

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

RAFAEL FREITAS SAMPAIO

METODOLOGIA BIM APLICADA EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL

UBERLÂNDIA – MG

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL FREITAS SAMPAIO

METODOLOGIA BIM APLICADA EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia Civil, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Dr. Joseph Salem Barbar.

UBERLÂNDIA – MG

2022

RAFAEL FREITAS SAMPAIO

METODOLOGIA BIM APLICADA EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia Civil, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Uberlândia, março de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Orientador Joseph Salem Barbar
Universidade Federal de Uberlândia

Prof.º Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres
Universidade Federal de Uberlândia

Prof.º Dr. Antônio de Paulo Peruzzi
Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

O *Building Information Modeling* (BIM) abrange um conjunto de técnicas e processos integrados que permite a criação e a utilização de modelos digitais de uma construção para diversos fins. O conhecimento compartilhado com a utilização do BIM proporciona o processo de desenvolvimento de projetos colaborativos, servindo às diferentes partes interessadas em todo ciclo de vida da construção. Este trabalho consistiu na aplicação da metodologia BIM na modelagem e orçamentação de uma edificação comercial. Foi utilizado o software de arquitetura e engenharia, Revit®, para a elaboração e modelagem dos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário da edificação. O trabalho contemplou, além da compatibilização dos projetos, a elaboração do orçamento da obra pelo uso do software OrçafaBIM®, atendendo a dimensão 5D da metodologia BIM. Ao final deste estudo concluiu-se que a metodologia BIM, aplicada em todas as etapas de projetos, seja na concepção, planejamento ou execução, garante agilidade nos processos, modelos mais inteligentes e resultados mais precisos.

Palavras-Chave: BIM; *Building Information Modeling*; BIM 5D; Modelagem 3D; Orçamento.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) encompasses a set of integrated techniques and processes that allow the creation and use of digital models of a building for various purposes. The knowledge shared with the use of BIM provides the process of developing collaborative projects, serving different stakeholders throughout the construction lifecycle. This work consisted in the application of the BIM methodology in the modeling and budgeting of a commercial building. The architecture and engineering software, Revit®, was used for the elaboration and modeling of the architectural, structural, electrical and hydrosanitary projects of the building. The work included, in addition to the compatibility of the projects, the elaboration of the budget of the work by the use of the software OrçafaBIM®, taking into account the 5D dimension of the BIM methodology. At the end of this study, it was concluded that the BIM methodology, applied at all stages of projects, whether in conception, planning or execution, guarantees agility in the processes, more intelligent models and more accurate results.

Keywords: BIM; Building Information Modeling; 5D BIM; 3d modeling; Budget.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Níveis de desenvolvimento BIM.....	15
Figura 2 – Dimensões BIM.....	16
Figura 3 – Planta baixa do pavimento térreo.....	18
Figura 4 – Planta baixa do pavimento superior.....	18
Figura 5 – Níveis dos pavimentos do projeto arquitetônico.....	19
Figura 6 – Criação de plantas de piso.....	20
Figura 7 – Camadas parede.....	20
Figura 8 – Níveis de detalhamento paredes.....	21
Figura 9 – Modelagem do projeto arquitetônico.....	22
Figura 10 – Renderização do modelo arquitetônico.....	22
Figura 11 – Vínculo estrutural IFC.....	23
Figura 12 – Propriedades IFC.....	24
Figura 13 – Layout do projeto elétrico.....	25
Figura 14 – Lançamento de dispositivos elétricos.....	25
Figura 15 – Lançamento de eletrodutos.....	26
Figura 16 – Atribuição de circuitos aos eletrodutos.....	26
Figura 17 – Atribuição de disjuntores aos quadros elétricos.....	27
Figura 18 – Distribuição água fria.....	28
Figura 19 – Dimensionamento das tubulações de água fria.....	28
Figura 20 – Conferência de pressões no sistema.....	29
Figura 21 – Sistema pluvial e sanitário.....	29
Figura 22 – Sistema de ventilação.....	30
Figura 23 – Projeto federado.....	31
Figura 24 – Verificação de interferências.....	31
Figura 25 – Relatório de interferências.....	32
Figura 26 – Incoerência na verificação de interferências.....	32
Figura 27 – Incompatibilidade entre projeto hidrossanitário e estrutural.....	33
Figura 28 – Bases de dados OrçaBIM®.....	34
Figura 29 – Planilha orçamentária OrçaBIM®.....	34
Figura 30 – Editor de critérios OrçaBIM®.....	35
Figura 31 – Filtros de critérios OrçaBIM®.....	35
Figura 32 – Curva ABC.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVO	9
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1	ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	9
3.1.1	TIPOS DE ORÇAMENTOS	10
3.1.2	ETAPAS DO ORÇAMENTO	11
3.2	<i>Building Information Modeling</i> (BIM)	13
3.2.1	NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO	14
3.2.1	DIMENSÕES BIM	15
3.2.2	BIM 3D: MODELAGEM PARAMÉTRICA	16
3.2.3	BIM 5D: ORÇAMENTO	17
4	METODOLOGIA E RESULTADOS	17
4.1	OBJETO DE ESTUDO	17
4.2	ETAPAS DE MODELAGEM	19
4.2.1	MODELAGEM ARQUITETÔNICA	19
4.2.2	MODELAGEM ESTRUTURAL	23
4.2.3	MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	24
4.2.4	DIMENSIONAMENTO E MODELAGEM HIDROSSANITÁRIO	27
4.3	COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS DESENVOLVIDOS	30
4.4	ORÇAMENTAÇÃO – ORÇABIM	33
5	CONSIDERAÇÕES	36
5.1	MODELAGEM DOS PROJETOS	36
5.2	ORÇAMENTO BIM 5D	37
6	CONCLUSÕES	38
	REFERÊNCIAS	39
	ANEXO A - Projeto hidrossanitário aprovado	42

1 INTRODUÇÃO

O planejamento de um empreendimento na construção civil consiste, essencialmente, na organização para a execução, o que inclui o orçamento e o cronograma, de obra. O orçamento contribui para a compreensão das questões econômicas e a programação é relacionada com a distribuição das atividades no tempo. Segundo Mattos (2019), o planejamento é composto por ferramentas que priorizam as ações no canteiro de obra, organizando o andamento dos serviços e o estágio da obra; promovendo uma linha de base referencial para tomada de decisão caso haja algum desvio.

O planejamento está em uma posição de destaque no ciclo de vida do projeto, sendo um meio importante para determinar o sucesso de uma empreitada (BARBOSA, 2014). Mudanças na conjuntura econômica, fazem com que as empresas e construtoras alterem seus processos de produção, no sentido de reduzir custos e adequar a realidade dos produtos ofertados às condições do mercado (MELHADO et al., 2005). Logo, na indústria da construção civil existe a preocupação mundial em trazer novas tecnologias que aportem soluções para essas exigências.

Neste pensamento, existe grande potencial de melhoria da produtividade na construção civil com a implementação da Modelagem de Informação da Construção, ou *Building Information Modeling* (BIM).

Segundo Menezes (2011), a plataforma BIM é uma filosofia de trabalho que abrange a área de atuação de Arquitetos e Engenheiros na criação de um modelo virtual, no qual é possível criar uma base de dados que abrange a orçamentação, cálculo energético, fases da construção e demais outras informações que possibilitem o acompanhamento do ciclo de vida de uma edificação.

A metodologia BIM possibilitou novas formas de gerir empreendimentos, cujos benefícios são avanços no planejamento e integração das diversas disciplinas de projetos, permitindo redução de incompatibilidades, aperfeiçoamento dos orçamentos, logísticas, gastos energéticos e redução dos resíduos gerados.

Apesar dos inúmeros benefícios, existem casos em que a implementação do BIM elevou os custos e trouxe pouco ou nenhum valor adicionado ao projeto. Por esse motivo, a implantação requer um bom planejamento e conhecimento de todo o processo. Deve-se entender bem o escopo geral do projeto, conhecer os custos de implantação, as barreiras tecnológicas e os níveis de capacitação da equipe (MESSNER et al., 2011).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e modelagem de projetos e orçamento de uma edificação comercial com o uso da metodologia BIM. Buscou-se explorar e compreender as ferramentas que podem ser utilizadas e o potencial das informações que podem ser extraídas com sua utilização.

Foi utilizado software de arquitetura e engenharia, Revit®, para a elaboração e modelagem dos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. O

trabalho contemplou, além da modelagem e compatibilização dos projetos, a elaboração do orçamento da obra pelo uso do software Orçafascio®, atendendo às dimensões 3D e 5D da metodologia BIM.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi elaboração e dimensionamento de projetos de um prédio comercial de dois pavimentos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é uma atividade econômica que representa uma parcela importante do produto interno bruto de qualquer país e tem efeitos significativos na empregabilidade de pessoas. Segundo Goldman (2004), a construção civil é uma atividade em que seu produto representa um grande investimento, tanto para as empresas quanto para seus clientes, dessa forma, o orçamento é uma das principais informações de interesse, pois o estudo da precificação do empreendimento pode determinar se o mesmo é viável ou não.

A base de todo negócio sustentável vem da viabilidade técnica, aceitação do produto pelo mercado e da viabilidade financeira. Neste aspecto o orçamento é fundamental para se iniciar um negócio, e para que ele transcorra bem é importante que se planeje quanto a despesas, custos e receitas; e através de um orçamento é possível prever bons resultados (ROCHA, 2010).

Todo o processo de gerenciamento tem como um dos pilares o de controle de orçamento de custos. Os outros dois pilares são a gerência do tempo e do escopo, lembrando que, segundo o PMBOK (2021) outras seis gerências são necessárias para completar o processo gerencial: integração, comunicação, risco, aquisições, pessoal e qualidade. O orçamento é uma ferramenta fundamental com função de auxiliar o atendimento dos planos e metas traçadas pelos responsáveis e um melhor controle dos desperdícios. É um sistema capaz de acompanhar os custos e gastos em um empreendimento e pode ser efetuado pôr enfoques distintos, cuja diferença é o fim a que se destinam e a amplitude com que são considerados.

Por esse motivo, o processo de orçar um empreendimento torna-se fator crítico para empresas construtoras antes que a edificação seja projetada em detalhes e que os contratos de venda e de fornecimento sejam firmados.

Segundo comentado por Cordeiro (2007), interpretar o projeto é analisá-lo com o objetivo de extrair todos os dados que vão compor o orçamento. A autora ainda salienta que é necessária uma compreensão do projeto como um todo, a fim de saber quais informações específicas podem estar equivocadas ou também informações importantes que possam faltar no projeto.

Entretanto, os métodos de elaboração de orçamentos têm apresentado limitações nos contextos atuais, uma vez que, com o advento da tecnologia, os projetos se tornam cada vez mais amplos e sofisticados. Dessa forma, a elaboração de um orçamento necessita de planejamento e compreende as

possibilidades e limitações técnicas, além do cálculo dos custos de uma série de tarefas sucessivas e ordenadas, que direciona o desenvolvimento do mesmo.

3.1.1 TIPOS DE ORÇAMENTOS

Existem diversas maneiras de gerar um orçamento, dessa forma, o objetivo do mesmo é determinante a respeito de qual método a ser utilizado para a composição e desenvolvimento do orçamento. Dentre os principais tipos destacam-se: Estimativa de custos, orçamento paramétrico, orçamento analítico, orçamento sintético e orçamento executivo.

3.1.1.1 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Segundo Kim e Shim (2015), uma boa estimativa de custos é um dos pré-requisitos essenciais para o sucesso de um empreendimento, sendo que, as estimativas de custo detalhadas são importantes para o acompanhamento e controle da execução do projeto, e as estimativas preliminares, menos detalhadas, são importantes para uma concepção de um projeto mais eficiente, bem como, para a avaliação da viabilidade de execução do mesmo.

Essa modalidade de orçamento, estimativa de custos, é baseada em índices generalistas, como o CUB (Custo Unitário Básico de Construção). Esse índice permite estimar o custo de uma obra tomando como base a média de custos de acordo com o padrão de obra. Mattos (2019) afirma que a representação do custo da construção por m² realizada pelo Custo Unitário Básico da Construção (CUB) é um dos maiores indicadores mais utilizados para estimativa de custos. Assim, o Custo preliminar de construção = Área de Construção x CUB.

Os critérios e normas para o cálculo do CUB estão estabelecidos na norma brasileira ABNT NBR 12721/2006 que descreve um método de avaliação de custos unitários de construção e incorporação imobiliária e outras disposições de condomínios de edifícios, sendo responsabilidade dos sindicatos da construção civil, estaduais, calcular e divulgar este índice paramétrico. Segundo Castanhede e Schmitt (2003) quando utilizado como instrumento de cálculo de custo, o CUB/m² tem se afastado do valor resultante do orçamento discriminado, sendo este valor geralmente maior que o primeiro.

3.1.1.2 ORÇAMENTO ANALÍTICO

O orçamento analítico é a maneira mais detalhada e precisa para prever o custo de um empreendimento. É efetuado a partir de composições de custos e pesquisas de mercado dos preços dos insumos, a fim de se aproximar do valor real. É composto por uma relação extensa dos serviços ou atividades a serem executados na obra (GONZALEZ, 2008). Este tipo de orçamento é feito a partir do detalhamento de todas as etapas e obra e das composições de custos, considerando todos os recursos e variáveis mensurados por custo direto, custos indiretos acrescidos de BDI, formando assim o preço final do empreendimento.

Segundo Dias (2011), para que se tenha um orçamento justo, isto é, exato e legítimo, e também responsável, alguns parâmetros devem ser seguidos, como a existência do projeto executivo completo e especificações rígidas de serviços e materiais. O projeto básico leva a uma possibilidade de 20 a 30% de erro em relação ao projeto executivo.

Os preços de cada uma das variáveis exigidas podem ser extraídos de tabelas de referência, como o sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil (SINAPI), o sistema de custos referenciais de obras (SICRO) ou mesmo por pesquisa de mercado elaborada pela empresa.

3.1.1.3 ORÇAMENTO SINTÉTICO

O orçamento sintético nada mais é do que um resumo do orçamento analítico, explicado por meio do levantamento de custos por etapa da obra ou grupos de serviços a serem executados. Geralmente utilizado em empresas para efetuar propostas orçamentárias rápidas ou expeditas que não exigem análises de composições de custo nem de quantidade exatas das quantidades de serviços. Principalmente usado quando o interesse maior é o custo total em vez dos custos unitários discriminados.

Segundo Morethson (2008), o mesmo é utilizado em construtoras para averiguações rápidas que não exijam análises de composições de custo e quantidades de serviços. Também é utilizado para apresentação de propostas orçamentárias, aos quais mais interessa o custo total dos itens principais de forma precisa, sendo necessário de antemão ser composto o orçamento detalhado.

3.1.1.4 ORÇAMENTO EXECUTIVO

De acordo com Domingues (2003), o orçamento executivo de obra, assim como o projeto executivo, é o orçamento mais completo e se preocupa com os menores detalhes da obra que serão executados. Semelhante em muitos aspectos ao analítico, o orçamento executivo trata não só da obtenção de insumos e mão de obra, mas de como elas vão ser empregadas na obra, suprimindo os percalços que surgem ao decorrer da execução do projeto, moldando custos a realidade que se apresenta.

O orçamento executivo leva em consideração a relação de todos os serviços a serem executados no decorrer da obra. Há, portanto, a finalidade de otimizar os recursos físicos, financeiros, humanos e o tempo durante a execução da obra, de maneira que o orçamento fique alinhado com o propósito inicialmente (GONZÁLEZ, 2008). Por ser realizado a partir de um cálculo minucioso e preciso, a margem de erro é pequena e é possível extrair uma série de informações com o orçamento executivo. O cronograma físico-financeiro, por exemplo, é elaborado em conjunto ao orçamento executivo.

3.1.2 ETAPAS DO ORÇAMENTO

A elaboração de um orçamento é composta por etapas consecutivas, com o objetivo de absorver a maior quantidade de informações em relação aos valores que serão estabelecidos. Segundo Mattos (2019), o orçamento engloba três etapas de trabalho: estudo das variáveis, levantamento de insumos e composição de custos.

