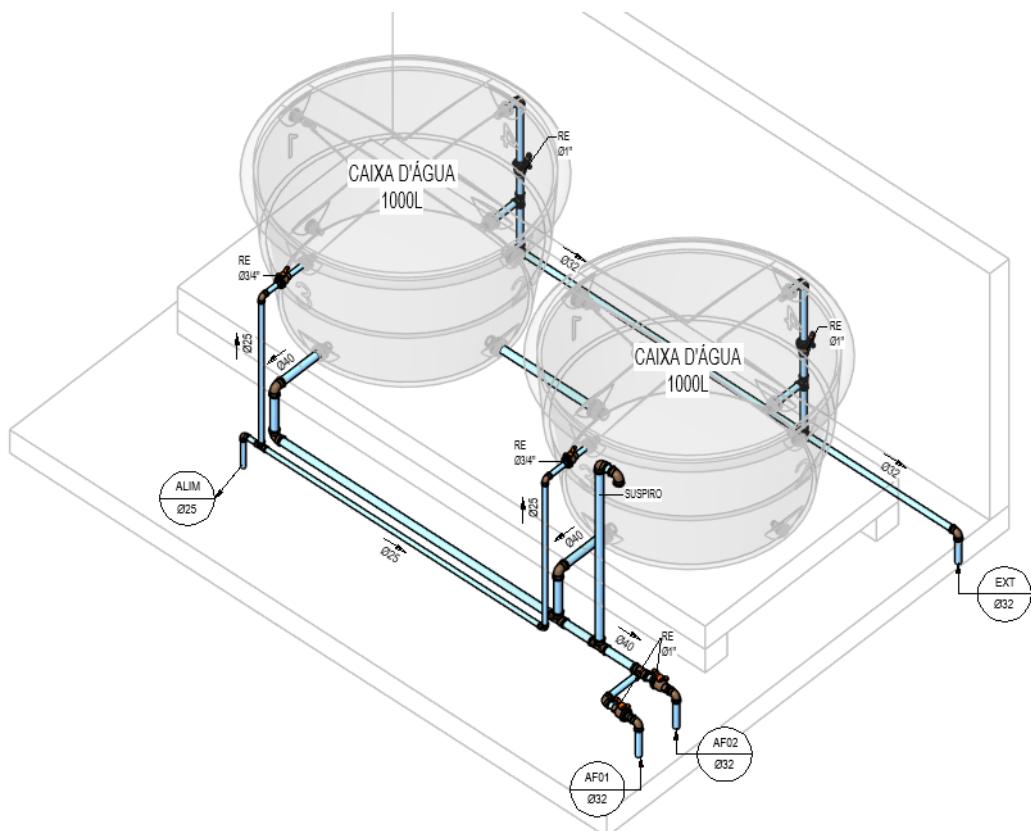
4.2.1 Dimensionamento do reservatório

O projeto de instalações de água fria foi dimensionado em planilhas do Excel, a partir das quais tornou-se possível executar a modelagem no Revit. Na etapa de dimensionamento, começou-se pelo cálculo do consumo diário de água da residência de estudo. Considerando um consumo diário de 200 L/hab/dia e um número de pessoas a serem atendidas igual a 4 pessoas – como descrito no *briefing* -, tem-se: $CD = C \times NP = 200 \times 4 = 800 \text{ L/dia}$.

Uma vez que o volume da caixa d'água deve ser suficiente para suprir as demandas da residência por 48h em caso de imprevistos, o reservatório terá uma capacidade igual a: $CR = CD \times 2 = 800 \times 2 = 1600$ L. Assim, optou-se pela adoção de dois reservatórios de polietileno com 1000L cada, totalizando um volume de 2000L. Essa medida visa garantir que um dos reservatórios permaneça operante em caso de necessidade de manutenção do outro, não sendo necessário interromper o fluxo total de água.

A tubulação de extravasão adotada corresponde a um diâmetro comercial acima do alimentador, que será dimensionado no próximo item.

Figura 37 – Tubulações das caixas d'água



Fonte: Autores, 2023.

4.2.2 Dimensionamento do ramal predial, cavalete e alimentador

Tendo em vista que o consumo diário obtido foi de 800 L/dia e os reservatórios devem ser totalmente preenchidos em até 3 horas, o consumo diário a ser considerado

nos cálculos corresponde a: $800 \times 8 / 1000 = 6,4 \text{ m}^3/\text{dia}$. Esse valor é chamado de “consumo diário provável”.

O tipo de sistema de abastecimento escolhido para a residência de estudo é o indireto, de modo que a vazão mínima de alimentação é calculada pela equação 7: $Q_{\text{mín}} = \frac{6,4}{86400} = 0,0000741 \text{ m}^3/\text{s}$. Adotando uma velocidade mínima na tubulação igual a 0,6 m/s, o diâmetro mínimo é calculado pela equação 10.

$$D_{\text{mín}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0000741}{\pi \times 0,6}} = 0,01253 \text{ m} = 12,53 \text{ mm}.$$

O diâmetro comercial que atende ao diâmetro mínimo de 12,53 mm e ao consumo máximo provável de 6,4 m³/s é o diâmetro nominal de 25 mm, sendo esse o adotado para o ramal predial. O consumo provável relacionado a esse diâmetro é de 8 m³/dia, com uma vazão característica de 3 m³/h. Logo, analisando a tabela 05, o abrigo do hidrômetro deverá ter as dimensões 0,85 m x 0,65 m x 0,30.

Uma vez que o diâmetro nominal adotado para o alimentador predial foi de 25 mm, a tubulação extravasora das caixas d’água terá diâmetro nominal igual a 32 mm.

4.2.3 Dimensionamento dos ramais e sub-ramais de distribuição

Para o dimensionamento das tubulações internas da residência, chegou-se à configuração de um barrilete ramificado em duas colunas de água: AF01 e AF02. A AF01 é a responsável por alimentar os pontos de utilização do pavimento superior, sendo eles os chuveiros, bacias sanitárias acopladas e lavatórios dos banheiros das suítes. Já a AF02 atende aos pontos de utilização dos ambientes situados no térreo, no caso o lavabo, a cozinha, lavanderia e área gourmet.

Inicialmente, foi realizado um pré-dimensionamento de ambas as colunas d’água com o intuito de obter diâmetros base. Cada ambiente atendido pela coluna AF01 foi nomeado, sendo AF1A o banheiro 02 (da suíte dos fundos com a maior varanda); AF1B o banheiro 03 (da suíte de frente para a fachada) e AF1C para o banheiro 01. Utilizando a tabela 7, os pesos de cada aparelho sanitário foram somados a fim de se obter o diâmetro nominal de cada coluna, os quais foram determinados através da análise do ábaco de Creder (figura 24) – que correlaciona a somatória dos pesos com um diâmetro. Assim, encontrou-se para as AFs 1A, 1B e 1C o diâmetro de

25mm. Do mesmo modo, o processo foi repetido para a coluna AF02, que se divide em AF2A (área gourmet), AF2B (lavabo), AF2C (cozinha) e AF2D (lavanderia). Os resultados podem ser vistos na tabela 34.

Tabela 34 – dimensionamento das colunas d’água pela somatória dos pesos

DIMENSIONAMENTO ÁGUA FRIA PELO MÉTODO DOS PESOS									
AF		CÔMODO	APARELHO SANITÁRIO	QTD	PESO RELATIVO	PESO RELATIVO TOTAL	PESO TOTAL	Ø ábaco	Ø adotado
AF01	AF1C	BANHEIRO 01	VS	1	0,3	0,3	1,4	25mm	25mm
			DH	1	0,4	0,4			
			LV	1	0,3	0,3			
			CH	1	0,4	0,4			
	AF1A	BANHEIRO 02	VS	1	0,3	0,3	1,4	25mm	25mm
			DH	1	0,4	0,4			
			LV	1	0,3	0,3			
			CH	1	0,4	0,4			
	AF1B	BANHEIRO 03	VS	1	0,3	0,3	1,4	25mm	25mm
			DH	1	0,4	0,4			
			LV	1	0,3	0,3			
			CH	1	0,4	0,4			
AF02	AF01	BHO 01 + BHO 02 + BHO 03	VS	3	0,3	0,9	4,2	32mm	32mm
			DH	3	0,4	1,2			
			LV	3	0,3	0,9			
			CH	3	0,4	1,2			
	AF2A	ÁREA GOURMET	PI	1	0,7	0,7	0,7	20mm	25mm
			VS	1	0,3	0,3			
	AF2B	LAVABO	DH	1	0,4	0,4	1	20mm	20mm
			LV	1	0,3	0,3			
	AF2C	COZINHA	PI	2	0,7	1,4	2,5	25mm	25mm
			FI	1	0,1	0,1			
			LR	1	1	1			
	AF2D	LAVANDERIA	TN	1	0,7	0,7	1,7	25mm	25mm
			LR	1	1	1			
AF01	AF01	LAVABO + COZINHA + LAVANDERIA	VS	1	0,3	0,3	5,9	32mm	32mm
			DH	1	0,4	0,4			
			LV	1	0,3	0,3			
			PI	3	0,7	2,1			

		+ ÁREA GOURMET	FI	1	0,1	0,1		
			LL	1	1	1		
			TN	1	0,7	0,7		
			LR	1	1	1		

Fonte: Autores, 2023.

A legenda dos pontos hidráulicos se encontra na tabela 35.

Tabela 35 – Legenda dos pontos hidráulicos

LEGENDA	
CH	Chuveiro
DH	Ducha Higiênica
LV	Lavatório
VS	Vaso Sanitário
PI	Pia
FI	Filtro
LL	Máquina de Lavar Louças
TN	Tanque
LR	Máquina de lavar roupas

Fonte: Autores, 2023.

Analizando a tabela, nota-se que, para a área gourmet, optou-se por adotar um diâmetro de 25 mm em detrimento de 20 mm como forma de economia, visto que o mesmo diâmetro já está sendo utilizado nos demais ambientes. Além disso, a adoção de um diâmetro acima é importante caso os proprietários da residência desejem adicionar mais algum equipamento hidráulico futuramente, garantindo que a pressão e vazão serão atendidas. Por fim, com a somatória dos pesos das AFs 1A, 1B e 1C, obteve-se um diâmetro para a coluna de distribuição AF01 equivalente a 32 mm. Do mesmo modo, somando-se os pesos dos equipamentos nas AFs 2A, 2B e 2C, foi possível determinar um diâmetro nominal igual a 32 mm para a coluna AF02.

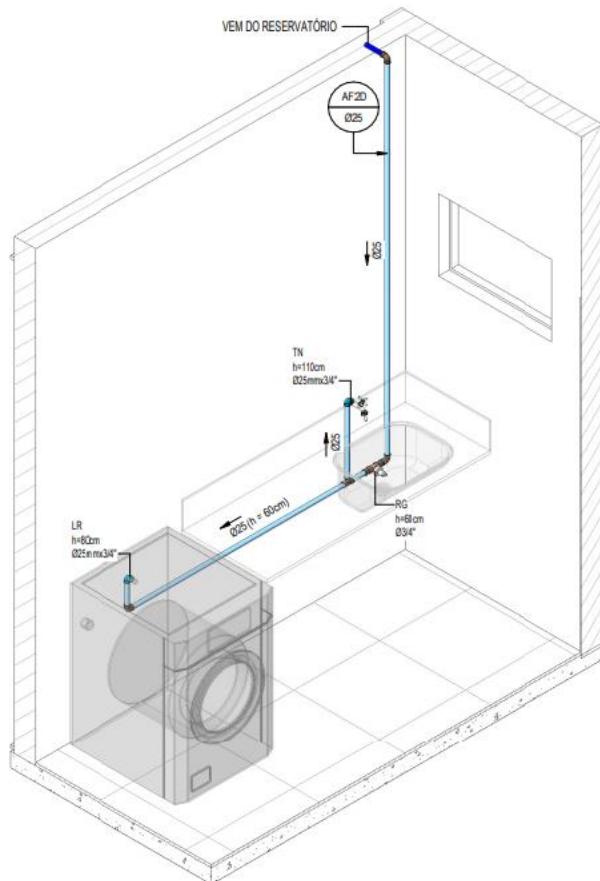
Para o dimensionamento dos ramais de distribuição de cada ambiente, optou-se por manter o diâmetro utilizado na coluna correspondente a fim de garantir uma economia de materiais, haja vista que haverá restos de tubulações cortados sobrando provenientes da instalação das colunas. Sendo assim, visto que todas as AFs possuem diâmetro nominal igual a 25 mm, todos os ramais terão 25 mm também.

Por último, os sub-ramais foram dimensionados respeitando os diâmetros mínimos da tabela 13. Assim, com exceção da máquina de lavar louças, máquina de lavar roupas e tanque, todos os sub-ramais terão diâmetro nominal igual a 20 mm. Os demais equipamentos apresentam diâmetro nominal igual a 25 mm.

Uma vez que todos os ramais possuem diâmetro igual a 25mm, optou-se por posicionar joelhos de latão de 25mm x $\frac{1}{2}$ " nos pontos de abastecimento cujos sub-ramais apresentaram diâmetro igual a 20 mm. No caso da máquina de lavar roupas, máquina de lavar louças e tanque, o diâmetro de latão terá especificação 25 mm x $\frac{3}{4}$ " – visto que seus sub-ramais têm DN 25 mm.

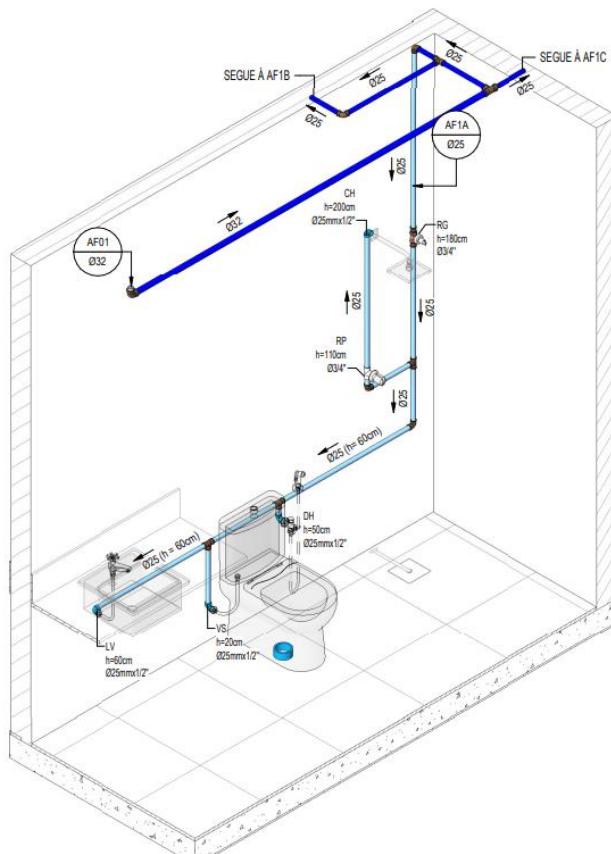
Nas figuras de 38 e 39, pode-se visualizar as isometrias da lavanderia e do banheiro 02 com suas tubulações devidamente dimensionadas. Percebe-se que em cada coluna foi posicionado um registro de gaveta de diâmetro igual ao do tubo em que se encontra. Ademais, a altura dos pontos hidráulicas também foi especificada nos detalhes isométricos. As isometrias dos demais ambientes estão presentes nas pranchas do projeto hidrossanitário, no Anexo C.

Figura 38 – Isometria da lavanderia (AF2D)



Fonte: Autores, 2023.

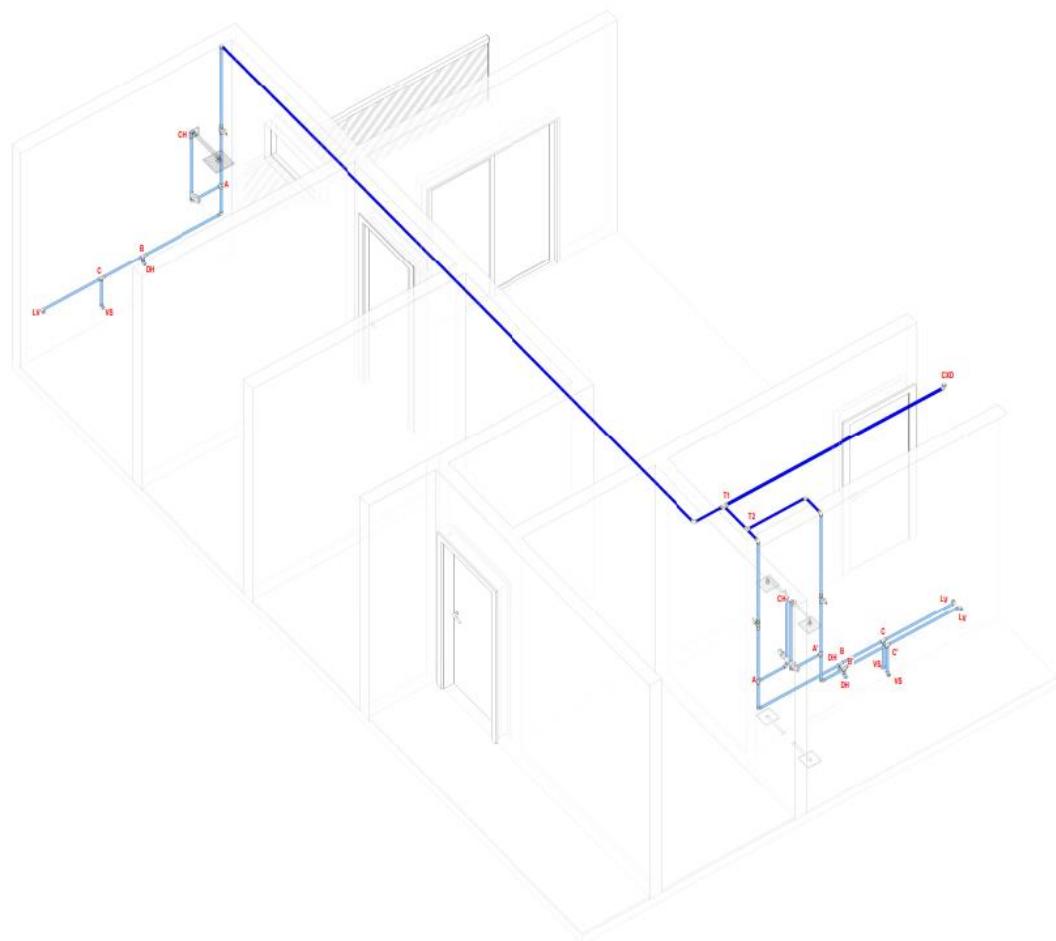
Figura 39 – Isometria banheiro 02 (AF1A)



Fonte: Autores, 2023.

