

FACULDADE DOCTUM

BRUNO MOREIRA DIAS

**A CRIAÇÃO DE PROJETOS EM BIM E O BENEFÍCIO DOS
SOFTWARES NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRAS**

Juiz de Fora

2019

BRUNO MOREIRA DIAS

**A CRIAÇÃO DE PROJETOS EM BIM E O BENEFÍCIO DOS
SOFTWARES NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRAS**

Monografia de Conclusão de Curso,
apresentada ao curso de Engenharia
Civil, Faculdade Doctum de Juiz de Fora,
como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof^a. M.Sc. Daniela Silva
Santurio

Juiz de Fora

2019

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF

Dias, Bruno Moreira.

A criação de projeto em BIM e o benefício dos softwares no planejamento e gerenciamento de obras / Bruno Moreira Dias - 2019.

112 folhas.

Monografia (Curso de Engenharia Civil) –
Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. BIM. 2. Planejamento e gerenciamento de obra.
I. A criação de projeto em BIM e o benefício dos softwares no planejamento e gerenciamento de obras. II Faculdade Doctum Juiz de Fora

TERMO DE APROVAÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado A CRIAÇÃO DE PROJETOS EM BIM E O BENEFÍCIO DOS SOFTWARES NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRAS

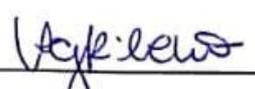
elaborado pelos alunos BRUNO MOREIRA DOS

foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de ENGENHARIA CIVIL, como requisito parcial da obtenção do título de Bacharel em ENGENHARIA CIVIL.

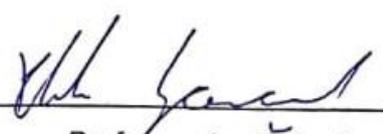
Juiz de Fora, 09 de dezembro de 2019.



Professor Orientador



Professor Avaliador 1



Professor Avaliador 2

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir chegar a esta etapa tão importante de minha vida, permitindo no seu próprio tempo que eu pudesse concluir mais um desafio engrandecedor.

Sem o apoio dos meus pais Maria Helena Dias e Marcos Moreira, da minha namorada Luana Zancanella e de seus pais, nada disso seria possível, foram anos de luta que apesar de todos os obstáculos pudemos concluir que é uma vitória de todos.

Agradecimento aos meus amigos de faculdade e funcionários, desde o responsável pela limpeza aos diretores que de alguma forma puderam contribuir para um ambiente mais confortável e acolhedor. Agradeço à Construtora e Incorporadora Garios e Sleutjes e ao Engenheiro Leonardo Sleutjes por contribuir de forma considerável no desenvolvimento dos projetos e fornecimento de dados para a execução do estudo de caso.

Gratidão aos professores, pois a transmissão dos conhecimentos com o jeito único de cada, contribuiu para que pudesse atingir o objetivo de entregar mais um profissional qualificado para o mercado de trabalho. Em especial agradeço à professora e orientadora Daniela Silva Santurio, que com sua paciência e dedicação fez com que todas as minhas ideias fossem concretizadas para a conclusão do presente trabalho.

RESUMO

DIAS, Bruno Moreira. A criação de projeto em BIM e o benefício dos softwares no planejamento e gerenciamento de obras. 112 Folhas. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019.

O déficit de planejamento na indústria da construção civil no Brasil ainda é existente, principalmente por pequenas e médias construtoras, e com a falta de um bom cronograma e uma compatibilidade tridimensional nas obras, há aumento de retrabalhos e desperdícios, gerando um estouro de orçamento e prazo. A tecnologia da informação criou alternativas para suprir essa necessidade, a Modelagem da Informação da Construção (BIM), mostra-se uma nova forma de projetar, trazendo muito mais velocidade e detalhamento de projetos, como podemos ver no estudo de caso apresentado no capítulo 6, onde foi demonstrado os projetos desenvolvidos com *softwares* BIM. Com a criação de projetos em BIM pode-se observar várias vantagens como visualização do projeto 3D, possibilitando verificação de interferências visualmente, porém com a interoperabilidade com outros *softwares* da modelagem da informação da construção é possível realizar compatibilização desses projetos de forma automática, levantamento de quantitativo e criação de um cronograma como visto no subitem 6.5, 6.6 e 6.7 respectivamente. Assim foi possível fazer uma análise, identificando os benefícios e os desafios para a utilização da Modelagem da Informação da Construção.

Palavras-chave: BIM. Modelagem da Informação da Construção. Planejamento e gerenciamento de obra.

ABSTRACT

The planning deficit in the construction industry in Brazil is still exist, mainly by small and medium builders, and with the lack of a good schedule and a three-dimensional compatibility in works, there is an increase of rework and waste, generating over budget and deadline. Information technology has created alternatives to meet this need, Building Information Modeling (BIM) is a new way of designing, bringing much more speed and detail to projects, as we can see in the case study presented in chapter 6, where it was demonstrated the projects developed with BIM software. With the creation of projects in BIM, it is possible to observe several advantages such as 3D project visualization, allowing visually interference checking, but with the interoperability with other building information modeling software, it is possible to automatically make these projects compatible, to survey data. and creation of a schedule as seen in sub-item 6.5, 6.6 and 6.7 respectively. Thus it was possible to make an analysis, identifying the benefits and challenges for the use of Building Information Modeling.

KEYWORDS: BIM. Build Information Modeling. Construction planning and management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 16 - Planta baixa sem escala da obra residencial Santos Dumont, térreo casas 1 a 3, desenvolvido no <i>software</i> AutoCAD.....	22
Figura 17 - Planta baixa sem escala da obra residencial Santos Dumont, 1º pavimento casas 1 a 3, desenvolvido no <i>software</i> AutoCAD.	23
Figura 18 - Planta baixa sem escala da obra residencial Santos Dumont, térreo, casas 4 e 5, desenvolvido no <i>software</i> AutoCAD.....	24
Figura 19 - Planta baixa sem escala da obra residencial Santos Dumont, 1º pavimento, casas 4 e 5, desenvolvido no <i>software</i> AutoCAD	24
Figura 1 – Configurações de Estrutura Analítica de Projeto (EAP) onde possui 3 tipos de construção sendo: a) árvore, b) analítica e c) mapa mental.....	32
Figura 2 – Diagramas de redes do tipo a) Diagrama de Flechas e b) Diagrama de Blocos	35
Figura 3 – Exemplo de método do caminho crítico, onde o caminho A – C – D.....	36
Figura 4 – Cronograma de Gantt onde as barras mais escuras indicam o caminho crítico do planejamento.	37
Figura 5 – Processo BIM ao contraponto do processo tradicional de projeto	39
Figura 6 - Exemplo de Modelo BIM 3D, contendo planta baixa do térreo e a perspectiva 3D de 6 casas geminadas de um empreendimento realizado pela construtora Garios e Sleutjes	40
Figura 7 - Planejamento 4D, visão geral da construção, a partir da união dos projetos realizados no <i>software</i> Revit e um cronograma desenvolvido pelo <i>software</i> Microsoft Project.....	41
Figura 8 – Exemplo de projeto arquitetônico desenvolvido pelo <i>software</i> Revit com quantificação de janelas e portas.....	42
Figura 9 – <i>Softwares</i> BIM disponíveis, separados por disciplinas de projeto.....	44
Figura 10 - Características na família de porta dentro do <i>software</i> Revit da Autodesk.	45
Figura 11 – Exemplo de projeto dentro do Revit Architecture da Autodesk – vista bidimensional e tridimensional concomitantemente.	45
Figura 12 – Estrutura de concreto armado de edificações desenvolvida pelo <i>software</i> Revit da Autodesk.	46

Figura 13 – Exemplo de projeto hidráulico realizado pelo <i>software</i> Revit MEP da Autodesk com lista de quantificação	47
Figura 14 – Gráfico relacionando o tempo e a capacidade de influenciar os custos de um empreendimento.	49
Figura 15 - Exemplo de erro na compatibilização de projetos utilizando a interoperabilidade entre o Software REVIT e NAVISWORKS da Autodesk, na primeira imagem temos um eletroduto de energia elétrica passando por um tubo de esgoto, e na segunda imagem a tubulação passando dentro da armadura.....	51
Figura 20 - Planta baixa sem escala, casas 1 a 3, localização: térreo, com base na locação realizado na obra, utilizando <i>software Revit da Autodesk</i>	54
Figura 21 - Planta baixa sem escala, Casas 1 a 3, localização: 1° pavimento, com base na locação realizado na obra, utilizando <i>software Revit da Autodesk</i>	55
Figura 22 - Planta baixa sem escala, Casas 4 e 5, localização: térreo, com base na locação realizado na obra, <i>utilizando software Revit da Autodesk</i>	56
Figura 23 - Planta baixa sem escala, casas 4 e 5, localização:1° Pavimento com base na locação realizado na obra, <i>utilizando software Revit da Autodesk</i>	56
Figura 24 - Escolha do arquivo modelo para iniciar um novo projeto no <i>software Revit (Autodesk)</i>	57
Figura 25 - Configurações do arquivo modelo com famílias e tabelas pré-programadas para começar um projeto no <i>software Revit (Autodesk)</i>	58
Figura 26 - Exibição da planta de piso, corte e 3D, sendo feito modificações de uma parede em uma das vistas e alterado automaticamente nas demais no <i>software Revit (Autodesk)</i>	59
Figura 27 - Seleção de componente para identificar o tipo de tomada a ser utilizada, podendo selecionar outro tipo de família de acordo com a necessidade do cliente ou projetista, <i>software Revit da Autodesk</i>	60
Figura 28 – Quadro de Distribuição de Circuitos sendo inserido e modificado de acordo com a altura desejada, planta baixa elétrica e imagem 3D elétrico, <i>software Revit da Autodesk</i>	61
Figura 29 – Projeto Elétrico projetado no <i>software AutoCAD</i> , térreo e 1° pavimento da Casa 1.....	62
Figura 30 – Projeto Elétrico projetado no <i>software AutoCAD</i> , térreo e 1° pavimento da Casa 4.....	63

Figura 31 - Projeto Elétrico projetado no <i>software</i> Revit, térreo e 1° pavimento da Casa 1.....	64
Figura 32 - Projeto Elétrico projetado no <i>software</i> Revit, térreo da Casa 4.....	65
Figura 33 - Projeto Elétrico projetado no <i>software</i> Revit, 1° pavimento da Casa 4. ..	66
Figura 34 – Quadro de circuitos e condutores para identificação de numeração do projeto elétrico das Casas 4 e 5, realizado pelo editor de planilhas <i>Microsoft Office Excel</i>	66
Figura 35 – Perspectiva do projeto elétrico das cinco casas, desenvolvido no <i>software</i> Revit.....	67
Figura 36 – Instalação elétrica em 3D Casa 1, 1° Pavimento, desenvolvido no <i>software</i> Revit.....	68
Figura 37 – Instalação elétrica em 3D casa 1, térreo, desenvolvido pelo <i>software</i> Revit.....	68
Figura 38 – Instalação elétrica em 3D, quarto da frente no 1° pavimento da Casa 1, desenvolvido no <i>software</i> Revit.....	69
Figura 39 – Interferência entre tubo de entrada de água fria e saída sanitária do lavatório, vista 3D, desenvolvido no <i>software</i> Revit.	70
Figura 40 – Ligação de tubulação entre lavatório e caixa sifonada, vista em corte e planta de piso.	71
Figura 41 – Modificação de transparência de peças para visualização de tubos, desenvolvido pelo <i>software Revit da Autodesk</i>	71
Figura 42 – Instalação hidrossanitária em perspectiva, desenvolvido no <i>software</i> Revit.	72
Figura 43 – Instalação hidrossanitária em 3D, Casa 1, detalhamento em vista a fim de demonstrar características da tubulação, desenvolvido no <i>software</i> Revit.	73
Figura 44 – Distribuição primária de água fria, desenvolvido no <i>software</i> Revit.	74
Figura 45 - Instalação hidráulica das Casas 1 e 4, térreo, desenvolvido no <i>software</i> Revit.	75
Figura 46 – Instalação Hidráulica das Casas 1 e 4, banheiro no 1° pavimento, desenvolvido no <i>software Revit</i>	76
Figura 47 - Instalação hidráulica da Casa 1, entrada e distribuição de água do reservatório superior, e corte de detalhe do reservatório, realizado no <i>software Revit</i>	77

Figura 48 - Instalação hidráulica da Casa 4, entrada e distribuição de água do reservatório superior, e cortes de detalhe do reservatório, realizado no <i>software Revit</i>	78
Figura 49 – Instalação hidráulica Casa 1 e 4 em corte, banheiros, desenvolvido no <i>software Revit</i>	79
Figura 50 –Instalação hidráulica Casa 1 e 4 em corte, cozinha e lavanderia, desenvolvido no <i>software Revit</i>	80
Figura 51 – Esgoto Primário com ligação na caixa de Inspeção da via pública, desenvolvido pelo <i>software Revit</i>	81
Figura 52 – Saída de esgoto primário casa 4, desenvolvido pelo <i>software Revit</i>	82
Figura 53 – Esgoto Sanitário Casas 1 e 4 ,térreo, desenvolvido no <i>software Revit</i> ..	83
Figura 54 – Esgoto sanitário Casas 1 e 4, banheiro 1º pavimento, desenvolvido pelo <i>software Revit</i>	84
Figura 55 – Esgoto Sanitário Casas 1 e 4, em corte, banheiros, desenvolvido pelo <i>software Revit</i>	85
Figura 56 – Esgoto sanitário Casas 1 e 4, em corte, cozinha e lavanderia, desenvolvido no <i>software Revit</i>	86
Figura 57 - Modelagem estrutural projeto Residencial Santos Dumont, desenvolvido no <i>software Eberick</i>	87
Figura 58 – Exportando projeto elétrico em .nwc, para utilizar a fim de compatibilizar no <i>software Navisworks</i>	88
Figura 59 – Abertura do projeto arquitetônico no <i>software Navisworks</i>	89
Figura 60 – Abertura dos projetos complementares para compatibilização, dentro do <i>software Navisworks</i>	90
Figura 61 – Visualização do material “Guarda-Corpo” através da janela “ <i>Selection Tree</i> ”, <i>software Navisworks</i>	91
Figura 62 – Utilização do botão “ <i>Hide</i> ”, a fim de esconder o projeto arquitetônico e identificar interferências visuais, entre os projetos (elétrico, hidráulico e estrutural), <i>software Navisworks</i>	92
Figura 63 – Detecção de Interferência automática entre projeto Elétrico x Hidrossanitário, <i>software Navisworks</i>	93
Figura 64 – Resultado da identificação de interferência entre o projeto Elétrico e o Hidrossanitário, <i>software Navisworks</i>	94

Figura 65 – Exportação de relatório de incompatibilidades, arquivo tipo HTML, <i>software Navisworks</i>	94
Figura 66 – Relatório de incompatibilidades elétrica x hidrossanitária, sendo imagem acessível à janela maior para visualização detalhada, apresentado a totalidade de 24 interferências, gerado em HTML pelo <i>software Navisworks</i>	95
Figura 67 – Compatibilização de projeto Estrutural x Elétrico, identificado 563 choques no total, <i>software Navisworks da Autodesk</i>	96
Figura 68 - Compatibilização de projeto Hidrossanitário x Estrutural, identificado 358 choques no total, <i>software Navisworks</i>	96
Figura 69 –Inserção de tabelas quantitativas, <i>software Revit da Autodesk</i>	97
Figura 70 – Seleção do tipo de item a ser levantado, <i>software Revit da Autodesk</i> ...98	
Figura 71 – Tipos de Campos para obter informações sobre itens levantados, <i>software Revit da Autodesk</i>	98
Figura 72 – <i>TimeLiner</i> (Cronograma), <i>Software Navisworks</i>	104
Figura 73 – Selecionando Itens e inserindo no Cronograma, <i>software Navisworks da Autodesk</i>	105
Figura 74 – Atividades planejadas e cronograma de <i>Gantt</i> , <i>software Navisworks da Autodesk</i>	106
Figura 75 – Início da Simulação 5D.	107
Figura 76 - Simulação 5D, dia 21.	107
Figura 77 - Simulação 5D, dia 54.	108
Figura 78 – Término da simulação 5D.	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal 11,5x19x19 cm (espessura 11,5cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m ² com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira.	33
Tabela 2 - Tabela de quantitativo de janelas do projeto Santos Dumont, fornecido pelo <i>software</i> Revit.	99
Tabela 3 – Quantitativo de componentes elétricos, fornecido pelo <i>software Revit da Autodesk</i> .	100
Tabela 4 – Quantitativo de Eletrodutos utilizados no projeto Santos Dumont, fornecido pelo <i>software Revit da Autodesk</i> .	100
Tabela 5 – Quantitativo de equipamento e peças sanitárias do empreendimento Santos Dumont, fornecido pelo <i>software Revit da Autodesk</i> .	101
Tabela 6 – Quantitativo de conexões do projeto hidrossanitário, fornecido pelo <i>software Revit da Autodesk</i> .	102
Tabela 7 – Quantitativo de tubos rígidos do projeto hidrossanitário, fornecido pelo <i>software Revit da Autodesk</i> .	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro de Sequenciação de atividades para definição de precedências.	34
Quadro 2 - Quadro de circuitos e condutores para identificação de numeração do projeto elétrico das Casas 1,2 e 3, realizado no editor de planilhas <i>Microsoft Office Excel</i>	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D: Modelo Bidimensional

3D: Modelo Tridimensional

4D: Modelo 3D associado ao planejamento

5D: Modelo 4D associado ao orçamento

6D: Modelo 5D associado à operação e manutenção de edificações

7D: Modelo 6D associado à sustentabilidade e controle energético

BDI: Benefícios e Despesas Indiretas

BIM: Building Information Model (Modelagem/Modelação da Informação da Construção)

CAD: Computer-Aided Design (Desenho Assistido por Computador)

CPM: Corporate performance management (Gestão do Desempenho Empresarial)

EAP: Estrutura Analítica de Projeto

EUA: Estados Unidos da América

HTML: HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)

IFC: Industry Foundation Classes (Classes da Fundação da Indústria) com o .IFC é o tipo de arquivo salvo em qualquer *software* BIM a fim de abrir em outro *software* da Modelagem da Informação da Construção

MEP: Mechanical, Electrical, and Plumbing (Mecânica, Elétrica e Hidráulica)

NBR: Norma Brasileira

NWF: Formato de arquivo salvo pelo Software Navisworks

PERT: Program Evaluation and Review Technique (Avaliação do Programa e Técnica de Revisão)

PMBOK: Project Management Body of Knowledge (Conhecimento em Gerenciamento de Projetos)

RVT: Tipo de arquivo salvo pelo *software* Revit.

SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo geral	18
1.1.2 Objetivos específicos	18
1.2 JUSTIFICATIVA	19
2 - METODOLOGIA	20
3 - PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRA	25
3.1 PROJETO	25
3.2 - A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DE OBRAS	26
3.3 - INICIAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE OBRA	27
3.4 - ESTÁGIOS DO PLANEJAMENTO DE OBRAS	28
3.4.1 – Concepção e viabilidade	28
3.4.2 – Detalhamento do projeto e do planejamento.....	29
3.4.3 – Execução	30
3.4.4 – Finalização	30
3.5 – FERRAMENTAS PARA PLANEJAMENTO DA OBRA.....	31
3.5.1 - Identificação das atividades	31
3.5.2 – Definição das durações.....	32
3.5.3 – Definição da Precedência	33
3.5.4 – Montagem do Diagrama de Rede	34
3.5.5 – Caminho Crítico.....	35
3.5.6 – Geração do cronograma e cálculo das folgas	36
4 – BIM.....	38
4.1 – INTEROPERABILIDADE.....	39
4.2 – DIMENSÃO DO MODELO.....	40
4.3 – CONCEPÇÃO E VISUALIZAÇÃO	41
4.4 – QUANTIFICAÇÃO	42
4.5 – SOFTWARES BIM.....	43
4.5.1 – Projetos de Arquitetura utilizando o BIM	44
4.5.2 – Projetos Estruturais utilizando o BIM.....	46
4.5.3 – Projeto de Instalações Elétricas e Hidrossanitárias.....	46
5 - COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	48
5.1 - UTILIZANDO O BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	50

6 – ESTUDO DE CASO	52
6.1 – PROJETO ARQUITETÔNICO	53
6.2 – PROJETO ELÉTRICO	59
6.3 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO.....	69
6.3.1 – Projeto Hidráulico	74
6.3.2 – Projeto Sanitário.....	80
6.4 – PROJETO ESTRUTURAL	87
6.5 – COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	88
6.6 – QUANTITATIVO.....	97
6.7 – CRONOGRAMA E SIMULAÇÃO 5D	103
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
REFERÊNCIAS.....	111

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da construção civil é a entrega do projeto dentro do prazo, e a assertividade do orçamento após a conclusão da obra, muitas vezes o custo é ultrapassado prejudicando assim os lucros. Os retrabalhos dentro da construção geram atrasos e desperdícios de materiais, com um planejamento detalhado, projetos compatibilizados e cronograma traçado, obtém-se uma obra mais organizada, precisa e lucrativa.

A modelagem da informação da construção (BIM) surgiu com o intuito de melhorar a construção de edifícios, fornecendo um conjunto de dados gerados e mantidos durante todo o ciclo da construção. A utilização dos *softwares* para desenvolver projetos contribui ao o planejamento da obra, fazendo com que falhas sejam identificadas antes mesmo de iniciar a execução do empreendimento, gerando uma possível solução, além de facilitar a visualização do objetivo final por cada profissional envolvido.

O tema central desse trabalho é identificar dentro da modelagem da informação da construção como os *softwares* podem influenciar positivamente no planejamento através da compatibilização de projetos, levantamento de materiais e cronograma de prazo e custo, reduzindo retrabalhos e otimizando tempo para um projeto mais assertivo.

Na presente monografia será visualizado uma análise de uma obra executada pela construtora e incorporadora Garios e Sleutjes, no empreendimento Residencial Santos Dumont, será demonstrado os projetos desenvolvidos: arquitetônico, elétrico e hidrossanitário através do *software Revit* da empresa Autodesk, e o estrutural desenvolvido pelo *software Eberick* da empresa *AltoQI* (projeto demonstrativo adquirido por terceiros).

No primeiro capítulo será abordado o objetivo e a justificativa do presente trabalho, no segundo, a importância do planejamento de obra e suas etapas, no terceiro uma introdução a Modelagem da Informação da Construção (BIM). Já no quarto capítulo descreve-se o que é a compatibilização de projetos e sua importância no planejamento, no quinto capítulo a metodologia que serão

empregados no presente trabalho e os projetos base para desenvolvimento dos complementares, e no sexto capítulo será apresentado o estudo de caso contendo os projetos desenvolvidos, as compatibilizações realizadas entre os projetos, o quantitativo de material elétrico e hidráulico e o demonstrativo de cronograma de Gantt realizado pelo *software* com a finalidade de mostrar as etapas do projeto estrutural das casas da frente. Por fim será feita a conclusão da análise do projeto com a utilização do BIM, descrevendo as vantagens e desafios encontrados para a utilização dos *softwares*.

A visualização do projeto para o executor acaba sendo mais fácil, pela clareza dos materiais empregados no modelo BIM, tornando mais rápido o processo construtivo. Mostra-se assim, a importância da utilização da modelagem da informação da construção no ciclo: quantitativo e compatibilização para o planejamento; e cronograma para o gerenciamento da obra.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo demonstrar a criação de projetos na modelagem da informação da construção e o benefício no planejamento e gerenciamento de uma obra, utilizando como recursos a compatibilização de projetos e cronograma, para gerar a modelagem em cinco dimensões (5D).

1.1.2 Objetivos específicos

- Demonstrar a importância de um bom planejamento
- Mostrar como o modelo BIM pode simplificar o entendimento do executor da obra e reduzir os retrabalhos.
- Apresentar os projetos desenvolvidos pelos *softwares* da modelagem da informação da construção.

- Apresentar as funcionalidades do BIM para o benefício do planejamento e gerenciamento de obras.
- Concluir mostrando as vantagens e dificuldades apresentadas na utilização dos *softwares*.

1.2 Justificativa

Quando se fala de construção civil no Brasil sabe-se o déficit que esse setor possui em seu gerenciamento, a quantidade de obras que começam e não são concluídas ou até mesmo resultam em prejuízos financeiros ainda são grandes, a falta de um bom planejamento é uma das maiores causas desse ocorrido.

O processo de planejamento passa a cumprir um papel fundamental nas empresas, na medida em que tem forte impacto no desempenho da produtividade. A deficiência no planejamento e no controle, estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, de suas elevadas perdas e baixas qualidade dos seus produtos, não são poucos os casos conhecidos de frustração de prazo, estouros de orçamento, atrasos injustificados, indisposição do construtor com seu cliente e até mesmo litígios judiciais para recuperação de perdas e danos (MATTOS, 2010).

Quando se inicia um planejamento de uma obra tem-se uma visão mais detalhada de como será o andamento, como a escolha do método construtivo e materiais utilizados. O conhecimento adquirido de situações desfavoráveis permite ter ações precoces para possíveis resoluções, assim como no orçamento que é um fator muito relevante, pois é ele que irá determinar qual o lucro que será obtido e de onde poderá ser adquirido os materiais necessários e identificar oportunidade de melhoria. A utilização de um cronograma permite estar verificando o que foi planejado ao que foi executado, tendo como base o tempo determinado para cada atividade, tomando as medidas corretivas cabíveis, além de criar uma memória para plano de execução em obras similares.

Muitas vezes em uma obra o gerente é o responsável pela leitura do projeto e execução, porém se sabe que o modelo 2D usualmente adotado em projetos faz com que sua leitura fique menos compreensível de se interpretar, e foi isso que

tornou a Modelagem da Informação na Construção (BIM) um processo mais atraente, pois permite que toda a construção seja construída em duas dimensões e visualizada também em três dimensões, trazendo informações como quantitativos, especificações e compatibilizações. Sua fácil visualização faz com que tenha uma interação melhor entre arquitetos, engenheiros, construtores, pedreiros, serventes e principalmente ao cliente, que poderá ver como ficará sua edificação e as instalações antes mesmo de começar a executar o projeto.

A tecnologia da informação está trazendo para a indústria da construção a possibilidade de planejar e organizar uma obra através de *softwares*, aumentando a velocidade na construção de projetos e identificação de interferências que seriam apenas identificadas em perspectiva tridimensional, que provavelmente sem a tecnologia iria ser visualizada durante a construção do empreendimento.

2 - METODOLOGIA

Para cumprir os objetivos propostos nessa monografia será feito um estudo de caso contendo uma demonstração dentro da Modelagem da Informação da Construção, dos projetos arquitetônico, elétrico e hidrossanitário da obra Residencial Santos Dumont, empreendimento da Construtora e Incorporadora Garios e Sleutjes. Foi utilizado o *software* Revit de versão estudante pelo autor para modelagem e levantamento de quantitativo de materiais.

Será realizado a compatibilização dos projetos utilizando o *software* Navisworks de versão estudante, para identificar as interferências criadas propositalmente para demonstração dos benefícios da modelagem da informação da construção. Ainda utilizando o *software*, ao final será demonstrado figuras retiradas de um vídeo, da modelagem em cinco dimensões, a fim de apresentar a criação do projeto estrutural da casa 1,2 e 3, desde a criação das sapatas até a última laje a ser montada, tendo como parâmetros o custo e o prazo da construção.

No presente trabalho será feito a demonstração das funcionalidades dos softwares no benefício do planejamento e gerenciamento de obra, e para isso será apresentado exemplos de quantitativos e cronogramas.

Devido à falta de esquadro do terreno foi necessário efetuar alterações do projeto arquitetônico base (Figuras 16,17,18 e 19), como recuar a casa 2 para 0,90 m e a Casa 3 para 1,45m, e redução dos cômodos internos das casas para adequar a terraplanagem do terreno.

Alterações realizadas entre os cômodos do projeto Residencial Santos Dumont:

Casa 1, 2 e 3

Sala: de 3,09 m x 3,20 m para 3,08 m x 2,70 m

Banheiros: 2,15 m x 1,25 m para 2,06 m x 1,20 m

Cozinha: 3,09 m x 2,42 m para 3,08 m x 2,40 m

Quarto Frente: 3,19 m x 3,20 m para 3,08 m x 2,70 m

Quarto Fundos: 3,19 m x 2,42 m para 3,08 m x 2,40 m

Casa 4 e 5

Sala: de 3,50 m x 3,00 m para 3,75 m x 2,30 m

Cozinha: 1,70 m x 3,15 m para 1,62 m x 2,40 m

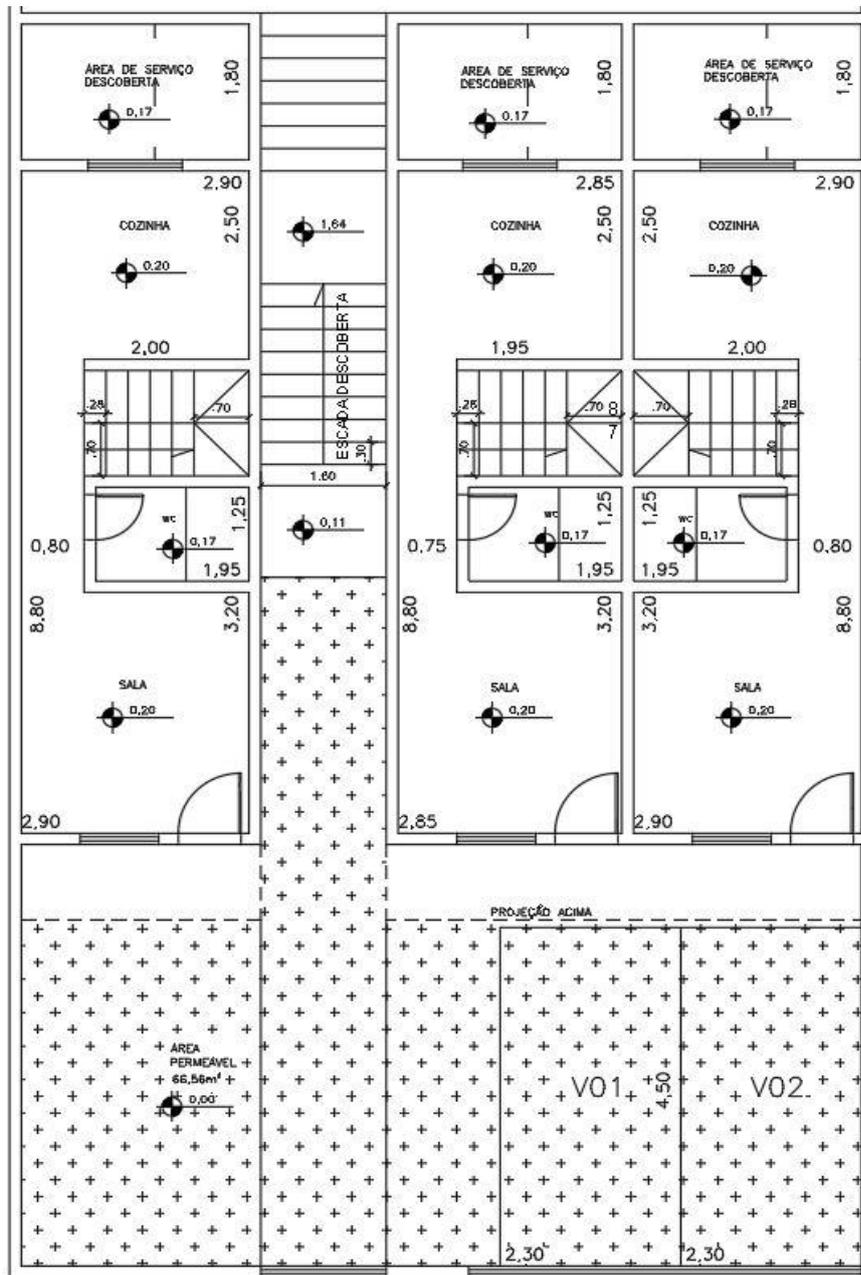
Lavanderia: 1,70 m x 3,00 m para 1,62 m x 2,30 m

Banheiro: 1,21 m x 3,15 m para 1,20 m x 2,40 m

Quarto Frente: 2,30 m x 3,15 m para 2,63 m x 2,40 m

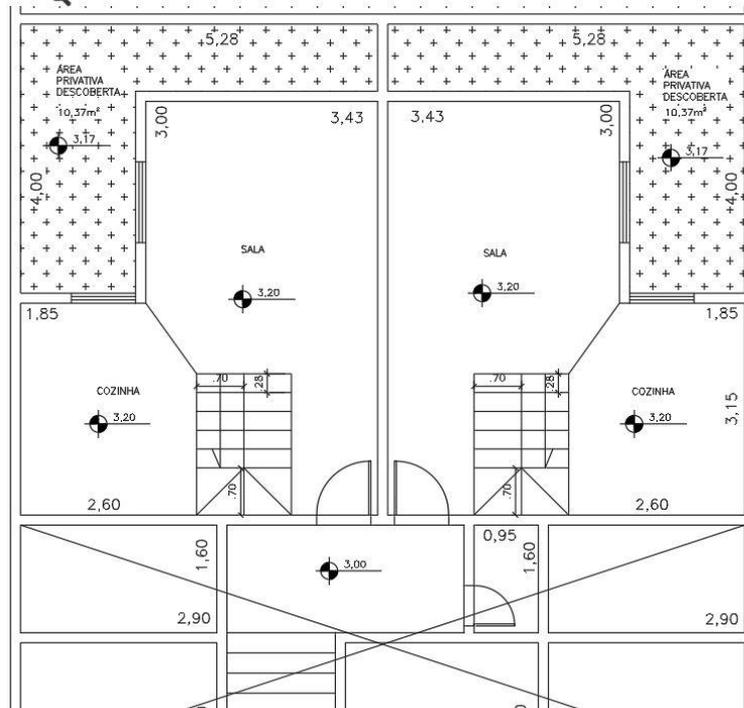
Quarto Fundos: 3,50 m x 3,00 m para 3,75 m x 2,60 m

Figura 1 - Planta baixa sem escala da obra residencial Santos Dumont, térreo casas 1 a 3, desenvolvido no software AutoCAD.



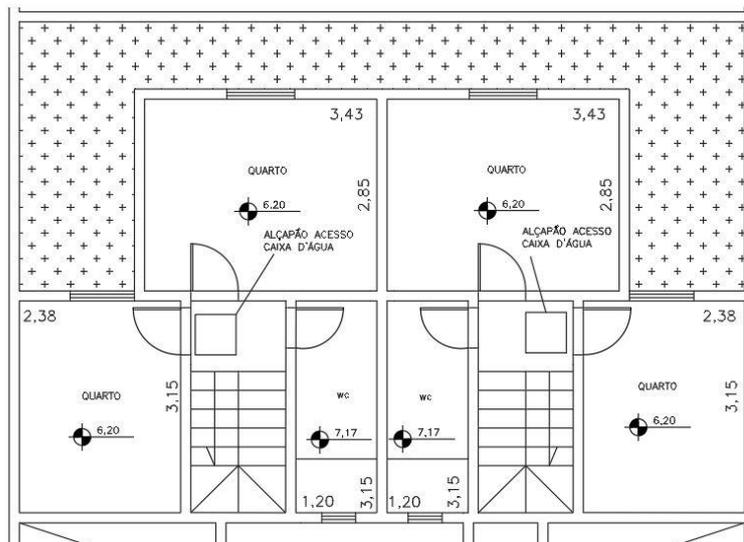
Fonte: Adquirido por terceiros

Figura 3 - Planta baixa sem escala da obra residencial Santos Dumont, térreo, casas 4 e 5, desenvolvido no software AutoCAD



Fonte: Adquirido por terceiros

Figura 4 - Planta baixa sem escala da obra residencial Santos Dumont, 1º pavimento, casas 4 e 5, desenvolvido no software AutoCAD



Fonte: Adquirido por terceiros

3 - PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRA

Serão abordados nesse capítulo os conceitos básicos, as ferramentas utilizadas e as etapas para o planejamento e gerenciamento de obra. Será apresentado alguns conceitos como, o que é projeto, e também a importância do planejamento na construção civil.

3.1 Projeto

Segundo Tasca *et al.* (2016) o projeto é a definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições legais.

Quando deseja-se iniciar a execução de um empreendimento, ou sistematização de processos dentro de uma organização, pode-se ter dúvida na hora de identificar se será um serviço continuado ou um projeto, por possuir grandes características em comum, como a necessidade de utilizar trabalho humano para executar, obter recursos limitados, ser planejado, executado e controlado.