3.1.2.1 ESTUDO DAS VARIÁVEIS

Basicamente, essa etapa consiste no levantamento de todas as informações disponíveis sobre a construção de tudo que possa gerar custos. Isso engloba desde os profissionais responsáveis pelo projeto e pela execução, os materiais, os documentos, entre outros.

Segundo Dias (2018), é necessário que o orçamento esteja coberto de realismo e que se verifique sentido crítico por parte de quem o elabora. Por isso, é o estudo das condicionantes quem norteia o orçamentista, auxiliando na identificação das condições da obra por meio da leitura e interpretação dos projetos.

Por exemplo, diferentes construtoras podem chegar a custos distintos para um mesmo projeto, não somente pela diferença nos materiais utilizados, mas também pela diversidade de técnicas construtivas e preço da mão de obra.

3.1.2.2 LAVANTAMENTO DE INSUMOS

Passo preliminar a definição do orçamento de uma obra, o levantamento de quantitativos, constitui-se em um processo demorado de contagem de componentes realizados da leitura e interpretação de conjuntos de desenhos impressos, ou mais recentemente, desenhos CAD (SABOL, 2008).

Sabol (2008) ainda afirma que este processo de levantamento de quantitativos está sujeito a erros humanos, os quais tendem a propagar imprecisões nos orçamentos. Dessa forma, Alder (2006) defende o levantamento de insumos por meios automáticos e eletrônicos.

A qualidade de detalhamento de um projeto impacta diretamente neste trabalho, tendo em vista que em todo serviço existe diversos materiais e pessoas empregadas para garantir o resultado desejado. Dessa forma, o uso da metodologia BIM na orçamentação de projetos na construção civil tem se tornado uma ferramenta importante.

Tendo em vista que as técnicas e softwares empregados garantem projetos de extrema qualidade de detalhamento, seja de características intrínsecas do próprio objeto ou até de informações indiretas ao mesmo. O fornecimento de listas de materiais e de profissionais empregados podem ser geradas de forma automática, com maior exatidão e precisão.

3.1.2.3 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS

A composição de custos é utilizada na elaboração de orçamentos de obras e serviços. Em geral, são considerados os índices de produtividade da mão de obra e o consumo de materiais e equipamentos para a execução de uma unidade de serviço.

Conforme Mattos (2006), a composição de custos pode ser feita antes da execução do serviço, denominada estimativa de custo ou orçamento, e possui a função de oferecer uma aproximação do valor a ser gasto para a realização da atividade, sendo utilizado para definição de preços a serem atribuídos em propostas. Caso a elaboração da composição seja feita durante ou após a execução do serviço seu intuito passa a ser de controle de custos, auxiliando o responsável a identificar possíveis fontes de erros e construindo um histórico de referências para estimativas futuras.

Estão entre os principais referenciais para a composição de custos os bancos de dados: SINAP, SICRO, a tabela de composição de preços para orçamentos (TCPO) e o departamento nacional de infraestrutura de transportes (DNIT).

Com os serviços listados e suas unidades especificadas, é possível calcular os quantitativos de tudo que será necessário para a construção. Esta costuma ser uma das fases mais trabalhosas da elaboração de um orçamento, já que requer um cuidado especial. Afinal, um erro nesses cálculos pode causar alterações absurdas no final do orçamento de obras.

3.1.2.4 COMPOSIÇÃO BDI

O orçamento consiste na determinação dos custos diretamente envolvidos para a realização dos serviços necessários a esta obra e também os custos indiretos, representado pelos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI). Este elemento orçamentário tem como função espelhar os custos e despesas indiretos envolvidos na realização da obra, além de suprir despesas eventuais e garantir a lucratividade imposta pelo construtor.

Enquanto o custo direto representa valores constantes, o BDI é a margem que se adiciona ao orçamento para determinar o valor final do empreendimento. A Equação 1 representa o cálculo do BDI (Hubaide, 2012):

$$BDI (\%) = \left[\frac{(1 + AC + CF + MI)}{(1 - TN - TE - TF - MC)} - 1 \right] \times 100$$

Onde:

AC – Incidência da Administração Central em percentual sobre o custo direto;

CF – Incidência dos Custos Financeiros em percentual sobre o custo direto;

MI – Incidência da Margem de Incerteza em percentual sobre o custo direto;

TM – Incidência dos Tributos Municipais em percentual sobre o custo direto;

TE – Incidência dos Tributos Estaduais em percentual sobre o custo direto;

TF – Incidência dos Tributos Federais em percentual sobre o custo direto;

MC – Incidência da Margem de Contribuição em percentual sobre o preço de venda (Margem de Contribuição = Lucro).

3.2 Building Information Modeling (BIM)

O acrônimo BIM, da língua inglesa Building Information Modeling, é traduzido no Brasil como modelagem da informação da construção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Um BIM é uma representação das características físicas e funcionais de uma instalação. Sendo assim, serve como recurso compartilhado de conhecimentos, para acesso de informações sobre a mesma, sendo uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida, a partir de sua inceptção (OLIVEIRA, 2020).

Segundo Bomfim (2016), o BIM veio para agregar e complementar a falta de informações que o sistema 2D de produção não supre. Existe uma série de fatores no sistema bidimensional que, no decorrer do desenvolvimento dos projetos para a construção civil, o torna suscetível ao erro, o que gera problemas de compatibilização e má interpretação de projeto

Um software BIM possui a capacidade de atribuir características a um modelo geométrico, essa atribuição é chamada de parametrização do modelo. Em um modelo de parede, por exemplo, é possível incluir informações como o tipo de bloco da alvenaria, a argamassa de regularização, a pintura, e também acrescentar os custos unitários, fabricantes, quantitativos e demais informações que irão compor o banco de dados destes modelos (FARIA, 2007). Assim, diferentes instâncias de um tipo de modelo paramétrico podem gerar uma grande variedade de objetos, com parâmetros diversificados e dispostos em posições variadas.

Segundo Peres (2007), o tempo para confecção do projeto dos equipamentos parametrizados sofre um decréscimo de, aproximadamente, 60%, pois alterando algumas dimensões, todo o desenho será alterado automaticamente, sendo necessários alguns ajustes, como em legendas, indicações de cortes, indicações de solda e alguma mudança na posição das cotas.

Uma das premissas básicas do BIM é assegurar a máxima liberdade de compartilhamento de dados do modelo projetado, ou seja, trabalhar em um sistema verdadeiramente aberto. A interoperabilidade é a capacidade de um produto ou de um sistema de interagir ou funcionar junto com outros produtos ou sistemas, sem restrições para acesso ou implementações.

Para atender essas necessidades, foi concebido o formato de dados .IFC (Industry Foundation Classes), um formato de arquivo aberto que permite o intercâmbio de um modelo informativo sem perdas ou distorção de dados e informações. Similar ao encontrado no AutoCAD® (.dwg) ou Revit® (.rvt), porém, compatível com diversos softwares diferentes, de diversas áreas de atuação.

3.2.1 NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO

O nível de desenvolvimento, ou *Level of Development* (LOD) é um conceito importante da metodologia BIM, pois aborda vários problemas que surgem quando o BIM é utilizado na comunicação ou colaboração do projeto, ou seja, quando alguém que não seja o autor do projeto extrai informações desse (BIMFORUM, 2020).

Para Ferreira (2015) é usual confundir-se nível de desenvolvimento com nível de detalhe, porém há diferenças que não podem ser ignoradas, pois são conceitos importantes da metodologia BIM. Nível de detalhe é a representação gráfica (visual) incluída, ou a ser incluída, no elemento do modelo. Já nível de desenvolvimento representa o grau de informações que os elementos apresentam e serão usados pelos stakeholders envolvidos na construção.

A caracterização LOD foi criada pela AIA (American Institute of Architects) em 2008, a qual definiu cinco níveis de LOD, variando entre o 100 e o 500 sendo que quanto maior o LOD aplicado maior será a quantidade de informações inseridas no modelo.


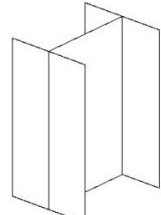

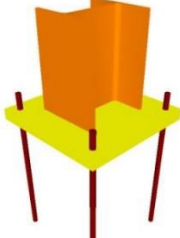

De acordo com AIA (2008) os LOD podem ser definidos como:

- LOD 100: Os elementos são representados graficamente com símbolos ou formas geométricas;

- LOD 200: O modelo passa a ser ligeiramente mais desenvolvido, sendo representado graficamente como um sistema genérico, o qual é possível analisar critérios como quantidades, tamanho, forma, orientação e localização, entretanto, são informações aproximadas;
- LOD 300: As informações passam a ter condições para serem medidas diretamente a partir do modelo, sem se referir a informações não modeladas, como notas ou chamadas de dimensão. A origem do projeto é definida e o elemento está localizado com precisão em relação à origem do projeto;
- LOD 400: Um elemento LOD 400 é modelado com detalhes e precisão suficientes para a fabricação do representado componente. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento conforme projetado podem ser medidos diretamente a partir do modelo sem se referir a informações não modeladas, como notas ou chamadas de dimensão;
- LOD 500 – Modelo em que todos os elementos passam a ser representados como realmente foram executados, sendo considerado o "As Built" da construção civil.

Na Figura 1 abaixo, é possível visualizar um exemplo adaptado feito pelo BIMForum (2020), na qual é aplicado os níveis de desenvolvimento.

Figura 1 – Níveis de desenvolvimento BIM

LOD100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400
				
ELEMENTO DE COLUNA GENÉRICO	PERFIL GENÉRICO	PERFIL DE AÇO COM PARÂMETROS DE DEFINIÇÃO DE MATERIAL	DEFINIÇÃO DE NÍVEIS ASSOCIADOS AO ELEMENTO IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE APOIO E FIXAÇÃO	INFORMAÇÕES EXECUTIVAS DO ELEMENTO

Fonte: BIMForum, 2020.

3.2.1 DIMENSÕES BIM

Segundo Eckholm (2011), a interoperabilidade do BIM otimiza a sequência de análise das atividades mediante simulações virtuais, permitindo aos planejadores visualizar e comunicar atividades no contexto e no espaço com toda a equipe de partes interessadas. A crescente adoção da tecnologia BIM evidenciou a necessidade da criação de diretrizes para ordenar os diversos sistemas e subsistemas componentes de uma edificação.

De acordo com Bomfim (2016), o sistema BIM reduz a probabilidade de erros tanto no projeto, quanto na obra. Isso acontece através da parametrização de componentes que irão compor o objeto arquitetônico a ser criado. Essa parametrização é capaz de transformar um sistema produtivo de 2D para 3D, 4D, 5D, 6D e 7D a depender do nível de informações que o projetista forneça ao modelo em produção (Figura 2).

Figura 2 – Dimensões BIM



Fonte: SIENGE, 2020.

A dimensão BIM 3D fundamenta-se na consolidação dos projetos da obra em um mesmo ambiente virtual, em três dimensões aplicando todas as informações necessárias para caracterização e posicionamento espacial dos elementos com recursos que permite a análise de inconsistências e a compatibilização dos projetos (MATTOS, 2014).

A dimensão BIM 4D introduz a variável tempo ao modelo, sendo possível simular as etapas de construção antes do início dessa e permite estabelecer melhores estratégias de planejamento (MOTTER; CAMPELO, 2014).

O BIM 5D consiste em agregar os custos do projeto ao modelo 3D, facilitando a produção de estimativas e controle de custo nas diversas fases do projeto, assim, é possível listar todos os materiais, pois é algo que um *software* BIM faz de forma automática e precisa (OLIVEIRA, 2021).

O BIM 6D, conforme Barbosa (2014), consiste na incorporação de conceitos de sustentabilidade ao BIM, enquanto o BIM 7D consiste na gestão e manutenção do modelo, aplicado ao gerenciamento das instalações. Fornecendo estimativas, medições e verificações de energia antes e durante a construção.

3.2.2 BIM 3D: MODELAGEM PARAMÉTRICA

Na concepção de um modelo tridimensional BIM, cada especialidade (projeto de arquitetura, projeto de estrutura e sistemas MEP) tem um modelo independente com os respectivos objetos associados a si, usando como base o modelo BIM do projeto de arquitetura. Após a criação de cada modelo, procede-se à análise e à detecção de conflitos no projeto espaço comum entre os vários intervenientes do projeto com a utilização de um monitor de grandes dimensões para a visualização de cada conflito detectado (CARREIRÓ, 2017).

Os objetos de projeto no Revit® são denominadas famílias, que são formados por grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades de parâmetros e uma representação gráfica relacionada. Os diferentes elementos pertencentes a uma família podem ter diferentes valores para alguns ou todos os parâmetros, mas o conjunto de parâmetros (seus nomes e significados) é o mesmo. Essas variações dentro da família são denominadas de tipos de família ou tipos (Revit, 2020).

A definição dos parâmetros de uma família regularmente está relacionada as camadas de detalhamento. Além de agregar informações no projeto, que posteriormente poderá ser de extrema importância para o processo executivo ou para as demais equipes de projetos que estão trabalhando no empreendimento, as camadas garantem maior assertividade no orçamento da obra. Dessa forma, pode-se extrair de um vínculo BIM inúmeras informações como, tabelas de quantitativos para orçamentos e detalhamentos executivos.

3.2.3 BIM 5D: ORÇAMENTO

Segundo Oliveira (2021), o BIM 5D agrega o custo do empreendimento ao modelo tridimensional. Com isso é possível identificar e controlar os custos das fases de construção. A utilização de softwares de BIM 5D resulta em: maior precisão do orçamento; facilidade de adequação às mudanças de escopo do projeto (quando necessárias); extração e análise de custos; avaliação de cenários; e medição dos impactos das mudanças.

A quinta dimensão do BIM traz uma abordagem que minimiza os erros do orçamento e agiliza o processo de desenvolvimento da execução da obra. Isso torna a construção civil mais precisa, coordenada e integrada permitindo e potencializando a tecnologia BIM.

Contudo, o BIM é somente um ponto de partida para a orçamentação, uma vez que os softwares BIM não são capazes de gerar o orçamento de forma automática, sendo necessário que o projetista insira no modelo as informações necessárias para que estas possam ser extraídas pelo orçamentista.

4 METODOLOGIA E RESULTADOS

No desenvolvimento deste trabalho para aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento e gestão de projetos, todos os projetos foram modelados um único software (Revit®), para evitar problemas de interoperabilidade.

Os projetos arquitetônico e de instalações elétricas foram elaborados no formato 2D (AutoCAD®). O projeto hidrossanitário foi elaborado no software Revit®. O projeto estrutural foi desenvolvido no software TQS®. Todos os projetos foram modelados no software Revit®, sendo que o projeto estrutural foi modelado a partir de um arquivo IFC.

4.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é um edifício comercial de dois pavimentos. O empreendimento encontra-se em Uberlândia, na Rua Jerônima Reis da Silva 501, Bairro Patrimônio.

A edificação está sendo construída em um terreno irregular com área total de 245,78 m². O pavimento térreo possui 139,65 m², constituído por recepção, cozinha, refeitório, três salas comerciais e sanitários masculino e feminino. A planta baixa arquitetônica do pavimento térreo está representada na Figura 3.