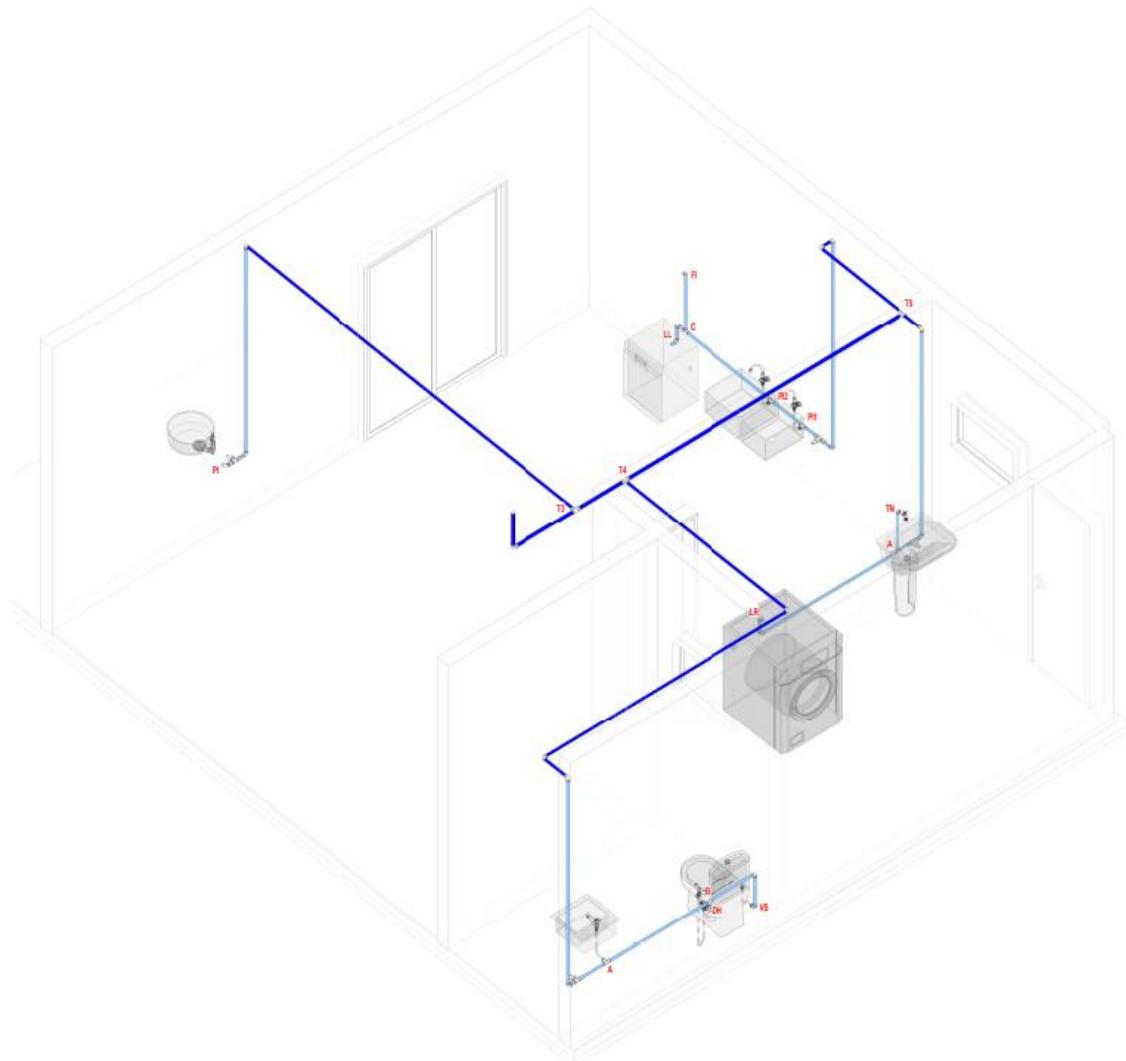
A próxima etapa do dimensionamento consiste na verificação das pressões, vazões e velocidades em cada trecho de acordo com os valores mínimos especificados anteriormente. Os trechos foram determinados em função da mudança no diâmetro e/ou da presença de “tê” bilateral, visto que ele determina a ramificação do sistema para os ambientes ou peças de utilização. Nas figuras 40 e 41 é possível visualizar a divisão dos trechos.

Figura 40 – Definição dos trechos (pavimento superior)



Fonte: Autores, 2023

Figura 41 – Definição dos trechos (térreo)



Fonte: Autores, 2023

Além dos trechos visualizados nas imagens anteriores, também foi definido o trecho “CxD – T que divide”, que representa o trecho entre a caixa d’água mais distante e o “tê” da tubulação que se ramifica em “AF01” e “AF02”. Na figura 37, é possível visualizar o trecho em questão. Além dele, também há o trecho “Hidrômetro – CXD”, que representa a tubulação que interliga o hidrômetro à caixa d’água mais distante.

Definidos os trechos, foi possível calcular o peso unitário em cada trecho, o peso acumulado, a vazão – dada pela fórmula 11-, a velocidade – obtida pela fórmula 12 -, a perda de carga unitária – dada pela fórmula 16 -, além da pressão a jusante

(fórmula 14) e a perda de carga (equação 17). A tabela com os resultados para todos os trechos está presente no Anexo G.

Para demonstrar como foram feitos os cálculos, serão usados como exemplo os trechos que compõem a AF1A (banheiro 02), cujo detalhe isométrico está presente na figura 39 exposta anteriormente.

- Trecho CXD – “tê que divide”

- Peso unitário = Peso acumulado = $5,9 + 4,2 = 10,1$. Esses valores foram retirados da tabela 07;
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{\sum P} = 0,3 \times \sqrt{10,1} = 1,00 \text{ l/s} = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Diâmetro nominal = 32 mm (de acordo com o ábaco de Creder para uma somatória de pesos igual a 10,1);
- Velocidade = $\frac{4 \times Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,001}{\pi \times 0,032 \times 0,032} = 0,76 \text{ m/s}$;
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 1^{1,75} \times 32^{-4,75} = 0,567 \text{ kPa/m} = 0,057 \text{ m/m}$;
- Diferença de cotas = 0,5 m, que corresponde à altura de água no interior da caixa d'água;
- Comprimento real de tubulação = 2,28 m;
- Comprimento equivalente das conexões = 7,7 m (considerando 1 joelho de 90° de 32 mm e 2 “tês” de 32 mm);
- Perda de carga (Δh) = $J \times L_{eq} = 0,057 \times (2,28 + 7,7) = 0,57 \text{ m}$;
- Pressão Jusante = $P_{montante} \pm \text{desnível} - \Delta h = 0 + 0,5 - 0,57 = -0,07 \text{ m.c.a.}$

Uma vez que a pressão obtida é inferior ao mínimo de 0,5 m.c.a, elevou-se a caixa d'água em 30 cm para aumentar a diferença de cotas, que passou a ser de 0,8 m. Com esse novo valor, a pressão jusante passa a ser 0,23 m.c.a, que continua abaixo do mínimo. A alternativa adotada foi de aumentar o diâmetro nominal de 32 mm para 40 mm. Dessa forma, tem-se os seguintes resultados:

- Velocidade = 0,76 m/s;
- Perda de carga unitária (J) = 0,02 m/m;

- Diferença de cotas = $0,5 + 0,3 = 0,8$ m;
- Comprimento real = 2,28 m;
- Comprimento equivalente = 11,2 m;
- Perda de carga = $0,02 \times (11,2 + 2,28) = 0,26$ m;
- Pressão a jusante = 0,54 m.c.a.

Assim, uma vez que a pressão a jusante obtida é superior ao mínimo de 0,5 m.c.a, o diâmetro de 40 mm será o adotado para o trecho CXD – “tê que divide”.

- Trecho “tê que divide” – T1

- Peso acumulado = $10,1 - 5,9$ (peso da AF02) = 4,2, que corresponde à somatória dos pesos referentes à AF01, como mostra a tabela 7.
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{4,2} = 0,6$ l/s = 0,0006 m³/s;
- Diâmetro nominal = 32 mm;
- $$\text{Velocidade} = \frac{4 \times 0,0006}{\pi \times 0,032 \times 0,032} = 0,76$$
 m/s;
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,6^{1,75} \times 32^{-4,75} = 0,026$ m/m;
- Diferença de cotas = 0,87 m;
- Comprimento real = 0,86 m;
- Comprimento equivalente = 7,9 m (3 joelhos de 90° de 32 mm, 1 tê de 32 mm e 1 registro de esfera de 32mm);
- Perda de carga = $0,026 \times (0,86 + 7,9) = 0,23$ m;
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm \text{desnível} - \Delta h = 0,54 + 0,87 - 0,23 = 1,18$ m.c.a.

Tendo em vista que a pressão a jusante obtida é superior ao mínimo de 0,5 m.c.a, o diâmetro de 32 mm será o adotado para o trecho.

- Trecho T1-T2

- Peso acumulado = $4,2 - 1,4 = 2,8$;
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{2,8} = 0,5$ l/s = 0,0005 m³/s/

- Diâmetro nominal = 25 mm;
- Velocidade = $\frac{4 \times 0,0005}{\pi \times 0,025 \times 0,025} = 1,02 \text{ m/s};$
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,5^{1,75} \times 25^{-4,75} = 0,06 \text{ m/m};$
- Diferença de cotas = 0 m;
- Comprimento real = 0,4 m;
- Comprimento equivalente = 2,4 m (1 tê de 25 mm);
- Perda de carga = $0,06 \times (0,4 + 2,4) = 0,17 \text{ m};$
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm desnível - \Delta h = 1,18 + 0 - 0,17 = 1,01 \text{ m.c.a.}$

Logo, o diâmetro adotado permanecerá 25 mm visto que a pressão a jusante obtida supera 0,5 m.c.a.

- Trecho T2-A

- Peso acumulado = $2,8 - 1,4 = 1,4;$
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{1,4} = 0,4 \text{ l/s} = 0,0004 \text{ m}^3/\text{s}/$
- Diâmetro nominal = 25 mm;
- Velocidade = $\frac{4 \times 0,0004}{\pi \times 0,025 \times 0,025} = 0,72 \text{ m/s};$
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,4^{1,75} \times 25^{-4,75} = 0,032 \text{ m/m};$
- Diferença de cotas = 2,01 m;
- Comprimento real = 2,16 m;
- Comprimento equivalente = 3,8 m (1 joelho de 25 mm, 1 tê de 25 mm e 1 registro de 25 mm);
- Perda de carga = $0,032 \times (2,16 + 3,8) = 0,19 \text{ m};$
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm desnível - \Delta h = 1,01 + 2,01 - 0,19 = 2,82 \text{ m.c.a.}$

Logo, o diâmetro adotado permanecerá 25 mm visto que a pressão a jusante obtida supera 0,5 m.c.a.

- Trecho A-CH

- Peso acumulado = $1,4 - 1 = 0,4$;
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{0,4} = 0,2 \text{ l/s} = 0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diâmetro nominal = 25 mm;
- Velocidade = $\frac{4 \times 0,0002}{\pi \times 0,025 \times 0,025} = 0,39 \text{ m/s}$;
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,2^{1,75} \times 25^{-4,75} = 0,011 \text{ m/m}$;
- Diferença de cotas = -1,01 m (sobe 1,01 m);
- Comprimento real = 1,32 m;
- Comprimento equivalente = 17,4 m (2 joelhos de 25 mm e 1 registro de pressão de 25 mm)
- Perda de carga = $0,011 \times (1,32 + 17,4) = 0,2 \text{ m}$;
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm \text{desnível} - \Delta h = 2,82 - 1,01 - 0,2 = 1,61 \text{ m.c.a.}$

Como se trata de um ponto de utilização, no caso o chuveiro, a pressão mínima na saída da tubulação deve ser igual a 1 m.c.a. Uma vez que a pressão calculada foi de 1,61 m.c.a para um DN de 25 mm, o diâmetro será mantido.

- Trecho A-B

- Peso acumulado = $1,4 - 0,4 = 1$
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{1} = 0,3 \text{ l/s} = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diâmetro nominal = 25 mm;
- Velocidade = $\frac{4 \times 0,0003}{\pi \times 0,025 \times 0,025} = 0,61 \text{ m/s}$;
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,3^{1,75} \times 25^{-4,75} = 0,024 \text{ m/m}$;
- Diferença de cotas = 0,39 m;
- Comprimento real = 1,31 m;
- Comprimento equivalente = 3,6 m (1 joelhos de 25 mm e 1 tê de 25mm)
- Perda de carga = $0,024 \times (1,31 + 3,6) = 0,12 \text{ m}$;
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm \text{desnível} - \Delta h = 2,82 + 0,39 - 0,12 = 3,10 \text{ m.c.a.}$

Logo, o diâmetro adotado permanecerá 25 mm visto que a pressão a jusante obtida supera 0,5 m.c.a.

- Trecho B-DH

- Peso acumulado = $1 - 0,6 = 0,4$
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{0,4} = 0,2 \text{ l/s} = 0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diâmetro nominal = 25 mm;
- Velocidade = $\frac{4 \times 0,0002}{\pi \times 0,025 \times 0,025} = 0,39 \text{ m/s}$;
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,2^{1,75} \times 25^{-4,75} = 0,011 \text{ m/m}$;
- Diferença de cotas = 0,1 m;
- Comprimento real = 0,1 m;
- Comprimento equivalente = 1,2 m (1 joelhos de 25 mm)
- Perda de carga = $0,011 \times (0,1 + 1,2) = 0,01 \text{ m}$;
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm \text{desnível} - \Delta h = 3,1 + 0,1 - 0,01 = 3,18 \text{ m.c.a.}$

Da mesma forma que para o caso do trecho A-CH, a pressão a jusante calculada foi superior a 1 m.c.a para um diâmetro inicial de 25 mm. Assim, pode-se mantê-lo como definitivo.

- Trecho B-C

- Peso acumulado = $1 - 0,4 = 0,6$
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{0,6} = 0,2 \text{ l/s} = 0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diâmetro nominal = 25 mm;
- Velocidade = $\frac{4 \times 0,0002}{\pi \times 0,025 \times 0,025} = 0,47 \text{ m/s}$;
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,2^{1,75} \times 25^{-4,75} = 0,015 \text{ m/m}$;
- Diferença de cotas = 0 m;
- Comprimento real = 0,48 m;
- Comprimento equivalente = 2,4 m (1 tê bilateral de 25 mm)
- Perda de carga = $0,015 (0,48 + 2,4) = 0,04 \text{ m}$;
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm \text{desnível} - \Delta h = 3,10 + 0 - 0,04 = 3,05 \text{ m.c.a.}$

Logo, o diâmetro adotado permanecerá 25 mm visto que a pressão a jusante obtida supera 0,5 m.c.a.

- Trecho C-VS

- Peso acumulado = $0,6 - 0,3 = 0,3$
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{0,3} = 0,2 \text{ l/s} = 0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diâmetro nominal = 25 mm;
- Velocidade = $\frac{4 \times 0,0002}{\pi \times 0,025 \times 0,025} = 0,33 \text{ m/s}$;
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,2^{1,75} \times 25^{-4,75} = 0,008 \text{ m/m}$;
- Diferença de cotas = 0,4 m;
- Comprimento real = 0,4 m;
- Comprimento equivalente = 1,2 m (1 joelho de 25 mm);
- Perda de carga = $0,008 (0,4 + 1,2) = 0,01 \text{ m}$;
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm \text{desnível} - \Delta h = 3,05 + 0,4 - 0,01 = 3,44 \text{ m.c.a.}$

Tendo em vista que a pressão a jusante calculada foi superior à mínima de 1 m.c.a exigida para pontos de utilização, o diâmetro inicial adotado é mantido – igual a 25 mm.

- Trecho C-LV

- Peso acumulado = $0,6 - 0,3 = 0,3$
- Vazão = $0,3 \times \sqrt{0,3} = 0,2 \text{ l/s} = 0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diâmetro nominal = 25 mm;
- Velocidade = $\frac{4 \times 0,0002}{\pi \times 0,025 \times 0,025} = 0,33 \text{ m/s}$;
- Perda de carga unitária (J) = $8,63 \times 10^6 \times 0,2^{1,75} \times 25^{-4,75} = 0,008 \text{ m/m}$;
- Diferença de cotas = 0 m;
- Comprimento real = 0,81 m;
- Comprimento equivalente = 1,2 m (1 joelho de 25 mm);
- Perda de carga = $0,008 (0,81 + 1,2) = 0,02 \text{ m}$;
- Pressão a jusante = $P_{montante} \pm \text{desnível} - \Delta h = 3,05 + 0 - 0,02 = 3,03 \text{ m.c.a.}$

Logo, o diâmetro adotado permanecerá 25 mm visto que a pressão a jusante obtida supera 0,5 m.c.a.

Finalmente, após o cálculo dos parâmetros citados anteriormente para todos os trechos, calculou-se a velocidade máxima mediante a equação 13 em cada diâmetro das tubulações para, assim, verificar se são inferiores à máxima de 3 m/s. Os resultados podem ser vistos no Anexo G, em que é possível notar que as velocidades em todos os trechos ficaram dentro do limite. Assim, não houve necessidade de aumentar os diâmetros previamente delimitados durante a etapa de cálculo de perda de carga.

4.3 INSTALAÇÕES DE ESGOTO

Nesta etapa, foi dimensionado todo o sistema de esgoto sanitário da edificação. O método utilizado para o dimensionamento foi o das unidades de *Hunter* de contribuição, e cálculos foram documentados em planilhas desenvolvidas no Excel – as quais encontram-se no Anexo B. A modelagem do sistema foi feita no Software BIM Revit, cujos projetos também estão documentados no anexo citado.

4.3.1 Dimensionamento dos ramais de descarga

Os ramais de descarga foram dimensionados conforme a tabela 36, cujos diâmetros mínimos encontram-se na tabela 09 - que relaciona os aparelhos sanitários por ambiente e seus UHCs.

Tabela 36 – Diâmetros adotados para os ramais de descarga

DIMENSIONAMENTO RAMAIS DE DESCARGA				
Ambiente	Aparelho Sanitário	Qtd.	UHC	DN mín.
Banheiro 01	Bacia Sanitária	1	6	100
	Lavatório	1	1	40
	Chuveiro	1	2	40
Banheiro 02	Bacia Sanitária	1	6	100

	Lavatório	1	1	40
	Chuveiro	1	2	40
Banheiro 03	Bacia Sanitária	1	6	100
	Lavatório	1	1	40
	Chuveiro	1	2	40
Lavabo	Bacia Sanitária	1	6	100
	Lavatório	1	1	40
Cozinha	Pia	2	3	50
	Máquina de Lavar Louças	1	2	50
Lavanderia	Máquina de lavar roupas	1	3	50
	Tanque	1	3	40
Área Gourmet	Pia	1	3	50

Fonte: Autores, 2023.

4.3.2 Dimensionamento dos desconectores

As caixas sifonadas são dimensionadas conforme tabela 10. Em cada banheiro, além da cozinha e da lavanderia, foi posicionada um desconector a fim de conter a passagem de gases para o ambiente. O desconector da lavanderia, porém, deve possuir um dispositivo anti-espuma devido à lavagem do piso. Os resultados estão presentes na tabela 37.

