

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUÍS ANTÔNIO CARVALHO COSTA

**ANÁLISE DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA
BIM COMO MEDIDA DE ANÁLISE DE CUSTOS NA EXECUÇÃO DE PROJETOS
ELÉTRICOS E HIDROSSANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO**

Delmiro Gouveia-AL
2022
LUÍS ANTÔNIO CARVALHO COSTA

**ANÁLISE DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA
BIM COMO MEDIDA DE ANÁLISE DE CUSTOS NA EXECUÇÃO DE PROJETOS
ELÉTRICOS E HIDROSSANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado/Licenciatura em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes.

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

C837a Costa, Luís Antônio Carvalho

Análise da compatibilidade de projetos utilizando a tecnologia BIM como medida de análise de custos na execução de projetos elétricos e hidrossanitários: estudo de caso / Luís Antônio Carvalho Costa. - 2022.

116 f. : il.

Orientação: Odair Barbosa de Moraes.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2022.

1. Construção civil. 2. Building Information Modeling – BIM. 3. Metodologia BIM. 4. Otimização de custos. 5. Instalações elétricas. 6. Instalações hidrossanitárias. I. Moraes, Odair Barbosa de. II. Título.

CDU: 624.05

Folha de Aprovação

LUÍS ANTÔNIO CARVALHO COSTA

Análise da Compatibilização de Projetos utilizando a plataforma BIM como medida de análise de custos na execução de projetos elétricos e hidrossanitários: estudo de caso

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 21 de dezembro de 2022.



(Orientador – Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes, UFAL – Campus Sertão)

Banca examinadora:



(Examinador Externo – Engº Leandro Marinho Damasceno)



(Examinador Interno – Prof. M.e Rogério de Jesus Santos, UFAL – Campus Sertão)

Aos meus pais, por acreditarem nesse sonho e
por torná-lo real.

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo empenho incondicional e por acreditar que esse sonho se tornaria realidade, principalmente, aos meus pais Antônio Jurandi Costa (in memorian) e Verônica Aleixo, as minhas tias Luzia Costa e Vilma Aleixo, além, de minha avó Maria Madelena.

A todos os amigos pelos momentos vivenciados durante esse ciclo de graduação: Bárbara Simionatto, Caio Lima, Danilo Freitas, Débora Justino, Fabrício Miranda, Guêlbert Júnior (in memorian), Joana Fortes, Paulo Henrique Andrade, Raira Silva, Renan Novaes, Renato Moreira, Renata Soares, Ricardo Aciole e Sanderson Mendes.

A todas as entidades estudantis, às quais, participei: Enactus, Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC) e Programa Especial de Capacitação Discente (PEC), fico muito honrado pela contribuição pessoal e profissional que vocês me passaram durante essa jornada.

A empresa Consolid - Engenharia e Projetos, representada pelos engenheiros Rodrigo Melo e Teotonio Miguel, pela oportunidade profissional durante o período de estágio.

Ao engenheiro Daniel Nogueira por disponibilizar os projetos para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao meu orientador Odair Barbosa pelas sugestões e contribuições para o desenvolvimento desse trabalho e a todos os professores da Universidade Federal de Alagoas - Campus Sertão pela dedicação e empenho em proporcionar um ensino de excelência.

“Se a educação sozinha, não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.” (FREIRE, 2000, p. 67).

RESUMO

A construção civil no Brasil vem passando por um rápido processo de transformação, consequência da demanda por novas habitações e melhoria da infraestrutura do país. Como consequência ocorre o desenvolvimento de novas tecnologias como o *Building Information Modeling* (BIM). O BIM desenvolve através de uma tecnologia modelos virtuais precisos de uma edificação que favorecem benefícios como identificação automática de interferências, a modelagem em 3D e a extração automáticas de quantidades. O presente trabalho objetivou analisar o impacto financeiro gerado em projetos elétricos e hidrossanitários a partir da compatibilização de projetos em BIM. Tal análise se deu a partir do estudo de caso de uma residência unifamiliar desenvolvida inicialmente em CAD (*Computer Aided Design*) sendo que os seus projetos: arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico foram modelados na tecnologia BIM, além, de serem compatibilizados nesse modelo. Após a compatibilização foram sanados conflitos dos projetos elétricos e hidrossanitários e, a partir disso, foi feita a extração automática quantitativa dos projetos com e sem compatibilização e logo após foi realizada a análise de custo para analisar o impacto da compatibilização em BIM em projetos de instalações. Notou-se que ocorreu uma redução de 0,22% no custo geral das instalações elétricas e um aumento de 3,08 % no orçamento geral das instalações hidrossanitárias. Conclui-se que o impacto financeiro no orçamento gerado pela compatibilização projetual para projetos de instalações de pequeno porte não propicia uma ampla diferença em termos financeiros. Entretanto, a compatibilização de projetos em BIM se mostra como a mais eficaz dentro desse segmento e em outras práticas do BIM como a modelagem paramétrica e a extração automática de quantitativos, facilitando processos para etapas futuras como orçamento e planejamento da obra.

Palavras-chave: compatibilização de projetos; instalações elétricas; instalações hidrossanitárias; metodologia BIM.

ABSTRACT

Civil construction in Brazil has been undergoing a rapid transformation process, as a result of the demand for new housing and the improvement of the country's infrastructure. As a result, new technologies, such as Building Information Modeling (BIM), has been developed, which uses technology to develop precise virtual models of a building that provide benefits such as automatic identification of interferences, 3D modeling and automatic extraction of quantities. This work aimed to analyze the financial impact generated in electrical and hydrosanitary projects from the compatibility of projects in BIM. Such analysis was based on the case study of a single-family residence developed in CAD and its projects: architectural, structural, electrical and hydraulic were modeled in BIM technology, in addition, in this compatible aspect. After the compatibility, conflicts of the electrical and hydrosanitary projects were changed and, from this, the automatic quantitative generation of the projects with and without compatibility was carried out and soon after, the cost analysis was carried out to analyze the impact of the compatibility in BIM in installation projects. It was noted that there was a reduction of 0.22% in the general cost of electrical installations and an increase of 3.08% in the general budget of hydrosanitary installations. It has been understood that the financial impact generated by project compatibility for small installation projects does not provide a wide difference in financial terms. However, the compatibility of projects in BIM proves to be the most effective within this segment and in other BIM practices such as parametric modeling and automatic extraction of quantities, facilitating processes for future steps such as budgeting and construction planning.

Keywords: compatibility of projects; electrical installations; Hydrosanitary installations; BIM methodology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: As dimensões do BIM.....	23
Figura 2: Processo BIM no ciclo de vida de uma edificação	24
Figura 3: Curva de MacLeamy	25
Figura 4: Fluxo de trabalho de um projeto CAD.....	26
Figura 5: Fluxo de trabalho de um projeto BIM.....	27
Figura 6: Comparação do processo de construção tradicional 2D com a metodologia BIM centrada no IFC	27
Figura 7: Níveis de desenvolvimento de um modelo paramétrico e sua aplicação.....	29
Figura 8: Interface do Revit: visualização 3D e principais ferramentas para gerenciar o projeto.....	31
Figura 9: Processo BIM 5D para uma coluna.....	33
Figura 10: Rodmap da utilização do BIM no Brasil.....	35
Figura 11: Capacidade de influenciar os custos do empreendimento ao longo das fases	36
Figura 12: Instalações hidrossanitárias: tipos de sistemas.....	38
Figura 13: Compatibilização de projeto estrutural e hidráulico utilizando sobreposição de projetos em 2D	46
Figura 14: Interface do Clash Detection.....	48
Figura 15: Fluxograma das etapas da metodologia	49
Figura 16: Caixas sifonadas interligadas	54
Figura 17: Tubulação dos tanques conectada na caixa de gordura.....	55
Figura 18: Encaminhamento da tubulação de esgoto dos tanques	56
Figura 19: Encaminhamento do esgoto das caixas sifonadas do banho 01	56
Figura 20: Coluna de distribuição do jardim de inverno	57
Figura 21: Coluna de distribuição da área de serviço.....	57
Figura 22: Detalhe do Reservatório.....	58
Figura 23: Caminho crítico- trecho do reservatório até o banho 03.....	58
Figura 24: Alimentação da válvula de descarga em conjunto com outros pontos de consumo.....	59
Figura 25: Planta baixa representando coluna de distribuição da cozinha.....	60
Figura 26: Corte representando a coluna de distribuição da cozinha.....	60
Figura 27: Representação dos fios condutores de fase, terra e retorno de um circuito	61
Figura 28: Representação dos condutores de fase, neutro, retorno e terra	61
Figura 29: Tabela de Resumo dos Circuitos.....	62

Figura 30: Diagrama Unifamiliar	62
Figura 31: Modelo BIM da arquitetura	63
Figura 32: Modelagem BIM da estrutura	64
Figura 33: Modelo BIM das instalações elétricas	65
Figura 34: Modelo BIM das instalações hidrossanitárias.....	66
Figura 35: Interferência entre pilar (azul) e coluna prevista no projeto arquitetônico	67
Figura 36: Incompatibilidade entre pilar (azul) que se sobrepõe no projeto arquitetônico	68
Figura 37: Incompatibilidade entre pilar (azul) e a arquitetura do projeto.....	68
Figura 38: Incompatibilidade entre pilares (azul) e cortina de vidro	69
Figura 39: Incompatibilidade de reservatório e parede	69
Figura 40: Incompatibilidade do eletroduto (azul) dentro da janela	70
Figura 41: Incompatibilidade entre tubulações (vermelho) e viga baldrame (verde) a esquerda na pia da cozinha e a direita no tanque da área de serviço	71
Figura 42: Incompatibilidade entre tubulação (vermelho) e sapata (verde).....	71
Figura 43: Incompatibilidade entre coluna de ventilação (vermelho) e viga baldrame (verde)	72
Figura 44: Incompatibilidade entre tubulação de ramal de distribuição (vermelho) e pilar (verde).....	72
Figura 45: Incompatibilidade entre registro de gaveta (vermelho) e viga (verde)	73
Figura 46: Interferência entre tubulação (vermelho) e viga (verde).....	73
Figura 47: Interferência entre tubulação (vermelho) e viga baldrame (verde).....	74
Figura 48: Incompatibilidade entre quadro elétrico (verde) e pilar (vermelho)	75
Figura 49: Incompatibilidade entre eletroduto (verde) e viga baldrame (vermelho)	75
Figura 50: Interferência entre tomada/ interruptor (verde) com pilar (vermelho) na suíte 01 ..	76
Figura 51: Incompatibilidade entre tomada (vermelho) e tubulação de alimentação (verde) ..	77
Figura 52: Incompatibilidade entre tomada (vermelho) e coluna de ventilação (verde).....	77
Figura 53: Incompatibilidade entre tomada (vermelho) e ponto de alimentação do chuveiro (verde).....	78

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparativo orçamentário das instalações elétricas.....	79
Gráfico 2: Comparativo orçamentário das instalações hidrossanitárias	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios de medição para levantamento de quantidades.....	42
Tabela 2: Dimensionamento do caminho crítico.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Softwares paramétricos com interface BIM	30
Quadro 2: Problemas associados a representação 2D que interferem na compatibilização de projetos	45
Quadro 3: Softwares utilizados para identificação de conflitos	47
Quadro 4: Sequência cronológica da compatibilização entre disciplinas.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AL	Alagoas
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BS	Bacia Sanitária
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por computador)
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CHU	Chuveiro
CII	<i>Construction Industry Institute</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
ISSO	International Organization for Standardization
KG	Quilograma
Kpa	Quilopascal
LOD	<i>Level of Development</i>
LV	Lavatório
M ²	Metro Quadrado
M ³	Metro Cúbico
Mca	Metros de Coluna D'água
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
MG	Minas Gerais
MM	Milímetro
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ORSE	Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe
RESER	Reservatório
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
UN	Unidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Justificativa	19
1.2	Objetivos.....	19
1.3	Estrutura do trabalho	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	BIM.....	21
2.1.1	Conceito do BIM	21
2.1.2	Interoperabilidade.....	25
2.1.3	A modelagem 3D paramétrica de projetos	28
2.1.3.1	Softwares BIM aplicados em Projetos.....	29
2.1.3.1.1	Revit	30
2.1.4	BIM 5D.....	32
2.1.4.1	Extração de quantidades e para análise de custos	33
2.1.5	A utilização do BIM no Brasil	33
2.2	Processo projetual	36
2.2.1	Projeto arquitetônico	37
2.2.2	Projetos complementares.....	37
2.2.2.1	Projeto estrutural.....	37
2.2.2.2	Projeto de instalações hidrossanitárias	38
2.2.2.2.1	Instalações hidráulicas (água fria).....	39
2.2.2.2.2	Instalações sanitárias	39
2.2.2.3	Projeto de instalações elétricas.....	40
2.2.3	Orçamento no processo de projeto	40
2.2.3.1	Levantamento de quantitativos.....	41
2.3	Compatibilização de projetos	43
2.3.1	Metodologias adotadas na compatibilização	44
2.3.1.1	Sobreposição de projetos de forma bidimensional (2D)	44
2.3.1.2	Compatibilização através da metodologia BIM	46
2.3.1.2.1	Softwares BIM aplicados a compatibilização	47
3	METODOLOGIA	49
3.2	Etapas da pesquisa	49
3.2.1	Identificação de critérios para a escolha do projeto	49

3.2.2	Seleção do projeto	50
3.2.3	Análise preliminar dos projetos.....	50
3.2.4	Modelagem BIM dos projetos	50
3.2.5	Compatibilização dos projetos através da metodologia BIM.....	51
3.2.6	Alterações dos projetos a partir da compatibilização	51
3.2.7	Levantamento de quantitativos.....	52
3.2.8	Orçamentação dos projetos	52
3.2.9	Análise dos dados.....	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1	Estudo de caso.....	53
4.2	Identificação de erros de projeto	53
4.2.1	Identificação de erros no projeto de instalações hidrossanitárias.....	54
4.2.1.1	Ligação entre duas caixas sifonadas	54
4.2.1.2	Tubulação do tanque conectada na caixa de gordura	54
4.2.1.3	Tubulações do esgoto sanitário sem inclinação	55
4.2.1.4	Ausência da representação do diâmetro das colunas de ventilação	55
4.2.1.5	Ausência de ventilação no esgoto da cozinha e dos tanques	56
4.2.1.6	Apresentação de tubulações fora do contexto de dimensionamento	56
4.2.1.7	Detalhamento dos reservatórios	57
4.2.1.8	Alimentação da válvula de descarga na mesma coluna de outros pontos de consumo	
	59	
4.2.1.9	Ambiguidade na apresentação da coluna de distribuição na cozinha	60
4.2.2	Identificação de erros no projeto de instalações elétricas	61
4.2.2.1	Detalhamento dos pontos elétricos.....	61
4.2.2.2	Representação da fiação	61
4.2.2.3	Ambiguidade na representação dos circuitos	62
4.3	Desenvolvimento da modelagem paramétrica	63
4.3.1	Modelagem do projeto arquitetônico	63
4.3.2	Modelagem do projeto estrutural	64
4.3.3	Modelagem do projeto de instalações elétricas	64
4.3.4	Modelagem do projeto de instalações hidrossanitárias	65
4.4	Erros de compatibilização identificados	66
4.4.1	Compatibilização entre projeto arquitetônico e estrutural	67
4.4.2	Compatibilização entre projeto arquitetônico e hidrossanitário.....	69

4.4.3	Compatibilização entre projeto arquitetônico e elétrico.....	70
4.4.4	Compatibilização entre projeto estrutural e hidrossanitário.....	70
4.4.5	Compatibilização entre projeto estrutural e elétrico.....	74
4.4.6	Compatibilização entre projeto de instalações elétricas e hidrossanitárias	76
4.5	Comparativo entre os orçamentos dos projetos com e sem compatibilização	78
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	APÊNDICE	87
	APÊNDICE A - ANÁLISE DO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS..	87
	APÊNDICE B - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA COMPARATIVA	94
	ANEXOS	110
	ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO ORIGINAL DISPONIBILIZADO EM FORMATO DWG.....	110
	ANEXO B – TABELA 02 DA NBR 8610 (1999).....	115

1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil vem passando por um rápido processo de transformação, consequência da demanda do setor imobiliário, na construção de novas habitações, além, de melhorias na infraestrutura do país. Esse crescimento atrelado a construção civil impulsiona o desenvolvimento de novas tecnologias que impactam diretamente a forma como os empreendimentos são planejados e executados.

Segundo Ávila (2011) todas essas mudanças sejam em aspectos tecnológicos, culturais ou mercadológicos impactam diretamente na concepção de novos projetos. As construtoras e incorporadoras buscam, cada vez mais, que esses projetos devam ser inovadores, relacionado não só a qualidade do empreendimento, mas a sua produtividade e eficiência em termos executivos.

Alinhado ao desenvolvimento de projetos mais assertivos no processo de execução de obras está a compatibilidade de projetos que segundo Nascimento (2014) é uma ferramenta indispensável ao longo do desenvolvimento dos projetos, tendo a função de detectar e eliminar problemas durante a fase de concepção, evitando assim, possíveis retrabalhos e reduzindo o custo da construção e sendo uma importante ferramenta de gestão.

Uma das ferramentas que desenvolve de forma exata a compatibilização de projetos, além de atender outros requisitos que englobam o conceito de projetos mais eficientes é a plataforma BIM.

Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção segundo Eastman et.al (2018) é um importante facilitador de processos para serviços de arquitetura, engenharia e construção (AEC) pois desenvolve através de uma tecnologia modelos virtuais precisos de uma edificação. Esses modelos, quando completos, dão suporte às atividades de construção, fabricação e contratação ao longo do desenvolvimento e manutenção de uma edificação.

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) o BIM pode ser conceituado como uma “nova plataforma da tecnologia da informação aplicada a construção civil” através de softwares que oferecem, a partir da modelagem do projeto, especificações técnicas que saem do formato convencional baseado apenas em documentos, como é utilizado na ferramenta AutoCAD, e possibilitando modelos muito mais eficazes.

Essa eficiência está relacionada a alguns benefícios que poderão ser alcançados pelas empresas do setor da construção, podendo ser destacados a modelagem em 3D, a

extração automática das quantidades de um projeto e a identificação automática de interferências (CBIC, 2016).

1.1 Justificativa

O Governo Federal, lançou em 2018, a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR) com o intuito de estimular e difundir a utilização do BIM no país, buscando incentivar o desenvolvimento do setor da construção civil atrelado a redução de custos no ciclo de vida do empreendimento, redução nos prazos de conclusão das obras, proporcionar uma maior qualidade de entrega das obras públicas, dentre outros fatores. (BRASIL, 2018)

Para garantir a disseminação dos objetivos descritos na Estratégia BIM foi estabelecido um prazo escalonado, em três fases, para que o mercado e o setor público tenham condições de se estruturar adequadamente.

A primeira fase, a partir de janeiro de 2021, objetiva a adesão de projetos de arquitetura e engenharia utilizando o BIM para construções novas, ampliações ou reabilitações. Sendo exigido a modelagem dos projetos de arquitetura e engenharia (referente às disciplinas de estrutural, elétrica, hidráulica e climatização). Além, do estudo de compatibilidade das disciplinas, a extração automática de quantitativos e a documentação. (BRASIL, 2018)

Portanto, essa pesquisa tem como princípio a adesão que é exigida na primeira fase de implementação do BIM no Brasil que é a modelagem de projetos, a compatibilização de projetos complementares utilizando a ferramenta BIM, além, do levantamento automático de quantitativos. Além desses itens, é desenvolvido o orçamento como medida de análise comparativa entre um projeto com e sem compatibilização. Sendo que, o comparativo da análise de custos após a compatibilização é um segmento pouco discutido em pesquisas e trabalhos científicos.

1.2 Objetivos

O objetivo geral dessa pesquisa é avaliar o impacto financeiro que pode ser gerado pela compatibilização de projetos utilizando BIM para projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias de uma residência unifamiliar.

Os objetivos específicos são:

- a) Identificar erros nos projetos de instalações hidrossanitárias e elétricas e buscar soluções com base nas normas vigentes em cada disciplina.
- b) Realizar, a partir dos projetos realizados no AutoCAD, a modelagem dos projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico), com o auxílio do software Revit.
- c) Identificar os erros de compatibilidade entre os projetos através do software Naviswork.
- d) Comparar o impacto financeiro, gerado nos projetos (elétrico e hidrossanitário), antes e depois das modificações feitas nos erros de compatibilização.

1.3 Estrutura do trabalho

Essa pesquisa está estruturada em cinco capítulos.

O primeiro expõe os conceitos introdutórios do tema, a justificativa do estudo e os objetivos gerais e específicos do trabalho.

No segundo capítulo, apresentam-se o referencial teórico com os conceitos e as informações necessárias para o desenvolvimento e entendimento da pesquisa. Os tópicos apresentados são:

- a) Conceituação da plataforma BIM;
- b) Processo Projetual;
- c) Compatibilização de projetos;

No terceiro capítulo, é feita a abordagem metodológica da pesquisa, citando todo o processo de desenvolvimento do trabalho.

O quarto capítulo aborda os resultados e discussões obtidos pela pesquisa.

No quinto capítulo, é apresentada as conclusões dessa pesquisa e as recomendações de trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as referências do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo será abordada a fundamentação teórica, desse trabalho, apresentando os principais temas relacionados ao desenvolvimento dessa pesquisa. Inicialmente, é apresentado a conceituação da tecnologia BIM, seguido pelo tópico de processo projetual e finalizando com a compatibilização de projetos.

2.1 BIM

2.1.1 Conceito do BIM

A teoria inicial da Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da informação da construção surgiu através do professor Charles M. Eastman, no final dos anos 70, no Instituto de Tecnologia da Geórgia. (HARRIS, 2010)

Segundo CodeBim (2016) *apud* Gouveia (2016) o desenvolvimento da teoria BIM disseminou-se pelo mundo entre as décadas de 70 e 80. Nos EUA era utilizado o termo “Building Product Models”, enquanto, na Europa falava-se “Product Information Models”. Os conceitos foram unificados e surgiu “Building Information Modeling “. O termo foi documentado, pela primeira vez, em um artigo por Robert Aish em 1986.

A primeira utilização do termo “Building Information Modeling” foi através do arquiteto Phil Bernstein, porém, Jerry Laiserin foi quem o popularizou, fazendo com que o conceito fosse referenciado em diversas empresas de tecnologia do setor de serviços AEC. (VAILLETTE, 2012 *apud* TARRAFA, 2012)

O BIM é uma metodologia em contínuo processo de desenvolvimento, dessa forma, não possui fontes com uma definição única e abrangente. (JIANG, 2011 *apud* CARREIRÓ, 2017)

Segundo Sacks et.al (2021) o BIM é definido como uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos com o objetivo de produzir, informar e analisar modelos de construção.

Esses modelos de construção, segundo os autores citados, se definem através de alguns segmentos, como:

- a) Componentes da construção que envolvem a representação gráfica de objetos que possuem dados computáveis identificados em outros softwares, possuindo assim, a normatização de parâmetros que permitem uma manipulação de forma inteligente.

- b) Elementos que incluem dados informativos que são importantes para a análise dos processos que contribuem para itens como: especificação técnica, quantificação e gestão energético.
- c) Informações consistentes, dessa forma, é possível fazer modificações em um elemento, de forma que, essa alteração seja visualizada nesse elemento e em todos os conjuntos dos quais ele faz parte.

Em suma, um projeto desenvolvido em BIM objetiva a construção virtual de uma obra dentro de um software através de modelos paramétricos reais (cores, peso, dimensões, etc) dos elementos construtivos, permitindo assim, uma futura quantificação, uma gestão geral do projeto, dentre outras atividades. (JÚNIOR, 2017)

A modelagem paramétrica, desenvolvida no BIM, para dados construtivos desenvolvem outros benefícios além da documentação do projeto, pode ocorrer a simulação de uma nova construção/instalação ou manutenção da já existente.

A partir da utilização do conjunto de dados podem ocorrer um mecanismo mais eficaz em relação a concepção do projeto, visto que, ocorrerá visões mais amplas e apropriadas dos usuários durante suas análises iniciais. (GSA *apud* CBIC, 2016)

Ainda de acordo com CBIC (2016) com o avanço da relevância do BIM no mercado criou-se “iniciativas falsas” de softwares que apresentam soluções que não atendem as demandas da tecnologia, dentre essas funções estão:

- a) Modelagem ou visualização gráfica 3D que não incluem informações além da própria geometria do objeto/produto;
- b) Softwares que não extraem quantitativos, não realizam simulações e análises, além, de não realizar atualizações automáticas;
- c) Softwares que não atuam como gestores de banco de dados integrados, desse modo, ao ocorrer uma modificação do modelo não ocorre a atualização automática dos diversos segmentos de dados como tabelas, imagens tridimensionais e documentação;

Uma boa alternativa para identificar se determinado processo tem relação com a plataforma BIM é saber como funciona sua metodologia, uma excelente aplicação é o conhecimento sobre as dimensões do BIM.

Segundo Miranda (2019) o BIM pode ser dividido em dimensões que se caracterizam pela representação do nível de informação e funcionalidade do modelo, além, do contexto ao qual é utilizado dentro do ciclo de vida de um projeto. As dimensões podem ser definidas do 3D ao 7D e representam, respectivamente: forma, planejamento, estimativas,

sustentabilidade e gestão da edificação. A figura 1 ilustra as dimensões utilizadas na tecnologia BIM.