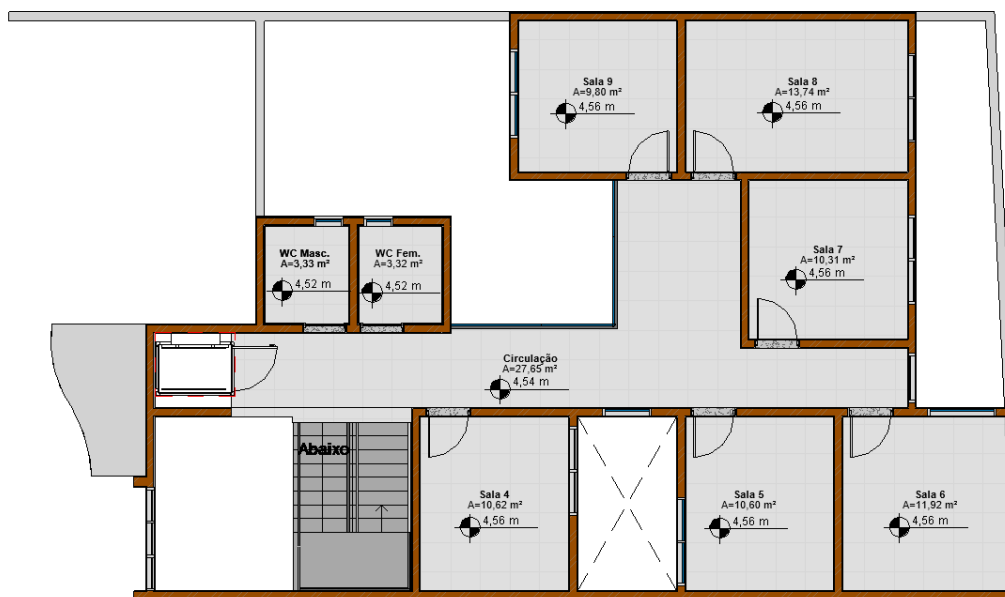
Figura 3 – Planta baixa do pavimento térreo



Fonte: Autor, 2022.

O segundo pavimento possui 120,56 m², distribuído entre seis salas comerciais, sanitários masculino e feminino e área de circulação. Existe também a área permeável do imóvel de 51,43 m², equivalente a 20,93% da área do terreno. A planta baixa arquitetônica do pavimento superior está representada na Figura 4.

Figura 4 – Planta baixa do pavimento superior



Fonte: Autor, 2022.

A modelagem dos projetos arquitetônico e de instalações elétricas ocorreu de forma a respeitar as características inicialmente fornecidas em AutoCAD®.

4.2 ETAPAS DE MODELAGEM

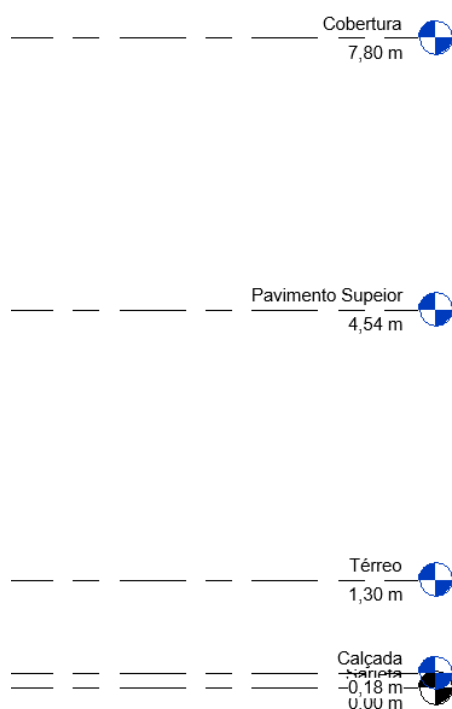
4.2.1 MODELAGEM ARQUITETÔNICA

O projeto arquitetônico executivo foi modelado a partir do template de arquitetura próprio, de forma que representasse da melhor forma possível o processo executivo da edificação. Dessa forma, paredes, pisos e esquadrias foram modelados em camadas de materiais, afim de obter a maior quantidade possível de detalhamento de insumos.

Para iniciar as modelagens, primeiro é necessário entender como funciona o um template do Revit®. Este tipo de arquivo é utilizado pelo software Revit® sempre que se inicia um projeto novo, de acordo com a disciplina e tipo de projeto que será desenvolvido, este arquivo contém um conjunto de informações e famílias parametrizadas previamente carregadas e configuradas de acordo com o usuário. Neste estudo foram utilizados os três templates diferentes, o template arquitetônico, que também foi o utilizado para o projeto estrutural, o template hidrossanitário e o template de instalações elétricas.

De início determinou-se os diferentes níveis existentes com suas determinadas nomenclaturas, de acordo com o projeto 2D fornecido (Figura 5). É importante a padronização para que fosse utilizado como referência nas próximas disciplinas a serem modeladas.

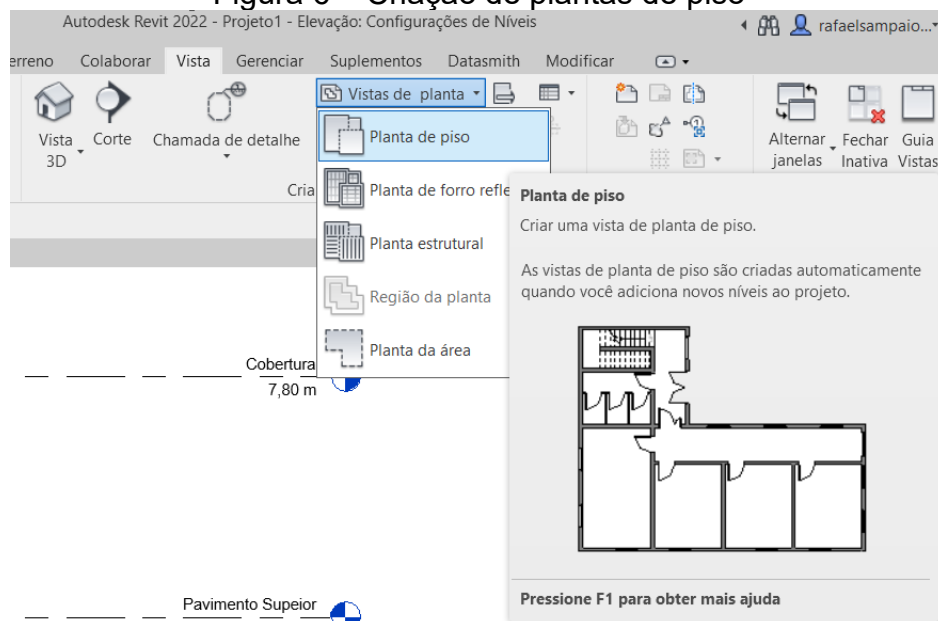
Figura 5 – Níveis dos pavimentos do projeto arquitetônico



Fonte: Autor, 2022.

Em seguida, para dar início à modelagem, foi gerado as plantas de vista de cada pavimento (Figura 6).

Figura 6 – Criação de plantas de piso

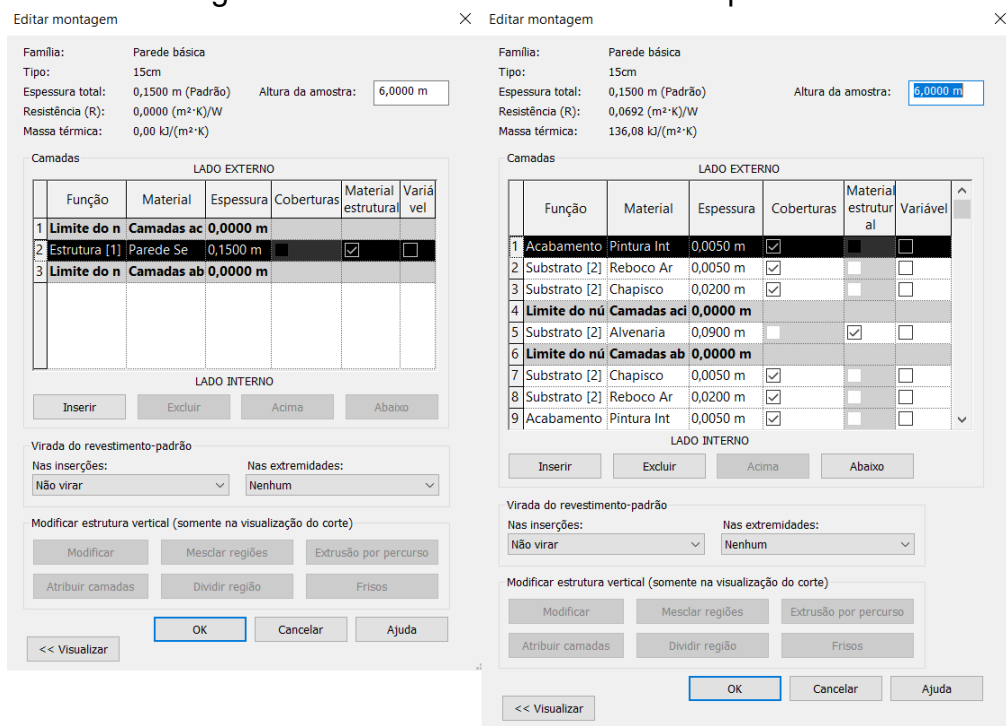


Fonte: Autor, 2022.

A partir das plantas geradas, foi possível iniciar o lançamento dos elementos constituintes do projeto arquitetônico. Importante ressaltar a parametrização e o escalonamento de camadas das “famílias” incorporadas ao projeto.

Na Figura 7 é ilustrado que a parede inicialmente não possui nenhum detalhamento de material em sua composição, dessa forma, a modelagem consistiu tanto no lançamento das famílias quanto na edição das camadas de materiais e seus parâmetros.

Figura 7 – Níveis de detalhamento de paredes



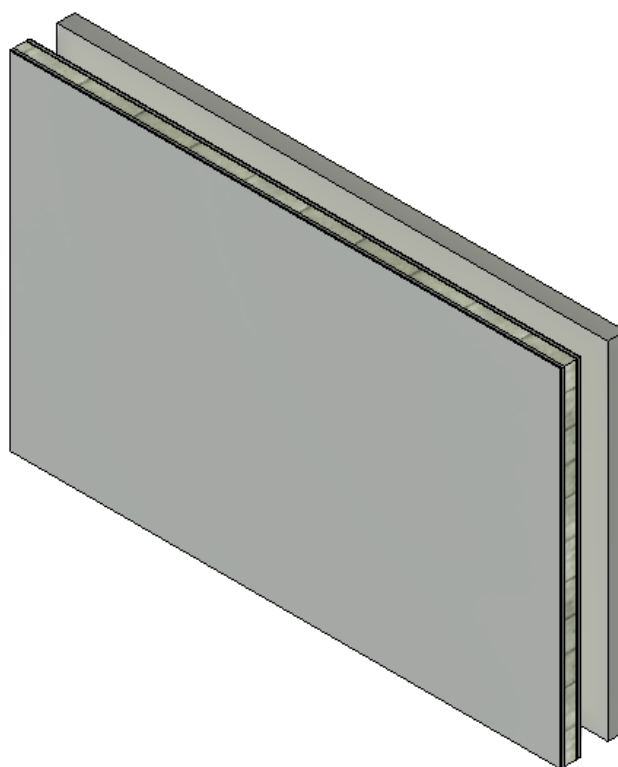
Fonte: Autor, 2022.

As paredes foram modeladas de acordo com as seguintes camadas:

- Acabamento Cerâmico ou Pintura (No caso de acabamento cerâmico, foi determinado uma camada intermediária de argamassa colante entre o revestimento argamassado e o revestimento cerâmico);
- Revestimento argamassado;
- Chapisco;
- Alvenaria de bloco cerâmico.

Na Figura 8 é possível visualizar a diferença entre um projeto parametrizado e uma maquete eletrônica.

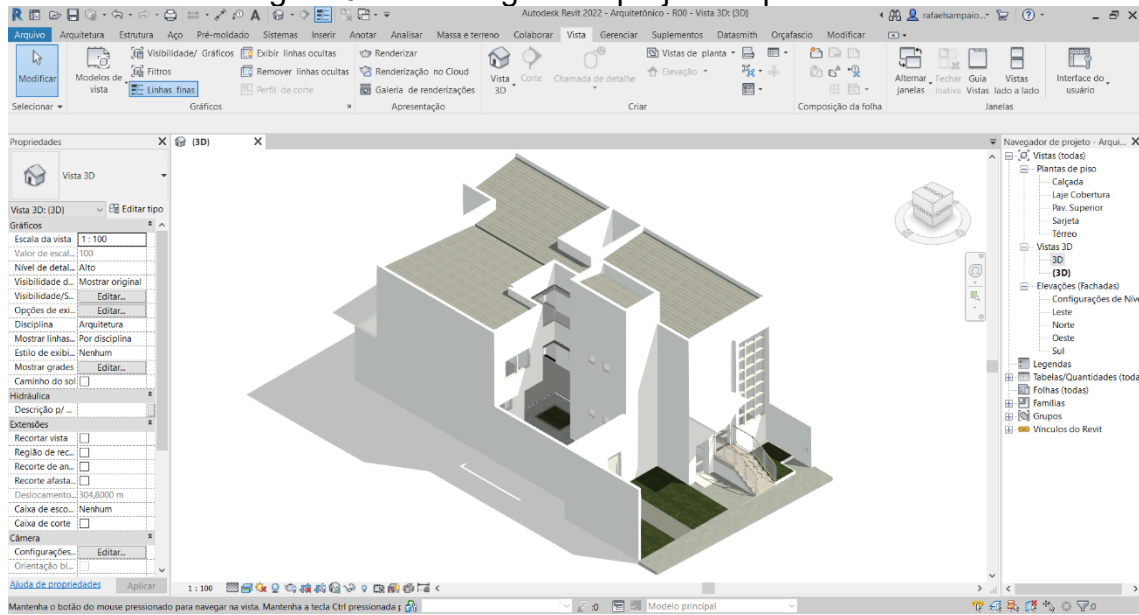
Figura 8 – Níveis de detalhamento paredes



Fonte: Autor, 2022.

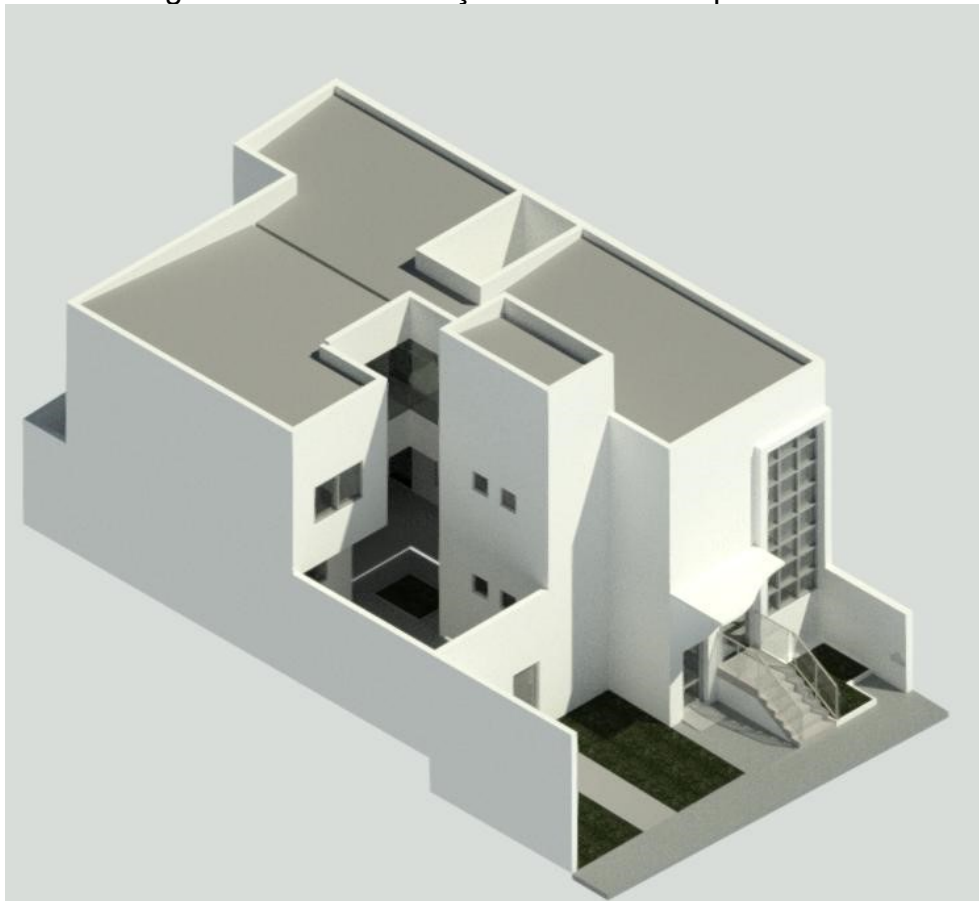
A modelagem dos demais elementos construtivos seguiu de acordo com o que foi apresentado a respeito das paredes, na seguinte ordem: Pisos, contrapiso, revestimento cerâmico, esquadrias, metais, telhados e calhas. A Figura 9 ilustra a modelagem final do projeto arquitetônico, quanto na Figura 10 é visto uma renderização 3D do modelo arquitetônico, gerada pelo próprio software Revit®.