Tabela 37 – Dimensionamento dos desconectores

DIMENSIONAMENTO DESCONECTORES						
Ambiente	Aparelho Sanitário	Qtd.	UHC Unt.	UHC total	UHC por desconector	DN caixa sifonada
Banheiro 01	Lavatório	1	1	1	3	100
	Chuveiro	1	2	2		
Banheiro 02	Lavatório	1	1	1	3	100
	Chuveiro	1	2	2		
Banheiro 03	Lavatório	1	1	1	3	100
	Chuveiro	1	2	2		
Lavabo	Lavatório	1	1	1	1	100
Cozinha	Máquina de Lavar Louças	1	2	2	2	100
Lavanderia	Máquina de lavar roupas	1	3	3	6	100

Tanque	1	3	3	
--------	---	---	---	--

Fonte: Autores, 2023.

Nota-se que, na tabela acima, as pias da cozinha e da área gourmet não foram contempladas. Isso se dá porque seus efluentes desaguam diretamente em caixas de gordura, não passando por desconectores antes. Como visualizado na tabela 11, os ramais de descarga das pias correspondem a um diâmetro de 50 mm – que é o mesmo diâmetro da tubulação que chega à caixa de gordura. Ademais, foi posicionado uma caixa sifonada com dispositivo anti-espuma de 100x100x50mm em cada varanda a fim de possibilitar o escoamento de águas provenientes de lavagem de piso.

4.3.3 Dimensionamento dos ramais de esgoto

Os ramais de esgoto são dimensionados como consta na tabela 11. Os diâmetros adotados estão presentes na tabela 38 abaixo.

Tabela 38 – dimensionamento dos ramais de esgoto

DIMENSIONAMENTO RAMAIS DE ESGOTO						
Ambiente	Aparelho Sanitário	Qtd.	UHC	UHC por ramal de esgoto	DN mín.	DN usado
Banheiro 01	Bacia Sanitária	1	6	9	75	100
	Lavatório	1	1			
	Chuveiro	1	2			
Banheiro 02	Bacia Sanitária	1	6	9	75	100
	Lavatório	1	1			
	Chuveiro	1	2			
Banheiro 03	Bacia Sanitária	1	6	9	75	100
	Lavatório	1	1			
	Chuveiro	1	2			
Lavabo	Bacia Sanitária	1	6	7	75	100
	Lavatório	1	1			
Cozinha	Máquina de Lavar Louças	1	2	2	40	50
Lavanderia	Máquina de lavar roupas	1	3	6	50	50
	Tanque	1	3			

Fonte: Autores, 2023.

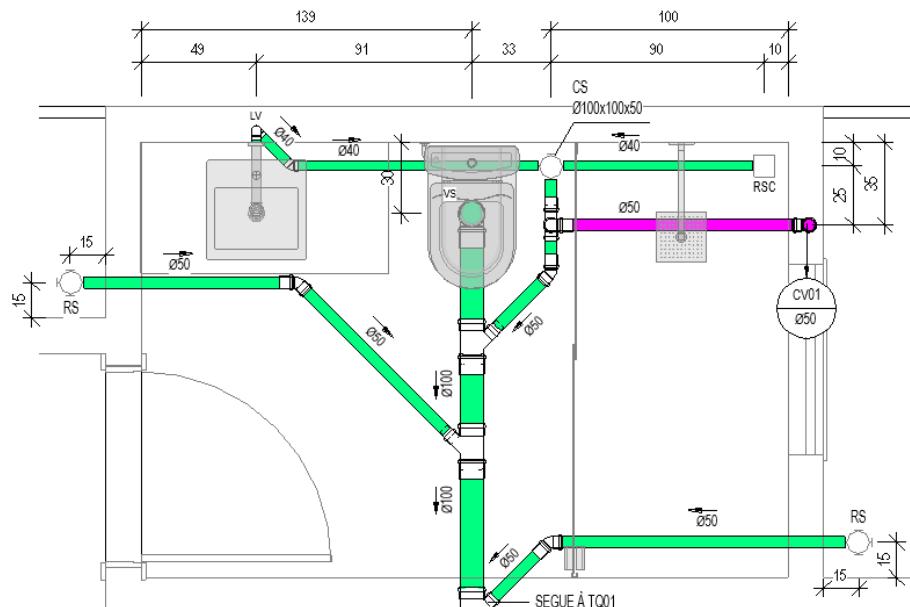
Quando há presença de bacia sanitária, o diâmetro mínimo a ser adotado é de 100 mm. Nos casos da cozinha e da lavanderia, o diâmetro do ramal de esgoto obtido foi de 50 mm, sendo este, também, o diâmetro da saída das caixas sifonadas.

O ramal de esgoto da cozinha, por receber contribuição de 2 UHCs, apresenta um diâmetro mínimo de 40 mm. Contudo, como caixas sifonadas disponíveis no mercado possuem diâmetro de saída mínimo de 50 mm, adotou-se o mesmo valor para o ramal de esgoto.

As caixas sifonadas posicionadas nas varandas ligam-se aos ramais de esgoto existentes em qualquer posição, visto que também possuem fecho hídrico – desprezando a ligação em outro desconector antes do ramal de esgoto.

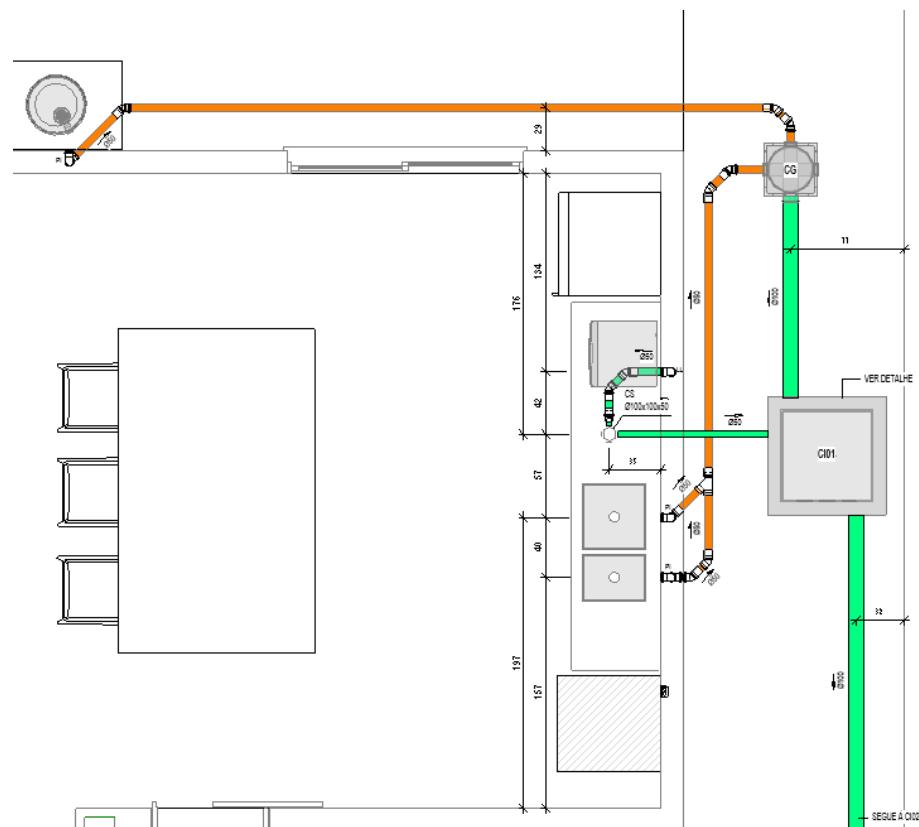
Nas figuras 42, 43 e 44 é possível visualizar o traçado das tubulações, os diâmetros adotados e as peças sanitárias. Vale ressaltar que em todas as tubulações foram utilizadas conexões de 45°, respeitando as inclinações de 2% para tubulações de até 75 mm e de 1% para tubos com diâmetros acima de 75 mm.

Figura 42 – tubulações de esgoto sanitário do banheiro 01



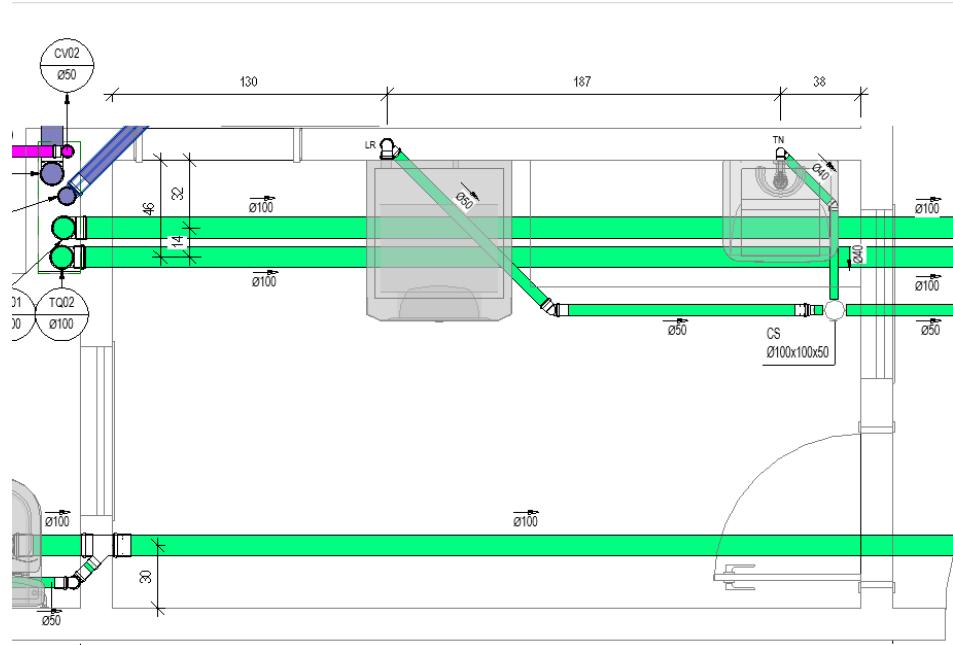
Fonte: Autores, 2023.

Figura 43 – tubulações de esgoto sanitário da cozinha e área gourmet



Fonte: Autores, 2023.

Figura 44 – tubulações de esgoto sanitário da lavanderia



Fonte: Autores, 2023.

4.3.4 Dimensionamento dos tubos de queda

Para o dimensionamento dos tubos de queda, consulta-se a tabela 12, na coluna de prédios de até 3 pavimentos, que relaciona a soma de UHCs com o diâmetro a ser adotado. Uma vez que ambos os tubos de queda recebem efluentes de bacias sanitárias, seus diâmetros automaticamente devem ser maiores ou iguais aos diâmetros dos ramais de esgoto das bacias – no caso 100 mm. Assim, apesar de o diâmetro calculado ser igual a 75 mm para o TQ01 e 50 mm para o TQ02, o diâmetro adotado foi igual a 100 mm nos dois casos. Os resultados do dimensionamento estão presentes na tabela 39.

Tabela 39 – Dimensionamento dos tubos de queda

DIMENSIONAMENTO TUBOS DE QUEDA								
Tubo de Queda	Ambientes	Aparelho Sanitário	Qtd.	UHC unit.	UHC total	UHC por tubo de queda	DN mín.	DN usado
TQ01	BHO 01 + BHO 02	Bacia Sanitária	2	6	12	18	75	100
		Lavatório	2	1	2			
		Chuveiro	2	2	4			

TQ02	BHO 03	Bacia Sanitária	1	6	6	9	50	100
		Lavatório	1	1	1			
		Chuveiro	1	2	2			

Fonte: Autores, 2023.

4.3.5 Dimensionamento do coletor predial e subcoletores

Os coletores e subcoletores prediais são dimensionados conforme a tabela 13, que relaciona o número máximo de UHCs de contribuição em função das declividades das tubulações para obtenção do diâmetro do tubo. Neste projeto, há 2 subcoletores e 1 coletor predial. O primeiro subcoletor interliga as caixas de inspeção 01 e 02, o segundo subcoletor conecta as caixas de inspeção 02 e 03 e o coletor predial parte da caixa de inspeção 03 em direção à rede pública. Todas as três tubulações possuem declividade de 1%. As pranchas com o projeto de instalações de esgoto sanitário completo constam no Anexo B – para melhor visualização das caixas e suas tubulações.

Tabela 40 – Dimensionamento do coletor e subcoletores prediais

DIMENSIONAMENTO COLETOR E SUBCOLETOR PREDIAL								
Trecho de tubulação	Categoria	Aparelhos Sanitários/ tubulações	Qtd.	UHC unit.	UHC total	UHC por coletor	%	DN usado
CI01 - CI02	Subcoletor 1	Máquina de Lavar Louças	1	2	2	11	1	100
		Pia	3	3	9			
CI02 - CI03	Subcoletor 2	Subcoletor 1	-	11	11	51	1	100
		TQ01	-	18	18			
		TQ02	-	9	9			
		Máquina de lavar roupas	1	3	3			
		Tanque	1	3	3			
		Lavatório	1	1	1			
		Bacia Sanitária	1	6	6			

CI03 - Coletor Público	Coletor	Subcoletor 2	-	51	51	51	1	100
------------------------------	---------	--------------	---	----	----	----	---	-----

Fonte: Autores, 2023.

4.3.6. Dimensionamento caixa de gordura e caixas de inspeção

As caixas de inspeção presentes no projeto apresentam tamanho padrão, com formato prismático de base quadrada com 60 cm de lado interno e profundidade máxima de 1 metro. No caso da caixa de gordura, como o projeto contempla duas cozinhas, pode-se utilizar uma caixa simples (CGS) cilíndrica com diâmetro interno de 0,40 m, capacidade de retenção de 31L e diâmetro da tubulação de saída de 75 mm. Na figura 43, é possível identificar a caixa de gordura e a caixa de inspeção que recebe os efluentes da cozinha e da área gourmet.

4.3.7 Dimensionamento dos ramais e colunas de ventilação

O dimensionamento dos ramais de ventilação começa através da análise de necessidade da ventilação. Como Netto (2015) explica, ramais de descarga que não recebem efluentes de bacia sanitária dispensam ventilação, de modo que as tubulações provenientes dos desconectores da área de serviço e da cozinha não serão ventiladas. Em contrapartida, para dimensionar ramais de ventilação de banheiros, consulta-se a tabela 14. Uma vez que todas as tubulações a serem ventiladas possuem bacia sanitária e somatória de UHC inferior a 17, todos os ramais de ventilação terão diâmetro igual a 50 mm.

Tabela 41 – Dimensionamento dos ramais de ventilação

DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE VENTILAÇÃO (VENTILAÇÃO SECUNDÁRIA)			
Ambiente	UHC (com bacia sanitária)	Ø Ventilação	Ø adotado
Banheiro 01	3	50	50
Banheiro 02	3	50	50
Banheiro 03	3	50	50
Lavabo	1	50	50

Fonte: Autores, 2023.

Cabe ressaltar que, uma vez que os diâmetros de todos os ramais de descarga são iguais a 50 mm, o tubo ventilador será conectado a eles em uma distância máxima de 1,20 m - como cita a tabela 15.

Já as colunas de ventilação são as tubulações que se conectam aos ramais de ventilação e sobem até a cobertura, e seu dimensionamento se dá mediante a tabela 16 - que correlaciona o diâmetro nominal do tubo ventilador com seu comprimento máximo em função do UHC do tubo de queda/ramal de esgoto. Observando a tabela 42, as colunas de ventilação possuem diâmetros iguais a 50 mm.

Tabela 42 – Dimensionamento das colunas de ventilação

DIMENSIONAMENTO DAS COLUNAS DE VENTILAÇÃO PRIMÁRIA				
Coluna	DN ramal esgoto	UHC total	Comprimento (m)	Ø Ventilação
CV01	100	9	3,06	50
CV02	100	25	8,09	50

Fonte: Autores, 2023.

Os resultados obtidos na tabela 42 acima consideram que a CV01 é uma coluna de ventilação que atende ao banheiro 01, cuja somatória de UHC é igual a 9 (6 do vaso sanitário + 1 do lavatório + 2 do chuveiro). Já a CV02 constitui uma coluna de ventilação que atende ao banheiro 02, banheiro 03 e lavabo, de modo que a somatória de UHC equivale a 25.

4.4 INSTALAÇÕES DE ÁGUA PLUVIAL

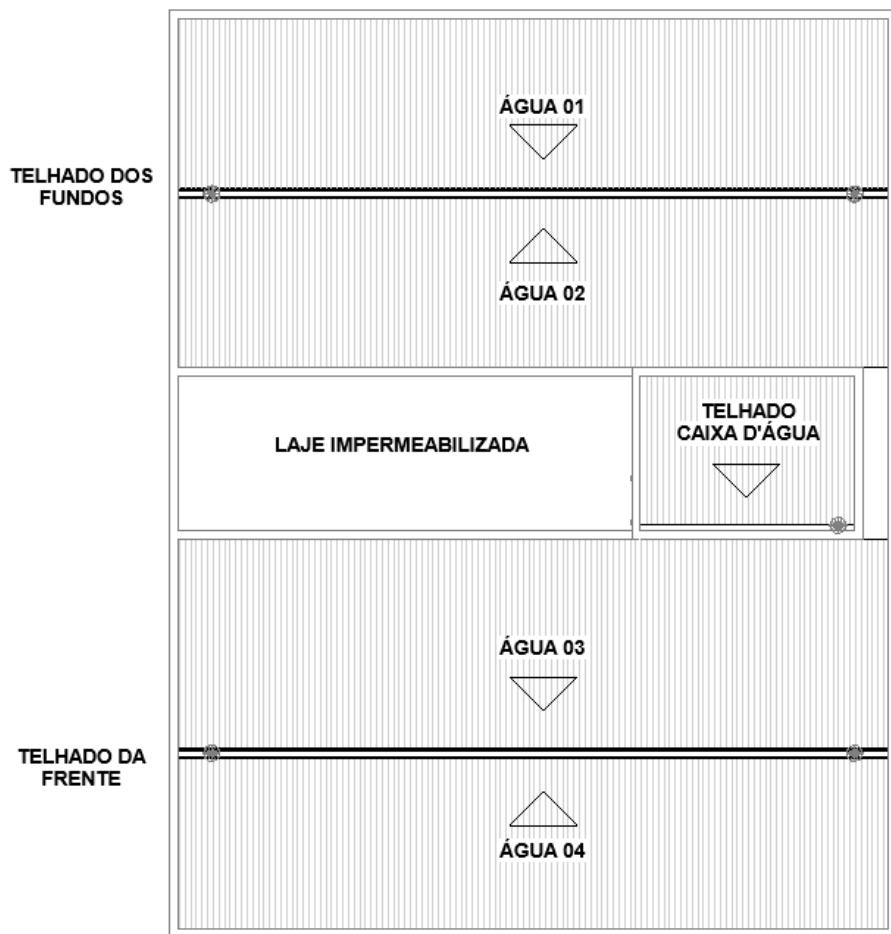
A modelagem das instalações de águas pluviais foi desenvolvida no software Revit, e todos os cálculos documentados no Excel. As pranchas do projeto se encontram no Anexo B.

