

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**GUIA EXPLICATIVO DO USO DA MODELAGEM DA
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM 4D) NO
PLANEJAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO**

LUCILA SANTOS DE MOURA FÉ

ORIENTADOR: EVANGELOS DIMITRIOS CHRISTAKOU

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
CIVIL**

BRASÍLIA / DF: JULHO / 2019

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**GUIA EXPLICATIVO DO USO DA MODELAGEM DA
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM 4D) NO
PLANEJAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO**

LUCILA SANTOS DE MOURA FÉ

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**EVANGELOS DIMITRIOS CHRISTAKOU, DSC. (UnB)
(ORIENTADOR)**

**FÉLIX ALVES DA SILVA JÚNIOR, DSC. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**CLÁUDIA MARCIA COUTINHO GURJÃO, DSC. (Unb)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 10 de JULHO de 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

FÉ, LUCILA SANTOS DE MOURA

Guia Explicativo do Uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM 4D) no planejamento de uma edificação [Distrito Federal] 2019.

xiii, 118 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. BIM

2. Planejamento de obras

3. Modelagem 4D

4. Guia

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FÉ, L.S.M. (2019). Guia Explicativo do Uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM 4D) no Planejamento de uma Edificação. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Lucila Santos de Moura Fé

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Guia Explicativo do Uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM 4D) no Planejamento de uma Edificação

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a sua autorização por escrito.

Lucila Santos de Moura Fé

Rua Antônio Maria Coelho, 6443, Apt. 902, Carandá Bosque

79031-007 – Campo Grande/MS - Brasil

RESUMO

O *Building Information Modeling* (BIM) surge para revolucionar a construção civil garantindo ganhos de produtividade e eficiência. Atuante durante todo o ciclo de vida da edificação, ou seja, da concepção até a demolição, o BIM é um processo em que todos os projetos, sejam eles estrutural, arquitetônico, elétrico, hidráulico ou mecânico, estão conectados e integrados entre si, de modo a garantir melhor comunicação entre os colaboradores. Diante de uma crescente implantação na indústria da construção, há grande interesse por parte de estudantes, arquitetos e engenheiros em conhecer o processo e se capacitarem em um mercado de trabalho cada vez mais competitivo. Neste trabalho, buscou-se compreender como se dá a aplicação do BIM e criou-se um guia explicativo de como aplicar o processo BIM no planejamento de uma obra. A revisão bibliográfica trata de conceitos fundamentais para o entendimento do BIM, como parametrização, interoperabilidade e nível de desenvolvimento, além de abordar seus benefícios e desafios. O trabalho é focado no processo de planejamento de obras por meio da elaboração de um modelo BIM 4D, que constitui a junção do modelo 3D da edificação e o cronograma da obra. No trabalho realizou-se a modelagem em 3D de uma edificação no *software Revit*, da *Autodesk*, bem como o planejamento da obra no *software MS Project*, da *Microsoft* e a integração do modelo 3D com o cronograma da obra no *software Navisworks*, também da *Autodesk*. No decorrer do projeto, foram efetuadas várias capturas de tela, com imagens organizadas em diferentes pastas, para a elaboração da cartilha explicativa. Alguns desafios foram enfrentados, dentre eles está a modelagem dos sistemas de instalações prediais, que se mostrou muito trabalhoso e repetitivo. Outro desafio foi a tentativa de contemplar o máximo possível das ferramentas utilizadas no processo durante a elaboração da cartilha, visto que foram seguidos diversos passos para a realização da modelagem 3D, do planejamento e da união entre os dois. Com este trabalho expositivo das etapas da elaboração de um modelo 4D, espera-se poder contribuir para uma maior capacitação no BIM, visto que a falta de especialização no processo é uma das grandes dificuldades na sua implantação no mercado.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) emerges to revolutionize construction by ensuring productivity and efficiency gains. Active throughout the building's life cycle, from conception to demolition, BIM is a process in which all projects, whether structural, architectural, electrical, hydraulic or mechanical, are connected and integrated with each other, to ensure better communication between employees. Faced with a growing deployment in the construction industry, students, architects and engineers are interested in learning about the process and training in an increasingly competitive job market. In this project, we tried to understand how to apply BIM and created an explanatory guide on how to apply it in the process of planning an engineering project. The literature review deals with fundamental concepts for understanding BIM, such as parameterization, interoperability and level of development, as well as addressing its benefits and challenges. The work is focused on the construction planning process through the elaboration of a BIM 4D model, which is the junction of the building's 3D model and the construction schedule. In this work, the 3D modeling of a building in Autodesk Revit software was performed, as well as the planning of the work in MS Project software from Microsoft and the integration of the 3D model with the work schedule in Navisworks software, also from Autodesk. During the project, several screenshots were taken, with images organized in different folders, for the elaboration of the explanatory booklet. Some challenges were faced, including the modeling of building systems, which proved to be very laborious and repetitive. Another challenge was the attempt to contemplate as much as possible of the tools used in the process during the elaboration of the booklet, since several steps were followed to perform the 3D modeling, the planning and the union between the two. With this expository work of the stages of the elaboration of a 4D model, it is expected to be able to contribute to a greater capacity in BIM, since the lack of specialization in the process is one of the great difficulties of its implantation in the market.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	MOTIVAÇÃO.....	2
1.2	JUSTIFICATIVA.....	2
1.3	OBJETIVOS.....	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	BUILDING INFORMATION MODELING.....	3
2.1.1	Parametrização.....	5
2.1.2	Biblioteca de componentes.....	6
2.1.3	Interoperabilidade.....	7
2.1.4	<i>Big BIM x little BIM</i>	10
2.1.5	Benefícios e Desafios do BIM.....	11
2.2	NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO (ND).....	15
2.3	PLANEJAMENTO DA OBRA - MODELAGEM 4D.....	19
2.1.6	Representação de um modelo 4D.....	20
2.1.7	Softwares Disponíveis no Mercado.....	21
2.1.8	Roteiro do Planejamento.....	26
2.1.8.1	Identificação das Atividades.....	27
2.1.8.2	Definição das Durações.....	27
2.1.8.3	Definição das Precedências.....	28
2.1.8.4	Montagem do Diagrama de Rede.....	28
2.1.8.5	Identificação do Caminho Crítico.....	30
2.1.8.6	Geração do Cronograma.....	31
3	METODOLOGIA	31
4	ANÁLISES E DISCUSSÕES	33
2.4	MODELAGEM 3D.....	34
2.5	PLANEJAMENTO.....	42
2.6	DETECÇÃO DE INTERFERÊNCIAS E MODELAGEM 4D.....	45
5	GUIA EXPLICATIVO	48
2.7	MODELO 3D NO REVIT.....	48
5.1.1	Conhecendo o Programa.....	48
5.1.1.1	Inicialização.....	48
5.1.1.2	Partes da Interface do Usuário.....	49

5.1.1.3	Guia VISTA	53
5.1.1.4	Guia INSERIR	56
5.1.1.5	Guia GERENCIAR	57
5.1.1.6	Guia MODIFICAR	60
5.1.2	Modelagem Arquitetônica.....	61
5.1.2.1	Níveis e Cortes	61
5.1.2.2	Paredes	63
5.1.2.3	Portas e Janelas	65
5.1.2.4	Pisos	66
5.1.2.5	Forro.....	68
5.1.2.6	Telhado	68
5.1.2.7	Painel Ambiente e Área	71
5.1.2.8	Anotação	73
5.1.2.9	Modo Ray Trace	74
5.1.3	Modelagem Estrutural	74
5.1.3.1	Vinculando o Modelo Arquitetônico ao Estrutural.....	74
5.1.3.2	Eixos de Locação (Grids).....	75
5.1.3.3	Pilares, Vigas e Lajes	76
5.1.3.4	Fundação	77
5.1.3.5	Armação.....	78
5.1.3.6	Modelo Analítico	79
5.1.4	Modelagem das Instalações Prediais.....	80
5.1.4.1	Projeto Hidrossanitário	80
5.1.4.2	Projeto Elétrico	83
5.1.5	Extração de Quantitativos	87
2.8	PLANEJAMENTO DA OBRA – MS PROJECT	90
5.1.6	Estrutura Analítica do Projeto	92
5.1.7	Definição das Durações.....	92
5.1.8	Definição das Predecessoras	93
5.1.9	Caminho Crítico e Diagrama de Rede.....	93
5.1.10	Geração do Cronograma.....	95
2.9	NAVISWORKS.....	95
5.1.11	Anexando o Modelo 3D ao Navisworks	95
5.1.12	Ferramenta de Detecção de Interferências	96

5.1.13 Ferramenta Time Liner - Simulação da Obra.....	98
6 CONCLUSÃO	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
APÊNDICE A – LISTAS DE QUANTITATIVOS	108
APÊNDICE B – CRONOGRAMA DA OBRA.....	115
APÊNDICE C – MODELO 4D	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1 - Níveis de desenvolvimento e usos do BIM	17
Quadro 2-2 - Programas BIM disponíveis no mercado.....	21
Quadro 4-1 - Trecho do Quadro de Duração e Recursos das Atividades	44
Quadro 5-1 - Descrição das Partes da Interface do Usuário	50
Quadro 5-2 - Descrição das Ferramentas da Barra de Controle de Vista	52
Quadro 5-3 - Atalhos do Teclado no Revit	54
Quadro A-1 - Lista de Acessórios Hidrossanitários.....	108
Quadro A-2 - Lista de Equipamentos e Peças Hidrossanitárias.....	108
Quadro A-3 - Lista das Conexões Hidrossanitárias	109
Quadro A-4 - Lista de Tubos Rígidos Hidrossanitários.....	110
Quadro A-5 - Lista de Componentes Elétricos e Eletrodutos	110
Quadro A-6 - Lista de Pilares Estruturais	111
Quadro A-7 - Quantidade de Laje Estrutural	112
Quadro A-8 - Quantidade de Vigas.....	112
Quadro A-9 - Quantidade de Portas	113
Quadro A-10 - Quantidade de Janelas.....	113
Quadro A-11 - Quantidade de Piso	113
Quadro A-12 - Quantidade de Telhado	114
Quadro A-13 - Quantidade de Parede por Montagem.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 - BIM no Ciclo de Vida de um Edifício	4
Figura 2-2 - Diversas Fontes e Formatos de Informação em um mesmo Modelo BIM	7
Figura 2-3 - Os três Conceitos da Tecnologia da BuildingSMART	8
Figura 2-4 - Esquema do Fluxo de Informações em um Processo de Trabalho Considerando-se o IFC como Viabilizador da Interoperabilidade das Informações	10
Figura 2-5 - Detecção de Interferências Baseados em BIM com o Software Navisworks	13
Figura 2-6 - Foto do Walt Disney Concert Hall.....	14

Figura 2-7 - Nível de Desenvolvimento de um Elemento Cadeira	16
Figura 2-8 - Interface do Revit.....	23
Figura 2-9 - Interface do MS Project	24
Figura 2-10 - Comparação entre Softwares Navisworks	25
Figura 2-11 - Simulação e Animação do Modelo no Software Navisworks Manage.....	26
Figura 2-12 - Exemplo de Diagrama de Rede pelo Método das Flechas	29
Figura 2-13 - Exemplo de Cronograma em Gráfico de Gantt.....	31
Figura 4-1 - Perspectiva da Fachada Frontal da Edificação.....	35
Figura 4-2 - Perspectiva da Fachada Posterior da Edificação	36
Figura 4-3 - Planta do Pavimento Térreo	37
Figura 4-4 - Planta do Pavimento Superior.....	37
Figura 4-5 - Telhamento com Transparência Possibilitando a Visualização dos Elementos Estruturais do Telhado	37
Figura 4-6 - Elementos Estruturais do Projeto Incluindo Armação	38
Figura 4-7 - Perspectiva Frontal das Instalações Hidrossanitárias.....	40
Figura 4-8 - Perspectiva Posterior das Instalações Hidrossanitárias	40
Figura 4-9 - Perspectiva Completa das Instalações Elétricas.....	41
Figura 4-10 - Integração dos Modelos Estrutural Hidráulico e Elétrico	41
Figura 4-11 - Estrutura Analítica do Projeto	43
Figura 4-12 - Interferência entre Forro e Viga.....	47
Figura 4-13 - Interferência Entre Tubo Sanitário e Bloco de Fundação	47
Figura 4-14 - Interferência Entre Eletroduto e Viga	48
Figura 5-1 - Tela Inicial do Revit.....	49
Figura 5-2 - Janela “Novo Projeto”.....	49
Figura 5-3 - Partes da Interface do Usuário	50
Figura 5-4 – Comandos da Barra de Controle de Vistas.....	52
Figura 5-5 - Atalhos de Teclado.....	54
Figura 5-6 - Diversas Janelas Representadas Lado a Lado	55
Figura 5-7 - Hierarquia dos Elementos no Revit.....	57
Figura 5-8 - Unidades de Projeto	57
Figura 5-9 - Informações do Projeto	58
Figura 5-10 - Navegador de Materiais	59
Figura 5-11 - Navegador de Recursos.....	59
Figura 5-12 - Ferramentas da Guia Modificar	60

Figura 5-13 - Níveis do Projeto.....	62
Figura 5-14 - Vistas e Cortes no Navegador de Projeto.....	62
Figura 5-15 - Painel Desenhar na Guia Modificar/Colocar Parede	63
Figura 5-16 - Propriedades de Tipo.....	64
Figura 5-17 - Edição da Montagem de Paredes	64
Figura 5-18 - Edição da Montagem de Paredes em Áreas Molhadas	65
Figura 5-19 - Edição de Portas e Janelas.....	66
Figura 5-20 - Criação do Croqui do Piso	66
Figura 5-21 - Aplicando Deslocamento ao Piso Acabado na Paleta de Propriedades	67
Figura 5-22 - Botão Anexar Parede ao Topo/Base	67
Figura 5-23 - Inserindo Rodapés.....	68
Figura 5-24 - Colocar Forro	68
Figura 5-25 - Croqui do Telhado.....	69
Figura 5-26 - Comando Telhado: Calha.....	70
Figura 5-27 - Adicionando Transparência ao Telhamento na Janela “Gráficos de Categoria Específicos da Vista	71
Figura 5-28 - Inserindo um Ambiente.....	71
Figura 5-29 Deslocamento do Limite do Ambiente.....	72
Figura 5-30 - Identificador de Ambientes no Corte	72
Figura 5-31 - Identificar Todos os Não Identificados	73
Figura 5-32 - Ativando Modo Ray Trace.....	74
Figura 5-33 - Colaborar com Vínculo do Revit	75
Figura 5-34 - Copiando Níveis de um Modelo Vinculado.....	75
Figura 5-35 - Eixos do Projeto	76
Figura 5-36 - Croqui da Construção dos Limites da Lajes em Trecho do Pavimento Superior	77
Figura 5-37 - Fundação, Vigas, Pilares e Lajes no Modelo	77
Figura 5-38 - Navegador de Formatos de Vergalhão.....	78
Figura 5-39 - Guia Modificar/Colocar Vergalhão.....	79
Figura 5-40 - Ferramentas para Criação de um Plano de Trabalho	79
Figura 5-41 - Modelo Físico versus Modelo Analítico.....	80
Figura 5-42 - Localização das Entradas de Água Fria e Quente e Saídas de Esgoto de um Elemento Lavatório	81
Figura 5-43 - Ícone de Adição de Direção de um Elemento Joelho	82

Figura 5-44 - Inserindo Inclinação nas Tubulações	82
Figura 5-45 - Inserindo Interruptores	84
Figura 5-46 - Trecho do Pavimento Térreo Exemplificando Alguns Elementos do Projeto Elétrico	86
Figura 5-47 - Janela Nova Tabela	87
Figura 5-48 - Propriedades da Tabela – Campos	88
Figura 5-49 - Propriedades da tabela - Classificar/Agrupar.....	88
Figura 5-50 - Tabela de Parede Exemplificada.....	89
Figura 5-51 - Exportando Tabela	89
Figura 5-52 - Janela de Edição do Período Útil	90
Figura 5-53 - Informações sobre o Projeto.....	91
Figura 5-54 - Editando Escala de Tempo.....	91
Figura 5-55 - Janela de Edição da Escala do Tempo	91
Figura 5-56 - Realçando as Tarefas Críticas	93
Figura 5-57 - Exemplo de Trecho do Cronograma com Caminho Crítico Realçado em Vermelho	93
Figura 5-58 - Selecionando Diagrama de Rede	94
Figura 5-59 - Exemplo de Trecho do Diagrama de Rede	94
Figura 5-60 - Exportando Modelo do Revit para o Navisworks	95
Figura 5-61 - Configurando Exportação do Modelo.....	96
Figura 5-62 - Diversos formatos de Arquivos Suportados pelo Navisworks.....	96
Figura 5-63 - Abas do Clash Detective	97
Figura 5-64 - Testes do Clash Detective	97
Figura 5-65 - Selection Tree (Ávore de Seleção).....	98
Figura 5-66 - Aba Tarefas da Time Lines com o Planejamento já inserido.....	99
Figura 5-67 - Anexando o Planejamento do MS Project ao Navisworks.....	100
Figura 5-68 - Anexando Elementos às Tarefas	101
Figura 5-69 - Comandos da Time Liner na Tela.....	101
Figura 5-70 - Janela de Exportação da Animação.....	103
Figura C-1 - Execução da Infraestrutura	117
Figura C-2 - Execução da Superestrutura	117
Figura C-3 - Execução das Estruturas do Telhado (Alvenaria de vedação finalizada).....	118
Figura C-4 - Execução dos Revestimentos das Paredes Finalizado.....	118
Figura C-5 - Desmontagem do Canteiro e Limpeza Final (Pintura finalizada)	118

LISTA DE SÍMBOLOS

BIM – *Building Information Modeling*

BIM 4D – Quarta dimensão do BIM (planejamento)

CAD – *Computer Aided Design*

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

4D – Quatro dimensões

5D – Cinco dimensões

6D – Seis dimensões

7D – Sete dimensões

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

CE-BIM – Comitê estratégico de implementação do *Building Information Modeling*

IAI – *International Alliance for Interoperability*

.PNL – Formato de arquivo do *software ArchiCad*

.RVT – Formato de arquivo do *software Revit*

IFC - *Industry Foundation Classes*

IFD - *International Framework for Dictionaries*

IDM - *Information Delivery Manual*

MVD - *Model View Definition*

LOD - *Level of Development*

ND – Nível de Desenvolvimento

AIA - *American Institute of Architects*

Revit MEP - *Mechanical, Electrical, and Plumbing*

EAP – Estrutura Analítica do Projeto

Tc - Tempo mais cedo de um evento

Tt - Tempo mais tarde de um evento

TUG – Tomada de uso geral

RFA – Formato de arquivo do *Revit* para famílias de elementos

RTE – Formato de arquivo do *Revit* para *templates*

1 INTRODUÇÃO

A chegada do BIM (*Building Information Modeling*) prometeu revolucionar o cenário da construção civil e aumentar a produtividade do projeto. Todos os seus benefícios são reconhecidos pela comunidade e a sua implantação vem sendo ocorrida de forma cada vez mais rápida.

Até os anos 80, o projeto executivo de um empreendimento era realizado de forma manual. Com o avanço da tecnologia, nessa mesma década, a construção civil passou a utilizar novas ferramentas de execução de projeto, passando-se a utilizar o *CAD (Computer Aided Design)*, onde se faziam desenhos no computador em 2D. Embora os avanços tenham sido significativos, havia incompatibilidades nos projetos, que eram identificados somente no momento da execução da obra, causando retrabalho e baixa produtividade. Com o advento de novos processos de trabalho, como o *Building Information Modeling (BIM)*, que diz respeito a modelagem da informação da construção, ocorreu um avanço significativo no processo de planejamento e execução, pois se tornou possível visualizar claramente os erros que antes não eram visíveis na fase de projeto.

De acordo com Santos (2012), a modelagem da informação da construção (BIM) “(...) é o processo de produção, uso e atualização de um modelo de informações da edificação durante todo o seu ciclo de vida”. Nesse modelo é possível introduzir informações sobre todas as disciplinas de um empreendimento. Todas essas informações em conjunto levam a melhorias na produtividade e na comunicação entre os profissionais. Com o BIM, é possível identificar falhas entre os projetos já nas fases preliminares, como por exemplo, identificar se há interferência espacial entre um tubo de água e uma viga ou pilar. Dessa forma, o BIM “unifica e integra” (SANTOS, 2012) as disciplinas do empreendimento, sejam elas estruturais, hidrossanitárias ou arquitetônicas. Por meio desse processo é feita uma maquete virtual da obra no computador antes de ser construído no terreno.

O BIM não se limita apenas ao desenho tridimensional dos objetos da edificação, muito menos a apenas as fases de projeto. De acordo com Neil Calvert (2013) no processo BIM existem 7 dimensões, que englobam todo o ciclo de vida da edificação. O 3D é a representação gráfica espacial do modelo que contém informações parametrizadas e pode ser facilmente visualizado em perspectiva. Na quarta dimensão, a variável tempo é inserida ao modelo, sendo

possível fazer o planejamento da obra e organizar a disposição do canteiro de obras para cada etapa da construção. A quinta dimensão está relacionada às análises de custo e os quantitativos dos materiais. O 6D é a dimensão em que se faz análises de eficiência energética, confere o uso de energia e analisa se a edificação está dentro dos padrões de conformidade LEED. Por fim, a sétima dimensão é o “*as-built*”, ou “como construído”, e diz respeito a gestão e operação das instalações, ou seja, a análise do funcionamento e manutenção da edificação.

Em se falando de *softwares* suportados pelo BIM, o *Revit* é um dos programas mais utilizados na aplicação do processo. Começar a projetar em *Revit* é reconhecidamente mais vantajoso do que trabalhar em *AutoCad*, uma vez que esse último foi concebido para ser projetado em 2D, com as linhas simbolizando os objetos do projeto (tais como paredes, janelas, etc). No CAD, ao se projetar um edifício, torna-se necessário o desenho da planta, cortes e vistas. No *Revit* já se projeta inicialmente em 3D, sendo possível criar as vistas e cortes automaticamente, diminuindo o esforço requerido utilizando o *AutoCad*. Além disso, nos programas aplicados a BIM, é possível entrar com informações de materiais e quantidades e extrair informações relevantes para a tomada de decisões antecipada, já nas fases preliminares do empreendimento.

1.1 MOTIVAÇÃO

Este trabalho motiva-se na necessidade de implantação do BIM e no anseio de se capacitar e conhecer as ferramentas que dão suporte ao processo. Diante de uma grande crise econômica enfrentada pelo país recentemente, há a necessidade de se otimizar os processos para reduzir custos. Além disso, o conhecimento do processo BIM traz novas oportunidades em um mercado de trabalho competitivo, de modo que o claro entendimento das tecnologias aplicadas ao BIM passou a ser essencial a todos que irão trabalhar na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Para tanto, se faz importante compreender na prática como o BIM funciona e como utilizá-lo, principalmente no processo de planejamento de uma obra.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com o atual cenário em que o BIM se encontra no Brasil e no mundo, esse trabalho se justifica, primeiro, na importância da constante atualização pessoal às novas

tecnologias na construção civil, sendo imprescindível um bom conhecimento do que é o processo BIM e como ele traz avanços na forma de projetar edifícios.

Por outro lado, este trabalho se justifica no interesse em auxiliar as pessoas que irão trabalhar com BIM, especialmente na parte de planejamento e orçamentação de obras, a utilizar as ferramentas que dão suporte a esse processo, visto que várias iniciativas estão sendo feitas para impulsionar o uso do BIM no país.

1.3 OBJETIVOS

O objeto desse estudo é elaborar um guia explicativo de como o BIM pode ser utilizado no planejamento de uma construção civil por meio de um modelo 4D.

Os objetivos específicos são:

- Aprender como utilizar os programas *Revit*, *MS Project* e *Navisworks*.
- Elaborar um modelo 4D em BIM a partir de um projeto existente.
- Avaliar como se dá aplicação do BIM no planejamento de obras na construção civil.
- Elaborar uma cartilha explicativa de como utilizar o método aplicado nesse estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING

No Brasil, o termo BIM passou a ser conhecido oficialmente como modelagem da informação da construção. Relativamente recente, seu conceito vem carregado de potencial para transformar a construção civil, trazendo um novo olhar para o processo de projeto de uma obra. Com o surgimento do BIM – *Building Information Modeling*, a informação passou a ser fundamental no planejamento e na execução de uma obra.

Segundo Santos (2012) o BIM significa uma mudança de paradigma na medida em que a edificação deixa de ser concebida e representada abstratamente por símbolos com o CAD em

duas dimensões. Nele, os componentes são modelados em 3D e contém semântica, ou seja, o computador relaciona os objetos a outros objetos.

Um modelo de construção feito com base no processo BIM contém numerosas informações sobre seus diferentes aspectos, e não somente a geometria da construção. A modelagem da construção é feita baseada em informações, sendo que a informação, representada pela letra “i” do BIM, é a palavra que melhor descreve o processo. Potencialmente, esse modelo em BIM abrange todas as disciplinas envolvidas num empreendimento, servindo a diferentes propósitos, passando por estudos de viabilidade, simulações, visualização, orçamentação, planejamento, controle, representação e registro até a manutenção, reforma e eventual demolição do edifício. (SANTOS, 2012)

Dessa forma, o BIM abrange informações que envolvem todo o ciclo de vida de uma edificação, o que inclui todas as etapas do projeto, da construção e da operação do edifício. A Figura 2-1 ilustra o BIM no ciclo de vida de um edifício.



Figura 2-1 - BIM no Ciclo de Vida de um Edifício
Fonte: Ferreira, 2015

Segundo Eastman (2014), a definição do que constitui o BIM está sujeita a variações e confusões. Para auxiliar no entendimento, o autor traz algumas definições de soluções de modelagens que não utilizam a tecnologia BIM:

-Modelos que só contém dados 3D, sem atributos de objetos. Esses modelos são bons apenas para visualizações gráficas, sem dar suporte à integração de outras informações aos objetos.

-Modelos sem suporte para comportamento. Esses modelos não utilizam inteligência paramétrica, portanto causam muito trabalho para ajustar as dimensões e posicionamento de um elemento quando outro elemento interligado é modificado.

-Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos 2D que devem ser combinados para definir a construção. É impossível garantir que o modelo 3D resultante de vários arquivos 2D será factível e consistente.

-Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas. Modelos assim permitem a ocorrência de erros muito difíceis de detectar. É como substituir uma fórmula por uma entrada manual em uma planilha eletrônica. Além disso, causa retrabalho, uma vez que uma modificação feita em uma vista deverá ser feita manualmente também nas outras vistas. (EASTMAN, 2014)

2.1.1 Parametrização

De acordo com Eastman (2014), a modelagem paramétrica baseada em objetos foi desenvolvida originalmente nos anos 1980, a qual representa os objetos por parâmetros e regras que determinam sua geometria. A parametrização permite que os objetos se atualizem automaticamente de acordo com o controle do usuário ou mudanças de contexto, uma vez que esses objetos estão atrelados a um parâmetro, e não a uma propriedade fixa da geometria do elemento.

Os modelos paramétricos transformam um simples desenho geométrico em um objeto que carrega informações. Famílias de objetos paramétricos são definidas usando parâmetros que envolvem distâncias, ângulos e regras como “ligado a”, “paralelo a”, “abaixo de”, e condições “se-então”. (EASTMAN, 2014)

De acordo com Santos (2012), os sistemas BIM podem ainda utilizar a modelagem paramétrica variacional. Com esse recurso, é possível atribuir-se não só valores fixos aos parâmetros, como também equações. Pode-se estabelecer relações como “a largura dessa janela deverá ser sempre igual ao dobro de sua altura”, ou fazer com que a área envidraçada de uma janela seja proporcional ao tamanho da sala, ou o número e altura dos degraus de uma escada sejam alterados automaticamente em função do desnível do pé-direito do ambiente em que está inserida. Essa capacidade variacional dos elementos no sistema BIM é o que garante a inteligência dos componentes, tornando-os capazes de se ajustar automaticamente a mudanças no modelo.

2.1.2 Biblioteca de componentes

Essa inteligência atrelada aos objetos devido aos recursos de parametrização geométrica permite a criação de biblioteca de componentes. A modelagem se torna muito mais fácil e rápida com a existência de biblioteca de componentes. Tais bibliotecas, especializadas para cada tipo de elemento, trazem componentes como paredes, lajes, telhados, portas janelas ou louças sanitárias de modelo e fabricantes bem determinados. (SANTOS, 2012)

Outros conceitos relacionados a modelagem são as classes e a instanciação. Instanciar significa inserir no modelo um objeto criado a partir de uma classe. Classes são como *templates* ou modelos de objetos para a criação de novos objetos do mesmo tipo. Aqueles objetos que apresentam o mesmo comportamento pertencem à mesma classe. (SANTOS, 2012). A biblioteca de componentes possui objetos prontos de mesma classe, que podem ser inseridos no modelo sem a necessidade de modelar o objeto.