Figura 1: As dimensões do BIM



Fonte: Biblus (2018)

Segundo Hugles (2013), cada dimensão da plataforma BIM apresenta benefícios na sua utilização, sendo:

- a) Forma (3D): Modelagem paramétrica; uma excelente representação gráfica realizada através de animações, renderizações e passeios virtuais que favorecem a apresentação do projeto;
- b) Planejamento (4D): Simulações das fases construtivas; planejamento enxuto (lean construction); coordenação de projetos como contribuição para o gerenciamento de obras.
- c) Estimativas (5D): Extração de quantitativos para dar suporte a orçamentação da obra; planejamento de custos em modelos conceptuais.
- d) Sustentabilidade (6D): Análise energética realizada de forma conceitual e detalhada; rastreamento de elementos sustentáveis que podem ser aplicados na construção; avaliação e reconhecimento de mérito ambiental feito pela certificação LEED.
- e) Gestão e Manutenção da edificação (7D): análise do ciclo de vida de uma edificação utilizando o BIM; modelos BIM as-builds utilizados como manuais de manutenção e apoio técnico.

É notório que através das dimensões do BIM é possível utilizar a metodologia em todas as fases de uma edificação, desde a sua concepção até sua manutenção.

De acordo com CBIC (2016) o BIM é um processo progressivo que atende todo o ciclo de vida de uma edificação, sendo capaz de gerar uma série de informações da edificação ou instalação com objetivos relacionados a construção, utilização e manutenção de todo processo construtivo. A Figura 2 ilustra a metodologia BIM aplicada em um ciclo de vida de uma edificação.

Figura 2: Processo BIM no ciclo de vida de uma edificação



Fonte: Concepsys (2015)

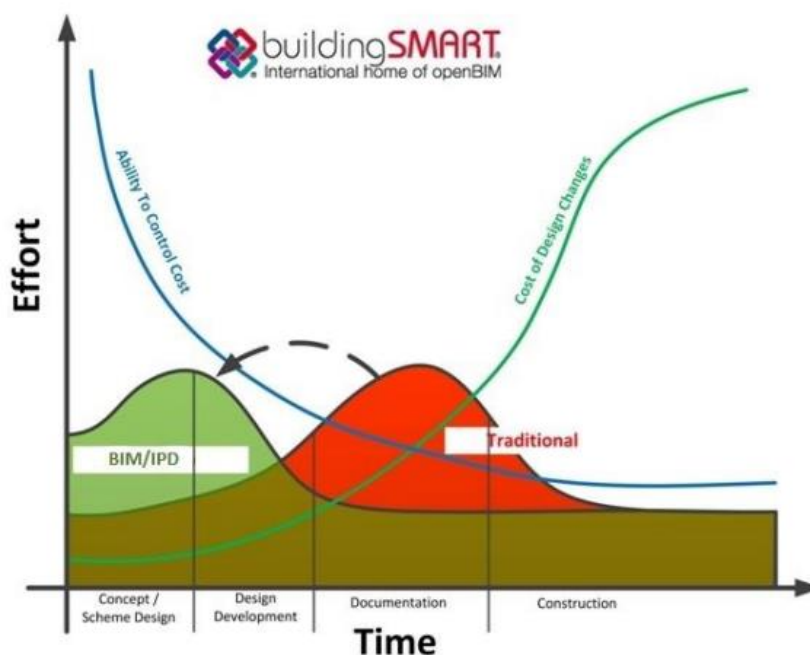
A Figura 2 demonstra como a metodologia está presente em todas as fases de uma edificação: concepção, desenho de execução, verificação e simulação, documentação, produção, planejamento e orçamentação (4D e 5D), logística da construção, operação, gestão e manutenção, além, da demolição/reabilitação.

Barbosa (2014) afirma que o processo de construção tradicional não valoriza a gestão de informação entre os colaboradores. Desse modo, são utilizados vários canais de comunicação ocasionando desorganização no trabalho, carência no compartilhamento de informações e consequentemente erros durante o desenvolvimento dos projetos. Entretanto, na metodologia BIM é utilizado o que se denomina como Integrated Project Delivery (IPD) onde a informação é gerenciada através de um modelo central, dessa forma, o processo se torna mais unificado entre os intervenientes durante toda a fase de projeto e execução.

A curva de MacLeamy, ilustrada na Figura 3, evidencia a diferença entre o processo BIM/IPD e o processo construtivo tradicional. Segundo Gouveia (2016) o processo tradicional construtivo possui um pico de esforço na fase avançada do projeto. Dessa forma,

as modificações ocorridas nessa fase conduzirão a custos extras. No entanto, o processo BIM/IPD possui seu esforço máximo durante as fases de concepção do projeto, diminuindo o impacto financeiro na edificação, uma vez que, mudanças nessa fase possuem grande impacto na construção e têm custos relativamente baixos.

Figura 3: Curva de MacLeamy



Fonte: Adaptado HOK (2010)

A partir da análise da curva de MacLeamy observou-se a importância da fase de concepção de projetos como medida de redução de custos no ciclo de uma edificação. O processo BIM/IPD gera um esforço inicial maior se comparado ao tradicional, entretanto, impacta positivamente nas próximas fases do projeto principalmente no contexto financeiro e no processo colaborativo entre os intervenientes.

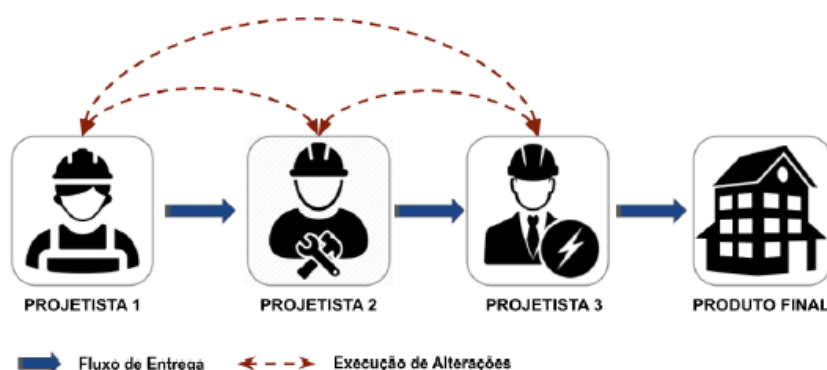
2.1.2 Interoperabilidade

O conceito BIM possui como um dos seus princípios a colaboração de informações, entre seus usuários, durante o ciclo de vida de um empreendimento. Esse processo colaborativo relaciona o trabalho do setor da AEC através de um modelo tridimensional que unifica todas as disciplinas em um único projeto. (LINO, AZENHA, e LOURENÇO, 2012).

Interoperabilidade está relacionada a contribuição, a partir da transferência de dados, para que diversas aplicações atuem em um trabalho colaborativo. Sendo eliminado a necessidade de se copiar um arquivo, como ocorre no modelo tradicional utilizado pelo software AutoCAD. A falta de interoperabilidade acaba gerando problemas de interação pelos intermitentes do projeto e provocando consequentemente erros durante seu desenvolvimento. (SACKS et.al, 2021)

Conforme Couto et. al (2021) os projetos desenvolvidos pelo software AutoCAD ocorrem de uma maneira não colaborativa dificultando o trabalho de seus intermitentes e aumentando a possibilidade de erros durante o processo. Esse fluxo de trabalho dificulta a compatibilização das disciplinas, além de gerar retrabalhos e projetos custosos. A figura 4 ilustra o processo de desenvolvimento de projetos com o AutoCAD e como é feito para se chegar ao produto final.

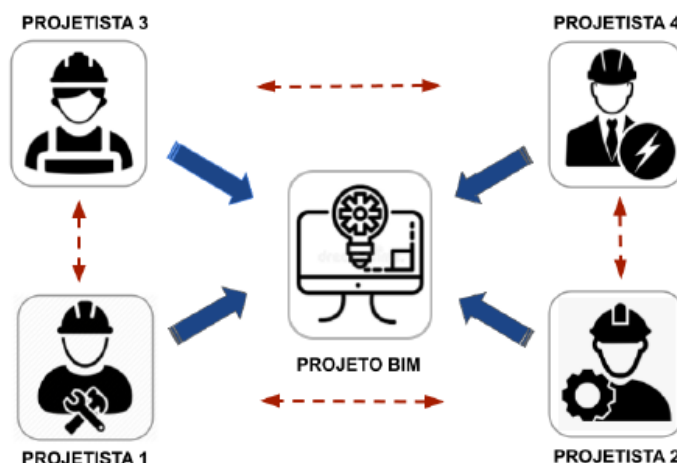
Figura 4: Fluxo de trabalho de um projeto CAD



Fonte: Couto et. al (2021)

Ainda de acordo com Couto et. al (2021), os projetos desenvolvidos em BIM favorecem a contribuição das atividades entre os projetistas, o que garante rapidez na execução dos problemas e uma melhor coordenação das tarefas durante o processo. A figura 5 elucida o fluxo de trabalho colaborativo com a utilização do BIM, destacando como o projeto se tornar um elemento central desenvolvido através de múltiplas atividades distintas.

Figura 5: Fluxo de trabalho de um projeto BIM



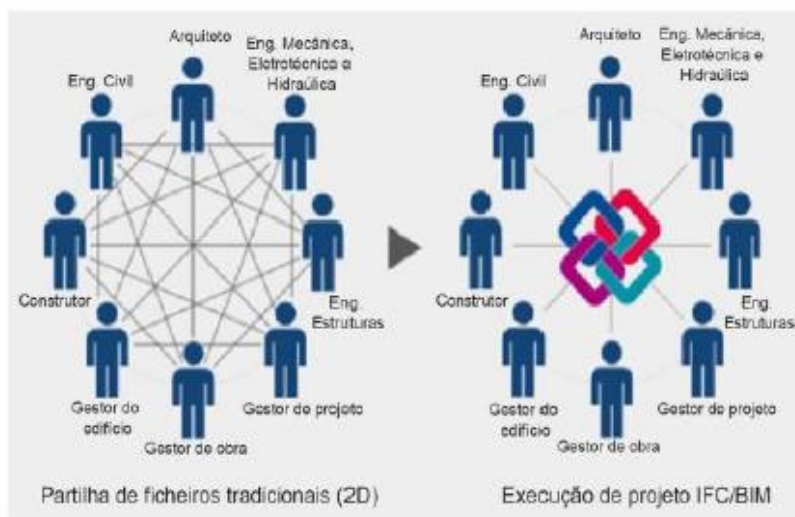
Fonte: Couto et. al (2021)

Gouveia (2016) afirma que o principal formato de arquivo para transferência de dados dentro da metodologia BIM é o IFC.

O *Industry Foundation Classes* (IFC) é um formato de arquivo desenvolvido pela buildingSMART com o objetivo de representar características consistentes da construção através da transferência de dados entre softwares do setor de AEC. Possui como finalidade o fornecimento das definições dos objetos e dados de uma forma detalhada, sendo utilizado para definir as informações gerais da construção durante todo o ciclo de vida de uma edificação, desde a concepção do projeto até a sua manutenção. (SACKS et.al, 2021)

A figura 6 faz um comparativo entre a metodologia tradicional no desenvolvimento de projetos e a utilização da interoperabilidade aplicada pelo IFC/BIM.

Figura 6: Comparação do processo de construção tradicional 2D com a metodologia BIM centrada no IFC



Fonte: Adaptado de IBS (2014)

2.1.3 A modelagem 3D paramétrica de projetos

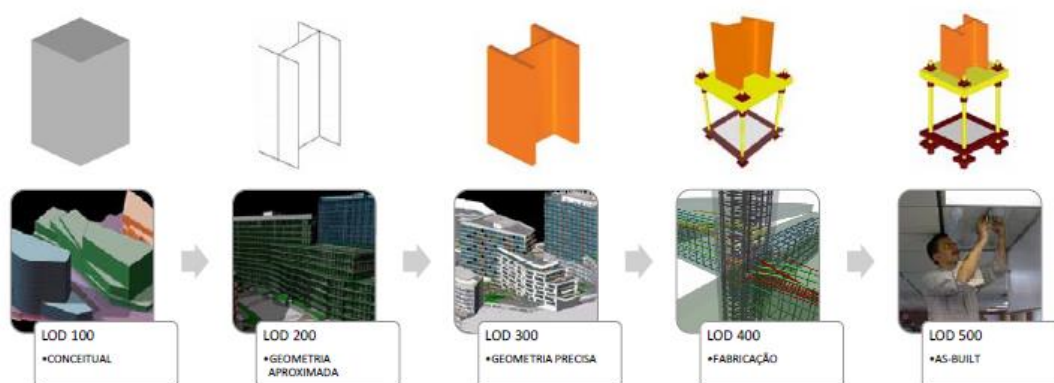
A modelagem paramétrica pode ser definida como o desenvolvimento de modelos virtuais que apresentam características e parâmetros similares aos objetos reais. Desse modo, ocorre um novo mecanismo para desenvolver projetos, se antes eles eram representados apenas geometricamente por linhas (2D), com a adesão do BIM, ocorre a representação 3D paramétrica de dados dos objetos que compõem o processo projetual. (SIVIERO, 2010 *apud* SILVA, 2017)

Conforme Sacks (2021) os objetos BIM paramétricos podem ser definidos como:

- a) Definições geométricas que apresentam dados e regras associativas;
- b) A geometria deve ser consistente apresentando dimensões e características reais ao modelo;
- c) Os objetos devem possuir geometrias associativas que se modificam automaticamente no projeto ao qual é inserido;
- d) Deve ocorrer a viabilidade do objeto sendo adotado regras que não o descaracterize na relação com o seu tamanho, construtibilidade etc.
- e) Os objetos precisam divulgar suas informações, além de vincular-se com outros modelos.

A modelagem paramétrica possui níveis de desenvolvimento popularmente conhecidos como *Level of Development* (LOD). Segundo BimForum (2016) *apud* Gouveia (2016) o LOD é uma referência utilizada pelos profissionais do setor AEC para articular e especificar o grau de detalhamento dos modelos BIM. Sendo que a classificação de LOD pode variar de acordo com a fase de desenvolvimento do projeto, avançando de um modelo genérico (presente na fase conceitual ou de geometria aproximada) para um modelo preciso utilizado na execução e manutenção de obras. A figura 7 ilustra os níveis de LOD ao longo do desenvolvimento de um produto.

Figura 7: Níveis de desenvolvimento de um modelo paramétrico e sua aplicação



Fonte: Ruschel (2014)

Segundo Ruschel (2014) a modelagem em BIM orienta objetos que são modelados conforme a disciplina do projeto específico. No modelo arquitetônico os objetos paramétricos são: portas, janelas, telhado etc. Enquanto, o modelo estrutural apresenta elementos como viga, pilar, laje etc. Os objetos possuem categorias/tipos específicos e apresentam, além da representação virtual, informações como: os materiais utilizados, especificações técnicas, fornecedor etc.

Ainda de acordo com Ruschel (2014), a modelagem em BIM possui outras vantagens como ferramentas automáticas de extração de vistas, que podem gerar cortes, perspectivas, elevações etc. Além disso, a sua utilização contribuiu para a adesão de ferramentas para integração e compatibilização de projetos, além de ferramentas 4D e 5D que fazem simulações referentes ao planejamento e custo de obra, respectivamente.

2.1.3.1 Softwares BIM aplicados em Projetos

Atualmente, existem múltiplos *softwares* na plataforma BIM que desenvolvem a modelagem de objetos e de projetos. A decisão de utilização do software está relacionada a diversos fatores como: renderização de imagens, produção e qualidade dos desenhos, bibliotecas existentes, integração de disciplinas dentro de uma mesma plataforma BIM etc. O quadro 1 apresenta os principais softwares de modelagem BIM 3D e as suas respectivas disciplinas de projetos.

Quadro 1: Softwares paramétricos com interface BIM

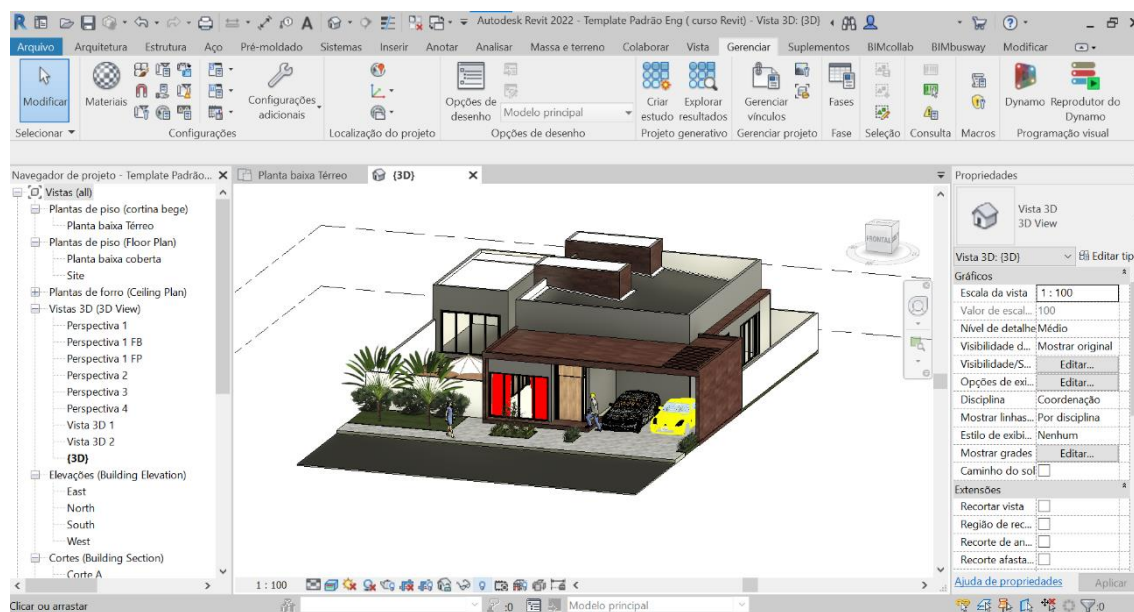
DISCIPLINAS DE PROJETO	SOFTWARE BIM
ARQUITETURA	Revit Architecture
	ArchiCAD
	Vectorworks Architect
	Bentley Architecture
	Digital Project
ESTRUTURA	Tekla Structure
	Revit Structure
	CAD/TQS
	Bentley Structural
	Allplan
	StruCAD
	ProSteel 3D
	CYPECAD
ELÉTRICA, HIDRÁULICA, HVAC	Revit MEP
	AutoCAD MEP
	ArchiCAD MEP
	Bentley (Building Electrical Systems/ Mechanical System)
	MagiCAD
ANÁLISE PREDIAL	Ecotec
	Green Building Studio
	IES Virtual Envioment
GERENCIAMENTO DE PROJETOS	Naviswork

Fonte: COSTA (2013)

2.1.3.1.1 Revit

O Revit é uma das plataformas mais disseminadas e popularizadas da Autodesk, sendo originada em 2002, a partir de uma compra de uma empresa startup. Apresenta um sistema de fácil acesso com um cursor intuitivo que apresenta dicas de operação através dos elementos de interface do software. Possuindo um sistema de menu que é organizado com base nos processos de trabalho, ficando cinza em contextos aos quais não é necessária sua utilização. (SACKS et.al, 2021)

Figura 8: Interface do Revit: visualização 3D e principais ferramentas para gerenciar o projeto.



Fonte: Autor (2022)

O Revit possui uma estrutura de representação dos objetos composta por categorias, famílias, tipos e instâncias. As categorias compõem a organização das famílias dentro do projeto; as famílias apresentam as características do objeto/modelo contendo informações, além, da representação em 2D e 3D; tipos são representações distintas que uma família pode apresentar; instâncias são características próprias de um elemento que o tornam um modelo exclusivo. (KNITTLE, 2013 *apud* SOUZA; FABRICIO, 2021).

O software possui um vasto conjunto de bibliotecas desenvolvidos por eles e por outras empresas. Por possuir uma plataforma difundida possui uma lista de sites com bibliotecas específicas para materiais que vão desde a instalações elétricas, hidráulicas até elementos arquitetônicos.

Arelado a utilização de tipologia de bibliotecas de famílias do Revit está o modelo de arquivo denominado template. Segundo Clementino, Carvalho (2018) o template é definido como um “arquivo modelo” indispensável para o desenvolvimento de um projeto no Revit. Sendo um tipo de arquivo já configurado com os parâmetros que o projeto deve possuir como: modelos de vistas, famílias, elementos e tabelas configurados etc.

A eficiência do Revit está atrelada à sua maneira de criar e gerenciar objetos paramétricos que formam excelentes desenhos/modelos, colaborando assim para um bom desenvolvimento de projeto. Outro fator importante é a sua interoperabilidade que ocorre a partir, da colaboração coletiva de uma mesma equipe em ambientes distintos. O software

suporta alguns formatos de arquivo como DWG, IFC (para componentes construtivos), gbXML etc. (SACKS et.al, 2021)

Segundo a Autodesk (2020), fabricante do software, o Revit é um software da plataforma BIM que traz a unificação de disciplinas da arquitetura, engenharia e construção civil em um mesmo ambiente através da modelagem, desenvolvendo assim, projetos mais econômicos e com maior eficiência.

Essa unificação de projetos BIM é desenvolvida pelo Revit Architecture que apresenta ferramentas necessárias para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico, o Revit Structure que propõem uma plataforma para a execução de um projeto estrutural e o Revit MEP que apresenta elementos e especificações para a realização de projetos de instalações elétricas, hidrossanitárias e de climatização.

2.1.4 BIM 5D

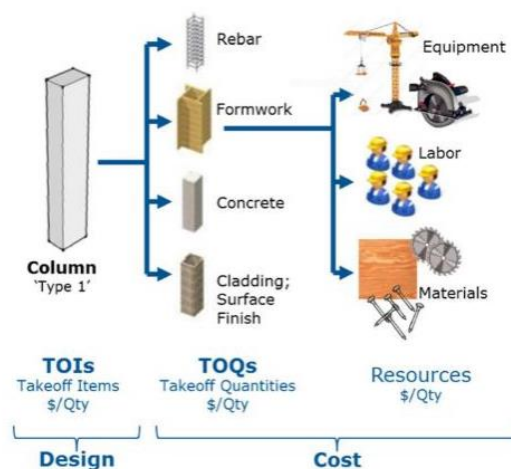
O BIM 5D pertence a uma das dimensões BIM e está relacionada a extração automática de quantitativos sendo uma importante ferramenta para estimativa de custos de obras.

Segundo Sacks (2021) a maioria das ferramentas BIM proporcionam recursos que colaboram para a extração de quantitativos relacionados a componentes, materiais, áreas e volumes, sendo que, esses valores são importados para tabelas. Entretanto, para se obter resultados mais exatos, é necessária a adesão de ferramentas BIM específicas e que estejam alinhadas ao sistema de estimativa de custos.

Ainda de acordo com Sacks (2021) o papel desempenhado pelo BIM na extração de quantitativos não substitui a tarefa do orçamentista. Visto que, a tecnologia BIM dentro dessa vertente apenas facilita o processo árduo de levantamento de quantidades, além, de gerar uma rapidez na visualização, identificação e avaliação das características do projeto. Reduzindo assim, as incertezas associadas a quantificação de materiais por parte da equipe de orçamentação.

A figura 9 ilustra o processo do BIM 5, dando como exemplo uma coluna, que a partir do seu elemento principal, pode ser quantificado em relação a sua armação, fôrma, volume de concreto e revestimento e através disso poderá ser orçado em relação aos seus equipamentos, mão de obra e materiais.

Figura 9: Processo BIM 5D para uma coluna



Fonte: Trimble (2011)

2.1.4.1 Extração de quantidades e para análise de custos

De acordo com Eastman et al. (2011) *apud* Gouveia (2016) existem duas metodologias para o levantamento de quantitativos e análise de custos, sendo elas:

- 1) Fazer a exportação direta das quantidades para um *software* externo;
- 2) Utilizar a ferramenta BIM de forma direta a um software de análise de custos;

Geralmente, o caso mais utilizado é a exportação dos quantitativos para uma ferramenta externa. Sendo que, o software Microsoft Excel é bastante utilizado para realizar a estimativa de custos. Rotinas no Dynamo facilitam esse processo e padronizam a atualização dos levantamentos de quantitativos nas planilhas. Essa metodologia foi a escolhida para desenvolver o processo de orçamentação depois da etapa de extração de quantitativos.

A segunda metodologia de levantamento de quantidades e estimativa de custos é utilizada dentro da plataforma BIM como *plugin*, sua utilização segundo Sacks (2021) geralmente está relacionada a *software* que trabalham com orçamentações maiores. Uma aplicação desse tipo de plugin no Brasil é o OrçaBIM que é integrado com o software Revit e possui alguns bancos de dados de orçamentação incluindo a SINAPI.

2.1.5 A utilização do BIM no Brasil

Atualmente, a difusão da implantação BIM no país é realizada por meio seminários e publicações por entidades do setor. Entretanto, a sua utilização por empresas

brasileiras do setor construtivo apresenta um percentual de 7,5 %, enquanto, 21,7% desconhecem se a metodologia é utilizada na sua empresa. (CASTELO, MARCELLINI e VIANNA, 2018 *apud* MAGALHAES, 2019).