4.4.1 Pré-definições

Para facilitar o entendimento dos cálculos, dividiu-se os telhados da edificação de estudo em “Água 01”, “Água 02”, “Água 03”, “Água 04”, “Telhado caixa d’água” e

“Laje Impermeabilizada”. Água 01 e Água 02 compõe o telhado dos fundos da edificação; Água 03 e Água 04 compõem o telhado da frente; Telhado caixa d’água consiste no telhado sobre o abrigo da caixa d’água; e a laje impermeabilizada consiste na superfície horizontal entre os telhados dos fundos e da frente, a qual leva até a porta do abrigo da caixa d’água. A figura 45 apresenta cada uma dessas coberturas intituladas.

Figura 45 – Identificação das águas e telhados da cobertura



Fonte: Autores, 2023

4.4.2 Cálculo do índice pluviométrico

A intensidade pluviométrica (I) foi calculada por três métodos distintos, como explicitado no item 2.3.1.4. O valor de I a ser adotado no cálculo da vazão de projeto será o menor dentre os três obtidos.

Primeiramente, utilizando a fórmula de Prusk et. Al (18), para um período de retorno de 5 anos – valor adotado para coberturas e/ou terraços – e uma duração de precipitação de 5 minutos, obteve-se $I = 133,07 \text{ mm/h}$. Do mesmo modo, fazendo uso da tabela de Chuvas Intensas no Brasil (Anexo F), para a cidade de Vitória – ES e um período de retorno de 5 anos, tem-se $I = 156 \text{ mm/h}$.

Por fim, o terceiro método se deu pela média das precipitações mensais com base nos dados obtidos no site da ANA para os anos de 1970 a 2018. As tabelas 43 e 44 mostram esses resultados.

Tabela 43 – Precipitação média mensal de 1970 a 2018.

Precipitação Mensal	
Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	107,1
Fevereiro	146,5
Março	108,1
Abril	110,7
Maio	100,8
Junho	108,4
Julho	138,1
Agosto	98,9
Setembro	84,5
Outubro	100,9
Novembro	111,7
Dezembro	118,2
MÉDIA	111,2

Fonte: SANTOS e SCHEYDEGGER, 2023.

Tabela 44 – Precipitação média anual de 1970 a 2018.

Precipitação Anual					
Ano	(mm)	Ano	(mm)	Ano	(mm)
1970	1287,5	1987	1183,6	2003	989,1
1971	1725,0	1988	1266,7	2004	1649,9
1972	1034,3	1989	1253,2	2005	1790,5
1973	1119,1	1990	1053,8	2006	1384,6
1974	1296,1	1991	1332,9	2007	878,0
1975	1619,5	1992	1818,7	2008	1524,3
1976	1315,1	1993	980,4	2009	1570,7
1977	1428,3	1994	1188,5	2010	1224,1
1978	1477,6	1995	1470,1	2011	1591,2
1979	1525,2	1996	1423,4	2012	1599,1
1980	1433,0	1997	1274,2	2013	1993,5
1981	1263,8	1998	848,8	2014	852,2
1982	1139,0	1999	1401,9	2015	706,9
1983	2022,2	2000	1562,2	2016	917,2
1984	1369,4	2001	723,9	2017	1263,0
1985	1553,7	2002	789,2	2018	1787,2
1986	935,5	MÉDIA		1323,2	

Fonte: SANTOS e SCHEYDEGGER, 2023.

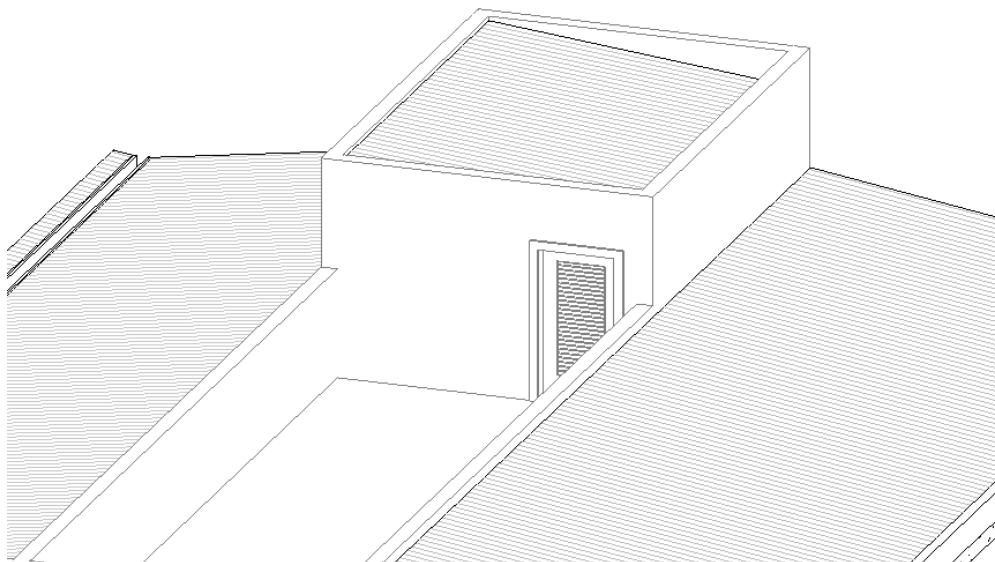
Assim, o resultado para a intensidade pluviométrica foi de $I = 111,2 \text{ mm/h}$ – como mostra a tabela 43. Visto que esse valor também corresponde ao menor dentre os obtidos pela fórmula de Prusk e pela tabela de Chuvas Intensas da ABNR NBR 10844:2020, o resultado de 111,2 mm/h é o índice pluviométrico a ser considerado nos próximos cálculos.

4.4.3 Cálculo da área de contribuição

A área de contribuição foi calculada para cada elemento de cobertura identificado na figura 45.

- Água 01: por ser uma superfície inclinada, a equação utilizada foi a b) da figura 28. Logo, $Ac1 = (3 + (0,55/2)) \times 12,62 = 41,33 \text{ m}^2$.
- Água 02: esta água possui mesmas dimensões e inclinação em relação à água 01. Sendo assim, $Ac2 = Ac1 = 41,33 \text{ m}^2$.
- Água 03: através da equação b) da figura 28, uma vez que também se enquadra em uma superfície inclinada, a área de contribuição é calculada: $Ac3 = (3,7 + (0,66/2)) \times 12,62 = 50,86 \text{ m}^2$.
- Água 04: da mesma forma que as demais águas, a água 04 representa uma superfície inclinada. Assim, $Ac4 = (3,02 + (0,55/2)) \times 12,62 = 41,58 \text{ m}^2$.
- Laje impermeabilizada: a área considerada foi obtida através da soma de duas áreas de contribuição: a área de contribuição da laje impermeabilizada (caso a) da figura 28) e a área de uma superfície plana vertical única (caso c)), uma vez que o abrigo da caixa d'água representa um obstáculo vertical à chuva incidente sobre a superfície plana horizontal, como mostra a figura 46.

Figura 46 – Laje impermeabilizada e abrigo da caixa d'água.



Fonte: Autores, 2023.

Assim, $Ac = (8,05 \times 2,75) + (2 \times 3,05) / 2 = 25,19\text{m}^2$, sendo a primeira parcela a área de contribuição proveniente da laje impermeabilizada e a segunda parcela proveniente da parede do abrigo da caixa d'água.

- Telhado caixa d'água: essa superfície se enquadra em uma superfície inclinada, de modo que a área de contribuição consta na fórmula b) da figura 28. Assim, $Ac = (2,62 + (0,36/2)) \times 3,81 = 10,67 \text{ m}^2$.

4.4.4 Determinação das vazões de projeto

A vazão individual de cada água dos telhados e da laje impermeabilizada foi determinada de acordo com a equação 19, considerando a área de contribuição e a intensidade pluviométrica calculadas anteriormente.

Tabela 45 – Determinação das vazões

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO		
SETOR	Ac (m ²)	Q (L/min)
ÁGUA 01 (TELHADO DOS FUNDOS)	41,33	76,60
ÁGUA 02 (TELHADO DOS FUNDOS)	41,33	76,60
ÁGUA 03 (TELHADO DA FRENTE)	50,86	94,26
ÁGUA 04 (TELHADO DA FRENTE)	41,58	77,07
LAJE IMPERMEABILIZADA	25,19	46,68
TELHADO CAIXA D'ÁGUA	10,67	19,77

Fonte: Autores, 2023.

4.4.5 Dimensionamento das calhas

Na tabela 46 são apresentados os cálculos para dimensionamento das 3 calhas presentes no projeto, considerando que a calha do telhado dos fundos recebe águas pluviais das águas 01 e 02 e a do telhado da frente recebe das águas 03 e 04. Dessa forma, a vazão de água da chuva em cada uma das calhas será a soma das vazões de cada água contribuinte. Em contrapartida, o telhado do abrigo da caixa d'água apresenta uma calha exclusiva, de modo que a vazão atendida é a própria calculada para o telhado. Assim, a vazão da calha dos fundos é de $Q1 = 76,60 + 76,60 = 153,20 \text{ L/min}$; a da calha da frente é de $Q2 = 94,26 + 77,07 = 171,33 \text{ L/min}$; e da calha do telhado do abrigo da caixa d'água é $Q3 = 19,77 \text{ L/min}$.

Foi considerado que o material utilizado na fabricação das calhas é o aço, de modo que o coeficiente de rugosidade adotado (n) é de 0,011 – conforme tabela 18. Além disso, seus formatos são retangulares, de modo que os métodos de dimensionamento considerados são o caso 1, em que a altura da lâmina d'água (h) é $\frac{1}{2}$ da largura da calha (b), além do método prático. Ademais, considerou-se uma inclinação de 0,5%.

Aplicando as equações 20, 21 e 22 para o caso 1 de dimensionamento, foi possível determinar os valores das alturas de lâmina d'água, da largura da calha e da borda livre, como visto na tabela 02. Através desse método, a altura da calha é determinada mediante a soma da lâmina d'água com a borda livre, e a largura da mesma é o próprio valor de b . Sendo assim, tem-se:

- Calha telhado dos fundos:

$$\text{Altura} = 4,86 + 3,20 = 8,06 \text{ cm}$$

$$\text{Largura} = b = 9,73 \text{ cm.}$$

Logo, a calha escolhida teria dimensões 100x100mm.

- Calha telhado da frente:

$$\text{Altura} = 5,07 + 3,4 = 8,47 \text{ cm}$$

$$\text{Largura} = b = 10,14 \text{ cm}$$

Logo, a calha escolhida teria dimensões 100x100 mm.

- Calha telhado abrigo caixa d'água:

$$\text{Altura} = 2,26 + 1,50 = 3,76 \text{ cm}$$

$$\text{Largura} = b = 4,51 \text{ cm}$$

Uma vez que as dimensões calculadas para esta calha foram muito pequenas, foi adotado o mesmo tamanho das demais por uma questão de padronização. Logo, a calha também possui tamanho 100x100 mm.

Em contrapartida, utilizando o método prático explicitado na figura 31 e tabela 19, a largura das calhas é determinada em função do comprimento do telhado. Para calhas que recebem águas pluviais de duas águas, o comprimento a ser considerado

é obtido pela soma dos comprimentos individuais de cada água contribuinte. Dessa forma, tem-se:

- Calha telhado dos fundos:

Comprimento água 01 = comprimento água 02 = 3 m.

Comprimento do telhado = $3 + 3 = 6$ m.

Assim, de acordo com a tabela 19, para um comprimento de telhado entre 5 e 10 m a largura da calha deve ser igual a 0,20 m.

- Calha telhado da frente

Comprimento água 03: 3,70 m

Comprimento água 04: 3,02 m

Comprimento do telhado: $3,70 + 3,02 = 6,72$ m

Logo, a largura da calha deve ser igual a 0,20 m visto que o comprimento do telhado se encontra na faixa de 5 a 10 m.

- Calha abrigo caixa d'água:

Comprimento do telhado: 2,75 m.

De acordo com a tabela 19, para um comprimento de telhado de até 5 metros, a largura da calha adotada deve ser igual a 0,15 m.

Assim, comparando os dois métodos, o tamanho das calhas será o calculado pelo método mais conservador, ou seja, o que obteve a maior dimensão. O método prático foi o que concedeu a maior dimensão de largura, sendo ele o determinante no dimensionamento. Assim, para as calhas dos telhados dos fundos e da frente, adotou-se as dimensões 200mm x 100mm – como mostra a tabela 46. Da mesma forma, para a calha do telhado do abrigo da caixa d'água, o tamanho adotado foi de 150x100mm. O valor de 100 mm para a altura foi escolhido tal que representasse um número maior do que a soma da lâmina d'água com a borda livre.

Tabela 46 – Dimensionamento das calhas

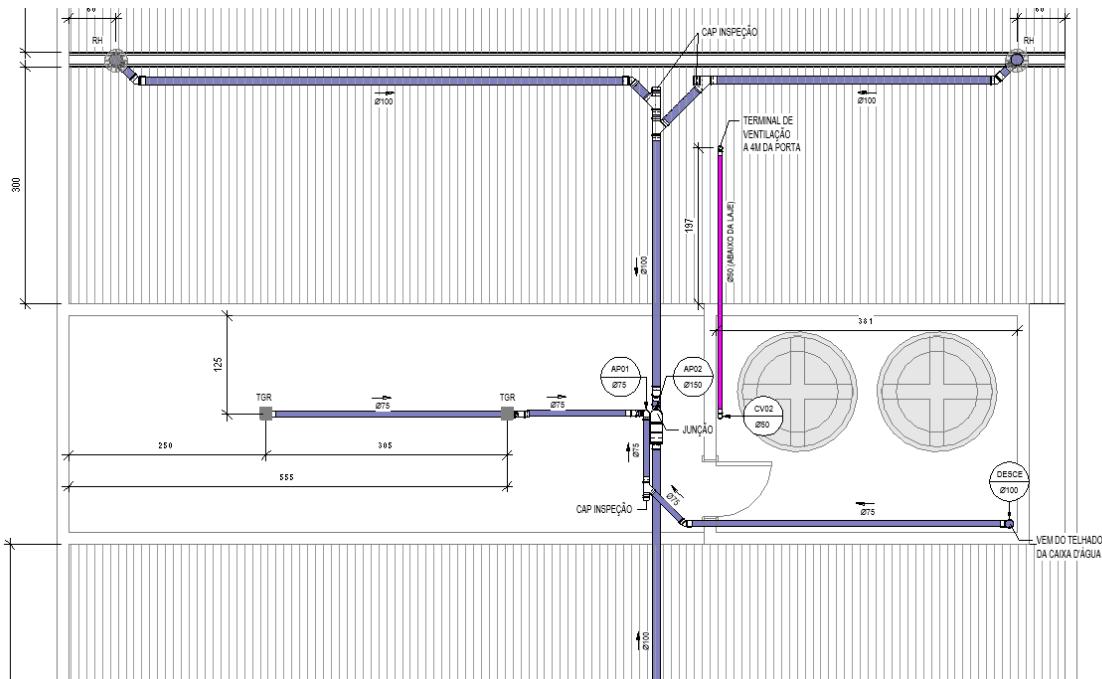
SETOR	i (%)	n	MÉTODO 01 (B = 2H)			MÉTODO PRÁTICO	Tamanho da calha
			h (cm)	b (cm)	borda livre 2/3h (cm)		
TELHADO DOS FUNDOS	0,5%	0,011	4,86	9,73	3,2	6	200x100mm
TELHADO DA FRENTE	0,5%	0,011	5,07	10,14	3,4	6,72	200x100mm
TELHADO ABRIGO CAIXA D'ÁGUA	0,5%	0,011	2,26	4,51	1,50	2,62	150x100mm

Fonte: Autores, 2023.

4.4.6 Dimensionamento dos condutores verticais

No dimensionamento dos condutores verticais, dividiu-se as vazões em dois tubos verticais: o primeiro, chamado de “AP01”, recebe águas pluviais provenientes da laje impermeabilizada e do telhado da caixa d’água. O segundo (AP02), recebe as águas pluviais dos telhados dos fundos e da frente. Na figura 47, pode-se visualizar o traçado das tubulações sobre a cobertura e os condutores verticais anteditos.

Figura 47 – traçado das tubulações de águas pluviais na cobertura



- AP02:

$$Q (\text{L/s}) = 324,52 / 60 = 5,4 \text{ L/s}$$

$$\text{Área do telhado: } 41,33 + 41,33 + 50,86 + 41,58 = 175,10 \text{ m}^2.$$

Logo, obteve-se um diâmetro igual a 150 mm – visto que a área do telhado excede 167 m².

Uma vez que o diâmetro adotado é o maior obtido entre os dois métodos, o diâmetro utilizado para AP02 foi de 150 mm e, para AP01, adotou-se 75 mm – como mostra a tabela 03.

Tabela 47 – Dimensionamento dos condutores verticais

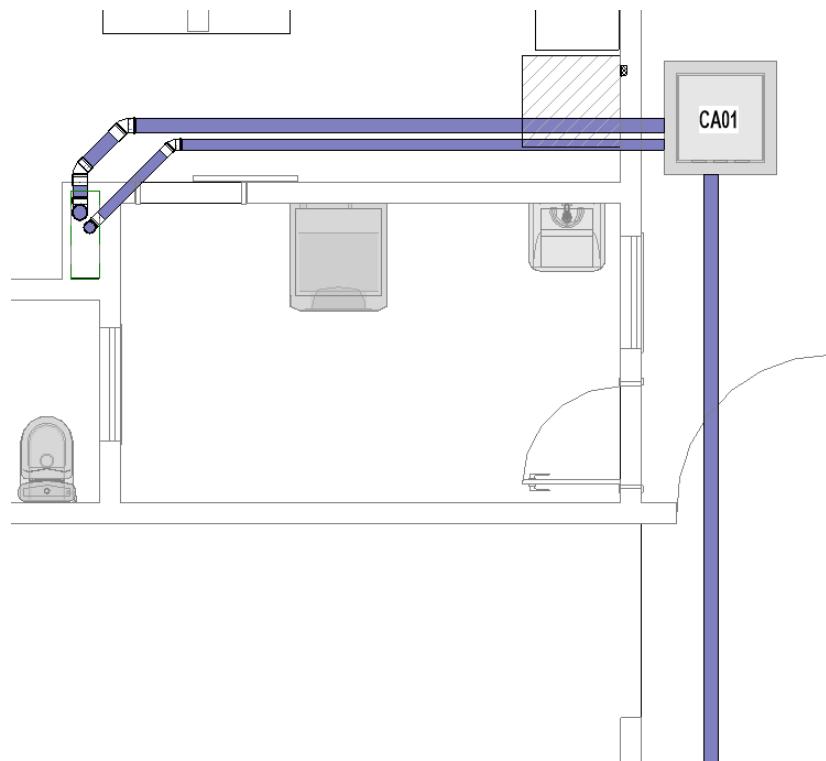
DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICais					
CONDUTORES	SETOR ATENDIDO	Q (L/min)	Ø ÁBACO	Ø MÉTODO PRÁTICO	Ø ADOTADO
AP02	Telhado dos fundos + telhado da frente	324,52	Ø70mm	Ø150mm	Ø150mm
AP01	telhado caixa d'água + laje impermeabilizada	66,45	Ø70mm	Ø75mm	Ø75mm

Fonte: Autores, 2023.