Figura 9 – Modelagem do projeto arquitetônico



Fonte: Autor, 2022.

Figura 10 – Renderização do modelo arquitetônico



Fonte: Autor, 2022.

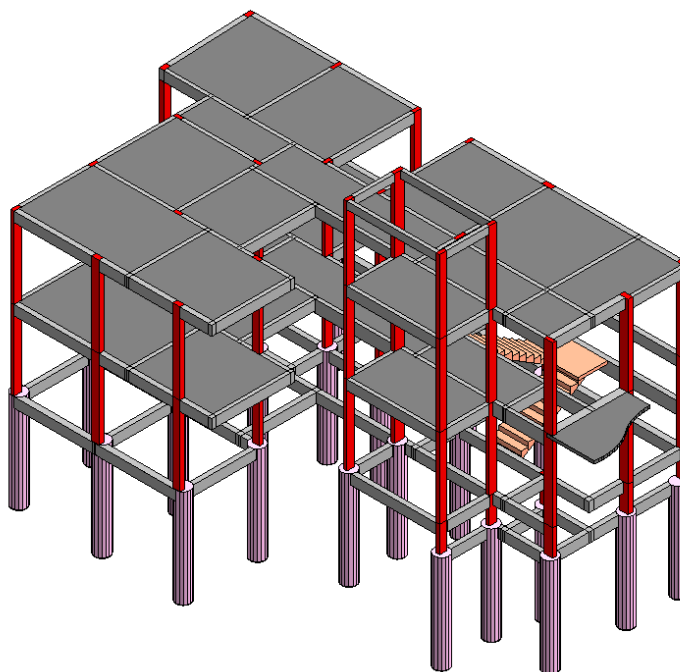
4.2.2 MODELAGEM ESTRUTURAL

O projeto estrutural foi fornecido pelo engenheiro responsável, e elaborado por meio do software TQS®. A modelagem paramétrica do projeto consistiu na exportação .IFC do software de dimensionamento TQS®. A partir do arquivo fornecido, pode-se extrair informações como volumetria dos elementos, formas de concretagem e também quantidade de aço utilizado em cada peça estrutural.

A infraestrutura da edificação é composta por tubulões escavados mecanicamente, de concreto armado, com profundidade média de quatro metros e diâmetro de 60 centímetros, cuja transição das cargas da superestrutura ocorre através das vigas baldrames apoiadas diretamente na fundação.

A superestrutura da edificação foi concebida em concreto armado, formado por sistema de vigas e pilares que suportam lajes treliçadas pré-moldadas com enchimento em EPS. Pode-se observar o modelo 3D da estrutura na Figura 11.

Figura 11 – Vínculo estrutural IFC



Fonte: Autor, 2022.

Observa-se na Figura 12 algumas informações que são intrínsecas ao projeto estrutural, e que são preservadas no arquivo .IFC compartilhado.

Figura 12 – Propriedades IFC

The screenshot shows the 'Propriedades' window for a structural element. The 'Estrutural' (Structural) section is expanded, showing various parameters. The 'Parâmetros IFC' (IFC Parameters) section is also expanded, displaying a list of IFC properties and their values.

Estrutural	
Valor da curvatura	
Número de montantes	
Recobrimento de vergalhão	Recobrimento do vergalhão 1 <25 mm>
Cotas	
Volume	
Dados de identidade	
Imagem	
Comentários	
Marca	
Fases	
Fase criada	Construção nova
Fase demolida	Nenhum
Parâmetros IFC	
IfcGUID	
IfcName	V7
IfcDescription	Vigas
IfcMaterial	Concreto C25
IfcExportAs	IfcBeam
ObjectTypeOverride	Vigas
IfcSpatialContainer	Térreo
Titulo(Pset_TQS_Padrao)	V7
Numero(Pset_TQS_Padrao)	7
Tipo(Pset_TQS_Padrao)	Vigas
Piso(Pset_TQS_Padrao)	2
Planta(Pset_TQS_Padrao)	Térreo
Material(Pset_TQS_Padrao)	Concreto C25
Taxa_Armadura(Pset_TQS_Taxas)	1915.891299 kg/m ³
Volume_Concreto(Pset_TQS_Taxas)	0.611 m ³
Area_Formas(Pset_TQS_Taxas)	7.551 m ²
Peso_05.00(Pset_TQS_Armaduras)	6.756 kg
Peso_010.00(Pset_TQS_Armaduras)	26.377 kg
Cobrimento(Pset_TQS_Armaduras)	30.0
Largura(Pset_TQS_Geometria)	190.0
Altura(Pset_TQS_Geometria)	400.0

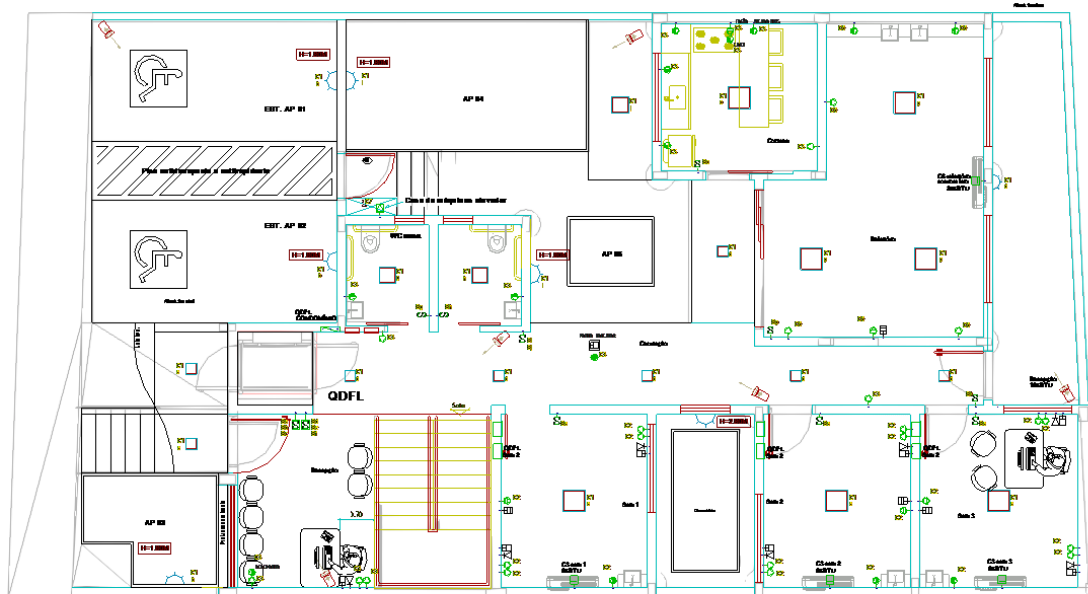
Fonte: Autor, 2022.

A partir deste vínculo, foi gerado a tabela de quantitativo e posteriormente integrado ao OrçaBIM® para gerar o orçamento da estrutura do edifício.

4.2.3 MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

O projeto instalações elétricas foi fornecido pelo engenheiro responsável e foi desenvolvido no software AutoCAD®. A partir do projeto elétrico 2D e os projetos arquitetônico e estrutural modelados em 3D, foram todos vinculados ao Revit® para dar início a modelagem das instalações elétricas. A partir dos vínculos citados, obteve-se o layout do projeto elétrico mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Layout do projeto elétrico



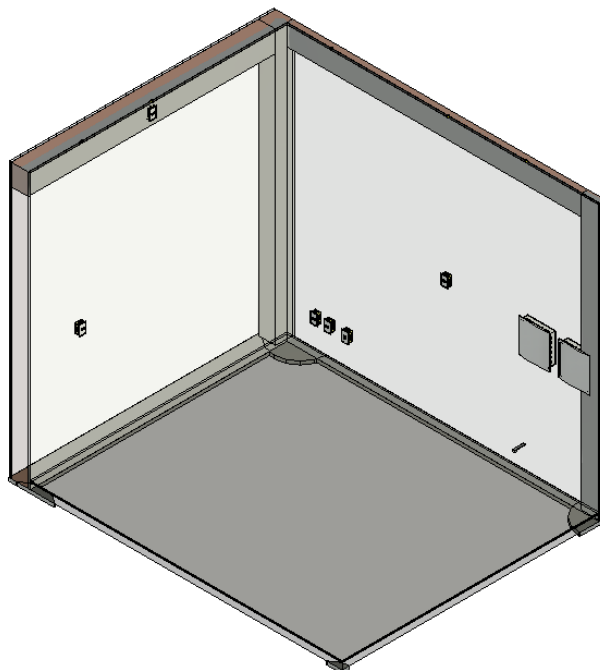
Planta Têrreo

ESCALA-1/50

Fonte: Autor, 2022.

A partir de todas as informações necessárias vinculadas ao projeto, iniciou-se a modelagem das instalações elétricas a partir do lançamento dos dispositivos elétricos como representado na Figura 14.

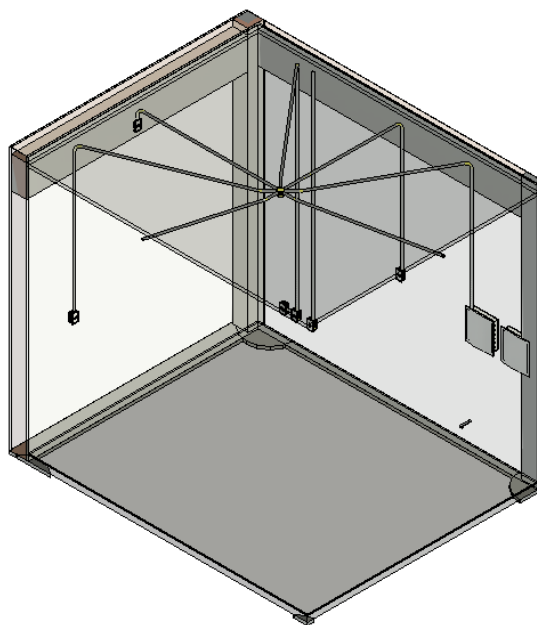
Figura 14 – Lançamento dos dispositivos elétricos



Fonte: Autor, 2022.

Em seguida, foi feito o lançamento dos eletrodutos conectando as caixas de distribuição com as caixas octogonais nos tetos e em seguida derivando para as caixas de luz nas paredes (Figura 15).

Figura 15 – Lançamento de eletrodutos



Fonte: Autor, 2022.

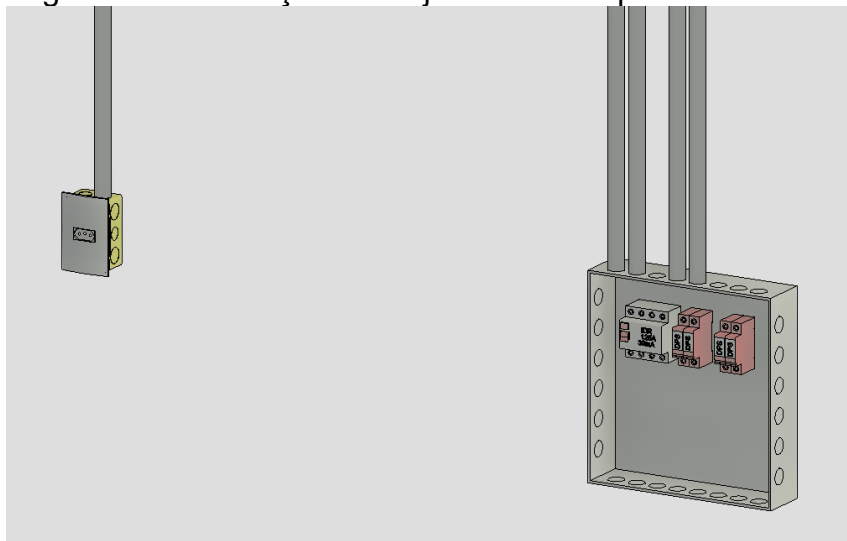
A modelagem das instalações elétricas foi finalizada com o lançamento das fiações correspondentes a cada um dos circuitos presentes no sistema (Figura 16) e dos disjuntores de cada quadro de distribuição (Figura 17).

Figura 16 – Atribuição de circuitos aos eletrodutos

Propriedades	
Conduite sem conexões Eletroduto Flexível Corrugado de PVC amarelo_Tigreflex	
Conduites (1) Editar tipo	
Restrições	
Gráficos	
Instalação do eletroduto	
Cotas	
Diâmetro externo	25,0
Diâmetro interno	19,4
Tamanho	Ø25
Diâmetro (tamanho comercial)	25
Comprimento	173,93
Dados de identidade	
Fases	
Elétrica – Circuitos	
1,5mm ² _Fase A	
1,5mm ² _Fase B	
1,5mm ² _Fase C	
1,5mm ² _Neutro	
1,5mm ² _Terra	
1,5mm ² _Retorno	
2,5mm ² _Fase A	
2,5mm ² _Fase B	
2,5mm ² _Fase C	
2,5mm ² _Neutro	
2,5mm ² _Terra	
2,5mm ² _Retorno	
4,0mm ² _Fase A	
4,0mm ² _Fase B	
4,0mm ² _Fase C	
4,0mm ² _Neutro	
4,0mm ² _Terra	
4,0mm ² _Retorno	
6,0mm ² _Fase A	2
6,0mm ² _Fase B	
6,0mm ² _Fase C	
6,0mm ² _Neutro	
6,0mm ² _Terra	1

Fonte: Autor, 2022.

Figura 17 – Atribuição de disjuntores aos quadros elétricos



Fonte: Autor, 2022.

4.2.4 DIMENSIONAMENTO E MODELAGEM HIDROSSANITÁRIO

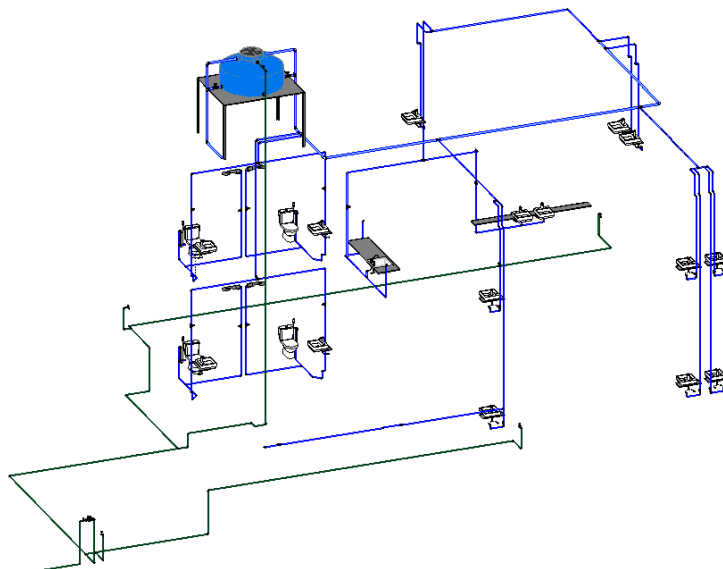
O projeto de instalações hidrossanitárias neste trabalho, teve uma complexidade maior em relação aos demais, devido ao dimensionamento e aprovação do projeto no departamento municipal de águas e esgotos da cidade. Importante ressaltar que o projeto hidrossanitário foi desenvolvido desde o seu princípio em BIM. O projeto hidrossanitário é apresentado no Anexo A deste trabalho.

As instalações hidráulicas e sanitárias dimensionadas compreenderam os sistemas prediais de coleta de esgoto, fornecimento de água fria e coleta de águas pluviais.

O projeto hidrossanitário foi desenvolvido no software Revit®, assim como o seu dimensionamento. Importante ressaltar que todo lançamento e dimensionamento das instalações de água fria foram dimensionadas de acordo com o prescrito na normativa NBR 5626: 2020, as instalações de esgoto de acordo com a NBR 8160:1999 e a drenagem pluvial de acordo com a NBR 10844:1989.