Ainda de acordo com Magalhaes (2019) a utilização do BIM pelo mercado de trabalho está em “estágios iniciais “. Entretanto, o governo e outras entidades estão trabalhando no contexto de disseminação da implementação da tecnologia. Dentre essas iniciativas estão as diretrizes presente em normas e na Estratégia BIM.

As normas relacionadas ao BIM no Brasil, iniciaram-se em 2009, tendo uma comissão formada por diversos setores consumidores da tecnologia que utilizaram a classificação *Omniclass* Americana como referência. (JÚNIOR, 2017). A norma ABNT NBR 15965 é composta por sete partes distintas que objetivam uma padronização no país informando características da construção, como: terminologias, características de objetos, processos, resultados, unidades e espaços e informações.

Conforme Brasil (2018), o Governo Federal, criou em 2017, a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM BR com o objetivo de fomentar a utilização do BIM e buscar uma maior modernização do setor construtivo, dentre os resultados esperados pela iniciativa estão:

- a) Garantir uma maior produtividade no setor da construção civil, sendo um retorno de 10% sobre a produção dos trabalhadores das empresas que utilizarem a plataforma BIM;
- b) Redução dos custos da obra, em torno de 9,7%, esse resultado estará atrelado a um melhor planejamento das obras que aderirem ao BIM, dessa forma, haverá um bom alinhamento em relação a cronogramas, orçamentos gerais, prazos de conclusão e entregas de obras;
- c) Elevação do nível profissional dos trabalhadores da construção civil, com a iniciativa é esperado que 50% do PIB da Construção Civil adote o BIM, no ano de 2018 a participação era de 5%;
- d) Crescimento de 28,9% do PIB da Construção Civil com a adoção da tecnologia no setor;
- e) Proporcionar uma maior qualidade das obras públicas, além, de transparência nos processos de licitação e uma maior sustentabilidade nos processos;

Ainda de acordo com Brasil (2018) para se alcançar os resultados da Estratégia BIM, no país, deve ocorrer um processo de escalonamento de utilização do BIM para que o

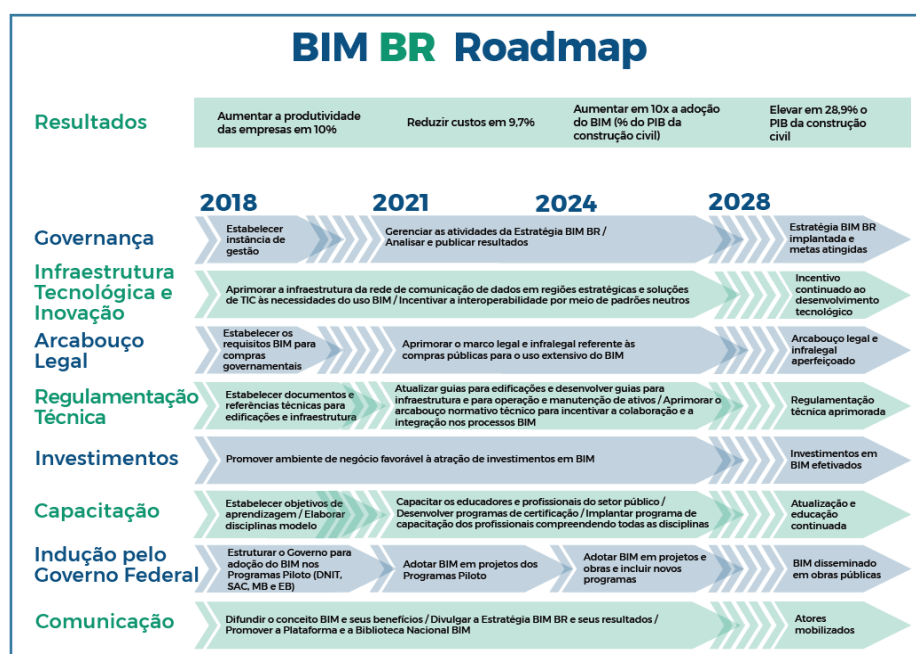
mercado e o setor público possam se estruturar de forma adequada para aderir a tecnologia, desse modo, a governo indica a exigência da utilização do BIM em três fases:

- Primeira Fase:** A partir janeiro de 2021, é proposto a exigência do BIM na elaboração de modelos (BIM 3D) para os projetos de arquitetura e engenharia relacionadas as disciplinas de estrutura, hidráulica, elétrica, AVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado), além, da documentação, o estudo de compatibilidade dos projetos/disciplinas e a extração automática de quantitativos.
- Segunda Fase:** A partir janeiro de 2024, contempla os itens da fase anterior sendo acrescidos o planejamento da execução de obras (BIM 4D), orçamentação (BIM 5D), além, dos *as built* (informações referentes a como o projeto foi construído).
- Terceira Fase:** A partir janeiro de 2028, considera os itens das fases anteriores, além da inclusão da tecnologia em serviços de gestão e manutenção da edificação (BIM 7D) após sua conclusão.

A Estratégia BIM informa que participarão dessas fases os projetos relacionados ao Ministério da Defesa, o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Porém, fica ressaltado a importância da participação de outros órgãos ou entidades para a disseminação da utilização do BIM em território nacional.

A figura 10 ilustra o processo de escalonamento das fases de utilização do BIM no Brasil.

Figura 10: Rodmap da utilização do BIM no Brasil



Fonte: BRASIL (2018)

2.2 Processo projetual

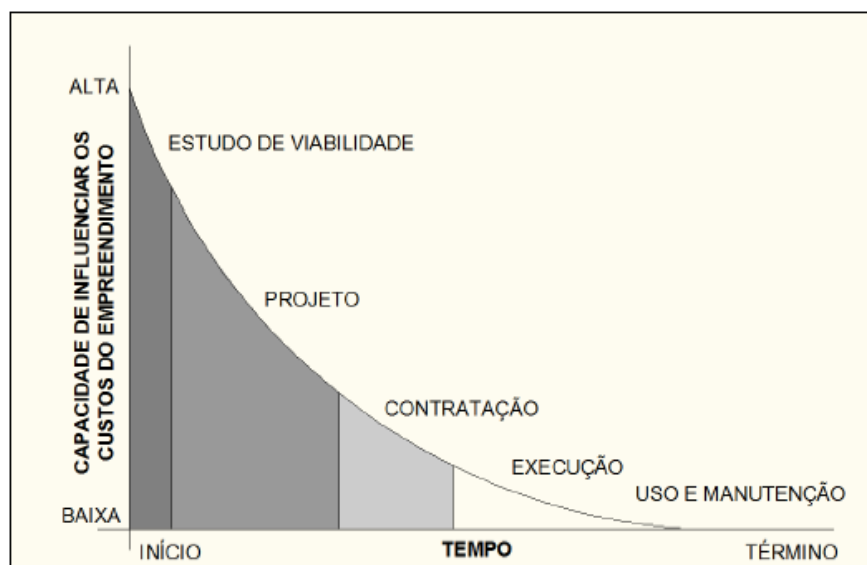
De acordo com a ISO 9000 (2000), o projeto pode ser definido como um “conjunto de processos que transformam requisitos em características especificadas ou na especificação de um produto, processo ou sistema” (ABNT, 2000, p.19).

Em relação a construção civil, o projeto apresenta-se como produto quando está diretamente relacionado a concepção da edificação que será executada, e como processo, quando se relaciona as práticas que podem ser desempenhadas para se chegar no resultado final da edificação.

A linguagem mais difundida do projeto, dentro da construção civil, está relacionada a sua característica como produto. Segundo Bortolotto (2014) o projeto está atrelado a fase inicial de desenvolvimento da edificação, relacionando a fase de concepção com a edificação que será entregue após a execução.

De acordo com Rauber (2005) para uma edificação atingir uma boa qualidade de execução, é necessário a utilização da fase de projeto dentro do escopo do empreendimento. Isso pode ser analisado, a partir, do estudo elaborado pelo grupo Construction Industry Institute (CII), ilustrado na figura 11, que ressaltam a importância do projeto nas fases preliminares de um empreendimento como uma medida que pode influenciar no seu custo final.

Figura 11: Capacidade de influenciar os custos do empreendimento ao longo das fases



Fonte: Adaptado de CII (1987)

Dessa forma, a fase de projetos deve ser evidenciada como uma medida para a redução de futuros custos durante a execução da edificação. Sendo assim, o gerenciamento de

projetos precisa ser alinhado como medida para evitar possíveis erros, uma boa medida é a compatibilização de projetos que transmite qualidade e controle ao produto final. (COSTA, 2013)

Geralmente, para a execução de uma edificação viável, em termos técnicos e financeiros, é necessário o desenvolvimento de um projeto arquitetônico auxiliado aos seus projetos complementares.

2.2.1 Projeto arquitetônico

Segundo Rauber (2005) o projeto arquitetônico apresenta-se como a “espinha dorsal” para o desenvolvimento de uma edificação. A sua importância está relacionada com sua capacidade de influência frente a concepção de outros projetos, ao custo geral de execução e manutenção, além, da vida útil da edificação.

Ainda de acordo com Rauber (2005) o projeto arquitetônico deve apresentar as características da edificação como: disposição dos ambientes, posição de portas e janelas, tipo de cobertura, previsão das instalações (elétrica, hidráulica etc.) e de elementos estruturais, além, de informações relativas aos acabamentos externos e internos.

Algumas normas técnicas brasileiras informam como o projeto arquitetônico pode ser desenvolvido para garantir parâmetros de qualidade, segurança e normatização, dentre elas estão: a NBR 6492:1994 (Representação de projetos de arquitetura), NBR 13532:1995 (Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura).

2.2.2 Projetos complementares

Os projetos complementares são projetos técnicos de engenharia que complementam o projeto arquitetônico dando viabilidade e usabilidade ao seu processo de execução. Dentre os seus segmentos estão: projeto estrutural, projeto de instalações hidrossanitário, projeto de instalações elétricas e projeto de climatização. Serão abordados, a seguir, os projetos complementares que compõem o objetivo desse trabalho.

2.2.2.1 Projeto estrutural

O projeto estrutural objetiva a concepção e o dimensionamento de elementos estruturais que em conjunto possam atender aspectos relacionados a segurança, economia,

durabilidade, além, de estética e funcionalidade que geralmente estão relacionados ao projeto arquitetônico. (ALVA, 2007)

Segundo Giongo (2007) o projeto estrutural deve possuir elementos estruturais compatíveis ao projeto arquitetônico e que apresentem segurança relacionada aos esforços solicitantes. Em edificações de concreto armado são encontrados elementos estruturais básicos como lajes, vigas e pilares.

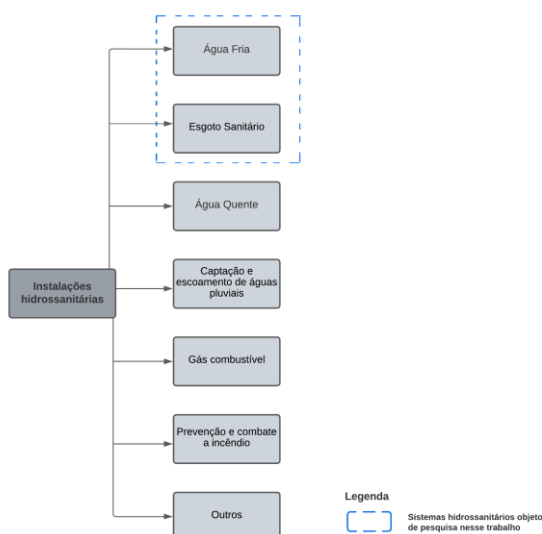
Ainda de acordo com Alva (2007) o projeto estrutural deve estar em conformidade com projetos de instalações hidráulicas, elétricas, ar-condicionado etc. De forma a garantir uma boa compatibilização estrutural que assegure uma execução de obra alinhada com todos os sistemas.

2.2.2.2 Projeto de instalações hidrossanitárias

O projeto de instalações hidrossanitárias é a representação gráfica realizada a partir de dimensionamentos específicos relacionados as instalações hidráulicas e sanitárias de uma determinada edificação. Possui como objetivo apresentar elementos construtivos que atendam as demandas relacionadas ao fornecimento e captação de água potável e a destinação de esgotos sanitários, de uma forma, que atenda normas mínimas de qualidade para o usuário. (ARANTES, 2003)

De acordo com a norma NBR 13532 (ABNT,1995) as instalações hidráulicas-sanitárias, ou hidrossanitárias, de uma edificação são classificadas, conforme a figura 12, e dentre esses sistemas serão desenvolvidos dois tipos distintos nesse trabalho.

Figura 12: Instalações hidrossanitárias: tipos de sistemas



Fonte: Autor (2022)

Serão apresentados a seguir, separadamente, os sistemas prediais hidráulicos desenvolvidos nesse trabalho.

2.2.2.2.1 Instalações hidráulicas (água fria)

A norma técnica que estabelece os princípios para o projeto e a execução de instalações prediais de água fria é a norma NBR 5626 de 1998 e com atualização em 2020, onde as instalações são definidas como um “sistema composto por tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamentos e outros componentes, destinado a conduzir água fria da fonte de abastecimento aos pontos de utilização. “(ABNT, pág. 04,1998)

O desenvolvimento do projeto hidráulico de água fria deve ser iniciado após a elaboração do projeto arquitetônico e com alinhamento do projeto estrutural, de forma a atender os encaminhamentos gerais do projeto. Devem ser previstos a localização dos reservatórios, a rede de abastecimento da edificação, as bombas que podem ser utilizadas e os pontos de consumo, todos dimensionados de uma forma técnica e econômica. (CREDER, 2006)

2.2.2.2.2 Instalações sanitárias

A norma técnica que apresenta os princípios e indicações para o projeto e a execução das instalações sanitárias prediais é a NBR 8160 (ABNT,1999). A norma define o sistema predial de esgoto como um “conjunto de tubulações e acessórios destinados a coletar e transportar o esgoto sanitário, garantir o encaminhamento dos gases para a atmosfera e evitar o encaminhamento deles para os ambientes sanitários. (ABNT, pág. 3, 1999)

O projeto de instalações sanitárias é realizado a partir da definição do projeto arquitetônico e do estrutural (contendo, no mínimo, as plantas de fôrmas relacionadas a fundação), além, das definições relacionadas ao seu destino final e outras instalações constituintes da edificação como: água fria e quente, águas pluviais, instalações elétricas, etc. No projeto devem ser previstos: os pontos de recepção do esgoto, definição dos tipos de tubulações, e seu respectivos diâmetros, localização das prumadas de ventilação, elementos de inspeção que serão utilizados, além, de suas respectivas tabelas e desenhos. (CREDER, 2006)

2.2.2.3 Projeto de instalações elétricas

O projeto de instalações elétricas é definido como uma representação gráfica que apresenta as características elétricas existentes em uma edificação, informando detalhes específicos como: pontos elétricos e de iluminação, encaminhamento dos condutores, previsão de cargas aplicadas etc. (CREDER, 1976 *apud* SILVA; FILHO, 2020)

O projeto de instalações elétricas é desenvolvido a partir de um projeto arquitetônico sendo necessário, inicialmente, analisar a localização de rede da concessionária elétrica e suas respectivas normas de instalação, estimando assim, a posição de entrada elétrica da edificação. Outras informações que devem ser abordadas no projeto são os pontos de consumo elétrico (tomadas específicas e de uso geral), pontos de luz, quadros de distribuição com seus respectivos circuitos, etc. Além, dos itens citados relacionados ao projeto, é necessário analisar possíveis interferências com instalações hidrossanitárias e estruturais, como medida, para realizar um projeto viável em termos executivos. (NERY, 2019)

As normas que regulamentam os projetos de instalações elétricas, especificamente, os de baixa tensão são: a NBR 5410:2017 e a NR10:1978, além, das notas técnicas das concessionárias que variam conforme o Estado ao qual o projeto será executado. (SILVA; FILHO, 2020)

2.2.3 Orçamento no processo de projeto

Cardoso (2020) define o orçamento como um valor financeiro característico referente a uma obra que será executada. Sendo que esse valor obtido tem uma validade de tempo, visto que, ocorrerão variações de preços de alguns insumos durante o período. Dessa forma, o autor cita a importância do orçamento como parte integrante de uma proposta, mas o caracteriza como uma documentação de prazo curto, com variação de 30 a 60 dias.

Mattos (2006) define orçamento como o produto da fase de orçamentação que objetiva a estimativa de custos prováveis para a execução de uma obra. Sendo que, muitos itens colaboram e influenciam para o custo final de um empreendimento. Dessa forma, a fase de orçamentação envolve itens como a: identificação, descrição, quantificação e a análise de serviços que impactam na composição final do custo.

Ainda de acordo com Mattos (2006) o orçamento é a soma dos custos diretos (mão de obra, materiais e equipamentos) e custos indiretos (taxas, despesas gerais, imprevistos etc.), além, de impostos e lucro para se chegar ao valor de venda do imóvel.

Tisaka (2006) afirma que os custos diretos estão relacionados a produção da obra sendo insumos relacionados a materiais, mão de obra e equipamentos auxiliares. Além de despesas gerais da administração local e instalação de canteiros com suas respectivas manutenções. Atrelado a essa demanda estão os custos unitários que são, respectivamente, o produto entre a quantidade de material, horas de utilização de equipamentos e a quantidade de horas de trabalho manual pelo custo dos materiais, aluguel de utilização de equipamentos e o salário-hora dos trabalhadores com encargos sociais.

Ainda de acordo com Tikasa (2006) os custos indiretos relacionam-se as despesas não incorporadas a obra, mas que são necessárias para o desenvolvimento de sua execução, além, de mais taxas, impostos etc.

De acordo com Tikasa (2011) para a elaboração de um orçamento é necessário a adesão de alguns elementos como:

- a) Levantamento de quantitativos com todos os serviços e insumos utilizados;
- b) Composição analítica dos custos unitários dos serviços, contendo a indicação dos insumos, além, das respectivas produtividades;
- c) Descrição técnica dos serviços utilizados;
- d) Planilha Orçamentária.

2.2.3.1 Levantamento de quantitativos

Segundo de Paula (2015) o levantamento de quantitativos refere-se as quantidades que estão relacionadas aos serviços que serão executados em obras. Sendo que, esse levantamento é realizado a partir dos projetos utilizando suas especificações técnicas, como medidas, dimensões de plantas, além, de desenhos técnicos. Oliveira (2017) afirma que essa extração de quantidades das documentações técnicas precisar levantar informações referentes a áreas, volumes e demais unidades de medidas.

Ainda de acordo com Oliveira (2017) deve ocorrer alguns critérios para o levantamento de quantitativos de um projeto. Esses critérios são utilizados para padronizar e unificar as quantidades de serviços através de medidas reais. O tipo de levantamento pode abranger diversos segmentos de uma construção, sendo que pode ser utilizado dimensões: volumétricas (concreto, escavação etc.), lineares (tubulações, fiações etc.), de superfície (piso cerâmico, alvenaria etc.), de peso (armações, estruturas metálicas), além, de não conter nenhuma dimensão, sendo referido a serviços contabilizados.

Alguns critérios de medição utilizados para o levantamento de quantitativos podem ser ilustrados na Tabela 1:

Tabela 1: Critérios de medição para levantamento de quantidades

Atividade	Unid.	Critério recomendado
Limpeza de terreno	m ²	Área do pavimento térreo da obra, acrescido de uma faixa de 2m em todo perímetro
Escavação do solo (manual ou mecânica)	m ³	Volume real de escavação (considerar apenas as partes enterradas das peças);
Concreto	m ²	Volume de projeto
Armadura para fundação	kg	Considerar quantidades de projeto
Alvenaria de tijolos	m ²	Área real, descontando os vãos (os acabamentos dos vãos devem ser considerados em separado), de acordo com a espessura e o tipo de alvenaria.
Azulejos e pastilhas	m ²	Área real (golas, faixas de menos de um metro e cantos devem ser considerados separadamente)
Esquadrias de madeira	un	Conforme tamanhos e tipos

Fonte: Adaptado de Gonzáles, 2008, págs. 23 – 24

O método mais tradicional de levantamento de quantidades é realizado através da análise de desenhos impressos ou no formato de arquivo dwg, desenvolvido pelo software AutoCAD. Através dos quantitativos extraídos, de forma manual, é realizada a orçamentação através de planilhas de custos. Essa metodologia de quantificação é propensa a erros, além, de estabelecer uma estimativa de tempo de 50% a 80% no processo projetual. (SABOL, 2008 apud BRAGA, 2015)

O levantamento de quantitativos, utilizando a metodologia BIM, depende do nível de detalhamento e da qualidade do projeto executado. Os parâmetros dos modelos devem ser inseridos ainda na fase de concepção, de forma a garantir um bom desenvolvimento na etapa de orçamento utilizando o BIM. As autoras destacam a importância da desmistificação da extração automática de quantidades por tabelas, exemplificado pelo software Revit, da aplicação do BIM na fase de orçamentos. Uma vez que, a extração de quantidades é uma etapa crítica e deve ocorrer processos que melhorem sua capacidade de atuação.

Em pesquisa desenvolvida por Bezerra e Ribeiro (2020) é realizado um comparativo entre as metodologias de quantificação utilizando o CAD e a tecnologia BIM. Notou-se que a metodologia tradicional é propensa a erros, além, de gerar um trabalho excessivo e árduo. Enquanto, o BIM facilita a automatização de processos que antes eram apenas manuais. Porém, deve ocorrer um bom alinhamento na quantificação para não

comprometer as etapas de orçamentação e planejamento. Os autores, citam ainda, que é necessário a utilização da programação para facilitar o processo de extração de quantitativos na metodologia BIM e que novos estudos devem ser realizados para aprimorá-lo.

2.3 Compatibilização de projetos

Com o aumento da demanda imobiliária, por volta dos anos 60, surgiu a necessidade da criação de escritórios de projetos especializados por segmento, como: arquitetura, estrutura e instalações. Esse fato propiciou o desenvolvimento de profissionais atuantes apenas na sua área específica de trabalho, os distanciando da visão ampla de projetos que era desenvolvida quando os escritórios eram unificados. Consequentemente, iniciou-se o processo de incompatibilidades de projetos que só eram identificados na execução da obra. (COSTA, 2013)

Ainda segundo Costa (2013), a partir dos anos 80, as empresas e outros segmentos do setor construtivo sentiram a necessidade da adesão de profissionais para realizar a compatibilização de projetos, contratando assim, coordenadores e equipes especialistas nessa vertente.

De uma forma objetiva, Rodríguez (2005), define a compatibilização de projetos como a análise, verificação e correção das interferências físicas entre as diferentes soluções dos projetos de uma edificação.

Para Mikaldo Jr (2008) a compatibilização é uma atividade que torna os projetos condizentes entre si, possibilitando soluções integradas entre suas áreas distintas e fazendo com que o empreendimento seja exequível.

Ávila (2011) também afirma que a compatibilização de projetos é uma atividade de gerenciamento que integra diferentes disciplinas. Possuindo como objetivo a verificação de interferências entre projetos e a apresentação de possíveis soluções de uma forma sistemática, de modo a não impactar negativamente as especialidades envolvidas. Como resultado, é possível antecipar problemas que seriam identificados na execução, diminuindo assim, as chances de conflitos e retrabalhos no decorrer da obra.

A compatibilização de projetos, segundo Picchi (1993), vai além do conceito de “sobreposição de gráficos” e identificação de interferências, ela deve ser gerida por coordenadores de projetos que devem apresentar aos diversos projetistas, através de reuniões, formas de resoluções para os conflitos encontrados nos projetos.

A compatibilização deve ocorrer em todas as etapas de desenvolvimento do projeto, como: estudos preliminares, anteprojeto, projeto legal e executivo. Desse modo, é possível apresentar soluções e verificar possíveis interferências de projeto. Ressalta-se a importância da compatibilização, ainda nos estudos preliminares, como maneira de tornar o projeto mais alinhado evitando possíveis erros em suas fases seguintes. (RODRÍGUEZ; HEINECK, 2001 apud MIKALDO JR; SCHEER, 2008)

2.3.1 Metodologias adotadas na compatibilização

Alguns métodos podem ser adotados para o desenvolvimento de uma compatibilização de projetos eficaz, dentre essas metodologias podem ser destacadas a sobreposição de projetos através de forma bidimensional e a utilização por softwares da tecnologia BIM.

2.3.1.1 Sobreposição de projetos de forma bidimensional (2D)

A maioria das empresas do setor construtivo utilizam a compatibilização através da sobreposição de projetos de forma bidimensional (2D), sendo as interferências identificadas de forma visual com a unificação das disciplinas em um mesmo arquivo do *software* AutoCad. Segundo Sena (2012), esse método é “falho, árduo e ineficaz”, uma vez que, a identificação das interferências é produzida manualmente através da sobreposição de *layers* respeitando os critérios do profissional, ou seja, sem nenhuma ferramenta tecnológica fundamentada nessa atividade.

Em pesquisa realizada por Ferreira e Santos (2007) foi analisada a compatibilização de projetos através da metodologia tradicional de representação 2D em paralelo com a utilização do CAD 3D. Sendo possível, identificar alguns problemas associados as características da representação bidimensional que interferem em uma compatibilidade eficaz. O quadro 2 apresenta essas características e exemplos citados pela pesquisa.