Santos (2012) exemplifica o caso da modelagem de projetos hidrossanitários, que consiste quase que totalmente na instanciação objetos como tubos e conexões disponíveis em bibliotecas de componentes. Ele usa o termo “anatomia” de um componente BIM para diferenciar esses objetos daqueles encontrados em *softwares* CAD 3D convencional, que não possuem tal parametrização e precisam ser modelados de um a um.

2.1.3 Interoperabilidade

O BIM trata da modelagem de uma edificação durante todo o seu ciclo de vida. É necessário que o modelo resultante seja usado por especialistas em diferentes disciplinas durante toda sua existência, assim, os vários profissionais ligados a estas disciplinas deverão ser capazes de criar, acessar e modificar o modelo BIM, através dos diversos aplicativos ligados ao seu trabalho. (SANTOS, 2012)

Santos (2012) conceitua interoperabilidade como sendo a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem informações e usá-las em seguida. Nesse cenário, diferentes softwares que suportam o conceito BIM deverão ser capazes de trocar dados. Essa necessidade se dá devido a impossibilidade de uma única aplicação suportar sozinha todas as tarefas associadas ao projeto e à produção de uma construção. A Figura 2-2 ilustra diversas fontes e formatos que podem ser usados em um mesmo modelo BIM através da interoperabilidade entre os *softwares*.

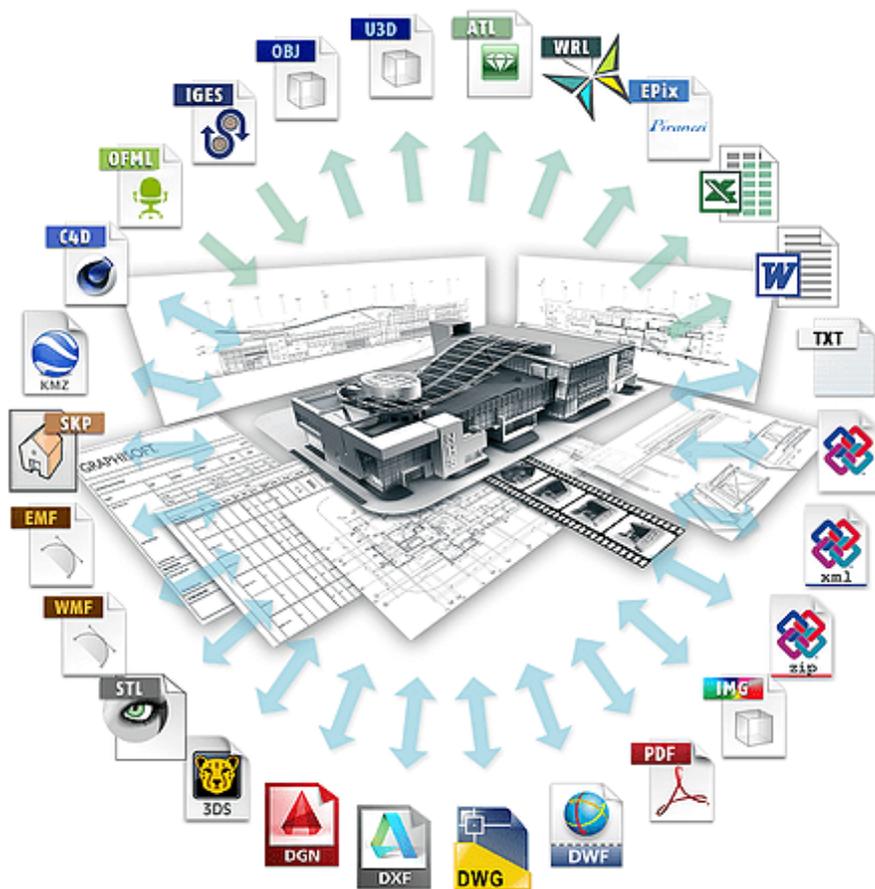


Figura 2-2 - Diversas Fontes e Formatos de Informação em um mesmo Modelo BIM
Fonte: <https://www.buildin.com.br/guia-completo-sobre-tecnologia-bim/>

A falta de interoperabilidade traz retrabalho devido a necessidade de duplicação de tarefas quando se deseja trocar informações do modelo entre os especialistas. Isso eventualmente cria impactos negativos no prazo e custo do empreendimento, além de comprometer a qualidade das informações do modelo.

De acordo com Santos (2012), para garantir a interoperabilidade e consequentemente o conceito da Modelagem da Informação da Construção, é essencial a existência de padrões de troca de informações.

A organização sem fins lucrativos chamada *buildingSMART International*, antes conhecida como IAI – *International Alliance for Interoperability*, desenvolve a tecnologia que integra aplicações através de padrões de troca de informações. A Figura 2-3 mostra os três conceitos principais da tecnologia da buildingSMART.

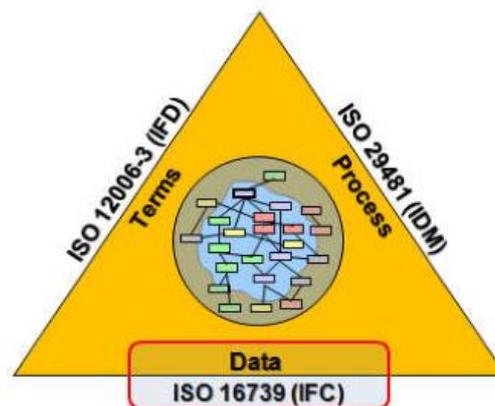


Figura 2-3 - Os três Conceitos da Tecnologia da BuildingSMART
Fonte: <http://www.buildingsmart-tech.org/>

IFC

O principal padrão utilizado para a comunicação no âmbito do BIM é o IFC, sigla para *Industry Foundation Classes*. Santos (2012) diz que, em essência, o IFC é um conjunto de classes de objetos que permite o desenvolvimento de uma linguagem comum para a construção.

O IFC permite a troca de informações entre as diversas aplicações BIM, inclusive de fabricantes diferentes de *softwares*. Ele vem justamente para solucionar o problema da interação entre formatos de arquivos diferentes. Um modelo arquitetônico feito no *ArchiCAD* que produz um arquivo com extensão *.pnl* pode ser exportado em IFC e depois importado para outro software que suporta outro formato de arquivo. Assim, o modelo arquitetônico pode ser consultado por um engenheiro estrutural que utilize outro *software*, como o *Revit* por exemplo,

através da importação em IFC do modelo arquitetônico originalmente em formato PNL para o formato RVT do *Revit*.

Porém o IFC não se limita à troca de informações em somente um caminho ou direção. No exemplo anterior, o engenheiro estrutural que recebeu as informações do projeto arquitetônico poderá fazer as alterações necessárias no modelo e reenviá-las ao arquiteto, utilizando seu *software* de interesse. As modificações feitas no *Revit* pelo engenheiro serão reimportadas para o formato IFC depois exportadas para o formato de arquivo de interesse do arquiteto, tendo assim uma integração fundamental entre os diversos *softwares* e especialistas, sem perdas de informação e de qualidade. A possibilidade de troca de informações oferecida pelo IFC na ida e na volta é o que permite a colaboração entre os diversos especialistas responsáveis pelo projeto.

A *buildingSMART* define o IFC como um esquema de dados em “formato não proprietário”. De acordo com Santos (2012), ele é um conjunto abstrato de regras que definem os elementos, com seus tipos e atributos e os relacionamentos que podem ser criados entre eles na construção de um modelo.

O uso do IFC é disponível a qualquer interessado, sem precisar pagar royalties para usar o padrão num software, e todo software adaptado ao BIM deve ser capaz de exportar corretamente em formato IFC. A *buildingSMART* certifica os softwares capazes de importar e exportar em IFC.

Existe a possibilidade de que ao exportar em IFC algumas informações sejam perdidas se a exportação não for corretamente configurada. Esse é um ponto que exigirá atenção do profissional para garantir que informações não sejam perdidas, e se forem, recuperá-las através da correta configuração da exportação para IFC ou no modelo em si.

IFD e IDM

No âmbito dos padrões de troca de informações, o *International Framework for Dictionaries* (IFD) é um dicionário de dados que define qual informação do edifício será trocada e compartilhada. No triângulo de conceitos da *buildingSMART*, mostrada na Figura 2-3, o IFD se relaciona aos termos. O IDM (*Information Delivery Manual*) ou MVD (*Model View Definition*) por outro lado, está relacionado aos processos no triângulo, e é um manual de

informação que trata das definições dos processos de troca, especificando quantas e quais informações serão trocadas ou compartilhadas. (MANZIONE, 2013).

Não será aprofundada a pesquisa sobre os padrões de troca de informação neste trabalho. Aqui, para o estudo do BIM, basta-se compreender o conceito por trás da interoperabilidade, do IFC e de como sua tarefa é gigantesca nos processos de trabalho em BIM. Isso se justifica pois, “(...) embora o estudo dos padrões de troca de informações seja bem documentado para desenvolvedores de software, existem lacunas de conhecimento para o usuário normal da AEC que necessita trabalhar com ele.” (KHEMLANI, 2004 *apud* MANZIONE, 2013)

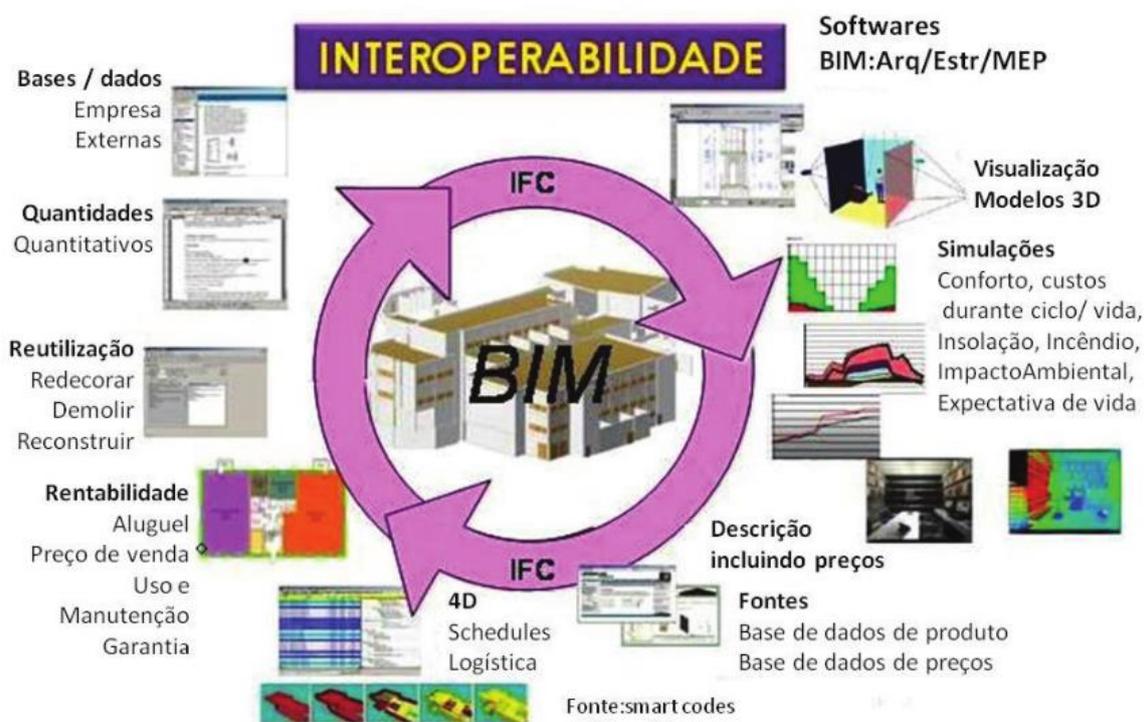


Figura 2-4 - Esquema do Fluxo de Informações em um Processo de Trabalho Considerando-se o IFC como Viabilizador da Interoperabilidade das Informações
Fonte: ADDOR et al, 2010

2.1.4 *Big BIM x little BIM*

Santos (2012) cita o livro “BIG BIM x little BIM” de Finith Jernigan em que o autor popularizou duas expressões para designar o BIM aplicado amplamente, em todo o ciclo de vida da construção (big BIM), e o BIM aplicado pontualmente, dentro de um escritório de

projetos ou construtora, de forma isolada (*little BIM*). Por exemplo, um escritório de arquitetura que se utilize do BIM terá benefícios na medida em que desenvolve seu trabalho em 3D e gera documentação de forma semi-automatizada. Ganhará em agilidade e qualidade, além fornecer uma melhor apresentação do projeto para o cliente. Porém, o uso do BIM se restringirá a apenas à arquitetura, uma vez que a extração de quantitativos para orçamentação será limitada a esta disciplina, não incluindo itens da área de estruturas ou instalações, por exemplo. O modelo produzido no escritório de arquitetura não terá utilidade no planejamento e monitoramento da construção, pois não terá nenhuma informação sobre cronograma ou canteiro de obras. Não se poderá fazer a detecção de interferências se apenas uma disciplina estiver modelada. O mesmo não acontece no *big BIM*. Nesse, todas as disciplinas do projeto estarão integradas e o processo da modelagem da informação da construção é aplicado em todo o escopo da obra, englobando todas as disciplinas do empreendimento.

É claro que o fato de se usar o BIM em uma única disciplina não irá prejudicar o projeto como um todo. Porém, deve ser entendido que os benefícios do BIM não estarão sendo completamente aproveitados, e que ele tem potencial para melhorar o processo como um todo, em qualquer área de trabalho da construção, do início até a demolição da edificação. Assim, deve-se almejar obter todos os benefícios que o BIM nos fornece, aplicando-o de forma ampla e em todo o ciclo de vida (*Big BIM*), ao invés de em apenas uma especialidade (*little BIM*).

2.1.5 Benefícios e Desafios do BIM

Os benefícios do BIM são enormes e melhoram o trabalho de diversos participantes do empreendimento, como arquitetos, projetistas, incorporadores, construtores e gerentes de *facilities*. Desde a concepção até a demolição do edifício, o BIM ajuda a facilitar o serviço de todos os envolvidos, trazendo informações mais confiáveis e assertivas. Porém, existem desafios para uma larga adoção dessa tecnologia. Deve-se perceber que a mera compra de um *software* não trará todos os benefícios. É necessário um bom planejamento da implementação do BIM no empreendimento, além da sua efetiva implantação e uso, para que se possa assim obter os benefícios que ele propicia. (SANTOS, 2012)

O BIM permite uma melhor análise do cronograma da obra através da criação de um modelo 4D, que basicamente se constitui de uma mescla do modelo tridimensional e o planejamento da construção. O BIM 4D ajuda a identificar melhor os suprimentos disponíveis

e o desenvolvimento dos serviços na obra, contribuindo para a gestão do canteiro de obras. As restrições, as oportunidades e os conflitos temporais são mais facilmente visualizados, o que permite o aprimoramento do cronograma. (CARMONA; CARVALHO, 2017)

O BIM não se delimita somente a fase de planejamento ou execução do projeto. Seu escopo é muito maior, indo até depois da obra finalizada, na operação e manutenção do edifício. Por exemplo, o modelo pode ser consultado por equipes de bombeiros para conhecer rapidamente a edificação e poder agir da melhor forma possível em uma emergência. (SANTOS, 2012). Qualquer tipo de operação no edifício será facilitada se ele for modelado com a tecnologia BIM, como no caso de alguma manutenção elétrica, hidrossanitária ou de ar condicionado. Essa forma de projetar colocando informações no modelo ajuda o trabalho de diversos profissionais em todo o ciclo de vida do empreendimento.

Para o arquiteto e o cliente, o BIM contribui de diversas maneiras, dentre elas na comunicação de ideias. A correta visualização e entendimento das soluções projetivas propostas pelo arquiteto é possível de forma mais eficaz com o BIM. O cliente irá compreender melhor o projeto e a ideia concebida pelo arquiteto, uma vez que irá visualizar um modelo 3D interativo (SANTOS, 2012). Os modelos produzidos em CAD 2D trazem uma representação mais abstrata e suscetível a erros de compreensão. Sem a correta captação de ideias por parte do cliente, é possível que haja retrabalhos posteriores.

Outro benefício clássico do BIM está na redução de erros de projeto usando a detecção de conflitos. No modelo tradicional, a detecção de interferências é feita de forma manual por meio da sobreposição de desenhos de pranchas numa mesa de luz. A utilização de ferramentas de CAD 2D para sobrepor camadas e identificar visualmente os conflitos entre os objetos também se tornou uma metodologia ultrapassada com o advento do BIM. Mesmo a detecção de interferências baseadas em modelos de geometria 3D retorna grande número de interferências sem sentido, uma vez que, se essas geometrias 3D não forem sólidas, as ferramentas de detecção de conflitos não podem detectar interferências entre objetos no interior de outros objetos. Em contraste, com o BIM, a detecção de interferências geométricas, como mostrada na figura 5, é combinada com análises baseadas em regras e semânticas, permitindo uma identificação de conflitos de forma estruturada e seletiva entre sistemas específicos, com a checagem de conflitos entre os sistemas mecânicos e estrutural por exemplo, uma vez que cada elemento é atrelado a uma disciplina específica. Um sistema de detecção de interferências baseado em BIM também pode utilizar essa classificação de componentes e buscar no modelo

condições em que a distância ou folga entre os componentes mecânicos e o contrapiso é menor que 2 pés, por exemplo. (EASTMAN, 2014)

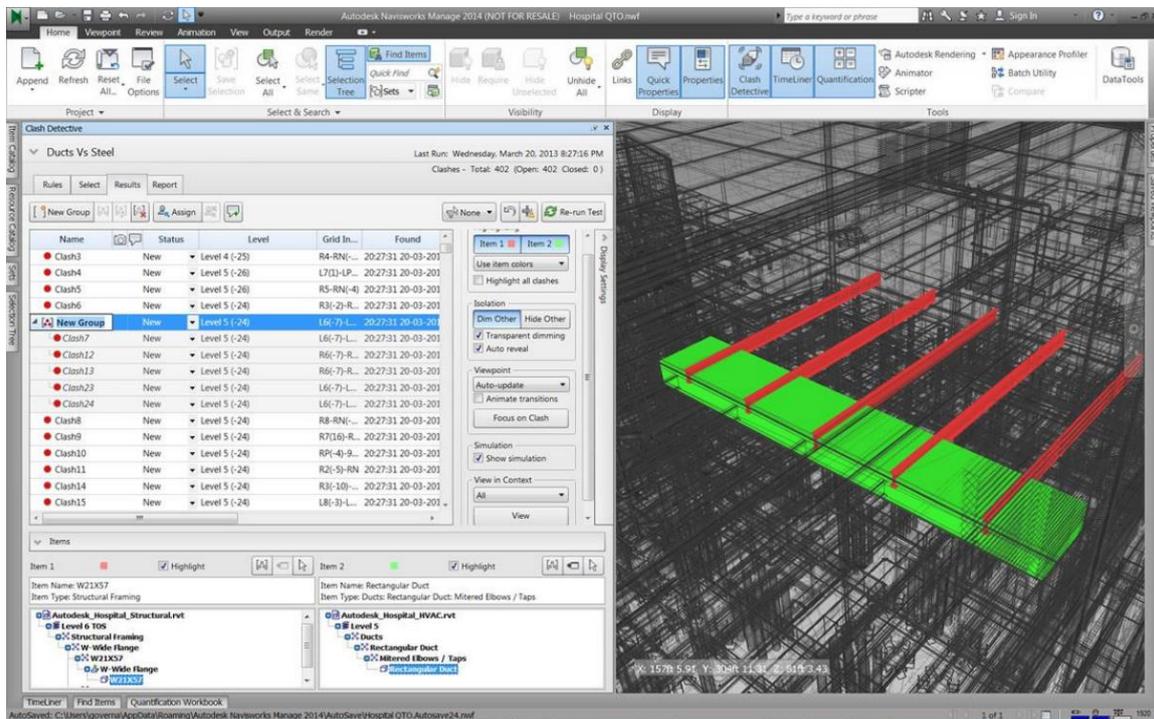


Figura 2-5 - Detecção de Interferências Baseados em BIM com o *Software Navisworks*
Fonte: Autodesk, 2016

As ferramentas BIM também trazem benefícios ao processo de orçamentação de uma construção. Elas fornecem recursos para a extração rápida de quantidades de componentes, áreas e volumes de espaços, quantidades de materiais, e reportam esses valores em várias tabelas. (EASTMAN, 2014). Esses quantitativos são mais precisos e confiáveis do que os do método tradicional, sendo mais adequados para a produção de estimativas de custos. A extração de quantitativos com as ferramentas BIM diminuem os trabalhos manuais de cálculo de áreas e volumes do processo tradicional.

Já em 2001, Haymaker e Fischer fizeram um estudo de aplicação do BIM na complexa construção do *Walt Concert Disney Hall*, ilustrada na Figura 2-6. Muitas das situações descritas no artigo ainda são pertinentes para os dias de hoje. Os autores destacaram alguns pontos positivos, como:

(a) análise do cronograma: com o BIM, as restrições, as oportunidades e os conflitos temporais são mais facilmente visualizados, permitindo o aprimoramento do cronograma;

(b) sinergia da equipe: segundo os autores, não era raro que os subempreiteiros continuassem a discutir soluções para problemas e melhores maneiras de se executar determinada atividade, mesmo após o término das reuniões. Em um setor cada vez mais especializado e fragmentado, a criação de um espírito de equipe contribui para a garantia de prazo, segurança e qualidade do empreendimento.



Figura 2-6 - Foto do Walt Disney Concert Hall
Fonte: Haymaker; Fischer, 2001

O *Walt Disney Concert Hall*, localizado em Los Angeles, foi projetado pelo arquiteto Frank Gehry e abriga a orquestra Filarmônica de Los Angeles. A construção é complexa não só pela sua arquitetura, mas também pela sua estrutura e acústica.

Apesar de todos os benefícios do BIM, segundo Santos (2012) ainda há alguns desafios a se vencer para a sua adoção mais rápida e ampla no Brasil. Entre eles, está a escassez de mão de obra capacitada, falta de bibliotecas de componentes nacionais e a falta de compreensão de conceitos. A falta de bibliotecas de componentes é um dos maiores gargalos. Quando o projetista necessita de um elemento que não está disponível nas bibliotecas fornecidas, ele terá que contratar a criação do objeto a terceiros, ou ele mesmo terá de desenvolver o componente, com informações do catálogo do fabricante.

De acordo com Rekola, Kojima e Mäkeläinen *apud* Carmona e Carvalho (2017) muitas das dificuldades da aplicação do BIM está no fato das pessoas manterem os processos antigos, apesar de usarem tecnologias novas. Grove *apud* Carmona e Carvalho (2017) identificou

evidências de que o ganho de produtividade oriundo de novas tecnologias, principalmente naquelas colaborativas, só é percebido após mudanças nos processos. Dessa forma, prova-se que as mudanças trazidas pelo BIM não se limitam a melhorias nos *softwares* e tecnologias, e que seu conceito vai muito mais além do que uma simples aplicação de *software*. (CARMONA; CARVALHO, 2017)

Segundo a pesquisa realizada por Carmona e Carvalho (2017), com base nas otimistas expectativas dos usuários entrevistados, o BIM tem um futuro promissor. Porém, o estudo identificou que a utilização do BIM no Distrito Federal ainda é pequena e superficial. As dificuldades de implantação são complexas e envolvem capacitação de pessoas, o que normalmente é lento e dispendioso. Além disso, é capaz que muitas construtoras não se beneficiem de muitos dos possíveis resultados positivos decorrentes do BIM devido a utilização superficial da tecnologia e a exigência de manutenção do modo de trabalho. A falta de percepção dos resultados do BIM pode fazer com que algumas construtoras posterguem, a cada ano, a utilização da tecnologia. (CARMONA; CARVALHO, 2017)

2.2 NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO (ND)

Conhecido internacionalmente como *Level of Development*, de sigla LOD, o termo é traduzido para Nível de desenvolvimento (ND), e corresponde a um importante conceito dentro do escopo do BIM.

De acordo com Manzione (2013), o conceito de nível de desenvolvimento foi desenvolvido pelo *American Institute of Architects* (AIA) em 2008 e foi incorporado a um documento conhecido como *BIM Protocol Exhibit* (2008) que formaliza o processo de desenvolvimento e usos do BIM. Esse conceito foi elaborado com objetivo de nortear o processo de desenvolvimento do projeto e a evolução do detalhamento das informações de forma coordenada. Para isso, ao começar um projeto utilizando o BIM, é necessário identificar o objetivo principal do modelo para definir o nível de desenvolvimento com o qual os elementos serão modelados, a fim de uniformizar e garantir um mesmo ponto de vista dos diversos profissionais em relação aos elementos.

Os níveis de desenvolvimento são uma maneira clara de identificar em que etapa o processo de desenho se encontra no projeto, fazendo isso na forma de uma escala que informa

até que ponto se tem desenvolvido um elemento no modelo BIM, nos permitindo utilizar uma linguagem única entre todos os colaboradores.

De acordo com o documento E202 proposto pela *Exhibit* (2008), o nível de desenvolvimento descreve o grau de completude para o qual um elemento do modelo é desenvolvido. Ele é representado em uma escala que varia em cinco graus, sendo 100, 200, 300, 400 e 500, com nível de detalhamento ocorrendo progressivamente ao longo do projeto. Essa escala foi feita em intervalos de 100 unidades prevendo a possibilidade da criação de níveis intermediários. Os níveis de desenvolvimento foram classificados da seguinte forma (MANZIONE, 2013):

- Nível 100 – Fase conceitual
- Nível 200 – Geometria aproximada
- Nível 300 – Geometria precisa
- Nível 400 – Execução/fabricação
- Nível 500 – Obra concluída

Cada nível de desenvolvimento subsequente é baseado no nível anterior e inclui todas as características dos níveis anteriores. O nível 100 diz respeito aos estudos de massa conceituais com dimensões, áreas, volumes, locação e orientação apenas indicativos. O nível 200 é uma visão geral do edifício e de seus sistemas com dimensões, forma, locação, orientação e quantidades aproximadas, podendo ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase. O nível 300 é uma versão mais precisa e detalhada dos componentes e sistemas do edifício. No nível 400, o modelo é apresentado com maior precisão que no nível 300, considerando a fabricação e montagem. No nível 500, o modelo é detalhado com o mesmo nível de precisão da etapa anterior, mas é atualizado a partir das modificações ocorridas em obra, de forma a retratar o edifício exatamente como foi construído. (MANZIONE, 2013) A Figura 2-7 ilustra e exemplifica, com um elemento cadeira, como se dão alguns dos níveis de desenvolvimento.

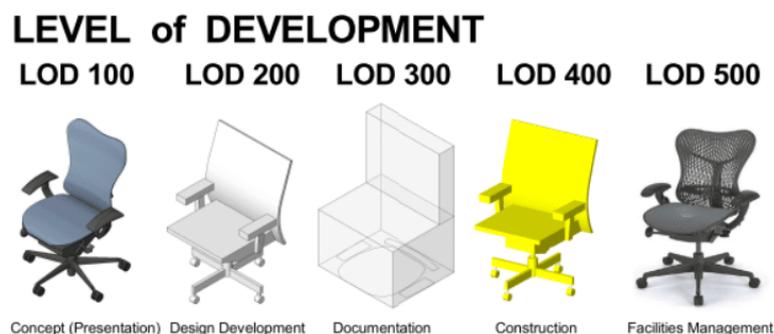


Figura 2-7 - Nível de Desenvolvimento de um Elemento Cadeira

Fonte: Adaptada de <https://www.buildin.com.br/guia-completo-sobre-tecnologia-bim/>

De acordo com Ferreira (2015), é comum confundir nível de detalhe e nível de desenvolvimento, mas há diferenças importantes entre os dois. O nível de detalhe, segundo ele, prende-se ao detalhe da representação visual do elemento no modelo, enquanto o nível de desenvolvimento relaciona-se com o grau de informações que os elementos apresentam ao longo do processo construtivo. Em outras palavras, o nível de detalhe pode ser entendido como um “*input*” ao elemento e o nível de desenvolvimento um “*output*” confiável. (FERREIRA, 2015)

A seguir são mostradas as diretrizes produzidas pelo AIA para os diversos níveis de desenvolvimento em virtude de alguns usos do BIM, como planejamento, custos, cumprimento de programa, etc. Manzione (2013) relaciona-os em um quadro:

Quadro 2-1 - Níveis de desenvolvimento e usos do BIM

Níveis de desenvolvimento – Especificação e Usos do BIM					
Níveis >	100	200	300	400	500
Conteúdo do modelo	Conceitual	Geometria aproximada	Geometria precisa	Execução - Fabricação	As-buit
Projeto e Coordenação	Estudos de massa, volumes, zonas, modelados em 3 dimensões ou representados por outros dados	Os elementos são modelados de forma genérica e aproximada de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados com o objetivo de montagem, de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização contendo o detalhamento completo de fabricação e montagem. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados conforme construídos com informações precisas e exatas das dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.