“Serviços continuados e projetos diferem principalmente porque enquanto os primeiros são contínuos e repetitivos, os projetos são temporários e únicos. Assim, um projeto pode ser definido em termos de suas características distintas – um projeto é um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único”. (PMBOK, 2017)

Segundo Limmer (2018) um projeto pode ser definido como empreendimento singular, com objetivos bem definidos, a ser materializado segundo um plano preestabelecido e dentro de condições de prazo, custo, qualidade e risco

previamente definidas. O projeto é um conjunto de atividades necessárias, ordenadas logicamente e inter-relacionadas, que conduzem a um objetivo predeterminado, atendendo-se a condições definidas de prazo, custo, qualidade e risco.

3.2 - A importância do planejamento de obras

A indústria da construção vem sofrendo alterações nos últimos tempos, pois com a extensão de competitividade, a demanda por modernização e velocidade com que surge inovação tecnológica, resulta em investimentos na gestão e controle de processos.

Segundo Mattos (2010) ao planejar uma obra o benefício que se obtém é considerável em relação àquela empresa que não a faz, o conhecimento adquirido antes da execução é primordial para obter medidas necessárias, a verificação de recursos e levantamento de custos é uma das primeiras medidas necessárias, pois se durante a execução uma das duas der discordância, pode resultar em calamidade da obra.

“Atualmente, mais do que nunca, planejar é garantir de certa maneira a perpetuidade da empresa pela capacidade que os gerentes ganham de dar respostas rápidas e certas por meio do monitoramento da evolução do empreendimento e do eventual redirecionamento estratégico”.(MATTOS, 2010)

Muitas obras são executadas com um planejamento informal, sem garantia de cumprimento de prazo e orçamento previamente estabelecidos. Ou seja, o arquiteto desenvolve o projeto arquitetônico, o engenheiro desenvolve o projeto estrutural, em seguida os projetos de instalações, cada um elabora um trabalho individual, sem troca de informações com os demais integrantes do processo de criação, gerando as incompatibilidades de projeto que só irá ser identificada durante a execução da obra (LIMMER, 2018)

Ainda segundo Limmer (2018), os empreendimentos de maior porte, conhecidos como projetos complexos são executados através de um planejamento formal, seguindo uma sequência estratégica, sendo ela: O Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica; o desenvolvimento do Projeto de Engenharia Básico e, definida certa porção deste, o Projeto de Engenharia Detalhado para Execução; o Suprimento dos insumos necessários à materialização do projeto; e a Construção.

3.3 - Iniciação do planejamento de obra

É durante a iniciação que se verifica a viabilidade do empreendimento, ou seja, qual objetivo de lucros em relação ao investimento feito no projeto.

Segundo Limmer (2018), inicialmente é preciso planejar a duração do projeto, definir os tipos de insumos a serem empregados e, cruzando-os com os componentes do projeto, estabelecer plano de contas, estrutura organizacional que será implementada na obra, definindo assim os responsáveis a cada processo do projeto.

Nessa etapa entra em cena a equipe de planejamento da obra, buscando antever a lógica construtiva e suas interfaces, então se inicia o estudo do projeto, incluindo visita técnica ao local da obra; definição de metodologia, organizando a sequência das atividades e logística de materiais e equipamentos; e a geração de cronograma de modo que as informações sejam coordenadas (MATTOS,2010).

A fim de determinar as atividades necessárias para a materialização de cada componente do projeto, é preciso quantificar os recursos necessários a execução e distribuí-los nas atividades que compõem a obra, em seguida orçar os custos diretos e indiretos, e distribuí-los ao longo do tempo, obtendo então o cronograma físico-financeiro. A partir dos custos orçados e do cronograma físico-financeiro, estabelecer o multiplicador dos custos, conhecido como BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), para chegar-se ao preço de venda. Em paralelo é necessário fazer a coleta de dados durante a execução do projeto, transformá-los em informações e com elas incitar o sistema de controle do projeto. (LIMMER,2018)

Ainda segundo Limmer (2018) a verificação durante a execução é extremamente importante pois o resultado obtido pode estar divergente do planejado, tendo então que fazer as devidas correções, essas correções poderão ser feitas tanto no cronograma como também nos orçamentos para que o projeto possa não sair do planejado, e esse processo é contínuo sendo desenvolvido durante todo o projeto, utilizando técnicas de planejamento para cronograma, como o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*, avaliação de programas e técnica de revisão em português), CPM (*Corporate performance management*, gestão do desempenho empresarial em português), Precedência e Linha de Balanço. Para a orçamentação utiliza-se por correlação, por quantificação de insumos e por preços unitários, além de técnicas de controle, como a da aplicação do princípio de execução.

3.4 - Estágios do Planejamento de Obras

As atividades componentes de um projeto devem ser necessárias inter-relacionadas por uma sequência lógica de execução que cria uma dependência direta ou indireta de cada atividade em relação as demais.

Segundo Limmer (2018) a vida de um projeto compõe-se de quatro estágios básicos: concepção e viabilidade, detalhamento do projeto e do planejamento, execução e finalização.

3.4.1 – Concepção e viabilidade

A concepção de um projeto envolve a identificação da necessidade de o mesmo ser iniciado, ao decidir a implementação segue a etapa de verificação da viabilidade econômica e técnica, definindo plano de implantação, estimativa de custos e um cronograma preliminar, verificando as possíveis condições de financiamento, a definição da alternativa a ser implementada (LIMMER,2018).

Mattos (2010) define como etapas da concepção e viabilidade como:

- **Definição do Escopo** – Processo de determinação do programa de necessidades, linhas gerais do objetivo a ser projetado e construído;
- **Formulação do Empreendimento** – delimitação do objetivo em lotes, fases, formas de contratação etc.;
- **Estimativa de custos** – orçamento preliminar utilizando indicadores históricos;
- **Identificação da fonte orçamentária** – Empréstimos, linhas de financiamento, recursos próprios, solução mista;
- **Anteprojeto** - O anteprojeto é a parte de desenvolvimento inicial, com evolução até o projeto básico, quando obtém os elementos exigidos para o orçamento, identificação e especificações dos serviços necessários.

3.4.2 – Detalhamento do projeto e do planejamento

O detalhamento do projeto e do planejamento compreende em desenvolver um plano de projeto para servir de diretriz para sua implementação, contendo especificações de materiais, de equipamentos e técnica de execução, desenhos, cronogramas, orçamento e diretrizes gerenciais. (LIMMER,2018)

Mattos (2010) define como etapas do detalhamento do projeto e do planejamento como:

- **Orçamento analítico** – Composição de custos dos serviços, relacionando insumos e margem de erro menor que a do orçamento preliminar.
- **Planejamento** – Elaboração de cronograma de obra realista, com prazo e marcos contratuais definidos.
- **Projeto básico / Projeto Executivo** – Detalhamento do projeto básico incluindo todos os elementos necessário para execução da obra.

3.4.3 – Execução

Nessa etapa se estabelece uma estrutura organizacional para o gerenciamento e implementação do projeto, aquisição de recursos de materiais e mão-de-obra, materialização dos componentes físicos do projeto, a certificação da qualidade, a avaliação do desempenho, a análise do progresso alcançado e as modificações de projeto ditadas pela retroalimentação do sistema. (LIMMER,2018).

Mattos (2010) define como etapas da execução como:

- **Obras Cíveis** – Execução dos serviços de campo, aplicação dos materiais e utilização de mão de obra e equipamentos.
- **Montagens mecânicas e instalações elétricas e sanitárias** – Atividade de campo seguindo o projeto elaborado pelo projetista.
- **Controle da Qualidade** – Verificar se os parâmetros técnicos e contratuais foram observados.
- **Administração Contratual** – medições, diário de obras, aplicação de penalidades, aditivos ao contrato, etc.
- **Fiscalização de obra ou serviço** – supervisão das atividades de campo, reuniões de avaliação do progresso, resolução de problemas, etc. (MATTOS,2010)

3.4.4 – Finalização

Tem o objetivo de colocar em funcionamento a obra construída, capacitando operadores, transferir sobra de materiais aos seus legítimos proprietários, documentar resultados obtidos, transferir responsabilidades, desmobilizar recursos e realocar a equipe envolvida na execução. (LIMMER,2018)

Mattos (2010) define como etapas da finalização como:

- **Comissionamento** – Colocação em funcionamento e testes de operação do produto final.
- **Inspeção final** – testes para recebimento do projeto contratado.

- **Transferência de responsabilidade** – recebimento de obra e destinação final do produto.
- **Liberação de retenção contratual** - caso a empresa contratante tenha retido dinheiro da empresa executante.
- **Resolução das últimas pendências** – encontro de contas, pagamento de medições atrasadas, negociações de pleitos contratuais, etc.
- **Termo de recebimento** – provisório e definitivo.

3.5 – Ferramentas para planejamento da obra

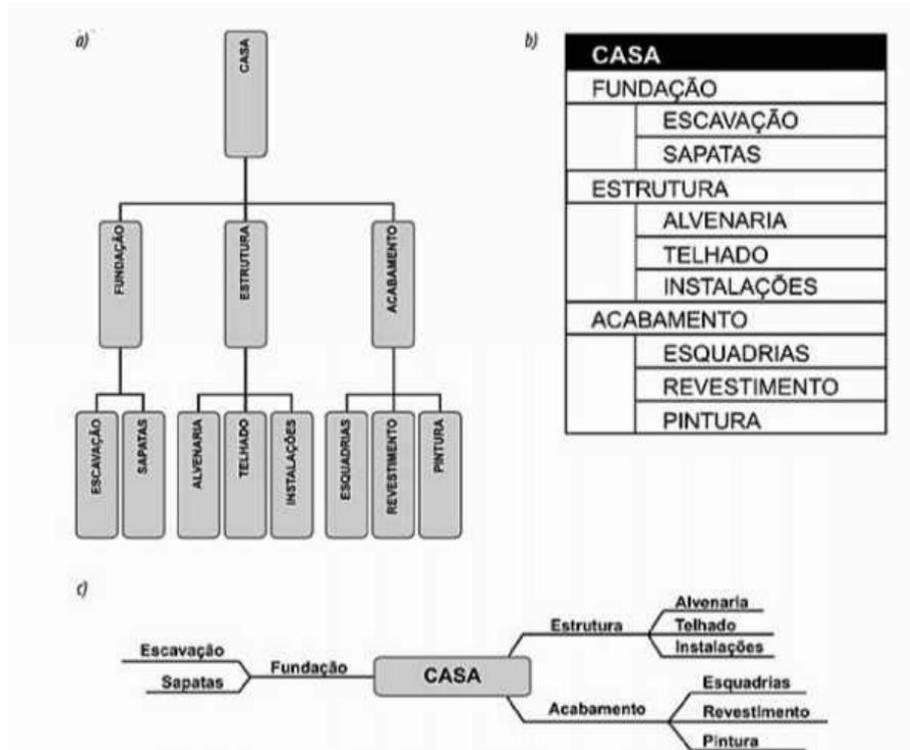
Segundo Mattos (2010) o planejamento de obra segue um padrão lógico para todos os tipos de obra, como se fosse uma receita de bolo, mudando apenas o tipo de construção. O roteiro do planejamento é feito em etapas, sendo: Identificação das atividades, definição das durações, definição da precedência, montagem do diagrama de rede, identificação do caminho crítico, geração do cronograma e cálculo das folgas.

3.5.1 - Identificação das atividades

Utilizando a Estrutura Analítica de Projeto (EAP), uma ferramenta muito conhecida que decompõe hierarquicamente o escopo total do trabalho a ser executado pela equipe de projeto, com o propósito de atingir os objetivos e criar as entregas requeridas (PMBOK, 2017).

Segundo Mattos (2010) a EAP tem a vantagem de organizar o processo de desdobramento do trabalho, decompondo a totalidade da obra em pacotes de trabalho progressivamente menores, exemplos de EAP na Figura 1.

Figura 5 – Configurações de Estrutura Analítica de Projeto (EAP) onde possui 3 tipos de construção sendo: a) árvore, b) analítica e c) mapa mental.



Fonte: Mattos, 2010.

3.5.2 – Definição das durações

Segundo Limmer (2018) o tempo de duração de um projeto é feita a partir da subdivisão entre as atividades estabelecidas no escopo, sendo proporcional ao número e tipo de serviços definidos para a obra.

A duração depende assim da quantidade de serviços, produtividade e quantidade de recursos alocados, porém há tarefas que possuem duração fixas, sem depender de quantidade de recursos humanos e equipamentos, como exemplo do tempo da cura do concreto. (MATTOS, 2010)

A duração de cada atividade pode ser determinada a partir de estimativas feitas por profissionais e empresas que se baseiam na sua prática com obras semelhantes, e podendo ser encontrado na tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) relatórios de insumos e

composições mensais, podendo localizar sobre o tipo de serviço executado e com que material utilizado, obtendo o resultado em unidade como mostra na Tabela 1.

Tabela 1 - Exemplo de alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal 11,5x19x19 cm (espessura 11,5cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m² com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira.

30187	01.PARE.ALVE.038/01	87521	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 11,5X19X19CM (ESPESURA 11,5CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M ²	
30188	INSUMO	34558	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 10,5* CM	M	0,4200000
30189	INSUMO	37395	FINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇO DIRETA)	CENTO	0,0100000
30190	INSUMO	38783	BLOCO CERAMICO DE VEDAÇÃO COM FUROS NA HORIZONTAL, 11,5 X 19 X 19 CM - 4,5 MPA (NBR 15270)	UN	28,3100000
30191	COMPOSICAO	87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M ³	0,0125000
30192	COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,2900000
30193	COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,6450000

Fonte: Tabela SINAPI (MG) março/2019

3.5.3 – Definição da Precedência

A Precedência é a dependência das atividades, a ordem que irão sendo realizadas. É primordial o consenso da equipe de projeto sobre a lógica de construção, sendo o plano de ataque da obra, o relacionamento entre as atividades e a sequência de serviços mais coerentes. A precedência normalmente é feita por meio de um quadro, como podemos observar no Quadro 1. (MATTOS, 2010)

Quadro 1 – Quadro de Sequenciação de atividades para definição de precedências.

Quadro de sequenciação			
Atividade		Duração	Predecessora
FUNDAÇÃO			
A	ESCAVAÇÃO	1 dia	—
B	SAPATAS	3 dias	Escavação
ESTRUTURA			
C	ALVENARIA	5 dias	Sapatas
D	TELHADO	2 dias	Alvenaria
E	INSTALAÇÕES	9 dias	Sapatas
ACABAMENTO			
F	ESQUADRIAS	1 dia	Alvenaria
G	REVESTIMENTO	3 dias	Telhado, instalações
H	PINTURA	2 dias	Esquadrias, revestimento

Fonte: MATTOS, 2010

3.5.4 – Montagem do Diagrama de Rede

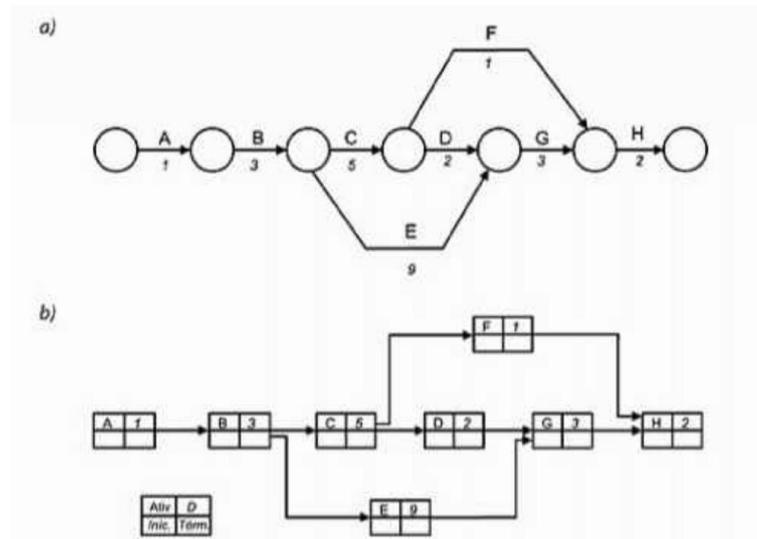
Segundo Mattos (2010) o diagrama é a representação da rede em forma gráfica, possibilitando a compreensão do projeto como um fluxo de atividades, permitindo a visualização clara do inter-relacionamento entre as atividades, servindo como referência para o cálculo do caminho crítico e folgas. Essa ferramenta é usual para análise de alternativas e o estudo de simulações (Figura 2).

Segundo Limmer (2018) para elaborar um diagrama de rede são utilizadas duas técnicas, a PERT (*Program Evaluation and Review Technique*, técnica de avaliação e revisão de programas, em português), CPM (*Corporate performance management*, gestão do desempenho empresarial, em português). E a sua elaboração procede-se da seguinte maneira:

- 1 – Listar todas as atividades do projeto;
- 2 – Estabelecer a ordem de execução das atividades;
- 3 – Determinar a duração de cada atividade;
- 4 – Determinar os eventos inicial e final da rede;

- 5 – Determinar as atividades que podem ser executadas em paralelo;
- 6 – Calcular as datas dos eventos inicial e final de cada atividade;

Figura 6 – Diagramas de redes do tipo a) Diagrama de Flechas e b) Diagrama de Blocos

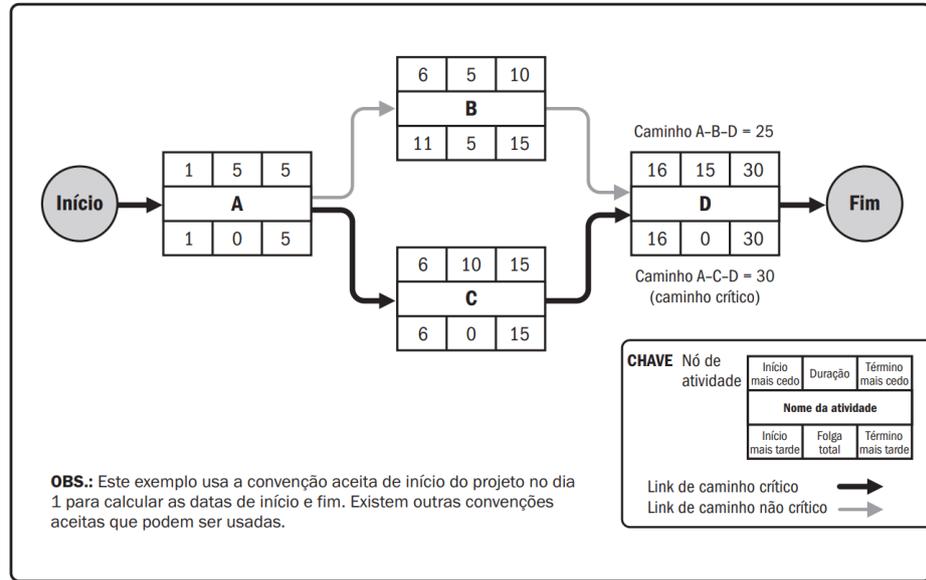


Fonte: MATTOS,2010

3.5.5 – Caminho Crítico

Segundo PMBOK (2017) o método do caminho crítico é utilizado para estimar a duração mínima e máxima do projeto, determinar o grau de flexibilidade nos caminhos lógicos dentro da rede, calculando as datas de início e término mais cedo ou mais tarde, desconsiderando limitações de recursos, e calcular a quantidade total de folga livre, sendo o caminho mais longo obtendo a menor folga total (geralmente igual a zero), como mostrado na Figura 3.

Figura 7 – Exemplo de método do caminho crítico, onde o caminho A – C – D

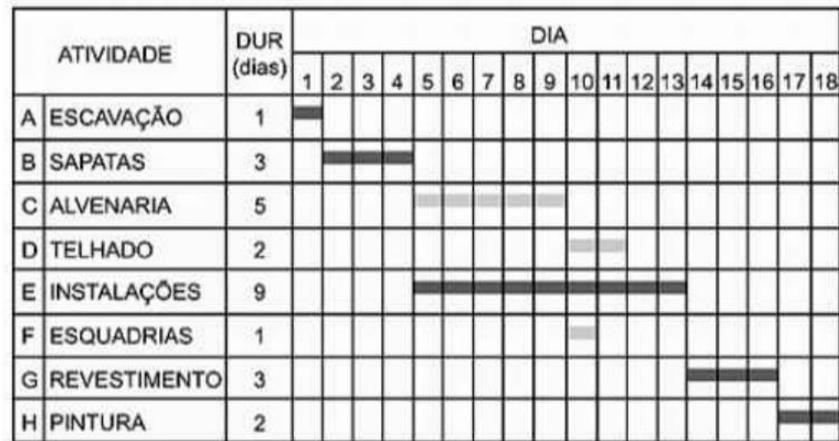


Fonte: PMBOK,2017

3.5.6 – Geração do cronograma e cálculo das folgas

O programa final do planejamento é o Cronograma, representado sob a forma de gráfico de Gantt, é uma representação de simples entendimento, podendo se observar a posição de cada atividade ao decorrer do prazo estimado, do lado esquerdo obtendo o nome de cada atividade e ao lado direito do cronograma a duração, sendo representado por barras preenchidas em dias, horas, semanas, meses, isso é relativo ao tipo de atividade a ser planejada, porém o mais usual para obras é a duração em dias. (MATTOS,2010)

Figura 8 – Cronograma de Gantt onde as barras mais escuras indicam o caminho crítico do planejamento.



Fonte: MATTOS, 2010

4 – BIM

O BIM (ou *Building Information Model*) que significa Modelagem/Modelação da Informação da Construção, são *softwares* de base de dados em formato digital que permite criar construções inteligentes, ou seja, que consegue-se inserir informações úteis como insumos, metragem e espessura dos materiais utilizados na construção civil, além de projetar em duas dimensões e visualizar a perspectiva em três dimensões, possibilitando passar informações detalhadas sobre a construção, ou até mesmo interferência de compatibilização de projetos.

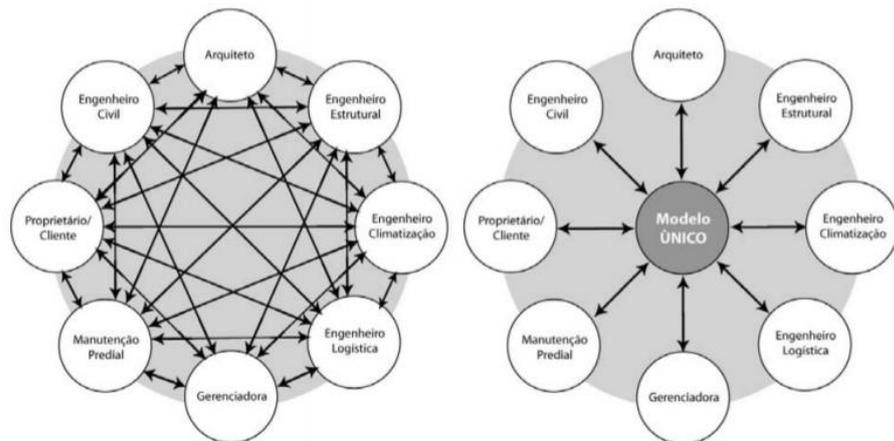
Diferentemente do CAD (*computer-aided design*) que significa Desenho Assistido por Computador, que é um sistema desenvolvido através de linhas, um modelo BIM é formado por um conjunto de componentes, chamados também de famílias, como parede, janelas, portas, tubulações, vigas, pisos, etc.

“Modelagem da Informação da Construção ou BIM deve ser entendida como um novo paradigma de desenvolvimento de empreendimentos de construção envolvendo todas as etapas do seu ciclo de vida, desde os momentos iniciais de definição e concepção, passando pelo detalhamento e planejamento, orçamentação, construção até o uso com a manutenção e mesmo as reformas ou demolição. É um processo baseado em modelos paramétricos da edificação visando a integração de profissionais e sistemas com interoperabilidade de dados e que fomenta o trabalho colaborativo entre as diversas especialidades envolvidas em todo o processo, do início ao fim.” (CAMPESTRINI *et al.*, 2015)

Surgiu na década de 70 como resultado de pesquisas científicas de países tecnologicamente desenvolvidos na construção civil, cuja a necessidade era melhorar a tomada de decisão em vista a crescente quantidade de informações disponíveis e as novas exigências e especialidades esperadas no mercado como, segurança, certificação ambiental, sustentabilidade, conforto, entre outros. (CAMPESTRINI *et al.*, 2015)

De acordo com Cardoso *et al.*, (2013) esses *softwares* vieram para abrir o caminho para uma comunicação mais fácil, concisa e completa, entre os integrantes do projeto, sendo o cliente, engenheiro, arquiteto, empreiteiro e os funcionários que realizam o serviço físico na obra, como pode ser visto na Figura 5, a comparação entre o processo BIM e o tradicional.

Figura 9 – Processo BIM ao contraponto do processo tradicional de projeto



Fonte: Adaptado de PRIES, citado por GOES, 2011.

O processo BIM para o levantamento de quantidades é diferente do processo tradicional baseado sob vários aspectos, o uso de objetos parametrizados na modelagem do projeto é sem dúvida o grande diferencial, permitindo alterar qualquer informação em uma vista e ser repercutido as demais vistas automaticamente, sem se preocupar com constantes modificações no projeto por qualquer necessidade de troca de componente. (KOELL, 2015)

4.1 – Interoperabilidade

A interoperabilidade é a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e usar as informações que foram trocadas (AZEVEDO,2009).

Quando os profissionais responsáveis pela modelagem desenvolvem um projeto através da plataforma BIM, é estruturado da maneira que mais se agrada dentro do modelo de documento (*Template*), podendo colocar o padrão de modelo da forma que seja mais fácil de leitura, seguindo padrão próprio individual ou padronizado pela empresa responsável, para que a leitura seja mais clara à equipe desenvolvedora do projeto. (CAMPESTRINI *et al.*, 2015)

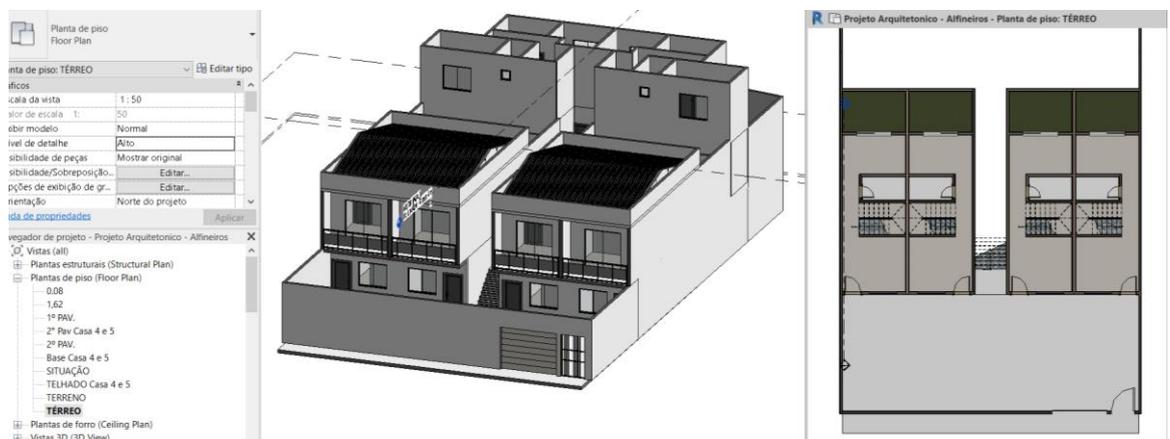
Ainda segundo Campestrini *et al.* (2015), outros *softwares* de BIM irão ser desenvolvidos, e para que haja troca de informações entre eles, surge a necessidade para o tipo de arquivo ser compatível entre si, portanto existe uma linguagem padrão internacional para que todos os *softwares* possam permitir a troca de modelos, que se chama *Industry Foundation Classes (IFC)*.

4.2 – Dimensão do Modelo

Com relação às dimensões de um modelo, essas se referem a como ele está programado e quais informações que serão retiradas dele, podendo ser definido como 3D, 4D, 5D e 6D.

Segundo Campestrini *et al.* (2015) o modelo BIM 3D é possível extrair informações sobre a compatibilização espacial do projeto, especificações de materiais, e acabamentos, quantitativos, soluções para revestimento, entre outros (Figura 6).

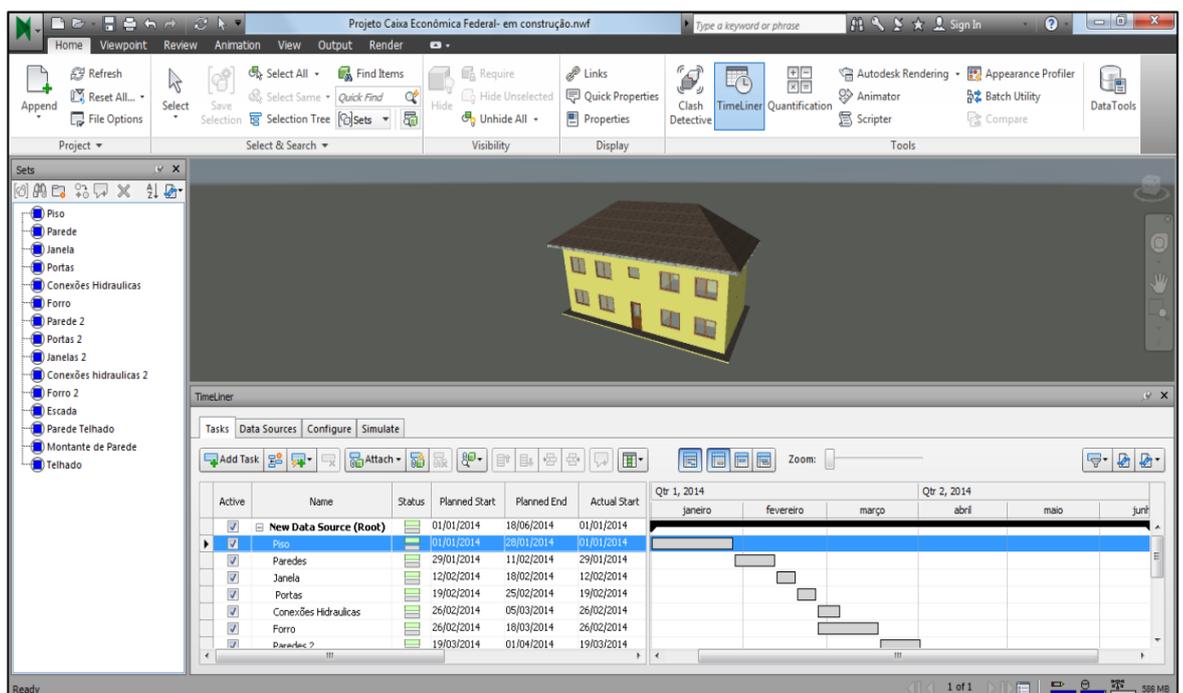
Figura 10 - Exemplo de Modelo BIM 3D, contendo planta baixa do térreo e a perspectiva 3D de 6 casas geminadas de um empreendimento realizado pela construtora Garios e Sletjjes



Fonte: Autoria Própria

No modelo BIM 4D serão retiradas informações sobre o cronograma da obra, início e término das atividades, configurações espaciais de cada etapa da execução como visto na Figura 7. No modelo BIM 5D é possível obter informações de custos dos serviços (materiais, mão-de-obra e equipamentos, despesas indiretas, bônus, etc.). Informações como utilização da edificação, validade dos materiais, ciclos de manutenção, consumo da água e energia elétrica, poderá ser obtido através do BIM 6D.

Figura 11 - Planejamento 4D, visão geral da construção, a partir da união dos projetos realizados no *software* Revit e um cronograma desenvolvido pelo *software* Microsoft Project.



Fonte: BAIA, MIRANDA e LUKE (2014)

4.3 – Concepção e Visualização

As aplicações mais corriqueiras do BIM são as ferramentas de design de edifícios, porém a modelação vai além da realização de esboços, em formato digital, podendo assim ser viável usar aplicação para testar vários tipos de soluções. A visualização espacial no BIM é completa e o processo construtivo é essencial para a modelagem, o utilizador deverá definir o tipo de vista pretendido para o modelo gerar

as plantas, cortes, e os elementos de terceira dimensão, todas as vistas são atualizadas em tempo real, proporcionando consistência do modelo na fase inicial ou final. (CARDOSO *et al.*,2013)

4.4 – Quantificação

A quantificação na modelagem da informação da construção é feita de forma automática, sendo uma das vantagens mais notórias em relação ao CAD, é representado por modelo paramétrico representando um conjunto de informações e propriedades, tentando figurar a realidade. Dentro do *Software* BIM é organizado os elementos similares, calculando automaticamente o quantitativo e disponibilizando a listagem dos materiais utilizados, como visto na Figura 8 (CARDOSO *et al.*,2013).

Figura 12 – Exemplo de projeto arquitetônico desenvolvido pelo *software* Revit com quantificação de janelas e portas

The screenshot displays the Autodesk Revit 2019 interface. The central 3D view shows a multi-story building model. On the left, the 'Propriedades' (Properties) panel is open for a 'Tabela' (Table) component, showing fields for 'Nome da vista' (View Name) and 'Quantidade de janelas' (Number of windows). On the right, two data tables are visible, providing a detailed breakdown of the quantified elements.

Projeto1 - Tabela: Quantidade de portas

A	B	C	D	E	F	G
Código de montagem	Descrição de montagem	Contador	Descrição da porta	Tipo	Largura	Altura
6	Porta emoldurada de corer q	2330	x 2180mm	0.90		2.13
12	Porta 2 folhas 219	0600	x 2134 mm 2	0.80		2.13
14	Porta 2 folhas 219	0700	x 2134 mm 3	0.70		2.13
3	M. Geloia simples	060	x 2032 mm	0.60		2.03
12	Porta 2 folhas 166. Simpla	0100	x 2 156	0.90		2.15
6	M. Folha única	ventilaca		0.40		0.90
8	Porta 2 folhas 219	0600	x 2134 mm 4	0.60		2.13
C:1020	Interior Doors	1	Portão e Garagem 37	34" x 84"	0.86	2.13
Total geral						

Projeto1 - Tabela: Quantidade de janelas

A	B	C	D	E	F	G
Código de montagem	Descrição de montagem	Contador	Descrição da janela	Tipo	Largura	Altura
12	Aluminum_Exterior_Window_...	2	wide72"W. x 66"H.		1.47	1.45
2	Aluminum_Exterior_Window_...	2	widejanela cozinha		1.20	1.00
6	Aluminum_Exterior_Window_...	2	widejanela cozinha		1.27	1.25
B020100	Windows	1	Archtop with Trim	24" x 24"	0.50	0.40
B020100	Windows	6	Janela 1 folha 16	36" x 42"	0.34	0.64
Total geral						

Fonte: Autoria Própria

4.5 – Softwares BIM

Segundo Goes (2011) as ferramentas de modelagem da informação da construção foram desenvolvidas por diversas empresas de variados lugares do mundo, diversificando assim o tipo de utilidade empregada no modelo, sendo *softwares* para planejamento, projetos, custos, entre outros (Figura 9).