Quadro 2: Problemas associados a representação 2D que interferem na compatibilização de projetos

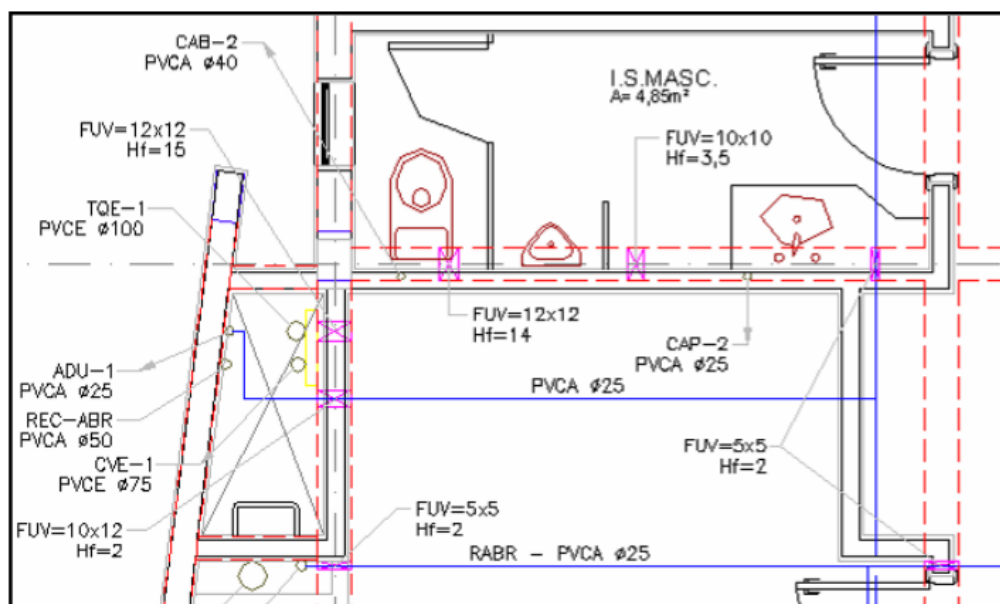
Característica	Descrição	Exemplo
Simplificação	Ocorre simplificação da representação dos objetos do projeto, sendo alterada sua volumetria real. Dessa forma, alguns materiais não possuem dimensões corretas.	A representação das tubulações de água fria e quente são realizadas apenas através de linhas, não representando seus diâmetros reais que ficam entre 40 e 50mm.
Omissão	Acontece a omissão de alguns detalhes de projeto causados pela ausência de algum material ou equipamento, além, da falta de uma elevação ou corte específico.	É omitida uma peça de fixação para as tubulações flexíveis de água fria e quente do misturador do chuveiro dentro do shaft. Essa ausência culminou no estreitamento das instalações no shaft e só pode ser percebida na representação 3D.
Visão Parcial	Decorre pela falta de um alinhamento geral de projeto, visto que, o projetista está habituado a trabalhar diretamente com sua disciplina. Consequentemente, ocorrem erros ocasionados por uma visão parcial de projeto.	A representação da viga da escada ficou em um nível diferente das demais vigas, o que causou interferência com pontos de elétrica, visto que, o projetista elétrico não observou o projeto estrutural como um todo.
Ambiguidade	A representação de um mesmo elemento pode gerar ambiguidade, ou seja, pode ocorrer visões distintas durante a interpretação do projeto.	O projeto estrutural possui dentre seus elementos uma viga invertida, porém, o detalhe está presente em outra folha. A representação 2D causou ambiguidade, uma vez que, o projetista hidráulico indicou uma subida de gás passando por esse elemento.
Simbolismo	O objeto é representado por símbolos que não apresentam dimensões e formas coincidentes com a versão original.	O projeto de instalações elétricas apresentou uma quantidade excessiva de pontos na parede. Geralmente, esse erro está relacionado ao simbolismo dos equipamentos que não possui características próximas as reais.

Fonte: Ferreira e Santos (2007)

Sousa (2010) *apud* Costa (2013) reafirma que a compatibilização realizada pela superposição de plantas em 2D é limitada, principalmente, para projetos elétricos e

hidrossanitários pois ocorre dificuldade na visualização das tubulações e dos eletrodutos, sendo detectado apenas incompatibilidades mais perceptíveis. A figura 13 ilustra a compatibilização de projetos (hidráulico e estrutural) com a sobreposição de plantas em 2D.

Figura 13: Compatibilização de projeto estrutural e hidráulico utilizando sobreposição de projetos em 2D



Fonte: Mikaldo jr e Scheer (2008)

2.3.1.2 Compatibilização através da metodologia BIM

Segundo Sena (2012), a compatibilização de projetos em BIM é desenvolvida através de um ambiente tridimensional e paramétrico, tanto para a identificação de interferências entre projetos distintos, quanto para a modelagem do projeto, sendo que, durante sua concepção é possível utilizar ferramentas de cortes e vistas que geram mais agilidade e automação no processo de identificação de erros.

Sacks (2021) destaca que a utilização do BIM na coordenação de projetos é um grande facilitador para construtoras pois facilita atividades como identificação de conflitos espaciais e temporais durante o processo de construção. A detecção automática de conflitos é eficaz no que tange a gestão de projetos, no planejamento e execução de obras. Se antes, a análise das interferências era realizada de forma manual com a sobreposição de projetos 2D, com o BIM a identificação de conflitos ficou mais automatizada e focada em conflitos que realmente interessam durante o processo de execução.

Ainda de acordo com Sacks et. al (2021) a detecção de conflitos é eficaz quando a modelagem do projeto apresenta um bom nível de detalhe. Desse modo, elementos como dutos, tubos e elementos estruturais devem ser modelados no LOD 300 de forma a facilitar o processo de compatibilização. O autor destaca ainda que objetos pequenos, flexíveis e finos não devem ter destaque na compatibilização por sua facilidade de resolução na execução *in loco* e que elementos como dutos e tubulações necessitam de uma maior atenção durante a análise.

2.3.1.2.1 Softwares BIM aplicados a compatibilização

Atualmente, existem alguns *softwares* que realizam a identificação de conflitos em um modelo BIM. Segundo Sacks et. al (2021) esse tipo de ferramenta permite que o usuário importe seu modelo 3D e o visualize de forma integrada, sendo possível, analisar de uma forma mais sofisticada os conflitos mais simples e graves. Entretanto, essas interferências não podem ser modificadas nessas ferramentas e sim no software original, ocorrendo assim, uma nova atualização do modelo BIM. O Quadro 3 apresenta exemplos de softwares que podem ser utilizados dentro dessa vertente.

Quadro 3: Softwares utilizados para identificação de conflitos

SOFTWARE	DESCRIÇÃO
<i>Naviswork Manage (Autodesk)</i>	É uma ferramenta multiuso que além de identificar conflitos realiza revisão de modelos, simulações e animações 4D, extração de quantitativos, etc.
<i>Solibri Model Checker</i>	O software faz verificações gerais incluindo conflitos espaciais, objetos duplicados, além, de gerar relatórios de erros que podem ser destacados visualmente e formatados por: função, pavimento etc.
<i>ITWO (RIB)</i>	Utiliza-se de um banco de dados SQL próprio para armazenamento de objetos, dados de estimativas, além, de recursos para planejamento e orçamentação.

Fonte: Adaptado de SACKS et.al (2021)

O presente trabalho utilizará o *software* Navisworks por sua disponibilidade de acesso ao setor estudantil.

Segundo a Autodesk (2020), fabricante do software, o Navisworks tem como objetivo aprimorar a coordenação da análise de projetos dentro da plataforma BIM facilitando

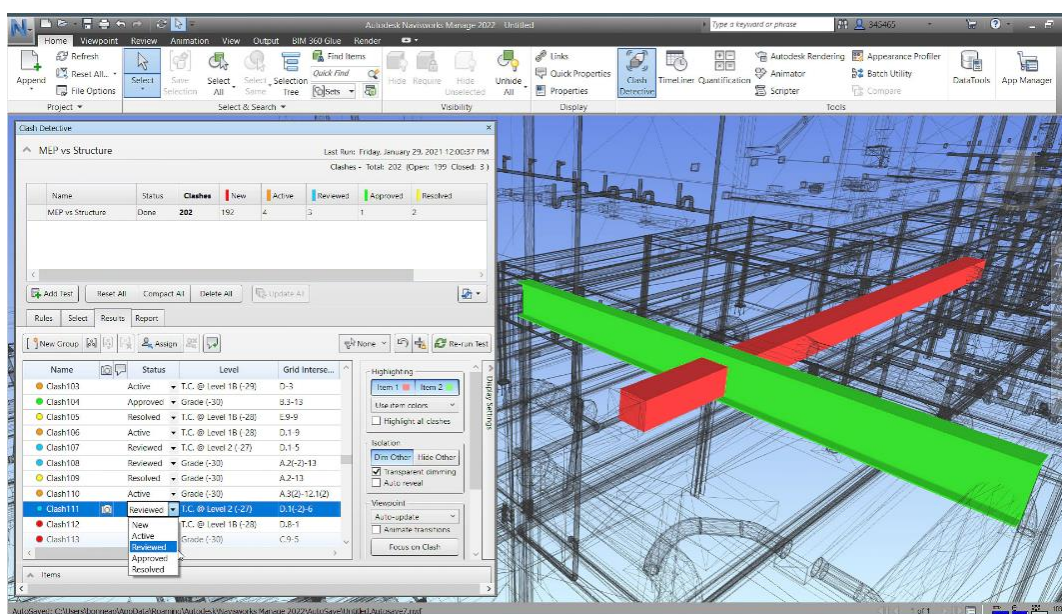
a identificação de possíveis problemas de interferência na construção antes do seu processo de execução. O software apresenta três versões definidas em Naviswork Freedom, Simulate e Manage.

O Naviswork Freedom funciona como visualizador gratuito de arquivos 3D NWD e DWF. Enquanto, o Simulate possui como função revisar o modelo tridimensional, analisar e simular o projeto, além, de quantificá-lo. (AUTODESK, 2022)

O Naviswork Manage é uma ferramenta de integração de modelos que possui diversas funcionalidades como: identificação de incompatibilidades em disciplinas, simulação e animações 4D, extração de quantitativos 5D. Além, da importação de modelos BIM, que preserva, características descritivas dos elementos. (SACKS et. al, 2021).

Arelada a identificação de incompatibilidades está a ferramenta “Clash Detective” que permite a identificação de interferências de disciplinas de um modelo 3D. Segundo Carreiró (2017) através dessa ferramenta é possível, identificar, analisar e reportar as interferências encontradas no modelo BIM, ou seja, o conflito é encontrado quando as geometrias de dois objetos se intersectam. A figura 14 mostra a interface desse recurso.

Figura 14: Interface do Clash Detection



Fonte: Autodesk (2022)

O Naviswork possui apenas a função de coordenação do projeto, assim sendo, não é possível modificar as interferências encontradas no modelo tridimensional. Desse modo, é possível utilizar uma ferramenta chamada “Switchback” que permite a atualização e a troca de informações entre os softwares Revit e Naviswork. (CARREIRÓ, 2017)

3 METODOLOGIA

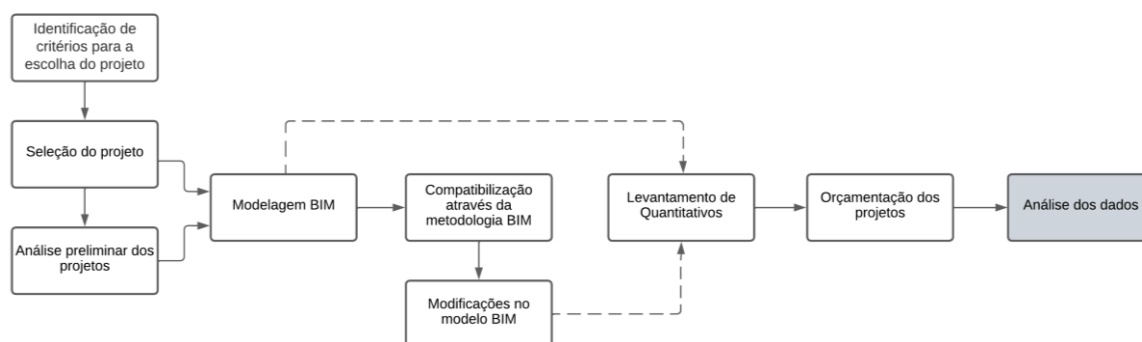
Nesse capítulo será apresentado o método de pesquisa utilizado para a análise de custo de um projeto hidráulico/elétrico, a partir, da sua modelagem paramétrica e tendo como fator comparativo a compatibilização utilizando o BIM. Sendo que, o método de pesquisa é baseado em um estudo de caso que segundo Gil (2006) tem por finalidade formular hipóteses, além de analisar alguns registros e observar alguns acontecimentos.

Os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico, concebidos em CAD, foram modelados através do Revit e compatibilizados com o *software* Naviswork. Através do levantamento de quantitativos automático dos projetos com e sem compatibilização foi realizada a orçamentação como medida de análise quantitativa dos dados obtidos.

3.2 Etapas da pesquisa

A metodologia utilizada nessa pesquisa pode ser ilustrada através do fluxograma apresentado na Figura 15.

Figura 15: Fluxograma das etapas da metodologia



Fonte: Autor (2022)

3.2.1 Identificação de critérios para a escolha do projeto

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi necessário a adesão de um projeto que possuísse as seguintes características:

- a) Tipo de edificação: A edificação deveria ser unifamiliar e de pavimento térreo, uma vez que, um projeto de múltiplos pavimentos poderia sobrecarregar o autor na etapa de modelagem das disciplinas.

- b) Disponibilidade de utilização: os arquivos disponibilizados não deveriam conter nenhum tipo de restrição quando a sua utilização na pesquisa
- c) Os projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias deveriam ter sido desenvolvidos no software AutoCAD.

3.2.2 Seleção do projeto

Foi selecionado um projeto de uma residência unifamiliar localizada na cidade de Juvenília (MG), o material de estudo foi disponibilizado por uma empresa do setor de projetos e de execução de obras da cidade de Montalvânia (MG). Foram concedidos os projetos: arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário, sendo que, todos foram desenvolvidos no software AutoCAD.

Como todos os critérios de seleção foram atendidos, dessa forma, ocorreu a escolha desse projeto para o estudo da pesquisa.

3.2.3 Análise preliminar dos projetos

Nessa etapa foi realizada a identificação de erros dos projetos hidrossanitário e elétrico conforme normas técnicas vigentes. Dessa forma, foi realizada uma análise técnica dos projetos de forma a garantir projetos complementares exequíveis antes mesmo da etapa de modelagem utilizando a plataforma BIM.

3.2.4 Modelagem BIM dos projetos

Para a realização da modelagem paramétrica dos projetos foi utilizado o software Autodesk Revit 2021 por conter a gratuidade de acesso estudantil, uma plataforma unificada que disponibiliza todas as disciplinas desse estudo, além, da familiaridade de utilização do autor.

Todos os arquivos de projetos disponibilizados e realizados pelo *software AutoCad* serviram como vínculo para a realização da modelagem em BIM, sendo a principal referência de desenvolvimento do processo.

Foi realizada de forma individualizada a modelagem dos projetos: arquitetônico e estrutural. Sendo que, o modelo finalizado do projeto arquitetônico serviu como vínculo para o desenvolvimento dos projetos: elétrico e hidráulico.

Ressalta-se que cada disciplina de projeto apresentou um template específico, apresentando-se em arquivos distintos, de forma a garantir a qualidade de execução do projeto, além, de assegurar um melhor desenvolvimento para a etapa de compatibilização.

3.2.5 Compatibilização dos projetos através da metodologia BIM

Após a conclusão da modelagem de todos os projetos, no software Revit, ocorreu a exportação dos arquivos para o formato nwc. Para a compatibilização em BIM foi utilizado o software Naviswork 2021, por conta do conhecimento precedente do autor, além, de conter uma versão estudantil.

No programa, foi utilizada a ferramenta *Clash Detect*, que intercalava a compatibilização entre duas disciplinas por análise, sendo encontradas incompatibilidades a partir do conflito entre duas geometrias distintas. Assim sendo, ocorreu a compatibilização entre as disciplinas de projetos seguindo a ordem descrita no quadro 4.

Quadro 4: Sequência cronológica da compatibilização entre disciplinas

Ordem de compatibilização	Disciplinas envolvidas
1º	arquitetônico x estrutural
2º	arquitetônico x hidráulica
3º	arquitetônico x elétrico
4º	estrutural x hidráulica
5º	estrutural x elétrico
6º	elétrico x hidráulico

Fonte: Autor (2022)

A partir da compatibilização dos projetos foi gerado um relatório de conflitos que será resolvido na etapa posterior da pesquisa

3.2.6 Alterações dos projetos a partir da compatibilização

A partir da identificação dos conflitos de projetos encontrados na compatibilização foi refeita a modelagem dos projetos em arquivos separados, de forma a

garantir os dados para o levantamento dos quantitativos nas etapas dos projetos compatibilizados e sem compatibilização.

3.2.7 Levantamento de quantitativos

O levantamento de quantitativos do projeto de instalações elétricas e hidrossanitárias foram extraídos automaticamente do software Revit através de tabelas pré configuradas no template utilizado para o estudo.

Para o projeto hidráulico foram divididas tabelas relacionadas a alguns materiais como: caixas e ralos, conexões para esgoto, conexões para água fria, elementos de inspeção, registros e válvulas e tubos rígidos.

O projeto de instalações elétricas apresentou tabelas quantitativas classificadas pelos componentes, eletrodutos e quantitativo de cabos elétricos.

3.2.8 Orçamentação dos projetos

Com o auxílio da tabela de quantitativos foi encontrado o custo total de execução referente a cada atividade presente nos projetos. Sendo que, a principal base utilizada para a orçamentação dos projetos elétrico e hidrossanitário foi o SINAPI, tendo como referência o estado de Minas Gerais (MG) além do mês de novembro do ano de 2020, que foi o período de entrega dos projetos ao cliente.

3.2.9 Análise dos dados

Na análise dos dados foram observados os custos gerados pelos projetos elétrico e hidrossanitário com e sem compatibilização BIM. Através desses resultados foi possível analisar a importância da compatibilização de projetos BIM para o planejamento orçamentário de projetos elétricos e hidrossanitários.

Para além do objetivo principal da pesquisa, foram observadas algumas vantagens da modelagem paramétrica em relação a apresentação e desenvolvimento de projetos de instalações hidráulicas e elétricas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A obtenção dos materiais para o desenvolvimento desse trabalho iniciou-se através da pesquisa junto a empresas do setor de projetos da cidade de Montalvânia (MG). O objetivo inicial da seleção era que apenas os projetos elétrico e hidrossanitário tivessem sido realizados no *software* AutoCAD, como não foi encontrado essa condição, o autor fez a modelagem também do projeto arquitetônico e do estrutural.

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento dessa pesquisa foram estruturados em quatro etapas de forma a avaliar o impacto da modelagem e da utilização da compatibilização BIM para projetos elétricos e hidráulicos.

A primeira etapa dos resultados, avaliou os erros de projetos identificados antes da modelagem das disciplinas. A etapa dois analisou o desenvolvimento do modelo paramétrico e suas respectivas características. A terceira etapa analisou a compatibilização dos projetos utilizando a metodologia. Por fim, na última etapa ocorreu a comparativo de custo, através da orçamentação, dos projetos compatibilizados e sem compatibilização.

4.1 Estudo de caso

O estudo de caso é composto por um projeto de uma residência unifamiliar, localizada na cidade de Juvenília (MG). Foram fornecidos pela empresa a documentação técnica relacionada aos projetos de Arquitetura, Estrutura, Instalações Elétricas e Instalações Hidrossanitárias. Sendo que, toda a documentação foi disponibilizada no formato de arquivo *dwg*.

A edificação é composta por uma residência unifamiliar térrea com um terreno de 362 m² e uma área total construída de quase 212 m². A habitação possui três quartos, sendo duas suítes, além de uma cozinha, sala de estar, sala de TV, sala jantar, jardim de inverno, área de serviço e garagem. A planta baixa do projeto arquitetônico é ilustrada no Anexo A.

4.2 Identificação de erros de projeto

Antes da etapa da modelagem paramétrica foi necessário identificar alguns erros nos projetos de instalações elétricas e hidráulicas. Essa medida foi utilizada de forma a

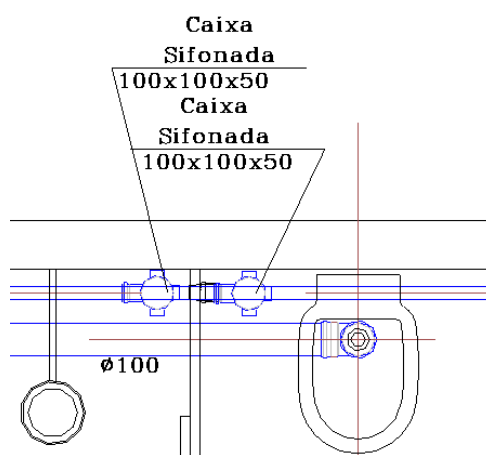
garantir um melhor desenvolvimento de apresentação de projetos baseado em normas específicas das disciplinas em estudo.

4.2.1 Identificação de erros no projeto de instalações hidrossanitárias

4.2.1.1 Ligação entre duas caixas sifonadas

Foram identificados em todos os banheiros, da residência, a ligação entre duas caixas sifonadas, situação que não está estabelecida na norma NBR 8160 (1999). A figura 16 ilustra essa situação.

Figura 16: Caixas sifonadas interligadas



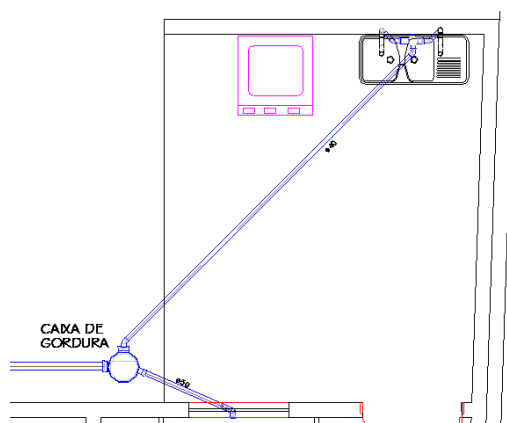
Fonte: Autor (2022)

Para a resolução dessa problemática foi inserido no projeto um ralo seco com saída articulada 100 x 40 para o recolhimento do esgoto sanitário do chuveiro e uma caixa sifonada 100x 140 x 50 próximo a bacia sanitária, sendo mantida as posições das peças.

4.2.1.2 Tubulação do tanque conectada na caixa de gordura

No projeto sanitário foi identificado que o esgoto proveniente dos tanques está sendo destinado para uma caixa de gordura, ver figura 17, o que contraria termos executivos uma vez que a caixa de gordura é um aparelho de inspeção utilizado para reter gorduras de pias de cozinhas e máquinas de lavar louças antes de enviar essas substâncias para a rede de esgoto.

Figura 17: Tubulação dos tanques conectada na caixa de gordura



Fonte: Autor (2022)

Como solução para esse erro de projeto foi adicionado uma caixa de inspeção para coletar o esgoto proveniente dos tanques e uma tubulação de ligação que transporta o esgoto da caixa de gordura para a caixa de inspeção.

4.2.1.3 Tubulações do esgoto sanitário sem inclinação

O projeto não especifica as inclinações das tubulações sanitárias, dessa forma, foi seguido a recomendação da norma NBR 8160 (1999) que sugere que as tubulações de esgoto devem possuir uma inclinação mínima para o seu bom desempenho, sendo atribuído 2% para tubulações iguais e inferiores a 75mm e 1% em tubulações superiores. Além disso, é considerado uma inclinação máxima de 5% para qualquer tipo seção.

4.2.1.4 Ausência da representação do diâmetro das colunas de ventilação

Notou-se a ausência do diâmetro das tubulações de ventilação do esgoto. Desse modo, foi utilizada a tabela 2 da norma NBR 8610 (1999) fazendo um comparativo com a somatória de unidades Hunter dos aparelhos sanitários dos trechos, sendo atribuído um diâmetro de 50mm para as tubulações de ventilação.

4.2.1.5 Ausência de ventilação no esgoto da cozinha e dos tanques

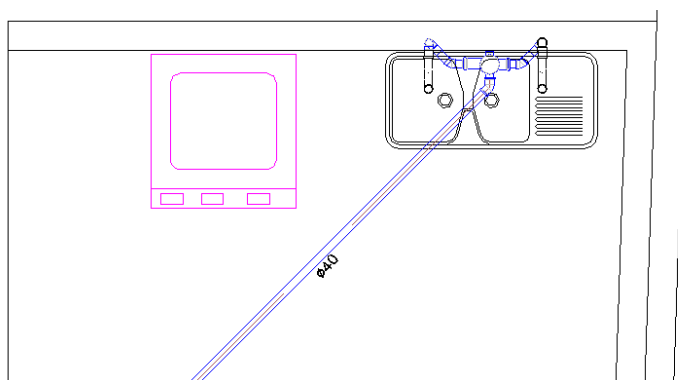
O projeto sanitário não apresenta ventilação para o esgoto proveniente da cozinha e dos tanques da área de serviço. Portanto, foi utilizado a tabela 2 da norma NBR 8610 (1999) e foi estabelecido colunas de ventilação de 50 mm para os respectivos trechos.

4.2.1.6 Apresentação de tubulações fora do contexto de dimensionamento

Foi notado que a tubulação de esgoto dos tanques, além, da tubulação que sai das caixas sifonadas dos banheiros apresenta um diâmetro menor do que deveria ser dimensionado, a partir do número de unidades de Hunter de contribuição verificou-se que a tubulação, de ambas as situações deveriam ter 50mm ao invés de 40mm, ver figura 18 e 19.