O lançamento das tubulações iniciou-se pela etapa de água fria (Figura 18). Os diâmetros das tubulações de cada dispositivo foram lançados de acordo com a normativa e os dispositivos utilizados no projeto seguiram ao previsto anteriormente no projeto arquitetônico executivo.

Figura 18 – Distribuição de água fria



Fonte: Autor, 2022.

Após o lançamento de todas as tubulações de distribuição de água fria, utilizou-se da ferramenta Dynamo®, incorporada no software Revit® para automatização de funções, para fazer o dimensionamento e conferência de pressões em cada trecho de tubulação.

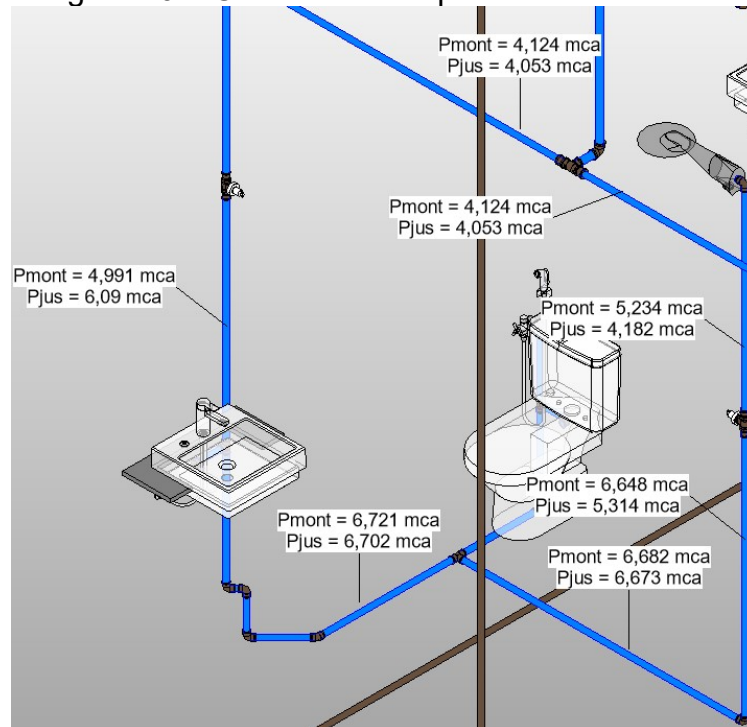
A partir de uma rotina de dimensionamento, programada no Dynamo®, as pressões de cada tubulação são geradas automaticamente e lançadas em uma planilha (Figura 19), dessa forma, agilizando o processo de conferência de dimensionamento. A partir da Figura 20 pode-se ver um exemplo da conferência de pressões no sistema.

Figura 19 – Dimensionamento das tubulações de água fria

A	B	C	D	E	F	G	H
un	Vazão	Vazão	DN	Diâmetro interno	Velocidade	PRESSÃO MONTANTE (mca)	PRESSÃO JUSANTE (mca)
AF/AQ-TÉRREO							
AF/AQ-TÉRREO - 39 - 5 - AF-05	1,6	0,38 L/s	32,00 mm	27,80 mm	0,63 m/s	1,268	4,946
AF/AQ-TÉRREO - 40 - 5	1,6	0,38 L/s	32,00 mm	27,80 mm	0,63 m/s	4,921	4,919
AF/AQ-TÉRREO - 41 - 3	0,8	0,27 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,73 m/s	4,724	4,653
AF/AQ-TÉRREO - 42 - 3	0,8	0,27 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,73 m/s	4,609	5,516
AF/AQ-TÉRREO - 43 - 3	0,8	0,27 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,73 m/s	5,591	6,09
AF/AQ-TÉRREO - 44 - 1	0,3	0,16 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,45 m/s	6,653	6,651
AF/AQ-TÉRREO - 44 - 1	0,3	0,16 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,45 m/s	6,55	6,548
AF/AQ-TÉRREO - 45 - 1 - LV 3/4"	0,3	0,16 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,45 m/s	6,626	6,625
AF/AQ-TÉRREO - 45 - 1 - LV 3/4"	0,3	0,16 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,45 m/s	6,522	6,522
AF/AQ-TÉRREO - 51 - 1	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,207	6,19
AF/AQ-TÉRREO - 52 - 1	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,185	6,185
AF/AQ-TÉRREO - 53 - 1	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,18	6,177
AF/AQ-TÉRREO - 54 - 1 - LV 3/4"	0,3	0,16 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,45 m/s	6,365	6,364
AF/AQ-TÉRREO - 54 - 1	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,173	6,173
AF/AQ-TÉRREO - 55 - 1 - LV 3/4"	0,3	0,16 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,45 m/s	6,745	6,745
AF/AQ-TÉRREO - 55 - 1	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,168	6,151
AF/AQ-TÉRREO - 56 - 1	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,15	6,147
AF/AQ-TÉRREO - 57 - 1 - Ducha higiênica	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,158	6,137
AF/AQ-TÉRREO - 63 - 3	0,9	0,28 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,78 m/s	4,1	4,97
AF/AQ-TÉRREO - 64 - 3	0,9	0,28 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,78 m/s	5,044	6,331
AF/AQ-TÉRREO - 65 - 2	0,8	0,27 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,73 m/s	6,222	6,169
AF/AQ-TÉRREO - 66 - 1	0,7	0,25 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,68 m/s	6,045	5,869
AF/AQ-TÉRREO - 67 - 1 - LV 3/4"	0,3	0,16 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,45 m/s	6,745	6,745
AF/AQ-TÉRREO - 67 - 1 - PA 3/4"	0,7	0,25 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,68 m/s	5,8	5,799
AF/AQ-TÉRREO - 68 - 1	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,135	6,126
AF/AQ-TÉRREO - 69 - 1	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	6,101	5,226
AF/AQ-TÉRREO - 70 - 1 - Ducha higiênica	0,1	0,09 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,26 m/s	5,201	5,201
AF/AQ-TÉRREO - 71 - 2	0,6	0,23 L/s	25,00 mm	21,60 mm	0,63 m/s	4,914	4,914

Fonte: Autor, 2022.

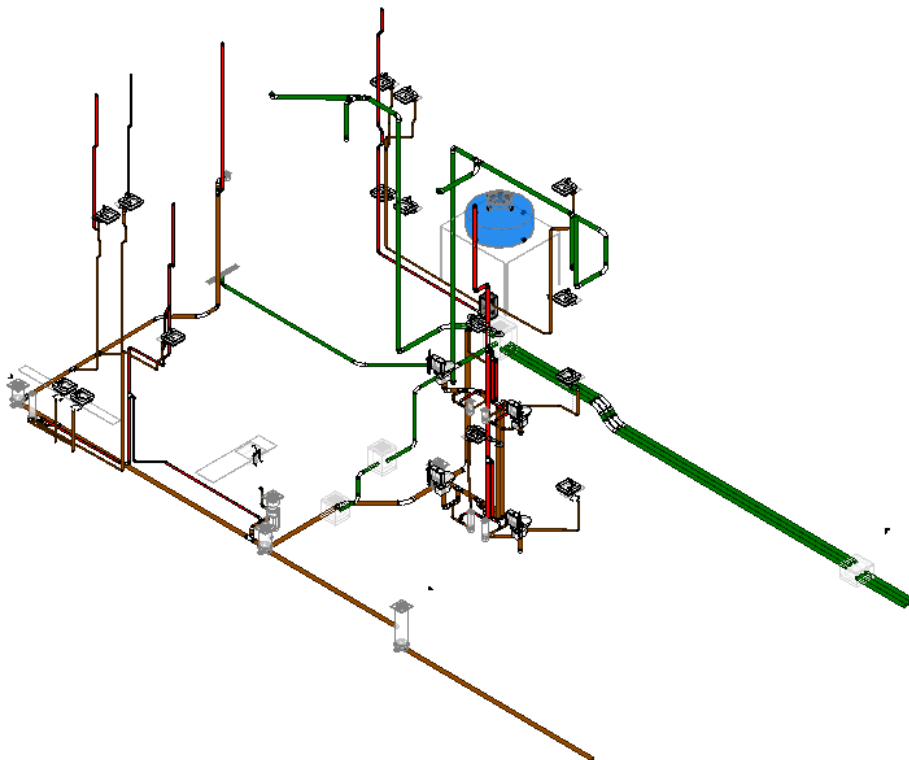
Figura 20 – Conferência de pressões no sistema



Fonte: Autor, 2022.

Após a conferência de pressões no barrilete de distribuição e em cada ponto de utilização dos dispositivos, iniciou-se o lançamento do sistema pluvial e em seguida o sistema sanitário (Figura 21).

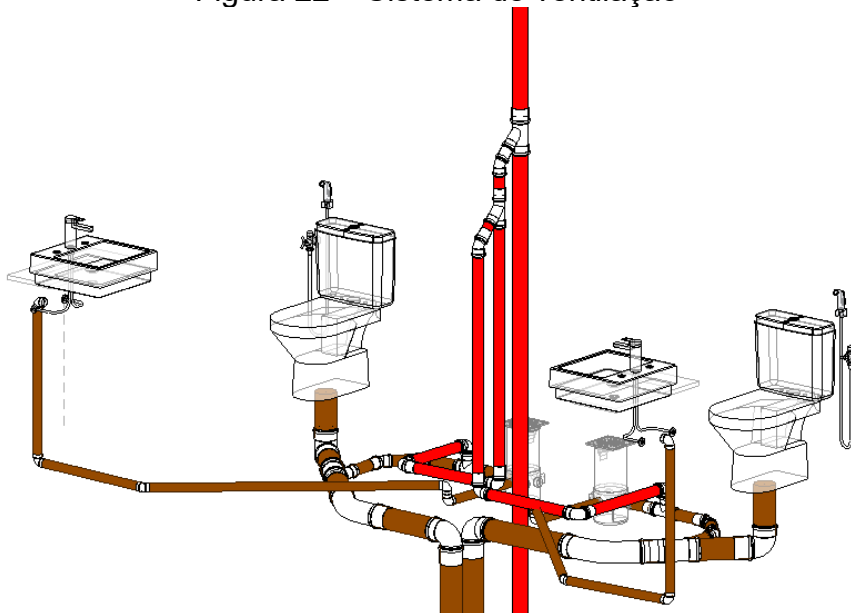
Figura 21 – Sistema pluvial e sanitário



Fonte: Autor, 2022.

O dimensionamento dos condutores verticais e horizontais foi feito a partir do cálculo da área de contribuição e do cálculo das vazões em cada condutor. Por fim, o dimensionamento do sistema sanitário deu-se pelo lançamento das tubulações de acordo com os diâmetros determinados na NBR 8160:1999. Além disso, podem ver na Figura 22 detalhe do sistema de ventilação do sistema sanitário.

Figura 22 – Sistema de ventilação



Fonte: Autor, 2022.

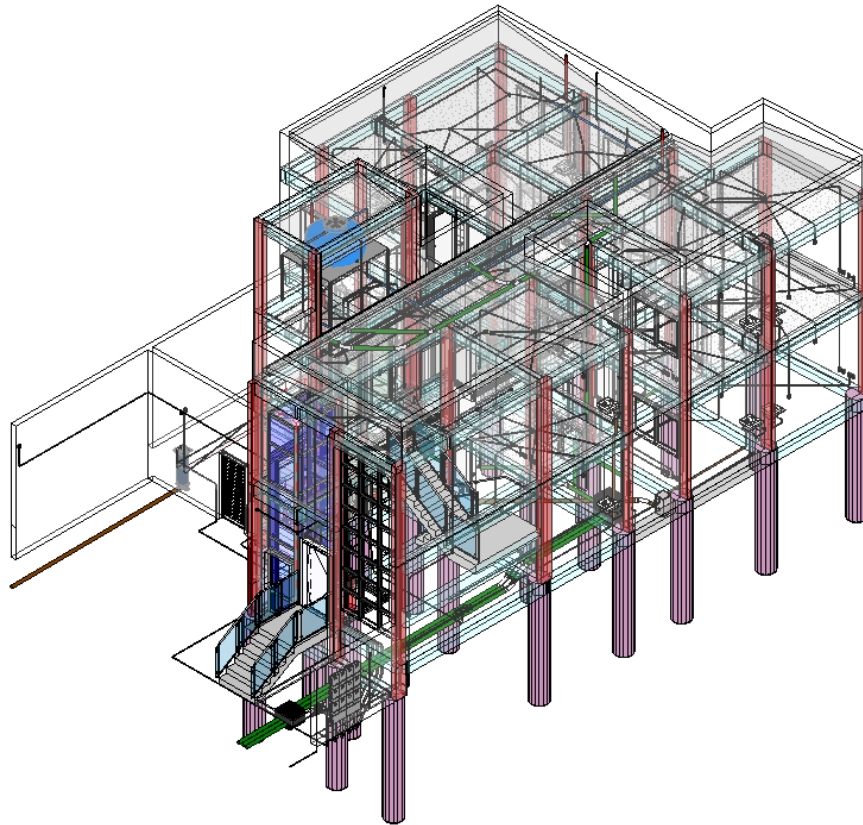
4.3 COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS DESENVOLVIDOS

Com todos os projetos de interesse desenvolvidos e modelados na metodologia BIM, a próxima etapa deste trabalho consistiu na compatibilização dos mesmos para sanar todas as incoerências entre as disciplinas, de acordo com o definido pela metodologia BIM.

O Modelo Federado, também conhecido por modelo Integrado e modelo multidisciplinar, é definido pela combinação de vários modelos BIM (arquitetura, estrutura, instalações e outros) em um único ambiente virtual. O fluxo de trabalho deverá ser conectado de maneira a permitir a interoperabilidade entre as disciplinas agilizando a comunicação e o desenvolvimento durante o projeto

Desta forma, criou-se um projeto federado (Figura 23) a partir da vinculação de todos os projetos modelados no software Revit® para investigar e retificar todas as incompatibilidades.

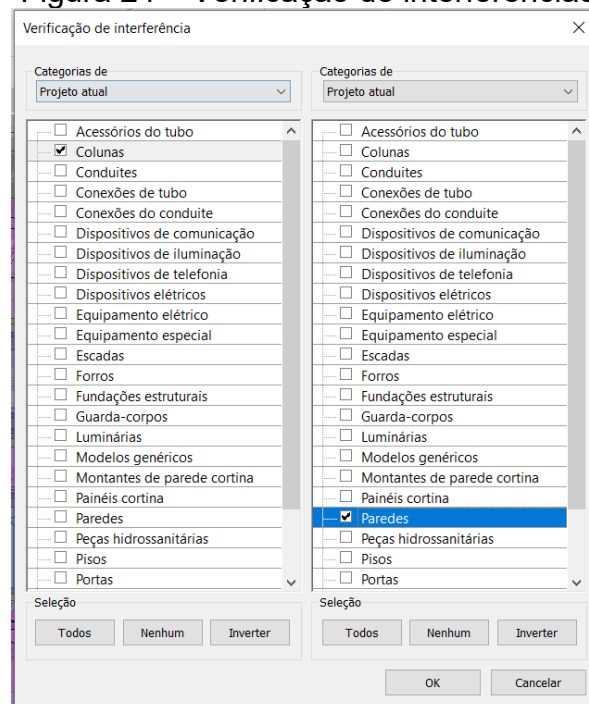
Figura 23 – Projeto Federado



Fonte: Autor, 2022.