Fonte: Adaptado de Manzione (2014)

Usos Recomendados					
Níveis >	100	200	300	400	500
Planejamento	Duração global da obra Macro-planejamento Fases e maiores elementos	Escala de tempo, apresentação ordenada dos elementos principais	Apresentação ordenada pelo tempo das atividades principais e de conjuntos detalhadas	Fabricação e detalhes de montagem, incluindo meios e métodos de construção (gruas, elevadores, escoramentos, etc)	
Estimativa de custos	Custos estimados. Exemplo: R\$/m ² de área de construção, R\$/leitos hospitalares, R\$/quarto de hotel	Custo estimado baseado em dimensões de elementos genéricos como paredes, lajes, etc.	Custos baseados em dimensões precisas e especificações completas e detalhadas	Preços confirmados em propostas de fornecedores	Custos realizados
Cumprimento de programa de necessidades	Áreas brutas dos diversos setores	Requisitos específicos de cada um dos ambientes	Casos específicos, instalações e conexões		
Materiais sustentáveis	Estratégias para atendimento dos requisitos LEED	Quantidades aproximadas de materiais organizados pelas categorias LEED	Quantidades precisas de materiais com a porcentagem de materiais reciclados	Seleção dos fornecedores específicos	Documentação das compras e especificações
Análises e simulações de iluminação, uso de energia, fluxos de ar	Estratégia e critérios de desempenho baseado em áreas e volumes	Projeto conceitual baseado na geometria aproximada e em pré-definições de sistemas	Simulação aproximada baseada em sistemas projetados	Simulação precisa baseada nas especificações do fabricante e em detalhes dos componentes dos sistemas	Comissionamento e registro dos resultados obtidos
Outros usos que podem ser desenvolvidos					
Circulação, rotas de fuga, acessibilidade					
Atendimento de requisitos de normas					

Fonte: Adaptado de Manzione (2014)

2.3 PLANEJAMENTO DA OBRA - MODELAGEM 4D

A modelagem 4D consiste na sincronização de um planejamento ao modelo em 3D. Nessa modelagem, a dimensão tempo é adicionada junto ao desenho da construção, sendo possível uma visualização simulada do andamento da obra. De acordo com Andrade *et al* (2012), é possível simular a sequência construtiva e visualizar de forma mais eficiente o desenvolvimento da obra ao longo do tempo quando ela é modelada em 4D. Também é possível detectar falhas de projeto ou planejamento e identificar “(...) restrições e oportunidades da programação para melhorias do planejamento com re-sequenciamento das atividades ou da relocação do espaço de trabalho.” (ANDRADE *et al*, 2012)

A modelagem 4D permite a visualização passo a passo de como estaria a obra em determinado ponto no tempo, podendo verificar se o cronograma planejado está coerente e comparar graficamente o previsto com o realizado. Pode-se também planejar os trabalhos de cada equipe, antecipando a disponibilidade do espaço de trabalho, sem interferências com outros serviços, instalações temporárias ou equipamentos. (SANTOS, 2012)

Eastman (2014) enumera alguns benefícios de um modelo 4D:

- Comunicação ágil e descomplicada entre os agentes envolvidos no projeto, uma vez que o modelo 4D fornece uma relação temporal e espacial entre as atividades a serem desenvolvidas;
- Utilização do modelo para avaliar o impacto da obra na vizinhança em setores com o tráfego;
- Simples extração de informações para a montagem do layout do canteiro de obras;
- Facilidade em se planejar onde, quando e como serão realizadas carga e descarga de materiais e equipamentos;
- Comparação realizada de forma simples e relativamente rápida entre diferentes soluções para o planejamento e visualização clara do progresso da obra, de forma a fornecer um diagnóstico claro e rápido.

Não basta que o projeto tenha sido desenvolvido na plataforma BIM. É essencial que o gestor da obra seja capaz de manipular o modelo e o cronograma, de forma que ele possa retroalimentar o sistema à medida que etapas sejam concluídas, realizando assim o controle da obra.

2.1.6 Representação de um modelo 4D

Os métodos tradicionais não permitem uma representação da integração entre o modelo da edificação e o que foi planejado. A representação do planejamento exige uma certa imaginação de quem está interpretando o projeto, uma vez que não fornece uma relação espacial e temporal entre as diferentes atividades que compõem o processo de construção. O cliente não pode visualizar de forma clara e precisa o que está sendo executado em comparação com o que foi planejado.

De acordo com Brito (2015), a dificuldade em visualizar corretamente o planejamento da obra no espaço é um dos maiores entraves enfrentados pela indústria da construção. Os cronogramas geram interpretação abstrata para os usuários devido ao grande número de atividades e precedências. Enquanto as interações com modelos 3D são amplamente discutidas em pesquisas, poucas delas exploram os modelos 4D avaliando estratégias para representação e análise dessa modelagem. (BRITO, 2015)

A modelagem 4D surge para suprir a necessidade de uma representação concreta do que está sendo planejado, pois integra o modelo 3D com o cronograma da obra. O processo produz ilustrações da edificação em qualquer tempo da obra, além de permitir a produção de vídeos do andamento da construção.

BRITO (2015) realizou uma pesquisa que avalia estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D segundo a visão da indústria da construção civil brasileira, em que foram realizados questionários respondidos por profissionais do setor para avaliação das potencialidades e estratégias da utilização do modelo. O questionário abordou estratégias para a representação através da diferenciação de cores das atividades, simulação dos cronogramas Planejado e Realizado com visualização em dela dividida e avaliação sobre a adoção dos modelos 4D. Os resultados da pesquisa indicam que a integração e comunicação entre os envolvidos no projeto e a redução do esforço na visualização e interpretação mental do planejamento estão entre os maiores potenciais da utilização dos modelos BIM 4D, demonstrando seu poder de integração e visualização. (BRITO, 2015)

Dessa forma, o CAD 4D requer que um modelo 3D da edificação seja conectado ao cronograma do empreendimento que, por sua vez, fornece as datas iniciais e finais para cada objeto, incluindo as flutuações (Eastman, 2014). Existem softwares no mercado que auxiliam o projetista no processo de criação de um modelo 4D.

2.1.7 Softwares Disponíveis no Mercado

O Quadro 2-2 apresenta alguns programas disponíveis no mercado que dão suporte à tecnologia BIM. O quadro foi elaborado a partir de informações disponibilizadas pelos fabricantes e por análises segundo Eastman (2014).

Quadro 2-2 - Programas BIM disponíveis no mercado

Empresa	Produto	Comentários
Autodesk	Revit	O Revit é uma família de produtos integrados que inclui entre outros <i>softwares</i> o Revit Architecture, Revit Structure e Revit MEP. É o mais conhecido e atual líder de mercado para projetos 3D.
Graphisoft	ArchiCAD	O ArchiCAD é a mais antiga ferramenta BIM disponível no mercado. A Graphisoft começou a comercializar o ArchiCAD no início dos anos 80. Foi desenhado por arquitetos, e ao longo dos anos tornou-se gradualmente mais refinado, proporcionando aos seus usuários melhor foco no projeto, gerenciamento, avaliação de alternativas de projeto, colaboração e coordenação.
Tekla	Tekla	A Tekla possui múltiplas divisões: edificações, construções, infraestrutura e energia. Os modelos criados com o software Tekla carregam informações precisas, confiáveis e detalhadas que são necessárias para implementação do BIM e na execução da construção.
Gehry Technologies	Digital Project	Um produto adicionável ao Digital Project, o Construction Planning na Coordination, permite a usuários conectar componentes 3D a atividades do Primavera ou do MS Project com seus respectivos dados associados e gerar uma análise de simulação 4D. Objetos relacionados à construção precisam ser adicionados (e removidos quando apropriado) ao modelo do Digital Project. Alterações no cronograma do Primavera ou do MS Project são propagados para o modelo do Digital Project conectado a eles.
Bentley	ProjectWise Navigator V8i	Esta é uma aplicação independente que oferece uma série de serviços para: Importar múltiplos arquivos de projeto 2D e 3D a partir de muitas fontes (DWG, DGN, DWF, etc.) Revisar desenhos 2D e modelos 3D simultaneamente Seguir conexões entre arquivos de dados e componentes Revisar interferências (conflitos), e Visualizar e analisar simulações de cronogramas

Innovaya	Visual Simulation	Conecta quaisquer dados de projeto 3D existentes em DWG com as tarefas do cronograma tanto do MS Project como do Primavera e mostra empreendimentos em 4D. Gera simulação do processo construtivo. Sincroniza alterações feitas tanto no cronograma quanto nos objetos 3D. Usa código de cores para detectar problemas potenciais no cronograma, como objetos atribuídos a duas atividades simultâneas ou não atribuídos a qualquer atividade.
Autodesk	Navisworks Manage	Permite a integração e compatibilização de projetos com a ferramenta de detecção de interferências e a simulação 4D da construção através da associação do projeto ao cronograma da obra.
Synchro	Synchro Professional Pi	Esta é uma ferramenta nova e poderosa de 4D com a capacidade de executar cronogramas mais sofisticada que qualquer outro <i>software</i> 4D. A ferramenta requer conhecimento mais profundo de cronogramas, planejamento e controle da obra do que as outras ferramentas. Inclui opções como visualização de riscos e aceita objetos do modelo de construção e atividades do cronograma de uma série de fontes. Estes objetos são então conectados às atividades por meio uma interface visual e manuseados por um ou múltiplos computadores.
VICO Software	Virtual Construction	Este <i>software</i> fornece modelos 5D, constituído por planejamento, orçamento, controle da obra e um apresentador 5D. O modelo 3D pode ser importado de outra ferramenta BIM ou desenvolvido no próprio <i>software</i> . Aos objetos são <i>designadas</i> receitas que definem as tarefas e os recursos necessários para sua fabricação. Quantidades e custos são calculados, a sequência de atividades é definida e então o modelo 4D pode ser visualizado. O cronograma pode ser importado do <i>MS Project</i> e do Primavera. Fonte: SILVA, 2015

Fonte: Pereira (2016)

Eastman (2014) faz algumas considerações para a escolha dos softwares para desenvolvimento do modelo BIM 4D. Entre elas ele cita a capacidade de importação das geometrias do modelo e do cronograma, a capacidade da ferramenta 4D de atualizar as partes do modelo e reorganizar os dados, a capacidade de adicionar componentes temporários como andaimes e guias ao modelo, o suporte a identificação de conflitos de tempo-espço, a capacidade de simular o comportamento dos elementos temporários através de animação (filmes) de partes predefinidas ou de toda a obra, etc.

Revit

O *software Revit* é uma das plataformas mais conhecidas e utilizadas mundialmente que usa a tecnologia BIM. É desenvolvido pela *Autodesk* e inclui recursos para projeto de arquitetura, engenharia de sistemas hidráulicos, elétricos e mecânicos, e engenharia estrutural.

De acordo com Eastman (2014), O *Revit* é uma família de produtos integrados que inclui o *Revit Architecture*, o *Revit Structure* e *Revit MEP* (instalações). O *Revit Architecture* é o mais conhecido e atual líder de mercado para o uso do BIM em projetos de arquitetura. Concorre diretamente com o *ArchiCAD*, da *Graphisoft*, que também é uma ferramenta BIM muito utilizada na arquitetura.

Eastman (2014) aponta alguns pontos fortes e fracos do *Revit*. Dentre os pontos fortes, destacam-se a facilidade de aprender a utilizar as ferramentas devido a uma interface bem projetada. Nos Estados Unidos, o *Revit* possui um grande conjunto de bibliotecas de objetos desenvolvidas por terceiros, além de ser o programa com suporte a BIM mais utilizado. Dentre os pontos fracos destaca-se a lentidão para projetos maiores que cerca de 220 megabytes e limitações nas regras paramétricas que lidam com ângulos. O *Revit* também não lida muito bem com superfícies curvas complexas. (Eastman 2014)

De acordo com Eastman (2014), o *Revit* é a única ferramenta BIM com algumas capacidades 4D embutidas. Inclui parâmetros que permitem a usuários atribuir uma “fase” a um objeto e então usar as propriedades de visualização do *software*. Não é possível realizar vídeos do modelo 4D, mas o usuário pode conectar o modelo à aplicativos de planejamento como o *MS Project*.

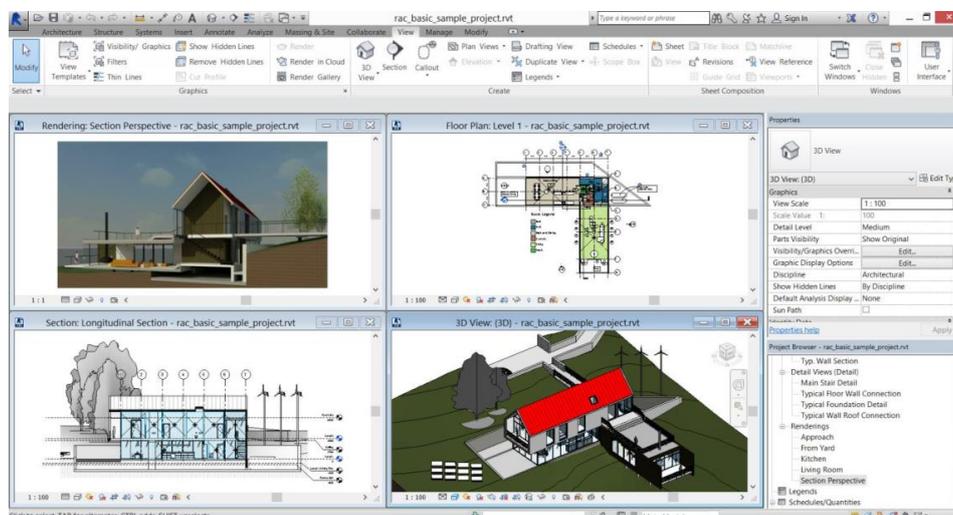


Figura 2-8 - Interface do Revit. Fonte: Autodesk, 2018

MS Project

O *MS Project* ou *Microsoft Project* é um *software* de gerenciamento de projetos desenvolvido pela *Microsoft*. O programa auxilia no controle e planejamento de atividades em todos os âmbitos. É o *software* de maior aceitação mundial para gerenciamento de projetos por sua facilidade de utilização e versatilidade de aplicação.

O *MS Project* popularizou-se pela sua versatilidade de adequação a diferentes circunstâncias. A ferramenta pode ajudar no planejamento, execução e controle de uma série de atividades que se relacionam, como a organizar um a pintura de uma casa, ou a construção de uma casa na árvore, por exemplo.

A correta utilização do *Project* é fundamental para o planejamento e execução de projetos, dando ao gestor total controle sobre seus projetos. Através de sua aplicação, gestores podem administrar recursos, avaliar orçamentos, programar atividades, criar cronogramas, controlar prazos, medir desempenho, analisar oportunidades e avaliar riscos.

O projeto não pode ser executado sem que haja dependências entre as atividades. A ideia do *software* é de ligar uma tarefa a outra para que ela só seja iniciada com sua antecessora já concluída, para que assim possam ser realizadas dentro do prazo.

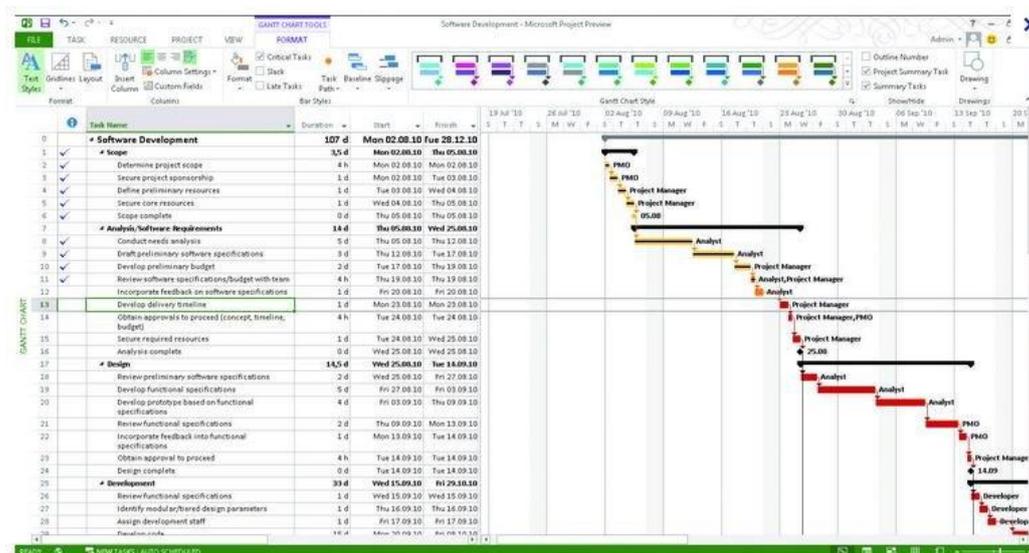


Figura 2-9 - Interface do MS Project

Navisworks

O *Navisworks* é um pacote de softwares de revisão de projetos da *Autodesk* para os profissionais da indústria AEC. Uma das vantagens do programa é capacidade de reconhecer vários formatos de arquivos existentes no mercado. É composto por três *softwares*, que são o *Navisworks Manage*, *Navisworks Simulate* e *Navisworks Freedom*.

O *Navisworks Manage* é o *software* mais abrangente de revisão e análise de projetos da *Autodesk*. Permite a integração e compatibilização de projetos com a ferramenta de detecção de interferências e a simulação 4D da construção através da associação do projeto ao cronograma da obra. O *Navisworks Manage* permite a criação de vídeo do desenvolvimento da obra ao longo do tempo. As ferramentas de detecção de interferências e de simulação do andamento da obra auxiliam os profissionais da indústria AEC a evitar problemas antes da construção da obra.

Já o *Navisworks Simulate* fornece ferramentas de simulação 4D e demonstração da intenção de projeto, porém não possui a ferramenta de detecção de colisões e interferências entre os projetos. O *Navisworks Freedom* é o visualizador gratuito de arquivos 3D. Permite basicamente a visualização do projeto por todos os envolvidos.

	Autodesk® Navisworks® Manage	Autodesk® Navisworks® Simulate	Autodesk® Navisworks® Freedom
Navegação e visualização 3D em tempo real	●	●	●
Colaboração de todas as informações do projeto	●	●	●
Agregação de arquivos e dados 3D	●	●	
Navegação em tempo real	●	●	
Conjunto de ferramentas de revisão	●	●	
Publicação de arquivos NWD e 3D DWF	●	●	
Criação de agendamentos 4D	●	●	
Capacidades de animação de objetos	●	●	
Visualização fotorealística	●	●	
Detecção e gestão de colisões e interferências	●		

Figura 2-10 - Comparação entre *Softwares Navisworks*. Fonte:
<http://www.mapdata.com.br/produtos/autodesk/navisworks/>

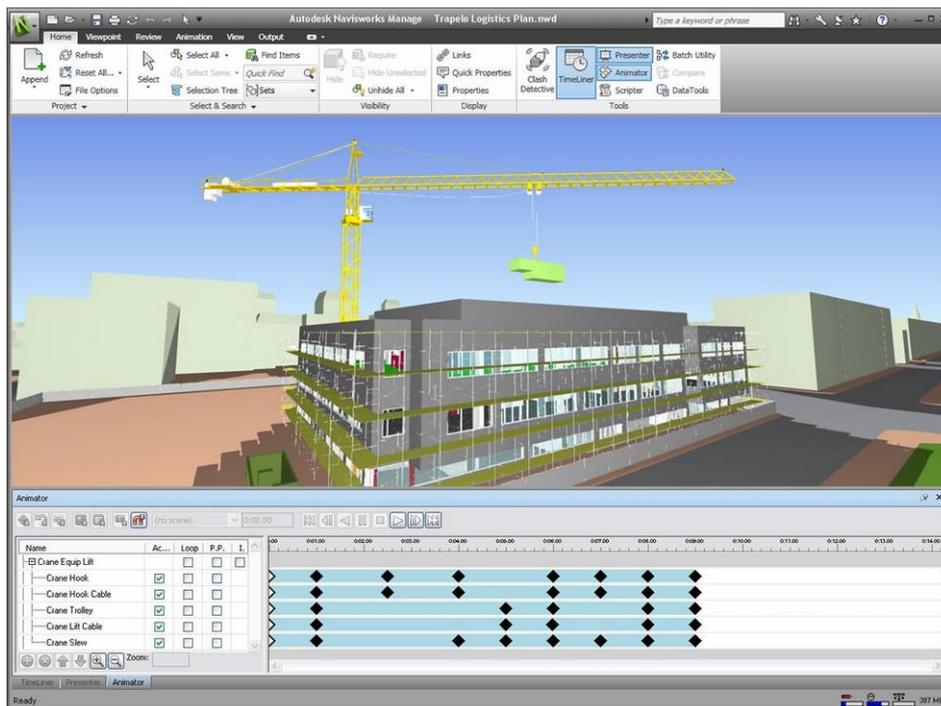


Figura 2-11 - Simulação e Animação do Modelo no *Software Navisworks Manage*
 Fonte: Autodesk, 2018

2.1.8 Roteiro do Planejamento

Uma das maiores causas da baixa produtividade do setor da construção civil está nas deficiências no planejamento e controle de obras. Ao planejar uma obra, o gestor adquire alto grau de conhecimento do empreendimento, lhe permitindo ser mais eficiente na condução dos trabalhos. (MATTOS, 2010)

São enormes os benefícios de um bom planejamento em todo tipo de trabalho, principalmente no desenvolvimento de uma obra, visto a complexidade e o número de materiais, pessoas e etapas envolvidas. A quantidade de retrabalhos e perdas de tempo e material são maiores à medida em que o planejamento é menos detalhado. O nível de detalhe do planejamento deve estar interligado ao nível de detalhe do modelo, de modo que todas as atividades necessárias para a execução da obra estejam contempladas no cronograma. Para a execução de uma parede, por exemplo, é necessário que ela esteja detalhada em todas as suas camadas, para que o planejador possa utilizá-la para levantamento de atividades de alvenaria, chapisco, reboco e revestimento. Um bom planejamento diminui a quantidade de esforço gasto para realizar o trabalho, além de permitir um tempo hábil para mudança de planos.

De acordo com Mattos (2010), o planejamento de uma obra segue um roteiro muito bem definido que pode ser seguido por diferentes tipos de construção, como por exemplo uma reforma de uma casa ou a construção de uma usina hidrelétrica. Independentemente da complexidade da obra, dos recursos ou dos prazos, é obedecido o mesmo roteiro de planejamento.

O roteiro do planejamento contém os seguintes passos: 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. (MATTOS, 2010)

2.1.8.1 Identificação das Atividades

A melhor técnica para a identificação das atividades que irão compor a obra é a elaboração de uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP).

A EAP é a decomposição, ou subdivisão em partes menores, de todo o escopo da obra em uma estrutura hierarquizada. O nível superior representa o escopo total. A partir desse nível, a EAP começa a se ramificar para representar um conjunto de atividades menores, que se ramificam em outras ainda menores, e assim por diante. Um mesmo projeto pode ter EAP's diferentes se forem feitas por planejadores diferentes. Dessa forma, não há uma regra bem definida para construir a EAP, desde que ela represente a totalidade do escopo da obra e não deixe nenhuma atividade de fora. (MATTOS, 2010)

2.1.8.2 Definição das Durações

Após identificadas as atividades do planejamento, determina-se a duração de cada uma delas. De acordo com Mattos (2010), a duração depende da quantidade de serviço, da produtividade e da quantidade de recursos alocados. A duração é uma estimativa, por isso não importa o quão criterioso é o planejador, sempre haverá uma margem de erro das durações das atividades no planejamento.

A fonte das durações está nas composições de custos unitários do orçamento. As composições são tabelas onde se tiram os insumos do serviço e seus índices ou coeficientes de produtividade. O índice é expresso como unidade de tempo por unidade de trabalho (h/m², min/un, etc.) e corresponde a incidência de cada insumo na execução de uma unidade de

serviço. A produtividade é o inverso do índice, portanto, quanto maior a produtividade, mais unidades de produto são feitas em um determinado espaço de tempo.

Assim, esse passo amarra as produtividades estabelecidas no orçamento com as durações atribuídas ao planejamento. A obra passa a contar com uma integração orçamento-planejamento. (MATTOS, 2010)

Nesse trabalho não será aprofundado o assunto das durações com a abordagem probabilística, que atribui a duração mais provável, a otimista e a pessimista para as atividades.

2.1.8.3 Definição das Precedências

O próximo passo do roteiro do planejamento é a definição das precedências. Com base na metodologia construtiva da obra, define-se a sequenciação das atividades a partir da dependência entre elas, determinando assim “quem vem antes de quem”. Para cada atividade são definidas suas predecessoras, ou seja, são atribuídas aquelas atividades que são condição necessária para que a atividade em questão possa ser desempenhada. Uma atividade só pode ser iniciada quando sua predecessora for concluída. (MATTOS, 2010)

É feito um quadro de sequenciação em que se definem e se registram as atividades e suas relações de interdependência. Por exemplo, a moldagem do concreto pressupõe a montagem das formas e colocação da armadura. A pintura de uma parede exige que a aplicação de massa corrida tenha sido concluída. Mas, as vezes a definição das precedências exige um pouco mais de experiência do planejador em obra, para definir melhor quais atividades devem ser feitas antes ou depois. É aconselhável, por exemplo, terminar o serviço de gesso antes de começar a executar o piso, uma vez que o serviço de gesso gera muito entulho e pode danificar e gerar retrabalhos posteriores para a limpeza, manutenção ou até mesmo a troca do piso já executado.

2.1.8.4 Montagem do Diagrama de Rede

Depois de definidas as durações das atividades e criado um quadro com a sequenciação lógica da obra, o próximo passo consiste na criação de um diagrama de rede. Segundo Mattos (2010), denomina-se rede o conjunto de atividades amarradas entre si que descrevem inequivocamente a lógica de execução do projeto. O diagrama de rede permite um melhor entendimento do projeto, pois consiste na representação gráfica dos fluxos de atividades. Além

disso, o diagrama de rede permite realizar simulações de alternativas de projeto, sendo uma ferramenta de análise muito boa nas empresas.

Existem dois métodos mais comuns para a montagem do diagrama de rede: o método das flechas e o método dos blocos. Ambos produzem o mesmo resultado, porém possuem regras diferentes para efetuar os cálculos e a forma de registrar o tempo na rede. No método das flechas, todas as setas representam as atividades e devem partir de um evento, que são os círculos no diagrama, e terminar em outro. Não pode haver duas atividades com o mesmo par de eventos de começo e de término. As atividades são representadas por flechas orientadas entre dois eventos, que são pontos de convergência e divergência de atividades.

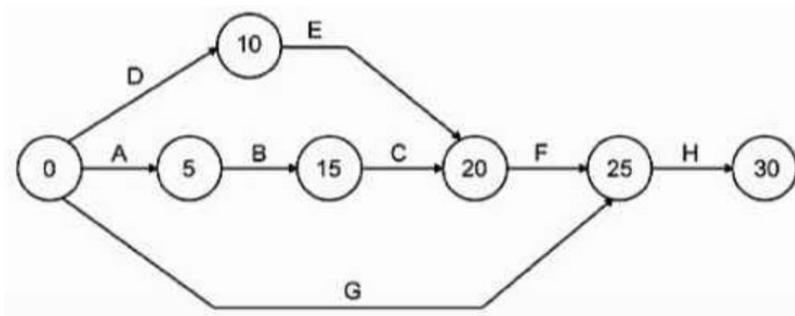


Figura 2-12 - Exemplo de Diagrama de Rede pelo Método das Flechas
Fonte: MATTOS

No diagrama, o nó ou evento (como foi citado acima) é um ponto no tempo que caracteriza instantes no projeto. É representado pelos círculos no diagrama. Um evento é atingido quando todas as atividades que convergem para ele são concluídas e todas as atividades que partem dele estão livres para começar.

A rede começa a esquerda em um evento inicial único de onde partem as atividades iniciais, sem predecessoras, representadas por flechas. As demais atividades são desenhadas partindo de suas predecessoras até que a rede termina em um evento final único, a direita.

A numeração dos eventos começa no zero e procede da esquerda para a direita e de cima para baixo, de cinco em cinco ou de dez em dez para caso haja a necessidade posterior de introduzir evento novo no meio da rede.

O diagrama de rede serve de matriz para o cálculo do caminho crítico e das folgas, que fazem parte dos passos seguintes do roteiro de planejamento.