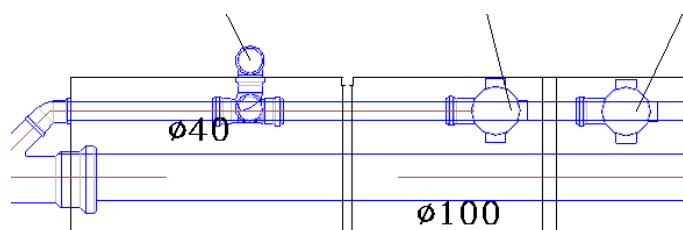
Além disso, a especificação comercial da caixa sifonada apresenta uma saída de 50mm, o que contraria a apresentação do projeto.

Figura 18: Encaminhamento da tubulação de esgoto dos tanques



Fonte: Autor (2022)

Figura 19: Encaminhaento do esgoto das caixas sifonadas do banho 01

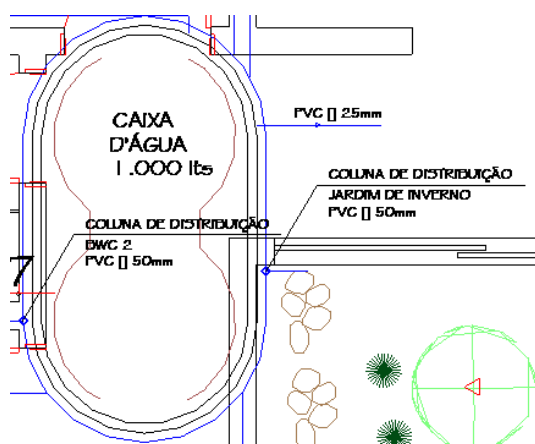


Fonte: Autor (2022)

Para a solução de ambos os problemas, foram adotadas saídas de 50mm das caixas sifonadas.

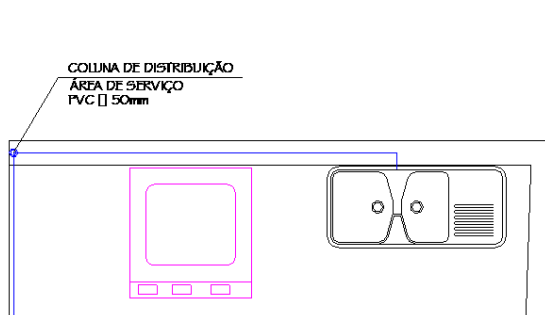
Outra situação decorrente, no projeto hidráulico, foi a apresentação de colunas de distribuição que possuíam um diâmetro superior, de 50mm, ao que realmente poderia ter sido dimensionado. A figura 20 e 21 demonstra essa situação.

Figura 20: Coluna de distribuição do jardim de inverno



Fonte: Autor (2022)

Figura 21: Coluna de distribuição da área de serviço



Fonte: Autor (2022)

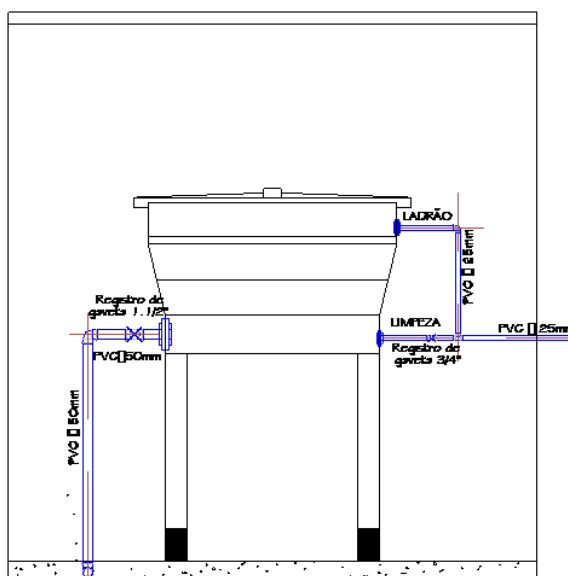
Como resolução foram adotadas tubulações de 25mm que atendem à demanda de água potável nesses pontos de consumo.

4.2.1.7 Detalhamento dos reservatórios

O detalhamento do reservatório de abastecimento não indica a sua altura e nem apresenta a tubulação de aviso, utilizada em caso de falhas da torneira de bóia. Além, de

possuir uma tubulação de extravasão com um diâmetro similar ao de alimentação da caixa d'água, contrariando a recomendação da norma NBR 5626 (1988) que sugere um diâmetro superior.

Figura 22: Detalhe do Reservatório

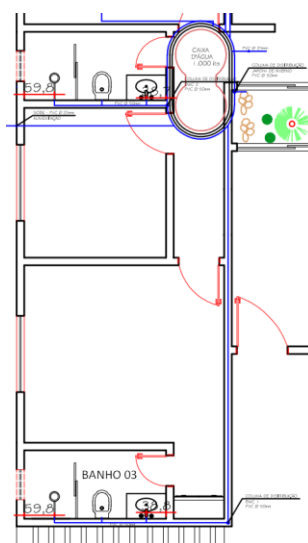


Fonte: Autor (2022)

A visto disso, foi atribuído uma tubulação de aviso de 25mm para a parte externa da residência e uma tubulação de 32mm para a extravasão e limpeza da caixa d'água.

Para encontrar a altura do reservatório foi desenvolvido o método das pressões dinâmicas para o caminho mais crítico de abastecimento, constituído pelo trecho do reservatório que alimenta o banheiro 03, ver figura 23.

Figura 23: Caminho crítico- trecho do reservatório até o banho 03



Fonte: Autor (2022)

O dimensionamento do trecho crítico pode ser observado na tabela 2, dessa forma, foi estabelecida uma altura mínima de 1,1m de forma a garantir o abastecimento da residência por gravidade. A partir dos cálculos, foi encontrada uma pressão de 15kPa para o chuveiro, que é o elemento mais crítico em termos de utilização. Como a norma 5626 (1998) estabelece uma pressão mínima de 10kPa (1mca), logo, o dimensionamento foi atendido.

Tabela 2: Dimensionamento do caminho crítico

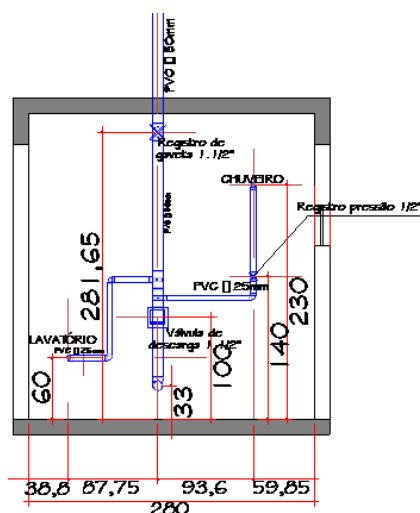
Trecho	Vazão (L/s)	D (mm)	Di (mm)	Perda de carga (kPa/m)	Diferença de cota (m)	Pressão disponível (kPa)	Comprimento (m)			Perda de carga (kPa)			Pressão disponível (kPa)
							Real	Equiv.	Total	Tubo	Conexões e Registros	Total	
RESER	1,76	50	44	0,37	1,12	11,2	1,3	0,479	1,78	0,65		0,65	10,55
CH e BS	1,71	50	44	0,35	0	10,55	6,6	0,579	7,18	2,49		2,49	8,06
BS	1,70	40	35,2	0,99	2,7	35,06	2,9	0,620	3,52	3,48		3,48	31,59
CH e LV	0,19	25	21,6	0,22	2,5	33,06	2,8	0,123	2,92	0,64		0,64	32,43
LV	0,16	25	21,6	0,17	0	32,43	0,65	0,072	0,72	0,12		0,12	32,31
CH	0,09	25	21,6	0,06	-1,66	15,83	2,3	0,020	2,32	0,15	0,02	0,17	15,66

Fonte: Autor (2022)

4.2.1.8 Alimentação da válvula de descarga na mesma coluna de outros pontos de consumo

A tubulação de alimentação da válvula de descarga está na mesma coluna dos pontos de alimentação do chuveiro e lavatório, ver figura 24. A situação apresentada no projeto é contrária ao que estabelece a norma NBR 15575-6 (2013) que sugere uma coluna exclusiva para alimentação da válvula de descarga sem qualquer outro ramal unificado a essa prumada.

Figura 24: Alimentação da válvula de descarga em conjunto com outros pontos de consumo



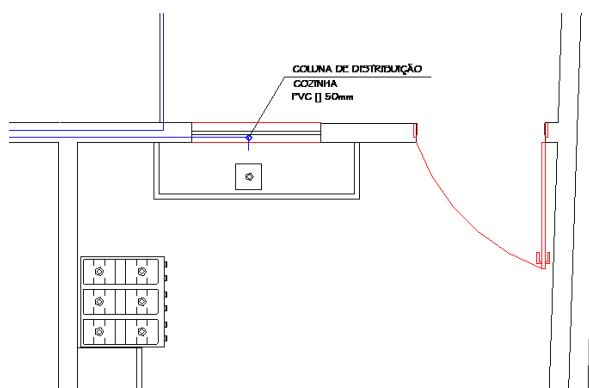
Fonte: Autor (2022)

A vista disso, foi considerada uma coluna única para a alimentação da bacia sanitária e a inserção de uma coluna para a alimentação do chuveiro e do lavatório.

4.2.1.9 Ambiguidade na apresentação da coluna de distribuição na cozinha

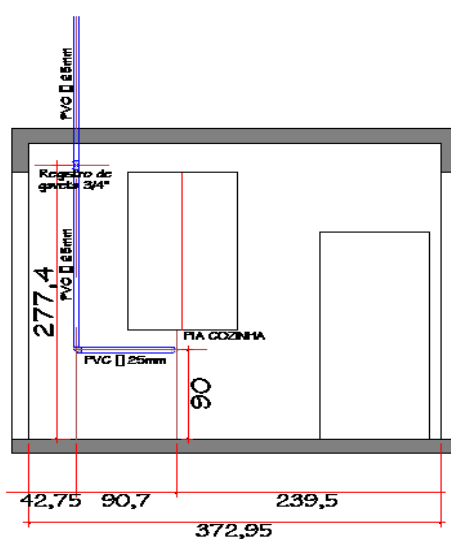
Foi notado que na planta baixa, do projeto hidráulico de água fria, a coluna de contribuição da pia da cozinha estava dentro da janela, como ilustrado na figura 25, porém, no corte hidráulico ela apresenta-se no alinhamento esquerdo da janela, ver figura 26. Portanto, manteve-se o corte esquemático como referência correta para o projeto.

Figura 25: Planta baixa representando coluna de distribuição da cozinha



Fonte: Autor (2022)

Figura 26: Corte representando a coluna de distribuição da cozinha



Fonte: Autor (2022)

4.2.2 Identificação de erros no projeto de instalações elétricas

4.2.2.1 Detalhamento dos pontos elétricos

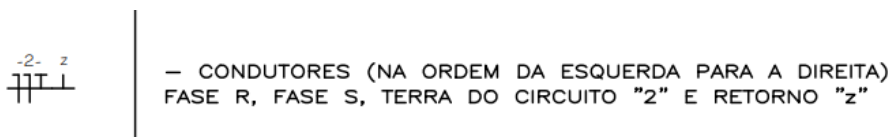
O projeto de instalações elétricas não apresenta a indicação de potência nas tomadas, nem a representação dos interruptores paralelos e intermediário para os comandos r e s.

Diante disso, com base na norma 5410 foi inserida as potências nas tomadas considerando 100VA (*volt-ampere*) para todas as tomadas de uso geral, exceto, três tomadas da cozinha e da área de serviço que ficaram com 600VA, além, de constituírem tomadas de 20A (*amperes*). Houve ainda a adesão de tomadas de 20A para os pontos de ar-condicionado presentes na residência.

4.2.2.2 Representação da fiação

Em uma das indicações de simbologia do projeto ocorreu um equívoco na representação do fio condutor de fase, que foi representado como neutro, ver figura 27.

Figura 27: Representação dos fios condutores de fase, terra e retorno de um circuito



Fonte: Autor (2022)

Assim sendo, foi estabelecida a representação de fiação presente na norma 5444 (1989), ilustrada na figura 28.

Figura 28: Representação dos condutores de fase, neutro, retorno e terra

	Condutor de fase no interior do eletroduto	Cada traço representa um condutor. Indicar a seção, nº de condutores, nº do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm ²
	Condutor neutro no interior do eletroduto	
	Condutor de retorno no interior do eletroduto	
	Condutor terra no interior do eletroduto	

Fonte: ABNT (1989)

4.2.2.3 Ambiguidade na representação dos circuitos

Ocorre uma ambiguidade na apresentação do circuito da cozinha, que na tabela resumo dos circuitos, figura 29, possui a adesão das tomadas dos quartos e salas, enquanto, no diagrama unifilar, figura 30, o circuito é unificado apenas pelas cargas do ambiente.

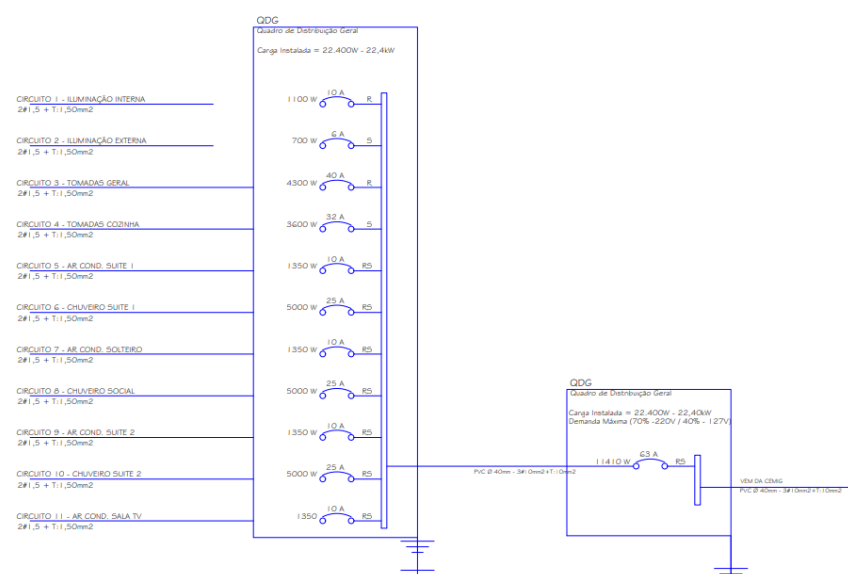
Á vista disso, foi considerado o circuito representado pelo diagrama unifilar pois está alinhando a norma 5410 (2004) que sugere a individualização do circuito de cozinha e áreas de serviço. Para além disso, considerou-se um circuito unificado para a área de serviço da residência.

Figura 29: Tabela de Resumo dos Circuitos

CIRCUITO N°	DESCRIÇÃO	CONDUTORES (mm ²)	P(VA)	U(V)	I(A)
1	ILUMINAÇÃO INTERNA	2,5	1100	127	8,66
2	ILUMINAÇÃO EXTERNA	2,5	700	127	5,51
3	TOMADAS GERAL	4,0	4300	127	33,86
4	TOMADAS COZINHA/SALA/QUARTOS	4,0	3600	127	28,35
5	AR. COND.SUITE 1	4,0	1350	220	6,14
6	CHUVEIRO SUITE 1	6,0	5000	220	22,73
7	AR COND. SOLTEIRO	4,0	1350	220	6,14
8	CHUVEIRO SOCIAL	6,0	5000	220	22,73
9	AR. COND.SUITE 2	4,0	1350	220	6,14
10	CHUVEIRO SUITE 2	6,0	5000	220	22,73
11	AR.COND.SALA DE TV	4,0	1350	220	6,14

Fonte: Autor (2022)

Figura 30: Diagrama Unifamiliar



Fonte: Autor (2022)

4.3 Desenvolvimento da modelagem paramétrica

A modelagem paramétrica dos projetos foi dividida em quatro etapas: projeto arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. Cada um dos projetos desenvolveu-se a partir de um template específico com suas respectivas configurações e famílias.

O modelo paramétrico de cada disciplina utilizou como base inicial os projetos originais realizados em DWG, presentes no Anexo, que foram importados para o Revit como vínculo e que auxiliaram na modelagem tridimensional.

A seguir, são apresentadas algumas características utilizadas no desenvolvimento de cada modelo paramétrico.

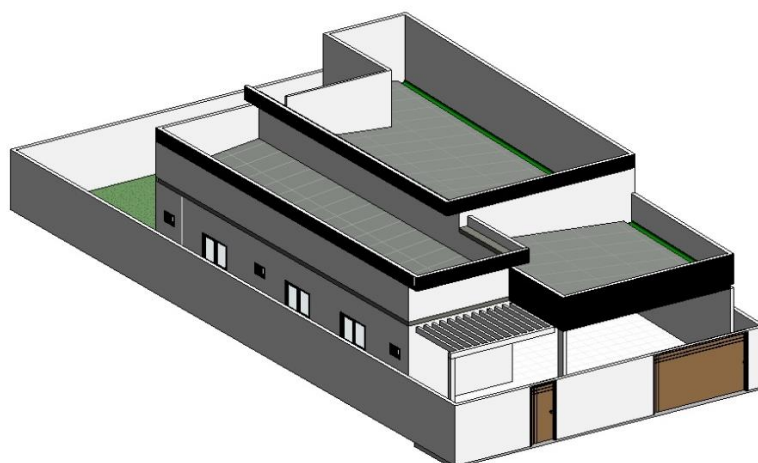
4.3.1 Modelagem do projeto arquitetônico

Inicialmente, foi criado os níveis, para o modelo, com base nas alturas do projeto original. Em seguida, ocorreu a importação do projeto arquitetônico em DWG e iniciou-se a modelagem de alguns elementos da arquitetura.

O primeiro elemento modelado foi o piso da residência, seguido pelas paredes, portas e janelas, respectivamente. As famílias de portas e janelas tiveram modificações em suas dimensões para enquadrar-se as esquadrias do projeto original. Algumas informações sobre acabamentos e detalhamentos do projeto arquitetônico não foram modeladas pela falta de informação do projeto original e por não conter relevância no objetivo desse trabalho.

A modelagem paramétrica final da arquitetura é apresentada na figura 31.

Figura 31: Modelo BIM da arquitetura



Fonte: Autor (2022)

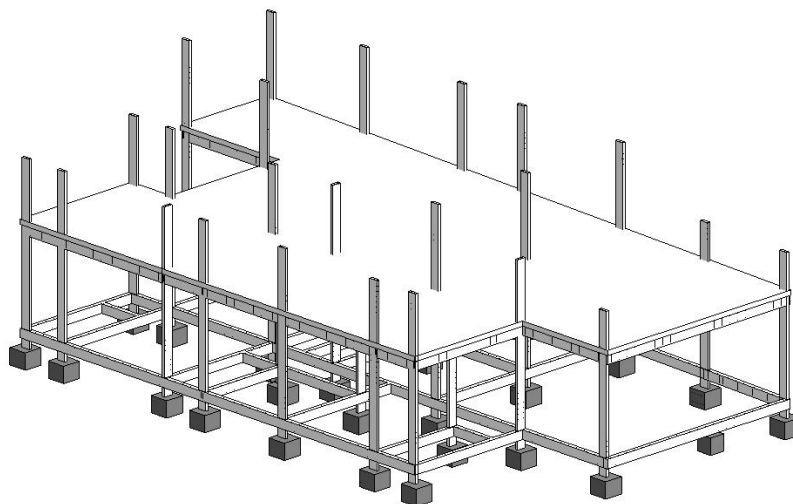
4.3.2 Modelagem do projeto estrutural

O modelo estrutural iniciou-se a partir da importação do vínculo no formato DWG realizado pelo software AutoCad. Além disso, ocorreu a vinculação do modelo arquitetônico finalizado para servir como base na criação do modelo.

A modelagem dos elementos iniciou-se pelas sapatas de fundação, vigas baldrame, pilares, vigas e laje, respectivamente. Todos os elementos estruturais foram modelados com suas respectivas armações, exceto, a laje maciça que não foi dimensionada no projeto original, na modelagem ela foi representada com espessura de 15 cm alinhada a informação presente no projeto arquitetônico.

O modelo final da estrutura da residência é apresentado na figura 32.

Figura 32: Modelagem BIM da estrutura



Fonte: Autor (2022)

4.3.3 Modelagem do projeto de instalações elétricas

O modelo das instalações elétricas iniciou-se a partir da importação do arquivo original do projeto de instalações elétricas, em dwg, através da ferramenta do “vínculo de CAD”. Com o arquivo base inserido também se vinculou o modelo arquitetônico finalizado.

O desenvolvimento da modelagem das instalações elétricas iniciou-se a partir da definição do tipo de material que seria utilizado para os eletrodutos, uma vez que, não existia esse fundamento no projeto que foi proporcionado para esse estudo. Desse modo, utilizou-se o eletroduto pvc rígido soldável para as instalações enterradas, o eletroduto flexível corrugado

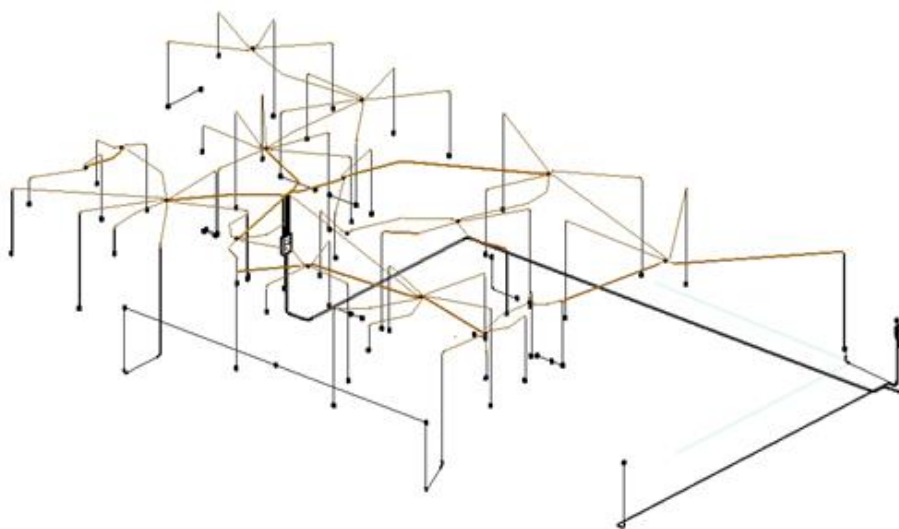
reforçado para as instalações concretadas na laje e o eletroduto flexível corrugado para as instalações inseridas nas paredes.

A inclusão dos elementos elétricos iniciou-se, respectivamente, pelos pontos de luz, tomadas e interruptores, quadro de destruição e medição. Como o template utilizado é configurado em relação à somatória das cargas, percebeu-se que os circuitos de iluminação interna e externa não possuíam a mesma carga elétrica prevista em projeto. À vista disso, foi inserido um disjuntor de 16 amperes para a iluminação interna e um de 10 amperes para a iluminação externa, além, de um disjuntor de 16 amperes para o circuito das tomadas da área de serviço.

Ocorreu um problema no desenvolvimento da modelagem elétrica, por conta disso, a representação do diagrama unifamiliar será desenvolvida em formato dwg, formato que geralmente é desenvolvido no próprio projeto em Revit.

O modelo final das instalações elétricas é ilustrado na figura 33.

Figura 33: Modelo BIM das instalações elétricas



Fonte: Autor (2022)

4.3.4 Modelagem do projeto de instalações hidrossanitárias

A modelagem das instalações hidrossanitárias começou seu desenvolvimento a partir da importação do arquivo original do projeto de instalações hidrossanitárias no formato dwg, através da ferramenta do “vínculo de CAD”. Além do arquivo base inserido ocorreu a

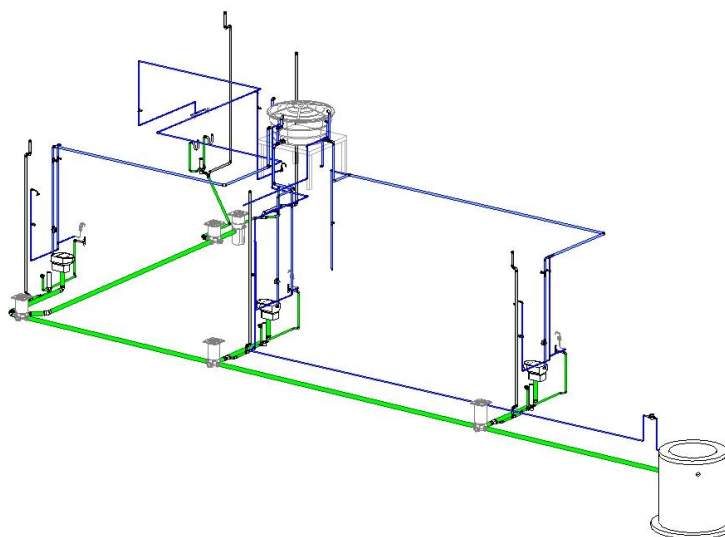
importação do modelo BIM do projeto arquitetônico finalizado de forma a facilitar a visualização do projeto como um todo.