A classificação para as ferramentas BIM segundo o Laboratório de Construção Virtual da *Georgia Institute of Technology*, de Atlanta EUA, citado por Goes, 2011 são:

- Ferramentas Preliminares:
- Planejamento/concepção inicial dos espaços do edifício;
- Estudos de massa e esquemas de estudo de viabilidade do edifício;
- Análise ambiental preliminar;
- Estimativas iniciais de custos.
- Ferramentas de projeto arquitetônico;
- Ferramentas de projeto estrutural;
- Ferramentas BIM de construção;
- Ferramentas para fabricação;
- Ferramentas de análise ambiental;
- Ferramentas de gerenciamento;
- Ferramentas de orçamento;
- Ferramentas de especificação;
- Ferramentas de gerenciamento de operação dos edifícios;
- Ferramentas para projeto de sistemas prediais;

Figura 13 – Softwares BIM disponíveis, separados por disciplinas de projeto

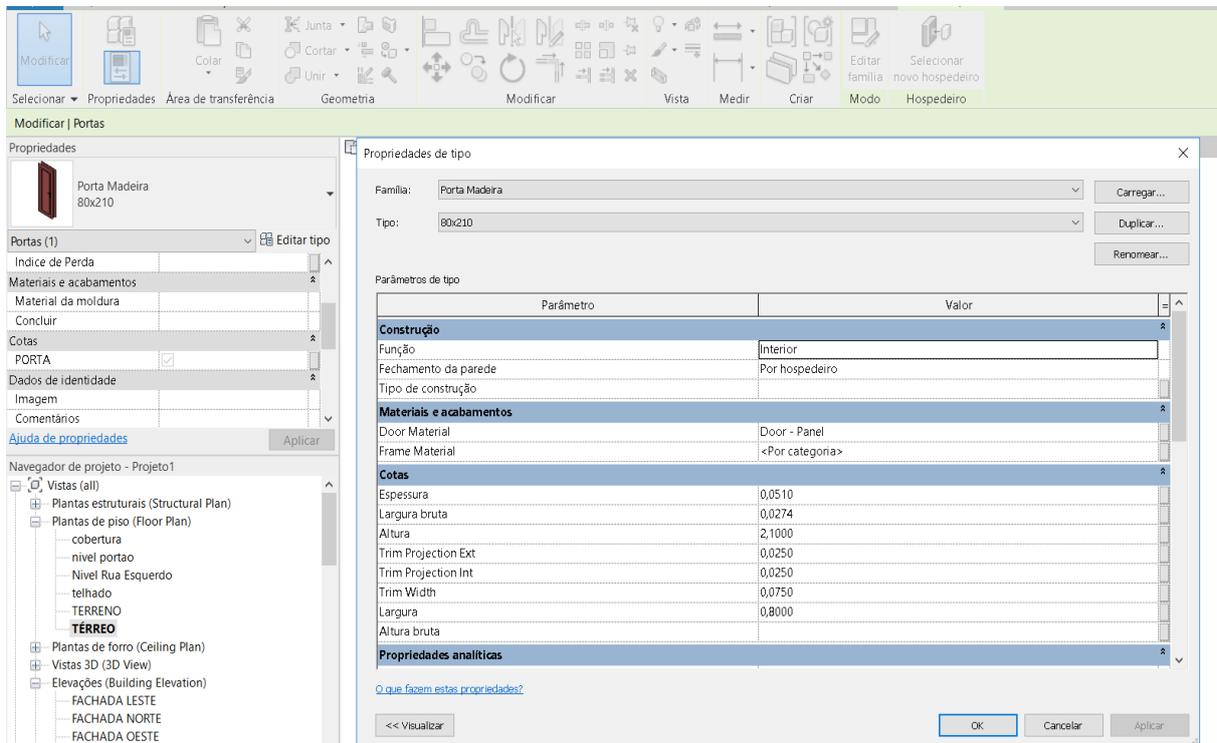
Disciplinas de projeto	Ferramentas BIM
Arquitetura	Revit Architecture
	ArchiCAD
	Vectorworks Architect
	Bentley Architecture
	Gehry Digital Project
	DDS-CAD Architect
Estrutura	Tekla Structures
	Revit Structure
	CAD/TQS
	Bentley Structural
	Allplan
	StruCAD
	ScaleCAD
	ProSteel 3D
Elétrica	Revit MEP
	AutoCAD MEP
	ArchiCAD MEP
	Bentley – Building Electrical Systems
	MagiCAD
	DDS-CAD Electrical
Hidráulica	Revit MEP
	ArchiCAD MEP
	Bentley Mechanical Systems
	MagiCAD
	DDS-HVAC
Gerenciamento de projetos	Navisworks
Construção	ArchiCAD Constructor and Estimator
	DDS-CAD Building
Gestão da Manutenção	Bentley Facilities
	ArchiFM
	Rambyg
	Vizelia

Fonte: GOES, 2011

4.5.1 – Projetos de Arquitetura utilizando o BIM

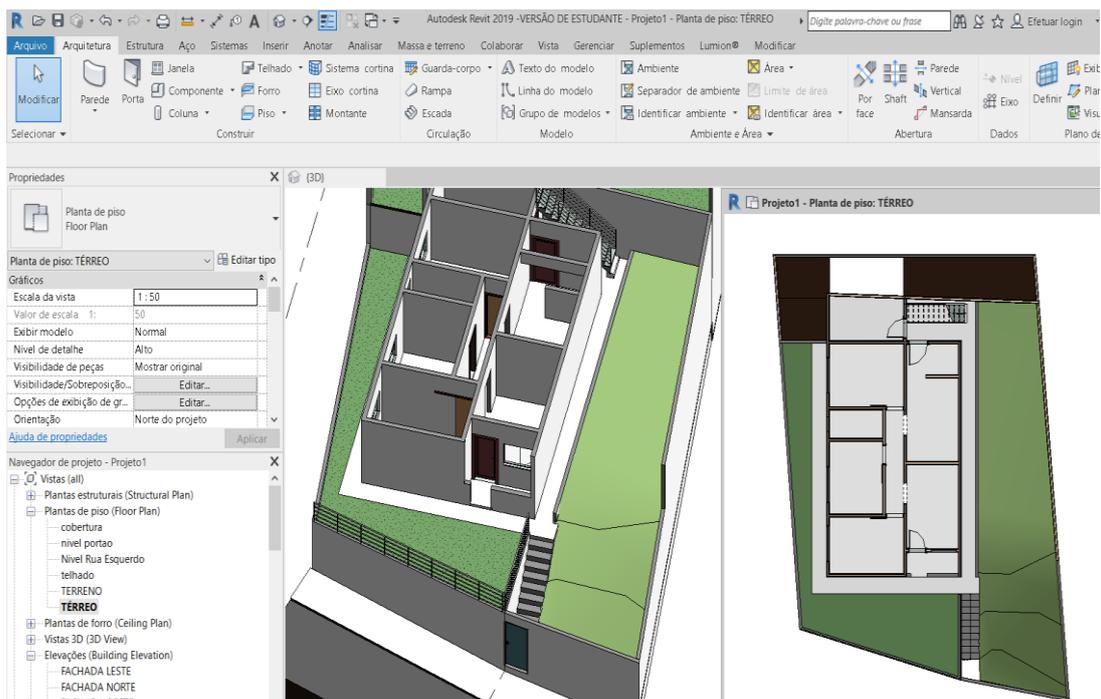
O Revit Architecture (da empresa Autodesk): tem como organização família de objetos, que são os elementos construtivos (Paredes, pilares, vigas, janelas, portas, pisos) que podem ter características alteradas dentro do *software* sem alterar o tipo de elemento (mudança de largura de porta, ou altura do peitoril da janela) como visto na Figura 10. É possível também visualizar o projeto tridimensional e ao mesmo tempo bidimensional, gerando uma velocidade na criação e verificação de compatibilidades visuais (Figura 11).

Figura 14 - Características na família de porta dentro do software Revit da Autodesk.



Fonte: A autoria Própria

Figura 15 – Exemplo de projeto dentro do Revit Architecture da Autodesk – vista bidimensional e tridimensional concomitantemente.

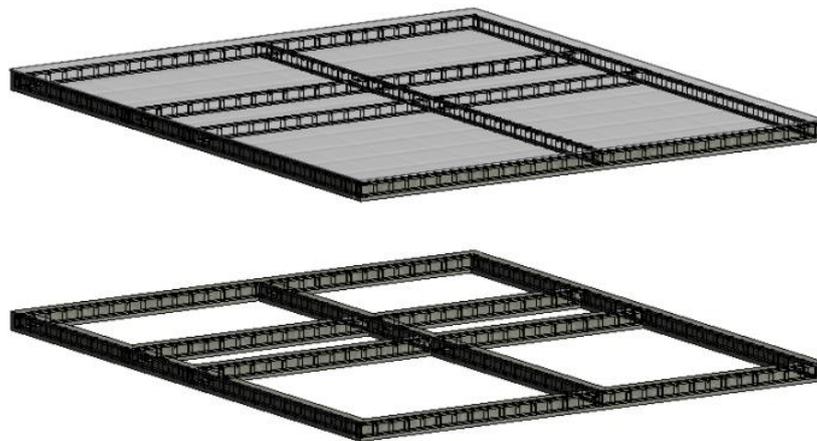


Fonte: A autoria Própria

4.5.2 – Projetos Estruturais utilizando o BIM

O Revit Structure (da empresa Autodesk): *Software* para engenharia estrutural, tem a finalidade maior de representar estrutura, afim de compatibilização e visualização. Permite fazer análise estrutural, cria documentações mais precisas e detalhadas do aço e concreto, modela a estrutura (Figura 12).

Figura 16 – Estrutura de concreto armado de edificações desenvolvida pelo *software* Revit da Autodesk.

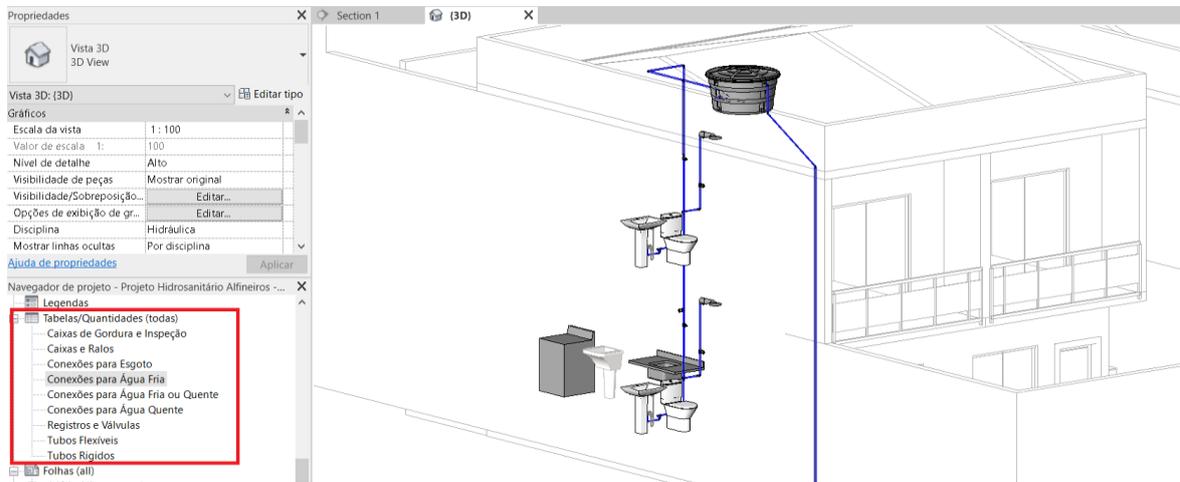


Fonte: SILVA, 2017

4.5.3 – Projeto de Instalações Elétricas e Hidrossanitárias

O Revit MEP (da empresa Autodesk): *Software* para projeto de instalações elétricas, hidrossanitários e de ar-condicionado, produz desenhos e documentações, permite modelagem bidimensional e tridimensional, análise de desempenhos, realiza simulações e detecção de interferências, gera relatórios de quantitativos, modela sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos com ferramentas que automatizam a fabricação do layout do modelo (Figura 13).

Figura 17 – Exemplo de projeto hidráulico realizado pelo software Revit MEP da Autodesk com lista de quantificação



Fonte: Autoria Própria

5 - COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

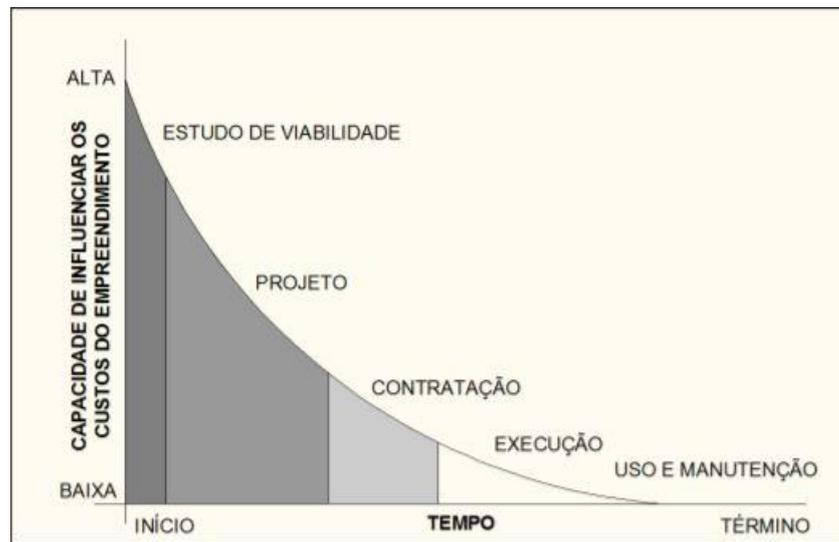
O início do uso do conceito de compatibilização de projetos é datado do final da década dos anos 80 e início dos anos 90. Grandes construtoras possuíam seus próprios escritórios de projetos, porém devido a mudanças políticas econômicas vividas na época, houve um enfraquecimento na indústria da construção, reduzindo o número de funcionários, resultando em criação de pequenos escritórios de engenharia e arquitetura. Em meados dos anos 90 e início do ano 2000 ocorreu uma nova reformulação nas grandes construtoras, que passaram a terceirizar projetos, havendo assim a necessidade de um profissional que compatibilize ou organize todas as informações das partes de um projeto para conceber um projeto maior como um todo (NASCIMENTO, 2015).

Grande parte das perdas de eficiência na execução do projeto é ocasionada pela falha em projetos, como as mudanças ocorridas durante a construção, falta do cumprimento das especificações citadas, do mau detalhamento do projetista e as falhas de coordenação (TASCA, 2016).

Segunda Costa (2013), o projeto da fase inicial deve ser priorizado, mesmo que necessário um maior tempo e investimento inicial para a elaboração, pois se evita maior custo mensal com um planejamento detalhado. É de extrema importância que nessa fase do empreendimento sejam focalizados os esforços para otimizar o processo de execução, definindo-se os custos futuros e gerenciando os projetos com o propósito de evitar erros. A capacidade de evitar erros entre os projetos é oferecida pelo processo de compatibilização, que melhora a qualidade e aumenta a racionalização da obra.

Na figura 14 abaixo é possível visualizar que a fase inicial do empreendimento é a com maior capacidade de influenciar no custo final da obra, sendo de extrema importância fazer um planejamento detalhado.

Figura 18 – Gráfico relacionando o tempo e a capacidade de influenciar os custos de um empreendimento.



Fonte: COSTA, (2013).

A compatibilização é uma ferramenta fundamental no processo de desenvolvimento dos projetos, detectando e eliminando problemas ainda na fase de concepção, reduzindo custos da construção, retrabalhos, conseqüentemente prazo de execução da obra, qualificando o empreendimento e aumentando sua competitividade no mercado (NASCIMENTO, 2013).

Apesar de pouca utilização, a compatibilização de projetos de engenharia é uma tendência na construção civil. A construção de qualquer empreendimento necessita de diversos projetos: estrutural, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, arquitetônico, entre outros. Os projetos desenvolvidos são feitos por diversos projetistas isoladamente, aumentando assim a probabilidade de interferências durante a fase executiva da construção, o uso da compatibilização é necessário à análise de interferências físicas do empreendimento (MONTEIRO *et al.*, 2017).

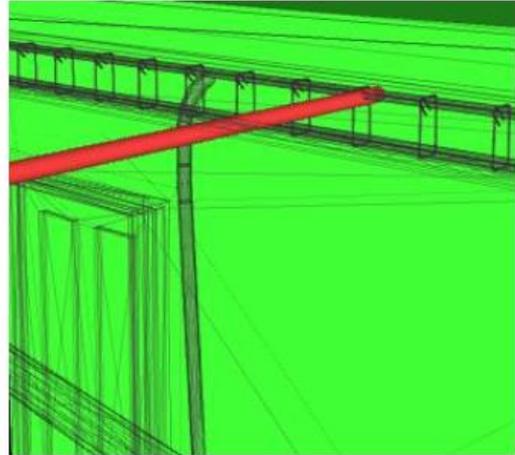
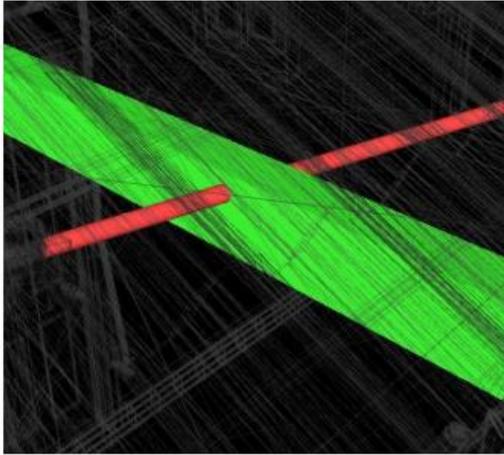
5.1 - Utilizando o BIM na compatibilização de projetos

O processo mais comum para se compatibilizar um projeto é através da sobreposição das diferentes plantas e verificar a olho nu se existe alguma interferência. Mas além de desgastante, esse processo pode ignorar erros que só seriam visualizados em vista tridimensionais. Contudo, o BIM, é uma segunda metodologia que se tem mostrado eficiente na resolução de problemas com incompatibilidades, porém com pouco desenvolvimento no Brasil (COSTA, 2013).

O *Navisworks* (da empresa Autodesk) é um *software* que permite o profissional da construção civil e os projetistas unir os modelos construídos com outros *softwares* como *Eberick* da AltoQI e *Revit* também da Autodesk, sincronizando-os para que haja a análise de compatibilidade durante a pré-construção, para controlar melhor os resultados do projeto obtendo uma detecção rápida de conflitos, além de obter campos para inserir valores de serviços de acordo com a quantidade de materiais identificados, e orçar assim os serviços a serem executados de acordo com a tabela de custos de serviços.

Segundo Baia, Miranda e Luke (2014) com o *Navisworks* é possível acompanhar toda a evolução da construção, possibilitando estudar os conflitos que podem vir a ocorrer pré-obra através de simulação gráfica (Figura 15). O programa ainda permite a renderização de imagens, exportar relatórios, realizar acompanhamento de medição de serviços por meio de fotografia, além de possibilitar a criação de um modelo BIM 5D como visto anteriormente.

Figura 19 - Exemplo de erro na compatibilização de projetos utilizando a interoperabilidade entre o Software REVIT e NAVISWORKS da Autodesk, na primeira imagem temos um eletroduto de energia elétrica passando por um tubo de esgoto, e na segunda imagem a tubulação passando dentro da armadura



Fonte: SILVA, 2017

6 – ESTUDO DE CASO

O estudo de caso proposto neste trabalho tem como objetivo aplicar as ferramentas da Modelagem da Informação da Construção para uma visualização de características construtivas na criação de projetos, compatibilização, quantificação de materiais, e cronograma físico-financeiro, mostrando as vantagens que esses *softwares* proporcionam ao iniciar um planejamento de uma obra.

A obra utilizada para esse trabalho é referente a um projeto de casas geminadas em seu início de execução pela Construtora e Incorporadora Garios e Sleutjes, os projetos apresentados foram desenvolvidos com o acompanhamento e auxílio pelo engenheiro responsável da construtora.

Para a criação dos projetos complementares é necessário que o projeto arquitetônico tenha sido desenvolvido por um *software* com exportação para .IFC. Para construção dos projetos foram respeitados os parâmetros das Normas Regulamentadoras, sendo a NBR 15575 - Edificações Habitacionais – Desempenho, para o projeto arquitetônico; NBR5410-Instalações Elétricas de Baixa Tensão para o dimensionamento da instalação elétrica; NBR5626 – Instalações predial de água fria, NBR8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução, para o dimensionamento do projeto hidrossanitário.

Conforme já citado, as etapas do planejamento são divididas em: concepção e viabilidade, detalhamento do projeto e do planejamento, execução e finalização.

A etapa de concepção e viabilidade feita pela construtora foi realizada antes do planejamento detalhado do projeto, no qual é definido o escopo, a formulação do empreendimento, estimativa de custos, identificação da fonte orçamentária, e o anteprojeto.

Após a concepção e viabilidade do empreendimento adotada pela construtora foi desenvolvido o detalhamento do projeto e do planejamento. Nessa etapa, com base no anteprojeto foi realizado as alterações do projeto arquitetônico, e desenvolvido os projetos complementares, a elaboração do cronograma e a compatibilização são realizados nessa etapa.

Como visto no item 2.4.2 – Detalhamento do projeto e do planejamento, citado por Mattos (2010), o detalhamento do projeto e do planejamento é definido em etapas, sendo elas:

- Projeto Básico / Projeto Executivo: Detalhamento do projeto básico incluindo todos os elementos necessários para execução da obra. Neste trabalho foi utilizado o *software* Revit desenvolvendo projeto arquitetônico, elétrico e hidráulico, o estrutural desenvolvido pelo *software* Eberick, adquirido por terceiros, e o *software* Navisworks verificando as incompatibilidades dos projetos.

- Planejamento: Elaboração de cronograma de obra realista utilizando o *software* Navisworks.

- Orçamento analítico - Composição de custos dos serviços, relacionando insumos e margem de erro menor que a do orçamento preliminar, nessa etapa foi utilizado o *software* Revit para levantamento de quantitativo de material elétrico e hidráulico, e o Navisworks para a inclusão do cronograma físico-financeiro, o custo de mão de obra e material, com a finalidade de obter o BIM 5D.

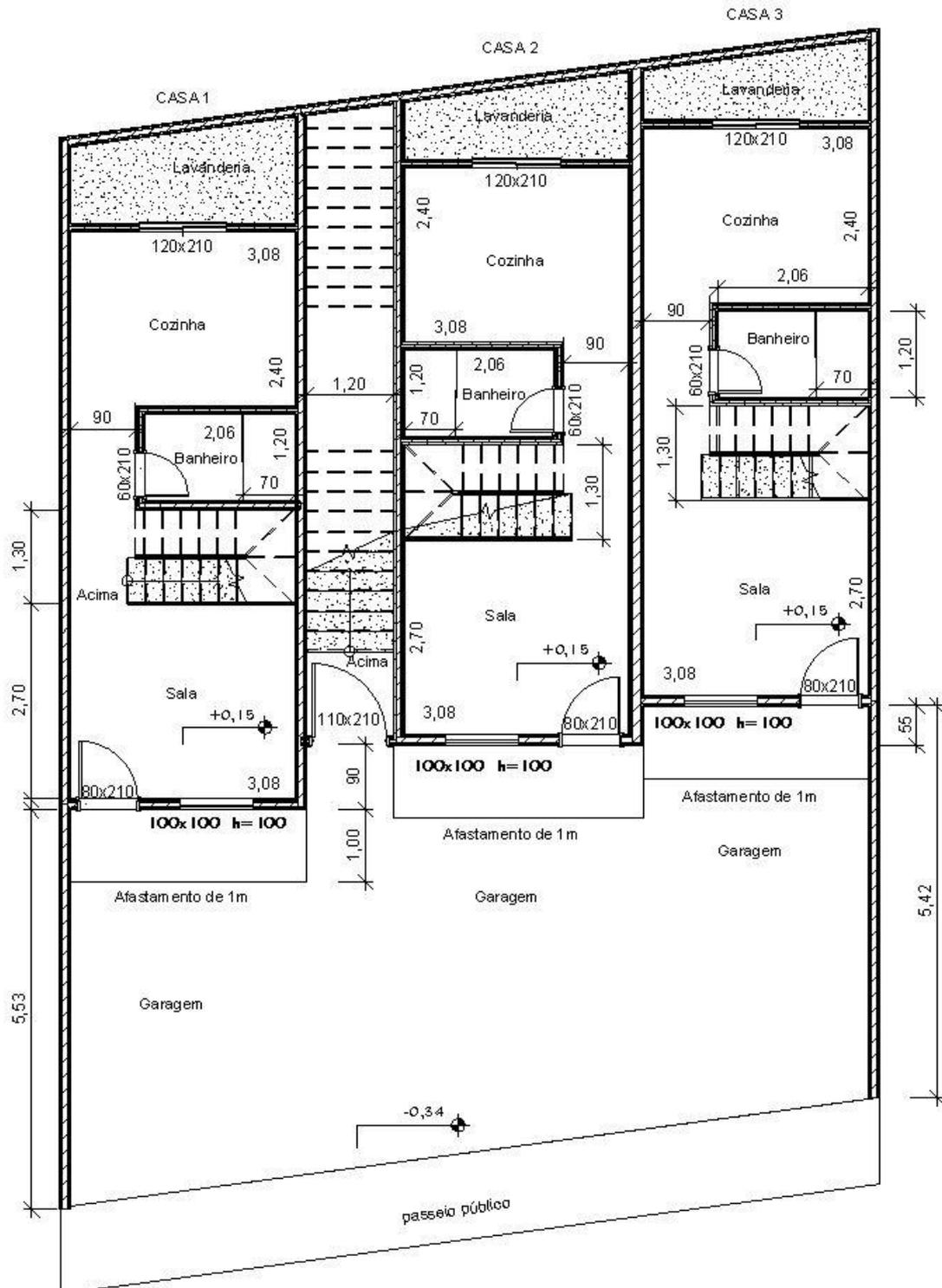
6.1 – Projeto Arquitetônico

Para o projeto arquitetônico da obra do Santos Dumont foi tomado como referência um memorial descritivo da própria construtora, contendo informações como materiais empregados, cores de pinturas, tipos de cerâmicas empregados dentre outros, o empreendimento foi desenvolvido com base em históricos de obras já realizadas, contendo nesse projeto em específico 5 casas geminadas.

Ao se iniciar o projeto obteve-se como referência o tamanho do terreno identificado na planta de situação, fornecido pela prefeitura de Juiz de Fora ao dar entrada com Informação Básica. Ao decorrer do processo de terraplanagem foi identificado que o terreno era severamente íngreme e fora do esquadro,

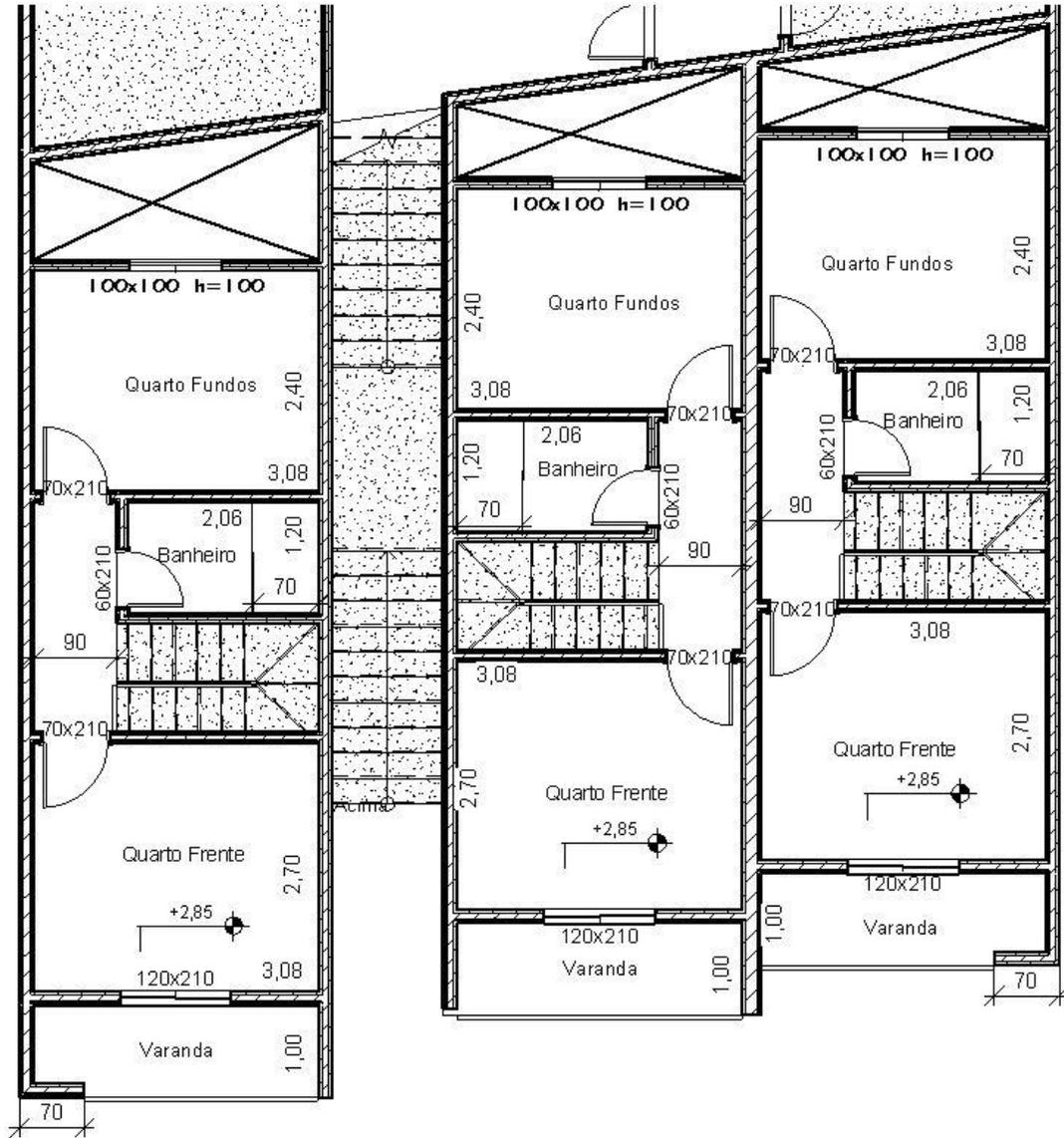
inviabilizando o corte estipulado inicialmente para aumentar o comprimento, sendo necessário adaptar o projeto como visto nas Figuras 20, 21, 22 e 23.

Figura 20 - Planta baixa sem escala, casas 1 a 3, localização: térreo, com base na locação realizado na obra, utilizando *software Revit da Autodesk*.



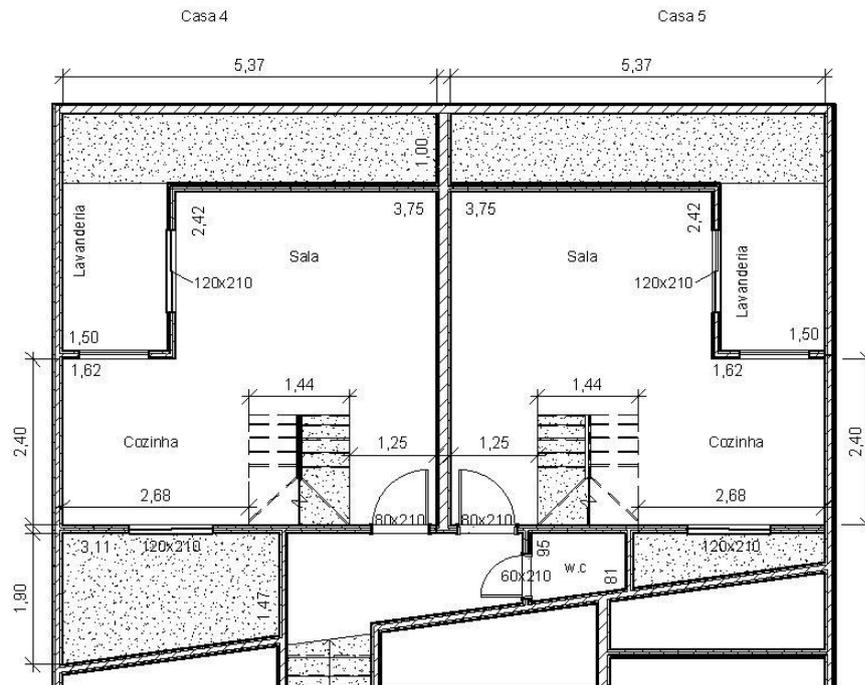
Fonte: Autoria Própria

Figura 21 - Planta baixa sem escala, Casas 1 a 3, localização: 1º pavimento, com base na locação realizado na obra, utilizando *software Revit da Autodesk*



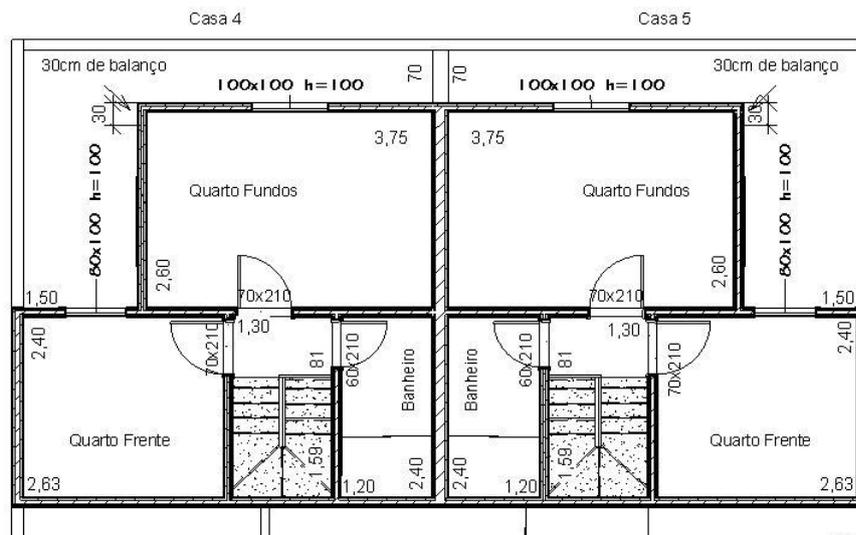
Fonte: Autoria Própria

Figura 22 - Planta baixa sem escala, Casas 4 e 5, localização: térreo, com base na locação realizado na obra, utilizando software Revit da Autodesk.



Fonte: Autoria Própria

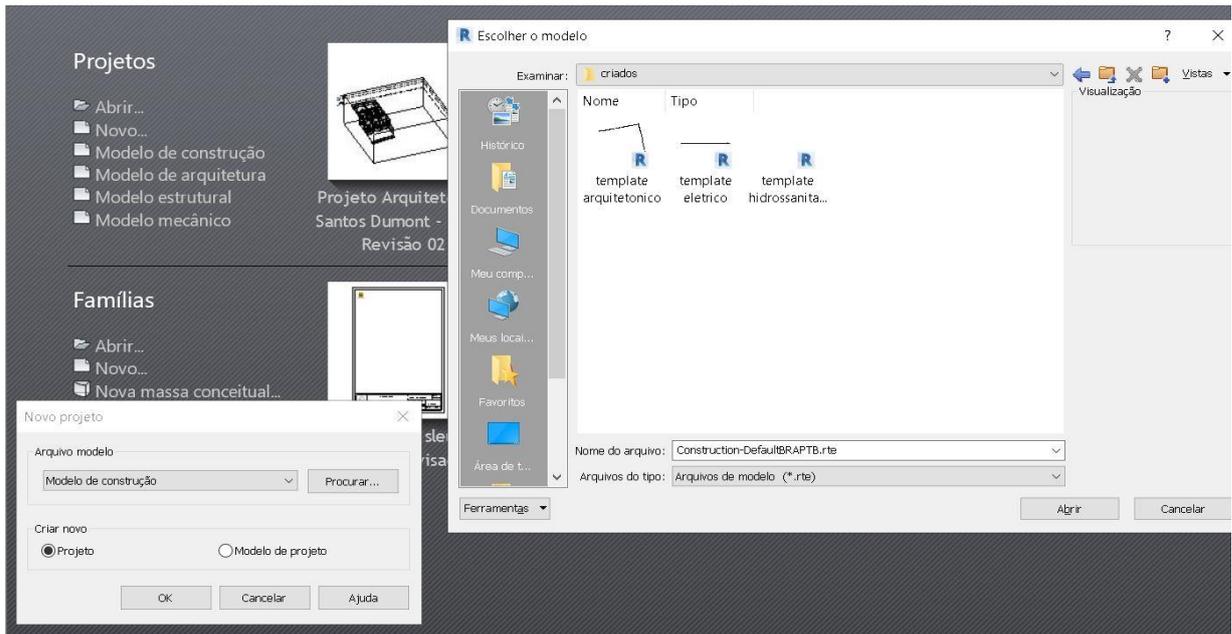
Figura 23 - Planta baixa sem escala, casas 4 e 5, localização: 1º Pavimento com base na locação realizado na obra, utilizando software Revit da Autodesk.



Fonte: Autoria Própria

Ao iniciar o projeto arquitetônico no *software Revit da Autodesk* há a possibilidade de abrir um modelo que contém no próprio programa, ou então, inserir um arquivo externo conhecido também como *template*, contendo configurações salvas de acordo com a preferência do projetista, como pode-se visualizar na figura 24.