2.1.8.5 Identificação do Caminho Crítico

O caminho crítico é representado no diagrama por um traço mais forte, e é o caminho que une a sequência de atividades que produz o tempo mais longo, e conseqüentemente o prazo total do projeto. As atividades que formam o caminho crítico são chamadas de atividades críticas. O aumento de uma unidade de tempo em uma atividade crítica é transmitido ao prazo do projeto, atrasando-o. Por outro lado, o ganho de tempo em uma atividade crítica reduz o prazo total do projeto. Dessa forma, a identificação do caminho crítico é uma das principais tarefas do planejador e da equipe gestora da obra. (MATTOS, 2010)

Uma unidade de tempo poupada ou aumentada em uma atividade não crítica não reduz nem aumenta o prazo total do projeto, assim, esforços para reduzir a duração de uma atividade não crítica não traria nenhum benefício em termos de prazo final. As atividades não críticas têm folga, ou seja, dispõem de um período de tempo além de sua duração. Elas possuem certa flexibilidade e são capazes de “flutuar” dentro do prazo total disponível para sua realização, diferentemente das atividades críticas.

A definição das atividades críticas e não críticas permite uma interpretação do planejamento e uma melhor tomada de decisão quando situações não previstas acontecerem, como por exemplo a escavadeira não chegar na obra no prazo ou haver uma falta de aço no mercado e o fornecedor só garantir entrega para outro dia. Se algumas dessas atividades estiverem situadas no caminho crítico, existe um indício de que a obra irá atrasar se o gerente não tomar providências cabíveis, como aumentar a equipe por exemplo. É importante ressaltar que algumas medidas de controle de prazos envolvem acréscimo de custo na obra, devendo o gerente avaliar o aumento de custo em troca da redução do prazo. (MATTOS, 2010)

O tempo mais cedo de um evento (T_c) é a primeira data em que ele pode ser alcançado. É o máximo valor obtido para a soma da duração das atividades que a ele chegam, com o tempo mais cedo de seus respectivos eventos de origem. Como sabemos que algumas atividades possuem folga, deve existir flexibilidade temporal em alguns pontos da rede. O tempo mais tarde de um evento (T_t) é o mínimo valor obtido da subtração da duração das atividades que saem dele, do tempo mais tarde dos eventos a que elas se destinam.

2.1.8.6 Geração do Cronograma

O produto final do planejamento é o cronograma representado sob a forma de gráfico de Gantt, que apresenta de maneira fácil de ser lida a posição de cada atividade ao longo do tempo. É possível identificar as folgas nas atividades não críticas a partir do cronograma.

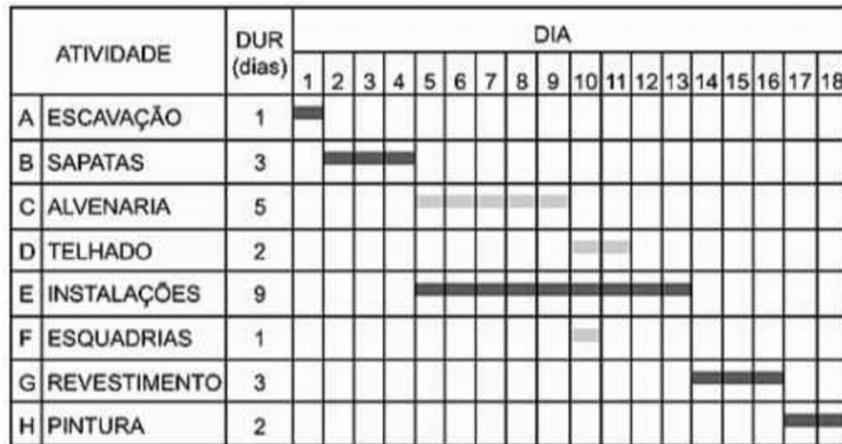


Figura 2-13 - Exemplo de Cronograma em Gráfico de Gantt
Fonte: MATTOS

3 METODOLOGIA

No estudo da aplicação do BIM no planejamento de obras e na elaboração da cartilha detalhada de como aplicar esse processo foi utilizado um projeto pronto e reproduzido por meio do BIM. Esse projeto foi refeito em seus *softwares* correspondentes com o objetivo de criar a cartilha detalhada do processo. O projeto consiste em uma casa de alto padrão que já tinha sido elaborada primeiramente pelo método convencional e depois pelo processo BIM 4D.

Foram feitas as etapas descritas a seguir:

- I. Modelagem em 3D da edificação no *software Revit*, da *Autodesk*.

Nessa etapa, o projeto foi modelado em 3D no *Revit*, atentando-se a todos os detalhamentos e especificações do projeto concedido. A cartilha foi elaborada na medida em que a modelagem foi sendo realizada, buscando expor como utilizar as principais ferramentas necessárias para a execução da modelagem, sem ao mesmo tempo, criar uma leitura redundante e cansativa. Nesta etapa, seguiu-se todos os projetos feitos pelo método tradicional, sendo eles

o projeto arquitetônico, projeto estrutural, projeto de instalações hidrossanitárias e projeto elétrico.

II. Planejamento da obra no *software* MS Project, da Microsoft.

Nesta etapa foi feito o cronograma físico da obra. Após modelada a edificação, todos os quantitativos foram extraídos para o *Excel*. Foi seguido o roteiro de planejamento exposto na etapa de revisão bibliográfica. Foi criada uma EAP e de um quadro de durações e recursos com base nas composições da SINAPI e TCPO13. Foram também definidas as predecessoras das atividades. Em posse de todas as tarefas, suas durações e predecessoras, foi gerado um gráfico de Gantt no MS Project, expondo uma sequência temporal de execução de cada etapa da obra. Ao mesmo tempo, buscou-se ensinar o leitor os passos de como elaborar o planejamento da obra a ser utilizado na próxima etapa.

III. Integração do modelo 3D com o cronograma da obra no *software* Navisworks da Autodesk.

Aqui, foi utilizado o *Navisworks* para juntar a modelagem em 3D feita no *Revit* com o cronograma da obra elaborado no *MS Project*. Essa união é feita com base nos algoritmos dos dois programas, o que possibilitou a elaboração de um vídeo esquemático do crescimento da obra ao longo do tempo. Além disso, também foi utilizada a ferramenta de detecção de interferências do *software* para identificar incompatibilidades no projeto. Ao mesmo tempo foi feito um guia de utilização das ferramentas *Clash Detective* e *Time Liner* do *Navisworks*.

IV. Elaboração da cartilha detalhada e ilustrada

A cartilha foi desenvolvida durante todas as etapas do processo. Nessa cartilha, foi explicado como utilizar os programas e suas ferramentas para aplicar a metodologia BIM. Na medida em que cada etapa da modelagem e do planejamento foram feitas, vários *print screens* de tela foram tirados para a elaboração de um guia explicativo.

Todas as imagens das capturas de tela realizadas para a apresentação da cartilha foram salvas em pastas distintas que correspondem a cada etapa do processo. As pastas foram criadas para salvar arquivos advindos das etapas de modelagem 3D, de planejamento e de modelagem 4D, garantindo melhor organização na elaboração da cartilha. Os arquivos das capturas de tela também foram nomeados de acordo com cada subetapa do processo.

Na elaboração do guia buscou-se ilustrar cada ferramenta utilizada no processo junto ao texto explicativo. Dessa forma, o leitor irá encontrar as imagens dos ícones dos comandos utilizados nos programas, a fim de facilitar a identificação dos mesmos nos *softwares*.

Para o desenvolvimento das etapas, foi utilizado um computador com capacidades mínimas recomendadas pelos fabricantes para um bom funcionamento dos softwares *Revit*, *MS Project* e *Navisworks*. Esse computador possui uma placa de vídeo dedicada.

4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Uma das dificuldades da aplicação do BIM foi em mudar completamente a forma de trabalho, passando a utilizar *softwares* antes desconhecidos. O *Revit*, por exemplo, tem uma forma de trabalho muito diferente do *AutoCad*, apesar de serem da mesma fabricante. Novos softwares tiveram de ser não só aprendidos, como também praticados e dominados para que a aplicação do BIM se desse de maneira satisfatória. Isso levou tempo e muito esforço.

Outra dificuldade foi no alcance de bibliotecas BIM brasileiras para os componentes no momento da modelagem 3D. Há, entretanto, um incentivo para as fabricantes produzirem suas bibliotecas.

O BIM vem ganhando notoriedade no Brasil. Diversas ações vêm sendo feitas para estimular a implantação do BIM nacionalmente, como por exemplo a assinatura do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018 na qual o governo federal oficializou a Estratégia Nacional para a Disseminação do BIM, ou Estratégia BIM BR. Sua finalidade é promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no Brasil. Os objetivos específicos do decreto são:

- Difundir o BIM e seus benefícios;
- Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado;
- Estimular a capacitação;
- Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas;
- Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos;

- Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
- Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade.

Além disso, buscando minimizar as dificuldades quanto a aquisição de bibliotecas, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) criou a uma plataforma que hospeda a Biblioteca Nacional BIM, cujo intuito é se tornar um repositório das bibliotecas virtuais BIM no Brasil. De modo a manter o padrão de qualidade do conteúdo carregado na plataforma, a metodologia de *upload* de objetos e componentes segue o estabelecido em um regulamento técnico que institui critérios e requisitos mínimos para os usuários interessados em disponibilizar seus objetos na plataforma (PLATAFORMA BIM BR). Assim, qualquer fabricante pode inserir seus componentes na plataforma, desde que atendidos os critérios mínimos exigidos.

Na aplicação do BIM neste trabalho buscou-se captar objetos principalmente da biblioteca nacional da plataforma BIM BR. Nem todos os componentes foram encontrados facilmente na plataforma, porém a utilização dos objetos que foram encontrados e baixados veio com uma sensação de confiança, uma vez que são objetos nacionais que passaram por um certo critério de qualidade antes de serem disponibilizados.

2.4 MODELAGEM 3D

A primeira etapa deste trabalho foi a mais pesada e extensa, visto que abrangeu diversas disciplinas envolvidas na construção física da obra. A modelagem 3D foi feita em arquivos separados do *Revit* para as etapas de arquitetura, estrutura, instalações hidrossanitárias e instalações elétricas, a fim de simular um projeto de obra real em que diversos profissionais trabalham em arquivos diferentes em um mesmo modelo. Com isso foi possível deixar os arquivos mais leves e reduzir o tempo de carregamento do *Revit*.

Uma prática utilizada na modelagem 3D foi a inserção dos projetos feitos no *AutoCad* para o *Revit*, ou seja, inseriu-se arquivos DWG que continham o projeto em planta para alguma vista de planta do *Revit*. Essa inserção facilitou a modelagem uma vez que foi possível construir paredes e inserir portas e janelas com base nas plantas já feitas em *AutoCad*, sobrepondo o arquivo que foi inserido no modelo e replicando em 3D o que foi feito no *AutoCad*.

Posteriormente, quando não mais necessário, o arquivo DWG inserido no modelo pôde ser excluído sem que a modelagem realizada com base nele fosse perdida.

O *Revit*, por ser um software de modelagem 3D, permite que um elemento que foi desenhado em uma vista de planta, por exemplo, seja automaticamente desenhado em outras vistas, sem a necessidade de desenhar o elemento repetidamente em todos os cortes e vistas, como é feito no *AutoCad 2D*. Ao trabalhar no *Revit*, deve-se pensar no elemento em 3 dimensões e imaginá-lo no espaço, e não mais em um plano em 2 dimensões. Assim, ao se modelar uma parede por exemplo, deve-se ter em mente que ela possui comprimento, altura e espessura, e ela será representada automaticamente em todas as vistas que contê-la.

A Figura 4-1 e a Figura 4-2 mostram as perspectivas frontal e posterior da edificação modelada. Essa edificação consiste em uma casa de alto padrão com pavimento térreo, pavimento superior e pavimento área técnica, onde é disposta a caixa d'água. As imagens foram geradas através do estilo visual "Ray Trace" de vistas 3D do *Revit*.



Figura 4-1 - Perspectiva da Fachada Frontal da Edificação



Figura 4-2 - Perspectiva da Fachada Posterior da Edificação

A criação e edição das vistas e plantas no *Revit* é realizada de forma simples. O programa é bastante intuitivo, pois todos os botões apresentam uma explicação de como utilizá-los, e alguns deles apresentam também vídeos demonstrativos.

A modelagem arquitetônica se mostrou muito inteligente no *Revit* devido à característica paramétrica dos elementos. Em todas as instâncias podem ser depositadas informações de identidade (descrição, fabricante, modelo, comentários etc.) e de material, como propriedades físicas, térmicas, aparência no modelo entre outros, além de poder extrair informações de quantitativos como área, volume, comprimento etc. As listas de quantitativos do modelo estão expostas no Apêndice A. As Figura 4-3 e a Figura 4-4 ilustram as plantas baixas do pavimento térreo e superior da edificação.



Figura 4-3 - Planta do Pavimento Térreo



Figura 4-4 - Planta do Pavimento Superior

Na modelagem do telhado usou-se telha em fibrocimento para as coberturas da casa. A estrutura de telhado do pavimento térreo e superior é metálica e composta por pontaletes fixados na própria laje. Nas áreas onde não haverá laje, a estrutura do telhado é composta por tesouras, terças e caibros de madeira, apoiadas nos pilares e vigas de concreto. Utilizando uma transparência de 70% na superfície das telhas, a visibilidade dos elementos estruturais do telhado estará como a da Figura 4-5.

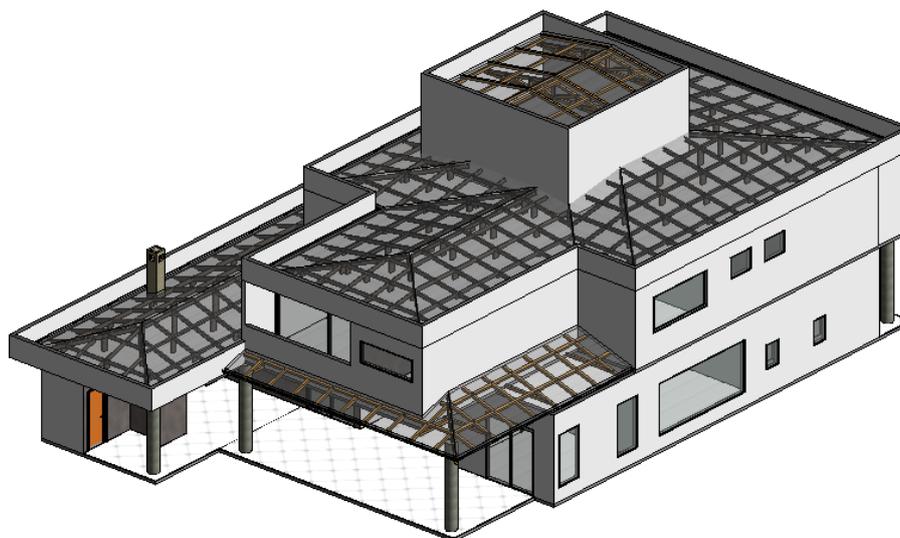


Figura 4-5 - Telhamento com Transparência Possibilitando a Visualização dos Elementos Estruturais do Telhado

Para a integração da arquitetura com às demais disciplinas foi utilizado o recurso do *Vínculo do Revit* que possibilitou a coordenação entre o modelo arquitetônico e o modelo estrutural. O uso desse recurso permitiu identificar pontos onde a arquitetura e a estrutura ‘brigavam’ entre si, para posteriormente solucionar esses problemas. Ao trabalhar com a ferramenta *Vínculo do Revit*, qualquer alteração feita no projeto arquitetônico será atualizado automaticamente no projeto estrutural, minimizado retrabalhos. Dessa forma, a utilização do *Vínculo do Revit* se mostrou uma boa alternativa para a integração e coordenação entre a modelagem arquitetônica e estrutural.

A inserção dos pilares, vigas e lajes foi simples no *Revit*. Nessa fase, foi possível identificar algumas pequenas inconsistências entre a posição das paredes feitas no projeto arquitetônico e os pilares do projeto estrutural. As inconsistências foram sanadas no arquivo de arquitetura e atualizadas automaticamente no modelo estrutural.

A inserção das armaduras é feita em cada componente da estrutura separadamente, elemento por elemento, já que as armaduras de cada viga, laje e pilar são diferentes uns dos outros. Isso se mostrou bastante trabalhoso no *Revit*, já que o programa não dimensiona e nem insere as armaduras automaticamente nos elementos, com as informações de diâmetros, espaçamentos, quantidades etc. Além disso, na modelagem dos vergalhões no *Revit* foi comum a inserção de barras diferentes das desejadas (tipo do aço e diâmetro) por falta de atenção, o que causou retrabalho. Dessa forma, ao inserir os vergalhões, deve-se sempre atentar para a escolha do tipo de aço e diâmetro da barra na paleta de propriedades. A Figura 4-6 mostra todos os elementos estruturais do projeto (vigas, lajes, blocos e estacas), com uma transparência de 35% nos elementos em concreto.

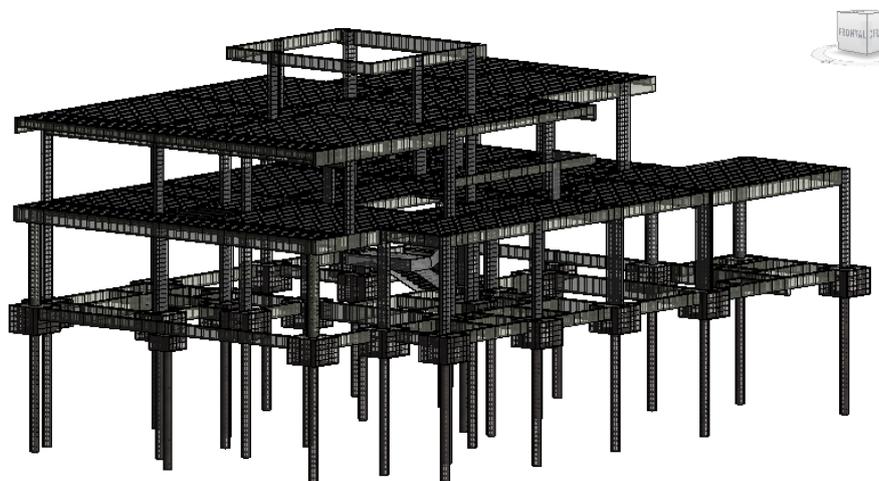


Figura 4-6 - Elementos Estruturais do Projeto Incluindo Armação

O *Revit* é um excelente programa de modelagem estrutural, porém, é importante ressaltar que ele, sozinho, não realiza as análises estruturais necessárias para aprovação do projeto. Há um “plug in”, ou seja, uma extensão do *Revit* que permite fazer a integração com o software “*Robot Structural Analysis*” da *Autodesk*, que é capaz de fazer os cálculos estruturais. Contudo, o *Robot* trabalha com base em normas internacionais, exigindo trabalho para adaptá-lo à NBR 6118 de 2014. Com isso, deve-se analisar qual forma é a mais conveniente para integração dos modelos arquitetônicos e estruturais dentre diversas opções, como a adaptação das configurações do *Robot* para a norma nacional, ou a compatibilização com o *Revit* das informações de outros softwares de projeto estrutural que efetuam dimensionamento, como o *Eberick*, da AltoQI, o TQS, da própria TQS, e o CYPECAD, da *Multiplus*.

Assim como da parte estrutural, o *Revit* tampouco realiza o dimensionamento das tubulações nas disciplinas de instalações. A modelagem das instalações foi realizada em um tempo maior que aquele necessário para modelar a arquitetura e a estrutura. Isso se deu pela necessidade de muita prática e de certa habilidade na inserção do caminho das tubulações e na conexão destes às louças e dispositivos elétricos. O *Revit* insere conexões automaticamente, como joelhos, curvas e luvas, porém, em um primeiro momento, obteve-se dificuldade para conectar corretamente as tubulações nas peças. Após adquirir prática na inserção dos elementos, a modelagem se mostrou mais fácil de ser manipulada. A prática é fundamental pois é necessário trabalhar mudando as vistas diversas vezes para introduzir uma tubulação corretamente.

Com a prática foi-se adquirindo habilidade na modelagem das instalações. Uma recomendação é trabalhar com duas ou três telas simultaneamente, para que se possa visualizar e modelar as tubulações em planta, em corte e em 3D. Outra recomendação é projetar utilizando um bom template hidrossanitário ou elétrico que possua já carregadas as famílias de peças e tubos das fabricantes nacionais. A Figura 4-7 e a Figura 4-8 mostram as perspectivas frontal e posterior das instalações hidrossanitárias da edificação, com a representação da arquitetura vinculada. A Figura 4-9 mostra uma perspectiva completa das instalações elétricas.

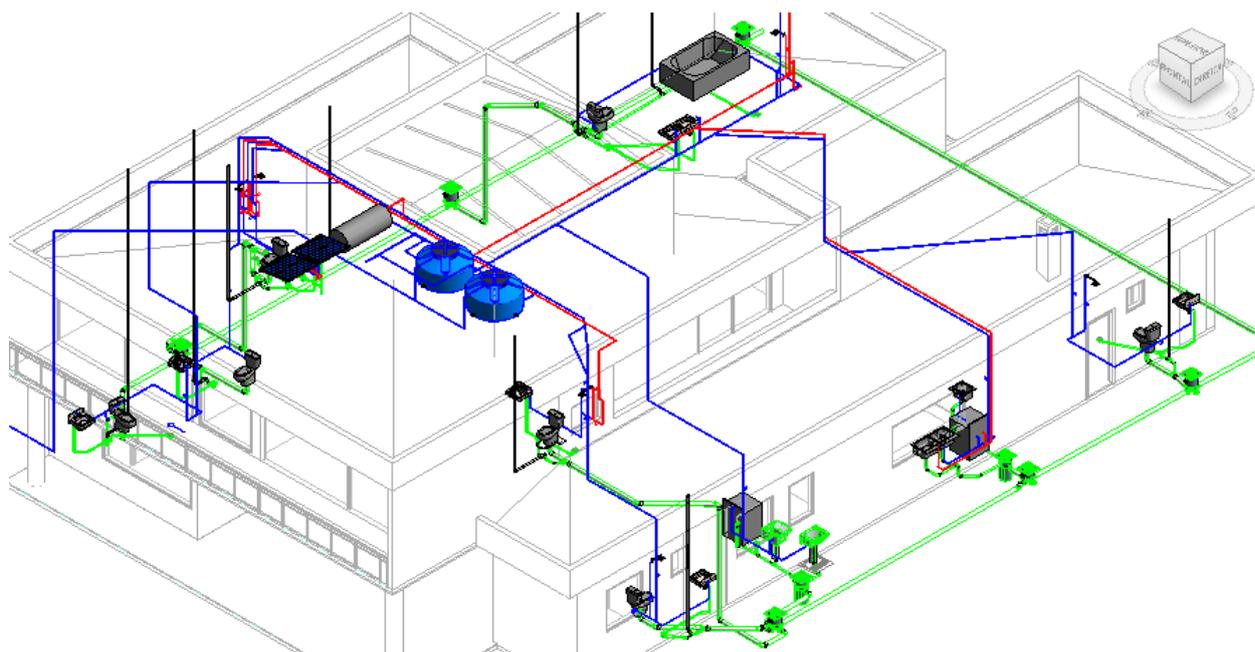


Figura 4-7 - Perspectiva Frontal das Instalações Hidrossanitárias

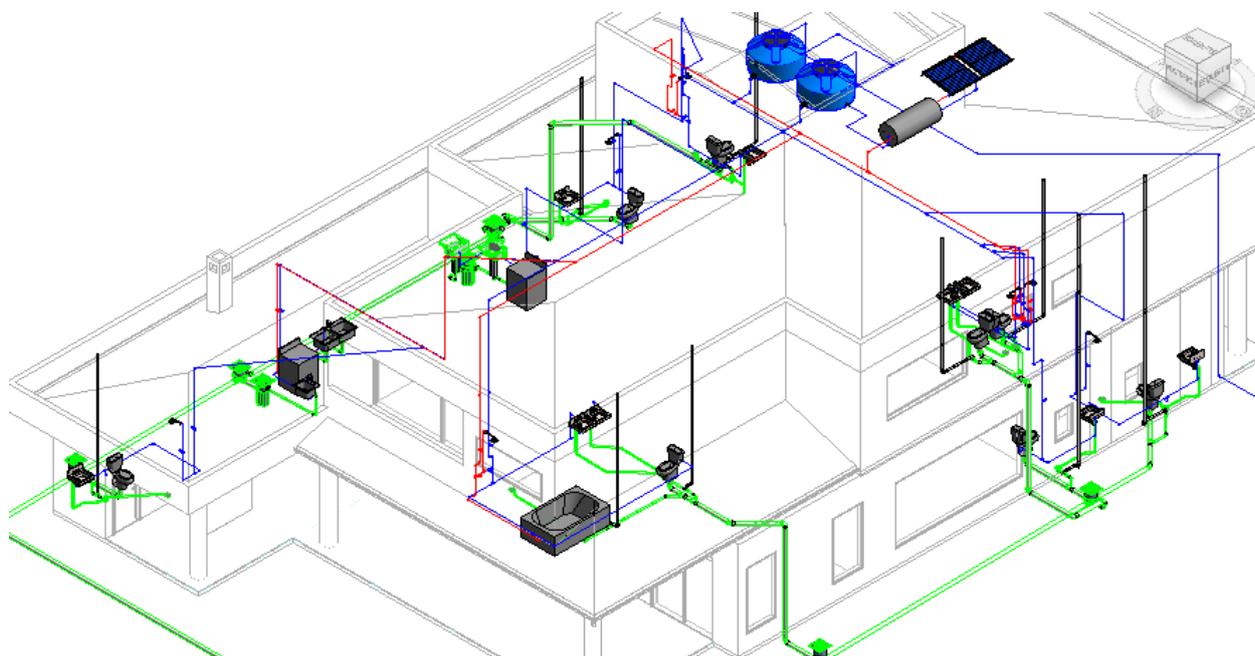


Figura 4-8 - Perspectiva Posterior das Instalações Hidrossanitárias

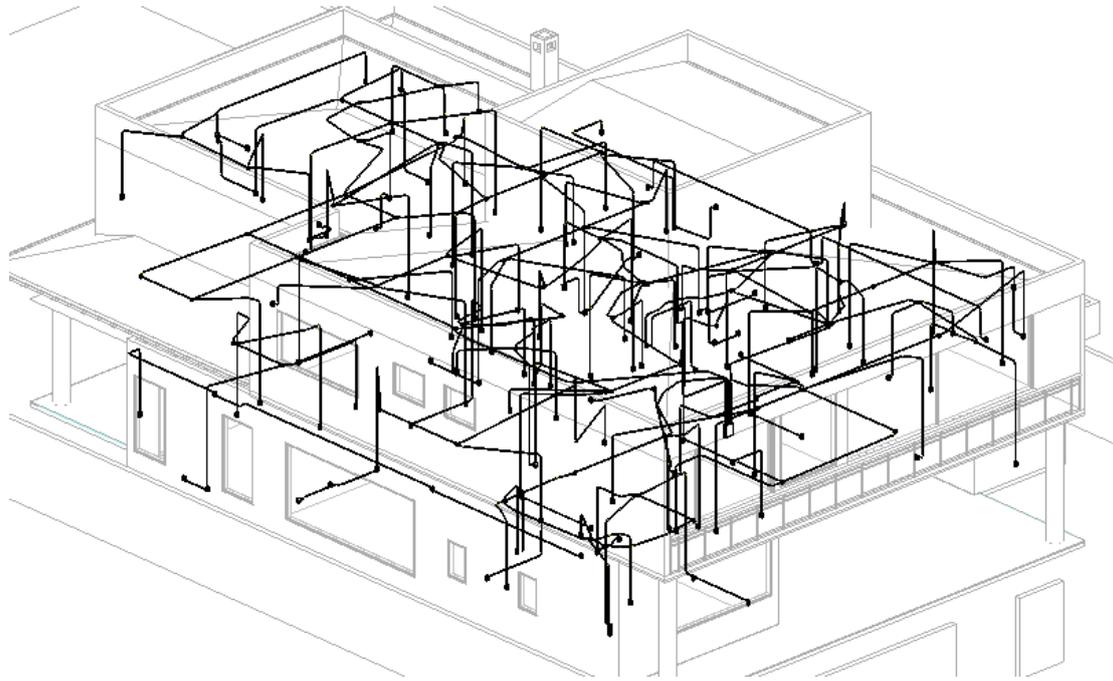


Figura 4-9 - Perspectiva Completa das Instalações Elétricas

Na Figura 4-10 podemos visualizar a integração entre os modelos estrutural, elétrico e hidrossanitário em uma mesma imagem feita no *Navisworks*.