Com a identificação dos erros de projeto descritos na etapa anterior, foi possível ter uma visão ampla de como o projeto de instalações hidrossanitárias poderia ser desenvolvido. Assim como na etapa da modelagem elétrica, foram definidos materiais hidráulico-sanitários para esse modelo, uma vez que, existia essa ausência de informação no projeto entregue para esse estudo. Portanto, para as tubulações de água fria foi estabelecida a tubulação de pvc soldável com suas respectivas conexões e para os tubos de esgoto sanitário e ventilação foi estabelecido o material de pvc série normal, exceto, para a tubulação de esgoto gorduroso que estabeleceu-se como pvc série reforçada.

Como não foi encontrado uma família de válvula de descarga com um diâmetro de 50mm, modificou-se a tubulação prevista no projeto original para 40 mm. Como o dimensionamento não seria impactado com essa mudança, optou-se para essa transição de projeto.

A figura 34 apresenta o modelo final de instalações hidrossanitárias.

Figura 34: Modelo BIM das instalações hidrossanitárias



Fonte: Autor (2022)

4.4 Erros de compatibilização identificados

A partir da finalização da modelagem paramétrica da residência unifamiliar foi possível analisar as interferências que as disciplinas poderiam evidenciar durante o processo de construção do imóvel.

Os modelos, criados pelo Revit, foram exportados no formato nwc para o software Naviswork, que analisou as interferências de projeto através da visualização 3D, além, da ferramenta Clash Setection.

O software Naviswork identifica todos os conflitos onde ocorrem interferências entre dois elementos de disciplinas distintas. Entretanto, acaba gerando repetições de um mesmo *clash*. como forma de solucionar essa situação foram analisados individualmente cada interferência e citados nesse trabalho as que gerariam impacto na execução do projeto.

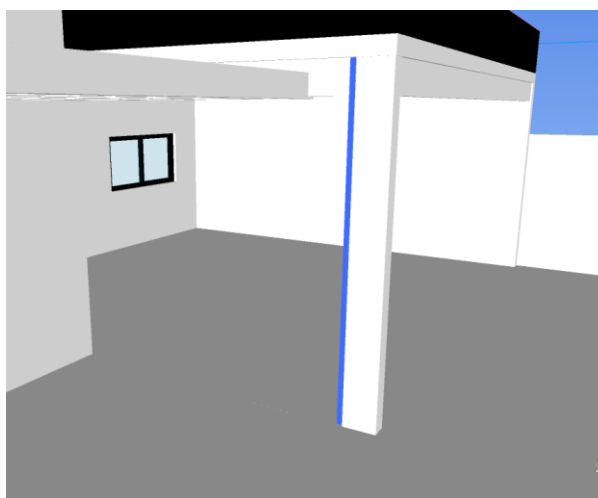
4.4.1 Compatibilização entre projeto arquitetônico e estrutural

A compatibilização entre o projeto estrutural e o arquitetônico ocorreu através da visualização dos modelos, uma vez que, através da identificação de interferências seria inviável apontar os conflitos entre os projetos.

Os quatros principais conflitos identificados estão relacionados a visualização de pilares em locais que deveriam ser recobertos por revestimento, impossibilitando sua manifestação aos usuários da residência. A resolução desses conflitos foi solucionada antes da identificação de interferências com os projetos de instalações como forma de garantir uma compatibilização mais assertiva.

A incompatibilidade 01 está relacionado ao pilar, localizado na garagem, que se sobrepõem a dimensão prevista pelo projeto arquitetônico, ver figura 35.

Figura 35: Interferência entre pilar (azul) e coluna prevista no projeto arquitetônico

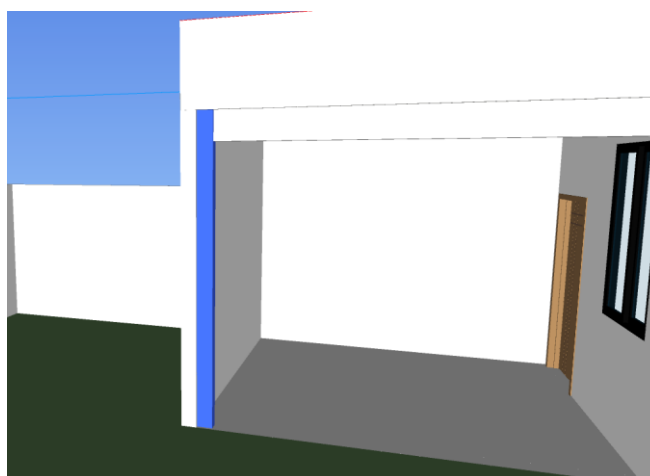


Fonte: Autor (2022)

À vista disso, ocorreu o deslocamento do pilar no projeto estrutural, além, de um aumento simplificado da representação do pilar no projeto arquitetônico, passando de 30 para 33 cm.

A incompatibilidade 02 relaciona-se a sobreposição do pilar situado na área de serviço da residência, ilustrado na figura 36. Como maneira de garantir a compatibilização do projeto, foi realizado no projeto estrutural a rotação em 90° do pilar.

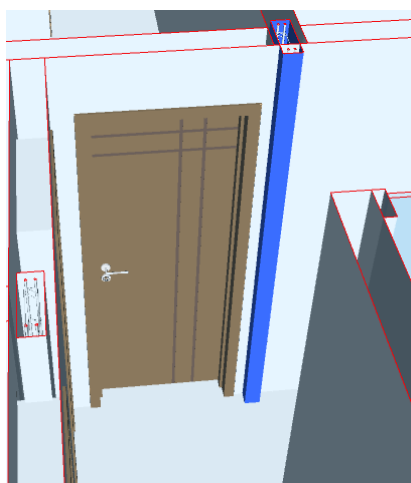
Figura 36: Incompatibilidade entre pilar (azul) que se sobrepõe no projeto arquitetônico



Fonte: Autor (2022)

A incompatibilidade 03, também, refere-se à sobreposição do pilar em relação a uma parede, ver figura 37. O conflito, localizado próxima a porta da suíte 02, foi solucionado com a deslocamento do pilar para posição alinhada com a parede.

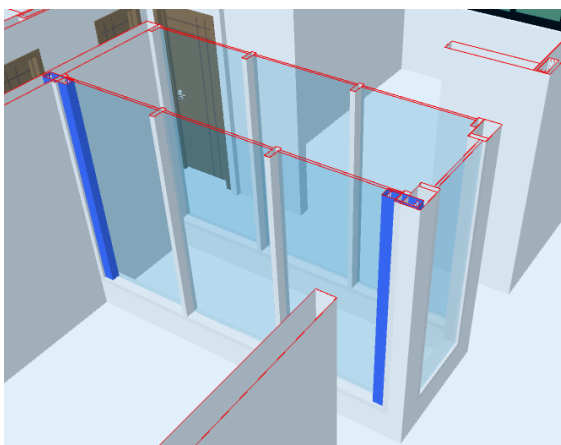
Figura 37: Incompatibilidade entre pilar (azul) e a arquitetura do projeto



Fonte: Autor (2022)

A última interferência identificada apresenta conflitos entre dois pilares e a cortina de vidro do jardim de inverno, ilustrada na figura 38. Diante disso, foram rotacionados os dois pilares, além, de ocorrer a diminuição de 5cm em todas as extremidades da cortina de vidro.

Figura 38: Incompatibilidade entre pilares (azul) e cortina de vidro

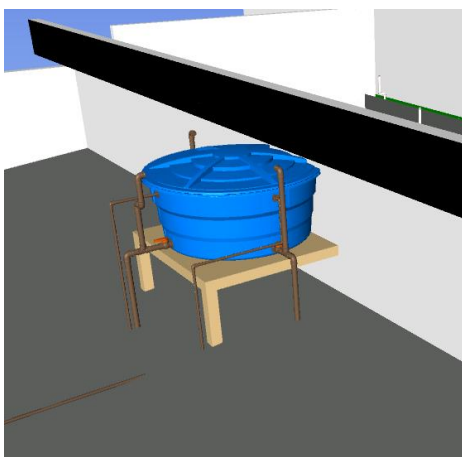


Fonte: Autor (2022)

4.4.2 Compatibilização entre projeto arquitetônico e hidrossanitário

A compatibilização entre o projeto arquitetônico e hidrossanitário foi realizada através da visualização integrada dos modelos. Sendo que foi encontrada uma incompatibilidade entre o reservatório de abastecimento e uma parede, ilustrada na figura 39. Como solução para o conflito deslouchou-se a caixa d'água, e sua respectiva base, até uma posição que inviabilizasse a interferência.

Figura 39: Incompatibilidade de reservatório e parede

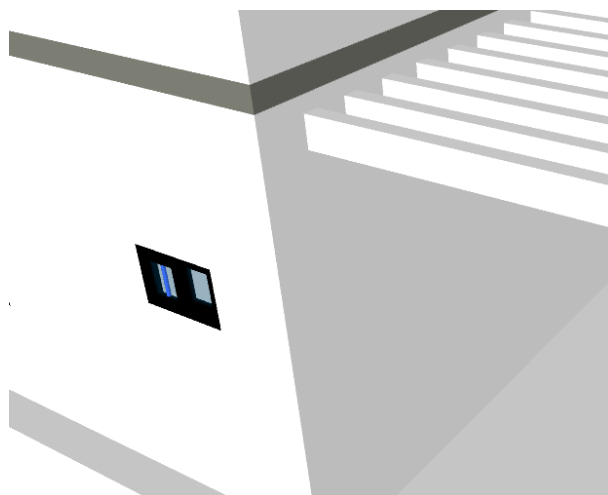


Fonte: Autor (2022)

4.4.3 Compatibilização entre projeto arquitetônico e elétrico

A compatibilização de projetos entre as disciplinas de arquitetura e instalações elétricas utilizou a mesma metodologia desenvolvida nas compatibilizações anteriores. Desse modo, foi encontrada uma incompatibilidade entre um eletroduto e uma janela, localizada do banho da suíte 01, representada na figura 40. A resolução encontrada foi o afastamento do elemento elétrico da esquadria.

Figura 40: Incompatibilidade do eletroduto (azul) dentro da janela



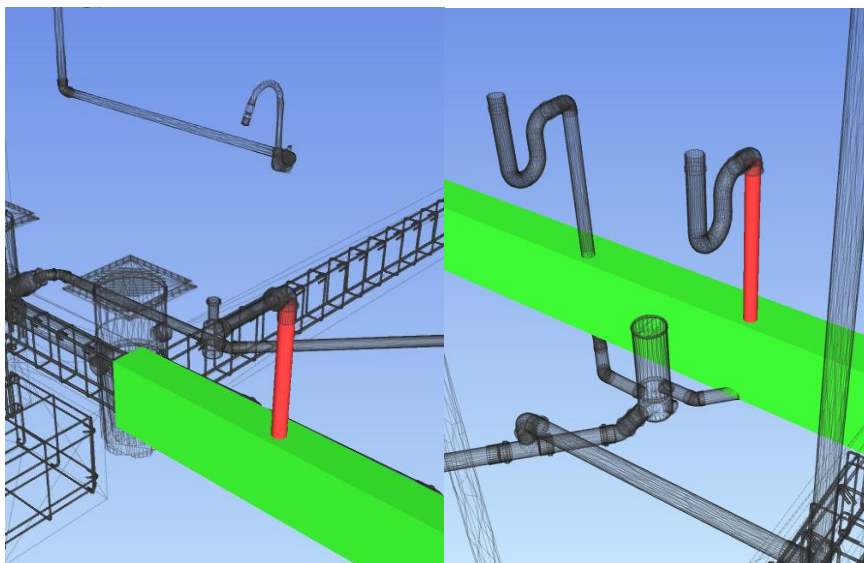
Fonte: Autor (2022)

4.4.4 Compatibilização entre projeto estrutural e hidrossanitário

O estudo de compatibilização entre as disciplinas de estrutura e hidráulica foi realizado com a ferramenta *clash detection* utilizando uma tolerância de 1cm para as interferências. Desse modo, foram encontradas 07 principais incompatibilidades que apresentavam o mesmo tipo de conflito em mais de uma situação.

A incompatibilidade 01 vincula-se a todos os pontos de esgoto sanitário, localizados nos lavatórios, pia e tanque da residência, que intersectam com as vigas baldrame, a figura 41 ilustra alguns casos. O desvio de esgoto através de conexões de 45° foi utilizado como alternativa de resolução desse conflito.

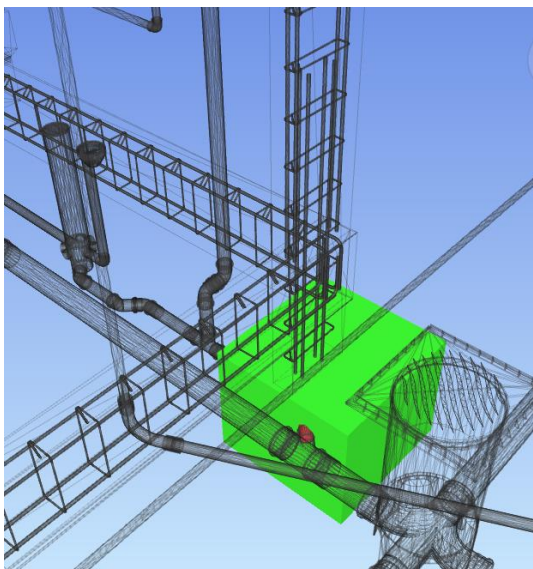
Figura 41: Incompatibilidade entre tubulações (vermelho) e viga baldrame (verde) a esquerda na pia da cozinha e a direita no tanque da área de serviço



Fonte: Autor (2022)

A segunda incompatibilidade associa-se as saídas de esgoto sanitários, de todos os banheiros da residência, com as sapatas presentes no projeto estrutural, ver figura 42. O deslocamento da tubulação tornou-se uma possibilidade de resolução da intercessão.

Figura 42: Incompatibilidade entre tubulação (vermelho) e sapata (verde)

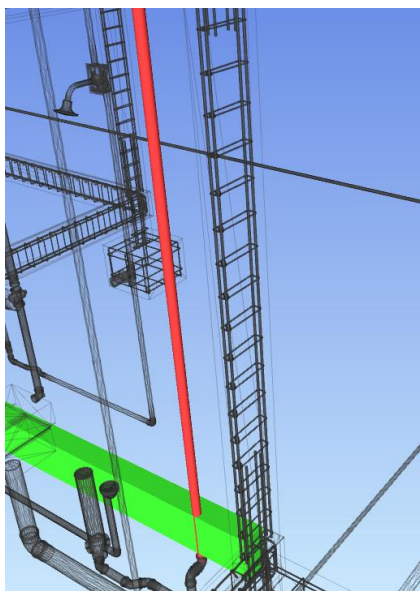


Fonte: Autor (2022)

A terceira incompatibilidade, que é similar a primeira, é constituída pela interferência das colunas de ventilação, de todos os ambientes, que conflitam com as vigas

baldrames, ilustrada na figura 43. A criação de desvios com conexões, para as colunas de ventilação, encontrou-se como uma solução viável, em termos executivos, para o conflito.

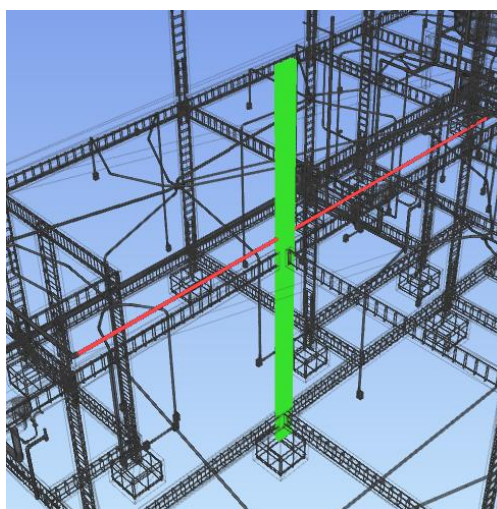
Figura 43: Incompatibilidade entre coluna de ventilação (vermelho) e viga baldrame (verde)



Fonte: Autor (2022)

A incompatibilidade 04 relaciona-se ao contato entre tubulações de ramais de distribuição com pilares, ver figura 44. A situação ocorreu ao longo das tubulações de distribuição: do banho da suíte 01, área de serviço e cozinha. A problemática foi solucionada com o deslocamento das tubulações.

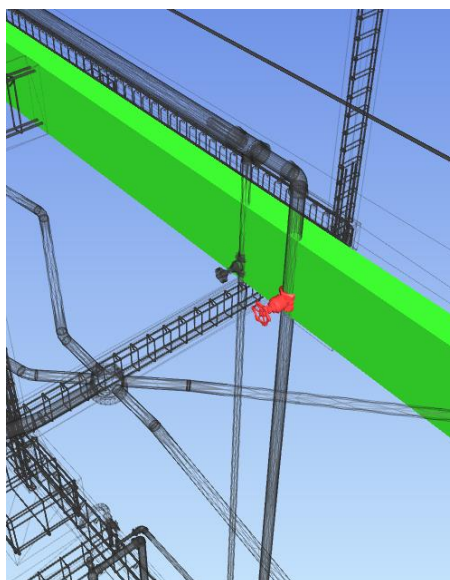
Figura 44: Incompatibilidade entre tubulação de ramal de distribuição (vermelho) e pilar (verde)



Fonte: Autor (2022)

A quinta incompatibilidade refere-se ao conflito entre os registros de gaveta com vigas estruturais, interferência ilustrada na figura 45. A situação ocorre em todos os banheiros e na cozinha da residência, como alternativa foi estabelecida a cota de altura de 2,5m para todos os registros.

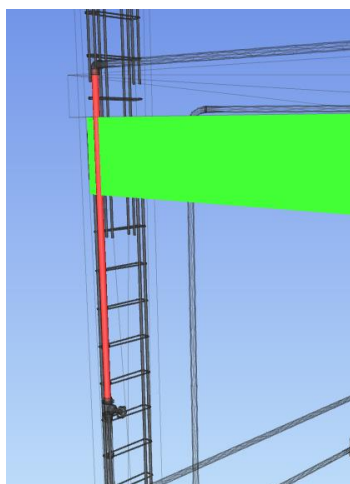
Figura 45: Incompatibilidade entre registro de gaveta (vermelho) e viga (verde)



Fonte: Autor (2022)

A incompatibilidade 06 ocorre entre a tubulação da coluna, que abastece a área serviço, juntamente com pilar e viga estrutural, representada na figura 46. A alternativa de resolução do conflito foi o deslocamento da tubulação até um espaço que não gere interferência com os elementos estruturais.

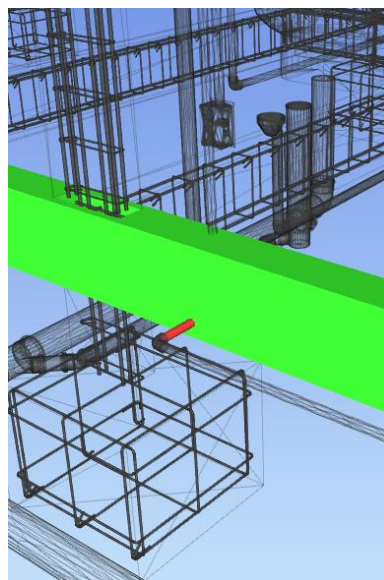
Figura 46: Interferência entre tubulação (vermelho) e viga (verde)



Fonte: Autor (2022)

A sétima incompatibilidade é referente a tubulação de alimentação do reservatório e viga baldrame, ver figura 47. A resolução viável para o conflito é passar a tubulação abaixo da viga.

Figura 47: Interferência entre tubulação (vermelho) e viga baldrame (verde)



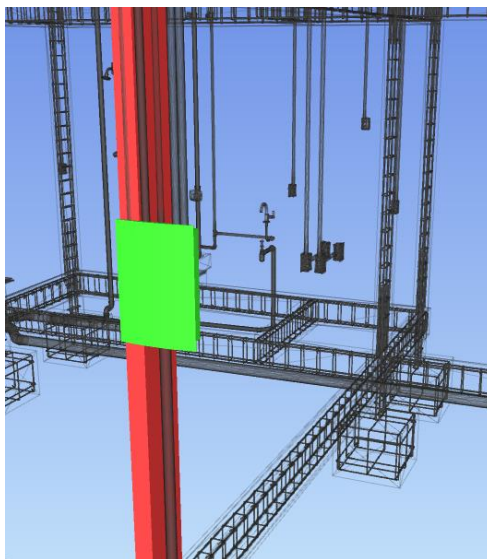
Fonte: Autor (2022)

4.4.5 Compatibilização entre projeto estrutural e elétrico

A compatibilização entre as disciplinas de estrutura e instalações elétrica foi realizada pela ferramenta Clash Detection com uma tolerância de 1cm, para evitar repetições de interferências. Logo, foram identificadas 03 principais incompatibilidades.

A incompatibilidade 01 está relacionada ao conflito entre o quadro de distribuição e um pilar estrutural, ver figura 48. Como alternativa de resolução do conflito foi deslocado o quadro para uma posição que evitasse a interferência.

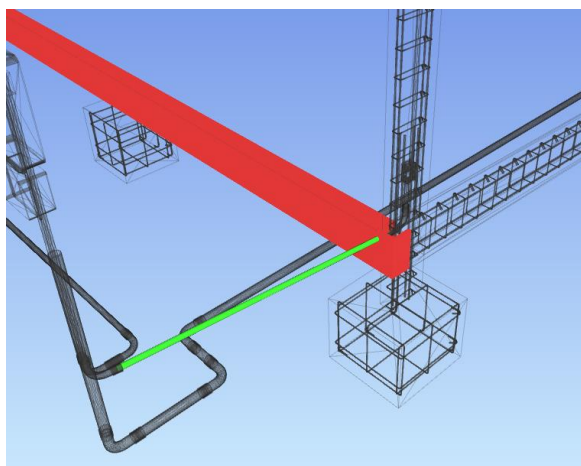
Figura 48: Incompatibilidade entre quadro elétrico (verde) e pilar (vermelho)



Fonte: Autor (2022)

A segunda incompatibilidade obteve como conflito um eletroduto e uma viga baldrame, ilustrada na figura 49. A interferência foi encontrada próxima a entrada da garagem e como solução o eletroduto reduziu sua altura até não conflitar com o elemento estrutural.

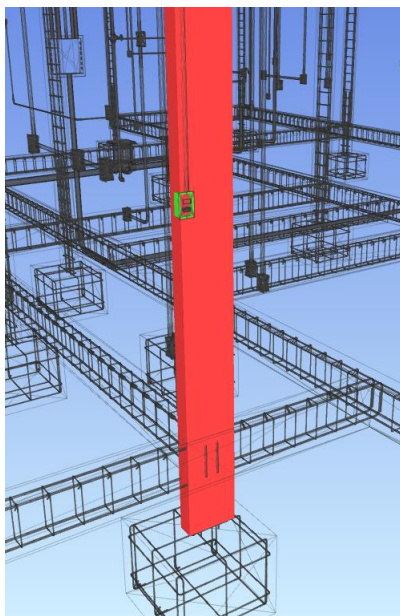
Figura 49: Incompatibilidade entre eletroduto (verde) e viga baldrame (vermelho)



Fonte: Autor (2022)

A terceira incompatibilidade foi identificada através do conflito entre tomadas/interruptores com pilares, ver figura 50. Esse tipo de interferência apresentou-se em duas tomadas e um interruptor da suíte 01, em duas tomadas da garagem, na circulação e na área externa da residência. A solução adotada para a resolução da intercessão é o distanciamento do equipamento elétrico do elemento estrutural.

Figura 50: Interferência entre tomada/interruptor (verde) com pilar (vermelho) na suíte 01



Fonte: Autor (2022)

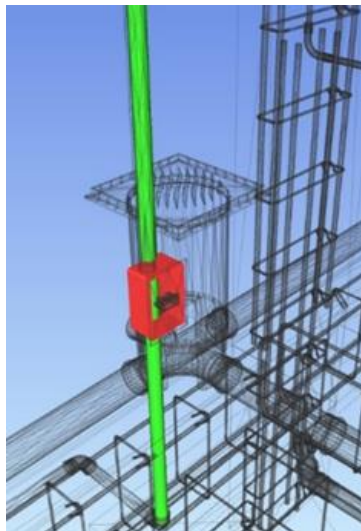
4.4.6 Compatibilização entre projeto de instalações elétricas e hidrossanitárias

A compatibilização entre os projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias foi configurada com nenhum tipo de intolerância entre as disciplinas. Dessa forma, foi concebido 3 tipos de incompatibilidades que estão relacionadas a conflitos entre tubulações e tomadas.

As incompatibilidades 01 e 02 estão relacionadas a conflitos entre tubulações e tomadas. Sendo que, a primeira relaciona-se a tubulação de alimentação do reservatório de abastecimento com tomada do quarto, ver figura 51. Enquanto, a incompatibilidade 02 refere-se ao conflito entre uma coluna de ventilação e uma tomada da cozinha, ilustrada na figura 52.

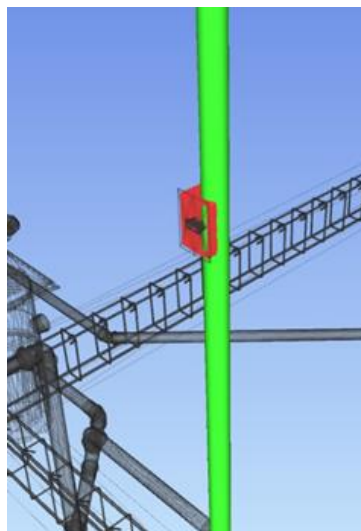
A solução para ambas as situações é o deslocamento das tubulações para uma posição que evite a interferência entre os elementos.