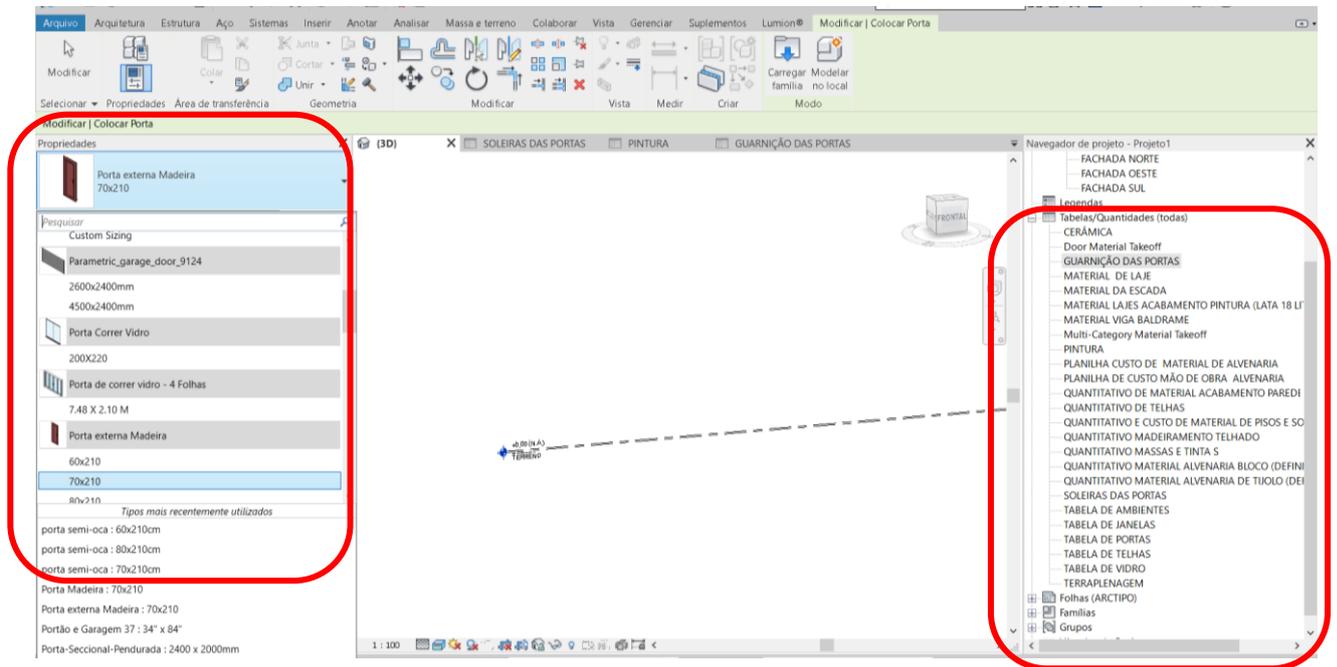
Figura 24 - Escolha do arquivo modelo para iniciar um novo projeto no *software Revit (Autodesk)*



Fonte: Autoria Própria

No projeto arquitetônico foi utilizado um modelo pronto desenvolvido pelo próprio autor, com famílias de portas, janelas, tipos de paredes, pisos, tabelas entre outros, salvas anteriormente (Figura 25).

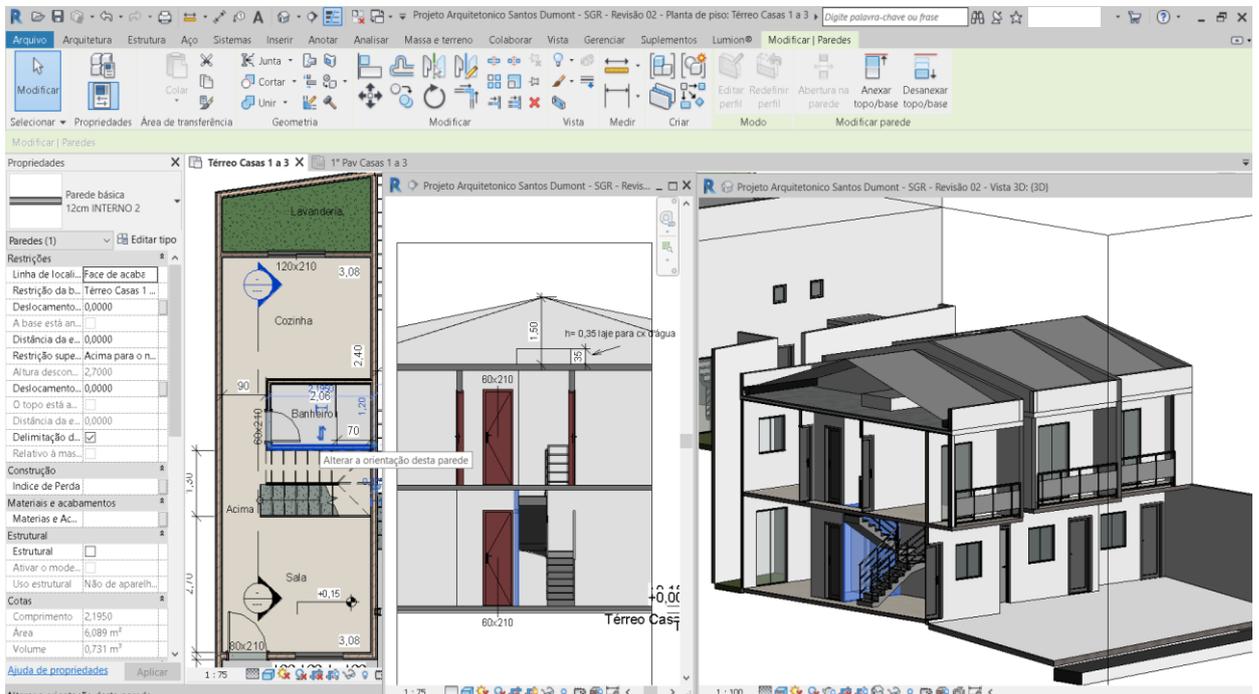
Figura 25 - Configurações do arquivo modelo com famílias e tabelas pré-programadas para começar um projeto no software Revit (Autodesk)



Fonte: Autoria Própria

A possibilidade de criação de um projeto em duas dimensões e inserção de cortes nas vistas de piso, colabora os pequenos ajustes de medidas, a integração e automatização da vista 2D para 3D é feita instantaneamente, evitando retrabalhos caso haja necessidade de revisão do projeto como visto na Figura 26.

Figura 26 - Exibição da planta de piso, corte e 3D, sendo feito modificações de uma parede em uma das vistas e alterado automaticamente nas demais no *software Revit (Autodesk)*



Fonte: Autoria Própria.

6.2 – Projeto Elétrico

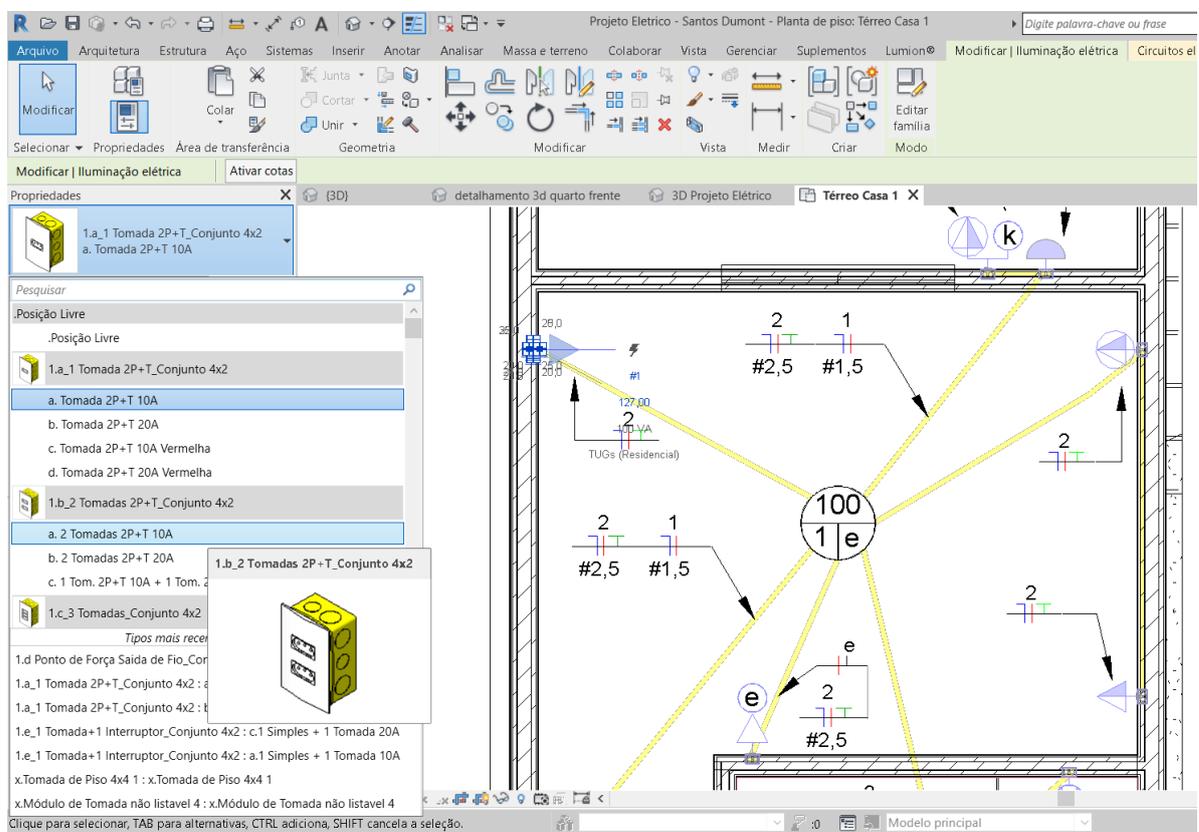
Para o projeto elétrico da obra do Santos Dumont foi tomado como referência um memorial descritivo da própria construtora, contendo informações como quantidade de tomadas e carga de iluminação por cômodo, tipo de entrada de energia, quantidade de disjuntores e circuitos e etc.

O projeto elétrico do empreendimento foi desenvolvido utilizando o *software AutoCAD* e o *Revit da Autodesk*, ambos na versão estudante, sendo o primeiro referenciado pela planta de projeto arquitetônico sem revisão e o segundo com revisão. Pode-se observar o comparativo de detalhamento e especificação de materiais, enquanto o realizado no AutoCAD é representado por linhas (Figuras 29 e 30), o desenvolvido no Revit (Figuras 32,33 e 34), é representado por famílias carregadas em um *template* com informações de cada componente de instalação

elétrica, como conduítes, tomadas, interruptores, caixa octagonal, quadro de disjuntores entre outros, podemos observar na Figura 27.

Para realizar um projeto elétrico sobreposto à planta arquitetônica, desenvolvida por um *software* BIM é necessário dentro do Revit inserir um vínculo para obter como referência os níveis e cotas do projeto base.

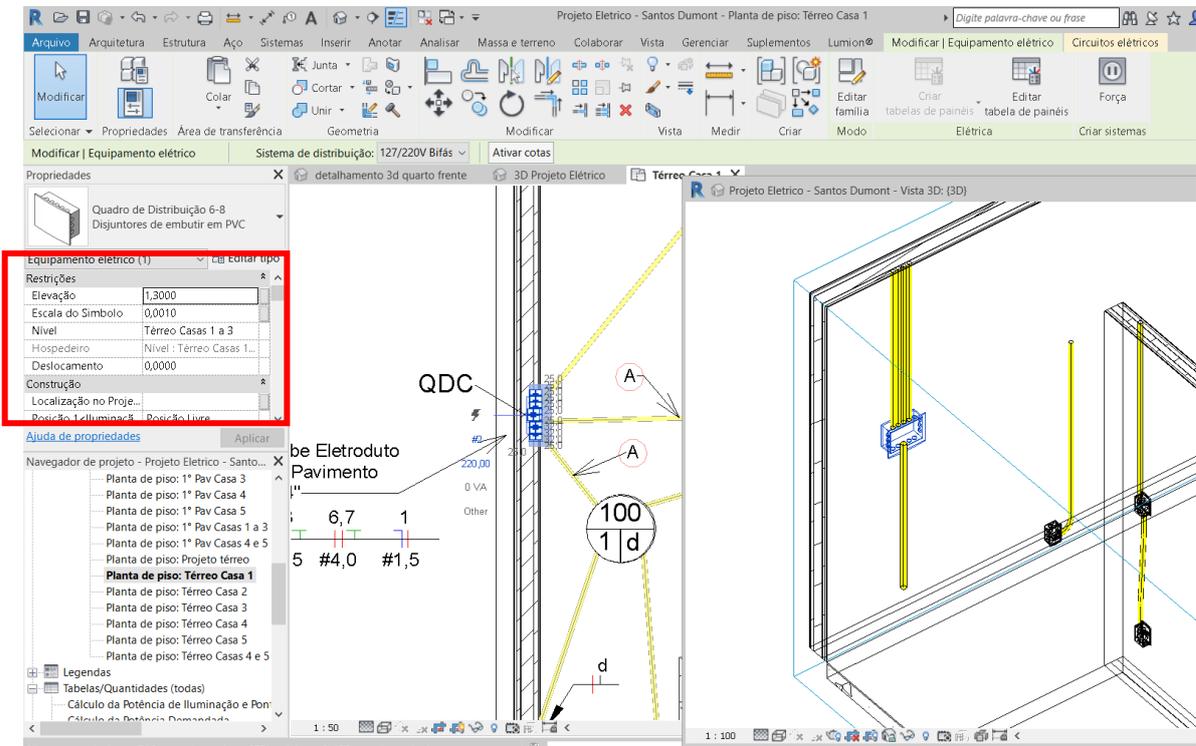
Figura 27 - Seleção de componente para identificar o tipo de tomada a ser utilizada, podendo selecionar outro tipo de família de acordo com a necessidade do cliente ou projetista, *software Revit da Autodesk*.



Fonte: Autoria Própria

A elevação dos dispositivos elétricos na conjuntura da inserção é de suma importância, pois na vista 3D, esses componentes são exibidos de acordo com o dado inserido, como mostra na Figura 28.

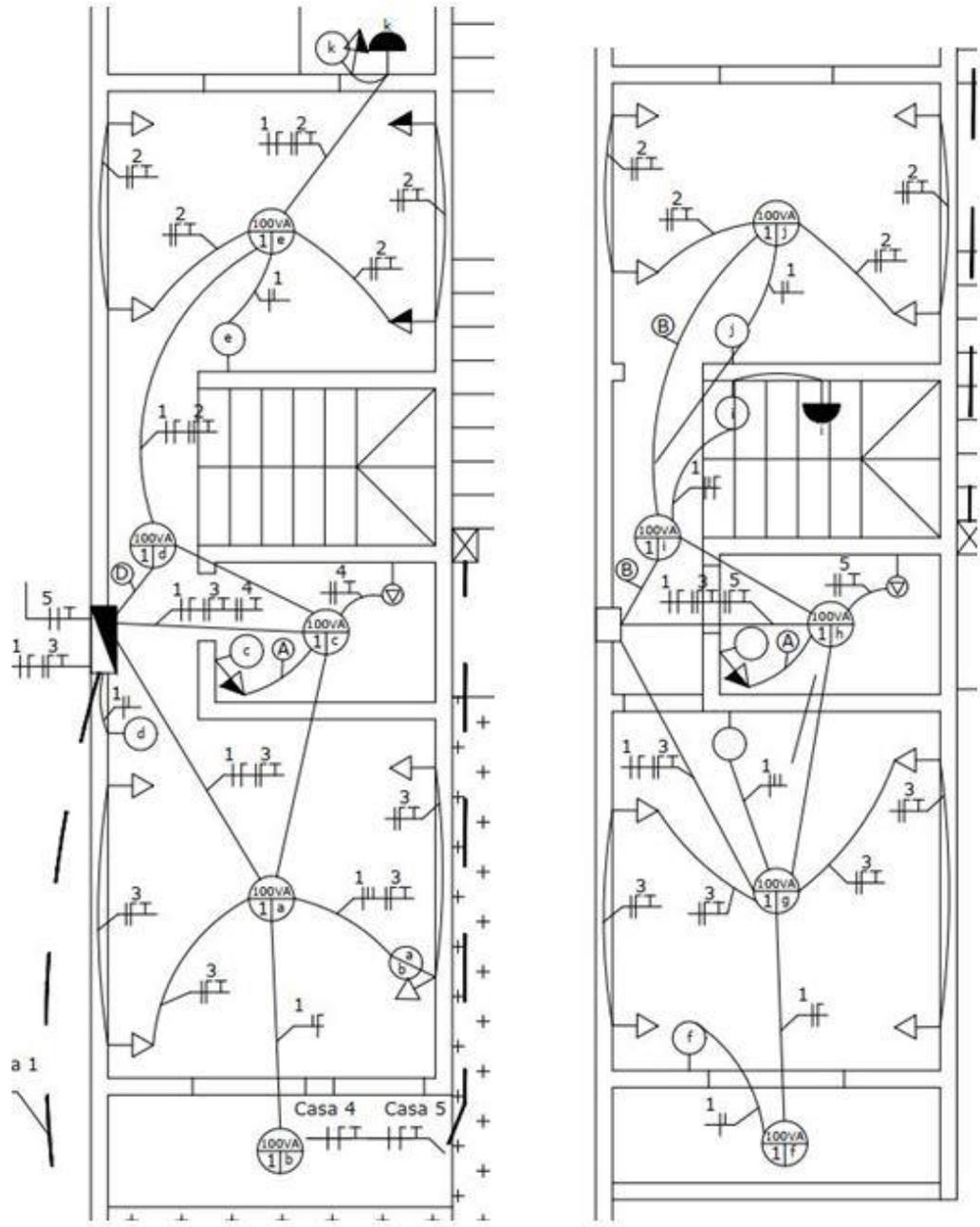
Figura 28 – Quadro de Distribuição de Circuitos sendo inserido e modificado de acordo com a altura desejada, planta baixa elétrica e imagem 3D elétrica, *software Revit da Autodesk*.



Fonte: Autoria Própria

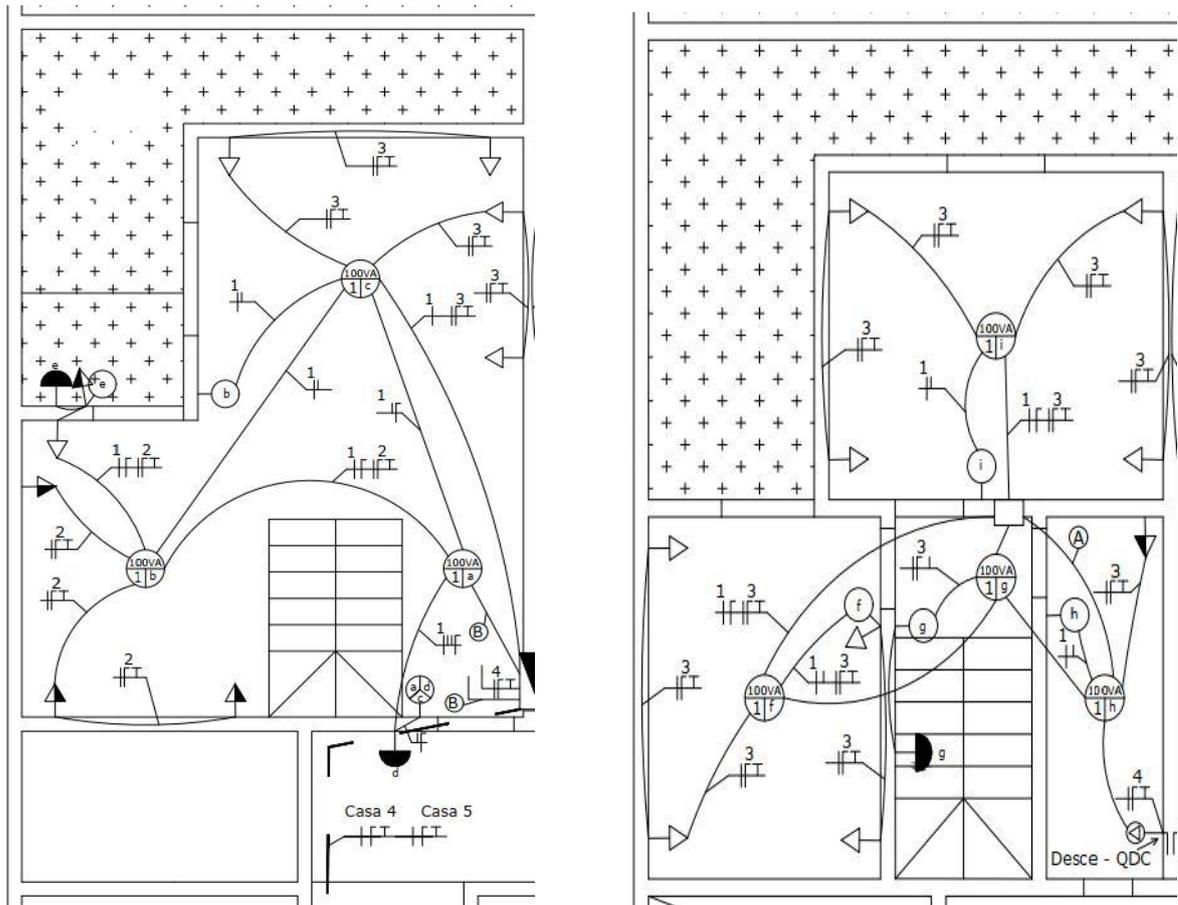
O projeto das casas 1 e 3 são iguais internamente, sendo a casa 2 com as mesmas disposições de componentes e eletrodutos, porém espelhada à casa 1 e 3. A casa 4 e 5 possuem também o mesmo projeto, com disposições de componentes e distâncias iguais, porém espelhados. Portanto, para obtenção de um trabalho mais conciso será apresentado dois modelos de projeto elétrico, o da casa 1 e da casa 4.

Figura 29 – Projeto Elétrico projetado no software AutoCAD, térreo e 1º pavimento da Casa 1.



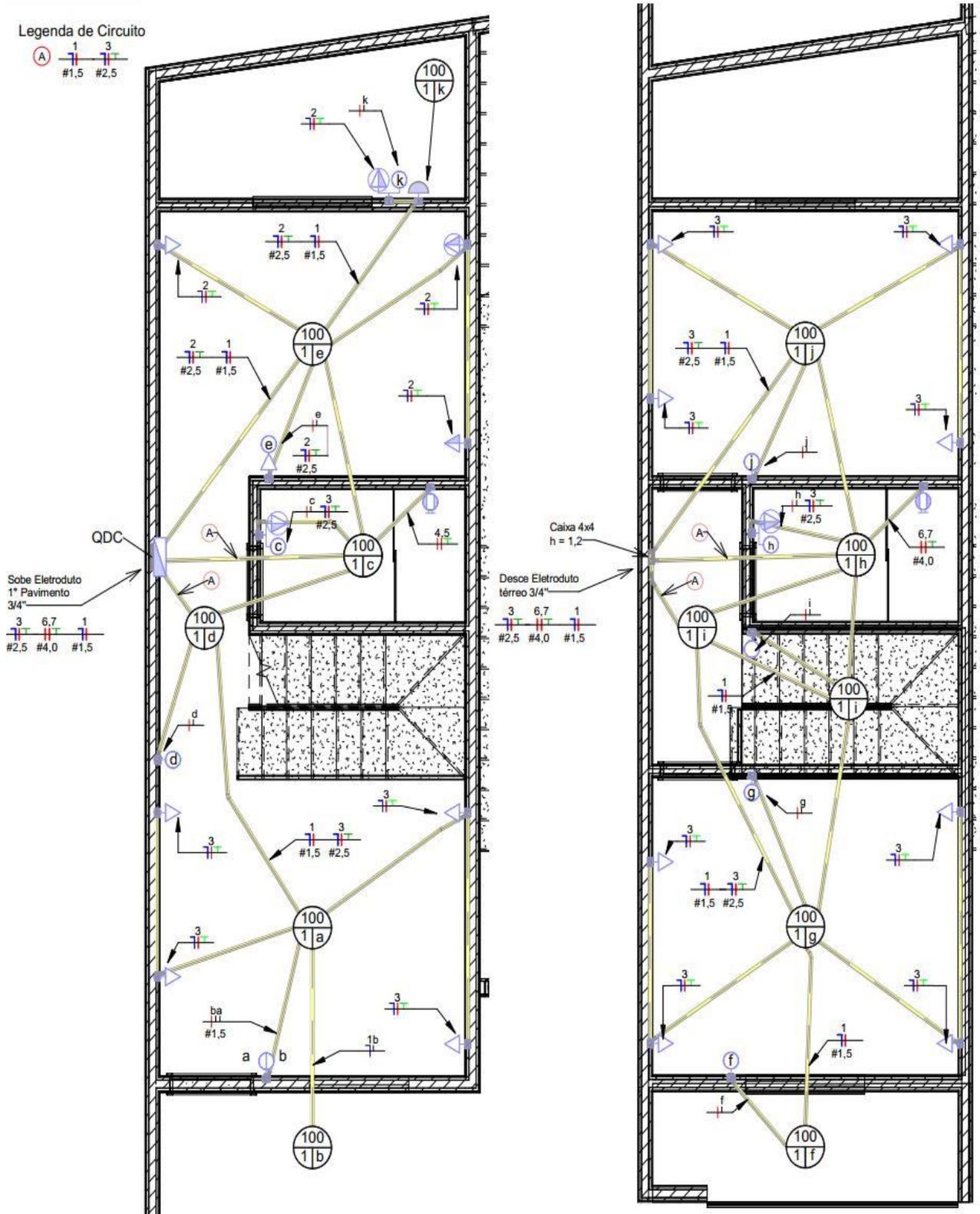
Fonte: Autoria Própria

Figura 30 – Projeto Elétrico projetado no software *AutoCAD*, térreo e 1º pavimento da Casa 4.



Fonte: Autoria Própria

Figura 31 - Projeto Elétrico projetado no software Revit, térreo e 1º pavimento da Casa 1.



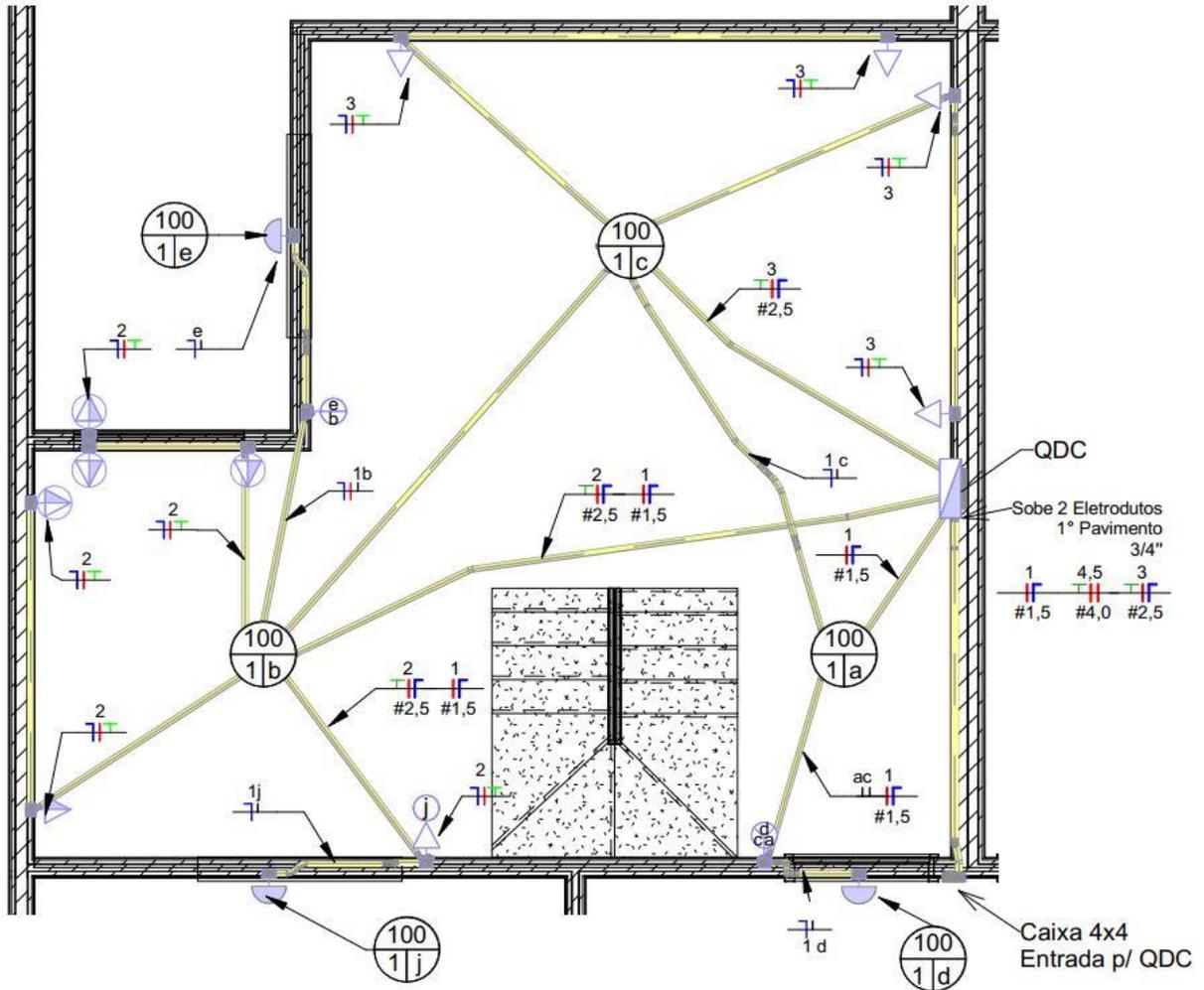
Fonte: Autoria Própria

Quadro 2 - Quadro de circuitos e condutores para identificação de numeração do projeto elétrico das Casas 1,2 e 3, realizado no editor de planilhas *Microsoft Office Excel*

QUADRO DE CIRCUITOS E CONDUTORES - Casas - 1 - 2 - 3										
Circuito	Descrição	Potência		Tensão (V)	Corrente (Ic)	Fator de Agrupamento	Corrente' (A)	Seção (mm ²) Ampacidade	FASE	Disjuntor
		Watts	VA							
1	Iluminação	828,00	900,00	127 V	7,09 A	0,80	8,86 A	1,5 mm ²	B	15A
2	Tomadas Cozinha + Serviço	2.300,00	2.500,00	127 V	19,69 A		24,61 A	2,5 mm ²	A	32A
3	Restante das Tomadas	2.208,00	2.400,00	127 V	18,90 A		23,62 A	2,5 mm ²	B	25A
4	Chuveiro térreo	4.968,00	5.400,00	220 V	24,55 A		30,68 A	4,0 mm ²	A e B	2x32A
5										
6	Chuveiro 1° Pav	4.968,00	5.400,00	220 V	24,55 A		30,68 A	4,0 mm ²	A e B	2x32A
7										

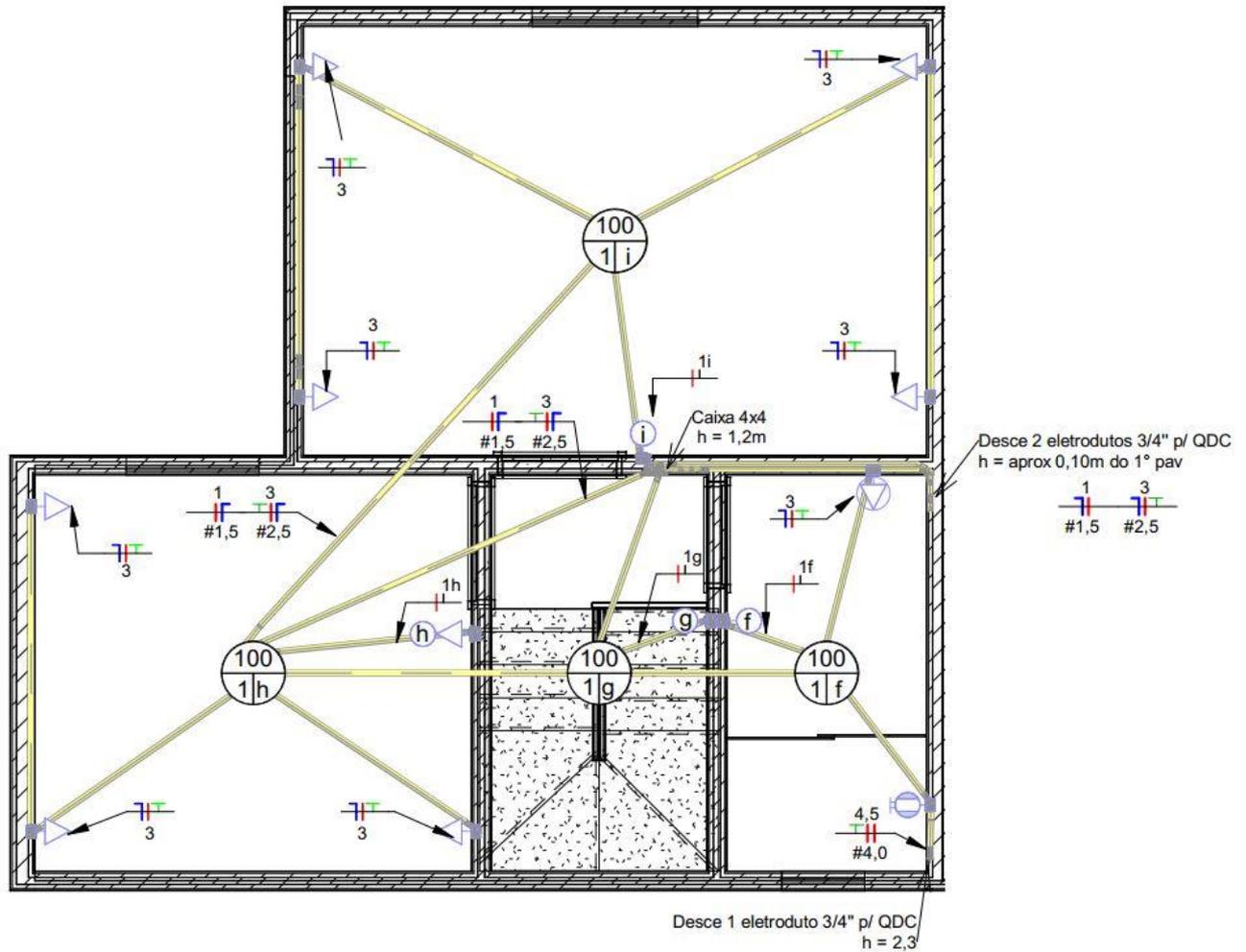
Fonte: Autoria Própria

Figura 32 - Projeto Elétrico projetado no *software* Revit, térreo da Casa 4.



Fonte: Autoria Própria

Figura 33 - Projeto Elétrico projetado no *software* Revit, 1º pavimento da Casa 4.



Fonte: Autoria Própria

Figura 34 – Quadro de circuitos e condutores para identificação de numeração do projeto elétrico das Casas 4 e 5, realizado pelo editor de planilhas *Microsoft Office Excel*.

QUADRO DE CIRCUITOS E CONDUTORES - Casas - 4 - 5										
Circuito	Descrição	Potência		Tensão (V)	Corrente (Ic)	Fator de Agrupamento	Corrente' (A)	Seção (mm ²) Ampacidade	FASE	Disjuntor
		Watts	VA							
1	Iluminação	735,00	800,00	127 V	6,30 A	0,80	7,87 A	1,5 mm ²	B	15A
2	Tomadas Cozinha + Serviço	2.300,00	2.500,00	127 V	19,69 A		24,61 A	2,5 mm ²	A	32A
3	Restante das Tomadas	1.656,00	1.800,00	127 V	14,17 A		17,72 A	2,5 mm ²	B	25A
4	Chuveiro 1º Pav	4.968,00	5.400,00	220 V	24,55 A		30,68 A	4,0 mm ²	A e B	50A
5										

Fonte: Autoria Própria

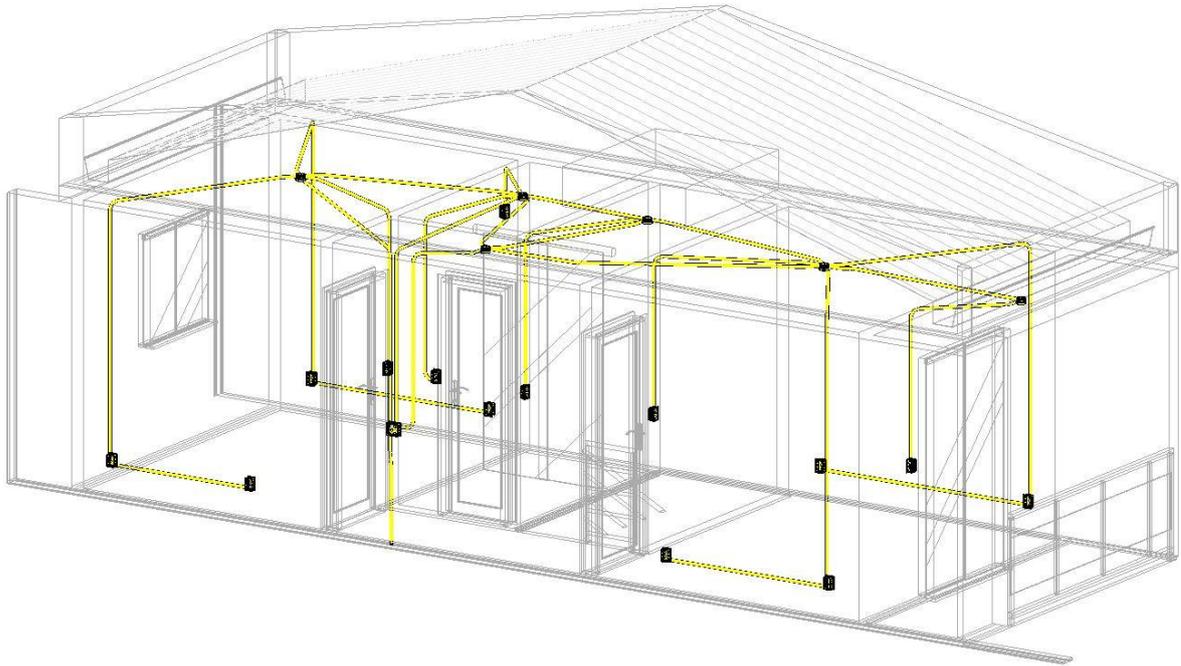
A visualização do projeto elétrico em três dimensões como pode-se observar nas Figuras 35,36,37 e 38, possibilita que os envolvidos na construção do empreendimento tenham uma orientação mais simples para interpretação no momento da construção, como: fixar os eletrodutos, passar o cabeamento, chumbar as caixas de tomadas e interruptores, essa facilidade é percebida também aos futuros compradores para reparos ou novas instalações.