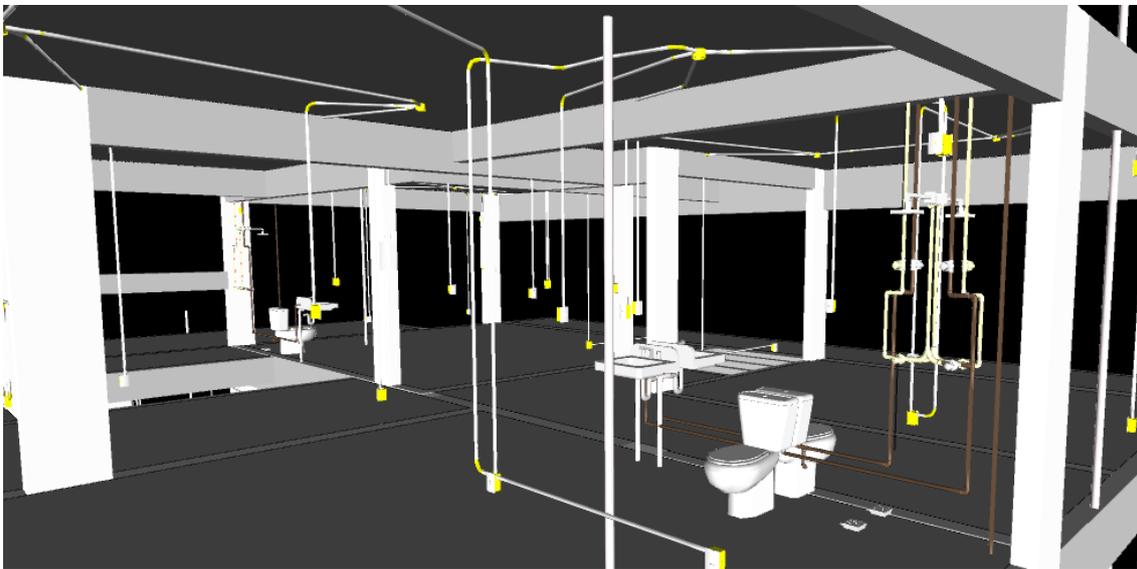


Figura 4-10 - Integração dos Modelos Estrutural Hidráulico e Elétrico

Uma ferramenta explorada no *Revit* e que contribui para a eficiência da aplicação do BIM é o *Dynamo*, que é plataforma de programação visual de código-fonte aberto para os projetistas. (Revit Autodesk, 2019). Essa plataforma permite novas abordagens, como tipos de

geometria, manipulação de dados e automação de processos dentro do *Revit* por meio de programação visual.

O Dynamo é utilizado para criar *scripts* que executam funções complexas e automatizam tarefas repetitivas, como atualizar nomes de folha com letras maiúsculas, calcular comprimento total das linhas selecionadas, criar um modelo complexo com diversas curvas ou criar um telhamento automático.

As ferramentas de colaboração do *Revit* também foram exploradas. Essas ferramentas são fundamentais no contexto do BIM, pois permitem que os colaboradores possam trabalhar em um único modelo simultaneamente, através de uma rede local ou de longa distância (LAN ou WAN). Essa ferramenta permite que um membro da equipe sincronize o seu trabalho em um modelo central, que possui as informações de todos os outros membros da equipe que também sincronizaram os seus projetos.

A modelagem BIM permitiu um entendimento mais abrangente da edificação e seus projetos. O modelo 3D elaborado possibilitou a criação automática das plantas, elevações, cortes e vista 3D, permitindo a visualização e entendimento facilitado do projeto.

A extração de quantitativos no *Revit* foi simples. Essa etapa é indispensável para a elaboração do planejamento da obra, uma vez que se necessita obter todas as quantidades de materiais que irão compor a obra. Os quantitativos são extraídos através da criação de tabelas no *Revit*.

2.5 PLANEJAMENTO

A ausência de uma compatibilização eficaz nos projetos das variadas disciplinas prejudica o desenvolvimento de um quantitativo mais preciso, uma vez que os trajetos traçados para as tubulações no projeto normalmente são alterados, de acordo com a interferência destes com outros elementos do projeto, tais como vigas ou outros elementos arquitetônicos e estruturais. Com a utilização do BIM, esse problema pode ser minimizado utilizando-se de ferramentas de verificação de interferências do próprio *Revit* ou do *Navisworks*, o que gera projetos mais consistentes e com quantitativos mais precisos.

O desenvolvimento do planejamento da obra seguiu o roteiro proposto por MATTOS (2010), que engloba 6 etapas: identificação das atividades (elaboração da EAP), definição da

duração das atividades, definição das precedências, montagem do diagrama de rede, identificação do caminho crítico e geração do cronograma.

A Figura 4-11 mostra a Estrutura Analítica do Projeto que representa o esqueleto do projeto com a identificação de todas as atividades.

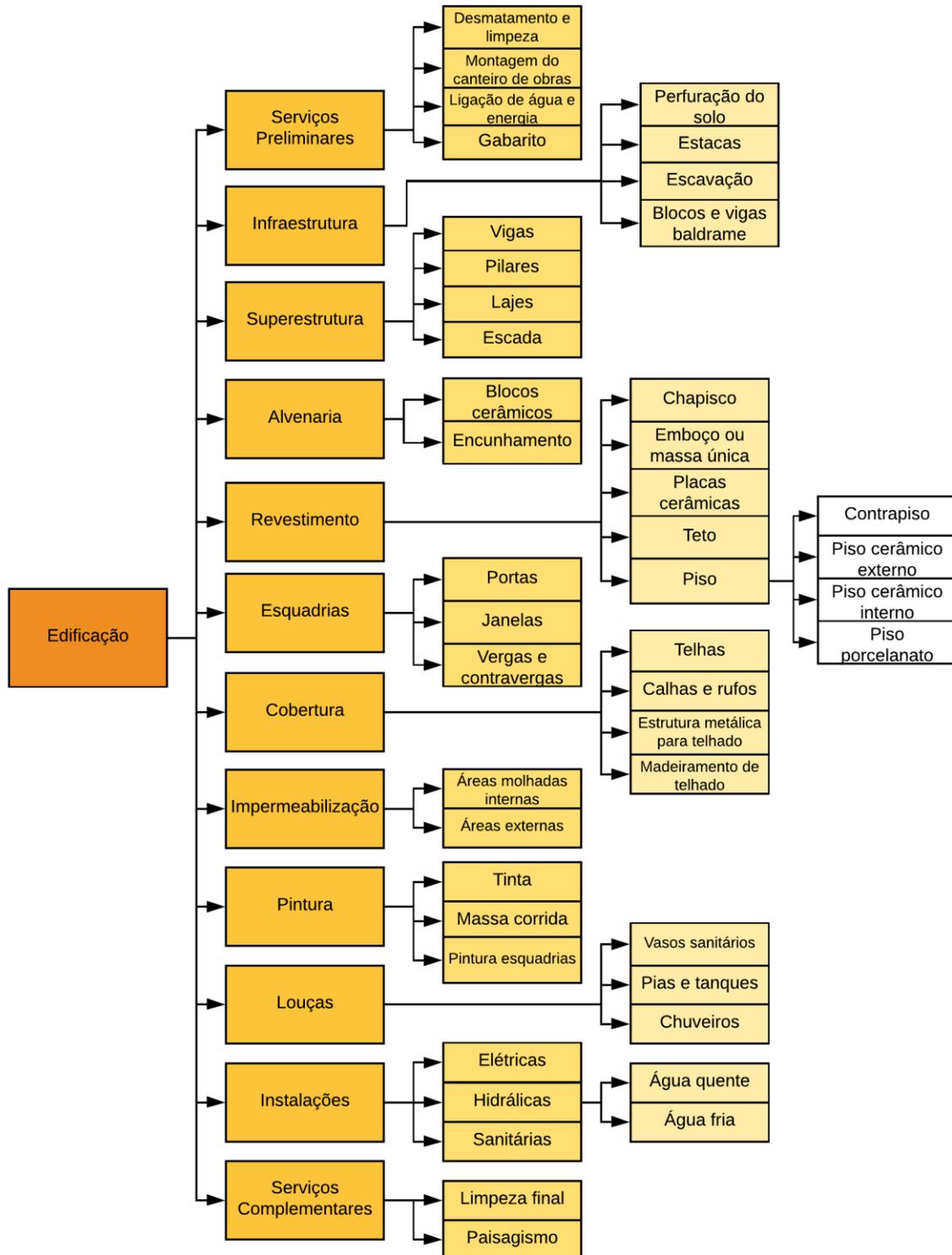


Figura 4-11 - Estrutura Analítica do Projeto

das 8h às 17h, com uma hora de intervalo. Assim, temos que um dia de trabalho é composto por 8h. Foi introduzida uma folga de fim de ano no calendário (Apêndice B).

O gráfico de Gantt fornece uma visualização da relação entre as tarefas a serem executadas, mas sua interpretação depende da familiaridade do usuário com o método. O programa *Navisworks* também traça este gráfico, mas a visualização mais fácil da sequência e da relação entre as tarefas será realizada por meio do modelo 4D, o qual será apresentado no próximo tópico.

2.6 DETECÇÃO DE INTERFERÊNCIAS E MODELAGEM 4D

Para a realização das etapas de detecção de interferências e modelagem 4D foram utilizados os modelos 3D realizados no *Revit* e o cronograma feito no *MS Project*.

O modelo 4D da edificação foi desenvolvido com o uso da ferramenta *Time Liner* (Linha do Tempo) do *software Navisworks* e apresentado na forma de vídeo. Imagens do vídeo são mostradas no Apêndice C. A animação é apresentada de forma a proporcionar um entendimento concreto da situação da obra.

O processo de execução da modelagem 4D não foi complicado, exigindo basicamente três passos do usuário: importação do modelo 3D, importação do planejamento e união destes dois elementos. Dependendo da complexidade do modelo 3D, sua importação para o *Navisworks* pode demandar muito do computador e exigir um tempo relativamente grande para terminar essa etapa. Porém, uma vantagem do *Navisworks* que suporta o conceito do BIM é o fato de que o modelo 3D foi atualizado automaticamente no programa toda vez que alguma alteração foi realizada no *software* de origem, o que diminuiu a necessidade de importar o modelo novamente sempre que ele sofreu alguma modificação. O planejamento da obra também pôde ser atualizado no *Navisworks* quando houve alterações no cronograma.

A execução do modelo 4D não depende do conhecimento do usuário a respeito do *software* utilizado para a modelagem 3D. É essencial, no entanto, que se entenda que o modelo é realizado de objetos, camadas e grupos, os quais serão relacionados a cada uma das tarefas descritas no planejamento.

A parte mais trabalhosa no processo da execução da modelagem 4D foi na união dos elementos às atividades do planejamento. Cada elemento do modelo teve de ser selecionado e

vinculado a uma tarefa do cronograma. A seleção desses elementos foi facilitada através do recurso *Selection Tree* (Árvore de Seleção) que organiza os elementos de acordo com certas propriedades (pavimento, tipo, família, grupo, projeto etc.) Depois que todos os elementos do modelo 3D foram vinculados às suas respectivas tarefas, pôde-se prosseguir com a execução da simulação, que foi feita automaticamente na medida em que os elementos eram ligados às atividades.

Por padrão, o Navisworks possui 3 opções de tipos de tarefa: *Construct* (Construção), *Demolish* (Demolir) e *Temporary* (Temporário). Essas opções permitem a introdução de elementos do canteiro de obras, assim como a representação de elementos de construção e demolição em um projeto de reforma. Na modelagem 4D foi explorado esses recursos introduzindo os elementos temporários do canteiro, a fim de oferecer uma representação mais realista da realidade da obra.

Após importados os modelos 3D, o *Navisworks* apresenta a opção de identificar incompatibilidades no projeto por meio da ferramenta chamada *Clash Detective* (Detetive de Erros).

O *Navisworks Manage* se mostrou um excelente *software* de gerenciamento, porém, é necessário ressaltar que o *Navisworks* não modela partes nem o todo da edificação. Após as interferências serem detectadas, o programa gera relatórios que servem de apoio para a resolução dessas interferências nos *softwares* de modelagem. Dessa forma, o *Navisworks* não corrige os problemas, apenas informa.

Uma boa integração entre o *Navisworks* e os *softwares* de modelagem é importante nesse processo, de modo a facilitar a identificação das interferências detectadas no *Navisworks* no programa de modelagem de origem. O *Navisworks* integra muito bem com o *Revit* através da ferramenta *Navisworks SwitchBack*. Essa ferramenta permitiu selecionar um objeto no *Navisworks* e, a seguir, localizar e aproximar o zoom no mesmo objeto no *Revit*. Isso gerou rapidez na solução das interferências pois poupam o trabalho de ter que localizar os elementos problemáticos no *Revit*.

No projeto em estudo foi realizada a análise de incompatibilidades entre todos os projetos. A grande maioria das interferências ocorreu entre as instalações hidrossanitárias e as vigas de concreto armado. Foi estabelecida uma regra que não permite que os elementos de diferentes projetos ocupem o mesmo lugar no espaço, com tolerância de um centímetro. Foram

feitos 4 testes para buscar interferências entre os projetos. Buscou-se interferências entre a arquitetura e estrutura, entre o projeto elétrico e hidrossanitário, entre o projeto estrutural e elétrico, e entre o estrutural e hidrossanitário. As Figura 4-12, Figura 4-13 e Figura 4-14 mostram algumas das várias interferências detectadas no *Navisworks*. Não foi detectada nenhuma interferência entre os projetos hidrossanitário e elétrico.

O *Navisworks* mostrou-se ser um *software* bastante consistente para a revisão e análise de projetos. A execução da simulação 4D da obra eliminou o esforço mental em visualizar e interpretar o cronograma. A utilização do detetive de interferências permitiu identificar possíveis conflitos de espaço entre os elementos dos projetos. Dessa forma, a utilização do *software Navisworks* no gerenciamento de projetos através de suas ferramentas de detecção de interferências e de simulação do andamento da obra auxiliam os profissionais da indústria AEC a identificar e evitar problemas antes da construção da obra.

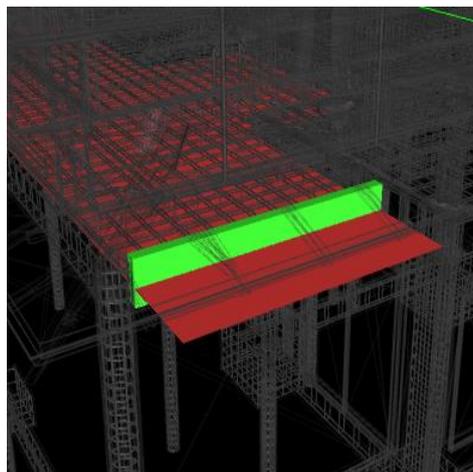


Figura 4-12 - Interferência entre Forro e Viga

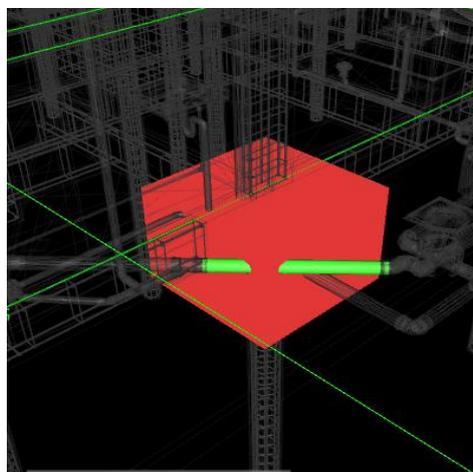


Figura 4-13 - Interferência Entre Tubo Sanitário e Bloco de Fundação

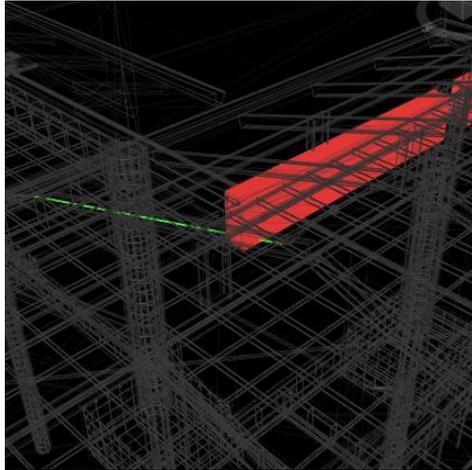


Figura 4-14 - Interferência Entre Eletroduto e Viga

5 GUIA EXPLICATIVO

2.7 MODELO 3D NO REVIT

Para o entendimento do guia explicativo, recomenda-se que o leitor faça uso do programa *Revit* enquanto lê este trabalho. A leitura se mostrará mais produtiva se feita concomitantemente ao uso do programa.

5.1.1 Conhecendo o Programa

5.1.1.1 Inicialização

Ao abrir o *Revit*, uma tela inicial é mostrada. Essa tela tem como finalidade mostrar os últimos arquivos abertos, além de alguns modelos de projetos e famílias, que já foram baixados junto com a instalação do programa (Figura 5-1).

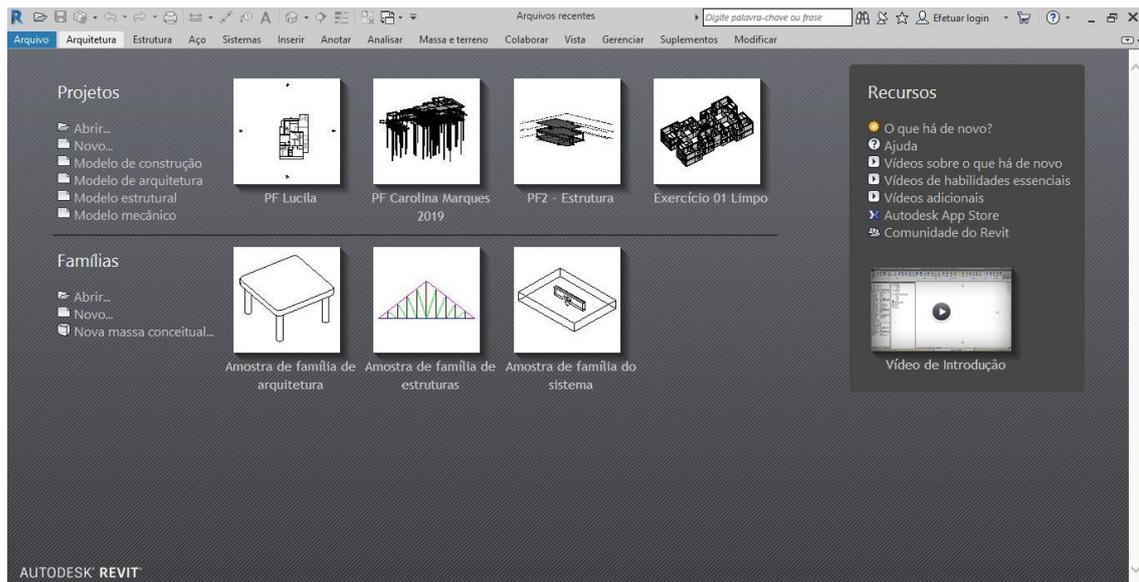


Figura 5-1 - Tela Inicial do Revit.

Para começar uma nova modelagem, opta-se por, primeiramente, criar um arquivo template, ou seja, um modelo de projeto que servirá de base para posteriormente criar o arquivo de projeto, ou criar um projeto diretamente de um arquivo modelo (template) já existente. Um template do *Revit* é um arquivo RTE que guarda configurações de tipos de famílias, unidades, textos, cotas etc. Um projeto do *Revit* é um arquivo RVT criado a partir de um modelo de projeto ou template, em inglês. Os arquivos RFA são famílias, ou seja, grupos de elementos com um conjunto comum de parâmetros que podem ser introduzidas no projeto (Autodesk).

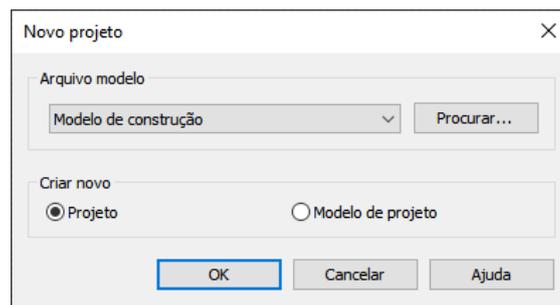


Figura 5-2 - Janela “Novo Projeto”

5.1.1.2 Partes da Interface do Usuário

A Figura 5-3 ilustra as partes da interface do usuário do programa Revit e o Quadro 5-1 as descreve.

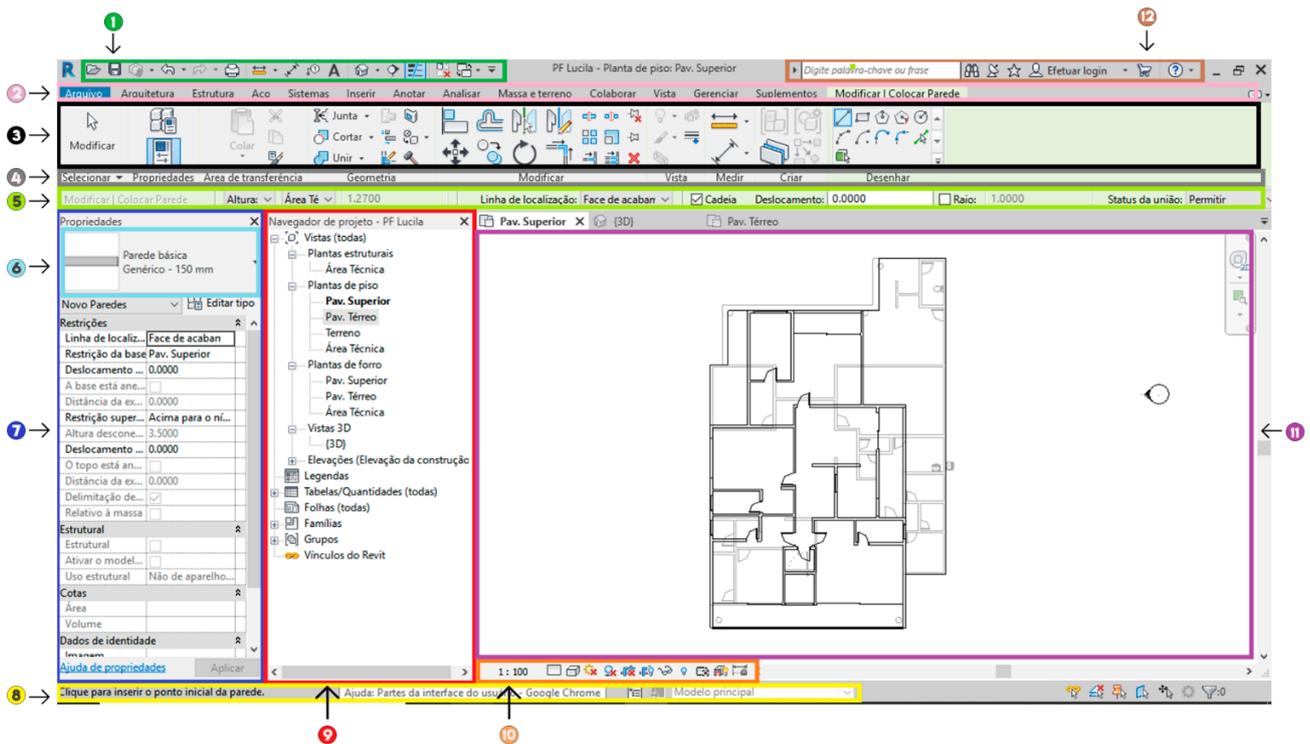


Figura 5-3 - Partes da Interface do Usuário

Quadro 5-1 - Descrição das Partes da Interface do Usuário

Número	Nome	Descrição
1	Barra de Acesso Rápido	A barra de ferramentas de acesso rápido contém um conjunto de ferramentas padrão. É possível personalizar esta barra de ferramentas para exibir as ferramentas que são utilizadas pelo usuário com maior frequência.
2	Guias na Faixa de Opções	Guias que fornecem ferramentas para determinado contexto. São elas: Arquitetura, Estrutura, Aço, Sistemas, Inserir, Anotar, Analisar, Massa e terreno, Colaborar, Vista, Gerenciar, Suplementos e Modificar.
3	Faixa de Opções (Ribbon)	A faixa de opções é exibida quando um arquivo é criado ou aberto. Ela fornece todas as ferramentas necessárias para criar um projeto ou família. Quando você utiliza determinadas ferramentas ou seleciona elementos, uma guia contextual da faixa de opções é exibida, relacionada ao contexto daquela ferramenta ou elemento. A guia é fechada

		quando você sai da ferramenta ou desmarca a seleção.
4	Painéis na Faixa de Opções	Os painéis da faixa de opções exibem um contexto nas quais as ferramentas estão inseridas dentro das guias da faixa de opções.
5	Barra de Opções	A Barra de opções está localizada abaixo da faixa de opções. Exibe ferramentas condicionais dependentes da ferramenta atual ou do elemento selecionado.
6	Seletor de Tipos	O Seletor de tipos identifica o tipo de família selecionado no momento e fornece uma lista suspensa na qual é possível selecionar outro tipo.
7	Paleta Propriedades	A paleta Propriedades é uma caixa de diálogo sem modo onde é possível visualizar e modificar os parâmetros que definem as propriedades dos elementos.
8	Barra de Status	A barra de status fornece dicas sobre o que fazer. Quando você realça um elemento ou componente, a barra de status exibe o nome da família e o tipo.
9	Navegador de Projeto	O Navegador de projeto mostra uma hierarquia lógica para todas as vistas, tabelas, folhas, grupos e outras partes do projeto atual. Quando se expande ou retrai cada ramo, itens de menor nível são exibidos.
10	Barra de Controle de Vista	A Barra de controle de vista fornece rápido acesso às funções que afetam apenas a vista atual.
11	Área de Desenho	A área de desenho exibe vistas (e folhas e tabelas) do modelo atual. Cada vez que uma vista é aberta um modelo, ela é exibida na área de desenho.
12	InfoCenter	O InfoCenter fornece um conjunto de ferramentas que permite acessar diversas fontes de informações relacionadas aos produtos.

Fonte: Adaptada de Autodesk Revit 2019

Com o botão esquerdo do mouse, pode-se clicar e arrastar as paletas de propriedades e de navegador de projeto para posicioná-las em qualquer canto da tela, a direita, esquerda ou acima da área de desenho, conforme preferência do usuário.

É fundamental que o usuário explore cada ferramenta do *Revit* para se familiarizar com o programa. Ao passar o mouse por cima de algum comando, será mostrada uma pequena descrição da funcionalidade daquele comando. Outra recomendação é que o usuário use a tecla F1 do teclado e explore a página inicial de ajuda do *Revit*. A página contém as informações necessárias para o entendimento das ferramentas e suas funções, exibidas através de vídeos, figuras, tabelas etc.

Barra de Controle de Vista

Cada vista possui uma barra de controle de vista específica, que corresponde a apenas a vista na qual se está trabalhando. Uma modificação em um comando da barra de controle de vista apenas terá efeito na vista ativa. A Figura 5-4 mostra ferramentas da barra de controle de vista e o Quadro 5-2 as descreve. Algumas ferramentas estão disponíveis apenas para determinadas vistas ou contextos.

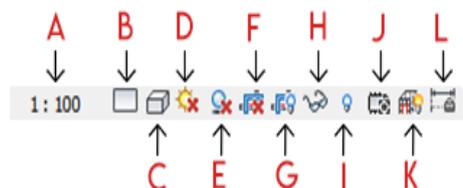


Figura 5-4 – Comandos da Barra de Controle de Vistas

Quadro 5-2 - Descrição das Ferramentas da Barra de Controle de Vista

Ferramenta	Descrição
A	Escala. Permite atribuir uma escala diferente para cada vista no projeto
B	Nível de Detalhe. Permite definir o nível de detalhe para vistas recém-criadas com base na escala da vista. Os níveis de detalhe podem ser baixo, médio ou alto.
C	Estilo Visual. Permite especificar vários estilos diferentes de gráficos para uma vista do projeto.
D	Caminho do Sol (ativado/desativado). Permite que o usuário controle a visibilidade do caminho do sol e das sombras em uma vista preferencialmente 3D.

E	Sombras (ativada/desativada). Permite que o usuário controle a visibilidade do caminho do sol e das sombras em uma vista preferencialmente 3D.
F	Vista de Recorte. A região de recorte define os limites para uma vista do projeto
G	Exibir/Ocultar Região de Recorte. Permite exibir ou ocultar regiões de recorte como necessário.
H	Ocultar/Isolar Temporário. Ocultar ou isolar temporariamente elementos ou categorias de elementos pode ser útil quando se deseja visualizar ou editar apenas alguns elementos de uma determinada categoria na vista.
I	Revelar Elementos Ocultos. Permite examinar temporariamente elementos ocultos e exibir os mesmos
J	Propriedades da Vista Temporária.
K	Mostrar/Ocultar o Modelo Analítico.
L	Revelar Restrições.

Fonte: Adaptada de Autodesk Revit 2019

Controles do mouse e do teclado

Para visualizar o modelo 3D de diferentes ângulos e formas, pode-se utilizar alguns artifícios com o *mouse*. Para arrastar o modelo de um lado para o outro, basta clicar com a roda de rolagem (*scroll*) e mover o *mouse* de um lado para o outro. Para aumentar ou diminuir o *zoom*, basta girar para frente e para trás a roda de rolagem. Para girar o modelo, pressione a tecla SHIFT do teclado juntamente com a roda de rolagem do *mouse* e mova-o de um lado para o outro.