Figura 51: Incompatibilidade entre tomada (vermelho) e tubulação de alimentação (verde)



Fonte: Autor (2022)

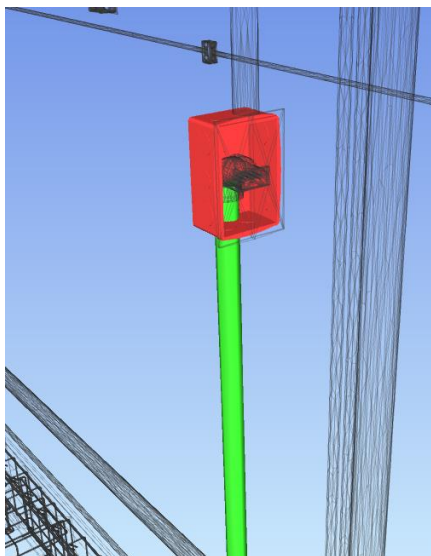
Figura 52: Incompatibilidade entre tomada (vermelho) e coluna de ventilação (verde)



Fonte: Autor (2022)

A incompatibilidade 03 está vinculada ao conflito entre a tomada do chuveiro e a sua tubulação de alimentação, ilustrada na figura 53. Essa interferência estava presente nos três banheiros da residência e possui como solução a modificação do ponto hidráulico para a altura de 2,10m.

Figura 53: Incompatibilidade entre tomada (vermelho) e ponto de alimentação do chuveiro (verde)



Fonte: Autor (2022)

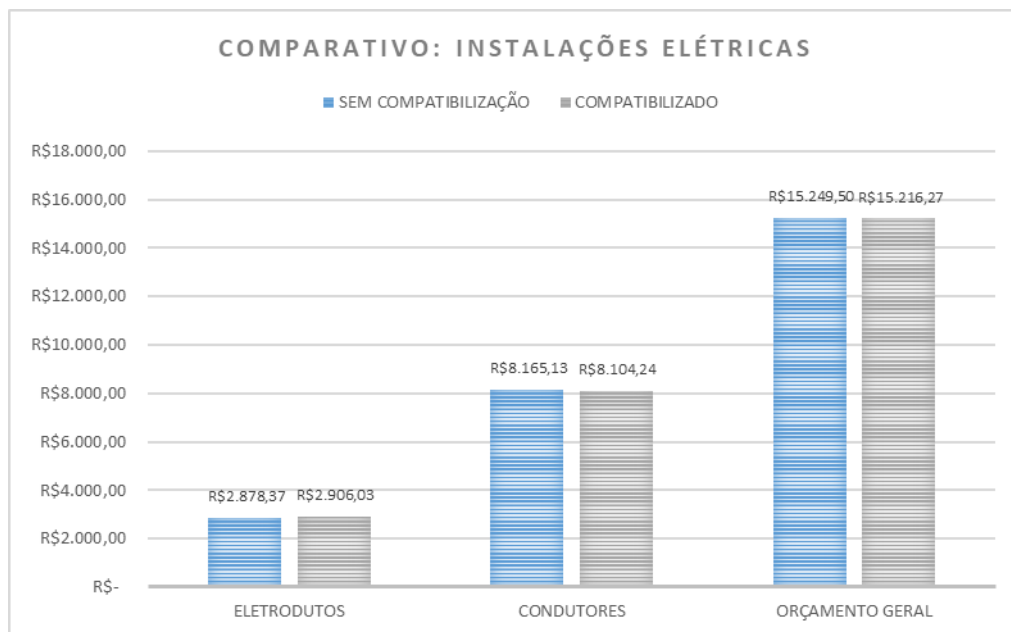
4.5 Comparativo entre os orçamentos dos projetos com e sem compatibilização

Além da análise sobre o impacto da utilização do BIM para o desenvolvimento de projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias, o objetivo direto dessa pesquisa é verificar através da orçamentação a diferença financeira entre um projeto sem e com compatibilização BIM. O levantamento de quantitativos nas duas situações e a planilha orçamentaria constando esse comparativo encontra-se no Anexo deste trabalho.

O orçamento utilizou como base a SINAPI, com encargos desonerados, tendo como referência o mês de novembro do ano 2020, ao qual os projetos foram desenvolvidos. Alguns insumos não constaram na plataforma e foram substituídos por itens do ORSE que utilizaram o mesmo mês e ano de referência.

Após a extração dos quantitativos, realizada de forma automática pelo Revit, foi observado que no projeto de instalações elétricas ocorreu variações apenas nos itens de fiação (condutores) e nos eletrodutos. Dessa forma, ocorreram duas análises comparativas com os itens de serviços relacionados aos eletrodutos, condutores e o orçamento geral das instalações. O gráfico 01 ilustra os resultados desse estudo.

Gráfico 1: Comparativo orçamentário das instalações elétricas

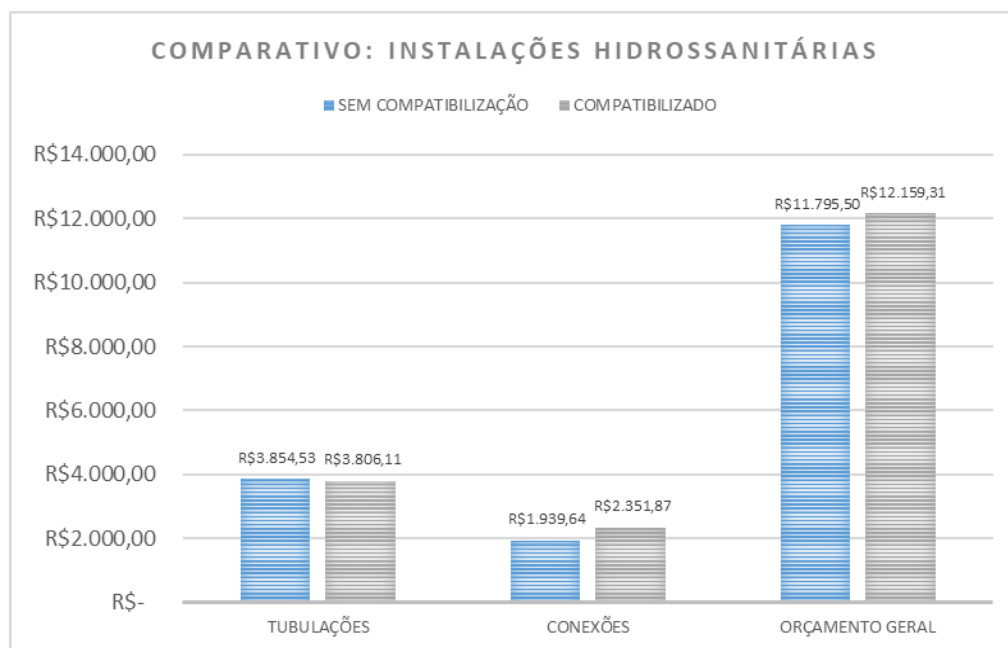


Fonte: Autor (2022)

Através do gráfico e da tabela orçamentaria comparativa é possível notar que ocorreu uma redução de R\$ 33,23, ou 0,22%, no orçamento geral das instalações elétricas da residência unifamiliar.

As instalações hidrossanitárias obtiveram a mesma metodologia de extração automática de quantitativos e de orçamentação do estudo anterior. Foi notado que as instalações obtiveram variação apenas nos itens relacionados as tubulações e conexões de esgoto e água fria. Assim sendo, houve duas análises comparativas com itens de serviços relacionados as tubulações e conexões hidrossanitárias, além, do orçamento geral. O gráfico 02 apresenta essa análise comparativa.

Gráfico 2: Comparativo orçamentário das instalações hidrossanitárias



Fonte: Autor (2022)

A análise do gráfico e da tabela orçamentaria comparativa apontou um aumento de R\$ 363,81, que representa 3,08% do orçamento das instalações hidrossanitárias. Sendo que, o principal fator dessa contribuição são as conexões inseridas no projeto após as identificações de conflitos com o projeto estrutural.

Cabe salientar que o aumento na quantificação das peças hidrossanitárias não indica um erro de orçamento e sim uma falta de alinhamento do projetista em relação a outras disciplinas. Sendo que, a utilização do CAD, como software de projeto, inibe uma visualização compatibilizada da edificação e dificilmente identificaria a necessidade de utilização dessas peças extras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se através desse trabalho avaliar o impacto financeiro que pode ser gerado pela compatibilização de projetos utilizando BIM para projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias de uma residência unifamiliar.

Em relação aos custos gerados com os projetos com e sem compatibilização observou-se uma redução de 0,22% no custo de execução das instalações elétricas e um aumento de 3,08% nas instalações hidrossanitárias. A partir dos resultados é possível mencionar que o impacto financeiro gerado na compatibilização das instalações não propicia uma ampla diferença de valor. Entretanto, esse dado apresenta-se baixo por ser uma residência unifamiliar de pequeno porte. Atrelando essa situação para residências que são replicadas como no programa Minha Casa Minha Vida ou prédios residências, o nível de impacto da compatibilização se torna ainda mais importante.

A redução de custos após a compatibilização de projetos utilizando BIM foi também identificada nas pesquisas de da Costa (2022) e Menezes (2019). Sendo que, na pesquisa de da Costa (2022) foi identificada uma redução de material das instalações elétricas, composta por fiação e eletrodutos para uma residência unifamiliar. Enquanto, na pesquisa de Menezes (2019) ocorreu uma redução de custo, em média de 86,57%, na compatibilização entre o projeto estrutural e hidrossanitário de um edifício residencial multifamiliar.

O processo de compatibilização de projetos utilizando a metodologia BIM se mostrou eficaz sendo o caminho mais viável para esse tipo de atividade, o que antes era feito de forma manual agora se torna uma ferramenta automática que prevê problemas que eram encontrados apenas nas obras.

Para além da compatibilização, outro fator importante observado neste trabalho foi como a modelagem paramétrica das instalações torna o processo ainda mais fácil e visualmente executável. Se antes, o projeto era realizado apenas por linhas ou círculos. Dentro da metodologia BIM, os elementos elétricos e hidrossanitários tomaram formas e características reais. Aliado a modelagem está a extração automática de quantitativos que facilita o processo para etapas futuras como orçamento e planejamento da obra.

Este autor recomenda a utilização do BIM para o desenvolvimento de projetos elétricos e hidrossanitários. Entretanto, deve haver um conhecimento técnico redundante em relação aos projetos, pois, a tecnologia BIM é apenas uma ferramenta e caso não seja bem executada pode atrapalhar diversos segmentos do planejamento e execução das obras.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Com base nas considerações finais e em alguns pontos que acabaram não sendo abordados nesse trabalho, fica a sugestão do autor para trabalhos futuros:

- a) Análise comparativa do impacto financeiro em projetos estruturais realizados no AutoCAD e na plataforma BIM.
- b) O uso do BIM para a análise financeira causada por erros de projeto.
- c) Avaliação financeira de projeto estrutural após modificações identificadas na compatibilização de projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEW Services. (2001, Outubro). Project Management Consulting. Disponível em: <http://www.maxwideman.com/issacons1/iac1193/sld001.htm>. Acesso em 18 abr. 2022

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9000: Sistemas de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, ABNT, 2000.

Autodesk. **Navisworks**: revisão, coordenação e detecção de interferências de modelos 3D. Disponível em : https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview?us_oa=forums-us&us_si=de62df17-80a0-4615-b09aea98817c66fb&us_pt=NAV&us_at=Navisworks&term=1-YEAR&tab=subscription&plc=NAVSIM . Acesso em 05. Set. 2022

ÁVILA, Vinícius Martins. **Compatibilização de projetos na construção civil Estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. 2011, 84p. Monografia (Especialista em Construção Civil) - Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

Barbosa, A. C. M. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia**. ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). **Estratégia BIM BR: Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM**. MDIC, Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRAGA, P. R. **Levantamento de quantitativos com uso da tecnologia BIM**. 130p. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016.

CARDOSO, Roberto Sales. **Orçamento de obras em foco**. Oficina de Textos, 2020.
MASTENBROEK, Y. C. Reducing rework costs in construction projects: learning from rework in realized projects and avoiding rework in the future. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – University of Twente. Enschede, 2010.

CARREIRÓ, Daniel Cardeal. **Aplicação da metodologia BIM a um caso de estudo através do software Autodesk Navisworks**. 2018. Dissertação de mestrado - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2018.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Dissertação de Mestrado - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

COUTO, C. C. R. .; SANTOS , L. N. C. dos .; LAMOUNIER JÚNIOR , E. A. .; LIMA, G. F. M. de; CARDOSO, A. . **Análise comparativa de ferramentas CAD e BIM para projetos de instalações elétricas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-7. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/629>. Acesso em: 16 jun. 2022.p.1-8.

DA COSTA, Gleidson Martins et al. Compatibilização de projeto com auxílio do BIM: análise da redução de custos em uma obra de habitação de interesse social. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento** , v. 11, n. 1, pág. e16411124625-e16411124625, 2022.

DE PAULA, Juliana Gonçalves Amorim. **Orçamento de obras**. 2015.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. CARACTERÍSTICAS DA REPRESENTAÇÃO 2D E SUAS LIMITAÇÕES PARA A COMPATIBILIZAÇÃO ESPACIAL. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 36-51, 2007. DOI: 10.4237/gtp.v2i2.39. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50918>. Acesso em: 06 set. 2022.

GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006

GIONGO, J.S. (2007). **Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios**. EESC-USP, São Carlos.

GOUVEIA, Tiago Filipe Ribeiro. **Integração de ferramentas BIM na gestão de obra**. 2016. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2016.

Harris, J. (2010). Integration of BIM and Business Strategy. Northwestern University, Evanston, IL: McCormick School of Engineering and Applied Science.

JÚNIOR, Sérgio Geraldo dos Reis. **Utilização da tecnologia bim no planejamento e gestão de obras**: estudo de caso em um projeto de uma unidade municipal de educação infantil de belo horizonte. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

Lino, J., Azenha, M., & Lourenço, P. (2012). **Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas**. (Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL - BE2012. FEUP) Obtido em 10 de junho de 2022, de http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/076_Artigo.pdf

MAGALHAES, C. R. **Panorama BIM**: visões e reflexões da adoção pela indústria da construção civil brasileira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas, SP. Anais[...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/152>. Acesso em: 8 nov. 2022.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamentos de Obras**. 1ª Edição. São Paulo: PINI, 2006.

MENEZES, Guilherme Casé. **Compatibilização de projetos através da modelagem 3D (BIM) e análise de custos de execução**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019.

MIRANDA, Rian das Dores de. SALVI, Levi. **Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 05, Vol. 07, pp. 79-98 Maio de 2019. ISSN: 2448-0959

NERY, N. . **Instalações Elétricas- princípios e Aplicações**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2019. v. 1. 400p .

OLIVEIRA, Patrick Wallace Breckenfeld Alexandre de. **Elaboração de orçamento de obras na construção civil**. 2017.

RAUBER, Felipe Claus et al. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. 2005.

RODRÍGUEZ, Marco Antônio Arancibia. **Coordenação Técnica de Projetos: Caracterização e Subsídios para sua aplicação na Gestão do Processo de Edificações**. Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC. 2005. 172p

RUSCHEL, Regina C. **Ao BIM ou não ao BIM**. ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO , v. 3, p. 1-12, 2014.

SACKS, Rafael et al. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Bookman Editora, 2021.

SENA, Thiago Silva de. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

SILVA, Antônio Carlos Pereira da; FILHO, Mauro da Silva Moreira. **Projeto elétrico residencial: Comparação cálculo manual e software computacional**. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2020.

SOUZA , M. P. de .; FABRICIO, M. M. . **Modelagem de objetos BIM para o projeto de edifícios de saúde**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-11. Disponível em:<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/593>. Acesso em: 6 ago. 2022.

TARRAFA, Diogo Gonçalo Pinto. **Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas**. 2012. Dissertação de Mestrado – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na Construção Civil: Consultoria, Projeto e Execução**. 1ª Edição. São Paulo: PINI, 2006.

TISAKA, Maçahico. **Norma Técnica para elaboração de orçamento de obras de construção civil**. Instituto de Engenharia, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A - ANÁLISE DO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Item	Descrição do Serviço	Und.	Quantidade sem comp.	Quantidade compatibiliz.	Diferença	%
1	INSTALAÇÃO ELÉTRICAS					
1.1	ELETRODUTOS					
1.1.1	Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR15465 "Ø25"	m	162,36	166,63	4,27	2,63
1.1.2	Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR15465 "Ø32"	m	5,88	5,93	0,05	0,85
1.1.3	Eletroduto flexível corrugado Reforçado, em PVC na cor laranja antichamas, conforme NBR15465 "Ø25"	m	180,97	180,42	-0,55	-0,30
1.1.4	Eletroduto flexível corrugado Reforçado, em PVC na cor laranja antichamas, conforme NBR15465 "Ø32"	m	28,51	28,54	0,03	0,11
1.1.5	Eletroduto de PVC Rígido Roscável, anti chama, na cor preta, conforme NBR 15465 "Ø40"	m	29,45	29,41	-0,04	-0,14
1.1.6	Eletroduto de PVC Rígido Roscável, anti chama, na cor preta, conforme NBR 15465 "Ø25"	m	18,85	19,18	0,33	1,75
1.2	CONDUTORES					

1.2.1	Cabo de cobre flexível isolado, 1,5 mm ²	m	394,5	394,4	-0,10	-0,03
1.2.2	Cabo de cobre flexível isolado, 2,5 mm ²	m	391,6	391,3	-0,30	-0,08
1.2.3	Cabo de cobre flexível isolado, 4 mm ²	m	817,7	805,09	-12,61	-1,54
1.2.4	Cabo de cobre flexível isolado, 6 mm ²	m	108	108,9	0,90	0,83
1.2.5	Cabo de cobre flexível isolado, 10 mm ²	m	117,6	117,6		
1.3	COMPONENTES					
1.3.1	Caixa de Luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado"	uni	69	69		
1.3.2	Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel, em PVC na cor amarela para eletroduto corrugado	uni	16	16		
1.3.3	Quadro de Distribuição 27/36 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barramento de terra e neutro, porta branca, dimensões 355,4 x 5252 x 78,7mm.	uni	1	1		
1.3.4	Caixa Para Medidor Polifásico com visor de vidro,Coelba / Celp / Cosern"	uni	1	1		
1.3.5	Curva 90° para eletroduto rígido de PVC, DN25mm, rosca Ø1" BSP conforme ABNT NBR 15465	uni	10	10		
1.3.6	Curva 90° para eletroduto rígido de PVC, DN40mm, rosca Ø1.1/2" BSP conforme ABNT NBR 15465"	uni	6	6		
1.3.7	Luva para eletroduto de PVC rígido, DN25mm, rosca Ø1" BSP conforme ABNT NBR 15465	uni	20	20		

1.3.8	Luva para eletroduto de PVC rígido, DN40mm, rosca Ø1.1/2" BSP conforme ABNT NBR 15465	uni	12	12		
1.4	DISJUNTORES E PROTEÇÕES					
1.4.1	IDR Interruptor Diferencial Residual Bipolar In=63A, 30mA"	uni	1	1		
1.4.2	DPS - Disjuntor de proteção contra surtos, monopolar, tensão nominal de operação UO 127/220V, máxima tensão de operação continua UC= 275 V, corrente de descarga máxima= 40kA, fixação em trilho DIN 35mm	uni	2	2		
1.4.3	Mini Disjuntor Bipolar 10A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	uni	5	5		
1.4.4	Mini Disjuntor Bipolar 16A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	uni	2	2		
1.4.5	Mini Disjuntor Bipolar 25A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	uni	3	3		
1.4.6	Mini Disjuntor Bipolar 40A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	uni	1	1		
1.4.7	Mini Disjuntor Bipolar 32A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	uni	1	1		

1.4.8	Mini Disjuntor Bipolar 63A Curva C, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	uni	1	1		
1.5	INTERRUPTORES					
1.5.1	Interruptor intermediário (1 módulo), 10A/250v	uni	2	2		
1.5.2	Interruptor paralelo (2 módulos), 10A/250v	uni	2	2		
1.5.3	Interruptor simples (1 módulo) com 1 tomada de embutir 2p+t 10A	uni	6	6		
1.5.4	Interruptor simples (1 módulo), 10A/250v	uni	11	11		
1.6	TOMADAS					
1.6.1	Tomada alta de embutir (1 módulo), 2p+t 10A	uni	3	3		
1.6.2	Tomada baixa de embutir (1 módulo), 2p+t 10A	uni	12	12		
1.6.3	Tomada baixa de embutir (1 módulo), 2p+t 20A	uni	4	4		
1.6.4	Tomada média de embutir (1 módulo), 2p+t 10A	uni	2	2		
1.6.5	Tomada média de embutir (1 módulo), 2p+t 20A	uni	7	7		
1.6.6	Tomada média de embutir (2 módulos), 2p+t 10A	uni	8	8		
1.6.7	Tomada alta de embutir (1 módulo), 2p+t 20A	uni	4	4		
2	INSTALAÇÕES HIDRAÚLICAS					

2.1	REGISTROS E VÁLVULAS					
2.1.1	Registro Gaveta Docol Base JET 30, 3/4	uni	6	6		
2.1.2	Registro de gaveta bruto 1 1/2 ""	uni	3	3		
2.1.3	Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro 40 x 1.1/6	uni	6	6		
2.1.4	Registro de Chuveiro PVC Areia 25mm	uni	3	3		
2.1.5	Hidrômetro residencial	uni	1	1		
2.1.7	Válvula de descarga 1 1/2" com acabamento Chrome/Black, Clássica Salvágua	uni	3	3		
2.2	ELEMENTOS DE INSPEÇÃO - ESGOTO					
2.2.1	Caixa de Gordura com Tampa e Prolongador sem Entrada - DN 100	uni	1	1		
2.2.2	Corpo Caixa Sifonada Girafácil (5 Entradas), 100 x 140 x 50mm, Esgoto	uni	4	4		
2.2.3	Ralo com Saída Articulada - Porta-grelha e grelha redondos brancos 100 x 40mm	uni	3	3		
2.2.4	Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100	uni	4	4		
2.2.5	Tanque séptico circular	uni	1	1		
2.3	ELEMENTOS DE INSPEÇÃO - ÁGUA FRIA					
2.3.1	Cj Corpo/Tampa Caixa d'Água 1000 litros RT	uni	1	1		
2.4	CONEXÕES DE ÁGUA FRIA					

2.4.1	Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro 40 x 1.1/4", PVC Marrom,	uni	3	3		
2.4.2	Bucha de Redução Soldável Curta 50x40mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	3	3		
2.4.3	Bucha de Redução Soldável Longa 50x25mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	2	2		
2.4.4	Curva de Transposição Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	3	3		
2.4.5	Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	32	47	15,00	46,88
2.4.6	Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	3	3		
2.4.7	Joelho 90° Soldável 40mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	7	13	6,00	85,71
2.4.8	Joelho 90° Soldável 50mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	13	13		
2.4.9	Tê de Redução Soldável 50x25mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	3	3		
2.4.10	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	5	5		
2.4.11	Tê Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	1	1		
2.4.12	Tê Soldável 50mm, PVC Marrom, Água Fria	uni	5	5		
2.4.13	Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria	uni	3	3		

2.4.14	Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 25 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria	uni	7	7		
2.5	CONEXÕES DE ESGOTO					
2.5.1	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal	uni	12	22	10,00	83,33
2.5.2	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal	uni	16	26	10,00	62,50
2.5.3	Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal	uni	3	3		
2.5.4	Terminal de Ventilação 50mm, Esgoto Série Normal	uni	5	5		
2.5.5	Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal	uni	5	5		
2.5.6	Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal	uni	4	4		
2.5.7	Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Normal	uni	17	17		
2.5.8	Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Reforçada	uni	1	1		
2.5.9	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Reforçada	uni	2	4	2,00	100,00
2.5.10	Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal	uni	5	5		
2.5.11	Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal	uni	3	3		
2.5.12	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal	uni	11	11		
2.5.13	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal	uni	28	38	10,00	35,71
2.5.14	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Reforçada	uni	3	5	2,00	66,67
2.6	TUBULAÇÕES – ESGOTO					
2.6.1	Tubo pvc, série normal, dn 40 mm	m	9,95	9,75	-0,20	-2,01
2.6.2	Tubo pvc, série normal, dn 50 mm	m	30,34	29,38	-0,96	-3,16
2.6.3	Tubo pvc, série normal, dn 100 mm	m	34,5	34,43	-0,07	-0,20

2.6.4	Tubo pvc, série r, dn 50 mm	m	1,71	1,79	0,08	4,68
2.7	TUBULAÇÕES - ÁGUA FRIA					
2.7.1	Tubo soldável marrom dn 25mm	m	69,17	68,45	-0,72	-1,04
2.7.2	Tubo soldável marrom dn 32mm	m	1,69	1,64	-0,05	-2,96
2.7.3	Tubo soldável marrom dn 40mm	m	8,61	8,4	-0,21	-2,44
2.7.4	Tubo soldável marrom dn 50mm	m	23,68	23,07	-0,61	-2,58