4.4.7 Dimensionamento dos condutores horizontais

Neste projeto, foi necessário apenas um trecho de condutor horizontal, sendo este o responsável por ligar as caixas de areia 01 e 02. A vazão considerada é a soma das vazões de AP01 e AP02, visto que ambos os condutores verticais desaguam na mesma caixa.

Figura 48 – Traçado do condutor horizontal



Fonte: Autores, 2023.

Sendo assim, analisando a tabela 21 para $n = 0,011$ (tubulações de PVC), inclinação da tubulação igual a 1% e vazão igual a 390,98 L/min – obtida pela soma das vazões em cada tubo vertical -, obteve-se um diâmetro de 125 mm. Contudo, com o intuito de aproveitar materiais que já seriam utilizados na edificação, o diâmetro adotado foi de 150 mm.

Tabela 48 – Dimensionamento dos condutores horizontais

DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS					
CONDUTORES	Q (L/min)	i (%)	Dist. Horizontal (m)	DN (mm)	DN adotado (mm)
AP01+ AP02	390,98	1,00	10,15	Ø125mm	Ø150mm

Fonte: Autores, 2023.

4.5 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A modelagem das instalações das instalações elétricas foi desenvolvida no software Revit, e todos os cálculos documentados no Excel. As pranchas do projeto se encontram no Anexo D.

4.5.1 Dimensionamento da potência aparente

O dimensionamento da potência aparente foi realizado seguindo as recomendações mínimas da NBR 5410, como apresentado pela tabela 49.

Tabela 49 – Cargas instaladas por ambiente

DEPENDENCIA	DIMENSÕES		ILUMINAÇÃO			TOMADA DE USO GERAL (TUG)			TOMADA DE USO ESPECÍFICO (TUE)	
	ÁREA (m ²)	PERIMETRO (m)	Nº DE PONTOS	POTENCIA UNITÁRIA (VA)	POTENCIA TOTAL (VA)	Nº DE PONTOS	POTENCIA UNITÁRIA (VA)	POTENCIA TOTAL (VA)	APARELHO	POTENCIA (VA)
Térreo										
Sala de jantar	24,00	22,44	5	340,00	340,00	5	100	500		
Sala de estar	24,85	20,16	5	340,00	340,00	5	100	500		
Cozinha	28,28	24,20	6	400,00	400,00	3	600	1800	Forno Elétrico	1500
						1	100	100	Microondas	1500
Lavabo	3,43	7,65	1	100,00	100,00	1	100	100	Cooktop	5000
Despensa	2,55	6,65	1	100,00	100,00	1	100	100		
Área de serviço	7,54	11,35	1	100,00	100,00	3	600	1800		
						1	100	100		
Garagem	23,40	27,25	2	160,00	160,00	1	600	600		
Área gourmet	31,60	29,50	7	460,00	460,00	3	1800	5400		
						2	100	200		
Área externa	50,00	30,00	6	120,00	120,00	0	0	0		
1º Pavimento										
Circulação	20,87	13,50	5	340,00	340,00	3	100	300		
Escritório	12,40	12,40	4	280,00	280,00	6	100	600	Ar-condicionado	1100
Suite 1	14,62	15,57	3	220,00	220,00	7	100	700	Ar-condicionado	1100
Banheiro 1	4,99	9,11	1	100,00	100,00	1	100	100	Chuveiro	5400
Closest 1	4,74	8,93	1	100,00	100,00	1	100	100		
Varanda 1	5,06	13,65	1	100,00	100,00	0	0	0		
Suite 2	16,03	18,94	3	220,00	220,00	8	100	800	Ar-condicionado	1100
Banheiro 2	3,90	8,60	1	100,00	100,00	1	100	100	Chuveiro	5400
Closest 2	4,48	8,75	1	100,00	100,00	1	100	100		
Varanda 2	6,07	10,50	1	100,00	100,00	0	0	0		
Suite 3	12,68	14,85	2	160,00	160,00	6	100	600	Ar-condicionado	1100
Banheiro 3	3,90	8,60	1	100,00	100,00	1	100	100	Chuveiro	5400
Closest 3	4,36	8,67	1	100,00	100,00	1	100	100		
Varanda 3	6,30	14,50	1	100,00	100,00	0	0	0		

Fonte: Autores, 2023.

4.5.2 Dimensionamento dos condutores

O dimensionamento dos condutores foi realizado segundo os métodos do item 3.4.2, com a instalação dos eletrodutos em alvenaria (B1). Também, foi considerado

a temperatura ambiente como 25°C e temperatura do solo de 20°C, e o material escolhido para os condutores é o cobre. Dessa forma foi obtido as tabelas 51 e 52 para os quadros de distribuição no 1º e no 2º pavimento, respectivamente.

Para os condutores de iluminação, foi adotado previamente o diâmetro mínimo de 1,5 mm² e para os de força 2,5 mm² para, então, dimensioná-los considerando a capacidade de condução dos condutores, a potência instalada e a queda de tensão dos condutores. Para equipamentos que demandam mais de 10 A para seu funcionamento, foram dimensionadas tomadas de uso específico (TUE), como fogões elétricos e micro-ondas. Os disjuntos foram dimensionados com base na corrente nominal de atuação, dos disjuntores da Steck, como mostra a tabela 50.

Tabela 50 – Disjuntores Steck

CORRENTE NOMINAL In (A)	CURVA B		CURVA C		
	MONOPOLAR	BIPOLAR	MONOPOLAR	BIPOLAR	TRIPOLAR
2	–	–	SDD61C02	SDD62C02	SDD63C02
4	–	–	SDD61C04	SDD62C04	SDD63C04
6	SDD61B06	SDD62B06	SDD61C06	SDD62C06	SDD63C06
10	SDD61B10	SDD62B10	SDD61C10	SDD62C10	SDD63C10
16	SDD61B16	SDD62B16	SDD61C16	SDD62C16	SDD63C16
20	SDD61B20	SDD62B20	SDD61C20	SDD62C20	SDD63C20
25	SDD61B25	SDD62B25	SDD61C25	SDD62C25	SDD63C25
32	SDD61B32	SDD62B32	SDD61C32	SDD62C32	SDD63C32
40	SDD61B40	SDD62B40	SDD61C40	SDD62C40	SDD63C40
50	–	–	SDD61C50	SDD62C50	SDD63C50
63	–	–	SDD61C63	SDD62C63	SDD63C63

Fonte: Catálogo Steck, 2023

Em seguida foi determinado os condutores e a queda de tensão para cada circuito:

Tabela 51 - Dimensionamento dos condutores e disjuntores

Círculo	Descrição	Tensão (V)	Esquema	Potência Total (VA)	F _P	Potência Total (W)	Corrente Nominal (A)	FCA	FCT	Ilb: Corrente de Projeto Corrigida (A)	In: Disjuntor (A)
'1	ILU Salas	127,00	FNT	680 VA	0,731765	497,6 W	5,35 A	0,8	1,06	6,31 A	10,00 A
'2	ILU Serviços	127,00	FNT	1320 VA	0,930909	1228,8 W	10,39 A	0,8	1,06	12,26 A	15,00 A
'3	TUG Salas + Garagem	127,00	FNT	1900 VA	0,8	1520 W	14,96 A	0,8	1,06	17,64 A	20,00 A
'4	TUG Cozinha	127,00	FNT	1400 VA	0,8	1120 W	11,02 A	0,7	1,06	14,86 A	20,00 A
'5	TUG Área Serviço	127,00	FNT	1900 VA	0,8	1520 W	14,96 A	0,8	1,06	17,64 A	20,00 A
'6	TUG Área Gourmet	127,00	FNT	2000 VA	0,8	1600 W	15,75 A	0,8	1,06	18,57 A	20,00 A
'7	TUE Cooktop	220,00	FFT	5000 VA	1	5000 W	22,73 A	1	1,06	21,44 A	25,00 A
'8											
'9	TUE Forno Elétrico	220,00	FFT	1500 VA	1	1500 W	6,82 A	0,7	1,06	9,19 A	15,00 A
'10											
'11	TUE Microondas	220,00	FFT	1500 VA	0,8	1200 W	6,82 A	0,7	1,06	9,19 A	20,00 A
'12											
'13											
'14	QDC 2 PAV	220,00	FFFT	29820 VA	0,977197	29140 W	78,26 A	1	1	78,26 A	100,00 A
'15											
'16	Círculo Reserva	127,00	FNT	1200 VA	1	1200 W	9,45 A				0,00 A
'17	Círculo Reserva	127,00	FNT	1200 VA	1	1200 W	9,45 A				0,00 A
'18	Círculo Reserva	127,00	FNT	1200 VA	1	1200 W	9,45 A				0,00 A

Fonte: Autores, 2023.

Tabela 52 - Dimensionamento dos condutores e disjuntores

Círculo	Descrição	Tensão (V)	Esquema	Potência Total (VA)	FP	Potência Total (W)	Corrente Nominal (A)	FCA	FCT	Ib: Corrente de Projeto Corrigida (A)	In: Disjuntor (A)
"2	ILU 2P (E,S1,B1,C)	127,00	FNT	1240 VA	1	1240 W	9,76 A	0,8	1,06	11,51 A	15,00 A
"3	ILU 2P (S2,BS2,S3,B3)	127,00	FNT	980 VA	1	980 W	7,72 A	0,8	1,06	9,10 A	20,00 A
"4	TUG 2 PAV (E,S1,B1,C)	127,00	FNT	1800 VA	0,8	1440 W	14,17 A	0,8	1,06	16,71 A	20,00 A
"5	TUG 2 PAV (S2,B2,S3B3)	127,00	FNT	1600 VA	0,8	1280 W	12,60 A	0,8	1,06	14,86 A	20,00 A
"6											
"7	CH 1	220,00	FFT	5400 VA	1	5400 W	24,55 A	1	1,06	23,16 A	35,00 A
"8											
"9	CH2	220,00	FFT	5400 VA	1	5400 W	24,55 A	1	1,06	23,16 A	35,00 A
"10											
"11	CH 3	220,00	FFT	5400 VA	1	5400 W	24,55 A	1	1,06	23,16 A	35,00 A
"12											
"13	AC ESC	220,00	FFT	1100 VA	1	1100 W	5,00 A	1	1,06	4,72 A	10,00 A
"14											
"15	AC S1	220,00	FFT	1100 VA	1	1100 W	5,00 A	1	1,06	4,72 A	10,00 A
"16											
"17	AC S3	220,00	FFT	1100 VA	1	1100 W	5,00 A	1	1,06	4,72 A	10,00 A
"18											
"19	AC S2	220,00	FFT	1100 VA	1	1100 W	5,00 A	1	1,06	4,72 A	10,00 A
"20	Círculo Reserva	127,00	FNT	1200 VA	1	1200 W	9,45 A				0,00 A
"21	Círculo Reserva	127,00	FNT	1200 VA	1	1200 W	9,45 A				0,00 A
"22	Círculo Reserva	127,00	FNT	1200 VA	1	1200 W	9,45 A				0,00 A

Fonte: Autores, 2023.

Em seguida, foram dimensionados os condutores e a queda de tensão para cada circuito instalado na edificação:

Tabela 53 - Dimensionamento dos condutores e queda de tensão

Círculo	Descrição	Tipo de Instalação	Seção do Condutor Adotado (mm ²)	Comprimento Máximo (m)	Queda de Tensão (%)
'1	ILU Salas	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	1,5	30	3,54
'2	ILU Serviços	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	30	4,12
'3	TUG Salas + Garagem	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	13	2,57
'4	TUG Cozinha	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	12	2,00
'5	TUG Área Serviço	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	10	1,98
'6	TUG Área Gourmet	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	14	2,92
'7					
'8	TUE Cooktop	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	4	8	0,69
'9					
'10	TUE Forno Elétrico	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	9	0,54
'11					
'12	TUE Microondas	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	9	0,54
'13					
'14	QDC 2 PAV	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	35	5	0,18
'15					
'16	Círculo Reserva	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc			
'17	Círculo Reserva	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc			
'18	Círculo Reserva	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc			

Fonte: Autores, 2023.

Tabela 54 - Dimensionamento dos condutores e queda de tensão

Círcuito	Descrição	Tipo de Instalação	Seção do Condutor Adotado (mm ²)	Comprimento Máximo (m)	Queda de Tensão (%)
"2	ILU 2P (E,S1,B1,C)	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	1,5	16	3,44
"3	ILU 2P (S2,B52,S3,B3)	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	1,5	12	2,04
"4	TUG 2 PAV (E,S1,B1,C)	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	15	2,81
"5	TUG 2 PAV (S2,B2,S3B3)	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	14	2,33
"6	CH 1	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	6	11	0,69
"7					
"8	CH2	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	6	5	0,31
"9					
"10	CH 3	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	6	3	0,19
"11					
"12	AC ESC	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	7	0,21
"13					
"14	AC S1	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	7	0,21
"15					
"16	AC S3	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	5	0,15
"17					
"18	AC S2	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc	2,5	4	0,12
"19					
"20	Círcuito Reserva	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc			
"21	Círcuito Reserva	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc			
"22	Círcuito Reserva	[Cu/PVC/750V/70°]-Un-B1-2Cc			

Fonte: Autores, 2023.

4.5.3 Dimensionamento dos eletrodutos

No dimensionamento dos eletrodutos, considerou-se eletrodutos corrugados de PVC amarelo par as instalações no interior da edificação e PEAD flexível de 25 mm para as instalações subterrâneas. Para a ligação do medidor ao QDC e a ligação entre os QDC's, usou-se o eletrocuto de PVC rígido roscável de 60 mm e 30 mm, respectivamente, como determinado pela EDP. Nas tabelas a seguir é possível visualizar o dimensionamento dos eletrodutos.

Tabela 55 - Dimensionamento dos eletrodutos por ambientes e circuitos

PAVIMENTO TÉRREO							
Eletroduto	1	2	2a	2B	3	3a	3b
Ambiente	Salas/Lav./Des.	Área Ser	A.S (ILU)	A.S. (TUG)	Garagem	Gar. (ILUA)	Gar. (TUG)
Círcuito 1	1	2	2	5	2	2	3
Círcuito 2	3	5			3		
Círcuito 3					5		
Círcuito 4							
Círcuito 5							
Área Ocupada	53,40	96,30	32,10	64,20	128,40	32,10	32,10
Ocupação Máxima	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Diâmetro Interno	13,04	17,51	10,11	14,30	20,22	10,11	10,11
Diâmetro Interno Corrigido	16,00	21,00	16,00	16,00	21,00	16,00	16,00
Diâmetro Externo	20,00	25,00	20,00	20,00	25,00	20,00	20,00

Fonte: Autores, 2023.

Tabela 56 - Dimensionamento dos eletrodutos por ambientes e circuitos

PAVIMENTO TÉRREO					
Eletroduto	4a	4b	4C	5	6
Ambiente	Cozinha (TUE)	Cozinha (TUG+TUE)	Coz. (ILU)	A. Gourmet	Á.Ext
Círculo 1	7,8	'4	2	2	2
Círculo 2		9,10		6	
Círculo 3		11,12			
Círculo 4					
Círculo 5					
Área Ocupada	41,40	96,30	32,10	64,20	32,10
Ocupação Máxima	40%	40%	40%	40%	40%
Diâmetro Interno	11,48	17,51	10,11	14,30	10,11
Diâmetro Interno Corrigido	16,00	21,00	16,00	16,00	16,00
Diâmetro Externo	20,00	25,00	20,00	20,00	20,00

Fonte: Autores, 2023.

Tabela 57 - Dimensionamento dos eletrodutos por ambientes e circuitos

PAVIMENTO SUPERIOR						
Eletroduto	11	12a	12b	13a	13b	14a
Ambiente	Circ	Esc	AC Esc	Suite 1	AC S1	Ban 1
Círculo 1	'2	'2	'12,13	'4	'14,15	'4
Círculo 2		'3		'5		'5
Círculo 3						
Círculo 4						
Círculo 5						
Área Ocupada	21,30	42,60	32,10	64,20	32,10	64,20
Ocupação Máxima	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Diâmetro Interno	8,23	11,64	10,11	14,30	10,11	14,30
Diâmetro Interno Corrigido	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Diâmetro Externo	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00

Fonte: Autores, 2023.

Tabela 58 - Dimensionamento dos eletrodutos por ambientes e circuitos

PAVIMENTO SUPERIOR							
Eletroduto	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b
Ambiente	CH1	Suite 2	AC S2	BH 2	CH 2	Suite 3	AC S3
Círculo 1	'8,9	'2	'16,17	'2	'10,11	'2	'18,19
Círculo 2		'3		'3		'3	
Círculo 3							
Círculo 4							
Círculo 5							
Área Ocupada	41,40	42,60	32,10	42,60	41,40	42,60	32,10
Ocupação Máxima	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Diâmetro Interno	11,48	11,64	10,11	11,64	11,48	11,64	10,11
Diâmetro Interno Corrigido	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Diâmetro Externo	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00

Fonte: Autores, 2023.

4.5.4 Proteções do circuito

Além dos disjuntores de proteção para curto-circuito dimensionados no item 4.5.2, foram dimensionados dispositivos a corrente diferencial-residual, fusível e dispositivo de proteção a surtos. Os dispositivos de corrente-residual foram instalados em áreas molhadas, considerando o agrupamento dos circuitos no primeiro pavimento de TUG da cozinha, área gourmet e área de serviço, além das TUE's do micro-ondas, cooktop e forno elétrico. No segundo pavimento, foram agrupados os circuitos de força para os chuveiros. O dimensionamento foi realizado para suportar a corrente da fase com maior corrente instalada, como pode-se visualizar na tabela 59.

Tabela 59 – Balanceamento de cargas para DR

Círcuito	A	B	C
TUG Cozinha	1400		
TUG Área Gourmet		1900	
Tug Área de Serviço			2000
	1400	1900	2000

Fonte: Autores, 2023.

Determinado a potência de cada fase, o DR é dimensionado para a corrente da fase com maior demanda. Esses circuitos resultam em uma corrente de 15,2 A, assim, o DR deve possuir 20 A. Esse processo é repetido para os demais circuitos.

Tabela 60 – Balanceamento de cargas para DR

Círcuito	A	B	C
TUE Forno Elétrico	0	750	750
TUE Micro-ondas	750	0	750
TUE Cooktop	2500	2500	0
	3250	3250	1500
Maior	3250	Corrente	25,59055

Fonte: Autores, 2023.

Portanto, foi selecionado um DR de 30 A.