Ao aproximar o cursor de algum elemento na qual o usuário não consegue selecioná-lo, tecle TAB no teclado para trocar a seleção do cursor e assim poder selecionar o elemento desejado. Pressione ESC para encerrar um comando. Pressione BARRA DE ESPAÇO para rotacionar algum elemento. Ao selecionar um elemento, pressione CTRL e clique em outro elemento para adicioná-lo a seleção de elementos. Pressione SHIFT e clique no elemento para excluí-lo da seleção.

5.1.1.3 Guia VISTA

Teclas de atalho

As teclas de atalho trazem praticidade e velocidade ao fluxo de trabalho nos softwares da Autodesk. Ao utilizar um atalho, não há a necessidade de clicar “Enter”, basta digitar as

teclas de atalho e o comando já irá aparecer. Por exemplo, se eu quiser criar uma parede, basta digitar “WA” no teclado e o comando para criar paredes será ativado.

Para criar atalhos de teclado diferentes daqueles já predefinidos, deve-se ir à guia VISTA, clicar em “interface do usuário” e clicar em “atalhos de teclado”, ou digitar o atalho “KS”. A janela de atalhos de teclado irá aparecer e usuário poderá fazer as modificações que desejar nas teclas de atalho.

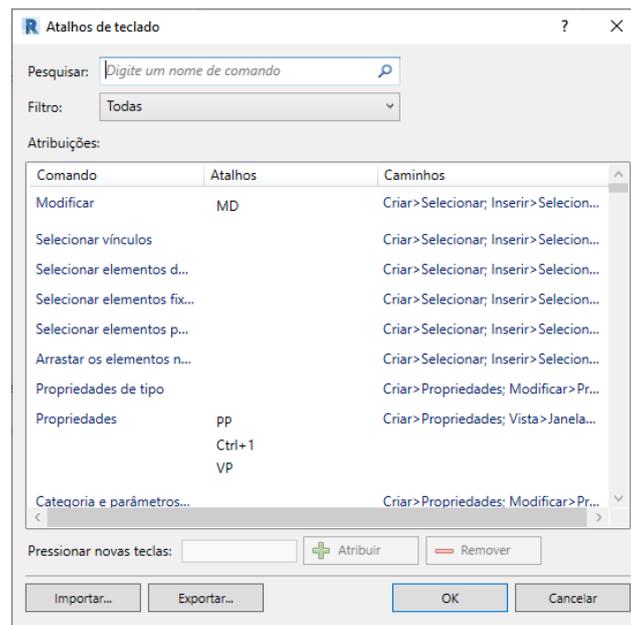


Figura 5-5 - Atalhos de Teclado

O Quadro 5-3 a seguir mostra alguns atalhos utilizados na modelagem da edificação.

Quadro 5-3 - Atalhos do Teclado no Revit

Atalho	Comando
WA	Paredes
DR	Portas
WN	Janelas
PI	Piso
ES	Escada
FO	Forro
TE	Telhado
BM	Viga

CM	Componentes
TR	Trim e Extend
MT	Materiais
PX	Conexão de hidráulica
TU	Tubo
CL	Coluna
WT	Enquadrar vistas na tela
VG	Visibilidade/sobreposição de gráficos
HH	Ocultar elemento
HR	Reiniciar o ocultar elemento

Janelas das vistas e Edição

A área de desenho do *Revit* 2019 pode exibir diversas janelas ao mesmo tempo. Isso facilita a modelagem na medida em que se pode visualizar o elemento sendo modelado em diversas vistas, como na vista 3D, em planta, corte ou vista de elevação. Para visualizar as

vistas lado a lado, clique no ícone de vistas lado a lado na guia VISTA, ou utilize o atalho WT.

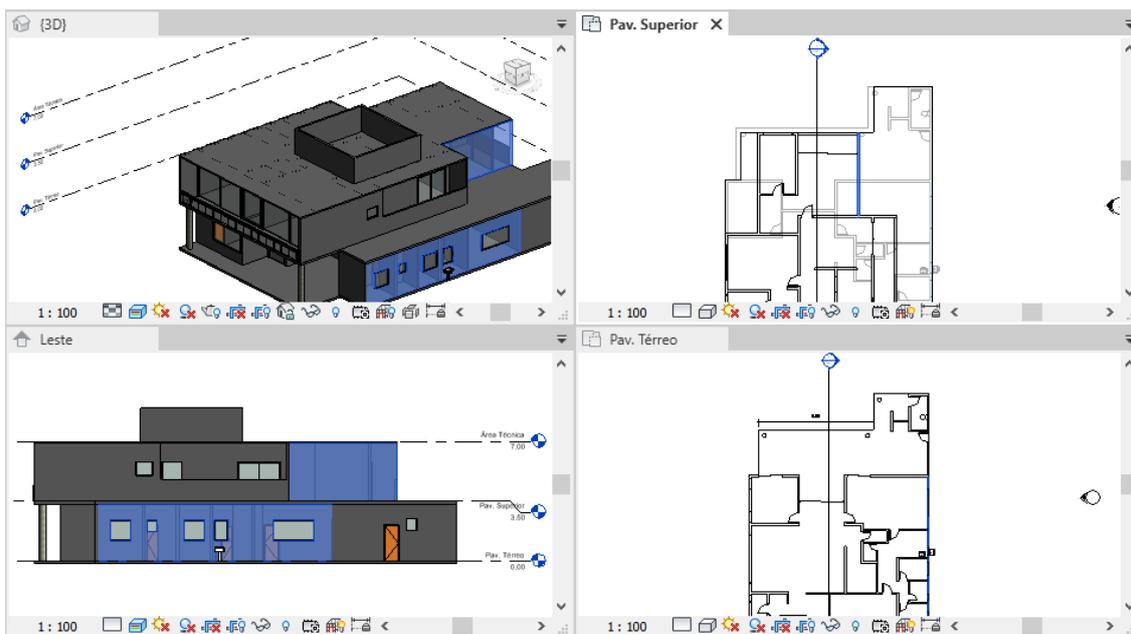
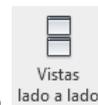


Figura 5-6 - Diversas Janelas Representadas Lado a Lado

Para trabalhar dentro da vista 3D, deve-se dar um duplo clique em {3D} na paleta de navegador de projeto ou acessar o ícone  na barra de acesso rápido. O giro do elemento em 3D é feito pressionando a tecla SHIFT do teclado juntamente com o botão SCROLL do mouse. O cubo situado no canto superior direito da área de desenho também auxilia o usuário para um melhor posicionamento do elemento 3D.

Quando um elemento estiver na cor azul, significa que ele é o elemento que está selecionado e, portanto, pode ser editado. Essa é uma propriedade muito importante no *Revit*, pois pode-se localizar o elemento selecionado em outras vistas e assim obter uma noção melhor de onde aquele elemento, ou parte dele, está representado no projeto como um todo. A Figura 5-6 mostra um elemento parede selecionado em azul em diversas vistas.

Um recurso interessante do *Revit* é a inserção de uma caixa de corte no modelo 3D, que permite que o usuário visualize qualquer corte no modelo, em qualquer direção, para obter uma visualização mais dinâmica dos elementos do modelo. Este recurso está localizado na paleta de propriedades sempre em que se trabalha dentro de uma vista 3D.

5.1.1.4 Guia INSERIR

A guia INSERIR possui ferramentas de vinculação e importação de outros arquivos à modelagem. A ferramenta “Vínculo de IFC”  vincula um arquivo IFC ao projeto atual.

A ferramenta “Vínculo do Revit”  vincula outro modelo do Revit ao projeto atual. As ferramentas de vínculo se diferem das outras pois se alguma alteração posterior for realizada no arquivo de origem, o projeto é atualizado para refletir as alterações feitas.

Clique no ícone “Importar CAD”  para importar uma planta do *AutoCad* para que as linhas sirvam como base na modelagem no *Revit*.

Carregar famílias



O ícone carregar família insere famílias salvas no computador. Junto da instalação do *Revit*, uma biblioteca de componentes é baixada contendo diversas famílias que podem ser utilizadas no projeto. O usuário pode fazer o download de componentes no site da plataforma BIM BR.

A Figura 5-7 mostra uma árvore de hierarquia dos elementos no *Revit* exemplificando o caso de colunas. Todos os elementos do *Revit* são divididos em categorias, famílias, tipos e instâncias. As instâncias são os objetos inseridos no modelo e que possuem tipo, família e categoria.

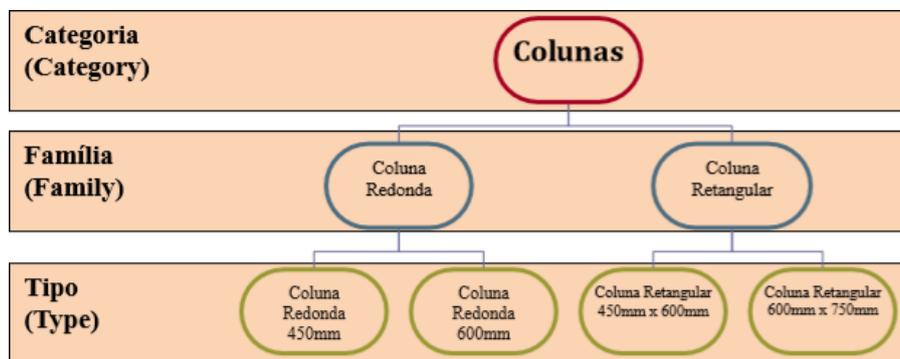


Figura 5-7 - Hierarquia dos Elementos no Revit

5.1.1.5 Guia GERENCIAR

Unidades de Projeto

Para configurar as unidades de projeto, clica-se no ícone  na guia GERENCIAR, ou digita-se o atalho UN.

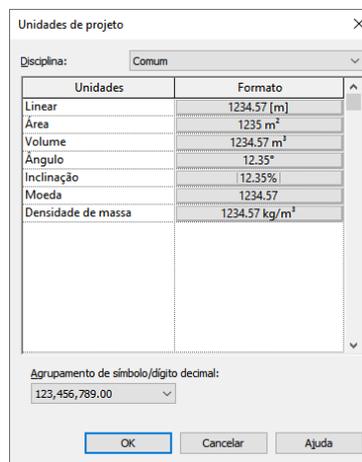


Figura 5-8 - Unidades de Projeto

Informações do Projeto

As informações do projeto podem aparecer diretamente no carimbo produzido pelo usuário, sendo assim um método prático para a criação de pranchas. Para abrir a janela de informações do projeto, clique no ícone  na guia GERENCIAR

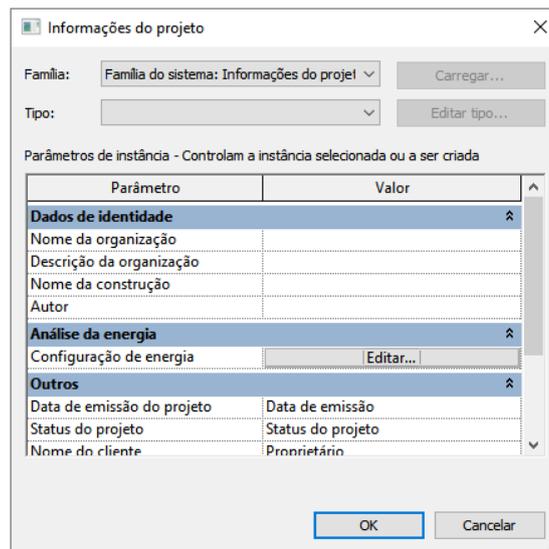
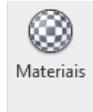


Figura 5-9 - Informações do Projeto

Materiais

Para gerenciar os materiais do projeto, clique no ícone “materiais”  que irá abrir o “navegador de materiais” (Figura 5-10).

A janela de navegação de materiais permite selecionar, criar e editar materiais no *Revit*. Esses materiais poderão ser atribuídos aos elementos do projeto. O ícone  do canto inferior esquerdo permite abrir e criar uma biblioteca de materiais. Clique no ícone  para criar materiais, a partir da duplicação de algum material selecionado ou criando um material padrão. As informações do material sobre identidade, gráficos, aparência, propriedades físicas e térmicas podem ser inseridas e editadas através das abas indicadas na parte superior da Figura 5-10. O ícone  abre o navegador de recursos (Figura 5-11), que permite substituir recursos dos materiais, ao clicar no botão indicado em vermelho na figura.

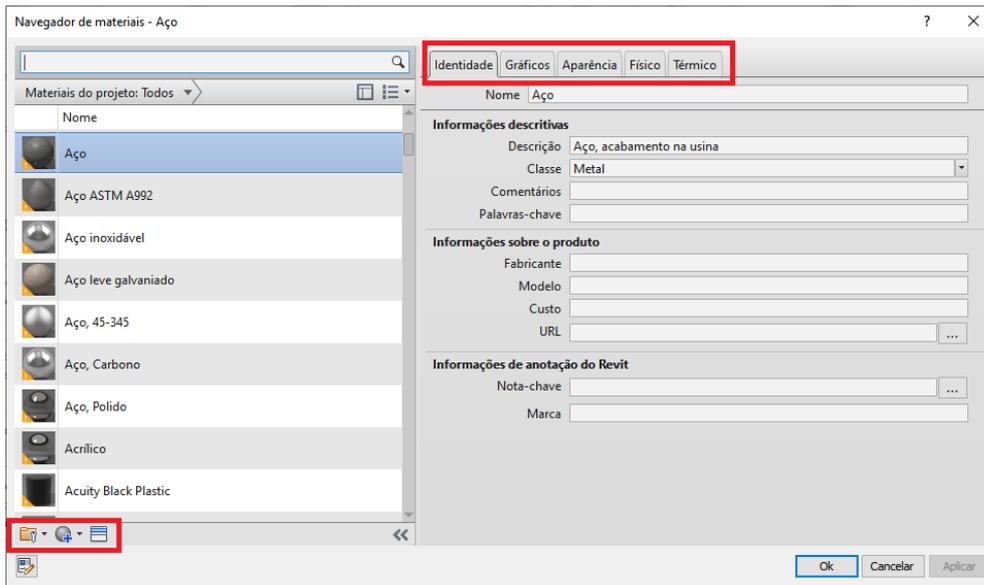


Figura 5-10 - Navegador de Materiais

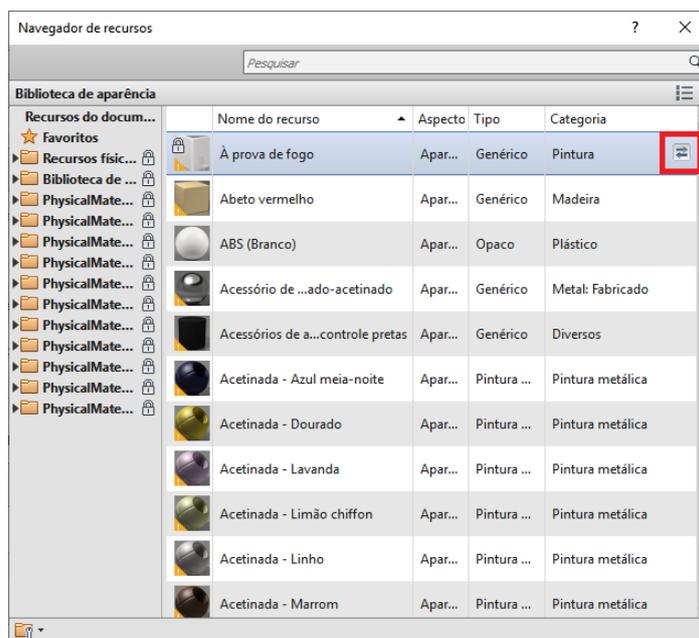
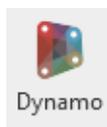


Figura 5-11 - Navegador de Recursos

Dynamo

O *Dynamo* já é instalado como parte do *Revit* e está presente desde a versão 2016 do programa. O botão para acesso ao *Dynamo* está localizado na guia GERENCIAR, no painel



programação visual, no canto direito. Ao abrir o *Dynamo*, versão 1.3.3, é apresentado

um pequeno Guia de Introdução com instruções sobre como programar utilizando a plataforma. É possível reproduzir scripts já criados do Dynamo diretamente pelo botão “Reprodutor do Dynamo”.

5.1.1.6 Guia MODIFICAR

A guia MODIFICAR possui ferramentas de edição dos elementos, muitos deles similares às ferramentas do *AutoCad*, Como a ferramentas *trim*, *offset*, copiar, rotacionar e mover. A Figura 5-12 mostra as ferramentas da guia modificar.

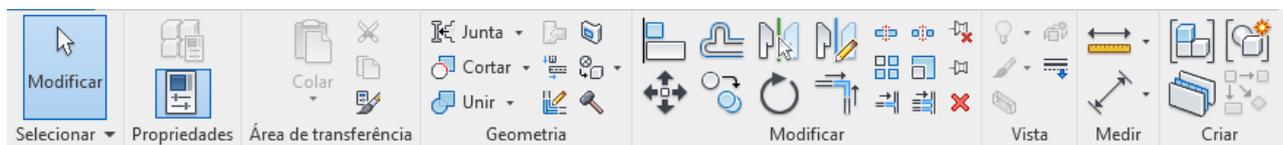


Figura 5-12 - Ferramentas da Guia Modificar

Comando “Fixar” (PN) (UP)

O comando fixar aplica um pino no elemento selecionado fazendo com que este fique bloqueado, ou seja, não possa ser movido ou excluído. O atalho PN fixa o elemento e o atalho



Alinhar

O comando Alinhar, de atalho AL e ícone  é útil na modelagem no *Revit*, pois possibilita o alinhamento de um ou mais elementos à um elemento de referência. O comando pode ser utilizado, por exemplo, para alinhar uma parede existente à uma linha de parede do arquivo DWG inserido no *Revit*.

Pintura

Para pintar a face de determinado elemento, deve-se ir ao menu MODIFICAR e clicar no ícone , ou pode-se também usar o atalho PT.

Filtro



O comando filtro muito é útil e foi muito utilizado na modelagem, pois permite filtrar os elementos selecionados quando múltiplos elementos são selecionados. A ferramenta filtro é visível quando se seleciona mais de um elemento no modelo.

5.1.2 Modelagem Arquitetônica

O template utilizado para a modelagem arquitetônica foi o template arquitetônico padrão do *Revit*, modificando as unidades de medida linear para metros e inclinação para porcentagem.

5.1.2.1 Níveis e Cortes

Ao começar a modelar, recomenda-se primeiramente criar os níveis de acordo com os níveis especificados no projeto. Para criar um nível, deve-se estar em qualquer vista de elevação do navegador de projeto. Pode-se editar o nome do nível e a distância entre níveis apenas ao clicar no número, no nome ou na cota temporária que aparecerá quando um nível for selecionado e estiver na cor azul.

Para criar um nível, pode-se clicar com o botão direito do mouse em um nível existente e depois em “criar similar”, ou clicar no ícone de nível  do painel dados da guia ARQUITETURA. Ao criar um nível, novas vistas de piso e de forro serão geradas automaticamente e aparecerão na paleta de navegador de projeto. Ao renomear os níveis na área de desenho, o Revit irá abrir uma janela perguntando se o usuário deseja também renomear as vistas geradas. Clique em “sim”.

Os níveis produzidos no projeto são: Fundação, Pavimento Térreo, Pavimento Superior, Área Técnica (nível onde será instalada a caixa d’água) e Cobertura.

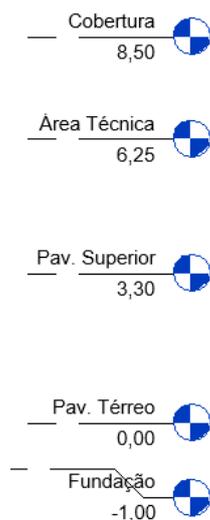


Figura 5-13 - Níveis do Projeto

Para criar um corte, basta ir à guia VISTA, e clicar no ícone “Corte”  , dentro de alguma vista de planta ou elevação, e assim criar a linha de corte passando pelo local escolhido. As vistas dos cortes e dos níveis criados aparecerão automaticamente no navegador de projeto, e poderão assim ser selecionada e visualizadas (Figura 5-14). Para acessar as vistas dos cortes,

pode-se também dar um duplo clique no indicador de corte  .

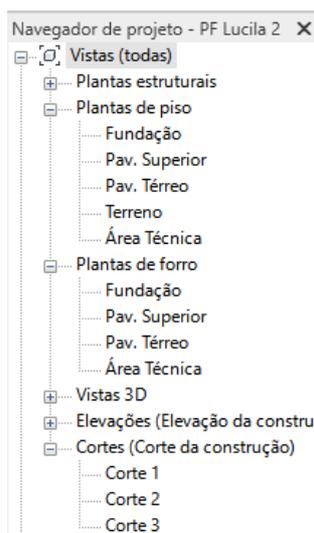


Figura 5-14 - Vistas e Cortes no Navegador de Projeto

5.1.2.2 Paredes

Para criar paredes, clique na ferramenta PAREDE na guia ARQUITETURA, ou digite o atalho “WA”. Pode-se criar o croqui das paredes com base em linha reta, arcos, retângulos, curvas ou qualquer polígono, como mostra o painel “desenhar”, na Figura 5-15.



Figura 5-15 - Painel Desenhar na Guia Modificar/Colocar Parede

Na barra de opções, é possível definir a altura desconectada da parede, ou seja, uma altura independente, sem estar atrelada a um parâmetro, ou conectá-la a algum nível superior, de forma que a altura da parede se modifique se houver alteração na distância entre os níveis ou pavimentos. Dessa forma, se o pé direito do pavimento aumentar, a altura da parede irá aumentar automaticamente. Pode-se também, ao criar a parede, definir a linha de localização do cursor nas faces da parede, como na face interna, externa ou linha central da parede. Deve-se estar dentro de uma vista de planta ou vista 3D para construir paredes.

Ao gerar uma parede conectada ao pavimento superior, pode-se definir um deslocamento superior, ou seja, uma altura acima ou abaixo da restrição superior, na paleta de propriedades. Essa opção é interessante para construir paredes que, ao invés de ter a altura exata entre os níveis, possuam uma altura 10 centímetros abaixo do nível superior, supondo a construção de uma laje posteriormente, por exemplo. Pode-se clicar nas setinhas  para espelhar a posição das paredes se necessário.

No seletor de tipo, na paleta de propriedades, pode-se escolher os tipos de paredes disponíveis e suas espessuras. Para criar um tipo de parede diferente, clique em “EDITAR TIPO” na paleta de propriedades. Este botão permite editar qualquer tipo de família que se deseje dentro no modelo, não só paredes. Clique em “DUPLICAR” para construir uma nova parede (Figura 5-16). Recomenda-se nomeá-la com a mesma espessura com a qual se deseja criar a parede. Após isso, clique em “EDITAR” para montar uma parede com a espessura e materiais desejados. Clique em “VISUALIZAR” para ver a montagem dos componentes da parede (Figura 5-17).

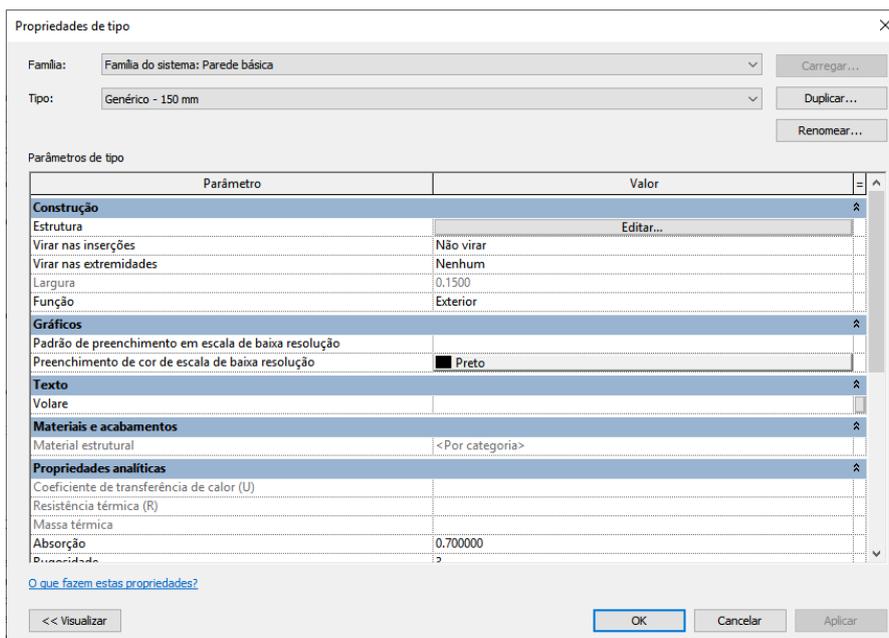


Figura 5-16 - Propriedades de Tipo

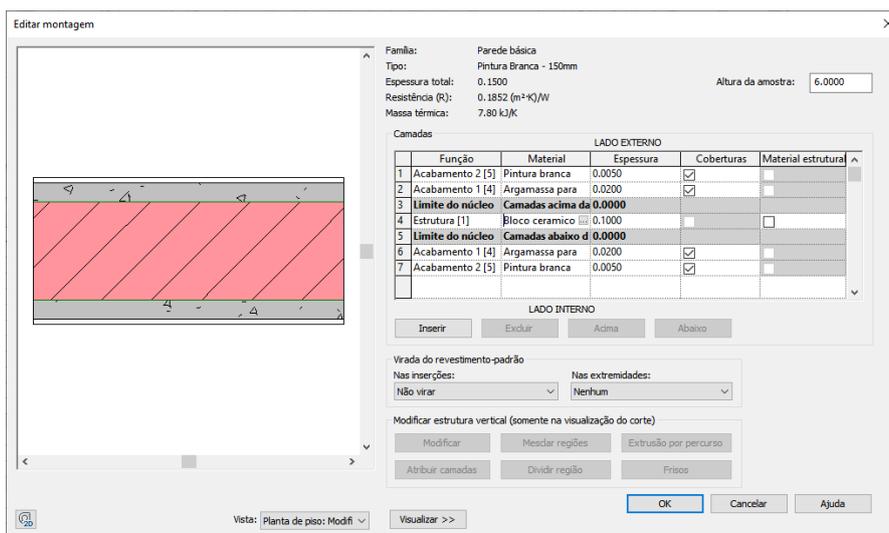


Figura 5-17 - Edição da Montagem de Paredes

Na edição da montagem, é possível definir as camadas da parede e suas espessuras, ou seja, sua estrutura, substrato, acabamentos e seus materiais. Na modelagem em questão, utilizou-se pintura branca nos dois lados das paredes. Em ambientes de área molhada, utilizou-se revestimento cerâmico na parede interna.

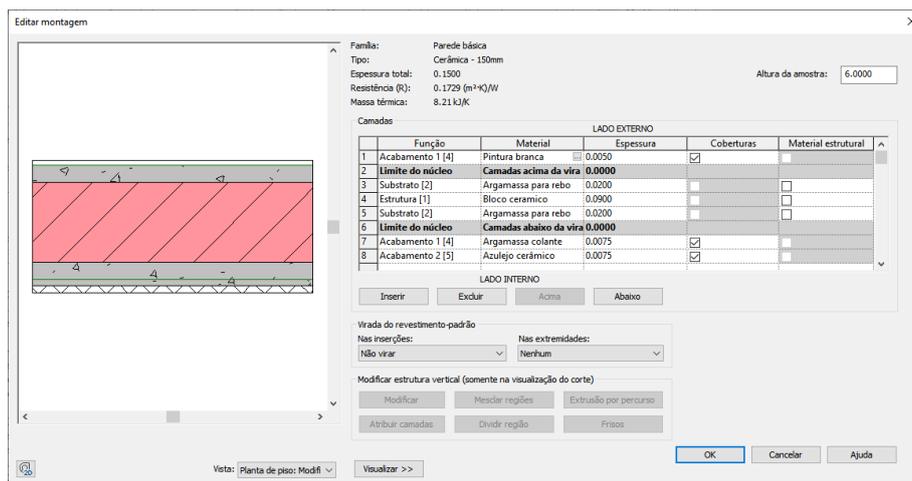


Figura 5-18 - Edição da Montagem de Paredes em Áreas Molhadas

5.1.2.3 Portas e Janelas



Para inserir portas e janelas, clique nos ícones “porta” (atalho DR) e “janela”



(atalho WN), respectivamente. Selecione as portas e janelas de preferência no seletor de tipos na paleta de propriedades, ou carregue novas famílias, que serão introduzidas ao projeto e aparecerão no seletor de tipos.

No botão “EDITAR TIPO” na paleta de propriedades, pode-se duplicar os tipos de portas ou janelas para criar outras e poder editá-las conforme dimensões desejadas de comprimento, altura, largura etc.

As portas e janelas podem ser inseridas apenas em paredes, dessa forma, deve-se primeiramente modelar as paredes para inseri-las no modelo.