APÊNDICE B - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA COMPARATIVA

Item	Composição	Descrição do Serviço	Und.	Quantidade sem comp.	Quantidade compatibiliz.	Valor unitário	Total sem Compatib.	Total com Compatib.	Diferença	%
						R\$	R\$	R\$		
1		INSTALAÇÃO ELÉTRICAS					15.249,50	15.216,27	-33,23	-0,22
1.1		ELETRODUTOS					2878,37	2906,03	27,65	0,96
1.1.1	91854/SINAPI	Eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	162,36	166,63	6,47	1050,47	1078,10	27,63	2,63
1.1.2	91856/SINAPI	Eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 32 mm (1"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	5,88	5,93	8,3	48,80	49,22	0,41	0,85

1.1.3	91845/SINAPI	Eletroduto flexível corrugado reforçado, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	180,97	180,42	5,63	1018,86	1015,76	-3,10	-0,30
1.1.4	91847/SINAPI	Eletroduto flexível corrugado reforçado, pvc, dn 32 mm (1"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	28,51	28,54	8,8	250,89	251,15	0,26	0,11
1.1.5	91869/SINAPI	Eletroduto rígido roscável, pvc, dn 40 mm (1 1/4"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	29,45	29,41	11,65	343,0925	342,63	-0,47	-0,14
1.1.6	91871/SINAPI	Eletroduto rígido roscável, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	18,85	19,18	8,82	166,26	169,17	2,91	1,75
1.2		CONDUTORES					8165,13	8104,24	-60,89	-0,75
1.2.1	91924/SINAPI	Cabo de cobre flexível isolado, 1,5 mm², anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	394,5	394,4	2,18	860,01	859,79	-0,22	-0,03

1.2.2	91926/SINAPI	Cabo de cobre flexível isolado, 2,5 mm², anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	391,6	391,3	3,19	1249,204	1248,25	-0,96	-0,08
1.2.3	91928/SINAPI	Cabo de cobre flexível isolado, 4 mm², anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	817,7	805,09	5,25	4292,925	4226,72	-66,20	-1,54
1.2.4	91930/SINAPI	Cabo de cobre flexível isolado, 6 mm², anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	108	108,9	7,21	778,68	785,17	6,49	0,83
1.2.5	92979/SINAPI	Cabo de cobre flexível isolado, 10 mm², anti-chama 450/750 v, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	117,6	117,6	8,37	984,312	984,31		
1.3		COMPONENTES					1273,69	1273,69		
1.3.1	00001872/SINAPI	Caixa de passagem, em pvc, de 4" x 2", para eletroduto flexível corrugado	uni	69	69	2,26	155,94	155,94		
1.3.2	91936/SINAPI	Caixa octogonal 4" x 4", pvc, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	16	16	10,32	165,12	165,12		

1.3.3	101880/SINAPI	Quadro de distribuição de energia em chapa de aço galvanizado, de embutir, com barramento trifásico, para 30 disjuntores din 150a - fornecimento e instalação. af_10/2020	uni	1	1	489,21	489,21	489,21		
1.3.4	101938/SINAPI	Caixa de proteção para medidor monofásico de embutir - fornecimento e instalação. af_10/2020	uni	1	1	60,62	60,62	60,62		
1.3.5	91902/SINAPI	Curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	10	10	9,26	92,6	92,60		
1.3.6	91908/SINAPI	Curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 40 mm (1 1/4"), para circuitos terminais, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	6	6	14,56	87,36	87,36		
1.3.7	91879/SINAPI	Luva para eletroduto, pvc, roscável, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	20	20	5,61	112,2	112,20		

1.3.8	91881/SINAPI	Luva para eletroduto, pvc, roscável, dn 40 mm (1 1/4"), para circuitos terminais, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	12	12	9,22	110,64	110,64		
1.4		DISJUNTORES E PROTEÇÕES					1309,56	1309,56		
1.4.1	07997/ORSE	Disjuntor bipolar DR 63 A - Dispositivo residual diferencial, tipo AC, 30MA	uni	1	1	204,8	204,8	204,80		
1.4.2	09042/ORSE	Dispositivo de proteção contra surto de tensão DPS 40kA - 440v	uni	2	2	66,92	133,84	133,84		
1.4.3	93660/SINAPI	Disjuntor bipolar tipo din, corrente nominal de 10a - fornecimento e instalação. af_10/2020	uni	5	5	72,74	363,7	363,70		
1.4.4	93661/SINAPI	Disjuntor bipolar tipo din, corrente nominal de 16a - fornecimento e instalação. af_10/2020	uni	2	2	73,57	147,14	147,14		
1.4.5	93663/SINAPI	Disjuntor bipolar tipo din, corrente nominal de 25a - fornecimento e instalação. af_10/2020	uni	3	3	75,3	225,9	225,90		
1.4.6	93665/SINAPI	Disjuntor bipolar tipo din, corrente nominal de 40a - fornecimento e instalação. af_10/2020	uni	1	1	79,46	79,46	79,46		

1.4.7	93664/SINAPI	Disjuntor bipolar tipo din, corrente nominal de 32a - fornecimento e instalação. af_10/2020	uni	1	1	77,36	77,36	77,36		
1.4.8	93666/SINAPI	Disjuntor tipo din/iec, bipolar 63 a	uni	1	1	77,36	77,36	77,36		
1.5		INTERRUPTORES					562,56	562,56		
1.5.1	91979/SINAPI	Interruptor intermediário (1 módulo), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_09/2017	uni	2	2	34,69	69,38	69,38		
1.5.2	91961/SINAPI	Interruptor paralelo (2 módulos), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	2	2	39,34	78,68	78,68		
1.5.3	92023/SINAPI	Interruptor simples (1 módulo) com 1 tomada de embutir 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	6	6	33,92	203,52	203,52		
1.5.4	91953/SINAPI	Interruptor simples (1 módulo), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	11	11	19,18	210,98	210,98		
1.6		TOMADAS					1060,19	1060,19		

1.6.1	91992/SINAPI	Tomada alta de embutir (1 módulo), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	3	3	29,1	87,3	87,30		
1.6.2	92000/SINAPI	Tomada baixa de embutir (1 módulo), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	12	12	20,3	243,6	243,60		
1.6.3	92001/SINAPI	Tomada baixa de embutir (1 módulo), 2p+t 20 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	4	4	22,09	88,36	88,36		
1.6.4	91996/SINAPI	Tomada média de embutir (1 módulo), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	2	2	22,76	45,52	45,52		
1.6.5	91997/SINAPI	Tomada média de embutir (1 módulo), 2p+t 20 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	7	7	24,55	171,85	171,85		
1.6.6	92004/SINAPI	Tomada média de embutir (2 módulos), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	8	8	37,5	300	300,00		
1.6.7	91993/SINAPI	Tomada alta de embutir (1 módulo), 2p+t 20 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	uni	4	4	30,89	123,56	123,56		

2		INSTALAÇÕES HIDRAÚLICAS					11.795,50	12.159,31	363,81	3,08
2.1		REGISTROS E VÁLVULAS					2064,06	2064,06		
2.1.1	89972/SINAPI	Kit de registro de gaveta bruto de latão ¾", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	6	6	45,82	274,92	274,92		
2.1.2	94794/SINAPI	Registro de gaveta bruto, latão, roscável, 1 1/2 """, com acabamento e canopla cromados, instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra/fibrocimento — fornecimento e instalação. af_06/2016	uni	3	3	154,24	462,72	462,72		
2.1.3	89570/SINAPI	Adaptador curto com bolsa e rosca para registro, pvc, soldável, dn 40mm x 1.1/2 """, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	6	6	9,29	55,74	55,74		
2.1.4	89985/SINAPI	Registro de pressão bruto, latão, roscável, 3/4", com acabamento e canopla cromados. Fornecido e instalado em ramal de água. af_12/2014	uni	3	3	76,93	230,79	230,79		

2.1.5	95675/SINAPI	Hidrômetro dn 25 (¾), 5,0 m³/h fornecimento e instalação. af_11/2016	uni	1	1	204,58	204,58	204,58		
2.1.6	97741/SINAPI	Kit cavalete para medição de água - entrada individualizada, em pvc dn 25 (¾?), para 1 medidor ? fornecimento e instalação (exclusive hidrômetro). af_11/2016	uni	1	1	127,31	127,31	127,31		
2.1.7	99635/SINAPI	Válvula de descarga metálica, base 1 1/2 ", acabamento metálico cromado - fornecimento e instalação. af_01/2019	uni	3	3	236	708	708		
2.2		ELEMENTOS DE INSPEÇÃO - ESGOTO					3168,54	3168,54		
2.2.1	98110/SINAPI	Caixa de gordura pequena (capacidade: 19 l), circular, em pvc, diâmetro interno= 0,3 m. af_12/2020	uni	1	1	380,56	380,56	380,56		
2.2.2	89707/SINAPI	Caixa sifonada, pvc, dn 100 x 100 x 50 mm, junta elástica, fornecida e instalada em ramal de descarga ou em ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	4	4	22,81	91,24	91,24		

2.2.3	89710/SINAPI	Ralo seco, pvc, dn 100 x 40 mm, junta soldável, fornecido e instalado em ramal de descarga ou em ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	3	3	8,47	25,41	25,41		
2.2.4	04718/ORSE	Caixa de inspeção em pvc 300mm	uni	4	4	336,6	1346,4	1346,4		
2.2.5	98052/SINAPI	Tanque séptico circular, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 1,10 m, altura interna = 2,50 m, volume útil: 2138,2 l (para 5 contribuintes). af_05/2018	uni	1	1	1324,9	1324,93	1324,93		
2.3		ELEMENTOS DE INSPEÇÃO - ÁGUA FRIA					768,73	768,73		
2.3.1	88503/SINAPI	Caixa d'água em polietileno, 1000 litros, com acessórios	uni	1	1	768,73	768,73	768,73		
2.4		CONEXÕES DE ÁGUA FRIA					817,57	964,18	146,61	17,93
2.4.1	89572/SINAPI	Adaptador curto com bolsa e rosca para registro, pvc, soldável, dn 40mm x 1.1/4", instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	3	3	6,2	18,6	18,6		
2.4.2	01074/ORSE	Bucha de redução curta de pvc rígido soldável, marrom, diâm = 50 x 40mm	uni	3	3	8,5	25,5	25,5		
2.4.3	01083/ORSE	Bucha de redução longa de pvc rígido soldável, marrom, diâm = 50 x 25mm	uni	2	2	12,89	25,78	25,78		

2.4.4	89384/SINAPI	Curva de transposição, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	3	3	10,03	30,09	30,09		
2.4.5	89362/SINAPI	Joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	32	47	6,31	201,92	296,57	94,65	46,88
2.4.6	89367/SINAPI	Joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_06/2022	uni	3	3	8,79	26,37	26,37		
2.4.7	89497/SINAPI	Joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 40mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	7	13	8,66	60,62	112,58	51,96	85,71
2.4.8	89501/SINAPI	Joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 50mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	13	13	10,35	134,55	134,55		
2.4.9	89627/SINAPI	Tê de redução, pvc, soldável, dn 50mm x 25mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	3	3	15,34	46,02	46,02		

2.4.10	89395/SINAPI	Te, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	5	5	8,8	44	44		
2.4.11	89443/SINAPI	Te, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	1	1	9,81	9,81	9,81		
2.4.12	89625/SINAPI	Te, pvc, soldável, dn 50mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	5	5	16,35	81,75	81,75		
2.4.13	89366/SINAPI	Joelho 90 graus com bucha de latão, pvc, soldável, dn 25mm, x 3/4? instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	3	3	11,9	35,7	35,7		
2.4.14	90373/SINAPI	Joelho 90 graus com bucha de latão, pvc, soldável, dn 25mm, x 1/2? instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	uni	7	7	10,98	76,86	76,86		
2.5		CONEXÕES DE ESGOTO					1122,07	1387,69	265,62	23,67

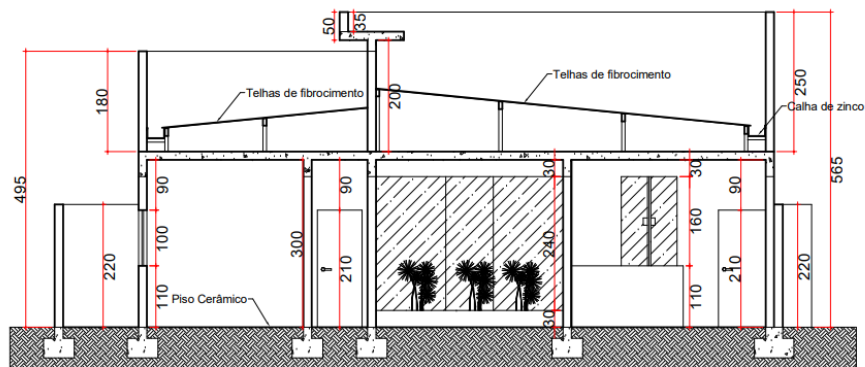
2.5.1	89724/SINAPI	Joelho 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, junta soldável, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	12	22	7,6	91,2	167,2	76,00	83,33
2.5.2	89731/SINAPI	Joelho 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	16	26	8	128	208	80,00	62,50
2.5.3	89744/SINAPI	Joelho 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	3	3	18,34	55,02	55,02		
2.5.4	01594/ORSE	Terminal de ventilação em pvc rígido soldável, para esgoto primário, diâm = 50mm	uni	5	5	8,93	44,65	44,65		
2.5.5	89726/SINAPI	Joelho 45 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, junta soldável, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	5	5	5,36	26,8	26,8		

2.5.6	89746/SINAPI	Joelho 45 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	4	4	18,29	73,16	73,16		
2.5.7	89732/SINAPI	Joelho 45 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	17	17	8,53	145,01	145,01		
2.5.8	89520/SINAPI	Joelho 45 graus, pvc, serie r, água pluvial, dn 50 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	uni	1	1	9,68	9,68	9,68		
2.5.9	89518/SINAPI	Joelho 90 graus, pvc, serie r, água pluvial, dn 50 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	uni	2	4	11,17	22,34	44,68	22,34	100,00
2.5.10	89825/SINAPI	Te, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 x 50 mm, junta elástica, fornecido e instalado em prumada de esgoto sanitário ou ventilação. af_12/2014	uni	5	5	11,27	56,35	56,35		
2.5.11	01636/ORSE	Junção simples em pvc rígido c/ anéis, para esgoto primário, diâm =100 x 50mm	uni	3	3	32,51	97,53	97,53		

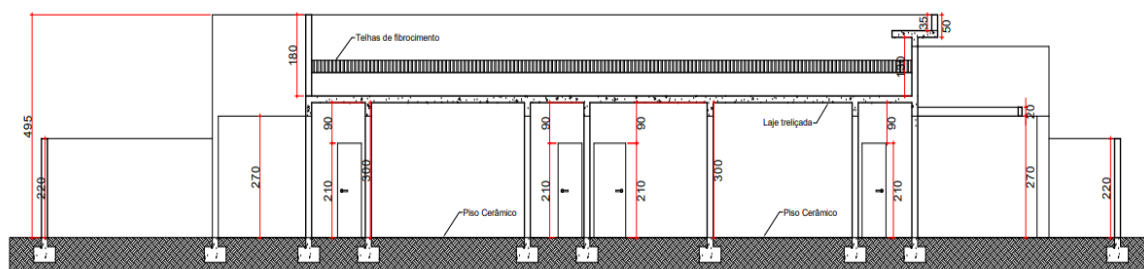
2.5.12	89778/SINAPI	Luva simples, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	11	11	14,04	154,44	154,44		
2.5.13	89753/SINAPI	Luva simples, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	uni	28	38	6,69	187,32	254,22	66,90	35,71
2.5.14	89545/SINAPI	Luva simples, pvc, serie r, água pluvial, dn 50 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_12/2014	uni	3	5	10,19	30,57	50,95	20,38	66,67
2.6		TUBULAÇÕES – ESGOTO					2308,58	2283,40	-25,18	-1,09
2.6.1	89711/SINAPI	Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	9,95	9,75	14,67	145,97	143,03	-2,93	-2,01
2.6.2	89712/SINAPI	Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	30,34	29,38	21,96	666,27	645,18	-21,08	-3,16

2.6.3	89714/SINAPI	Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	34,5	34,43	42,26	1457,97	1455,01	-2,96	-0,20
2.6.4	89509/SINAPI	Tubo pvc, série r, água pluvial, dn 50 mm, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento. af_06/2022	m	1,71	1,79	22,44	38,37	40,17	1,80	4,68
2.7		TUBULAÇÕES - ÁGUA FRIA					1545,95	1522,71	-23,24	-1,50
2.7.1	89356/SINAPI	Tubo, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	69,17	68,45	15,62	1080,44	1069,19	-11,25	-1,04
2.7.2	89357/SINAPI	Tubo, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	1,69	1,64	22,24	37,59	36,47	-1,11	-2,96
2.7.3	89448/SINAPI	Tubo, pvc, soldável, dn 40mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	8,61	8,4	11,94	102,80	100,30	-2,51	-2,44
2.7.4	89449/SINAPI	Tubo, pvc, soldável, dn 50mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	23,68	23,07	13,73	325,13	316,75	-8,38	-2,58

Cortes

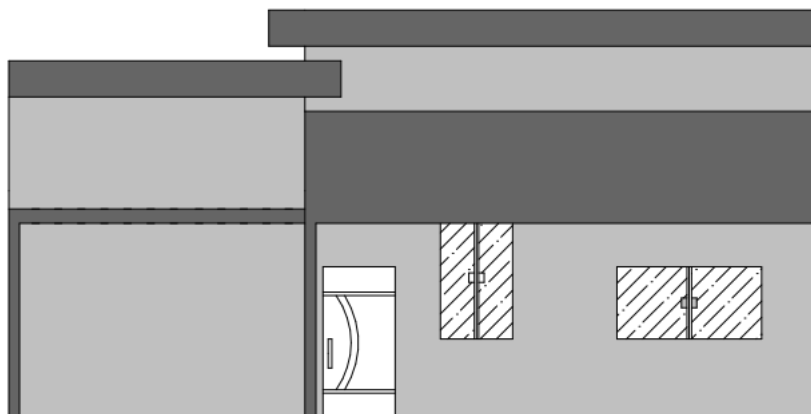


1 Corte AA
ESCALA: 1 : 100



2 Corte BB
ESCALA: 1 : 100

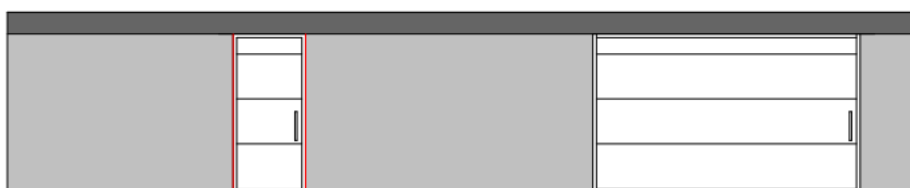
Fachada



1

Fachada principal

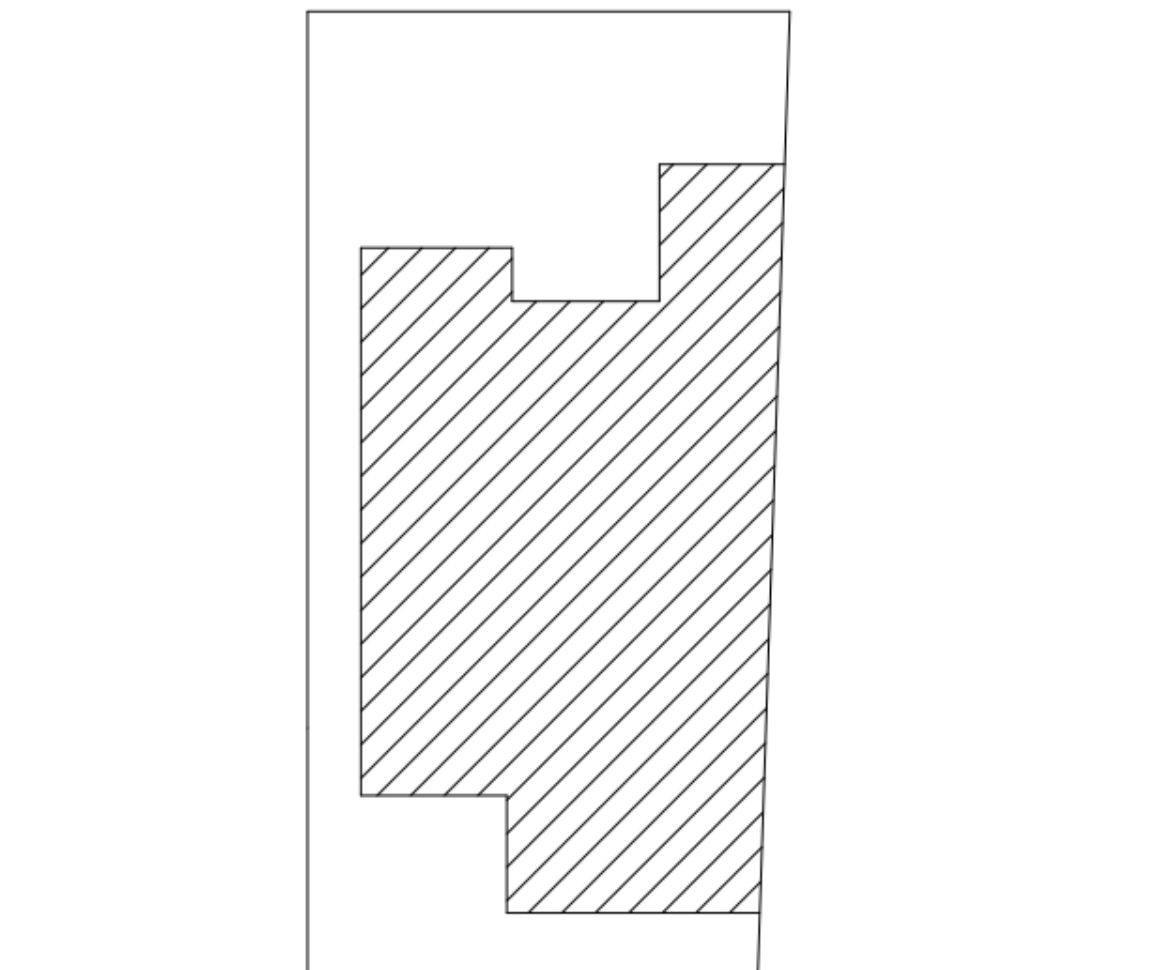
ESCALA: 1 : 100



2

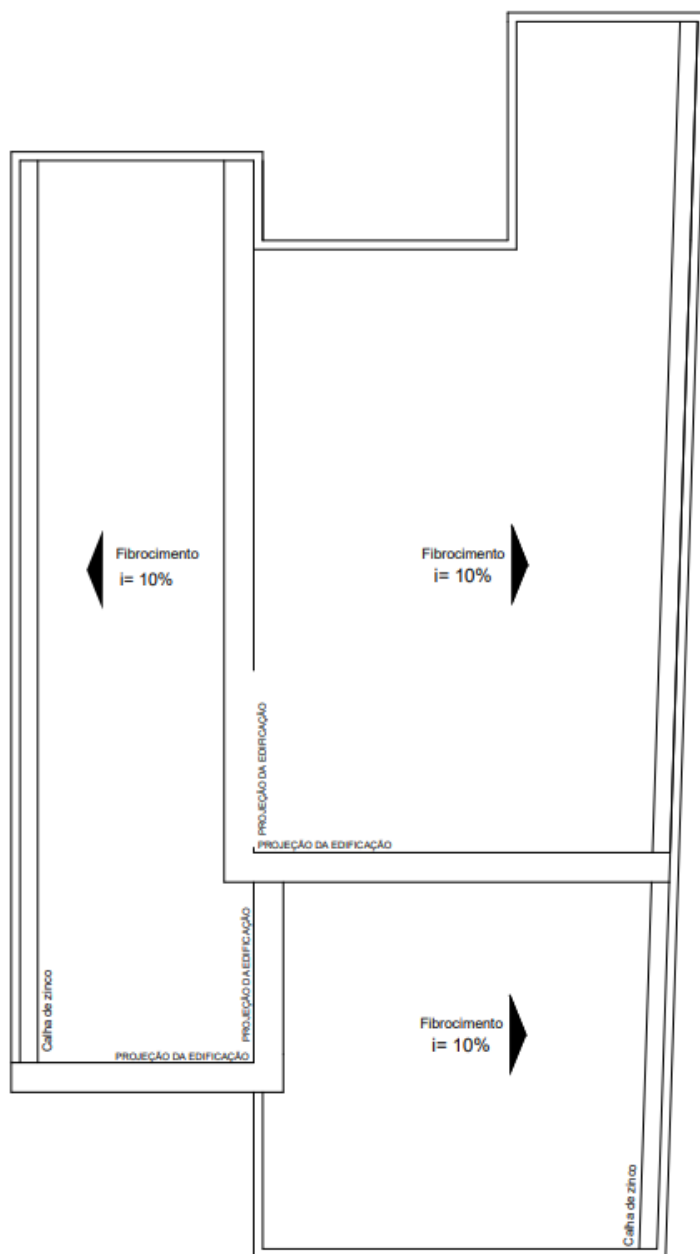
Detalhe do muro externo

ESCALA: 1 : 100

Planta de Locação

RUA BANDEIRANTE MAURO DE OLIVEIRA

Planta de Cobertura



1 Planta de Cobertura
ESCALA: 1 : 100

ANEXO B – TABELA 02 da NBR 8610 (1999)

Tabela 2 - Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação

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