Figura 35 – Perspectiva do projeto elétrico das cinco casas, desenvolvido no *software* Revit.



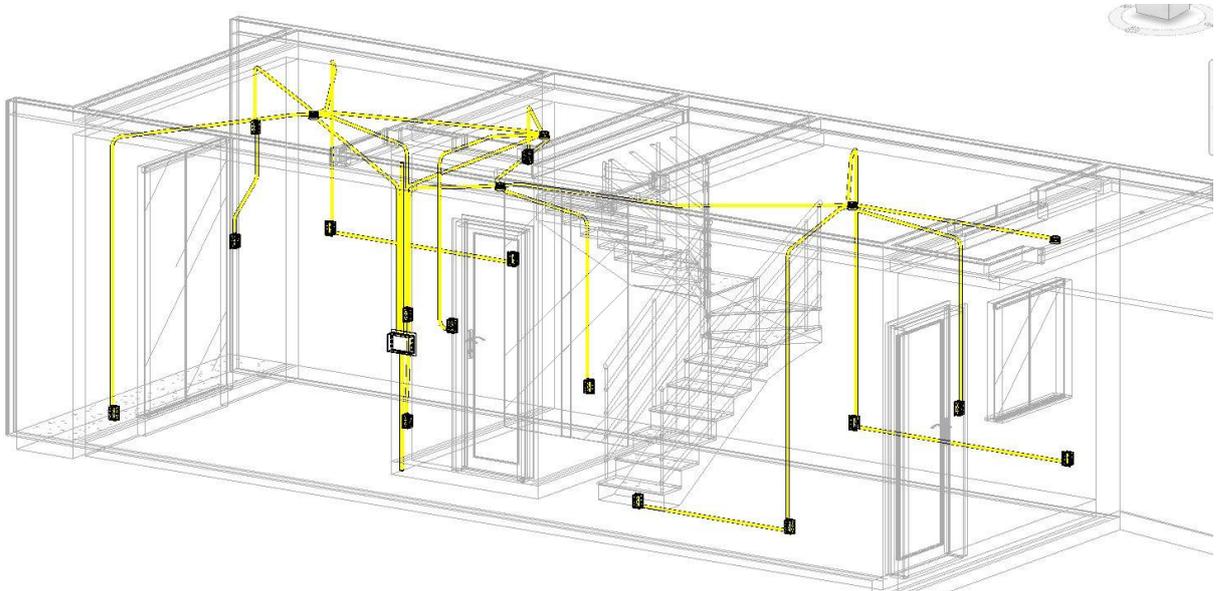
Fonte: Autoria Própria

Figura 36 – Instalação elétrica em 3D Casa 1, 1º Pavimento, desenvolvido no *software* Revit.



Fonte: Autoria Própria

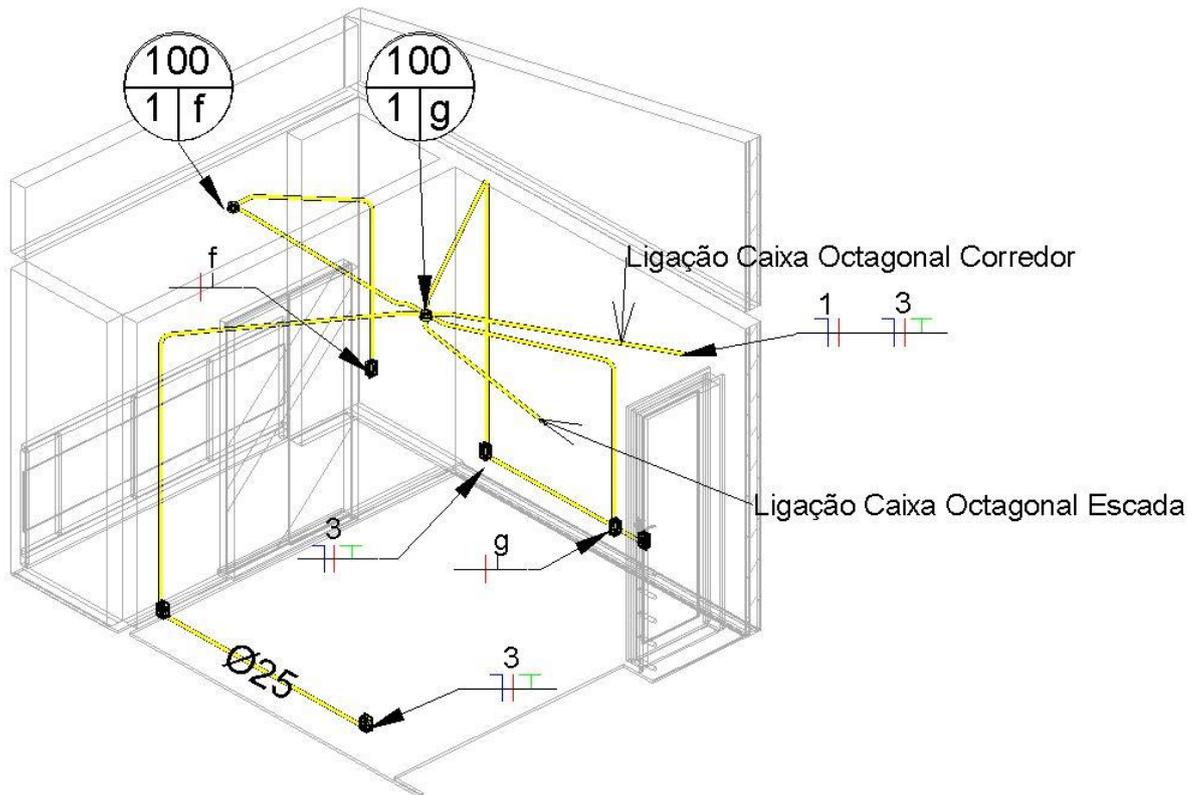
Figura 37 – Instalação elétrica em 3D casa 1, térreo, desenvolvido pelo *software* Revit.



Fonte: Autoria Própria

Quando apresentado em um modo geral o empreendimento em três dimensões pode-se ficar anárquico, porém ao isolar um cômodo ou ponto específico, e inserir anotações, a visualização torna-se mais evidente como visto na Figura 38.

Figura 38 – Instalação elétrica em 3D, quarto da frente no 1º pavimento da Casa 1, desenvolvido no software Revit

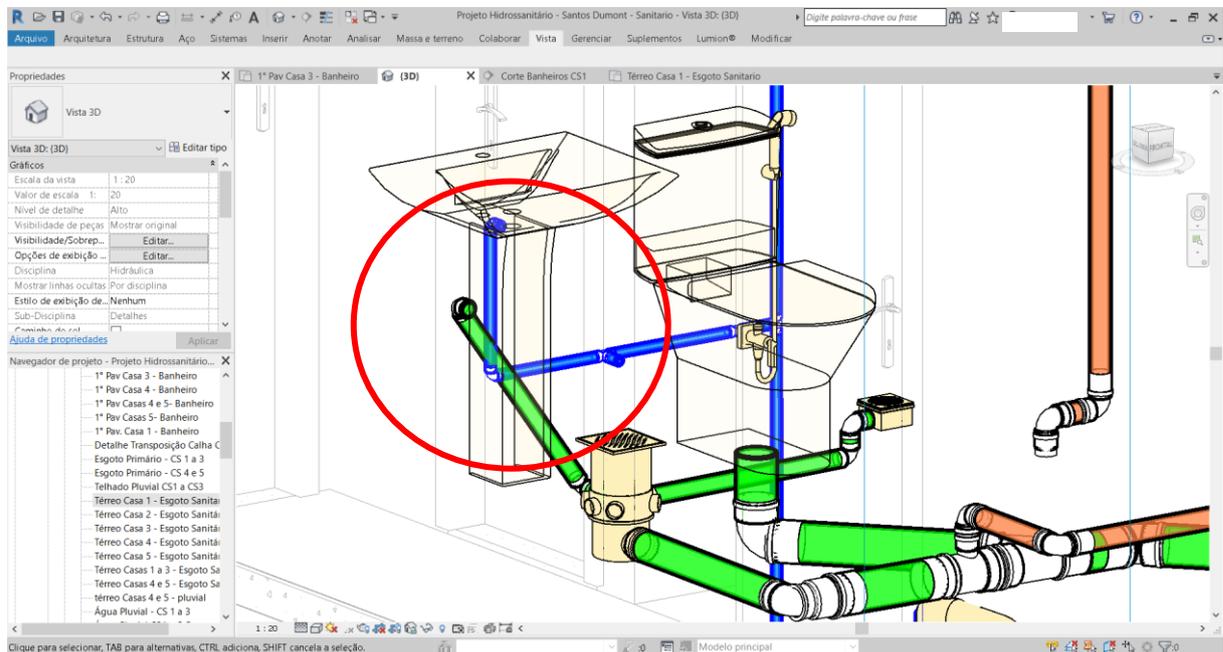


Fonte: Autoria Própria

6.3 – Projeto Hidrossanitário

O projeto hidrossanitário do Residencial Santos Dumont foi desenvolvido através do software Revit da Autodesk, compondo-se pelo projeto hidráulico e sanitário. Foi utilizado apenas um arquivo modelo para a instalação dos dois projetos, realizando-o em apenas um arquivo, possibilita a visualização 3D de onde os tubos estão passando, evitando interferências entre os tubos de água fria e esgoto, como pode-se observar na Figura 39.

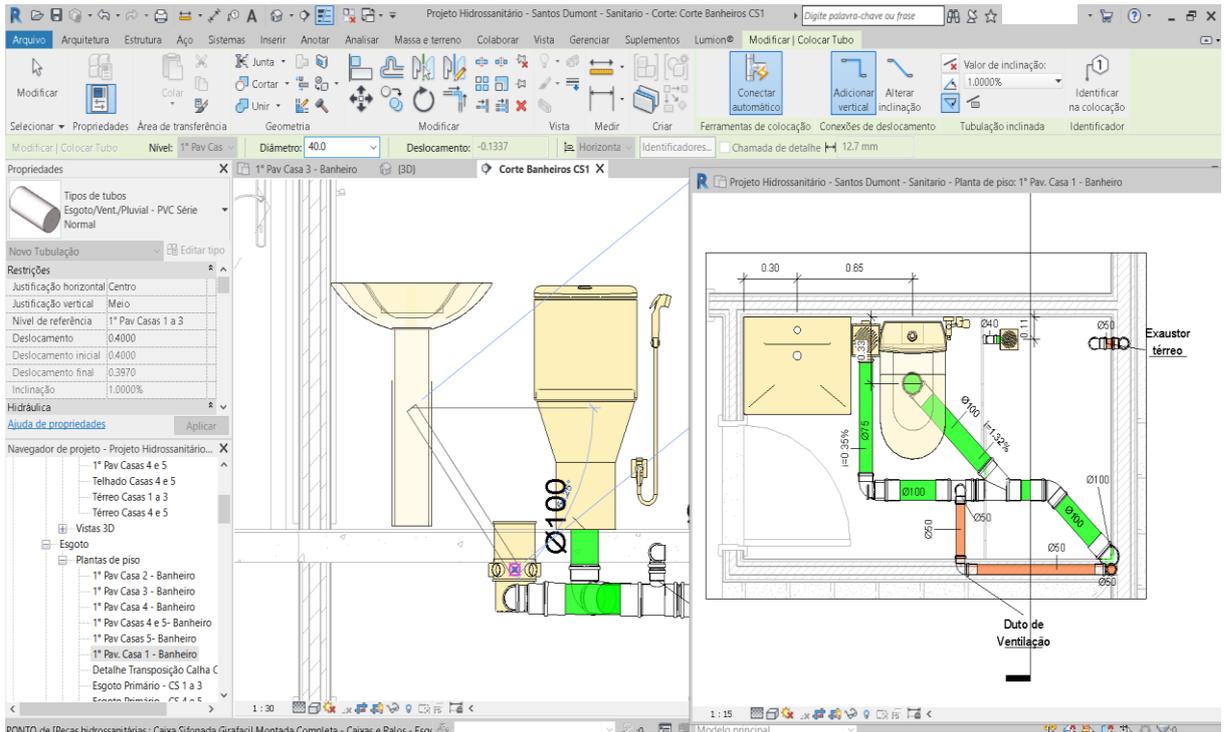
Figura 39 – Interferência entre tubo de entrada de água fria e saída sanitária do lavatório, vista 3D, desenvolvido no *software* Revit.



Fonte: Autoria Própria

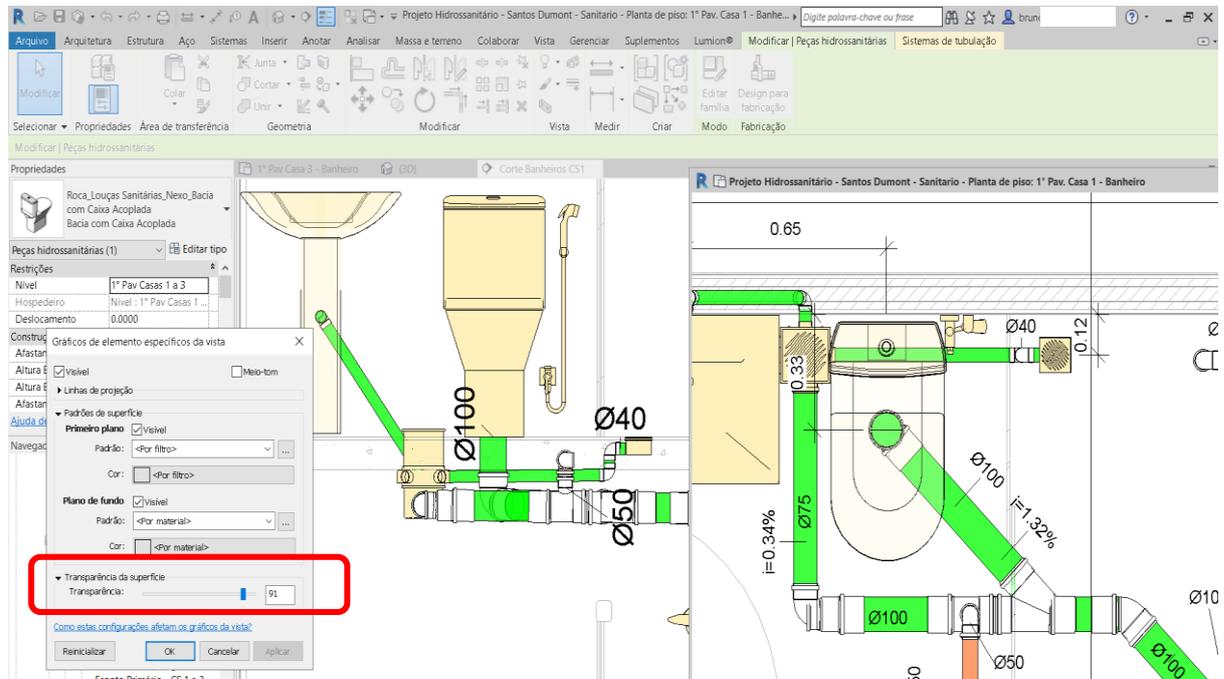
A facilidade de trabalhar em múltiplas vistas simultaneamente proporciona uma melhor visualização e capacidade de conexões entre peças sanitárias, na Figura 40 pode-se notar a criação de uma tubulação em vista de corte. O *software* permite também a modificação de transparência de peças inseridas, facilitando quando necessário, avistar tubos por debaixo das peças sanitárias, como visto na Figura 41.

Figura 40 – Ligação de tubulação entre lavatório e caixa sifonada, vista em corte e planta de piso.



Fonte: Autoria Própria

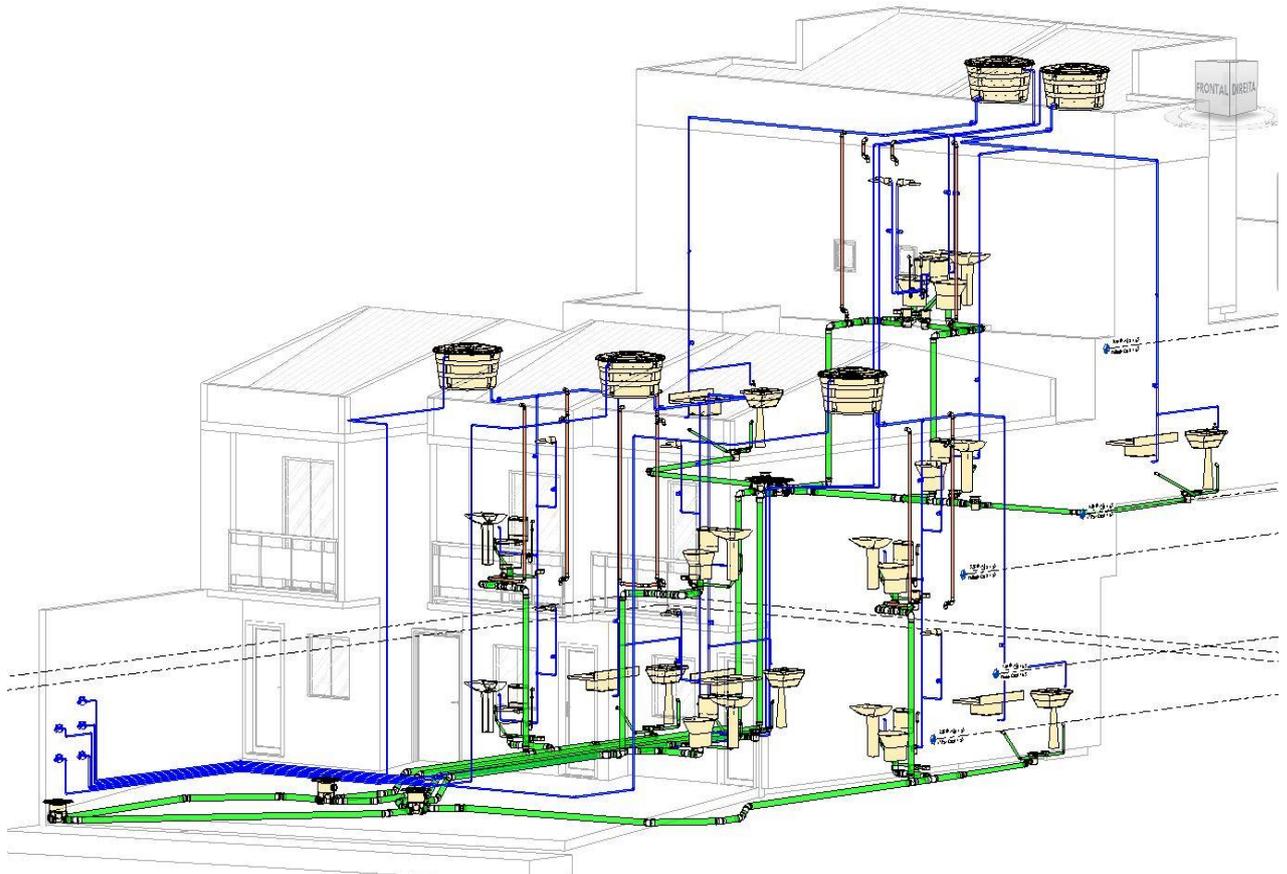
Figura 41 – Modificação de transparência de peças para visualização de tubos, desenvolvido pelo software Revit da Autodesk.



Fonte: Autoria Própria

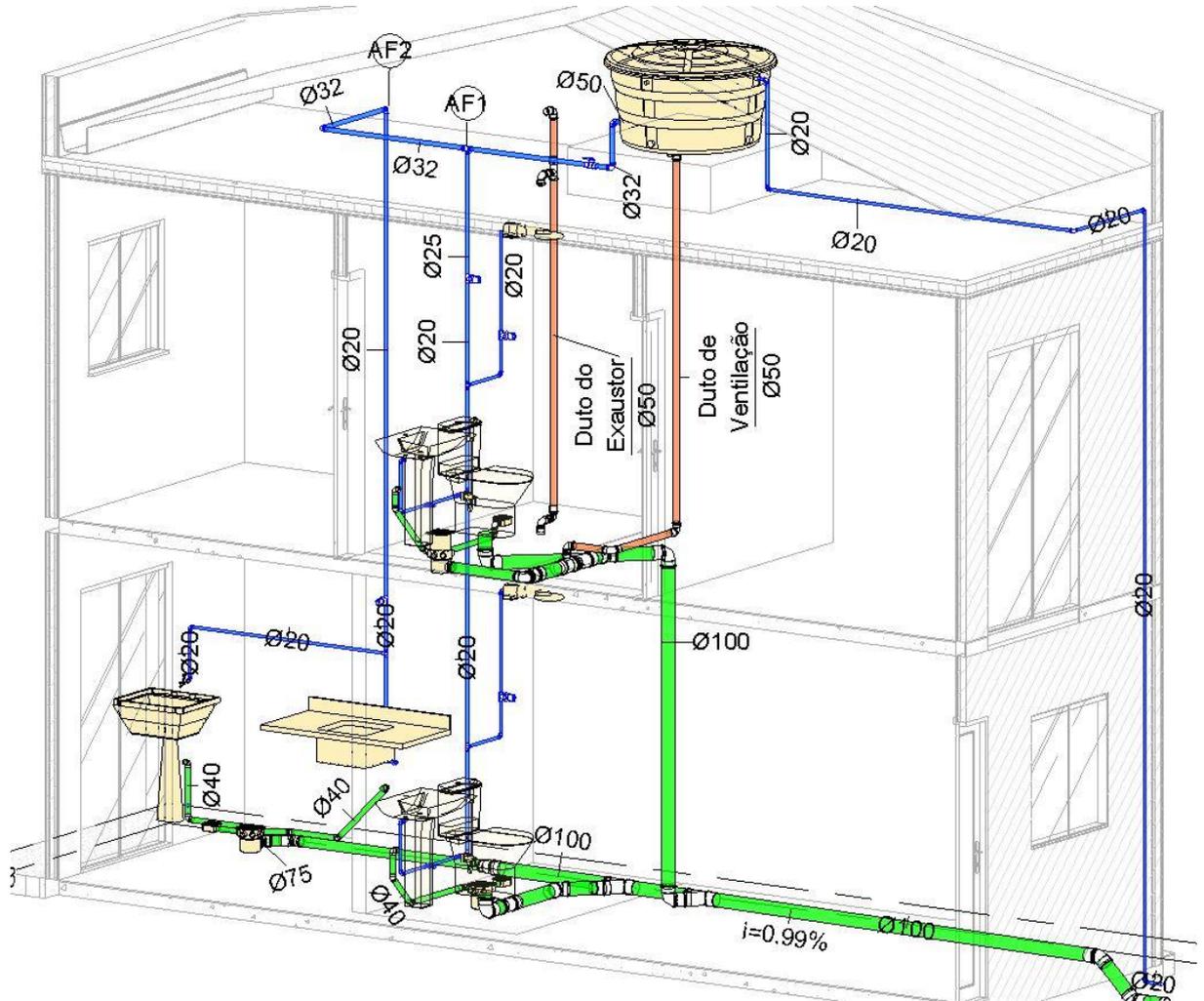
Assim como no projeto elétrico, no hidrossanitário é possível obter a visualização e construção do projeto em três dimensões, com isso o detalhamento de distância entre os tubos, identificação de concordância, e possíveis soluções devido a interferências ficam mais evidentes de serem identificadas, na Figura 42 abaixo mostra-se o projeto hidrossanitário em 3D do Residencial Santos Dumont, e na Figura 43 a distribuição de tubos e peças sanitárias da Casa 1.

Figura 42 – Instalação hidrossanitária em perspectiva, desenvolvido no *software* Revit.



Fonte: Autoria Própria

Figura 43 – Instalação hidrossanitária em 3D, Casa 1, detalhamento em vista a fim de demonstrar características da tubulação, desenvolvido no *software* Revit.



Fonte: Autoria Própria

O projeto hidrossanitário das casas 1 e 3 são semelhantes, sendo a casa 2 com as mesmas disposições de tubos, conexões e peças sanitárias, porém espelhada à casa 1 e 3. A casa 4 e 5 possuem também semelhanças significativas, porém com disposições de tubos, conexões e peças sanitárias, espelhados. Para obtenção de um trabalho mais conciso será apresentado dois modelos de projeto sanitário, o da casa 1 e da casa 4.

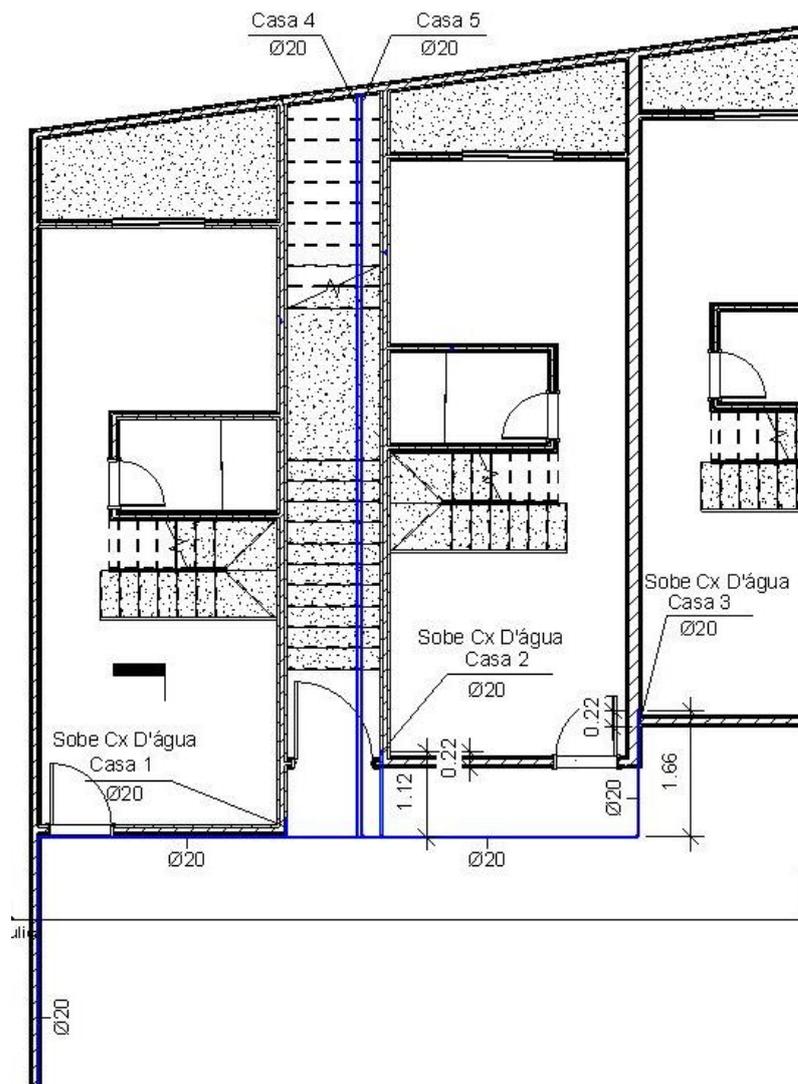
6.3.1 – Projeto Hidráulico

Para o projeto hidráulico da obra do Santos Dumont foi tomado como referência um memorial descritivo da própria construtora, contendo informações como quantidade de saída de água fria e tipo de reservatório.

A distribuição da água fria nesse empreendimento é do tipo indireta sem bombeamento, cada casa possui seu reservatório individual (Figura 44).

As instalações de água fria das casas foram separadas em nível de térreo, 1º pavimento, reservatório, corte dos banheiros e cozinha.

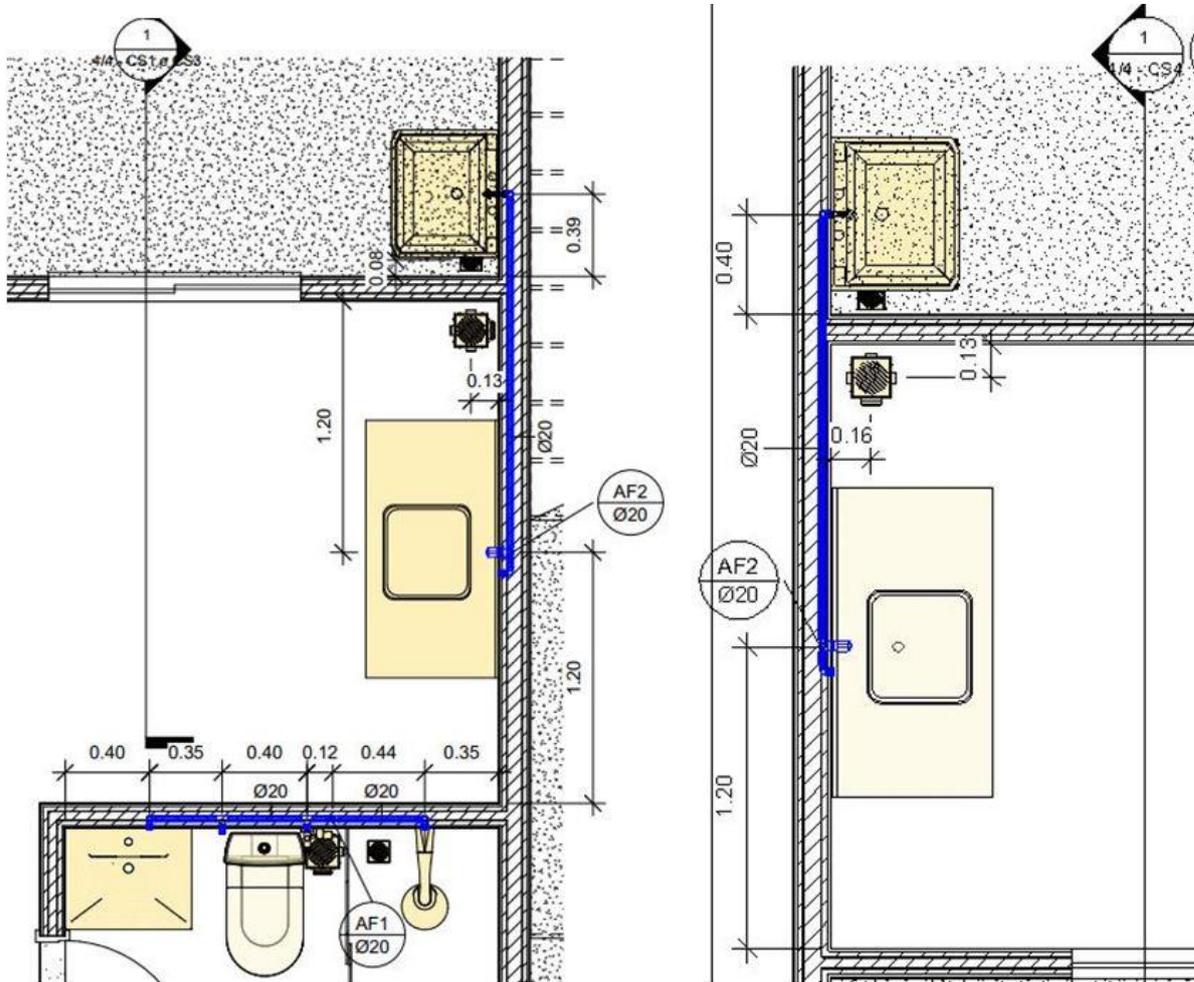
Figura 44 – Distribuição primária de água fria, desenvolvido no *software* Revit.



Fonte: Autoria própria

Térreo:

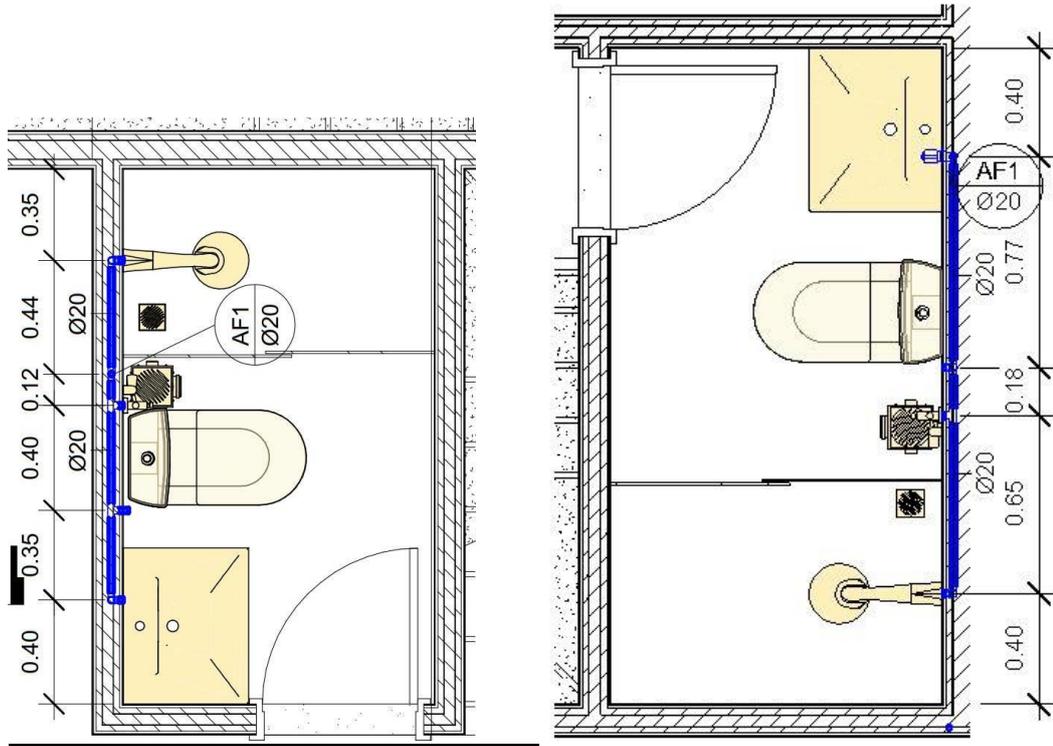
Figura 45 - Instalação hidráulica das Casas 1 e 4, térreo, desenvolvido no *software* Revit.