Para rotacionar ou espelhar as portas e janelas já inseridas, clique nas setas indicadas na Figura 5-19. Para posicioná-las, clique na cota temporária indicada e digite um valor. Defina a altura do peitoril da janela na paleta de propriedades.

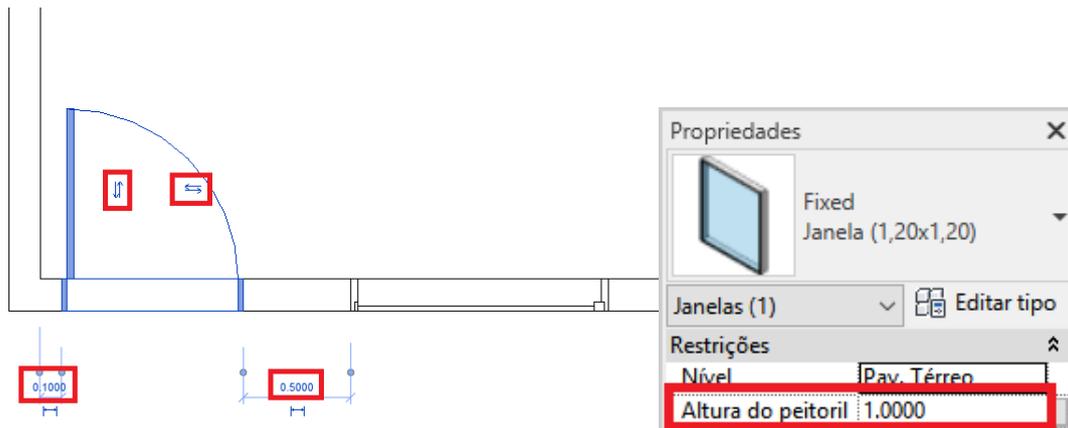
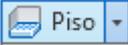


Figura 5-19 - Edição de Portas e Janelas

5.1.2.4 Pisos

Para construir os pisos acabados, ou seja, o piso sobre a laje, clique no comando “Piso: arquitetônico”, de ícone  na guia ARQUITETURA. Após isso, faça o croqui dos pisos nos ambientes, como o exemplo representado na cor rosa na Figura 5-20. Deve-se lembrar de selecionar o tipo de piso de preferência no seletor de tipos, e/ou adicionar (duplicar) os pisos inserindo os materiais e informações desejadas no botão “EDITAR TIPO”, da paleta de propriedades. Ao concluir a edição dos limites do piso, clique em “concluir” conforme indicado na figura.

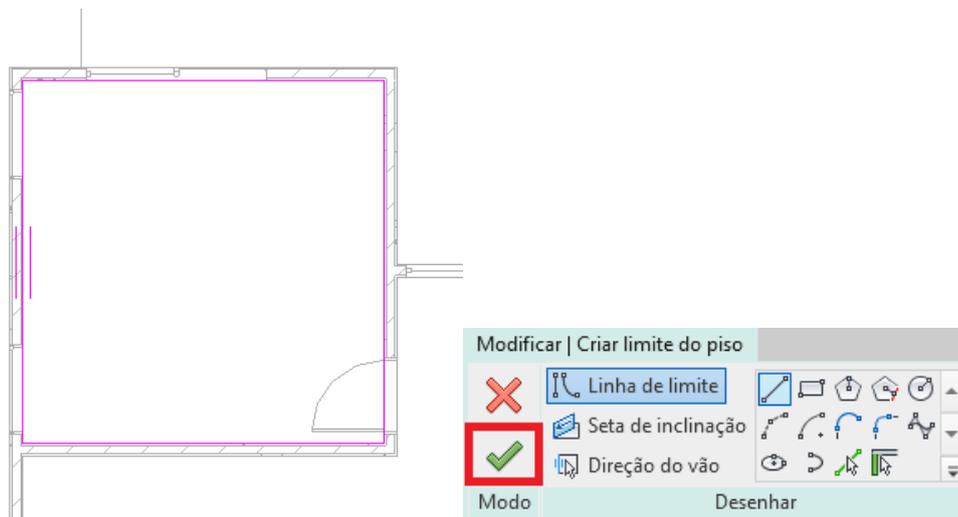


Figura 5-20 - Criação do Croqui do Piso

Na modelagem da casa, usou-se quatro tipos de piso: piso porcelanato, piso cerâmico com impermeabilização para as áreas molhadas internas, piso em granito para as soleiras e piso cerâmico impermeabilizado para as áreas externas. A espessura dos pisos foi definida na janela

de edição de montagem, em que se incluiu argamassa para contrapiso, impermeabilização, argamassa colante e o revestimento de piso (porcelanato ou cerâmico). Os pisos externos e internos de áreas molhadas possuem espessura total de 3cm e os demais espessura de 5cm.

Além disso, foram incluídos os pisos estruturais (lajes) pré dimensionadas, com 10cm de espessura. Para inserir os pisos estruturais, clique no botão  na guia ESTRUTURA, ou na setinha ao lado do ícone referente ao piso na guia ARQUITETURA. Crie em seguida o croqui com os limites do piso estrutural, para cada pavimento.

Os pisos são criados abaixo do nível selecionado, ou seja, a face superior do piso coincide com a linha do nível. Para não haver interferência com a laje, deve-se aplicar ao piso acabado um deslocamento do nível que seja igual a espessura do piso, na paleta de propriedades (Figura 5-21).

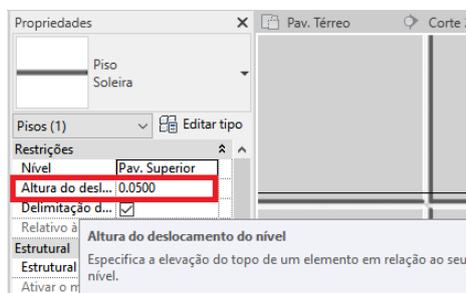


Figura 5-21 - Aplicando Deslocamento ao Piso Acabado na Paleta de Propriedades

Após a criação dos pisos, é interessante utilizar um comando que anexa as paredes ao piso. Para isso, selecione as paredes que irão se conectar à laje do pavimento acima, e clique no botão “anexar topo/base” (Figura 5-22), selecionando em seguida a laje.

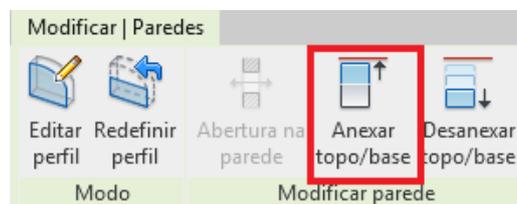


Figura 5-22 - Botão Anexar Parede ao Topo/Base

O comando piso também permite criar pisos inclinados para a modelagem de rampas. Para adicionar rodapés, clique em “Parede: moldura” na guia ARQUITETURA (Figura 5-23), em uma vista de corte ou 3D.

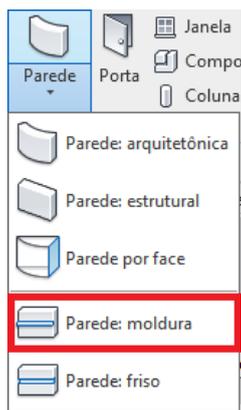


Figura 5-23 - Inserindo Rodapés

5.1.2.5 Forro

A inserção de forros é simples no Revit. Ao entrar em uma vista de forro, clique no ícone “Forro”  na guia ARQUITETURA. Em seguida, escolha entre a colocação de forro automática ou através de croqui, conforme Figura 5-24. O forro automático pode ser inserido em um ambiente sem a necessidade de delimitá-lo. Na paleta de propriedades, pode-se definir a altura do forro em relação ao nível do pavimento. Utilizou-se forro em gesso em todos os ambientes do pavimento térreo. Nos ambientes do pavimento superior, incluindo as sacadas, utilizou-se o comando “pintura”  na guia MODIFICAR para inserir material de pintura na laje.



Figura 5-24 - Colocar Forro

5.1.2.6 Telhado

Para criar telhados clique no ícone “telhado”  na guia ARQUITETURA, onde há opção de criar o telhado por perímetro com as opções de ferramentas de desenhar, sejam elas linha, retângulos, arcos etc., na guia MODIFICAR|CRIAR PERÍMETRO DO TECLADO.

Para definir as águas do telhado, selecione as linhas que representam as extremidades do telhado e marque a caixa “define a inclinação” na barra de opções. Um pequeno triângulo irá aparecer próximo a linha selecionada, indicando que aquela extremidade corresponde a uma água do telhado, conforme Figura 5-25. Se a opção “define a inclinação” não estiver marcada para nenhuma das linhas, será produzido um telhado plano. Nota-se que é possível ditar a inclinação clicando no texto que aparecerá ao lado do pequeno triângulo, ao selecionar a linha. Também é possível editar essas configurações na paleta de propriedades.

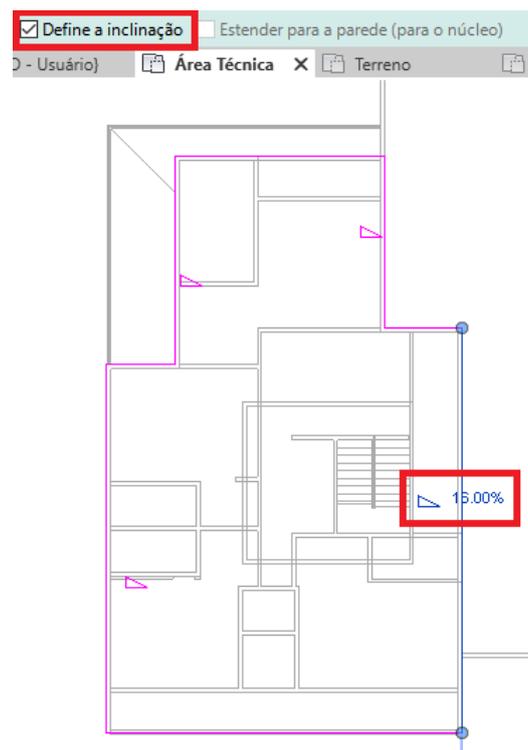


Figura 5-25 - Croqui do Telhado

Lembre-se de selecionar o tipo de telha para as coberturas na paleta de propriedades através do seletor de tipos, ou crie novos telhados por meio do botão “Editar Tipo”.

Para inserir as calhas, clique na setinha ao lado do ícone de telhado, conforme Figura 5-26. Após selecionar uma calha no seletor de tipos, clica-se nas linhas de extremidade do telhado para incluir as calhas automaticamente.

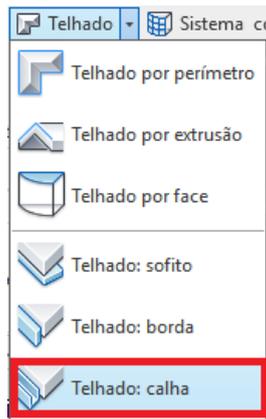
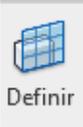


Figura 5-26 - Comando Telhado: Calha

Para a estrutura do telhado, primeiramente foram carregadas famílias de vigas metálicas e de madeira para compor as tesouras, terças, caibros e pontaletes do telhado. Após a inserção das famílias, para a criação das terças e caibros do telhado, clique em “sistemas de vigas”

 Sistema de vigas na guia ESTRUTURA. Em seguida, clique em “definir”  para definir um plano de trabalho onde os elementos serão inseridos, e depois, delimite a área de inserção das vigas com o croqui (linha cor de rosa).

Para a criação dos pontaletes apoiados na laje, use a ferramenta “Colunas” da guia estrutura. Carregue uma família de coluna metálica para compor os pontaletes e selecione-os no seletor de tipos.

Para a criação das tesouras, clique no ícone “Treliça”  Treliça da guia ESTRUTURA. Carregue uma família de treliças e insira a treliça em uma vista de planta de cobertura. Para visualizar a treliça, entre em uma vista de corte e, na paleta de propriedades, edite a treliça carregada no modelo e atribua os materiais dos elementos da treliça clicando no botão “editar tipo”.

Para uma melhor visualização dos elementos da estrutura do telhado, que se encontram “escondidos” pelo telhamento, é interessante usar uma ferramenta de transparência da superfície. Clique com o botão direito do *mouse* no telhamento, e em seguida, clique com o botão esquerdo do *mouse* em “sobrepor gráficos na vista”, e depois “por categoria”. Uma janela chamada “Gráficos de categoria específicos da vista” aparecerá, onde diversas configurações de gráficos podem ser modificadas Figura 5-27.

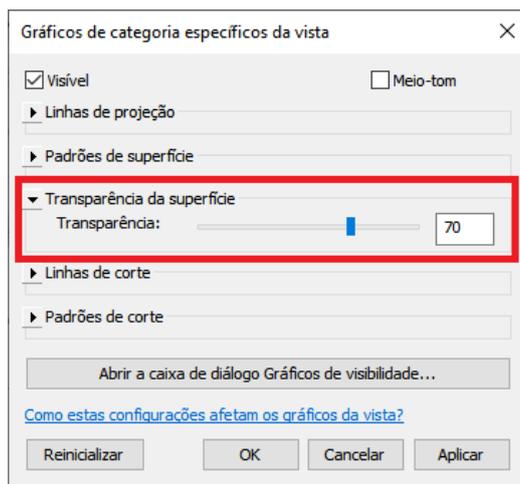


Figura 5-27 - Adicionando Transparência ao Telhamento na Janela “Gráficos de Categoria Específicos da Vista

5.1.2.7 Painel Ambiente e Área

O painel “Ambiente e Área” da guia ARQUITETURA contém comandos que criam ambientes ao modelo. Um ambiente é uma subdivisão do espaço em um modelo de construção, com base em elementos como paredes, pisos, telhados e tetos, que são delimitantes de ambiente (Autodesk Revit 2019).

Para introduzir um ambiente, clique no ícone “ambiente”  Ambiente.

A área e o volume do ambiente são calculados automaticamente quando se insere um ambiente à uma geometria. Além disso, o texto do ambiente é paramétrico à geometria do ambiente em que ele está inserido. Assim, se uma parede for deslocada, o texto que informa a área ou volume do ambiente irá se modificar informando o valor atualizado, uma vez que a área e o volume do ambiente mudaram. Pode-se nomear o ambiente clicando no texto “ambiente” (Figura 5-28) ou introduzindo um identificador de ambiente.

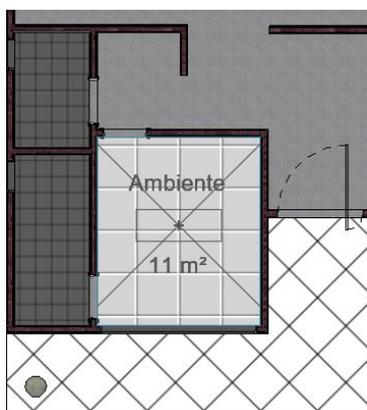
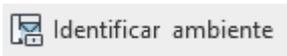


Figura 5-28 - Inserindo um Ambiente

Para selecionar o ambiente inserido, clica-se no grande “x” que aparece dentro da geometria do ambiente (Figura 5-28). Se o grande “x” não aparecer ao passar o cursor do mouse pelo ambiente, pressiona-se “TAB” no teclado para buscar a seleção do ambiente realçada em azul.

Deve-se lembrar de adicionar a altura do ambiente na paleta de propriedades ou na barra de opções, conforme Figura 5-29. Ao fazer isso, é possível introduzir um identificador de ambiente nas vistas dos cortes através do botão “identificar ambiente”  (Figura 5-30).

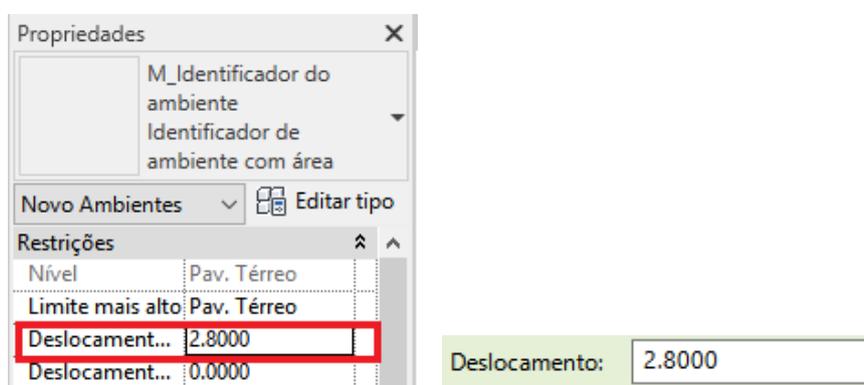


Figura 5-29 Deslocamento do Limite do Ambiente



Figura 5-30 - Identificador de Ambientes no Corte

Pode-se introduzir um separador de ambiente ao clicar no ícone  que cria uma linha que separa os ambientes em locais onde não há uma parede ou outros elementos de separação de ambiente. Esse recurso é útil para separar por exemplo o hall de entrada da sala de estar, e a sala de jantar da circulação.

5.1.2.8 Anotação

A guia ANOTAÇÃO possui diversos comandos que inserem cotas, notas de texto, notas-chave, identificadores e símbolos (Autodesk Revit 2019).



A ferramenta “identificar todos” de ícone aplica identificadores e símbolos em elementos não identificados em uma só operação. Esta função pode ser útil, por exemplo, quando são colocados e identificados ambientes em uma vista da planta de piso, e se deseja visualizar os identificadores para os mesmos ambientes em uma vista da planta de forro refletido (Autodesk Revit 2019).

Este comando abre uma janela (Figura 5-31) que permite identificar todos os elementos que ainda não estão identificados, como portas, janelas, degraus da escada, símbolo de direção do vão etc.

As famílias de identificadores desejadas precisam ser carregadas no projeto antes de usar a ferramenta “identificar todos”.

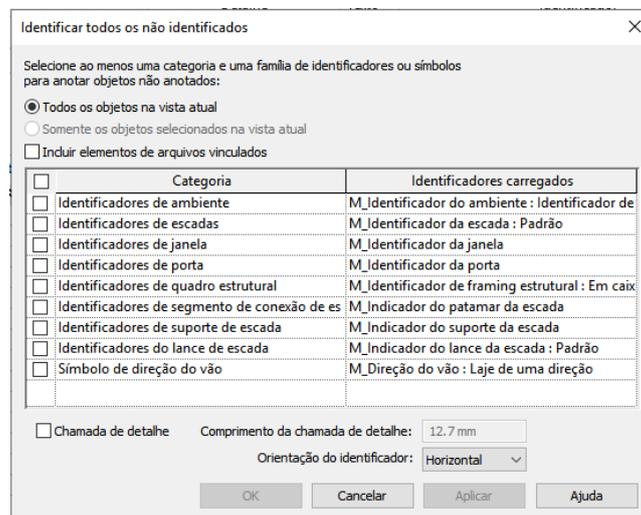


Figura 5-31 - Identificar Todos os Não Identificados

Para cotar qualquer elemento no Revit, use o atalho “DI” no teclado ou acesse a guia ANOTAÇÃO e clique nos ícones do painel “cota”.

5.1.2.9 Modo Ray Trace

O estilo visual Ray Trace é um modo de renderização foto realista que permite efetuar o *pan* e *zoom* com o modelo do Revit. (Autodesk, Revit 2019). O *pan* e *zoom* mostraram um pouco de lentidão ao utilizar o estilo Ray Trace, dessa forma, não é aconselhável realizar a modelagem no modo de renderização.

A Figura 5-32 ilustra o caminho para ativar o estilo visual Ray Trace, localizada na barra de controle de vista.

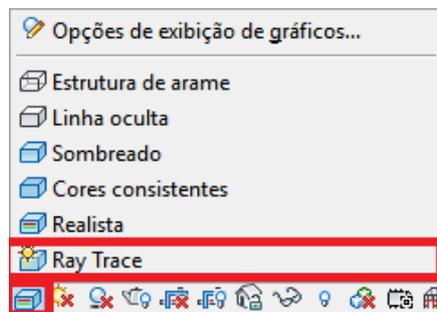


Figura 5-32 - Ativando Modo Ray Trace

5.1.3 Modelagem Estrutural

A modelagem estrutural foi realizada em um arquivo diferente com o template estrutural padrão do Revit.

5.1.3.1 Vinculando o Modelo Arquitetônico ao Estrutural

No Revit, a modelagem arquitetônica pode ser vinculada à modelagem estrutural. Para

isso, utilizou-se a ferramenta “Vínculo do Revit”  da guia INSERIR. O modelo arquitetônico poderá ser inserido no arquivo atual como uma grande “caixa” que não pode ser modificada e servirá como base para a inserção dos elementos estruturais.

Para copiar os níveis e plantas do projeto, entre em uma vista de elevação ou corte, e na guia COLABORAR clique em “Coordenar > Copiar/Monitorar > Selecionar vínculo” (Figura 5-33). Selecione o grande “quadrado” que corresponde ao modelo arquitetônico vinculado. Clique em “Copiar” (Figura 5-34), marque a caixa “múltiplo” e selecione os níveis que deseja

copiar. Clique em “concluir” ao lado de múltiplo para concluir a cópia. Em seguida, clique em “concluir” na guia COPIAR/MONITORAR para concluir a inserção dos níveis ao modelo estrutural, que resultou na representação dos níveis na cor preta. Para obter as vistas das plantas estruturais vá na guia VISTA, clique em Vistas de planta > Planta estrutural e selecione os todos níveis copiados para sejam produzidas vistas destes níveis. As vistas criadas agora podem ser acessadas na paleta “Navegador de projeto”.

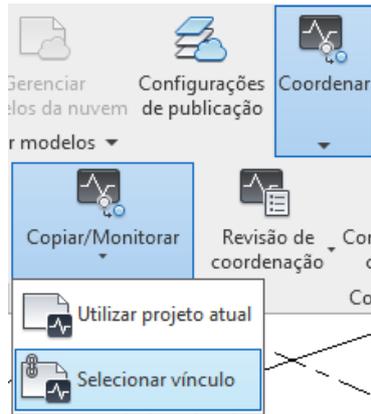


Figura 5-33 - Colaborar com Vínculo do Revit



Figura 5-34 - Copiando Níveis de um Modelo Vinculado

Ao trabalhar com a ferramenta Vínculo do Revit, qualquer alteração feita no projeto arquitetônico será atualizado automaticamente no projeto estrutural.

5.1.3.2 Eixos de Locação (Grids)

O ícone “eixo”  na guia ESTRUTURA coloca linhas de eixo que servirão como base para posicionar os pilares no modelo.

Neste momento, é interessante fixar os eixos para que estes não possam ser excluídos

ou movimentados equivocadamente, através do botão  na guia MODIFICAR.

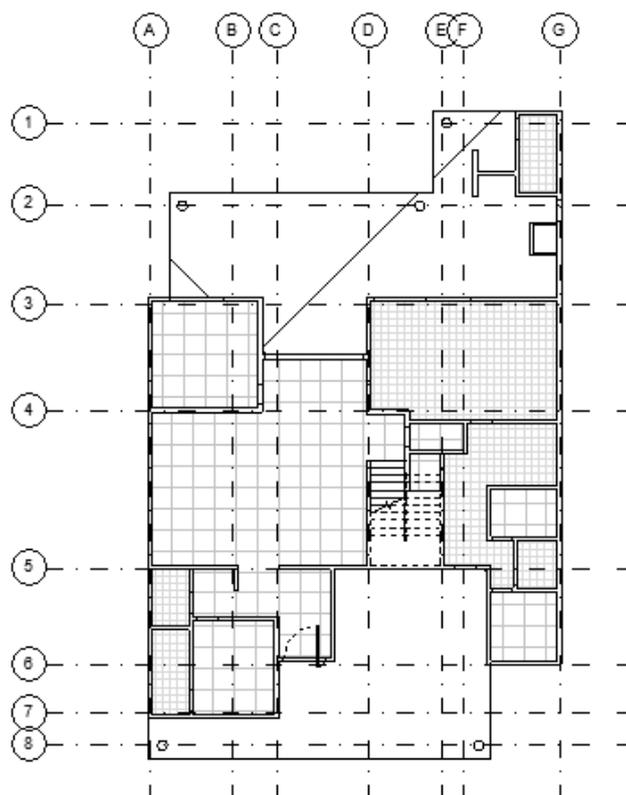
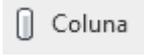


Figura 5-35 - Eixos do Projeto

5.1.3.3 Pilares, Vigas e Lajes

Para inserir os pilares, clique no botão “Coluna”  na guia ESTRUTURA, ou atalho “CL”. Carregue famílias de pilares de concreto com as dimensões de base e altura correspondente ao projeto.

Ao inserir os pilares, deve-se configurar o nível base, o nível superior, o deslocamento da base e o deslocamento superior dos pilares, na paleta de propriedades.



Para inserir as vigas, clique no botão  na guia ESTRUTURA, ou atalho “BM”. O procedimento é similar à introdução dos pilares, devendo se atentar para o nível de referência (na paleta de propriedades) e as dimensões das vigas, buscando sempre duplicar os tipos de viga quando for necessária a criação de outras vigas com valor da base ou altura diferentes.

As lajes maciças foram inseridas através da ferramenta “piso: estrutural” (Figura 5-36) e o procedimento é similar ao explicado anteriormente no capítulo de modelagem arquitetônica.

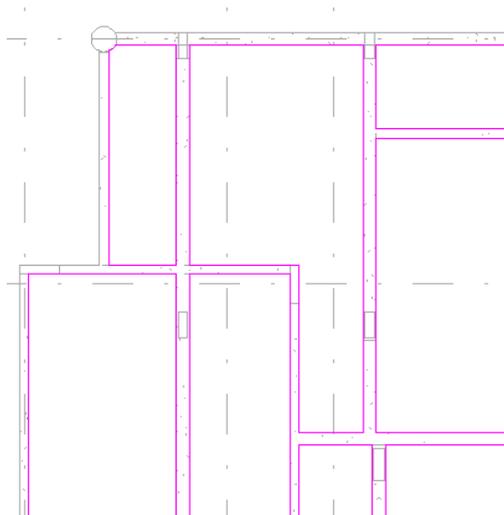


Figura 5-36 - Croqui da Construção dos Limites da Lajes em Trecho do Pavimento Superior

5.1.3.4 Fundação

Na modelagem em questão, foram utilizados blocos sobre estacas para a fundação.



Clique no ícone da guia ESTRUTURA. Selecione o tipo de fundação isolada no seletor de tipos da paleta de propriedades, e segue-se com a inserção dos blocos nos pilares.

A Figura 5-37 mostra o modelo estrutural com as vigas, os pilares, as lajes e a fundação.



Figura 5-37 - Fundação, Vigas, Pilares e Lajes no Modelo

5.1.3.5 Armação

A inserção das armaduras é feita em cada componente da estrutura separadamente, elemento por elemento, já que as armaduras de cada elemento são diferentes uns dos outros.

Os vergalhões ficam “escondidos” dentro das vigas, pilares e lajes. Para visualizar o vergalhão, pode-se aumentar a transparência dos elementos em concreto, como descrito anteriormente na seção de telhado.

Para a inserção dos vergalhões nas vigas, crie um corte nas vigas para permitir a

visualização da seção da viga. Ao clicar no ícone “vergalhão”  da guia ESTRUTURA aparecerá a paleta de navegador de formatos de vergalhão (Figura 5-38), com diversos formatos disponíveis para escolha. Na faixa de opções, diversas ferramentas de edição aparecem, em que se pode editar a orientação da inserção das barras, introduzir um conjunto de vergalhões, entre outros (Figura 5-39). Para a introdução das armaduras positivas e negativas, deve-se escolher a orientação perpendicular ao cobrimento. Para a inserção dos estribos, escolhe-se o plano paralelo ao plano de trabalho.

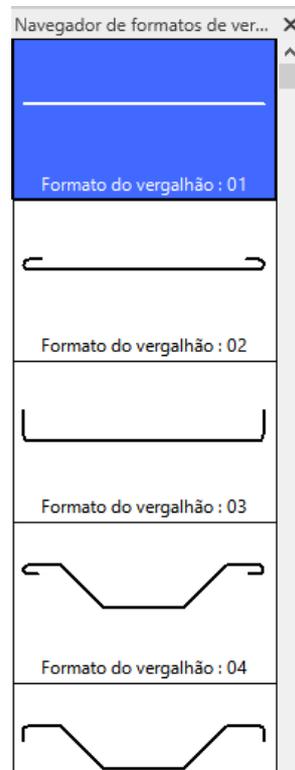


Figura 5-38 - Navegador de Formatos de Vergalhão



Figura 5-39 - Guia Modificar/Colocar Vergalhão

Para inserir as ferragens nas lajes, selecione a laje e clique no ícone “armadura de área”  que estará localizado no canto direito da faixa de opções. Ao selecionar a ferramenta, desenhe o croqui que corresponde aos limites das lajes.

Para inserir os vergalhões nos pilares, deve-se criar um plano de trabalho que passe transversalmente aos pilares, usando as ferramentas do painel plano de trabalho (Figura 5-40), para em seguida prosseguir com a inserção dos vergalhões como mostrado anteriormente, trabalhando dessa vez com base no plano de trabalho criado.