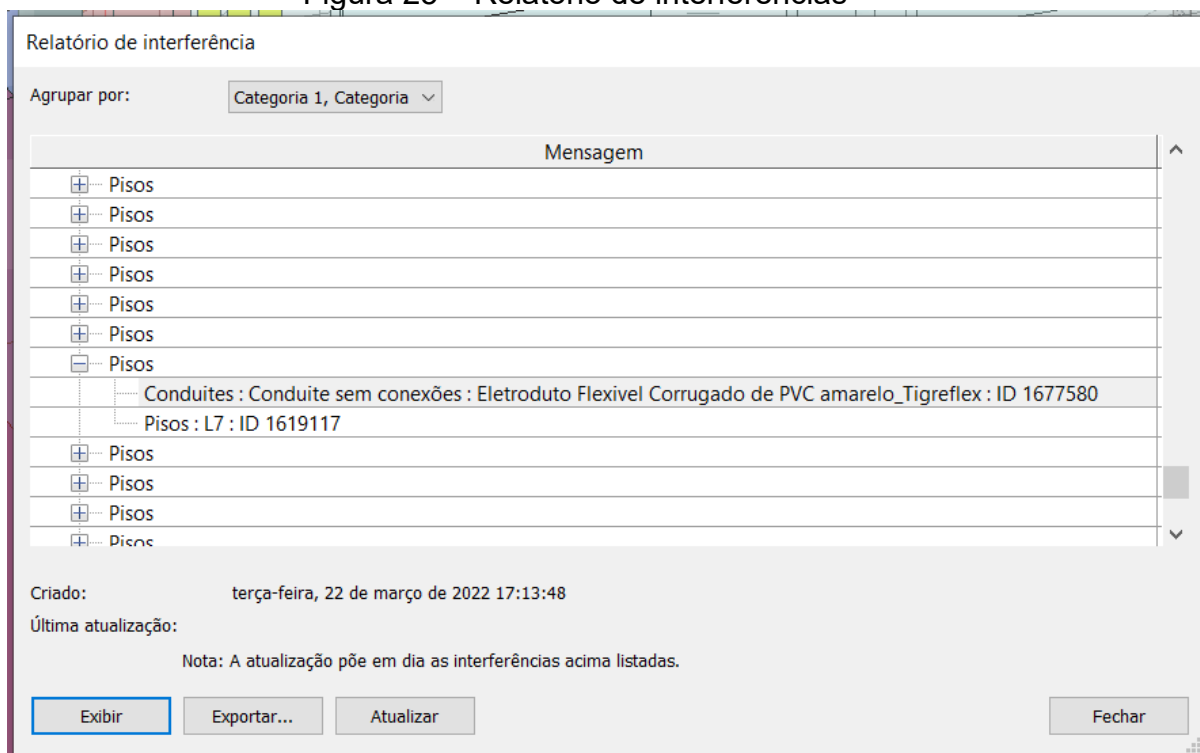
Para a compatibilização, utilizou-se a ferramenta “verificação de interferência” (Figura 24), que permite o usuário categorizar cada categoria de interesse, de forma a gerar uma lista de inconformidades (Figura 25) ampla ou direcionada.

Figura 24 – Verificação de interferências



Fonte: Autor, 2022.

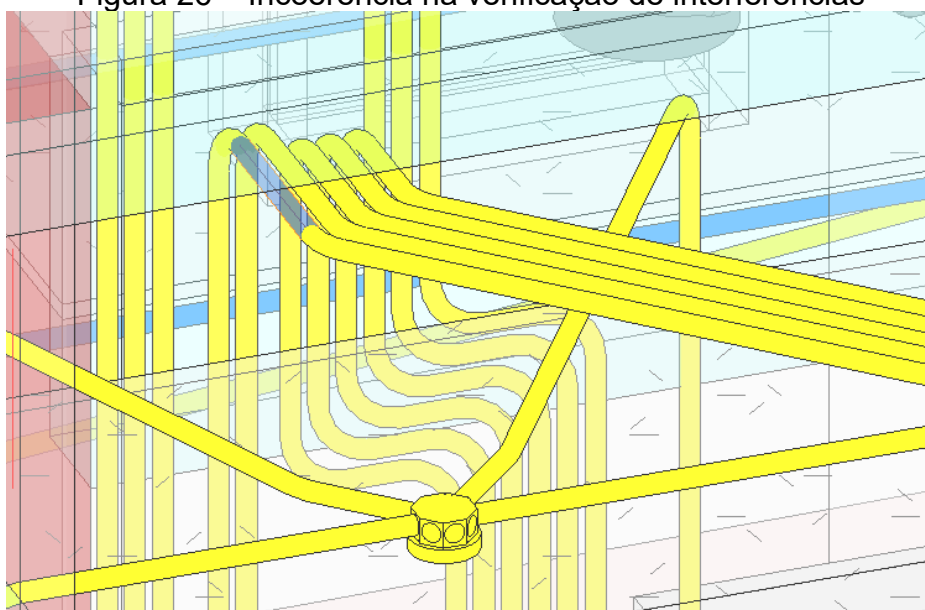
Figura 25 – Relatório de interferências



Fonte: Autor, 2022.

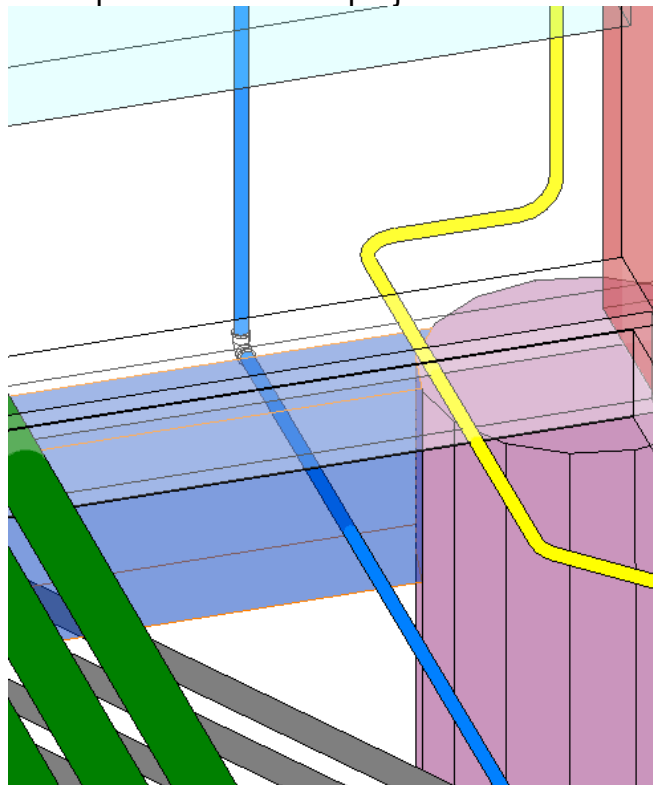
A partir desse relatório, foi realizado o estudo de cada apontamento de forma a analisar se é realmente um problema ou se aquele aviso é inconveniente, e no caso de uma inconsistência, foi feita a correção da mesma. A Figura 26 ilustra o caso em que o software detectou a inserção do conduíte na laje com uma interferência, nesses casos o aviso não pode ser considerado um erro, pois realmente será executado dessa forma, diferente do ilustrado na Figura 27, onde o sistema detectou uma tubulação perfurando uma viga baldrame.

Figura 26 – Incoerência na verificação de interferências



Fonte: Autor, 2022.

Figura 27 – Incompatibilidade entre projeto hidrossanitário e estrutural



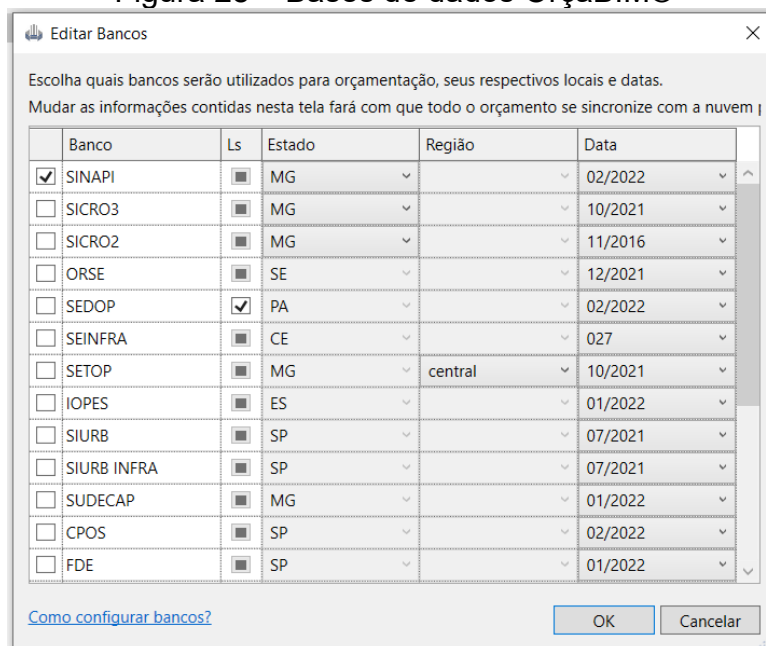
Fonte: Autor, 2022.

4.4 ORÇAMENTAÇÃO – ORÇABIM

O orçamento foi realizado por meio do programa OrçaBIM® vinculado ao software Revit®. Este complemento software permite criar uma planilha de orçamento vinculada a diversos bancos de dados online. Apesar das ferramentas utilizadas o orçamento realizado neste trabalho é um orçamento do tipo analítico, composto pelo levantamento detalhado de custos diretos e indiretos acrescidos de BDI.

Para a realização do orçamento foi estipulada a utilização da base de dados do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), como apresentado na Figura 28, que possui sua gestão compartilhada entre a CEF (Caixa Econômica Federal) e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). A escolha se deve a facilidade de acesso às informações buscadas, além de ser uma base de dados atualizada mensalmente é uma referência meio de orçamento de obras.

Figura 28 – Bases de dados OrçaBIM®



Fonte: Autor, 2022.

A importância deste orçamento concebido no meio BIM é mostrar as ferramentas e facilitadores que além de agilizar o processo de orçamento para empresas e profissionais da construção civil, garante maior fidelidade das informações apresentadas, pois temos quantitativos cada vez mais detalhados e precisos.

Tendo a base de dados definida, o programa OrçaBIM® é direcionado para a planilha orçamentária, a partir desta planilha é possível criar etapas, sub-etapas e adicionar composição e insumos em cada etapa de projeto criada. Na Figura 29 é apresentada a interface de trabalho do OrçaBIM®, bem como a disposição de composições dentro da planilha orçamentária.

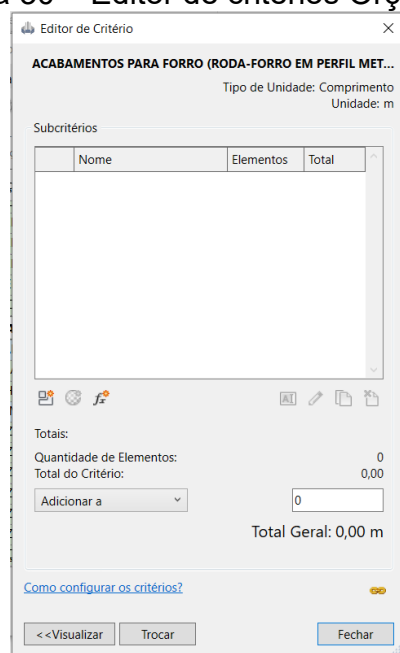
Figura 29 – Planilha orçamentária OrçaBIM®

Item	Código	Banco	Descrição	Unid.	Quant.	V. Unitário	Valor (BDI)	Total
1			SERVIÇOS PRELIMINARES		1			53.203,28
1.1	74209/...	SINAPI	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO	m²	3,00	582,35	753,03	2.259,09
1.2	73859/...	SINAPI	CAPINA E LIMPEZA MANUAL DE TERRENO	m²	245,78	1,21	1,56	383,41
1.3	98459	SINAPI	TAPUME COM TELHA METÁLICA. AF_05/2018	m²	24,00	163,50	211,42	5.074,08
1.4	93207	SINAPI	EXECUÇÃO DE ESCRITÓRIO EM CANTEIRO DE OBRA EM...	m²	10,00	1.283,02	1.659,07	16.590,70
1.5	93208	SINAPI	EXECUÇÃO DE ALMOXARIFADO EM CANTEIRO DE OBRA...	m²	10,00	1.117,32	1.444,80	14.448,00
1.6	93208	SINAPI	EXECUÇÃO DE REFEITÓRIO EM CANTEIRO DE OBRA EM C...	m²	10,00	1.117,32	1.444,80	14.448,00
2			TERRAPLENO		1			624,41
2.1	94305	SINAPI	ATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HID...	m³	8,50	56,81	73,46	624,41
3			FUNDAÇÃO		1			94.811,29
3.1	101105	SINAPI	TUBULÃO A CÉU ABERTO, DIÂMETRO DO FUSTE DE 70C...	m³	60,00	930,54	1.203,28	72.196,80
3.2			VIGAS BALDRAMES		1			22.614,49
3.2.1	96526	SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME (S...	m³	9,02	225,61	291,73	2.631,40
3.2.2	96544	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILI...	kg	33,73	15,55	20,10	677,97
3.2.3	96557	SINAPI	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS...	m³	8,29	467,42	604,42	5.010,64
3.2.4	98562	SINAPI	IMPERMEABILIZAÇÃO DE FLOREIRA OU VIGA BALDRAME...	m²	141,53	34,01	43,97	6.223,07
3.2.5	96544	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILI...	kg	339,63	15,55	20,10	6.826,56
3.2.6	96546	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILI...	kg	7,32	12,99	16,79	122,90
TOTAL:								1.335.903,07

Fonte: Autor, 2022.

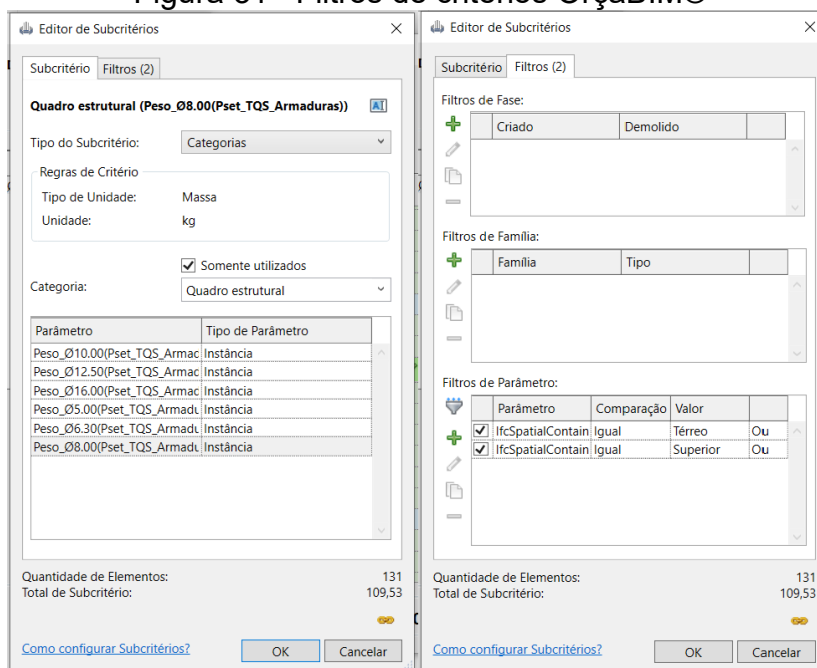
O quantitativo de cada composição ou insumo adicionado no orçamento deve ser editado. Através do editor de critério (Figura 30) é possível definir o quantitativo entre categoria, material ou fórmula. A primeira abrange toda a categoria de famílias em projeto, a segunda se referêcia diretamente com o material de interesse e a última é utilizada quando está se referindo a algum elemento que não pode ser representado dentre as alternativas anteriores, ou alguma composição representativa, que não pode ser concretizada em projeto. Além dos critérios, também existem filtros para afinar esta medição (Figura 31), seja entre famílias ou parâmetros de projeto.

Figura 30 – Editor de critérios OrçaBIM®



Fonte: Autor, 2022.

Figura 31– Filtros de critérios OrçaBIM®



Fonte: Autor, 2022.

O BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) tem impacto direto no custo de uma obra. Esta constante não é definida pelo OrçaFascio® e sim por diversas variáveis como apresentado na Equação 1.