Fonte: Autoria Própria

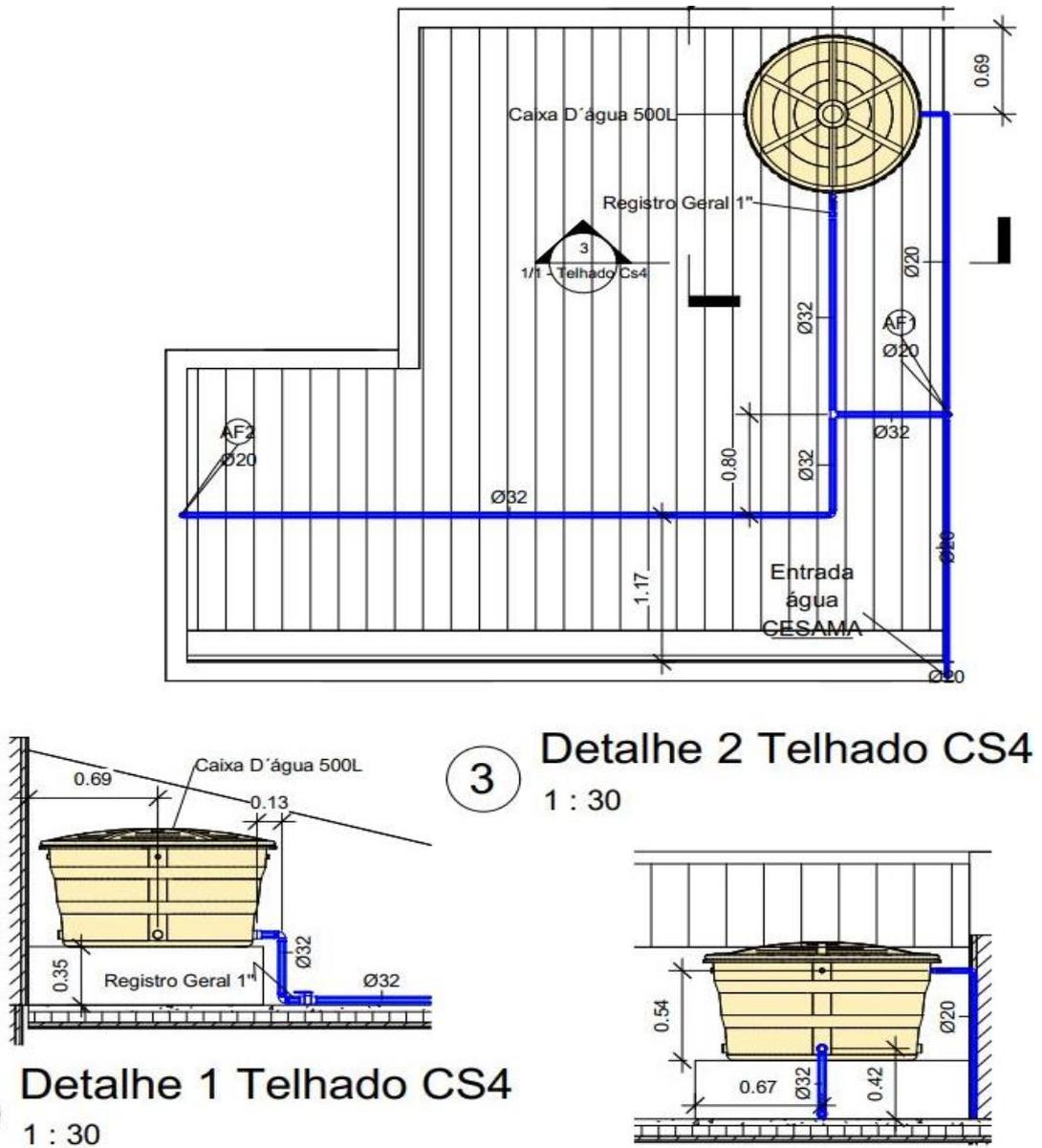
1º Pavimento:

Figura 46 – Instalação Hidráulica das Casas 1 e 4, banheiro no 1º pavimento, desenvolvido no software Revit



Fonte: Autoria Própria

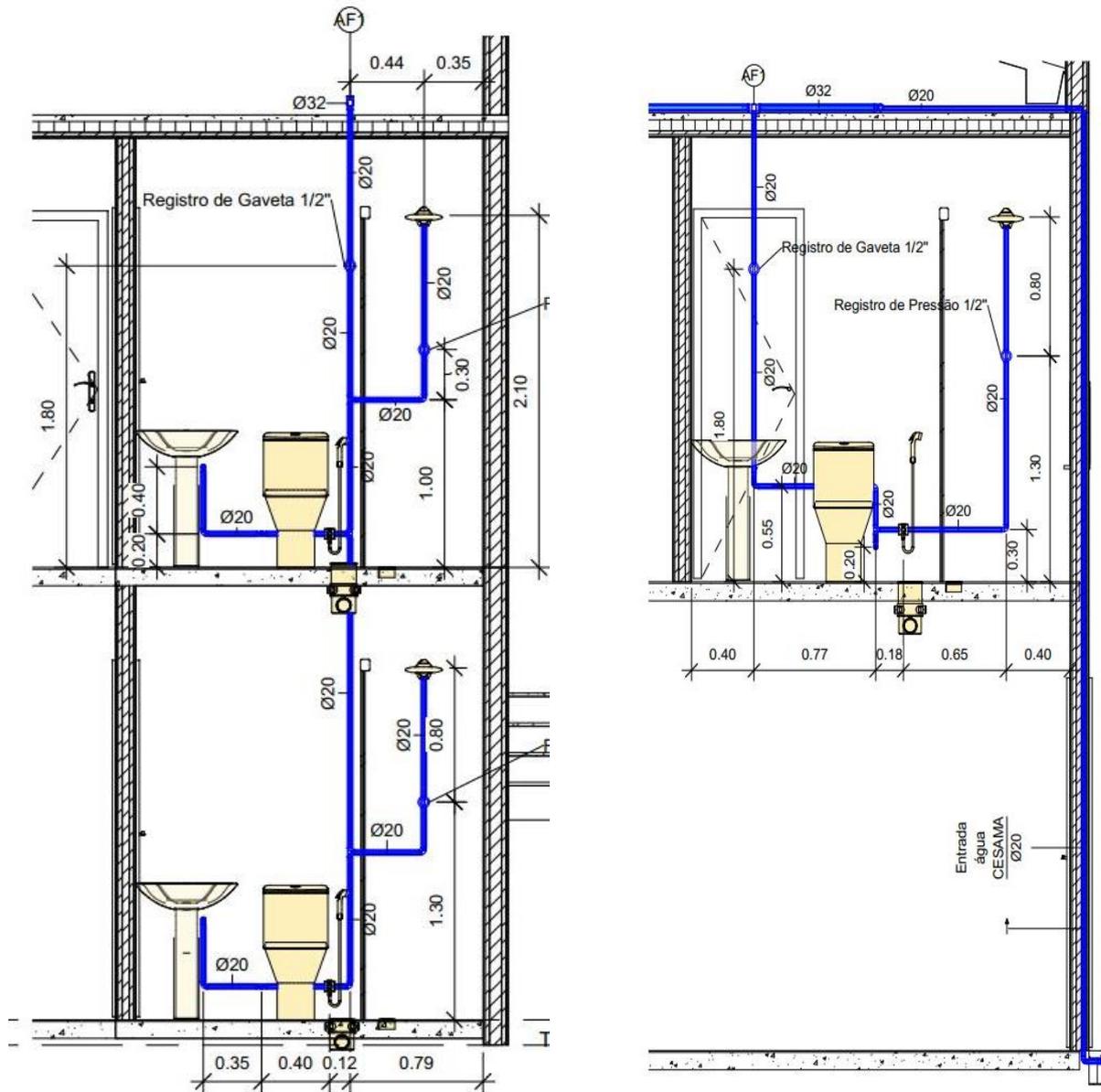
Figura 48 - Instalação hidráulica da Casa 4, entrada e distribuição de água do reservatório superior, e cortes de detalhe do reservatório, realizado no *software Revit*.



Fonte: Autoria Própria

Cortes dos Banheiros

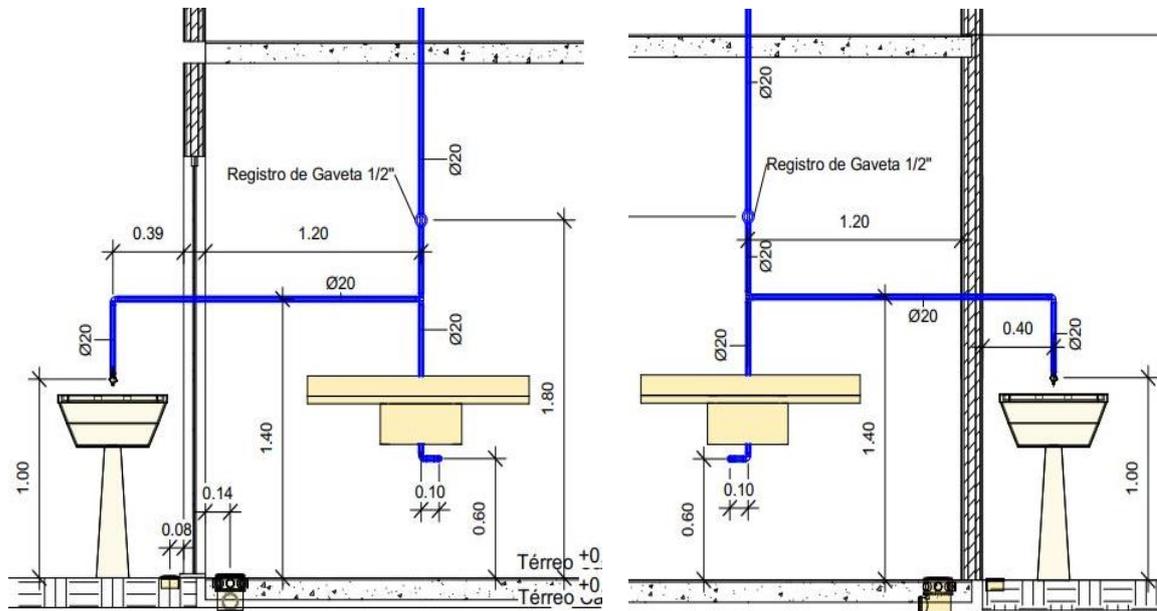
Figura 49 – Instalação hidráulica Casa 1 e 4 em corte, banheiros, desenvolvido no software Revit.



Fonte: Autoria Própria

Cortes das Cozinhas:

Figura 50 –Instalação hidráulica Casa 1 e 4 em corte, cozinha e lavanderia, desenvolvido no *software* Revit

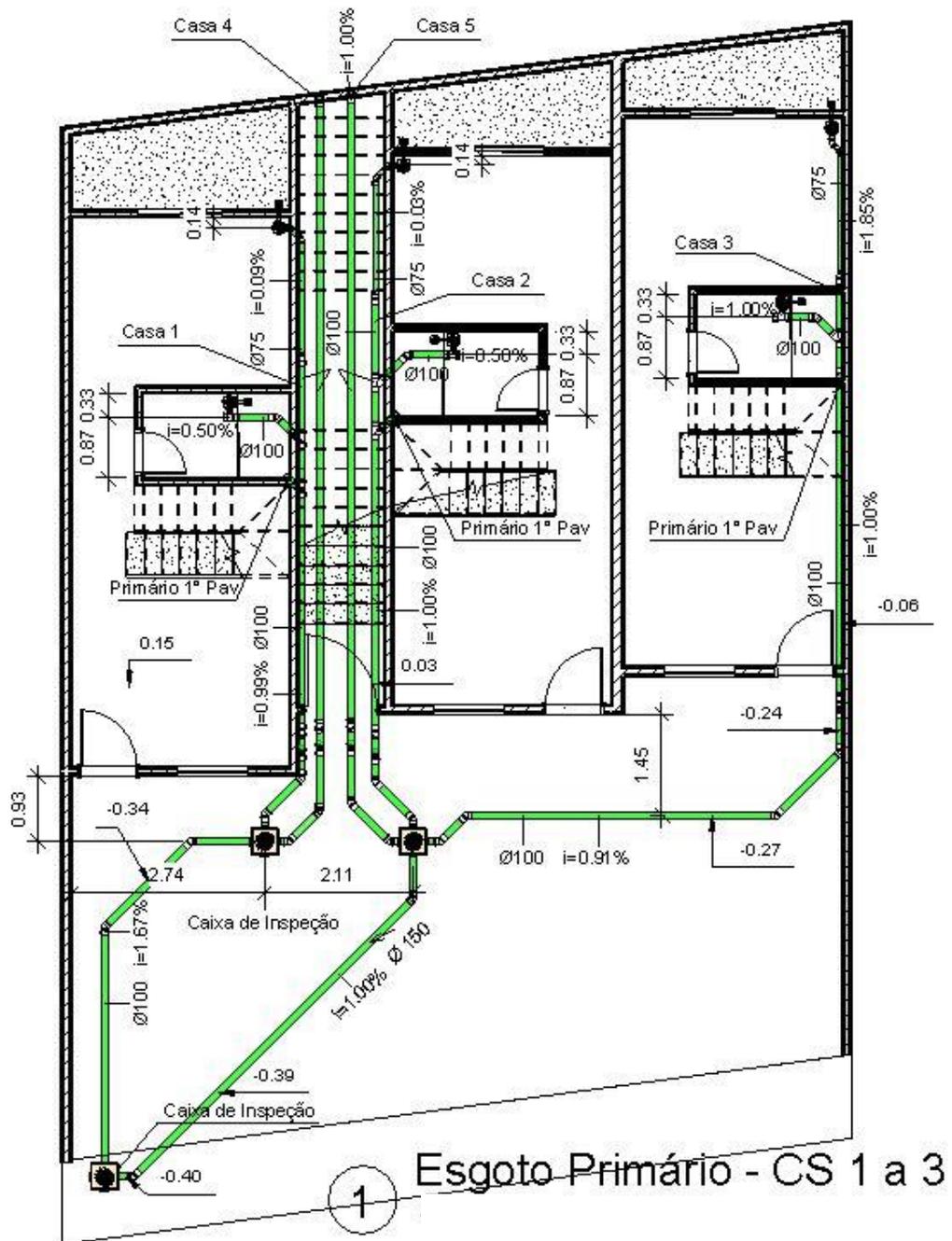


Fonte: Autoria Própria

6.3.2 – Projeto Sanitário

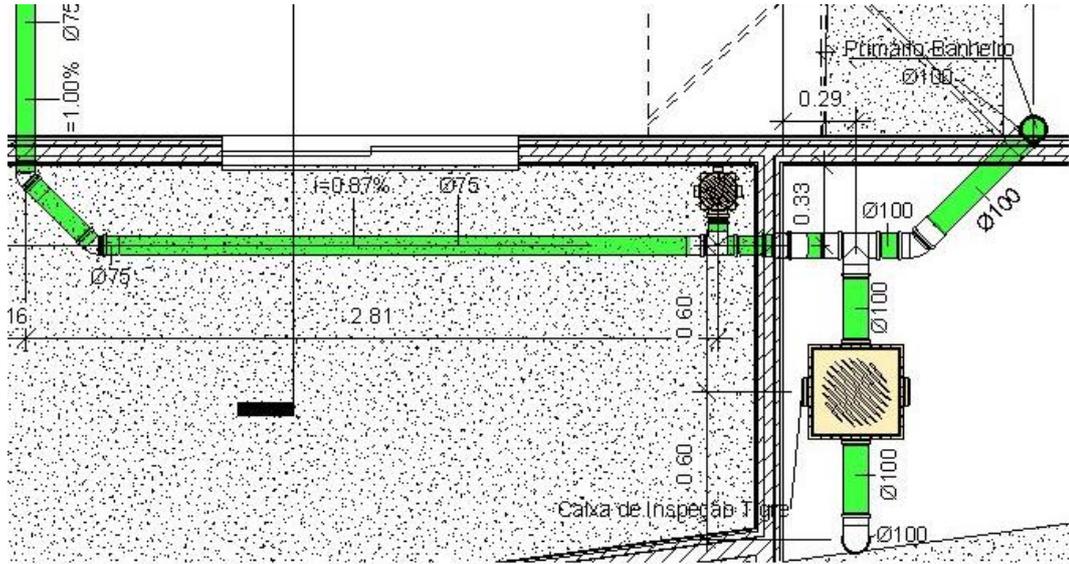
A saída primária é feita individualmente direcionando a saída da casa 1,2 e 3 para uma caixa de inspeção que se encontra na garagem, e a casa 4 e 5 para outra caixa de inspeção que se encontra no térreo das mesmas, depois direcionando a outra caixa de inspeção na garagem, antes de ser direcionada para coleta pública (Figura 51 e 52). As instalações de Esgoto Sanitário foram separadas em nível de térreo, 1º pavimento, reservatório, corte dos banheiros e cozinha.

Figura 51 – Esgoto Primário com ligação na caixa de Inspeção da via pública, desenvolvido pelo software Revit.

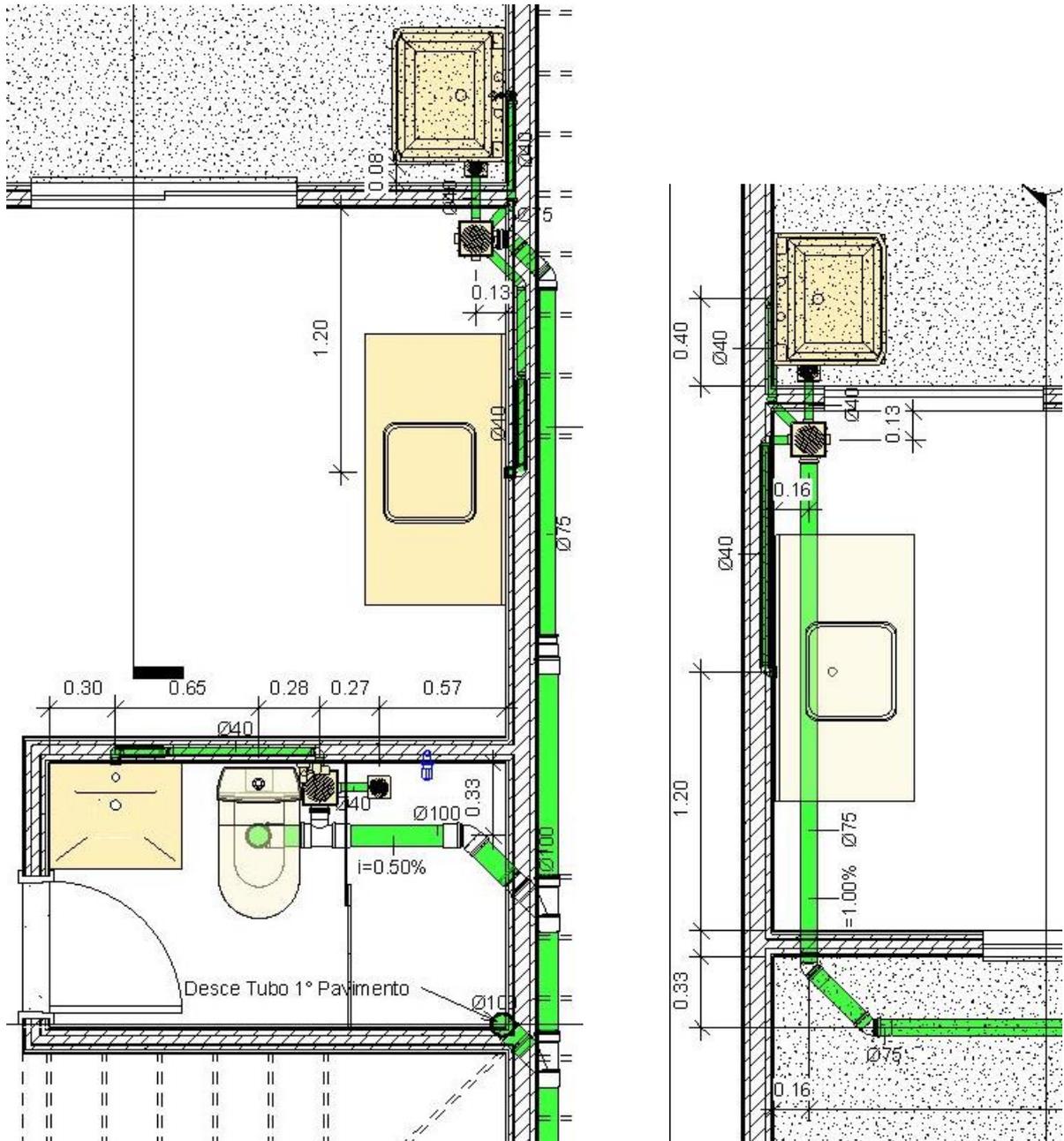


Fonte: Autoria Própria

Figura 52 – Saída de esgoto primário casa 4, desenvolvido pelo software Revit.



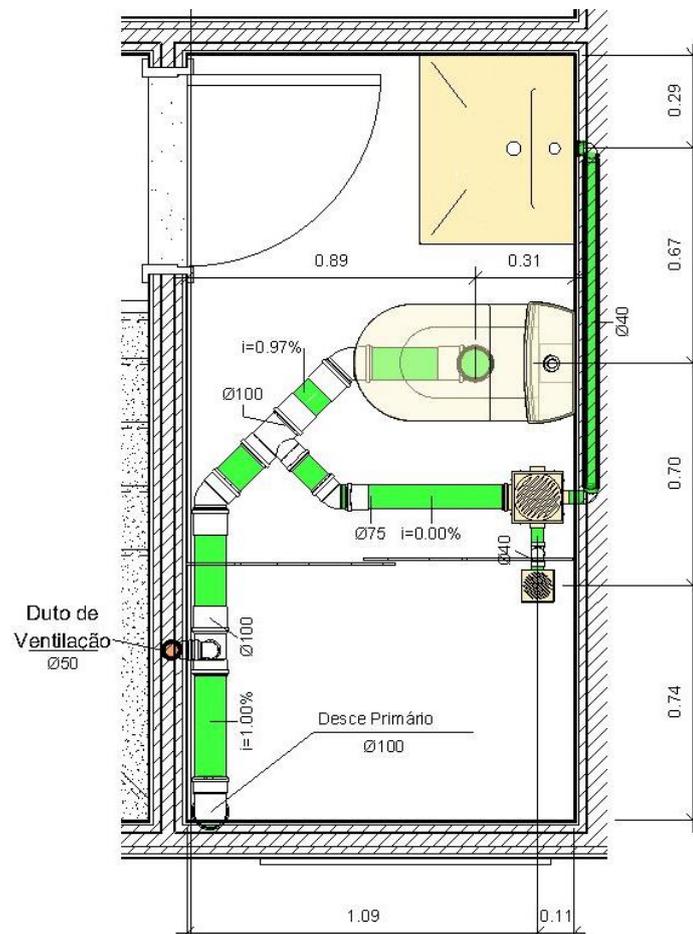
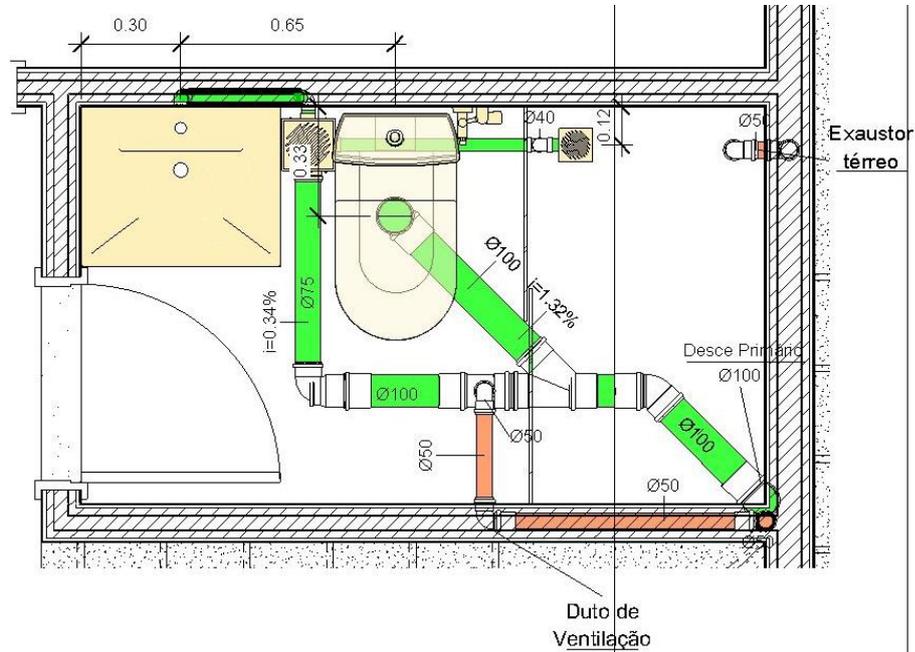
Fonte: Autoria Própria

Térreo:Figura 53 – Esgoto Sanitário Casas 1 e 4 ,térreo, desenvolvido no *software* Revit

Fonte: Autoria Própria

1º Pavimento:

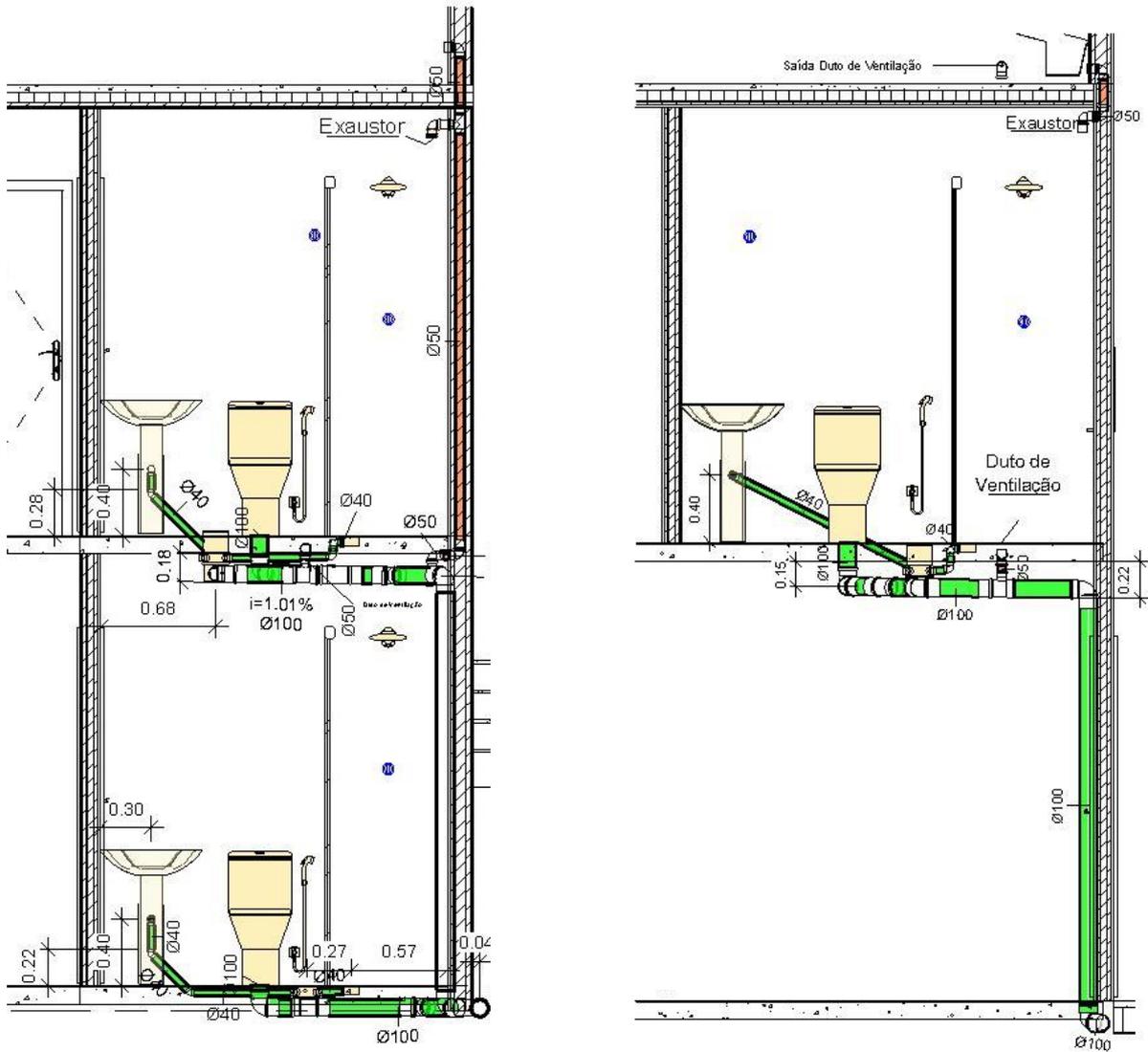
Figura 54 – Esgoto sanitário Casas 1 e 4, banheiro 1º pavimento, desenvolvido pelo software Revit.



Fonte: Autoria Própria

Corte Banheiros:

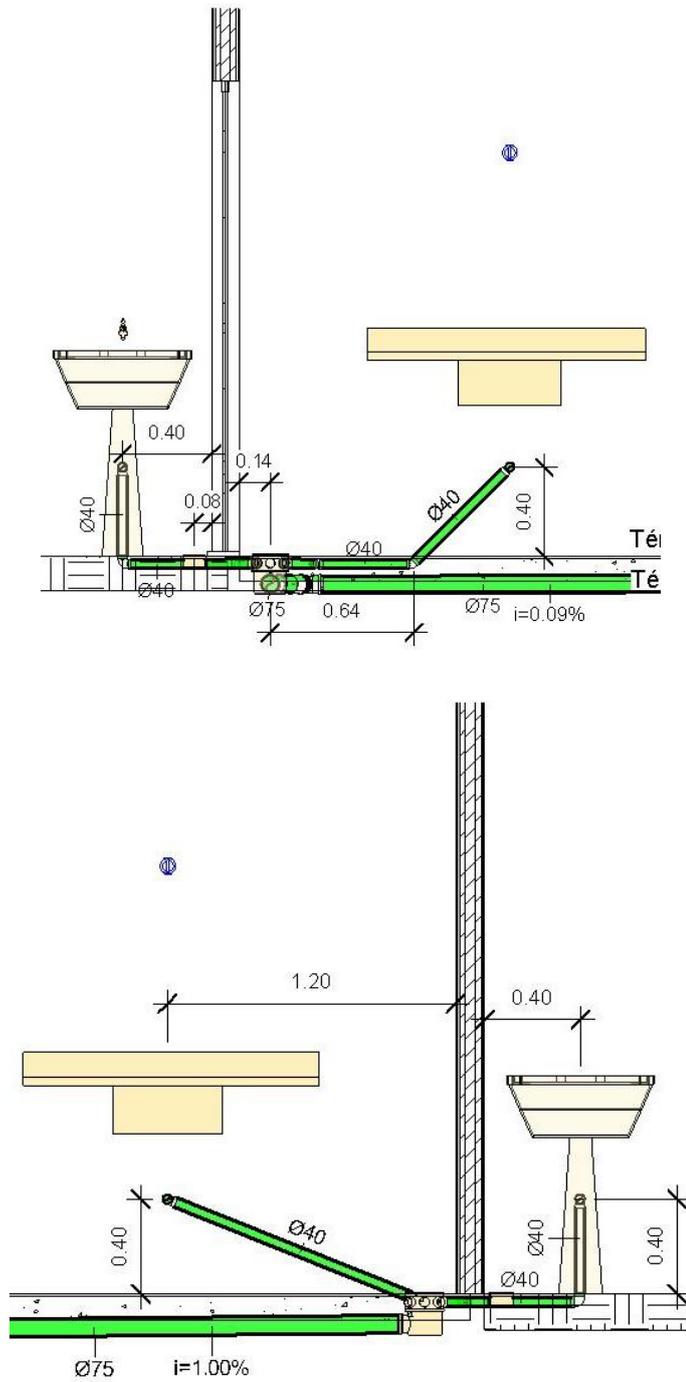
Figura 55 – Esgoto Sanitário Casas 1 e 4, em corte, banheiros, desenvolvido pelo *software* Revit.



Fonte: Autoria Própria

Corte Cozinha e Lavanderia:

Figura 56 – Esgoto sanitário Casas 1 e 4, em corte, cozinha e lavanderia, desenvolvido no *software* Revit.



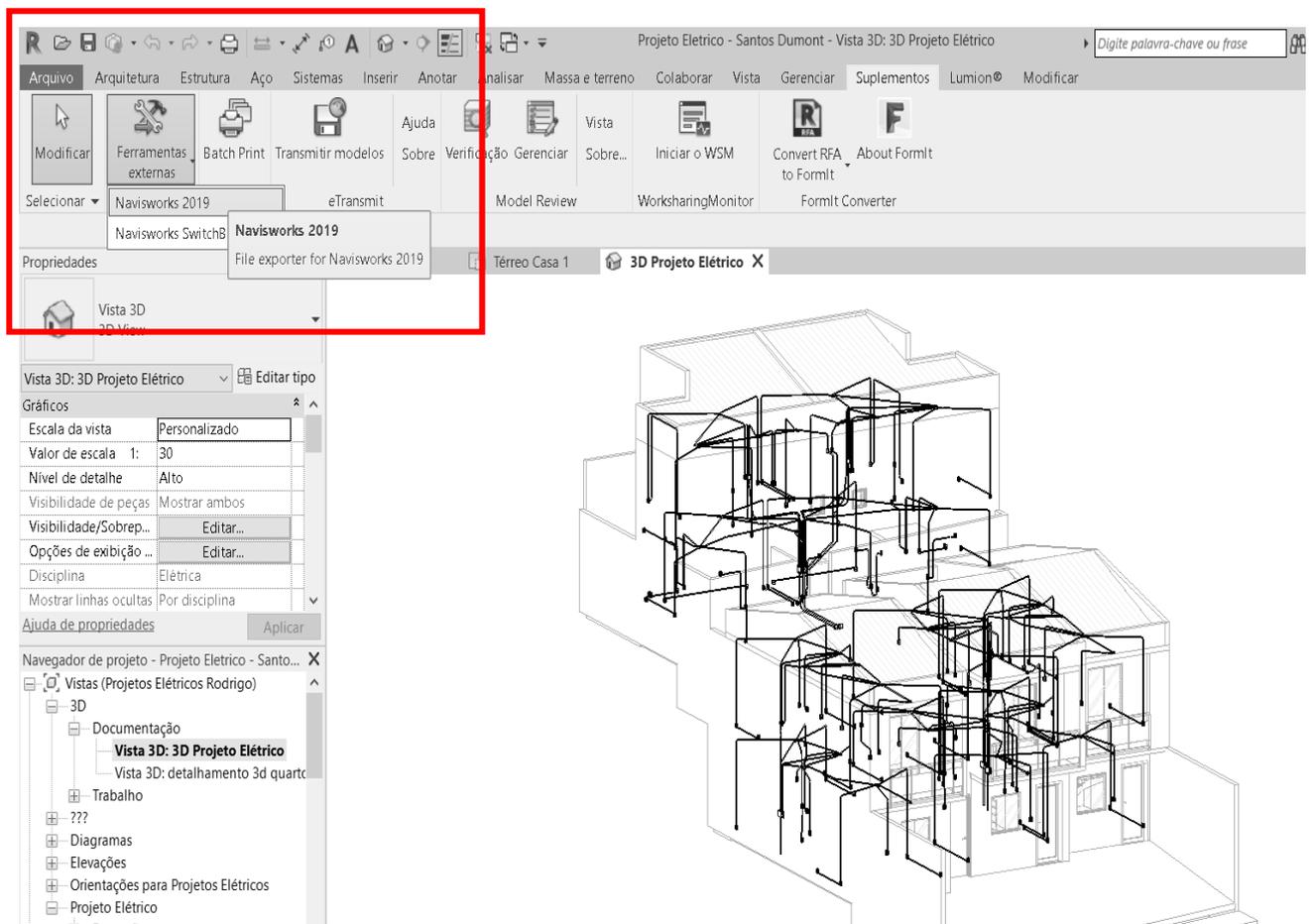
Fonte: Autoria Própria

6.5 – Compatibilização de Projetos

A compatibilização dos projetos foi realizada através do *software* Navisworks Manage da Autodesk, a interoperabilidade entre os programas possibilita a inserção de projetos desenvolvidos no *software* Revit da Autodesk e Eberick da AltoQi.

Quando instalado o programa Navisworks no computador é inserido automaticamente um plug-in (módulo de extensão, em português) dentro do Revit para a exportação em “.nwf”. (Figura 58), porém a exportação em arquivo “.ifc” é padronizada para os *softwares* BIM, sendo possível de ambas as maneiras serem feitas essa troca de informação entre os *softwares*.