Tabela 61 – Balanceamento de cargas para DR

Círcuito	A	B	C
TUE CH 1	0	2700	2700
TUE CH 2	2700	2700	0
TUE CH 3	2700	0	2700
	5400	5400	5400
Maior	5400	Corrente	42,51969

Fonte: Autores, 2023.

Logo, adotou-se um DR de 50 A.

Para o dimensionamento dos DPS's, considerou-se as fases fornecidas pela distribuidora do ES, as quais correspondem a 127/220 V, além de classe II - uma vez que será instalado no QDC do primeiro pavimento e a edificação consiste em uma área residencial afastada da área urbana. Assim, os DPS's foram dimensionados para 175 V e 40 kA. O fusível instalado foi um fusível de acionamento Gg/gL 32 A.

4.5.5 Dimensionamento do padrão de entrada

O do padrão de entrada foi dividido em dois, sendo o primeiro situado no térreo e o segundo no pavimento superior – devido a elevada demanda de cargas pelos dois pavimentos. Para o térreo, deve ser considerada toda a carga instalada na edificação dos dois pavimentos, levando em consideração dispositivos de iluminação, motores, TUG's e TUE's, além de dispositivos monofásicos, bifásicos e trifásicos.

Para o pavimento superior, serão consideradas apenas as cargas dos dispositivos de iluminação, motores, TUG's e TUE's do mesmo pavimento. As cargas foram dimensionadas e corrigidas com os valores padrões da EDP, visando à obtenção da demanda da edificação. Os resultados podem ser vistos na tabela 61.

Tabela 62 – Demanda de potência para o QDC do térreo

Cálculo de Demanda					
Qtd	Equipamento	Potência (w)	Potência total (w)	FP	Demand
Demand referente a iluminação e tomadas:					
58	LampadaLED	60	3.480	1,0	
52	TUG's	100	5.200	1,0	
9	TUE's	600	5.400	1,0	
Total			14.080	FD=0,24	3.379
Demand referente a chuveiros:					
3	Chuveiro	5.400	16.200	1,0	
Total			16.200	FD=0,84	13.608
Demand referente a aquecedor central ou de acumulação ou sauna:					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-
Demand referente a secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça/roupa e forno de micro ondas:					
1	Microondas	1.500	1.500	0,8	
1	Forno Elétrico	1.500	1.500	1,0	
Total			3.375	FD=0,7	2.363
Demand referente a fogões elétricos:					
1	Fogão Elétrico	5.000	5.000	1,0	
Total			5.000	FD= 1	5.000
Demand referente a condicionador de ar					
4	Ar condicionado 7.500 BTU	1.100	4.400	1,0	
Total			4.400	FD= 1	4.400
Demand referente a motores elétricos e máquinas de solda a motor					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-
Demand referente a equipamentos especiais					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-
Demand referente a hidromassagem					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-

Fonte: Autores, 2023.

Assim obteve-se uma demanda de 28749,7 VA para a residência, exigindo uma corrente de 130,68 A. Para uma demanda de corrente de 130 A, o padrão de entrada

fornecido pela EDP é o T6, com disjuntor de 150 A, condutores de fase e neutro de 70mm² e o terra de 35 mm².

Para o cálculo de demanda do pavimento superior, obteve-se os resultados da tabela 62.

Tabela 63 – Demanda de potência para o QDC do pavimento superior

Cálculo de Demanda					
Qtd	Equipamento	Potência (w)	Potência total (w)	FP	Demand
Demand referente a iluminação e tomadas:					
26	LampadaLED	60	1.560	1,0	
34	TUG's	100	3.400	1,0	
Total			4.960	FD=0,24	1.190
Demand referente a chuveiros:					
3	Chuveiro	5.400	16.200	1,0	
Total			16.200	FD=084	13.608
Demand referente a aquecedor central ou de acumulação ou sauna:					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-
Demand referente a secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça/roupa e forno de micro ondas:					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-
Demand referente a fogões elétricos:					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-
Demand referente a condicionador de ar					
4	Ar condicionado 7.500 BTU	1.100	4.400	1,0	
Total			4.400	FD= 1	4.400
Demand referente a motores elétricos e máquinas de solda a motor					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-
Demand referente a equipamentos especiais					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-
Demand referente a hidromassagem					
-	-	-	-	-	
Total			-	FD=	-

Fonte: Autores, 2023.

Assim, com uma demanda de 19198,4 VA, resultou-se em uma corrente de 87,26 A. Para uma demanda de corrente de 87 A, o padrão de entrada fornecido pela EDP é o T4, com disjuntor de 100 A, condutores de fase e neutro de 35mm² e o terra de 16 mm².

4.5.6 Balanceamento de carga

Como regulamentado pela NBR 5410 e a distribuidora de energia EDP, o balanceamento das cargas instaladas não deve exceder 5% entre elas. Assim tem-se para o QDC do térreo o disposto na tabela 63.

Tabela 64 – Balanceamento de cargas nas fases do QDC térreo

Círcuito	Descrição	A	B	C
'1	ILU Salas	680 VA		
'2	ILU Serviços		1320 VA	
'3	TUG Salas + Garagem			1900 VA
'4	TUG Cozinha	1400 VA		
'5	TUG Área Serviço		1900 VA	
'6	TUG Área Gourmet			2000 VA
'7	TUE Cooktop	2500 VA		
'8			2500 VA	
'9	TUE Forno Elétrico			750 VA
'10		750 VA		
'11	TUE Microondas		750 VA	
'12				750 VA
'13	QDC 2 PAV	10540 VA		
'14			9230 VA	
'15				10050 VA
'16	Círculo Reserva	1200 VA		
'17	Círculo Reserva		1200 VA	
'18	Círculo Reserva			1200 VA
Totais:		17070 VA	16900 VA	16650 VA

Fonte: Autores, 2023.

Visto que a maior variação entre as fases foi de 420 VA, que corresponde a uma diferença de 2%, o balanceamento está correto.

Para o QDC do pavimento superior, o balanceamento de cargas pode ser visualizado na tabela 64.

Tabela 65 – Balanceamento de cargas nas fases do QDC pavimento superior

Círcuito	Descrição	A	B	C
"2	ILU 2P (S2,BS2,S3,B3)	980 VA		
"3	TUG 2 PAV (S2,B2,S3B3)		1600 VA	
"4	TUG 2 PAV (E,S1,B1,C)			1800 VA
"5	ILU 2P (E,S1,B1,C)	1240 VA		
"6	AC ESC		550 VA	
"7				550 VA
"8	CH 1	2700 VA		
"9			2700 VA	
"10	CH 2			2700 VA
"11		2700 VA		
"12	CH 3		2700 VA	
"13				2700 VA
"14	AC S1	550 VA		
"15			550 VA	
"16	AC S2			550 VA
"17		550 VA		
"18	AC S3		550 VA	
"19				550 VA
"20	Círcuito Reserva	1200 VA		
"21	Círcuito Reserva		1200 VA	
"22	Círcuito Reserva			1200 VA
"23				
		9920 VA	9850 VA	10050 VA

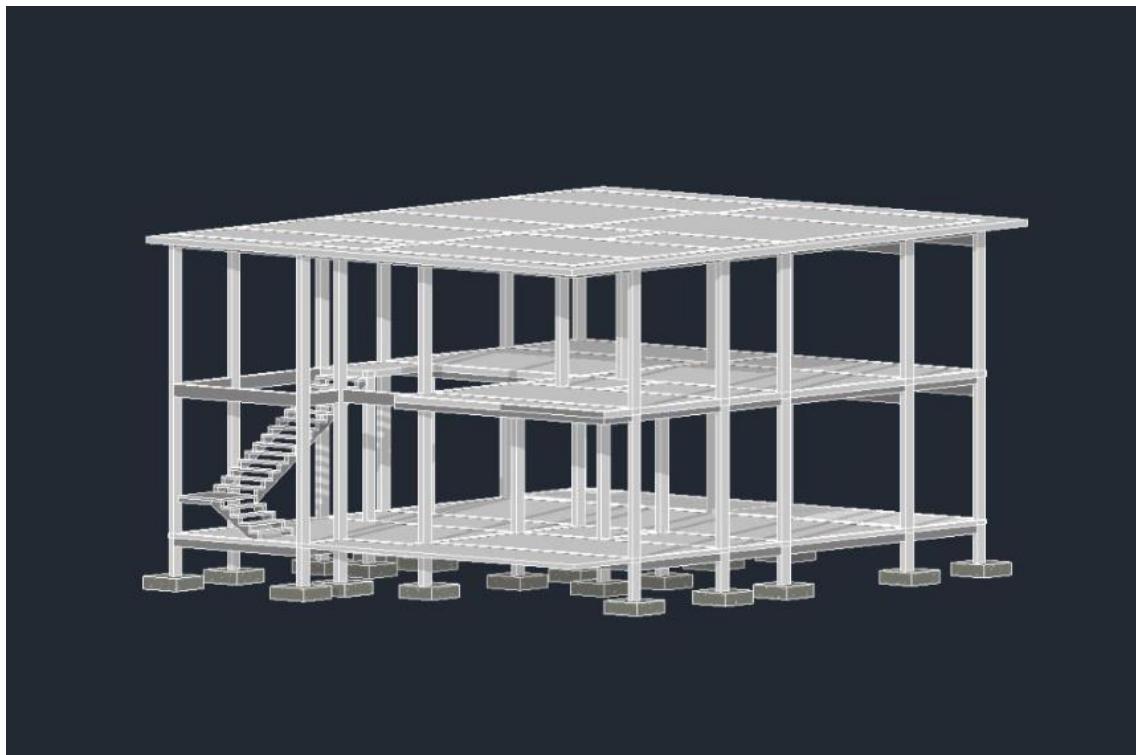
Fonte: Autores, 2023.

Uma vez que a maior variação entre as fases foi de 200 VA, que corresponde a uma diferença de 2%, o balanceamento está correto.

4.6 PROJETO ESTRUTURAL

Como citado anteriormente na metodologia, o dimensionamento da estrutura da edificação não consta no escopo deste projeto de graduação. Dessa forma, modelou-se a estrutura no Revit a partir do projeto arquitetônico apenas para fins de compatibilização com os projetos de instalações – sem dimensionamento algum. Foram utilizadas sapatas para a fundação, e a altura adotada para cada viga seguiu o critério “largura do vão dividido por 10”. A vista em 3D dos componentes estruturais pode ser vista na figura 49.

Figura 49 - Estrutura da edificação



Fonte: Autores, 2023.

4.7 COMPATIBILIZAÇÃO

A etapa de compatibilização dos projetos ocorreu após a finalização de todos os projetos citados anteriormente, no software da Autodesk Navisworks. Ele consiste em uma plataforma de gerenciamento e análise do modelo, diferentemente do Revit – que é mais voltado para a modelagem dos projetos. Ambos os programas possuem tecnologia e ferramentas que auxiliam na detecção de interferências entre os modelos vinculados, porém o Navisworks aborda ferramentas mais elaboradas e com maior variedade de opções, tendo em vista que sua proposta é justamente a coordenação dos modelos.

Os projetos de arquitetura, estrutura e instalações gerais foram modelados através do software Revit de maneira independente, ou seja, cada um foi projetado considerando apenas a arquitetura como vínculo – sem analisar interferências entre os demais. Isso foi feito com o intuito de simular a elaboração dos projetos por empresas distintas, visto que essa é uma das maiores causas da falta de coordenação entre os projetistas e, assim, das incompatibilidades entre os modelos. Dessa forma, modelou-se primeiramente a arquitetura para, então, enviar o modelo para a empresa

“A” (responsável pelo projeto estrutural), para a empresa “B” (responsável pelo hidrossanitário) e para a empresa “C” – responsável pelo projeto de instalações elétricas. As três empresas não tiveram acesso a nenhum outro projeto a não ser o arquitetônico.

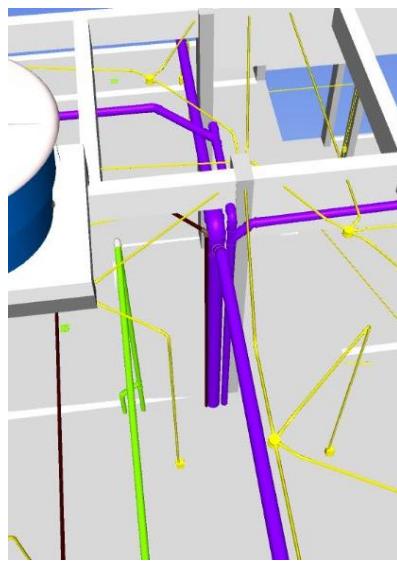
Uma vez que o projeto hidrossanitário é composto por três disciplinas, sendo elas água fria, drenagem pluvial e esgoto sanitário, a modelagem desse projeto foi feita promovendo a compatibilização entre os próprios componentes. Desse modo, ao efetuar o desenho das tubulações de água fria, por exemplo, foi possível desviar das tubulações de esgoto e de drenagem - que já haviam sido modelados anteriormente – em razão da visualização em 3D.

Após a finalização dos quatro modelos, exportou-se os projetos para o Navisworks a fim de realizar uma detecção final de interferências entre eles.

4.7.1 Estrutura/Arquitetura x Instalações Hidrossanitárias

Na figura 50, são visualizadas tubulações de drenagem pluvial (em roxo) e uma tubulação de água fria (marrom) descendo da cobertura para abaixo do pavimento superior. Contudo, não há um shaft nessa posição para tal finalidade, de modo que as tubulações descem aparentes por dentro do cômodo. Assim, faltou a delimitação de um shaft que atenda a essa demanda por parte da arquitetura. Do mesmo modo, a empresa responsável pela elaboração do projeto estrutural (empresa “A”) também deve projetar a laje do pavimento superior contanto com a existência de um furo que corresponda às dimensões do shaft – visto que as tubulações que descem estão perfurando a laje.

Figura 50 – Interferência entre projetos arquitetônico/estrutural e hidrossanitário passando pela laje



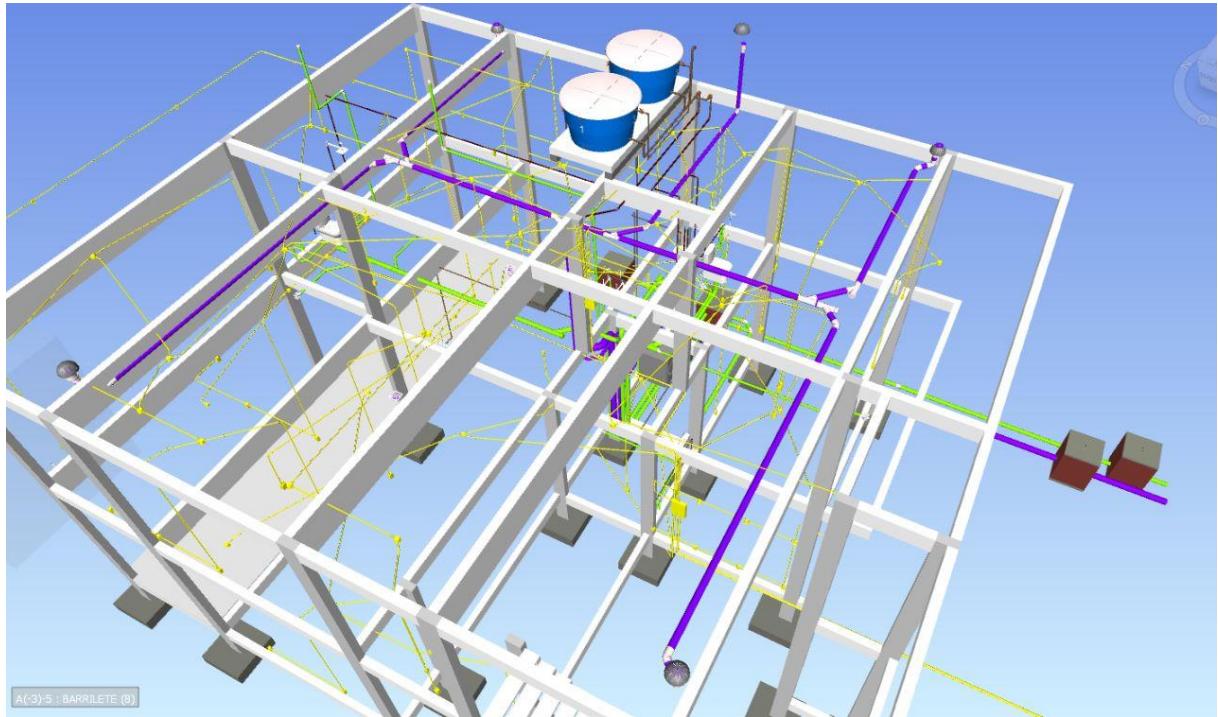
Fonte: Autores, 2023.

4.7.2 Estrutura x Instalações

Nas figuras 51, 52 e 53, tem-se uma vista de cima da edificação, em que é possível visualizar as tubulações pluviais (em roxo) e eletrodutos (em amarelo) cortando as vigas da cobertura. Também é possível notar as tubulações do barrilete (marrom) atravessando uma viga da cobertura próximo ao shaft por onde descem. Tais incompatibilidades, em se tratando das tubulações de água fria e eletrodutos, são facilmente dribladas devido aos seus diâmetros menores, de modo que a solução para esses problemas seria o desvio das vigas – desde que se mantendo dentro do espaço disponível no forro.

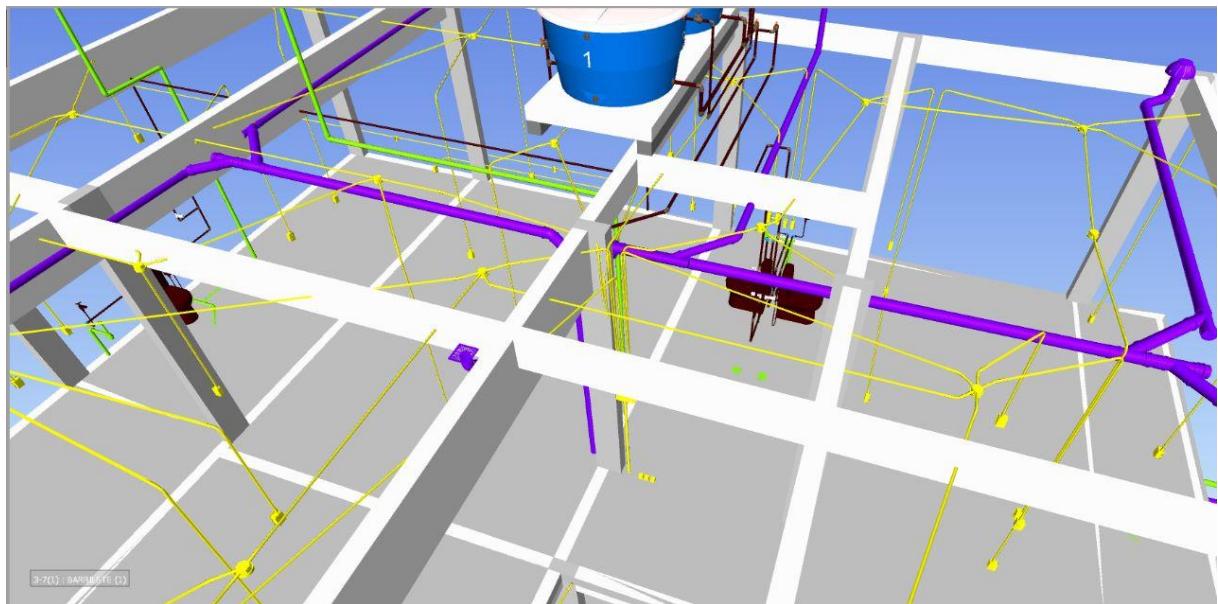
Contudo, para o caso das tubulações pluviais, seria interessante a criação de mais um shaft na arquitetura com o intuito de evitar que as tubulações percorram grandes distâncias, haja vista que possuem inclinação e seus diâmetros são maiores. Por conta disso, elas exigem espaçamentos significativos no espaço entre o forro e a laje, havendo grandes chances de conflito com elementos estruturais e de espaçamento insuficiente no forro.