Por se tratar de uma obra que será executada pelo próprio cliente, as composições do BDI não podem ser definidas de forma exata. Dessa maneira, as variáveis foram determinadas junto professor orientador. Os valores utilizados para o cálculo do BDI estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo BDI com desoneração

COMPONENTE DO BDI	INTERVALO DE ADMISSIBILIDADE		VALORES PROPOSTOS (%)
	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	
Administração Central	3,00	5,50	4,00
Riscos	0,97	1,27	1,20
Seguros e Garantias	0,80	1,00	0,80
Despesas Financeiras	0,59	1,39	1,30
Lucro / Remuneração	6,16	8,96	7,00
Soma Tributos			14,3
PIS			0,65
COFINS			3,00
ISSQN			3,00
CPRB			4,50
Benefícios e Despesas Indiretas BDI Referencial			29,31%

5 CONSIDERAÇÕES

Trabalhar com projetos integrados e com modelagem da informação, possibilitou avaliar o fluxo de informações da dimensão 2D (projetos fornecidos como base) ao 5D (orçamento) da metodologia BIM. A partir desta foi possível verificar pontos que devem ser atendidos na modelagem e desafios na parametrização da informação dentro do modelo, de forma que os parâmetros apresentados possam ser suficientes para desenvolvimento do orçamento pelo OrçaBIM®.

Os resultados foram divididos em dois pontos, que embora pontuados, estão correlacionados: Modelagem dos projetos e Orçamento BIM 5D.

5.1 MODELAGEM DOS PROJETOS

O objetivo do trabalho foi a utilização da metodologia BIM para modelagem paramétrica de projetos e suas implicações no modelo 5D da metodologia. Dessa forma, o nível de detalhes implicado nos projetos contempla prioritariamente o nível de informação inserida no modelo do que a qualidade gráfica dos elementos.

Vale ressaltar que houve serviços que fazem parte do custo final projetado, que não foram modelados, como por exemplo os serviços preliminares, serviços temporários, escavações etc. A modelagem destes serviços, por vezes, pode ser improdutiva pois o trabalho exigido na modelagem pode inviabilizar financeiramente a elaboração dos projetos, e do ponto de vista técnico, estas informações não agregam valor ao controle de obra. Entretanto estas etapas da

obra foram levadas em consideração durante o processo de orçamentação da edificação.

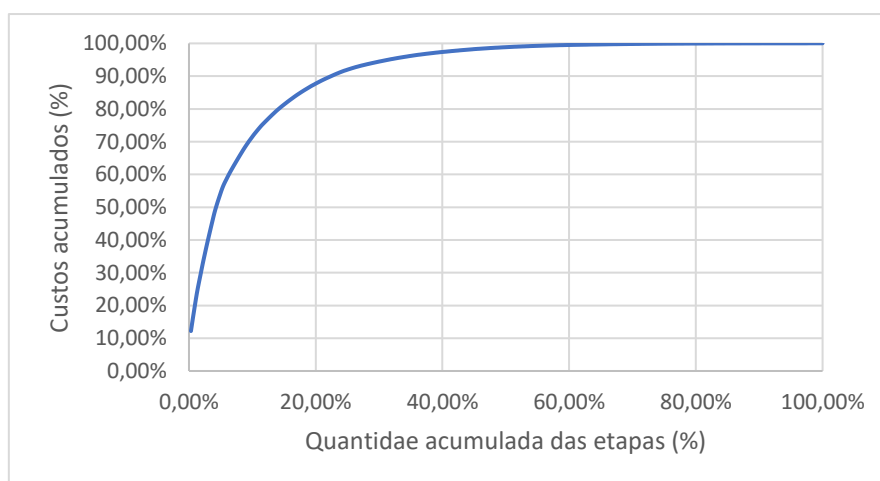
As modelagens dos projetos foram desenvolvidas de acordo com o projeto fornecido, com exceção do projeto hidrossanitário, que foi desenvolvido e dimensionado junto ao professor orientador. Em suma, os projetos fornecidos careciam de detalhes, por exemplo tipo de revestimento cerâmico ou acabamento dos elementos arquitetônicos, dessa forma, tentou-se manter o padrão médio da construção para que não houvesse grandes distorções nas precificações.

5.2 ORÇAMENTO BIM 5D

Nesta seção são apresentados os principais aspectos do processo de orçamentação utilizando a metodologia BIM.

Nesse sentido, a partir da plataforma OrçaFascio®, foram gerados os relatórios: curva ABC (Figura 32) e a comparação do que foi obtido com a base CUB (Custos Unitários Básicos de Construção).

Figura 32 – Curva ABC



Fonte: Autor, 2022.

Ao analisar os resultados, observa-se que 13,93% dos itens (Classificação A) corresponderam a 79,63% dos valores obtidos. Além disso, 17,34% dos itens (classificação B) corresponderam a 15,31% da proporção dos valores obtidos e 68,73% dos itens (Classificação C) corresponderam a 5,09%. Pode-se perceber uma coerência entre os valores obtidos e a Curva teórica ABC onde:

- Classe A: 20% dos produtos referem-se a 80% do valor do estoque;
- Classe B: 30% dos produtos referem-se a 15% do valor do estoque;
- Classe C: 50% dos produtos referem-se a 5% do valor do estoque).

O CUB referente ao estado de Minas Gerais de janeiro de 2022, de acordo com o padrão de projeto normal (CSL-8) e acabamento normal, encontra-se o valor correspondente de custo por m² de obra construída de R\$ 1921,49. Esse indicador monetário utiliza-se da ABNT NBR 12721:2006.

O valor total da obra sem o BDI e com o desconto do custo da etapa de fundação, conforme prescrito na ABNT NBR 12721:2006 é de R\$ 615.130,75. A área total construída da edificação é de 260,21 m², dessa forma, o CUB encontrado é de R\$ 2363,98/m². Dessa maneira, o valor encontrado é 23,03% maior que o Custo Unitário Básico (CUB) de referência, o que reforça sobre a diferença entre os métodos de orçamento utilizados, sendo o CUB um índice generalista, que não representa de forma precisa o valor final de uma obra.

A planilha orçamentária de custos da obra foi realizada a partir dos quantitativos extraídos dos projetos modelados. Nela são ilustrados as composições utilizadas, as quantidades, os preços unitários, os preços com aplicação do BDI e o custo total de cada sub etapa. O custo total estimado da obra foi R\$ 1.335.903,07.

6 CONCLUSÕES

Neste estudo, foi possível a realização da modelagem dos projetos de um prédio comercial e a compatibilização e orçamentação desses com o uso da metodologia BIM. Neste caso, o software Revit® foi uma ferramenta útil e eficaz na modelagem 3D dos projetos de arquitetura e de instalações, que apesar da ausência do fornecimento de informações necessárias para executar um projeto extremamente detalhado, a modelagem dos projetos seguiu as diretrizes normativas e com isso, retratou de maneira adequada o que será executado em obra.

O uso da metodologia BIM na construção civil é imprescindível para a elaboração e execução de projetos, uma vez que permite a automação de processos e a solução de conflitos durante a etapa de projetos de uma obra, o que impacta diretamente em custo de prazo da construção, entretanto, as ferramentas CAD ainda terão sua importância no desenvolvimento de projetos, como no caso de projetos de menor complexidade ou para atender funções específicas de projeto, mas deixarão de ser a principal ferramenta na elaboração e emissão de projetos na engenharia civil sendo sucedidas pelo BIM.

No âmbito do orçamento 5D, alguns benefícios podem ser evidenciados nesse trabalho como a extração automática dos quantitativos de materiais e sua automação a respeito de alterações no projeto. Dessa forma, a tecnologia BIM torna o processo de orçamentação mais rápido e eficiente em todos seus processos. No entanto, apesar das facilidades que a metodologia BIM agrega ao processo de orçamentação, é relevante ressaltar a importância da experiência do orçamentista durante todo o processo, para evitar que erros de lançamento e de interpretação possam influenciar no orçamento.

Assim, a tendência é que o BIM seja cada vez mais difundido e exigido no mercado da construção civil, de forma os profissionais da área se aperfeiçoem e busquem a implementação a metodologia em seus ambientes de trabalho. Com o avanço das tecnologias na engenharia civil, não só como ferramenta, mas como método de trabalho, o BIM traz otimização nas etapas de projetos, redução de erros e aumento na precisão de prazos e orçamentos, de forma que deixará de ser um diferencial e passará a ser necessário.

REFERÊNCIAS

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

ABNT **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT **NBR 12721**: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios. Rio de Janeiro, 2006.

ALDER, M.A. *Comparing time and accuracy of building information modeling to onscreen takeoff for a quantity takeoff of a conceptual estimate*. Master of Science Thesis – School of Technology – Brigham Young University, 2006.

BARBOSA, A. C. M. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D Aplicada a um Caso Prático: Construção de uma ETAR na Argélia**. Instituto Superior de Engenharia do Porto – ISEP. Mestrado em Engenharia Civil. 2014.

BEDRICK, J.; FAIA, IKERD, W.; P.E.; REINHARDT, J. **Level of development (LOD) specification**. BIMForum, dec. 2020. Disponível em: <<https://www.bimforum.org/loD>>. Acesso em: 06 de abril de 2022

BOMFIM, C. A. A; MATOS, P. C. C; LISBOA, B. T. W. **Gestão de obras com BIM – uma nova era para o setor da Construção Civil**. SIGraDi, XX Congresso f the Iberoamerican Society of Digital Graphics, 9-11 de novembro de 2016, Buenos Aires, Argentina.

CARREIRÓ, Daniel Cardeal. **Aplicação da Metodologia BIM a um Caso de Estudo através do software Autodesk**. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2017.

CASTANHEDE, D. A. G. **Custo Unitário Básico (CUB): Verificação e validação do modelo de cálculo**. 2003. 183 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos: Uma metodologia de orçamentação para obras civis**. 9. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos – IBEC, 2011.

DIAS, R. **O processo de orçamentação e a análise de desvios numa empresa de construção civil**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, 2018.

DOMINGUES M. A. **Orçamentação de empreendimentos de arquitetura e engenharia civil: uma solução metodológica para atender a Lei de Responsabilidade Fiscal e a Lei de Licitações.** São Paulo: UNIP, 2003.

FARIA, R. **Construção integrada.** *Téchne*, São Paulo, v. 127, out. 2007. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/>>. Acesso em: 06 de abril de 2022.

FERREIRA, B.M.L. **Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação.** Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2015.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira: a estrutura de um setor de planejamento técnico.** 4 ed. São Paulo: PINI, 2004.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Noções de orçamento e planejamento de obras.** São Leopoldo: UNISINOS, 2008.

HAMED, L. **BIM do 3D ao 7D.** Disponível em: <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em 14 de Fevereiro de 2022.

KIM S; SHIM J. H. ***Combining case-based reasoning with genetic algorithm optimization for preliminary cost estimation in construction industry.*** *Canadian Journal of Civil Engineering.* Coreia do Sul. 2013.

MATTOS, A. D. **Como Preparar Orçamentos de Obras.** 1.ed. – São Paulo: PINI, 2006.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MELHADO, S. B.; SOUZA, A. L.; FONTENELLE, E.; et al. **Coordenação de projetos de edificações.** [S.l: s.n.], 2005.

MENEZES, G. L. **Breve histórico de implantação da plataforma BIM.** *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v. 18, n. 22, 21o sem. 2011.

MESSNER, J. et al. **The BIM Project Execution Planning Guide.** [S.l.], 2011.

MORETHSON, F. S. **Orçamento e custos da construção.** São Paulo: Hermus, 2008.

OLIVEIRA, G. M. G. **MODELAGEM 5D (BIM): ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL.** [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

OLIVEIRA, G. C. **Classificação da informação da construção em BIM: panorama e normalização.** Dissertação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2020.

PMI. ***A Guide to the Project Management Body of Knowledge and the Standard for Project Management. PMBOK® Guide 7a.*** ed. – EAU: Project Management Institute, 2021.

PERES, M.P; HAYAMA, A.O.F.; VELASCO, A.D. **A PARAMETRIZAÇÃO E A ENGENHARIA In GRAPHICA 2007- Desafio da Era Digital: Ensino e Tecnologia** – VIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico & VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design. Curitiba. UFPR:2007.

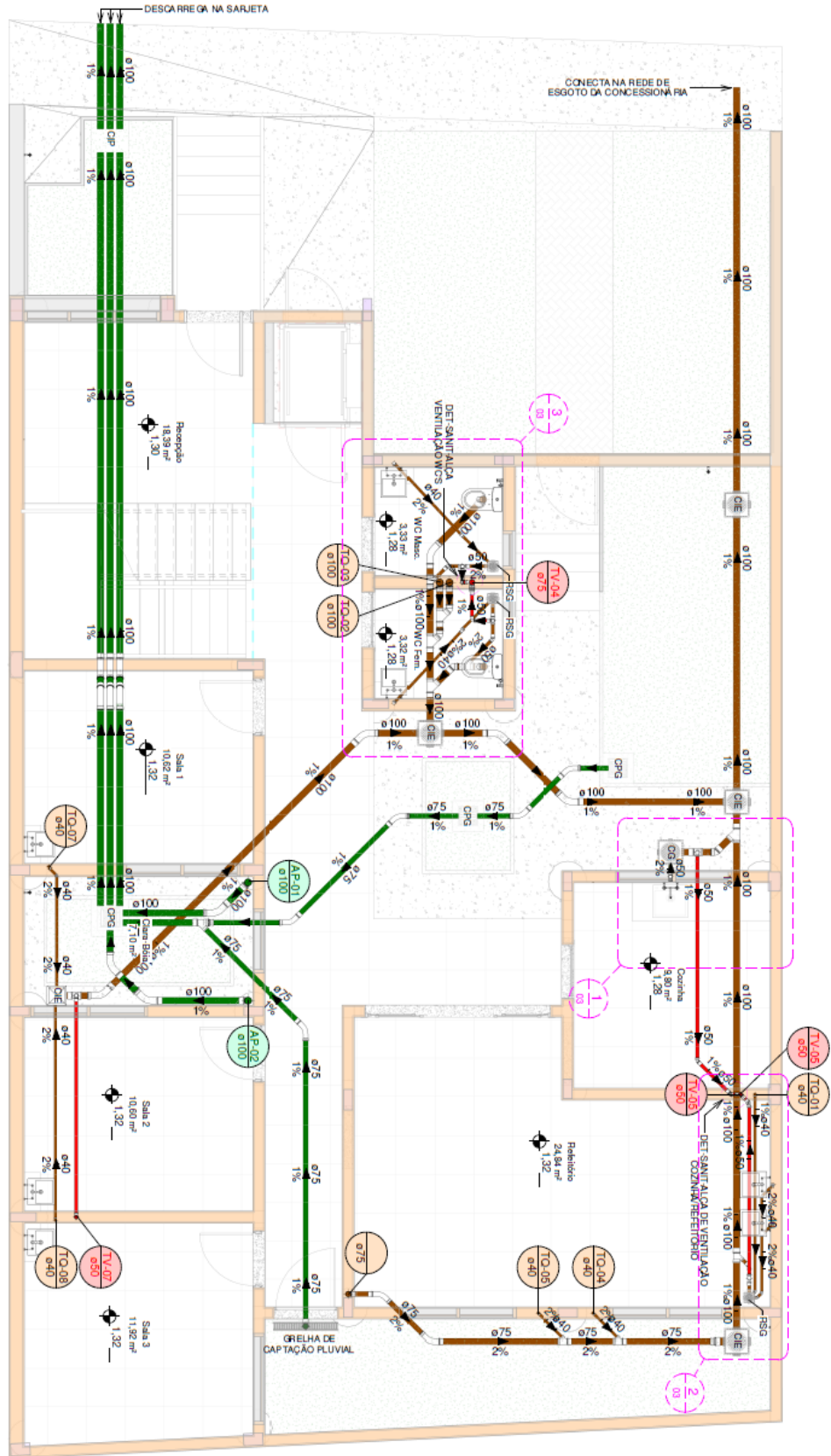
ROCHA, L. F. **A importância do orçamento na construção civil.** Monografia, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

SABOL, L. **Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling.**2008.Disponível em:<https://www.dcstrategies.net/files/2_sabol_cost_estimating.pdf>. Acesso em: 02/03/2022.