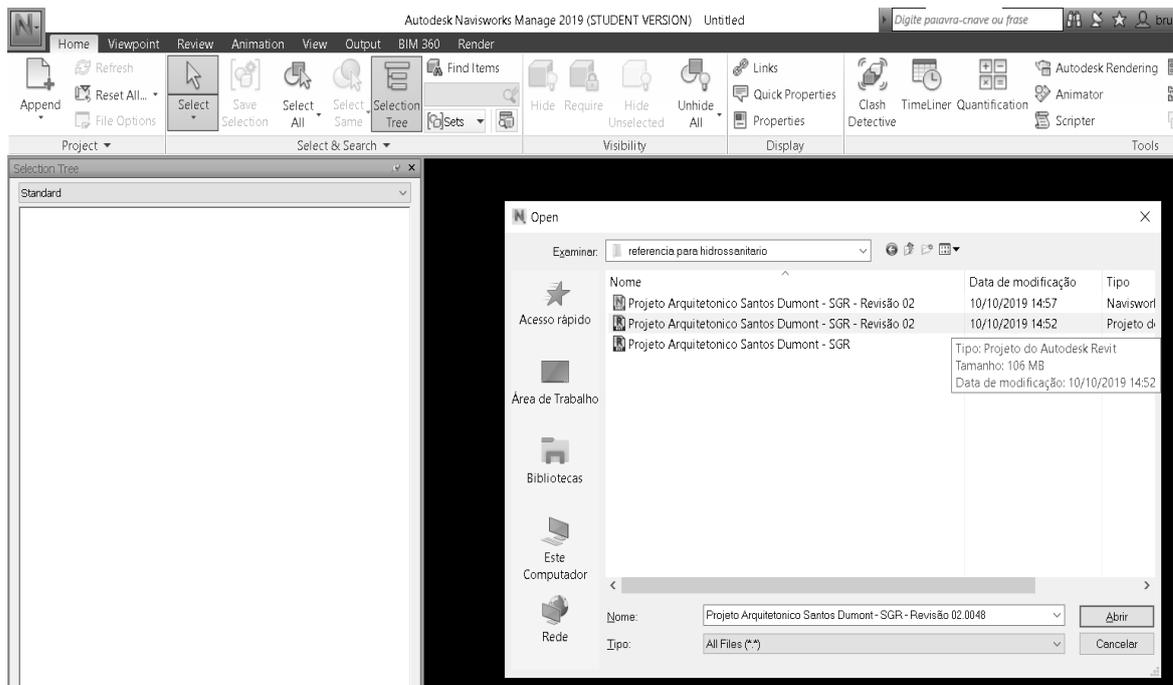
Figura 58 – Exportando projeto elétrico em .nwf, para utilizar a fim de compatibilizar no *software* Navisworks.



Fonte: Autoria Própria

No *Software* Navisworks é necessário primeiramente ser realizado a inserção do projeto arquitetônico, para logo poder ser inserido os projetos complementares a fim de compatibilização (Figura 59 e 60).

Figura 59 – Abertura do projeto arquitetônico no *software* Navisworks.



Fonte: Autoria Própria

Identificação dos projetos por nome e tipo de arquivo no *software* Navisworks:

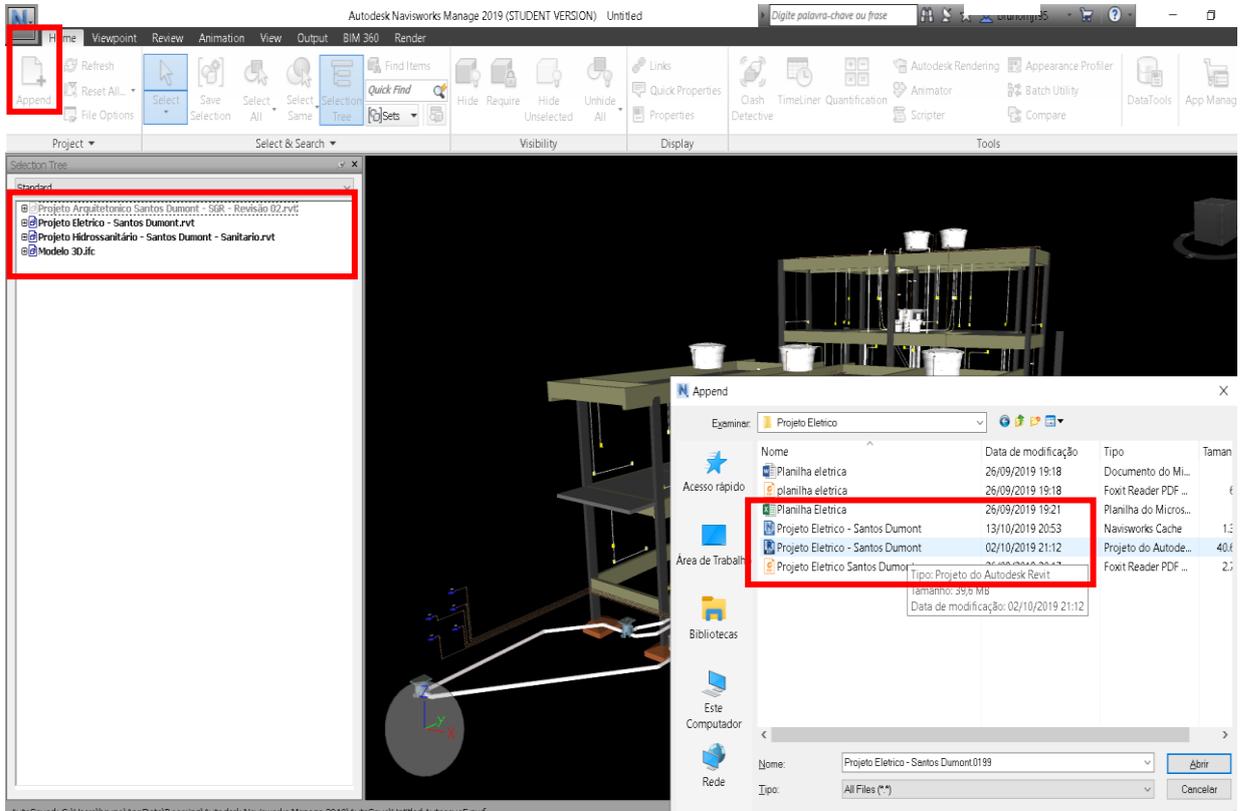
Arquitetônico: Projeto Arquitetônico Santos Dumont – SGR – Revisão 02 (.rvt)

Elétrico: Projeto Elétrico – Santos Dumont (.rvt)

Hidrossanitário: Projeto Hidrossanitário – Santos Dumont – Sanitario (.rvt)

Estrutural: Modelo 3D (.ifc)

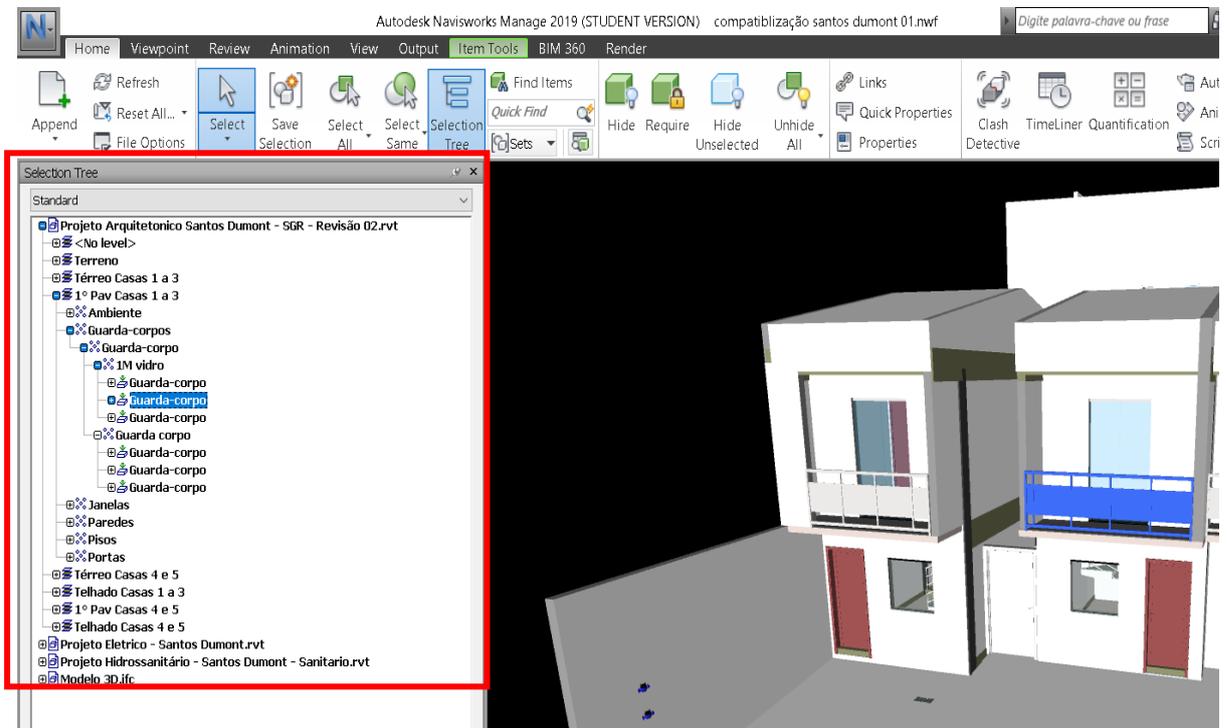
Figura 60 – Abertura dos projetos complementares para compatibilização, dentro do software Navisworks



Fonte: Autoria Própria

Quando inserido os projetos no programa, as características técnicas são inseridas juntamente, fazendo com que seja mais simples a visualização e modificação de qualquer item selecionado, opções como alteração de transparência, mover, esconder, deletar, entre outras, são habilitadas. A janela “*Selection Tree*” é um navegador dos projetos para visualizar cada item separadamente ou por pavimento (Figura 61).

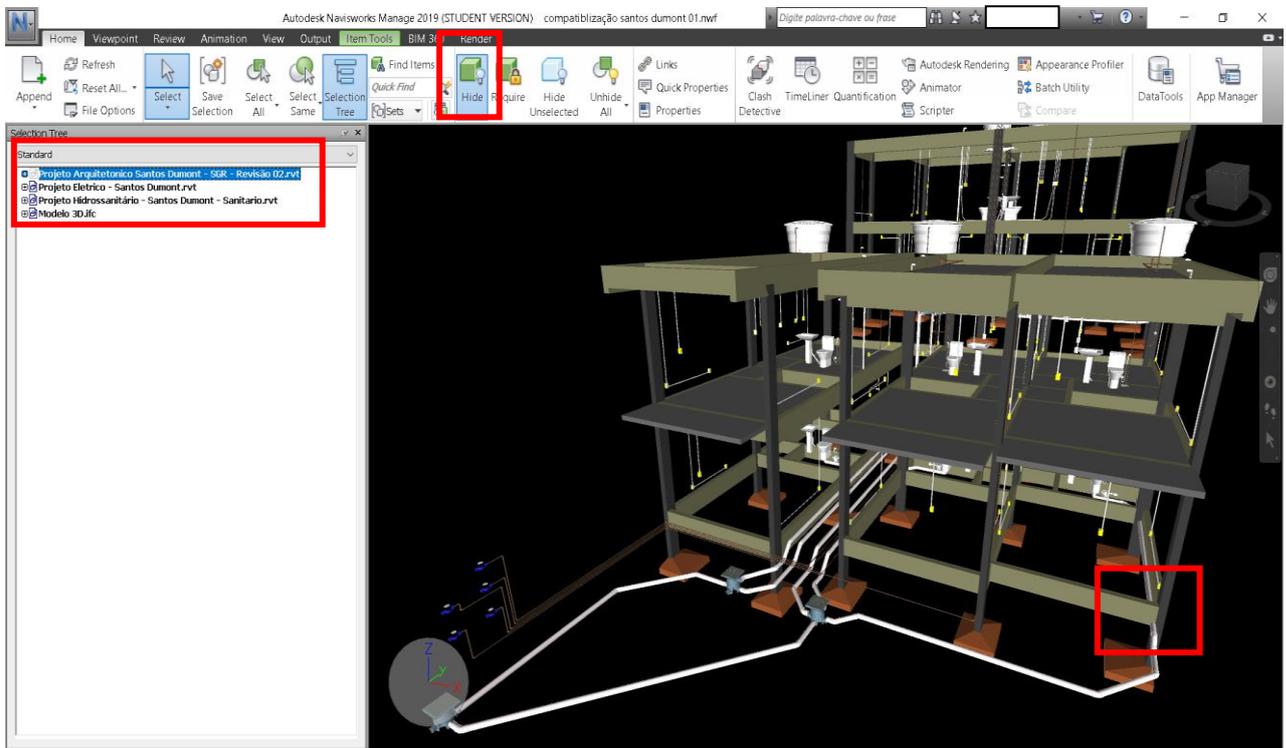
Figura 61 – Visualização do material “Guarda-Corpo” através da janela “*Selection Tree*”, *software Navisworks*



Fonte: Autoria Própria

O *software* Navisworks possui várias vantagens para quem deseja conferir e compatibilizar os projetos, a opção de escolher quantos projetos sejam visualizados clicando no botão “*Hide*”, possibilita a identificação de interferências até mesmo visual, como pode-se observar na Figura 62 o tubo de esgoto colidindo na cinta no térreo da Casa 3.

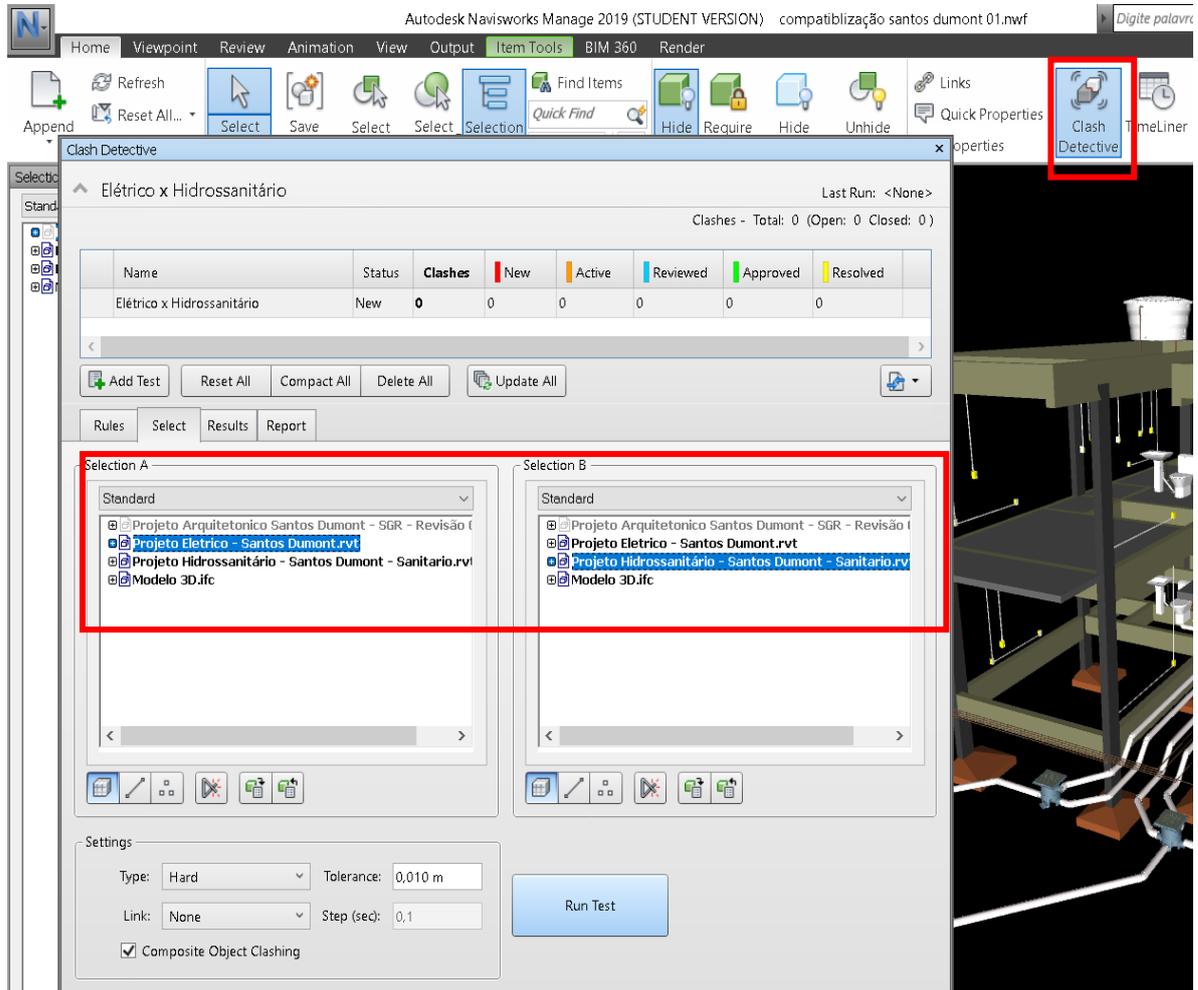
Figura 62 – Utilização do botão “Hide”, a fim de esconder o projeto arquitetônico e identificar interferências visuais, entre os projetos (elétrico, hidráulico e estrutural), *software* Navisworks.



Fonte: Autoria Própria

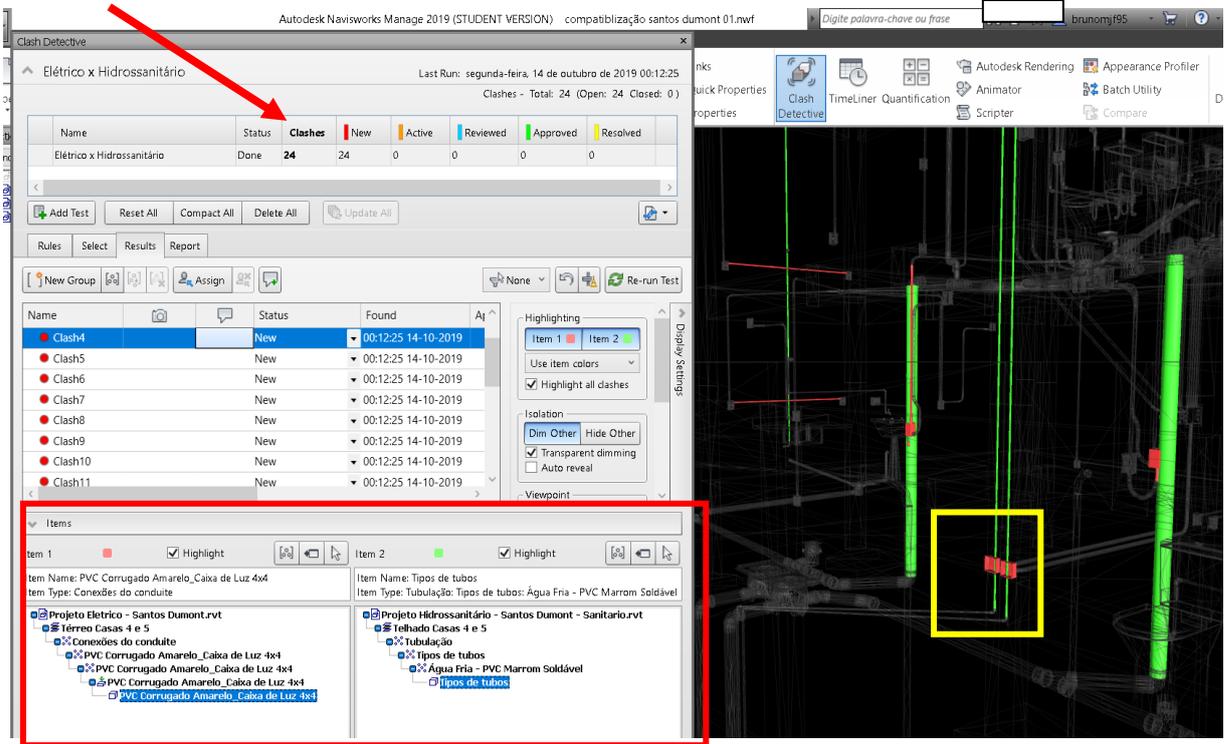
O programa gera um relatório de interferências automaticamente com as especificações dos itens (Figura 66), podendo ser exportado ou arquivado para modificações futuras, para isso basta apenas ir na opção Clash Detective e selecionar os projetos que deseja a compatibilização. Nas Figuras 63, 64 e 65 pode-se observar a verificação de interferências entre os projetos elétrico e hidrossanitário, podendo ser visto na Figura 64 a tubulação de água fria passando por dentro de uma caixa de passagem 4x4 de elétrica.

Figura 63 – Detecção de Interferência automática entre projeto Elétrico x Hidrossanitário, software Navisworks.



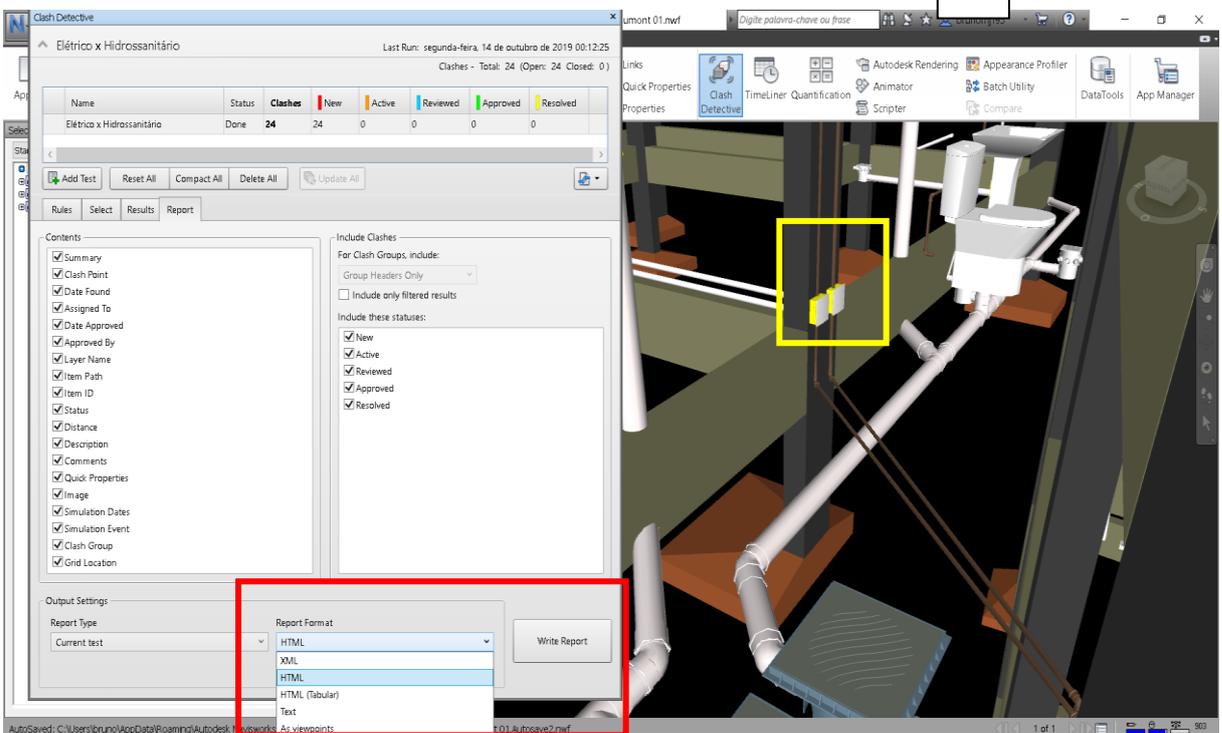
Fonte: Autoria Própria

Figura 64 – Resultado da identificação de interferência entre o projeto Elétrico e o Hidrossanitário, software Navisworks.



Fonte: Autoria Própria

Figura 65 – Exportação de relatório de incompatibilidades, arquivo tipo HTML, software Navisworks.



Fonte: Autoria Própria

Figura 66 – Relatório de incompatibilidades elétrica x hidrossanitária, sendo imagem acessível à janela maior para visualização detalhada, apresentado a totalidade de 24 interferências, gerado em HTML pelo software Navisworks.

Clash Report

Report Batch

Elétrico x Hidrossanitário Clash

Tolerance	0.010m
Total	24
New	24
Active	0
Reviewed	0
Approved	0
Resolved	0
Type	Hard
Status	OK

Name	Clash1
Distance	-0.065m
Description	Hard
Status	New
Clash Point	-9.196m, 20.896m, 16.892m
Date Created	2019/10/14 03:12

Item 1

Element ID	4190588
Layer	Térreo Casas 4 e 5
Path	File ->File ->Projeto Elétrico - Santos Dumont.rvt ->Térreo Casas 4 e 5 ->Conexões do conduite ->PVC Corrugado Amarelo_Caixa de Luz 4x2
Item Name	PVC Corrugado Amarelo_Caixa de Luz 4x2
Item Type	Conexões do conduite

Item 2

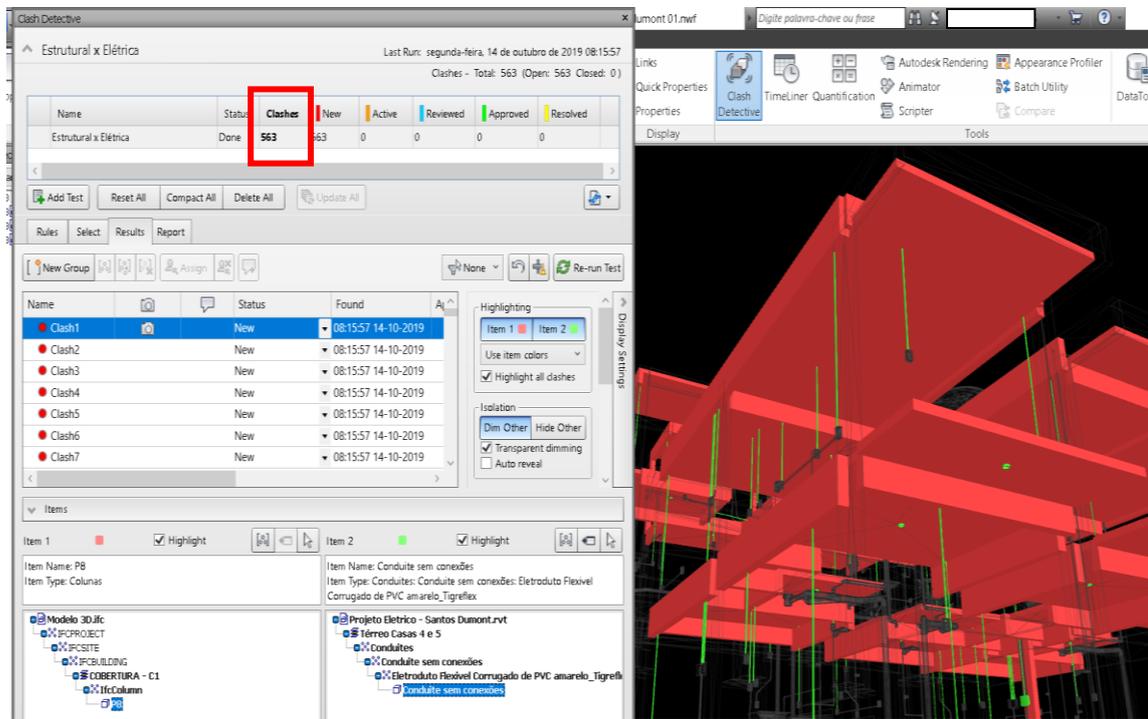
Element ID	2776075
Layer	1º Pav Casas 4 e 5
Path	File ->File ->Projeto Hidrossanitário - Santos Dumont - Sanitário.rvt ->1º Pav Casas 4 e 5 ->Tubulação ->Tipos de tubos ->Esgoto/Vent./Pluvial - PVC Série Normal ->Tipos de tubos
Item Name	Tipos de tubos
Item Type	Tubulação: Tipos de tubos: Esgoto/Vent./Pluvial - PVC Série Normal

Fonte: Autoria Própria

A detecção de choques entre os projetos deve ser avaliada diretamente por um profissional qualificado, a compatibilização do projeto estrutural com o elétrico ou hidrossanitário é um exemplo de complexidade, pois a partir do momento que se verifica quais componentes de projetos diferentes estão sendo chocados pode-se perceber diversas incompatibilidades. Porém, assim como eletrodutos de instalação elétrica, os tubos de hidrossanitária comumente são instalados dentro do concreto da laje, encontrando-se assim diversos choques nos relatórios gerados pelos dois tipos de projeto, como pode-se visualizar na Figura 67 e 68.

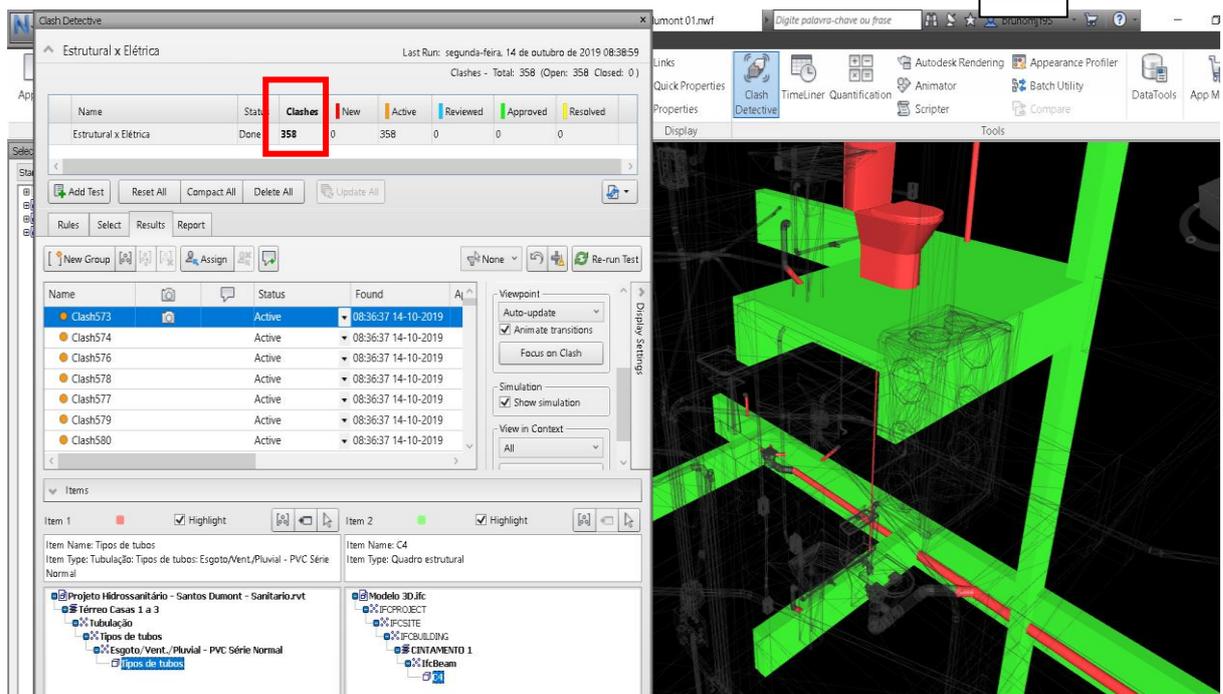
Para uma possível solução seria no instante da compatibilização retirar a seleção de tubos e eletrodutos que passam na laje, tendo em vista que são inseridos tubos para as instalações antes do enchimento da laje.

Figura 67 – Compatibilização de projeto Estrutural x Elétrica, identificado 563 choques no total, software Navisworks da Autodesk.



Fonte: Autoria Própria

Figura 68 - Compatibilização de projeto Hidrossanitário x Estrutural, identificado 358 choques no total, software Navisworks.

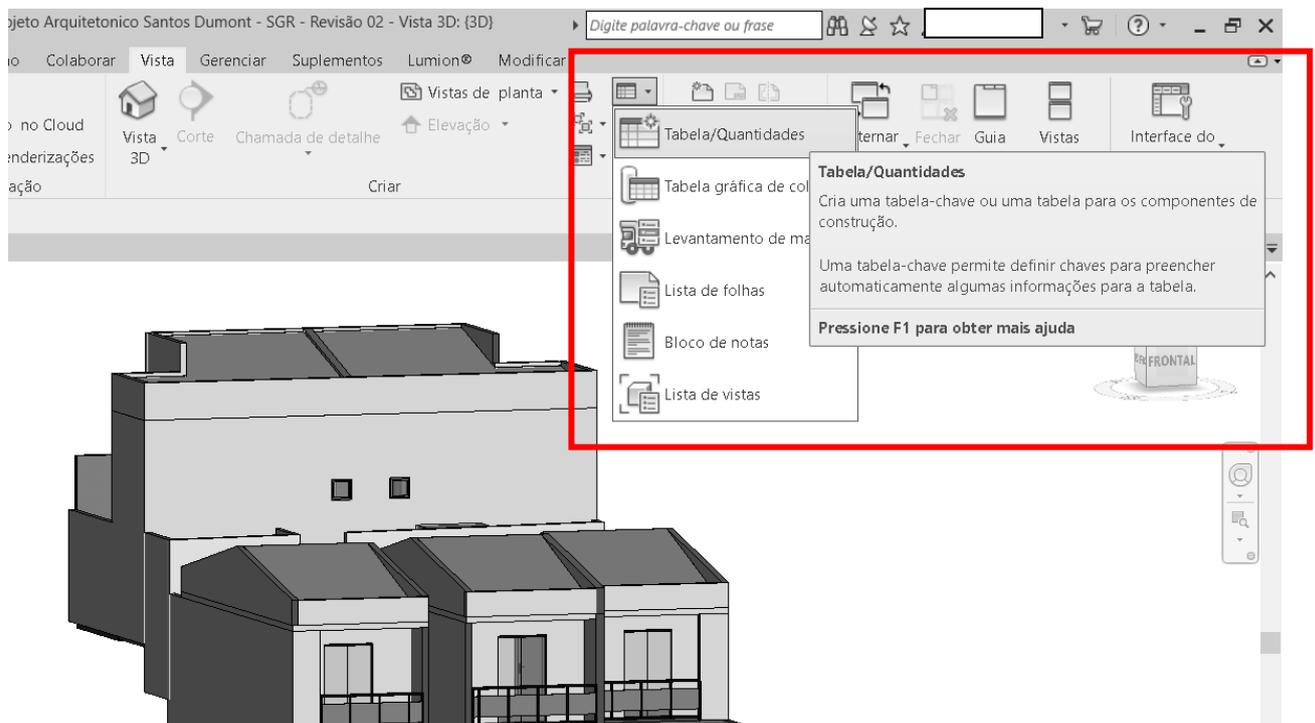


Fonte: Autoria Própria

6.6 – Quantitativo

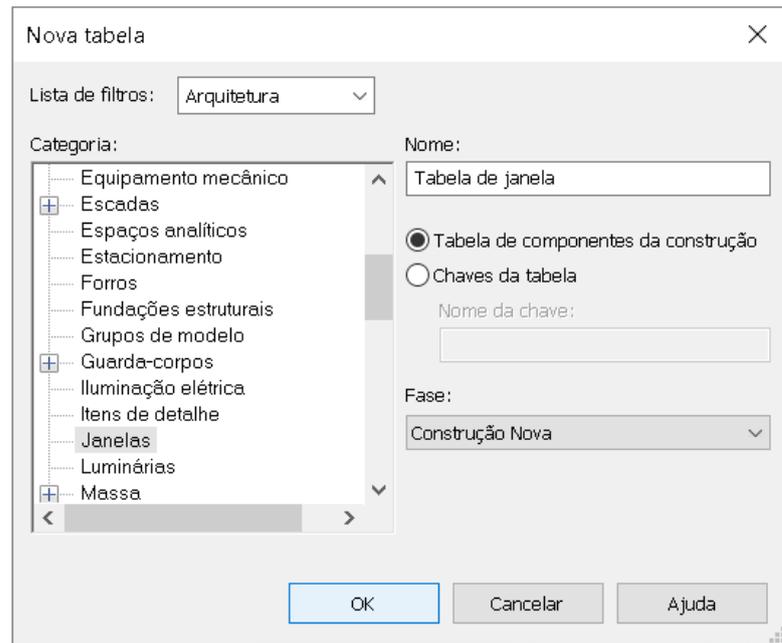
O levantamento de quantitativo é um dos diferenciais da Modelagem da Informação da Construção (BIM), ao desenvolver um projeto, é utilizado famílias de materiais, sendo portas, janelas, tubulações, tomadas, paredes, pisos, entre outros, o *software* concede a opção de criar tabelas de forma totalmente intuitiva, com apenas algumas seleções e montagens lógicas é possível obter o levantamento de material necessário para a construção em poucos cliques do mouse (Figura 69, 70 e 71).

Figura 69 –Inserção de tabelas quantitativas, *software Revit da Autodesk*.



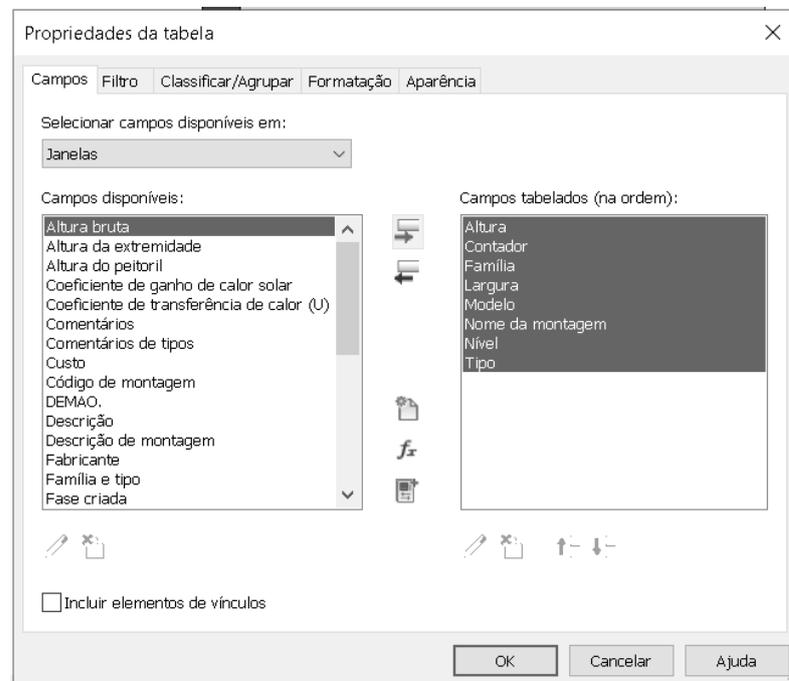
Fonte: Autoria Própria

Figura 70 – Seleção do tipo de item a ser levantado, *software Revit da Autodesk*.