Figura 51 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando por vigas e/ou pilares na cobertura (parte 1)



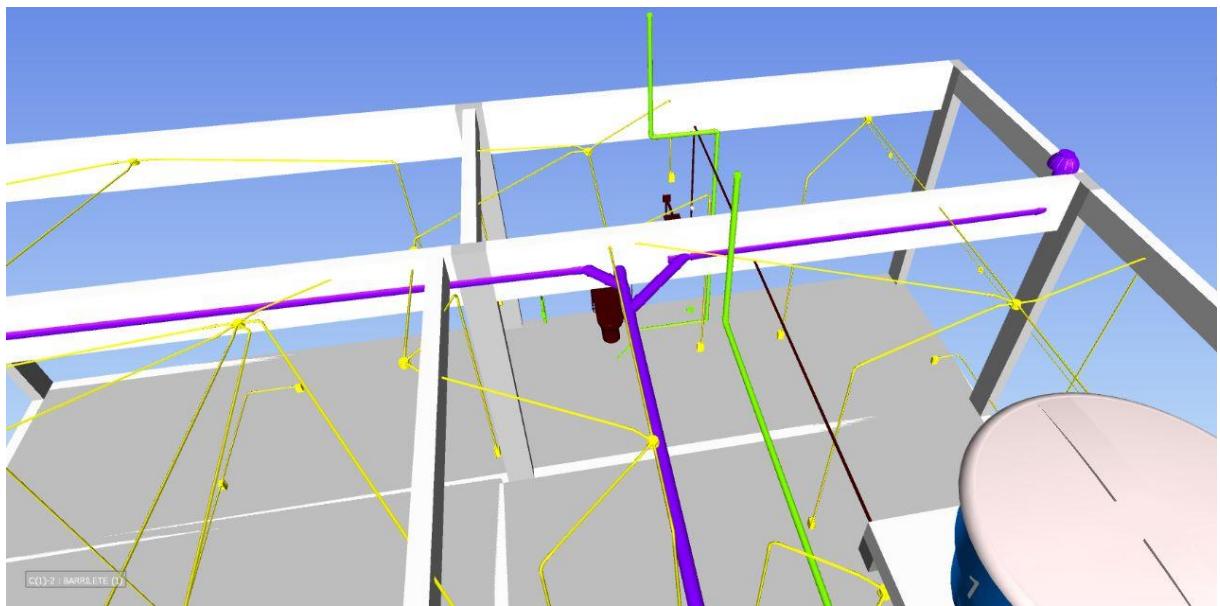
Fonte: Autores, 2023.

Figura 52 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando por vigas e/ou pilares na cobertura (parte 2)



Fonte: Autores, 2023.

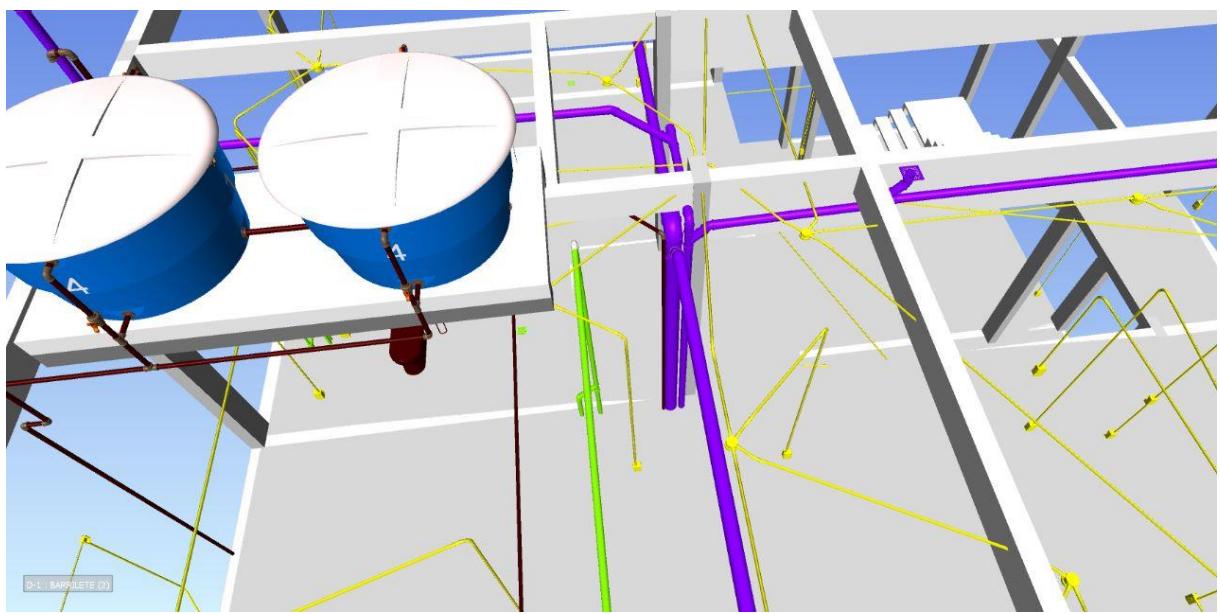
Figura 53 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando por vigas e/ou pilares na cobertura (parte 4)



Fonte: Autores, 2023.

Na figura 54, tem-se como ênfase a descida das tubulações de drenagem pluvial e de água fria da cobertura para o pavimento superior. Nota-se que os tubos pluviais (roxo) exercem conflito com uma viga da cobertura e há diversos eletrodutos passando por esse mesmo elemento - além do pilar ao lado.

Figura 54 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando por vigas e/ou pilares na cobertura (parte 4)



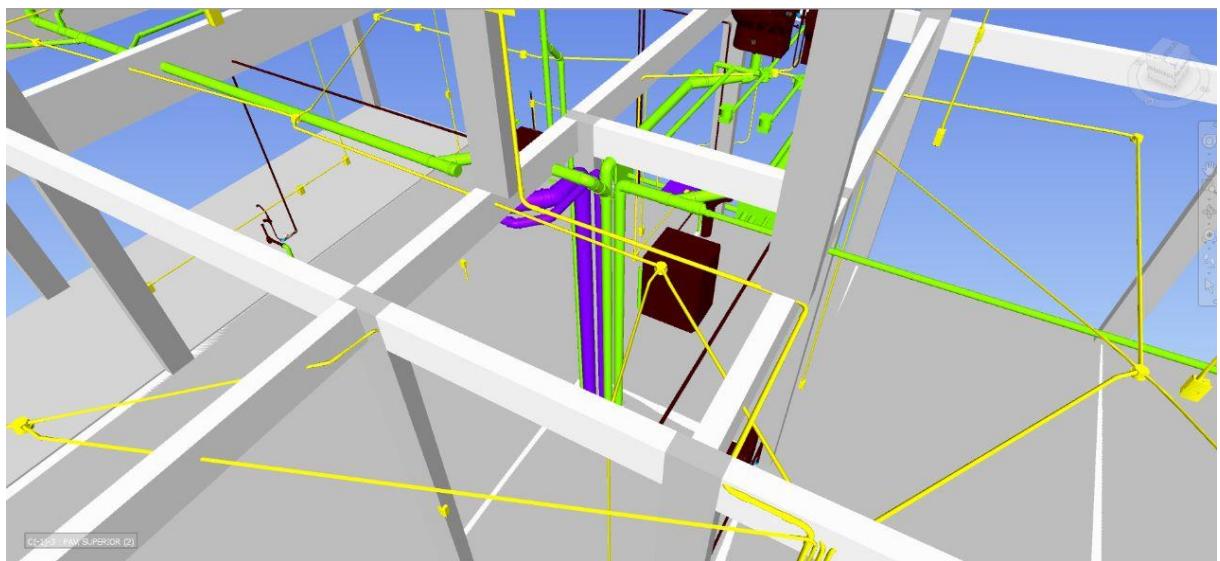
Fonte: Autores, 2023.

Na figura 55, tem-se em evidência a descida das tubulações de drenagem pluvial (roxo) e de esgoto sanitário (verde) do pavimento superior para o térreo através de um shaft – o qual está oculto na representação. Nota-se que os tubos de esgoto possuem conflito com as vigas adjacentes, e a resolução desse problema seria analisar, junto à arquitetura, a possibilidade de descer as tubulações de esgoto para que fiquem entre as vigas e seus respectivos forros. Também é perceptível diversos eletrodutos conflitando com vigas e pilares, problema esse que se resolveria facilmente mediante desvios dos elementos estruturais devido ao material flexível pelos quais são compostos.

Por fim, ainda na figura 55, tem-se uma tubulação de esgoto (verde), um eletroduto (amarelo) e um tubo de água fria (marrom) conflitando com a mesma viga – situada no canto superior esquerdo da imagem. Esse elemento estrutural possui altura da seção elevada, de modo que o espaçamento entre o forro e o limite da viga é mínimo. Assim, apesar de ser possível efetuar o desvio dos eletrodutos e da tubulação de água fria, o mesmo não ocorre para a tubulação sanitária. As alternativas para driblar essa interferência seria prever um furo na viga a uma distância adequada da linha neutra e do seu apoio ou, ainda, a criação de um shaft naquela região – o que evitaria que esse tubo percorra longas distâncias. Cabe ressaltar que o ramal de esgoto da bacia sanitária, além de ter diâmetro de 100mm, possui inclinação de 1%,

não sendo ideal o seu traçado em longas distâncias por demandar espaços maiores entre a viga e o forro por onde percorre.

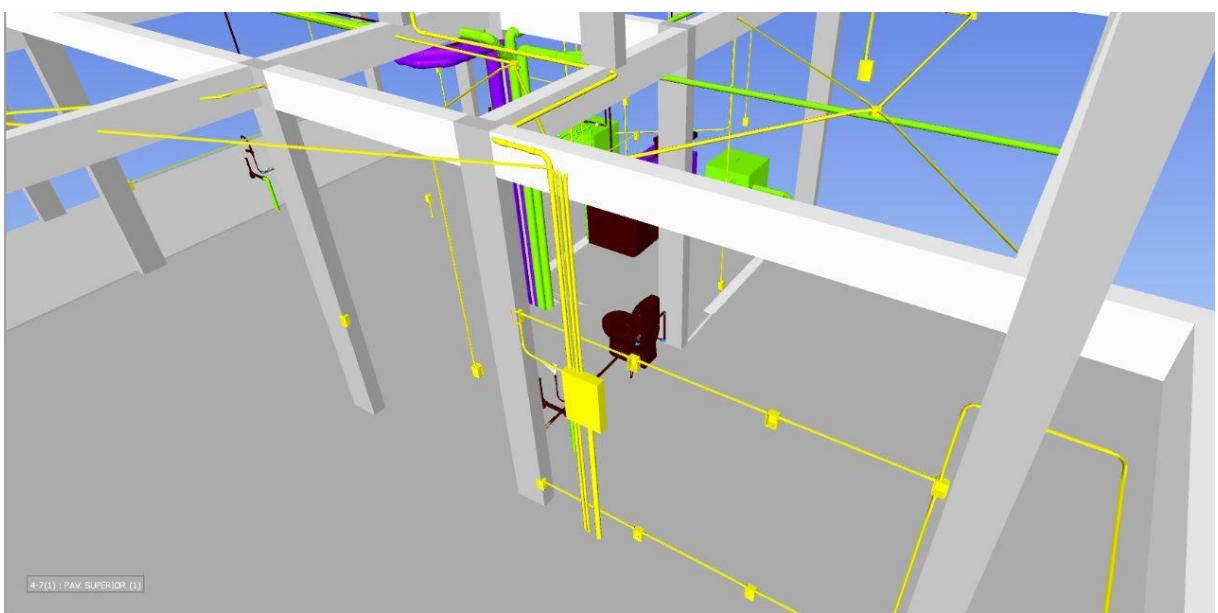
Figura 55 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário em vigas e/ou pilares no pavimento superior (parte 1)



Fonte: Autores, 2023.

Na figura 56, tem-se uma representação do térreo, próximo ao hall de entrada e da garagem, em que é possível visualizar a interferência de eletrodutos (em amarelo) com as vigas do pavimento superior. Como proposto para os casos citados anteriormente, é possível driblar essas interferências caso haja espaçamento entre o forro e a viga em conflito devido aos seus diâmetros menores.

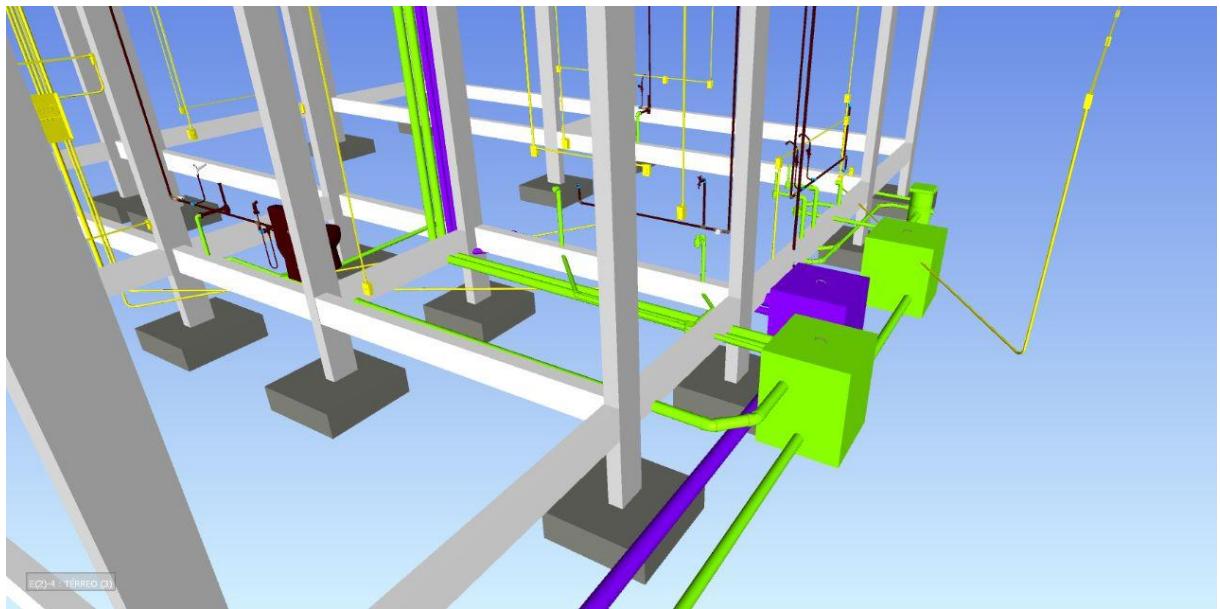
Figura 56 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário em vigas e/ou pilares do pavimento superior (parte 2)



Fonte: Autores, 2023.

Na figura 57, é visto uma representação das vigas baldrame do pavimento térreo, as quais apresentam diversas interferências sobretudo com as tubulações de esgoto (verde). Percebe-se que as tubulações de ramais de descarga dos equipamentos “rasgam” vigas para chegarem aos seus respectivos ramais de esgoto – no caso da lavanderia – e para desaguarem na caixa de gordura, no caso da cozinha. O mesmo ocorre com os eletrodutos que passam pelo chão do pavimento, os quais apresentam interferências com as vigas baldrame.

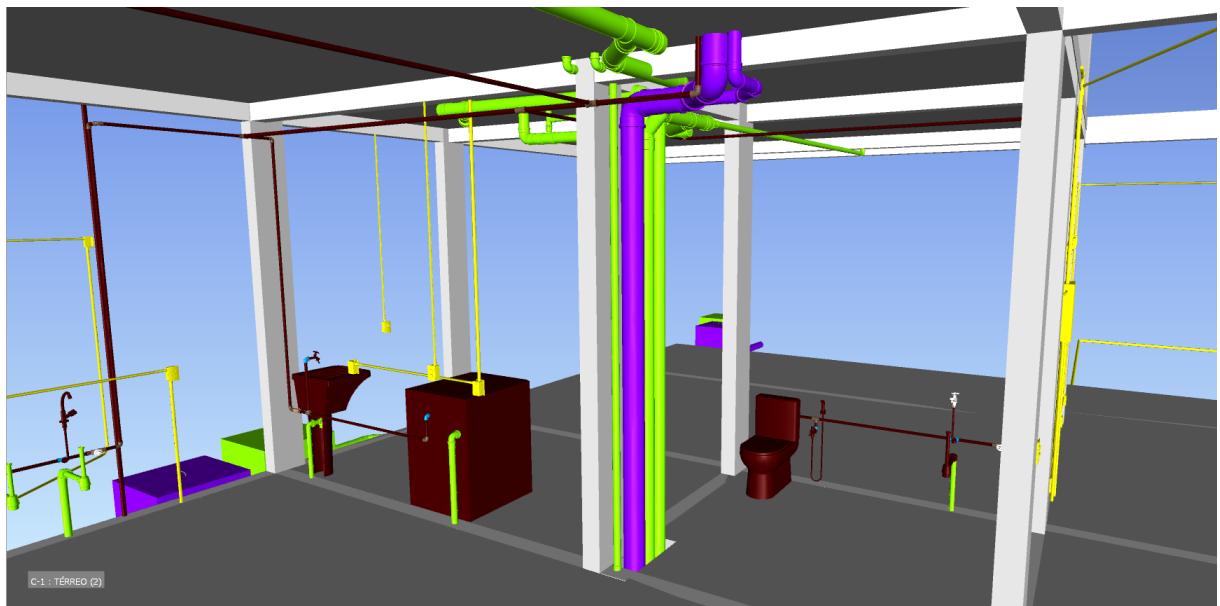
Figura 57 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário passando nas vigas baldrame



Fonte: Autores, 2023.

Por fim, na figura 58 tem-se uma melhor visualização das incompatibilidades entre as vigas baldrame e as instalações elétricas e hidrossanitárias citadas para a figura 57, além de também ser possível notar algumas tubulações de esgoto (verde) sob a laje do pavimento superior conflitando com vigas antes de descerem pelo shaft.