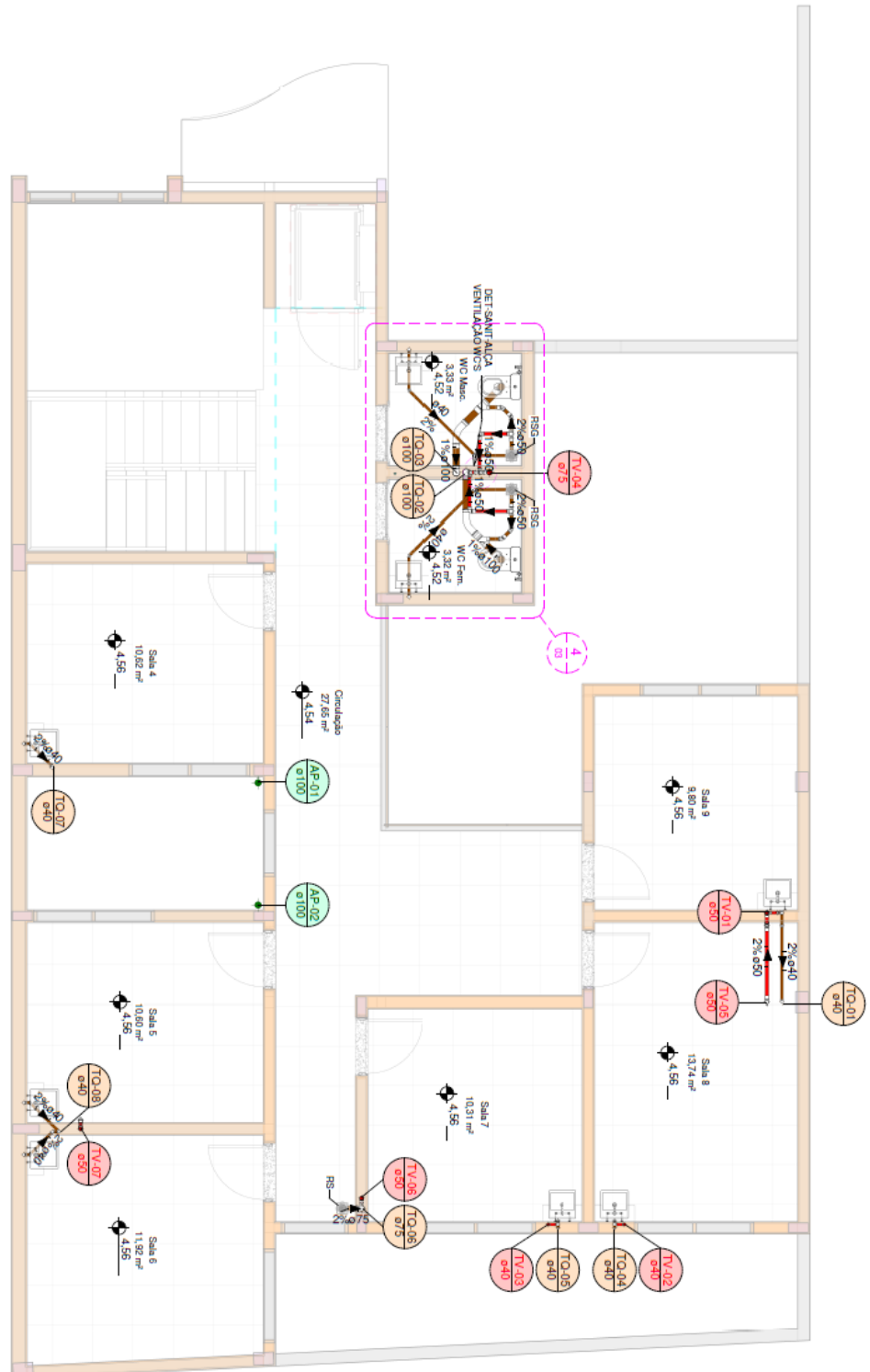
SHIN Y. **Application of boosting regression trees to preliminary cost estimation in building construction projects.** Coreia do Sul. Hindawi Publishing Corporation. 2015.

ANEXO A - Projeto hidrossanitário aprovado

ESG/PLUV-TÉRREO
Escala 1 : 50



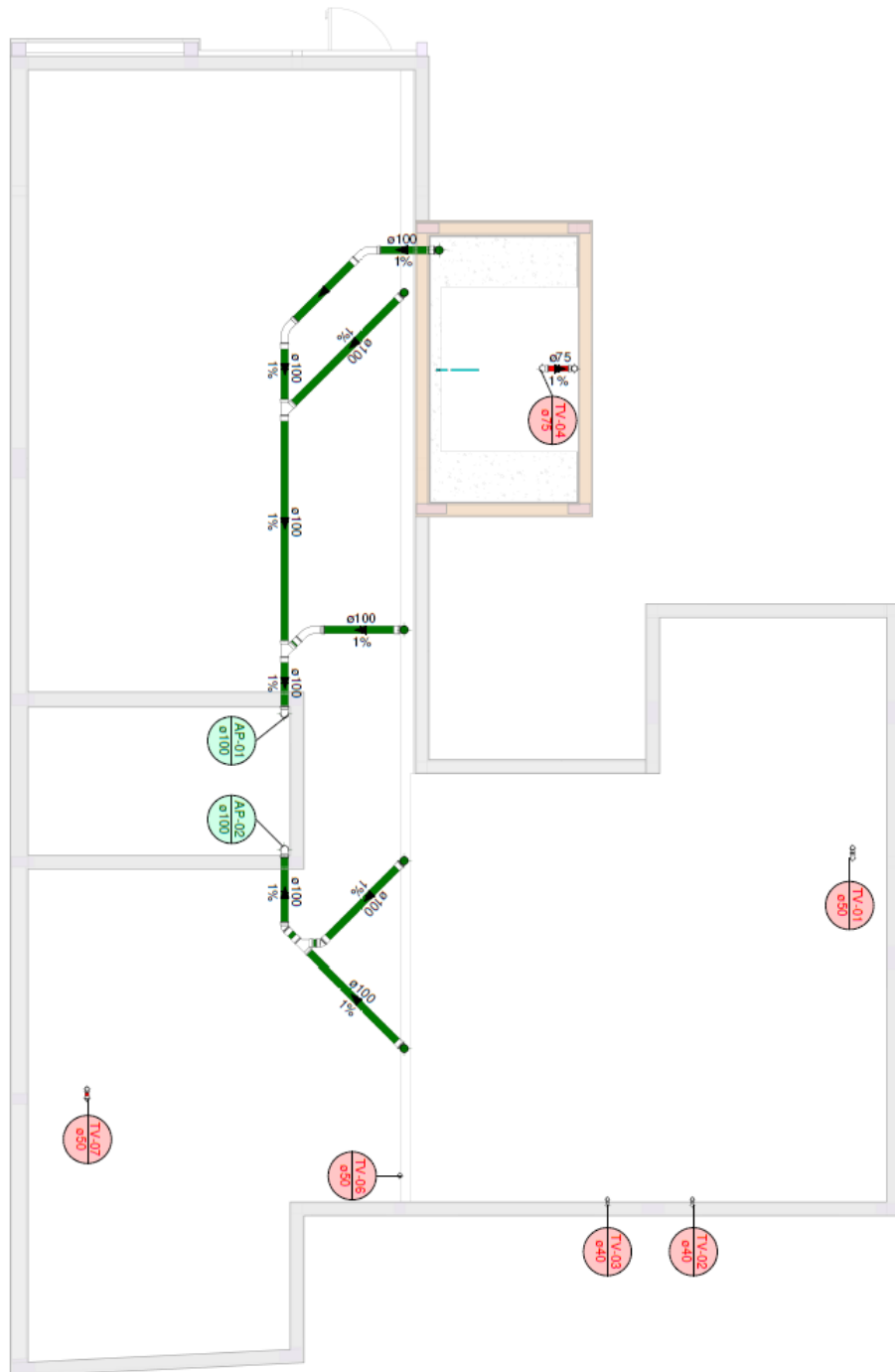
ANEXO A - Projeto hidrossanitário aprovado



ESG/PLUV-PAV. SUPERIOR

Escala 1 : 50

ANEXO A - Projeto hidrossanitário aprovado

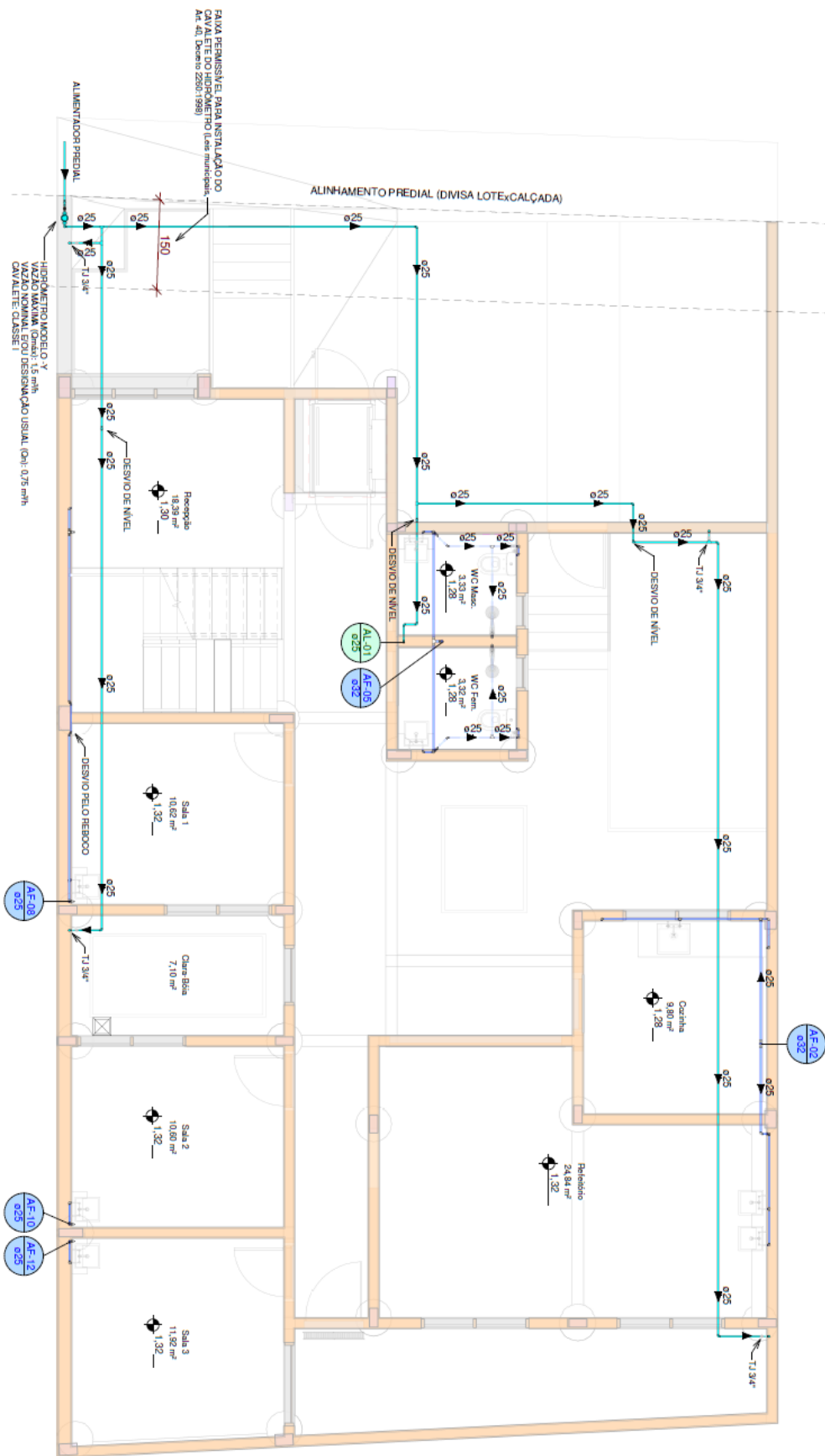


ESG/PLUV-COBERTURA

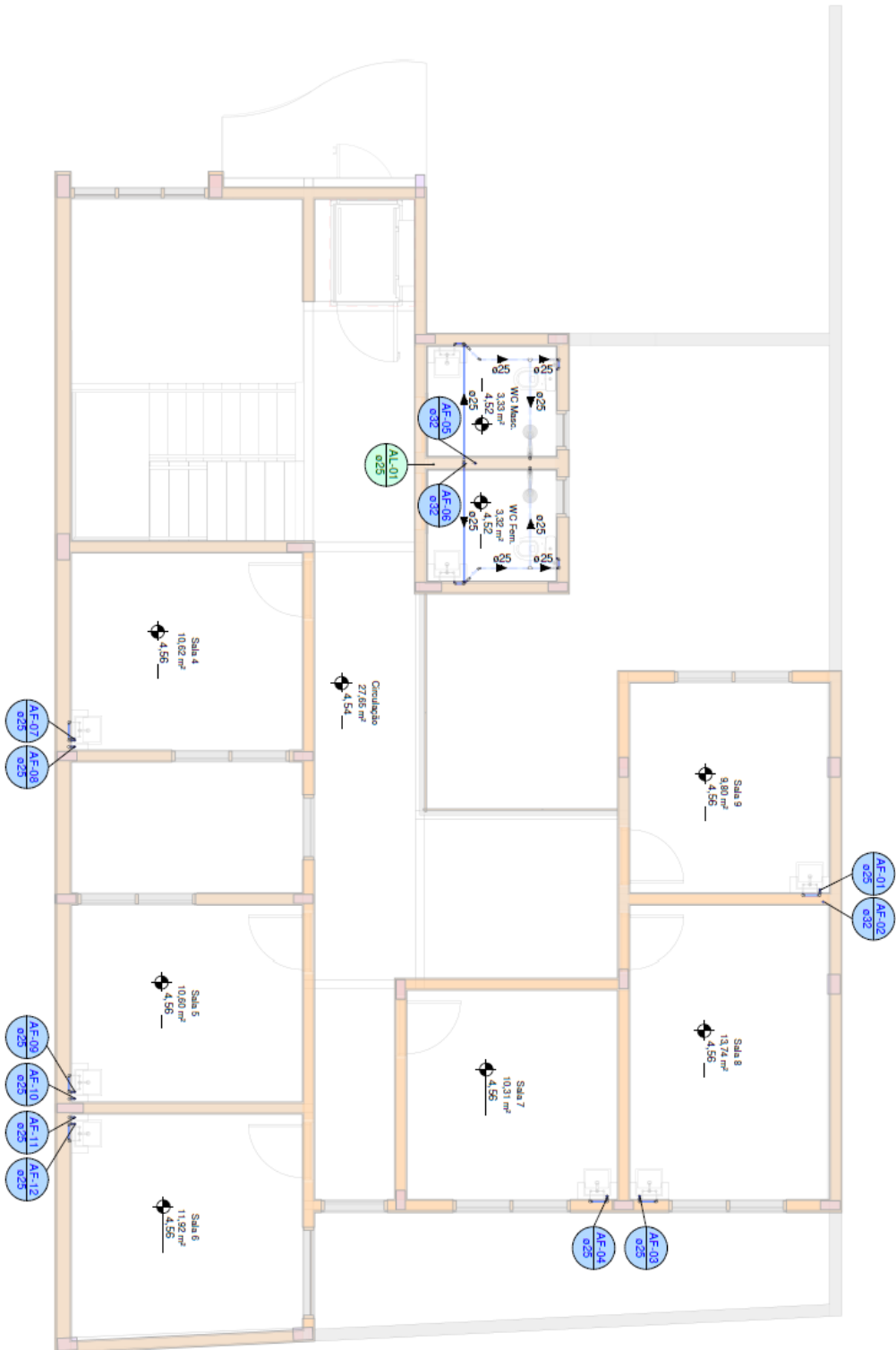
Escala 1 : 50

ANEXO A - Projeto hidrossanitário aprovado

AF/AQ-TÉRREO
Escala 1 : 50



ANEXO A - Projeto hidrossanitário aprovado



AF/AQ-PAV. SUPERIOR

Escala 1 : 50

ANEXO A - Projeto hidrossanitário aprovado