Fonte: Autoria Própria

Figura 71 – Tipos de Campos para obter informações sobre itens levantados, *software Revit da Autodesk*.



Fonte: Autoria Própria

A quantificação de materiais colabora para o planejamento da obra, obtendo um orçamento conciso. O objetivo dessa demonstração de tabelas quantitativas é enfatizar a facilidade de levantamento de materiais, lembrado que assim como as famílias, as tabelas também são parâmetros que seguem juntamente com um *template* pronto, produzindo individualmente por projetista ou adquirido por fontes externas, como, outros projetistas autônomos e empresas.

A Tabela 2 foi extraída do projeto arquitetônico demonstrando os tipos de janela e seus tamanhos, e o nível que deverá serem instaladas.

Tabela 2 - Tabela de quantitativo de janelas do projeto Santos Dumont, fornecido pelo *software* Revit.

<Tabela de janela>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Altura	Contador	Família	Largura	Modelo	Nome da montagem	Nível	Tipo
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			Térreo Casas 1 a 3	100x100
0,50	1	Basculante	0,50			Telhado Casas 1 a 3	40X40
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			1º Pav Casas 1 a 3	100x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			Térreo Casas 4 e 5	100x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	0,80			1º Pav Casas 4 e 5	80x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			1º Pav Casas 4 e 5	100x100
0,50	1	Basculante	0,50			Telhado Casas 1 a 3	40X40
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			Térreo Casas 4 e 5	100x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	0,80			1º Pav Casas 4 e 5	80x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			1º Pav Casas 4 e 5	100x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			Térreo Casas 1 a 3	100x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			1º Pav Casas 1 a 3	100x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			Térreo Casas 1 a 3	100x100
1,00	1	ESQUADRIA VIDRO	1,00			1º Pav Casas 1 a 3	100x100

Fonte: Autoria Própria

Para que o quantitativo seja o mais próximo, é necessário que as características inseridas no *software* estejam de acordo com o que será utilizado na construção do empreendimento, havendo necessidade de colocar tipo de material, espessura, marca, modelo, cor, altura, peso, entre outros.

Na Tabela 3 abaixo pode-se observar o levantamento de componentes elétricos inseridos e na Tabela 4 a quantidade em metros de eletrodutos necessários, no projeto elétrico do Residencial Santos Dumont, onde a descrição de material, suas dimensões e quantidades trazem uma velocidade para um orçamento analítico.

Tabela 3 – Quantitativo de componentes elétricos, fornecido pelo *software Revit da Autodesk*.

<Lista de Materiais - Componentes>			
A	B	C	D
Descrição do Material	Dimensões	Quantidade	Referência Fabricante
Caixas de Embutir			
Caixa de Luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x2"	151	Tigre linha Tigreflex ou equivalente
Caixa de Luz 4"x4", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x4"	7	Tigre linha Tigreflex ou equivalente
Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel, em PVC na cor amarela para eletroduto corrugado	4"x4"	51	Tigre linha Tigreflex ou equivalente
Interruptores			
Conjunto montado com 1 Interruptor simples, 10A 250V~, 4"x2"	1S, 4"x2"	29	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado com 2 módulos de Interruptores simples, com placa e suporte 4"x4"	2xS, 4"x4"	7	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de Interruptor com 2 teclas simples, 4"x2"	2xS, 4"x2"	5	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de Interruptor com 3 teclas simples, 4"x2"	3xS, 4"x2"	2	Pial Legrand ou equivalente
Interruptores + Tomadas			
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 20A, 4"x2"	1S+1Tom 20A, 4"x2"	11	Pial Legrand ou equivalente
Placa saída de fio			
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio Ø11mm, 4"x2"	Saída de fio	8	Pial Legrand ou equivalente
Quadros			
Quadro de Distribuição 6/8 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barra	6/8 Disjuntores	5	Tigre ou equivalente
Tomadas			
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, posto horizontal, 4"x2"	10A, 4"x2"	73	Pial legrand ou equivalente
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 20A, posto horizontal, 4"x2"	20A, 4"x2"	13	Pial legrand ou equivalente

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4 – Quantitativo de Eletrodutos utilizados no projeto Santos Dumont, fornecido pelo *software Revit da Autodesk*.

<Lista de Materiais - Eletrodutos>			
A	B	C	D
Descrição do Material	Diâmetro Nominal	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Eletroduto flexível corrugado, em	Ø25	737,03 m	Tigre ou equivalente

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 5 abaixo pode-se observar o levantamento de equipamentos e peças sanitárias, na Tabela 6 a lista de conexões e o tipo de sistema e Tabela 7 a quantidade de tubos necessários para executar o que está no projeto hidrossanitário do Residencial Santos Dumont, onde a descrição de material, suas dimensões e quantidades trazem uma velocidade para um orçamento analítico.

Tabela 5 – Quantitativo de equipamento e peças sanitárias do empreendimento Santos Dumont, fornecido pelo *software Revit da Autodesk*.

<Equipamento e Peças Sanitárias>	
A	B
QUANT.:	DESCRIÇÃO:
9	Bacia com Caixa Acoplada
2	Caixa de Inspeção/Interligação com prolongador com entrada - DN 100, Esgoto - TIGRE
3	Caixa de Inspeção/Interligação com prolongador sem entrada - DN 100, Esgoto - TIGRE
16	Corpo Caixa Sifonada Girafácil (5 Entradas), 150 x 170 x 75mm, Esgoto - TIGRE
8	Ducha Advanced Eletrônica, 127V - 5500W, 498x230x110mm - Lorenzetti
8	Ducha Higiênica com Registro e Derivação - 1/2", DocolStillo, MetaisArte - Docol
9	lavatório com coluna Bali
3	Porta Grelha Quadrado p/ Grelha Quadrada Branca 100mm, Esgoto - TIGRE
2	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE
3	Prolongador sem entrada DN300, Esgoto - TIGRE
3	Prolongamento p/ Caixa Sifonada 100 x 100mm, Esgoto - TIGRE
10	Prolongamento p/ Caixa Sifonada 150 x 200mm, Esgoto - TIGRE
16	Ralo Quadrado Montado - Branco c/ grelha branca 100x53x40mm, Esgoto - TIGRE
3	Torneira Angular Jardim Cromado 1122 - 3/4" - Docol

Fonte: Autoria Própria

Tabela 6 – Quantitativo de conexões do projeto hidrossanitário, fornecido pelo software Revit da Autodesk.

<Lista das Conexões>			
A	B	C	D
SISTEMA:	QUANT.:	DESCRIÇÃO:	DIMENSÃO:
Água Fria	32	Tê Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Ø20-Ø20-Ø20
Água Fria	6	Tê de Redução Soldável 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Ø32-Ø32-Ø25
Água Fria	15	Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Ø32-Ø32
Água Fria	14	Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Ø25-Ø25
Água Fria	104	Joelho 90° Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Ø20-Ø20
Água Fria	2	Curva de Transposição Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Ø20-Ø20
Água Fria	7	Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Ø32-Ø25
Água Fria	22	Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Ø25-Ø20
Esgoto	3	Tê 100 x 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø100-Ø100-Ø100
Esgoto	8	Tê 100 x 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø100-Ø100-Ø75
Esgoto	5	Tê 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø100-Ø100-Ø50
Esgoto	7	Tê 75 x 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø75-Ø75-Ø75
Esgoto	3	Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø50-Ø50-Ø50
Esgoto	1	Tê 40 x 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø40-Ø40-Ø40
Esgoto	63	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø100-Ø100
Esgoto	42	Luva Simples 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø75-Ø75
Esgoto	39	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø50-Ø50
Esgoto	7	Junção Simples 100 x 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø100-Ø100-Ø100
Esgoto	23	Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø100-Ø100
Esgoto	24	Joelho 90° 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø75-Ø75
Esgoto	36	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø50-Ø50
Esgoto	46	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø40-Ø40
Esgoto	37	Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø100-Ø100
Esgoto	11	Joelho 45° 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø75-Ø75
Esgoto	22	Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Ø40-Ø40

Fonte: Autoria Própria

Tabela 7 – Quantitativo de tubos rígidos do projeto hidrossanitário, fornecido pelo software Revit da Autodesk.

<Lista de Tubos Rígidos>				
A	B	C	D	E
SISTEMA:	DESCRIÇÃO:	DIMENSÃO:	COMPRIMENTO:	QUANT. BARRA DE 3M
Água fria doméstica	Tubo PVC rígido, cor marrom, linha soldável - Tigre	Ø20	203.98 m	52
Água fria doméstica	Tubo PVC rígido, cor marrom, linha soldável - Tigre	Ø25	21.75 m	6
Água fria doméstica	Tubo PVC rígido, cor marrom, linha soldável - Tigre	Ø32	25.76 m	5
Água fria doméstica	Tubo PVC rígido, cor marrom, linha soldável - Tigre	Ø50	0.11 m	0
Ventilação	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø50	27.01 m	8
Sanitário	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø40	27.18 m	1
Sanitário	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø75	19.99 m	7
Sanitário	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø100	96.59 m	23
Pluvial	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø40	0.12 m	0
Pluvial	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø75	88.06 m	28

Fonte: Autoria Própria

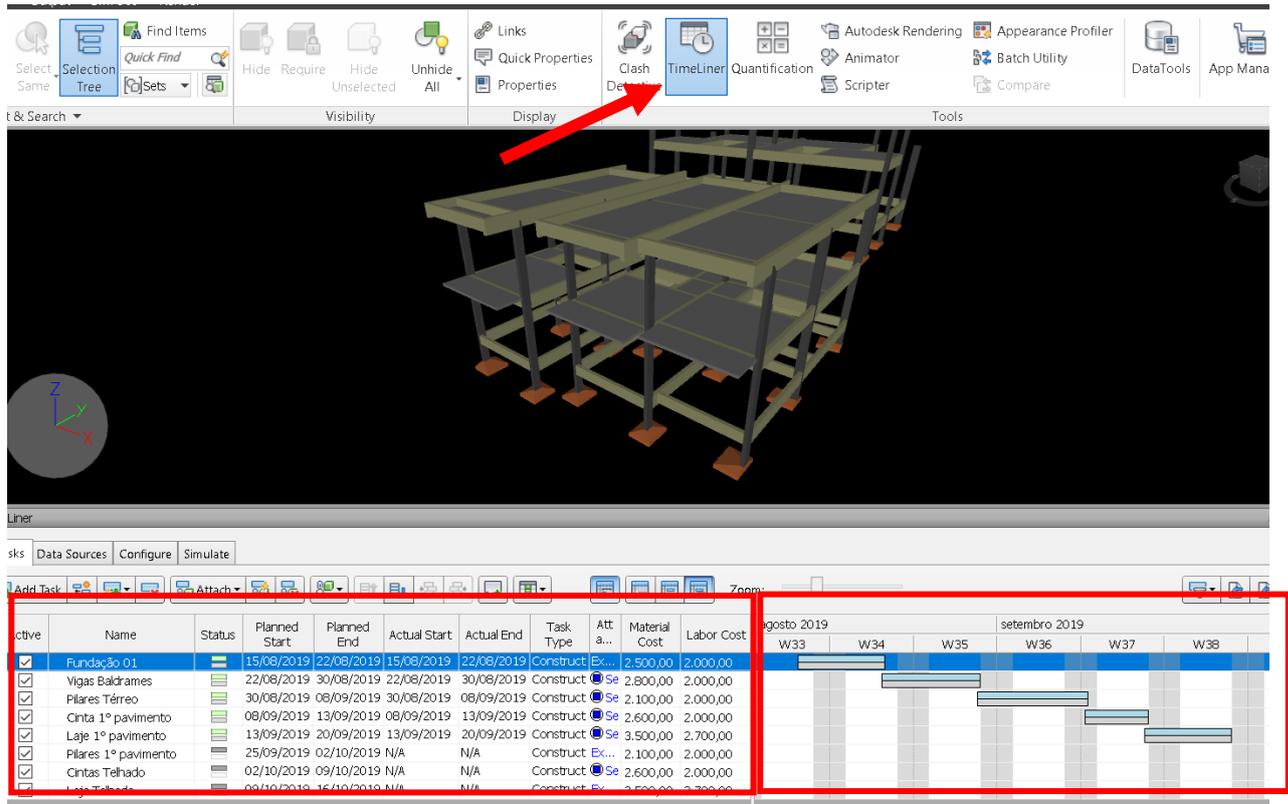
6.7 – Cronograma e simulação 5D

Quando se fala de modelo 5D, inclui-se a dimensão tempo e custo dentro das três dimensões espaciais. O cronograma é uma forma de organização do tempo e dependência de cada atividade da obra, esse cronograma pode ser desenvolvido pelo *software Microsoft Project* e importar dentro do modelo BIM, ou mesmo dentro do *software Navisworks* como desenvolvido nesse trabalho.

Para esse estudo de caso foi desenvolvido o cronograma de apenas a parte estrutural das três casas da frente, com valores subjetivos de tempo e custo, apenas com o propósito de demonstração da ferramenta dentro da Modelagem da Informação da Construção, sendo que esses valores podem ser adquiridos com mais precisão dentro da Tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa e Índices), fornecido pela Caixa Econômica Federal.

Após inserido os projetos dentro do *software Navisworks* no menu Iniciar possui a opção de *TimeLiner* (Cronograma), irá aparecer em sequência uma barra abaixo do projeto que é separado ao lado esquerdo em atividades, durações e custo, e do lado direito o diagrama no formato de Gantt (Figura 73).

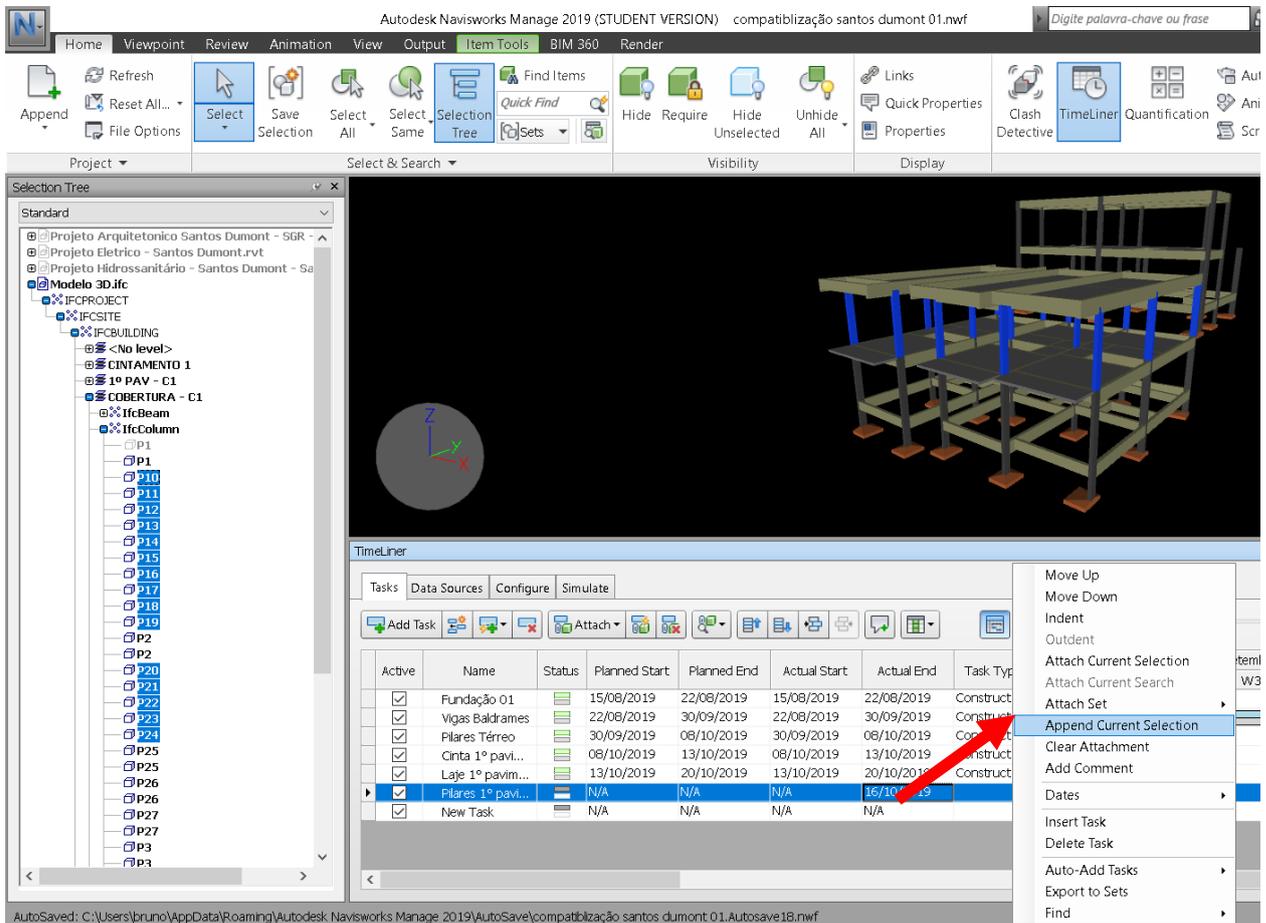
Figura 72 – TimeLiner (Cronograma), Software Navisworks.



Fonte: Autoria Própria

Ao preencher os dados necessários para o planejamento como, *Name* (Nome da atividade), *Planned Start* (Início do Planejamento), *Planned End* (Fim do Planejado), *Actual Start* (Início Real), *Actual End* (Fim Real), *Task Type* (*Tipo de Tarefa*), *Material Cost* (Custo do Material) e *Labor Cost* (Custo do trabalho), pode-se observar a criação automaticamente do diagrama ao lado, sendo necessário vincular o item com a atividade, selecionando os itens e clicando com o botão direito do mouse em cima da atividade desejada, em seguida clicando em *Append Current Selection* (Anexar Seleção Atual), como visto na Figura 73 abaixo.

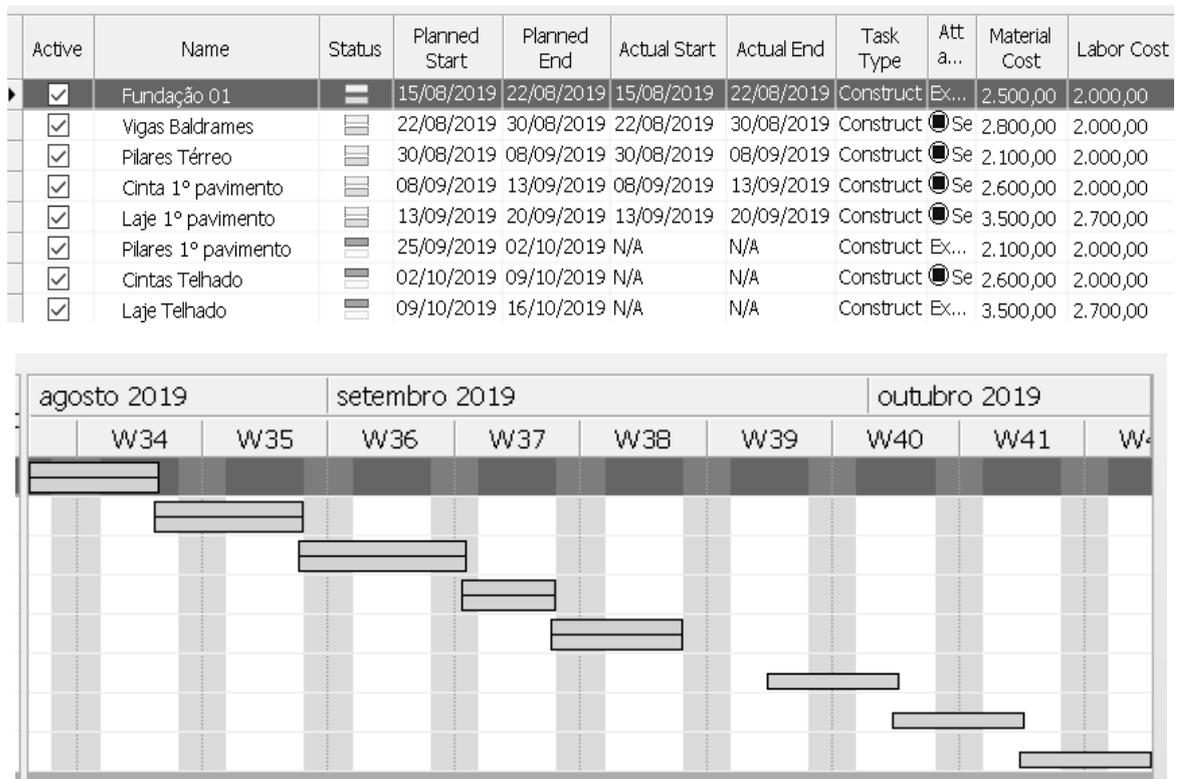
Figura 73 – Selecionando Itens e inserindo no Cronograma, *software Navisworks da Autodesk.*



Fonte: Autoria Própria

Ao concluir o preenchimento das atividades, é possível visualizar o gráfico de Gantt com a data de início e término (Figura 74), e em seguida iniciar uma simulação de construção, clicando no botão *Simulate* (simulação), dentro da tabela de *TimeLiner* (cronograma), sendo passado as etapas de acordo com o prazo e custo.

Figura 74 – Atividades planejadas e cronograma de Gantt, software Navisworks da Autodesk.

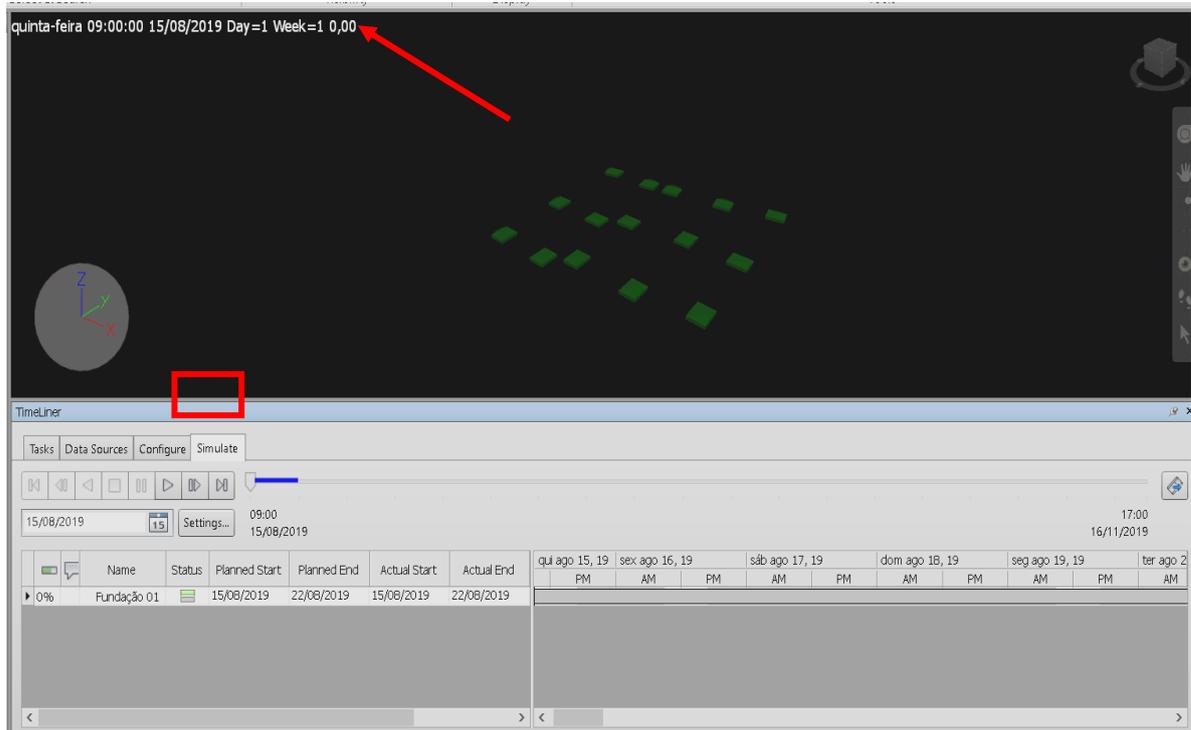


Fonte: Autoria Própria

Para realizar a simulação proposta no presente trabalho foi necessário dar início no vídeo gerado pelo *software*, e ir pausando para capturar as informações e dados para efeito de demonstração. Os itens com coloração verde claro representam o que está sendo construído no momento, os de coloração mais consistentes como laranja da sapata e marrom da viga de fundação, são itens construídos. As datas, horários e custos foram definidos de ordem aleatória para demonstração da simulação.

Na figura 75 foi dado o início da simulação 5D onde a primeira atividade é a construção das sapatas, sendo apresentado iniciado na quinta-feira às 09:00hrs do dia 15/08/2019, ao qual pode-se observar dia 1, 1ª semana e custo R\$0,00 nas informações do canto superior esquerdo.

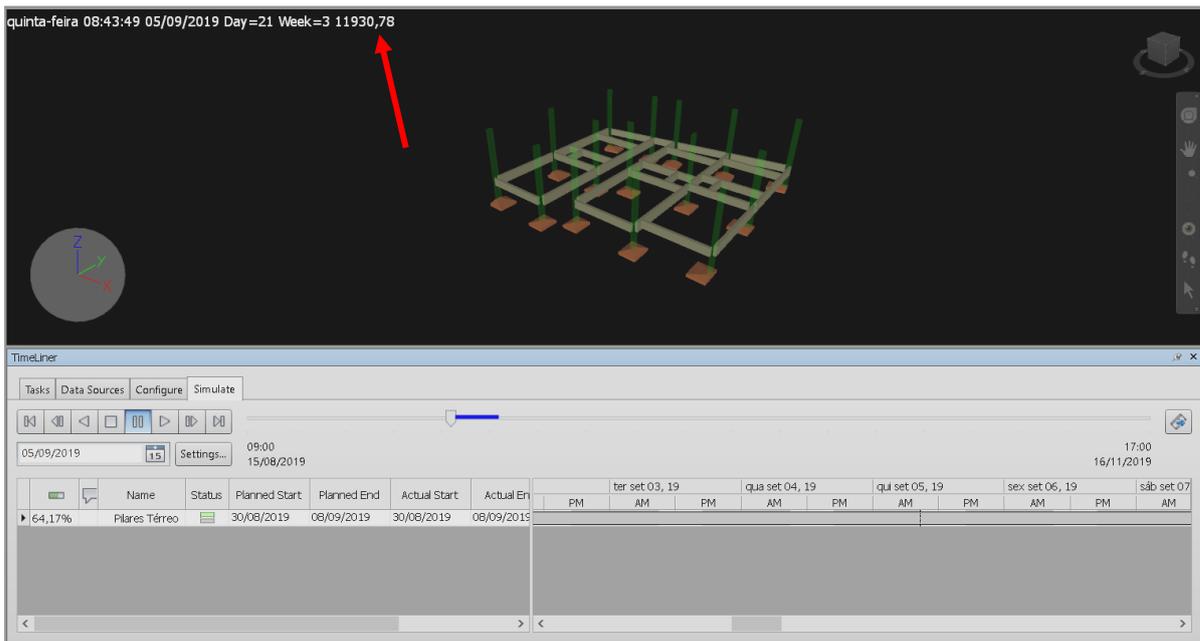
Figura 75 – Início da Simulação 5D.



Fonte: Autoria Própria

Na figura 76 realiza-se a demonstração da construção dos pilares no térreo, quinta-feira às 08:43 do dia 05/09/2019, 21º dia, 3ª semana, custo R\$11.930,78.

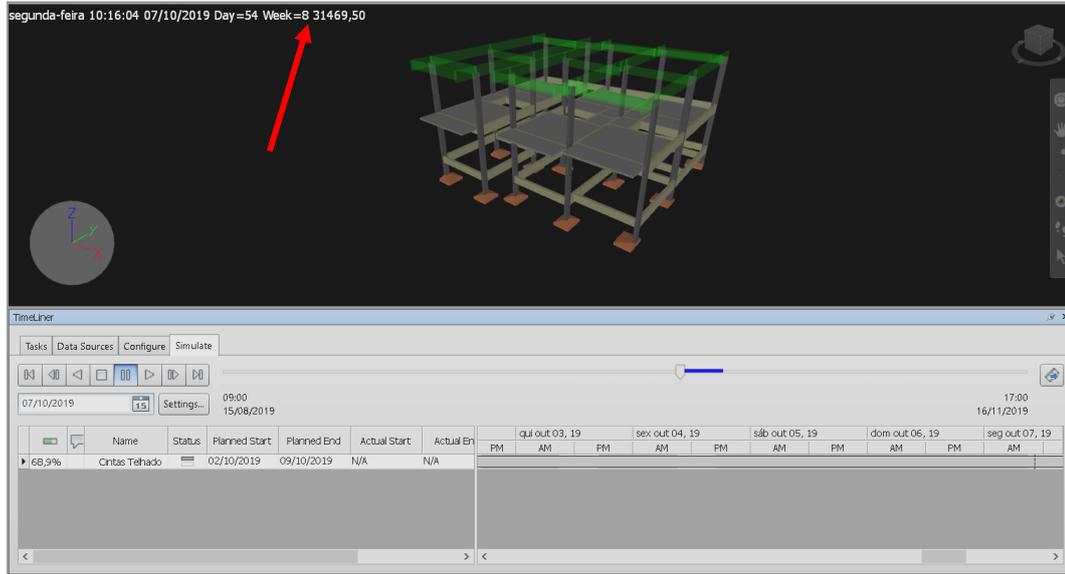
Figura 76 - Simulação 5D, dia 21.



Fonte: Autoria Própria

Na figura 77, demonstra-se a construção das cintas do nível telhado, na segunda-feira às 10:16hrs do dia 07/10/2019, 54º dia, na 8ª semana, custo R\$31.469,50.

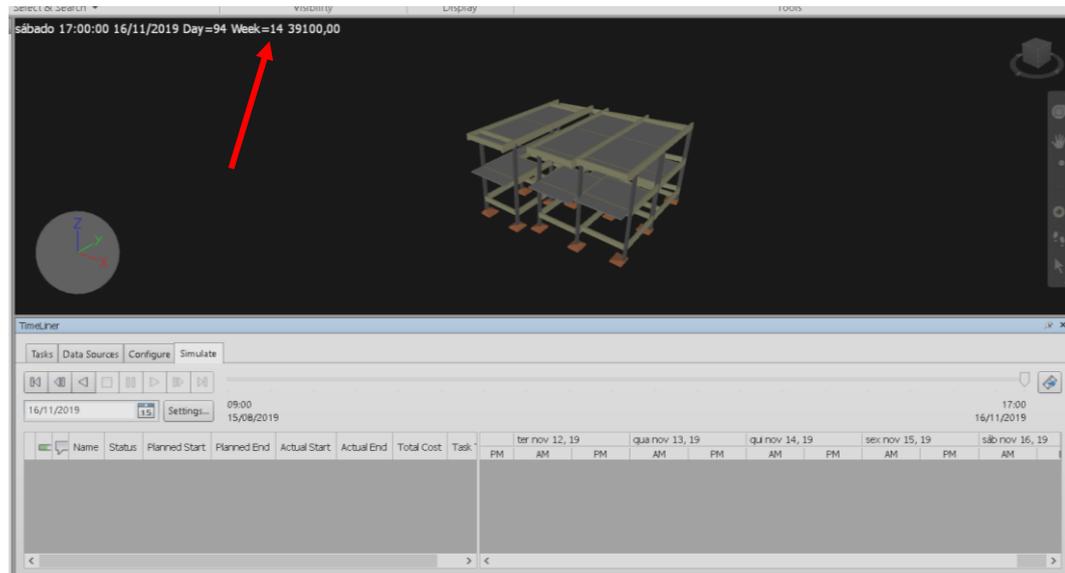
Figura 77 - Simulação 5D, dia 54.



Fonte: Autoria Própria

Por fim na figura 78 apresenta-se o término da simulação 5D da Estrutura das casas 1,2 e 3, encerrado no sábado às 17:00hrs do dia 16/11/2019, 94º dia, 14ª semana e custo final de R\$39.100,00.

Figura 78 – Término da simulação 5D.



Fonte: Autoria Própria

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que são diversas as vantagens dos empreendimentos que são feitos o planejamento completo da obra, entre eles a minimização de prejuízos financeiros, agilidade na execução, clareza na identificação das etapas, execução de serviços e até previsão e solução de possíveis falhas.

A inserção da Modelagem da Informação da Construção agrega ainda mais na execução e no planejamento da obra, tendo em vista que pode se prever o levantamento de materiais, identificar incompatibilidades e até mesmo fazer previsão de tempo da construção. A alteração automática realizada em uma vista e gerada simultaneamente em todas as outras vistas traz agilidade no desenvolvimento dos projetos.

Apesar das diversas vantagens que o BIM proporciona, há inúmeros desafios que causam resistências de implementação nos escritórios de engenharia e arquitetura, gerando um problema na interação entre escritórios para criação de distintos projetos de um mesmo empreendimento. O tempo para capacitar-se a desenvolver os projetos através dos *softwares* é um dos desafios encontrados, pois muitas vezes os prazos dos projetos são apertados, e aprender as diversas funções, além de levar em consideração a altura dos itens para a geração do modelo tridimensional, dificultam na agilidade da construção.

A criação de um *template* é uma forma de potencializar o desenvolvimento de projetos, pois com um modelo pré-formatado é possível obter tabelas e famílias de diversos componentes da construção, porém até que esse modelo esteja pronto, há necessidade de criar famílias ou localizar e transferir da internet, gerando muitas vezes um trabalho maior do que desenvolver o projeto com métodos tradicionais.

Apesar dos desafios encontrados, a utilização do BIM proporciona muito mais vantagens para a construção civil, permitindo que simulações virtuais se aproximem cada vez mais da realidade. A Modelagem da Informação da Construção é bastante difundida no mundo e cada vez mais utilizada no Brasil, proporcionando construções mais inteligentes, profissionais mais capacitados e clientes mais satisfeitos.

E para trabalhos futuros propõe-se fazer um estudo de caso de uma edificação, utilizando a modelagem da informação da construção para apresentar todo o planejamento com o quantitativo e custo do empreendimento.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Orlando José Maravilha de. Metodologia BIM: building information modeling na direcção técnica de obras. 2009. Tese de Doutorado.
- CAMPESTRINI, Tiago Francisco et al. Entendendo BIM. Curitiba, PR, 2015.
- CARDOSO, Andreia et al. BIM: O que é. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- COSTA, Eveline Nunes. Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. 2013.
- DO NASCIMENTO, Rafael Lucas. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- GOES, RHTB. Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM. São Paulo, v. 142, 2011.
- JUNIOR, Claudino Lins Nóbrega; MELHADO, Silvio Burrattino. Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 1, n. 8, p. 69-69, 2013.
- KOELLN, Friedrich Pfeifer. Tecnologia BIM na construção civil: composição de custo direto. 2015.
- LIMMER, Carl Vicente. Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras. Livros Tecnicos e Cientificos, 2018.
- LUKE, Washington Gutemberg et al. Uso de ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da Construção Civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2014.
- MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. Pini, 2010.
- MONTEIRO, Ana Caroline Nogueira et al. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPORTÂNCIA, MÉTODOS E FERRAMENTAS. Revista Campo do Saber, v. 3, n. 1, 2017.
- NASCIMENTO, José Marcos do. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. Revista OnLine IPOG, v. 11, 2013.
- PMI, I.; PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK). Project Management Institute Inc, 2017.

SILVA, Carolina do Prado. A plataforma BIM aplicada no planejamento de obras. 2017. 117 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

TASCA, Alessandro et al. ANÁLISE DO USO DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM CONSTRUTORAS DO MUNICÍPIO DE CHAPECÓ-SC. Anais de Arquitetura e Urbanismo/ISSN 2527-0893, v. 1, n. 1, p. 31-47, 2016.