Figura 58 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário em vigas e/ou pilares (térreo)



Fonte: Autores, 2023.

Para a resolução das incompatibilidades dos projetos elétrico e hidrossanitários de água fria, o método mais econômico e eficaz é a alteração no nível das instalações para passarem abaixo das vigas e acima do forro.

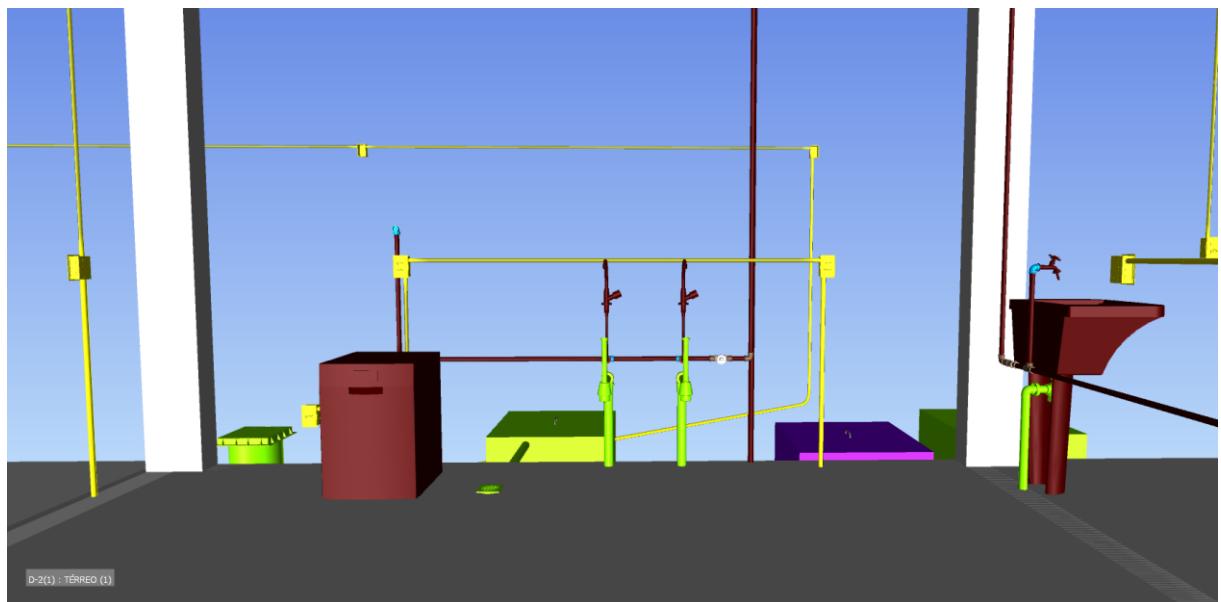
Todavia para as tubulações hidrossanitárias de drenagem de águas pluviais e de esgoto, é recomendado que seja analisado em conjunto entre os projetistas estrutural e hidrossanitário, para que as tubulações passem pelas vigas, de forma que não haja comprometimento da estrutura.

4.7.3 Instalações Elétricas x Instalações Hidrossanitárias

Para finalizar a análise das incompatibilidades, as figuras 59 e 60 apresentam duas situações em que há conflito das tubulações de água fria (marrom) com os eletrodutos (amarelo), localizados na cozinha e na área gourmet da edificação. Uma forma de contornar tal adversidade seria prever mais uma descida de eletroduto vindo do forro, evitando o cruzamento visualizado na figura 60, ou ainda aumentar as camadas de reboco da parede a fim de permitir a coexistência de ambas as tubulações.

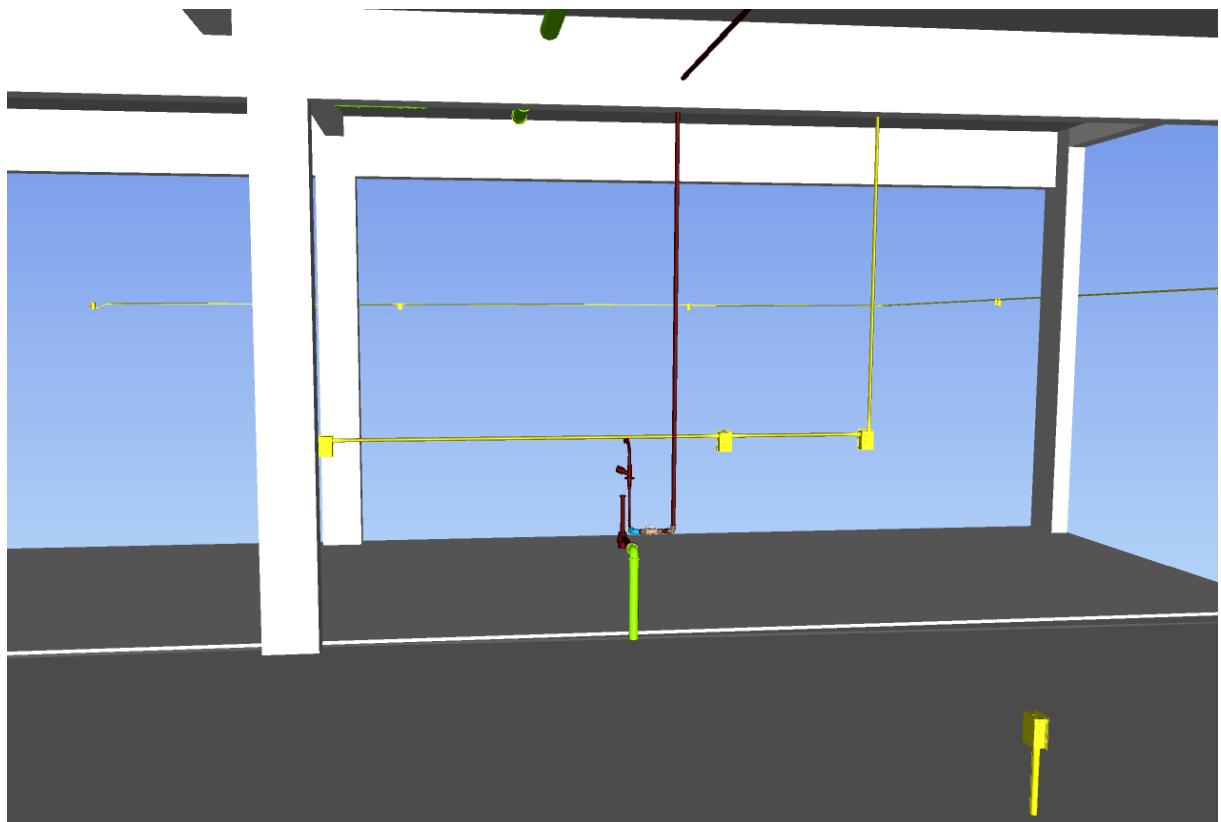
O método mais econômico e eficiente para a correção dessas incompatibilidades é a determinação de um novo caminho para os eletrodutos, como passando pelo forro ou pelo solo. Isso se da devido ao fato da flexibilidade do projeto elétrico a alterações dos percursos, onde a instalação será mais eficiente, reduzindo o volume de demolição na alvenaria.

Figura 59 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário na cozinha



Fonte: Autores, 2023.

Figura 60 – Interferência entre projetos elétrico e hidrossanitário na área gourmet



Fonte: Autores, 2023.

5 CONCLUSÃO

Com base nos conceitos, nas diversas aplicações e benefícios da metodologia BIM e nas referências normativas utilizadas nesta monografia, foi possível cumprir com os objetivos específicos de dimensionamento e modelagem dos projetos arquitetônico, hidrossanitário e elétrico. A utilização do software Revit, que faz o uso da tecnologia BIM, possibilitou a elaboração dos projetos com facilidade, visto que a visualização em 3D garante uma noção espacial do se está modelando. Além disso, a automação das alterações devido às informações parametrizadas permitiu a realização de mudanças na posição dos objetos de forma rápida, sem a necessidade de realizá-las manualmente em cada vista criada – o que poupa tempo de projeto.

Ademais, o grau de detalhamento dos projetos modelados, atrelado aos elementos em 3D, permitiu ao projetista dos projetos da disciplina hidrossanitário a própria compatibilização dos projetos entre si, visto que é possível ativar filtros da disciplina desejada enquanto a outra é modelada. Assim, foi fácil passar tubos de água fria evitando interferências com as tubulações de esgoto ou pluvial que já haviam sido modeladas, por exemplo.

Contudo, uma vez que os projetos de cada disciplina foram modelados independentes uns dos outros – tendo apenas o arquitetônico como vínculo –, as interferências não foram eliminadas, fato que ficou visível ao utilizar o Navworks na compatibilização final, que constitui o objetivo principal deste trabalho. Isso demonstra a importância de se ter uma equipe coordenada na elaboração dos projetos, que os mantém em constante atualização sem omissão de informações e que desenvolvam seus projetos pensando nas disciplinas complementares. A percepção de incompatibilidades após a finalização de todos os projetos é sinônimo de atraso no cronograma, tendo em vista que algumas interferências demandam alterações completas no trajeto da tubulação ou na arquitetura - as quais exigem tempo para serem corrigidas. Consequentemente, as etapas subsequentes e o início da obra terão sua data de início prorrogadas.

Logo, conclui-se que a metodologia BIM é, de fato, uma tecnologia que possibilita uma melhor gestão da informação e visualização do espaço a ser modelado, com capacidade de unificar todos os dados dos projetos em um modelo único – o que facilitou o processo de compatibilização. Nesse sentido, o atributo de

visualizar objetos em 3D se mostra como principal agente na detecção de interferências, possibilitando a realização de alterações com agilidade em detrimento dos softwares em 2D e não parametrizados. Porém, é essencial que toda a equipe de projeto esteja familiarizada com essa metodologia, além de realizar etapas de compatibilização mais de uma vez ao longo da elaboração dos projetos – e não somente ao final. Assim, a adoção da metodologia BIM representa uma excelente oportunidade de melhoria nos processos de concepção e gestão da edificação como um todo, visto que traz benefícios desde as fases iniciais da concepção dos projetos à sua compatibilização.

REFERÊNCIAS

ADESSE, E; MELHADO, S. B. **Coordenação de Projetos Externa em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, 2003.

ALVES, C. M. F; CARVALHO, F. M. S. T. R; ROQUE, J. M. G. F; TEIXEIRA, J. P. M; PEREIRA, J. P. S; DEVESA, L. F. S (2012) **O que são os BIM?**. Universidade do Porto, 24 out. 2012. Disponível em:
https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_12MC08_03.PDF Acesso em: 01 de junho de 2023.

ANDRADE, M. L. V. X; RUSCHEL, R. C. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências.** In: IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos – SP, 2009.

ARQONLINECURSOS. **COMPATIBILIZAMOS AS INSTALAÇÕES DE ESGOTO, ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE.** Disponível em:
<https://www.arkonlinecursos.com.br/compatibilizacao-de-projetos-no-revit/>. Acesso em 07 de junho de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14136: Plugues e tomadas de uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada - Padronização.** Rio de Janeiro. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção.** Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531/1995. Elaboração de Projetos de edificações – Atividades Técnicas.** Rio de Janeiro. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60947-2: Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores.** Rio de Janeiro. 2013.

AURORA, Denise. **Construção**. 2018. Disponível em: <https://construcaomercado.pini.com.br/2018/05/bim-a-ponte-para-o-fim-da-corrupção-no-setor>. Acesso em 18 de julho de 2023.

AUTODESK (2012) **Rising to new heights with BIM**. [S.l.]: relatório, 2012. Disponível em: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/case-studies/shanghai-tower/shanghai-tower-customerstory.pdf> Acesso em: 01 jun. 2023.

AUTODESK. **Arquitetura, Engenharia e Construção**. Disponível em: autodesk.com. Acesso em julho de 2023.

AYRES FILHO, C. **Acesso Ao Modelo Integrado Do Edifício**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. **Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico**. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, Curitiba, 2007.

BARRETO, B. V; SANCHES, J. L. G; ALMEIDA, T. L. G; RIBEIRO, S. E. C. O **Bim no Cenário de Arquitetura e Construção Civil Brasileiro**. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/4811/2442>. Acesso em 18 de julho de 2023.

BOTELHO, MANOEL H. C. e RIBEIRO JÚNIOR, GERALDO A. **Instalações hidráulicas prediais utilizando tubos plásticos**. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2014.

BUARQUE, D. C. **Instalações Prediais de Água Fria (IPAF) - Dimensionamento**. Apresentação do Power Point. Google Classroom, 2022. Acesso em 15 fev. 2023.

BUARQUE, D. C. **Instalações Prediais de Águas Pluviais (IPAP)**. Apresentação do Power Point. Google Classroom, 2022. Acesso em 15 fev. 2023.

BUARQUE, D. C. **Instalações Prediais de Esgoto Sanitário (IPES) - Parte 1: O Sistema**. Apresentação do Power Point. Google Classroom, 2022. Acesso em 15 fev. 2023.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares**. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

CAMPOS, Claudia. Blog, 2010. Disponível em: <http://claudiacamposlima.wordpress.com/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

CARVALHO, Roberto. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 11. Ed. São Paulo: Blucher, 2017.

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

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2008.

FARIA, R. **Construção integrada**. Téchne, São Paulo, v. 127, p. 44-49, out. 2007. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/127/imprime64516.asp>. Acesso em: 16 fev. 2023.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. **A percepção de interferências espaciais através de desenhos 2D e modelos 3D por profissionais de projetos de edifícios**. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Anais eletrônicos. Curitiba: UFPR, 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/55033891-A-percepcao-de-interferencias-espaciais-atraves-de-desenhos-2d-e-modelos-3d-por-profissionais-de-projeto-de-edificios.html>. Acesso: 15 fev. de 2023.

FERREIRA, R.P. ; CAUDURO, F. **Análise dos métodos de cálculo para o dimensionamento de tubulações de rede predial de distribuição de água – Estudo de caso**. Artigo - Curso de Engenharia Civil da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina, p. 11, 2017.

FLORIANÓPOLIS, Prefeitura Municipal de. Secretaria Municipal da Saúde. Gerência Vigilância Sanitária e Ambiental - **Análise de Projetos**. Florianópolis, 2016.

FREITAS, Gonçalo Andrade Freitas. **Metodologia BIM – uma nova abordagem, uma nova esperança**. Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira, 2014.

FRUET, G. M.; FORMOSO, C. T. **Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte**. In: SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL – gestão tecnológica, 1993, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 1993.

GRABOWSKI, G. N. **Instalações Hidráulicas Prediais - Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Aula 01**. 2019. Apresentação do Power Point. Disponível em: <https://7semestrecivil.files.wordpress.com/2016/08/aula-51.pdf>. Acesso em 14 fev. 2023.

HALSTENBERG, Rasmus. Entrevista. Site Construção Mercado. 2017. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/2017/10/engenheiro-da-thyssenkrupp-fala-sobre-os-desafios-e-os-primeiros-sinais-de-aquecimento-das-obras-e-projetos-de-infraestrutura-no-pais/>. Acesso em 01 de junho de 2023.

HAMED, Luciano. **BIM do 3d ao 7d**. 2015. Disponível em: <https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>. Acesso em 01 de junho de 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Características étnico-raciais da população: classificações e identidades.

Espírito Santo: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/vila-velha.html>. Acesso em: 13 fev. 2023.

JONATASALEXANDRE. **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS BIM.** Disponível em:

KASSEM, M.; LEUSIN de Amorim, S. R. **BIM Building Information Modeling No Brasil e na União Europeia.**

KYMMEL, Willem. **Bulding linformation Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulation.** 1^a ed. McGraw-Hill, 2008.

MARK, Erick. **Criação dos Brises | Aula 07 | Modelagem Orgânica no Revit.**

Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=UPPazi7hZ74&ab_channel=ErickMark%7CAxiom Treinamentos. Acesso em 07 de junho de 2023.

MAXIMIANO, Antônio Cesar Amaru. **Administração de projetos: como transformar ideias em resultados.** São Paulo: Atlas, 2002.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** São Paulo: Tese – escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994.

MENEZES, L.B.B. **Breve Histórico de implantação da plataforma BIM.** Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, v.18 n. 22 -16 mai 2012. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/3363>. Acesso em: 16 fev. 2023.

MUNICÍPIO DE VILA VELHA. LEI 4575/2007. Institui o Plano Diretor Municipal de Vila Velha, ES. 2007.

MUNICÍPIO DE VILA VELHA. LEI 65/2018. Altera e suprime dispositivos da Lei 4575/2007. Vila Velha, ES. 2018.

MUNICÍPIO DE VILA VELHA. Lei Complementar N^o 46, de 04 de julho de 2016. Institui o Código de Edificações Gerais do Município de Vila Velha, Estado do Espírito Santo, 2016.

NAWI, M. N. M; BALUCH, N; BAHAUDDIN, A. Y. **Impact of Fragmentation Issue in Construction Industry: An Overview.** Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265376388_Impact_of_Fragmentation_Issue_in_Construction_Industry_An_Overview. Acesso em 18 de julho de 2023.

NETTO, J. M. A, Manual de hidráulica. 9. Ed. Edgard Blücher Ltda, 2015.

OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. **Melhoria da qualidade da etapa de projeto de obras de edificação: um estudo de caso.** Revista READ, ed. 7, vol. 3, nº 3. Porto Alegre, 1997. Disponível em: <http://read.adm.ufrgs.br/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

PICCHI, F.A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo, 1993. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

RADÜNS, C; PRAVIA, Z. **BIM: o BIM da infraestrutura. Infraestrutura Urbana: Projetos, Custos e Construção**, set. 2013. Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes/technicas/30/biim-o-bim-para-obras-de-infraestrutura-os-beneficios-294311-1.aspx>. Acesso em 18 de julho de 2023.

SENA, Thiago. **A aplicação da metodologia BIM para compatibilização de projetos**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2012.

SILVA, J, G, F da. **ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE VILA VELHA**. Espírito Santo, 2012. FACEVV.

STECK. **Ficha técnica de disjuntores termomagnéticos**. [s.l.]: Sonepar Brasil, 2018. Disponível em: <https://tectag.sonepar.com.br/anexos/brasil/180726091930.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.

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

TAVARES. **UM MODELO DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES BASEADO NA ENGENHARIA SIMULTÂNEA E FMEA**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/16443897-Um-modelo-de-compatibilizacao-de-projetos-de-edificacoes-baseado-na-engenharia-simultanea-e-fmea.html>. Acesso em 07 de junho de 2023.

VAN NEDERVEEN, G. A.; TOLMAN, F. P. **Modeling multiple views on buildings. Automation in Construction**, Amsterdam NL, v. 1, issue 3, p. 215-224, Dec. 1992.

WONG, A. K. D; WONG, F. K. W; NADEEM, A. **Comparative Roles of Major Stakeholders for the Implementation of BIM in Various Countries**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228743459_Comparative_Roles_of_Major_Stakeholders_for_the_Implementation_of_BIM_in_Various_Countries. Acesso em 18 de julho de 2023.

Z, P.; SACKS, R. e LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2008.