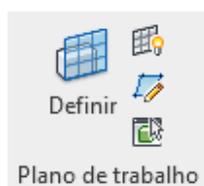


Figura 5-40 - Ferramentas para Criação de um Plano de Trabalho

Para inserir as barras longitudinais em pilares circulares, pode-se utilizar a ferramenta **MATRIZ**  da guia MODIFICAR para criar uma matriz radial de barras nos pilares circulares, definindo o centro de rotação e angulação entre as barras.

5.1.3.6 Modelo Analítico

Na medida em que um modelo físico estrutural é feito no Revit, um modelo analítico estrutural é criado automaticamente. Um modelo analítico é uma representação 3D simplificada da descrição completa de engenharia de um modelo físico estrutural, contendo parâmetros de instância, propriedades de material físico e posição padrão relativa ao próprio membro estrutural. (AUTODESK, 2019). O modelo analítico pode ser exportado posteriormente para aplicativos de cálculo estrutural, para assim serem feitas as análises pertinentes.

Para mostrar e ocultar um modelo analítico, clique no ícone  da barra de controle de vista. A Figura 5-41 mostra um comparativo entre o modelo físico e o modelo analítico da edificação.

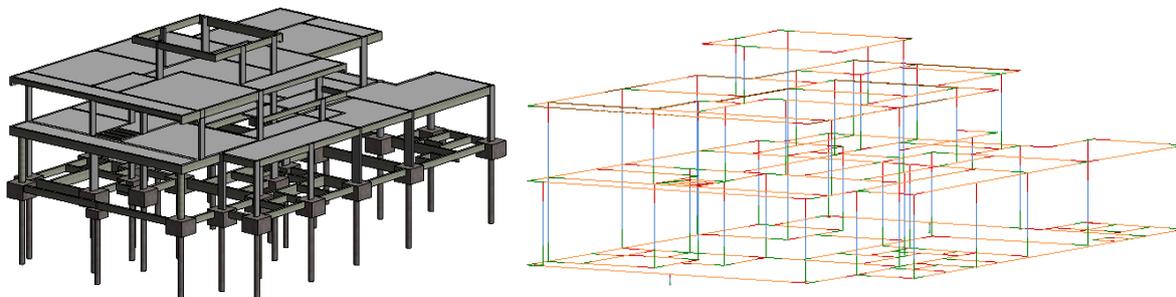


Figura 5-41 - Modelo Físico versus Modelo Analítico

5.1.4 Modelagem das Instalações Prediais

Na modelagem de sistemas, tanto hidrossanitário quanto elétrico, foram utilizados os templates cedidos pelo curso de Revit Avançado da Escola Técnica Leiaut, o que auxiliou na elaboração dos modelos e na inserção das famílias de tubos, conexões, louças, condutores, tomadas, interruptores etc.

O modelo arquitetônico foi inserido na modelagem das instalações prediais como um Vínculo do Revit conforme exposto anteriormente.

5.1.4.1 Projeto Hidrossanitário

É interessante que se crie vistas de planta exclusivas para as disciplinas de hidráulica, sanitário e documentação para assim ser possível a adoção de configurações de visibilidade de vista diferentes para cada vista, além de se obter um projeto mais organizado no Revit. Dessa forma, antes de começar o projeto hidrossanitário, deve-se atentar a algumas das propriedades das vistas de planta, que são editáveis na Paleta de Propriedades, como disciplina, subdisciplina e modelos de vista.

Um detalhe importante é que, se já não estiver carregado no template, deve-se carregar famílias de louças e peças hidrossanitárias próprias para se criar um projeto hidrossanitário no Revit. É comum encontrar famílias de pias, bacias sanitárias e chuveiros da disciplina de arquitetura, como mobiliário. A utilização dessas famílias não é adequada para realização da

modelagem hidrossanitária, visto que as peças precisam ter informações de localização das entradas de água fria, água quente, saídas de esgoto, diâmetros, vazão etc.

Para introduzir as louças hidrossanitárias, vá na guia SISTEMAS e clique em “Conexão

de hidráulica” . No seletor de tipos, escolha a peça e a insira no modelo. Na guia “Modificar/Colocar peça hidrossanitária” escolha o modo de colocação, como “na face”

 ou “no plano de trabalho” .

Após inseridas todas as louças, pode-se seguir com a colocação dos tubos. Clique em

“Tubo” na guia  SISTEMAS, escolha o tipo de tubo (material) no seletor de tipos e, antes de inseri-los, verifique o tipo de sistema do tubo na categoria “mecânico” da paleta de propriedades. Isso é extremamente importante de se atentar no momento da inserção dos tubos, para não ocorrer o erro de se introduzir, por exemplo, um sistema de água quente em uma tubulação de material incompatível, como PVC.

Na introdução do caminho dos tubos, recomenda-se partir da peça e ir seguindo a tubulação até próximo da peça seguinte, para assim conectar as tubulações. Isso se deve pela a dificuldade em conectar os tubos no local correto das saídas ou entradas das peças. Dessa forma, para conectar uma bacia sanitária à caixa e inspeção, ou um ramal a um lavatório, clique na peça e em seguida clique com o botão direito do mouse no pequeno ícone “+” , ou melhor, clique no ícone de indicação de entradas e saídas de água, como indicado na Figura 5-42 com um exemplo de um lavatório.

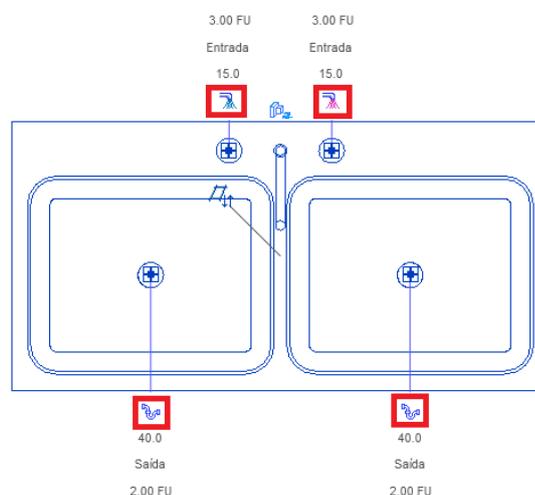


Figura 5-42 - Localização das Entradas de Água Fria e Quente e Saídas de Esgoto de um Elemento Lavatório

Ao clicar nos ícones de entrada e saída de água para criação dos tubos, atente-se às informações de diâmetro e deslocamento (elevação em relação ao nível) da barra de opções



Para criar as tubulações de subida e descida, mude o deslocamento na barra de opção. Assim: clique nos ícones de entrada ou saída da água nas peças > mova o cursor do mouse para estender o comprimento do tubo até o local desejado > digite o valor de deslocamento na barra de opções > clique em “Aplicar”.

O Revit insere as conexões automaticamente, porém é preciso certificar-se da correta elevação das tubulações para permitir a inserção das conexões. Clique nos pequenos ícones “+” ao selecionar uma conexão para introduzir uma nova saída para a conexão. (Figura 5-43)

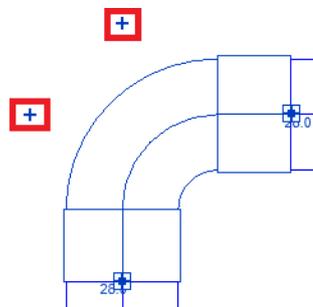


Figura 5-43 - Ícone de Adição de Direção de um Elemento Joelho

Crie cortes para auxiliar na visualização e na introdução de novos elementos. Para inserir acessórios das tubulações, como registros, misturadores e válvulas clique em “Acessório da Tubulação”  ainda na guia SISTEMAS. Para adicionar inclinação a uma tubulação, clique em “Tubulação inclinada” na guia “modificar/colocar tubo” (Figura 5-44)

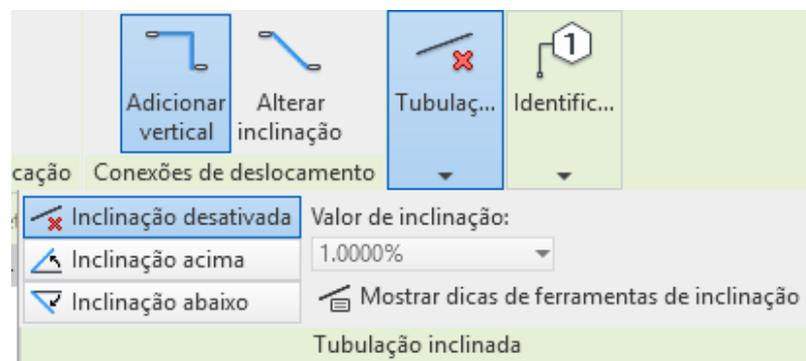


Figura 5-44 - Inserindo Inclinação nas Tubulações

O Revit permite a geração de relatórios de perda de pressão. Para isso, vá na guia ANALISAR e clique no ícone “Relatório de perda de pressão da tubulação” . Na mesma guia, clicando no ícone  pode-se verificar os sistemas de tubos para tubulações propriamente conectadas. Esse recurso exibe marcadores de avisos que podem ser consultados.

5.1.4.2 Projeto Elétrico

A utilização do template elétrico do curso de Revit Avançado da Escola Técnica Leiaut foi fundamental para a realização do projeto elétrico conforme a NBR 5410 de 2004.

Para a realização do projeto elétrico, insira o modelo arquitetônico como um Vínculo do Revit, da mesma forma como foi feito nas etapas de modelagem estrutural e hidrossanitária. Antes de começar o projeto elétrico, deve-se atentar a algumas propriedades das vistas de planta, como disciplina, subdisciplina e modelos de vista. Essas propriedades são editáveis na Paleta de Propriedades.

Na guia ANALISAR insira espaços  para delimitar os ambientes. Clique no vínculo arquitetônico e, nas propriedades de tipo, ative a opção “delimitação de ambientes”  para que o Revit possa reconhecer elementos separadores de ambientes do vínculo arquitetônico, como paredes.

O template utilizado fornece a tabela já configurada de cálculo da potência de iluminação e pontos mínimos de TUG's (tomadas de uso geral) por ambiente, conforme a NBR 5410 de 2004. Com essa tabela, obteve-se o cálculo da carga mínima de iluminação de cada ambiente. Pôde-se também definir a distância máxima entre TUG's conforme o perímetro do ambiente, sendo de 5 ou 3,5 metros, e definir as quantidades de tomadas dos ambientes e suas respectivas potências.

Iluminação, Tomadas e Eletrodutos

Para inserir as caixas de iluminação nos ambientes, clique no ícone “Luminária”



do painel “Elétrica” da guia SISTEMAS. Atente-se ao tipo de ponto de luz escolhido no seletor de tipos e às configurações na paleta de propriedades, onde há diversos itens que

devem ser definidos pelo projetista, como elevação do ponto, coeficiente de iluminação, potência aparente, tipo de carga, tensão, seção do condutor etc. Após definidas as propriedades do ponto de luz, pode-se seguir com a inserção dos pontos nos locais corretos dos ambientes.

Usando linhas de detalhe  Linha de detalhe (guia ANOTAR) é possível criar duas linhas no ambiente para servirem como base para a inserção das luminárias exatamente no centro do ambiente, no ponto médio das linhas de detalhe.

Para visualizar os pontos de luz inseridos, deve-se mudar a faixa de vista de topo do pavimento em “faixa de vista” da paleta de propriedades do pavimento e ativar o nível de detalhe alto da vista.

Na guia ANOTAR, em “Identificar todos”,  insira as tags para os pontos de luz inseridos.

Para a inserção dos interruptores, clique no ícone “Iluminação” conforme Figura 5-45.

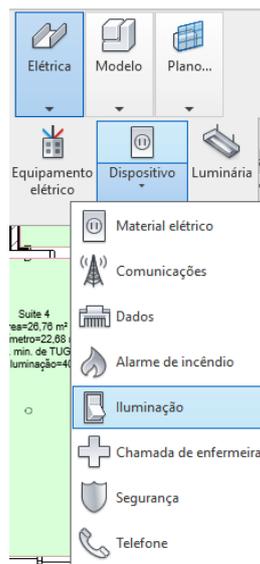
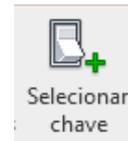


Figura 5-45 - Inserindo Interruptores

No seletor de tipos escolha o tipo de interruptor, entre as opções de interruptor simples, duplo, paralelo etc. Novamente atente-se para as propriedades do interruptor antes de inseri-los no modelo. Em ID da chave identifique o interruptor com letras minúsculas para que, ao conectá-los aos pontos de luz, o comando seja identificado.

Para conectar os interruptores aos pontos de luz, clique na luminária e depois em



“Interruptor” na guia MODIFICAR. Clique no ícone “Selecionar chave” e em seguida clique no interruptor. O identificador do interruptor será mostrado na tag da luminária, o que indica que o comando do interruptor à luminária foi realizado.



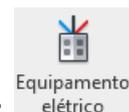
Para inserir as tomadas, clique em “Material elétrico” na guia SISTEMAS no painel Elétrica. Novamente, antes de inserir as tomadas, atente-se para as propriedades como potência, fator de potência, tipo de carga, elevação, tensão etc., além da quantidade mínima de tomadas por ambiente.

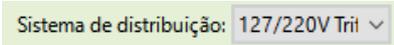


Para inserir os eletrodutos, clique em “Conduíte” ou clique com o botão direito do mouse em algum dos pequenos ícones “+”  dos pontos e em seguida em “Desenhar conduíte”. Os ícones “+” indicam o local de uma conexão nos pontos de iluminação ou tomadas.

O Revit tentará criar rotas automáticas para a ligação do eletrodutos aos pontos. Quando o Revit não conseguir criar essas rotas, entre em vistas de cortes para auxiliar na criação das rotas de ligação dos eletrodutos aos pontos.

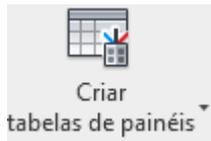
Circuitos e Quadros de Distribuição



Para inserir o quadro de distribuição, clique em “Equipamento elétrico”. Após inseri-lo, clique no quadro e selecione o sistema de distribuição na barra de opções . Em seguida, uma janela aparecerá para selecionar a voltagem do quadro. Após inserido o quadro de distribuição, pode-se seguir com a criação dos circuitos.

Para montar as lógicas dos circuitos elétricos, clique nos pontos e em seguida em “Força”. Na faixa de opções, selecione a guia CIRCUITOS ELÉTRICOS e verifique o painel atrelado ao circuito criado. Nessa guia, pode-se editar o circuito com a adição ou remoção de pontos.

Ao selecionar o Quadro de Distribuição inserido e clicar em “Criar tabela de painéis”



pode-se verificar a tabela do quadro com todas as informações dos circuitos.

Para selecionar um circuito no modelo deve-se aproximar o mouse de um ponto de luz ou de força e clicar diversas vezes a tecla TAB até que a representação do circuito seja



“encontrada” e possa ser selecionada. Clica-se em “Converter para fiação” na guia MODIFICAR CIRCUIOTS ELÉTRICOS para inserir a fiação do circuito.

É importante que se trabalhe em um bom template elétrico que já possua as famílias de símbolos que serão utilizadas, poupando assim grande parte do trabalho pelo projetista. De posse dessas famílias, pode-se inserir os detalhes das fiações nos eletrodutos e criar o diagrama unifilar através das ferramentas “Identificar por categoria” e “Símbolo” da guia ANOTAR.

A Figura 5-46 mostra um trecho da planta do pavimento térreo com o objetivo de exemplificar alguns elementos do projeto elétrico desenvolvido no Revit, como as tags dos pontos de luz, os eletrodutos, os pontos de tomadas e interruptores. A Figura 4-9 mostra a perspectiva contendo os elementos da instalação elétricas de toda edificação.

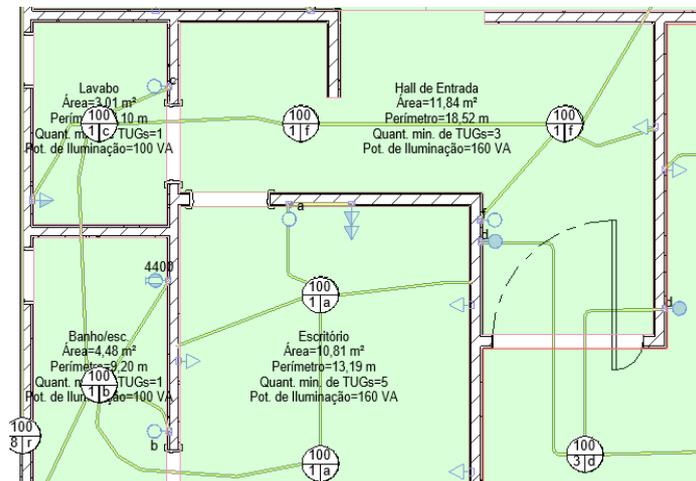


Figura 5-46 - Trecho do Pavimento Térreo Exemplificando Alguns Elementos do Projeto Elétrico

5.1.5 Extração de Quantitativos

O Revit permite a fácil extração de quantitativos dos elementos do modelo através da execução das ferramentas de tabelas de quantitativos e levantamento de materiais. Porém, é necessário entender como produzir uma tabela com informações e cálculos de quantitativos mais precisos.

Para criar uma tabela de quantitativos, vá na guia VISTA, clique no ícone “tabela”  e em seguida em “Tabela/Quantidades”. Na janela “Nova tabela” (Figura 5-47), selecione um filtro para encontrar a categoria da qual se deseja extrair quantitativos. Para exemplificar o uso da ferramenta “Tabela”, será exposta a extração de quantitativos da categoria parede, buscando a área e volume total de paredes organizadas por pavimento e por tipo.

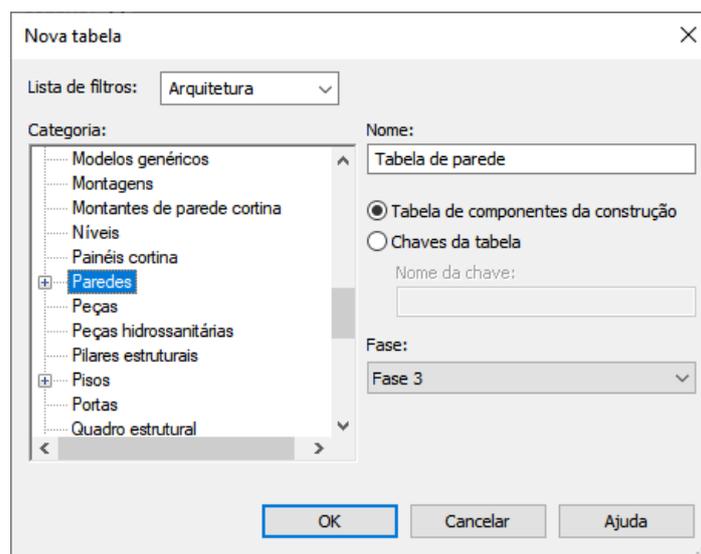


Figura 5-47 - Janela Nova Tabela

Em seguida, aparecerá a janela “propriedades da tabela” (Figura 5-48), onde deverão ser organizadas as informações sobre a categoria parede. Essa janela também pode ser acessada através da paleta de propriedades, em uma ‘vista’ de tabela.

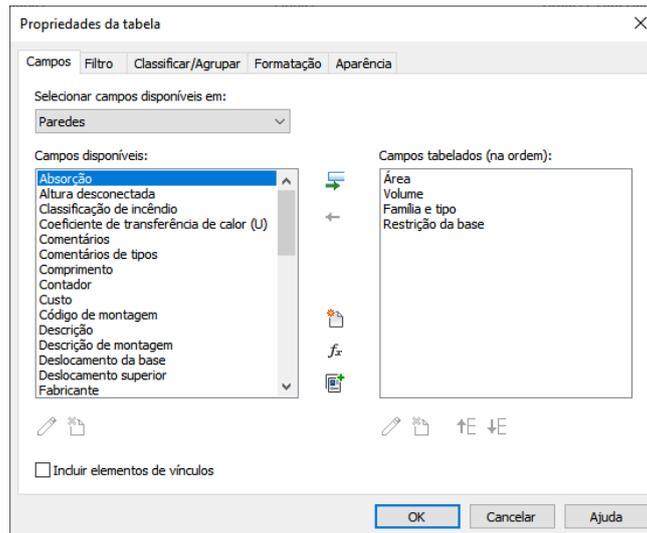


Figura 5-48 - Propriedades da Tabela – Campos

Na aba “campos”, escolhe-se as informações que irão compor os campos ou colunas da tabela, selecionando-a e clicando nos ícones “adicionar parâmetros” ou “remover parâmetros”



. Na aba “filtro” pode-se filtrar as informações de acordo com alguma característica escolhida na aba campos. Em “Classificar/Agrupar”, pode-se remanejar as informações da tabela como desejado. Se a caixa “itemizar cada instância” estiver ativada, a tabela irá gerar os quantitativos de cada parede separadamente. Na aba formatação, nos campos “área” e “volume” deve-se escolher a linha “calcular os totais” para que o Revit calcule o total de área e volume de parede. A Figura 5-49 mostra como ficou a configuração da aba “classificar/agrupar”, e a Figura 5-50 mostra como ficou a tabela utilizando as configurações expostas.

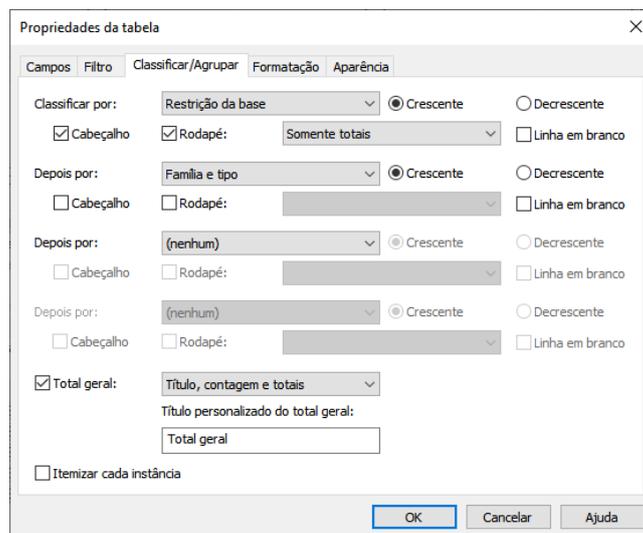


Figura 5-49 - Propriedades da tabela - Classificar/Agrupar

<Tabela de parede>			
A	B	C	D
Restrição da base	Família e tipo	Área	Volume
Pav. Térreo			
Pav. Térreo	Parede básica: Cerâmica x	58 m ²	8,74 m ³
Pav. Térreo	Parede básica: Cerâmica x	142 m ²	21,32 m ³
Pav. Térreo	Parede básica: churrasqueir	8 m ²	0,81 m ³
Pav. Térreo	Parede básica: Muro circ	226 m ²	33,92 m ³
Pav. Térreo	Parede básica: Pintura Bran	178 m ²	26,74 m ³
Pav. Térreo	Parede básica: Pintura x Cer	28 m ²	4,27 m ³
		641 m ²	95,80 m ³
Pav. Superior			
Pav. Superior	Parede básica: Cerâmica x	9 m ²	1,39 m ³
Pav. Superior	Parede básica: Cerâmica x	86 m ²	12,92 m ³
Pav. Superior	Parede básica: Pintura Bran	240 m ²	36,00 m ³
Pav. Superior	Parede básica: Pintura x Cer	29 m ²	4,34 m ³
		364 m ²	54,65 m ³
Área Técnica			
Área Técnica	Parede básica: Pintura Bran	129 m ²	19,41 m ³
		129 m ²	19,41 m ³
Total geral: 126		1135 m ²	169,85 m ³

Figura 5-50 - Tabela de Parede Exemplificada

Após criada a tabela no Revit, é possível exportá-la para o Excel. A extração é feita na guia Arquivo>Exportar>Relatórios>Tabela conforme Figura 5-51. Será gerado um arquivo TXT em que o texto poderá ser copiado para uma planilha do Excel.

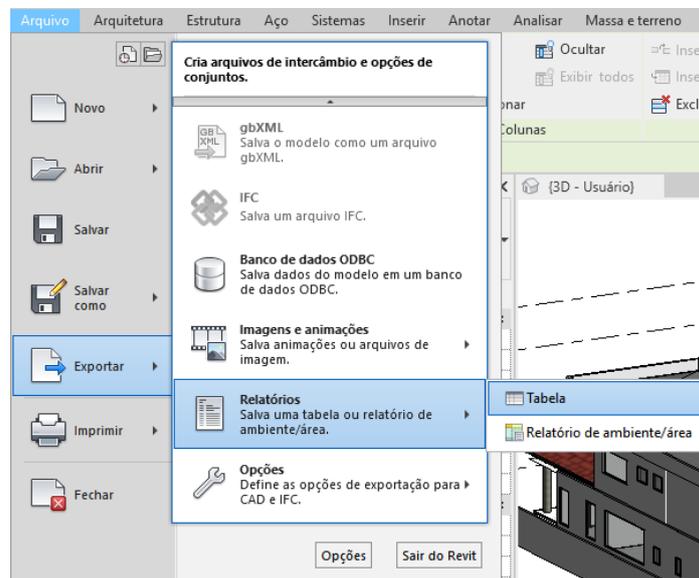


Figura 5-51 - Exportando Tabela

2.8 PLANEJAMENTO DA OBRA – MS PROJECT

Após extraídos os quantitativos no Revit, pode-se iniciar com a elaboração o planejamento da obra.

Ao utilizar o MS Project, devemos primeiramente criar o calendário do projeto com as informações dos dias de folga, dias úteis e duração dos dias trabalhados, que neste caso, será 8

horas por dia. Para isso, clique na aba “projeto” e em “alterar período de trabalho” para abrir a janela de edição do período útil (Figura 5-52).

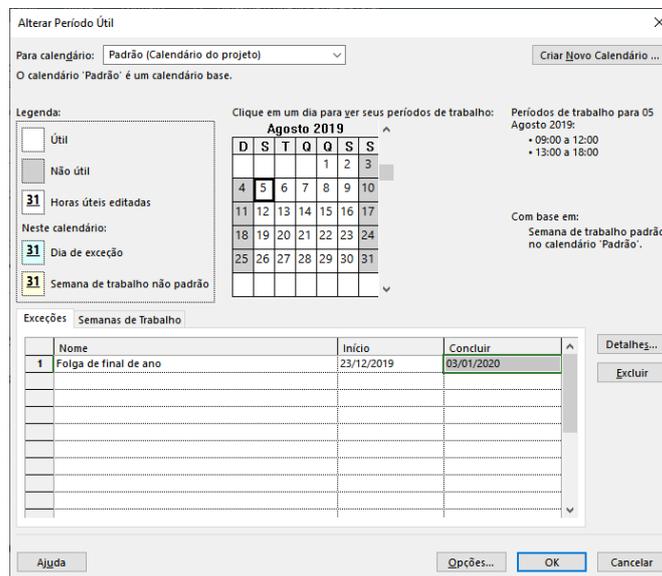
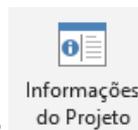


Figura 5-52 - Janela de Edição do Período Útil



Em “Informações do Projeto” da aba “projeto”, define-se a data de início do planejamento, conforme Figura 5-53.

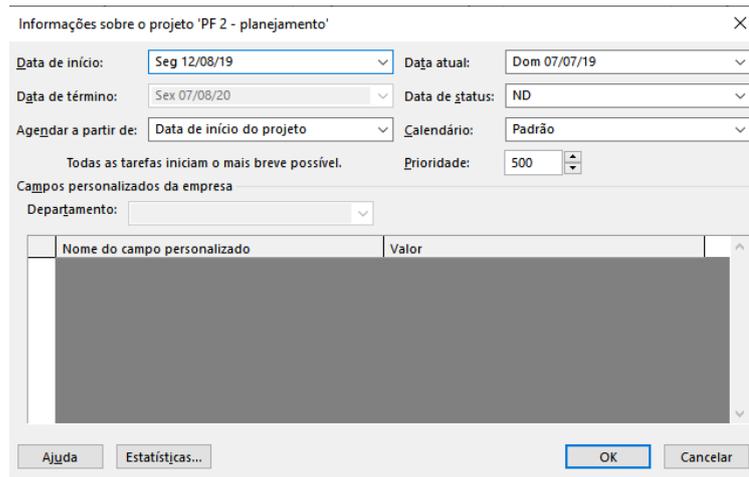


Figura 5-53 - Informações sobre o Projeto

Pode-se alterar a escala de tempo através do painel zoom da aba EXIBIR mostrado na Figura 5-54, ou clicando com o botão direito do mouse nas datas do gráfico de Gantt e clicando em “escala de tempo” para aparecer a janela de edição da escala de tempo (Figura 5-55) onde pode-se fazer as alterações desejadas.



Figura 5-54 - Editando Escala de Tempo

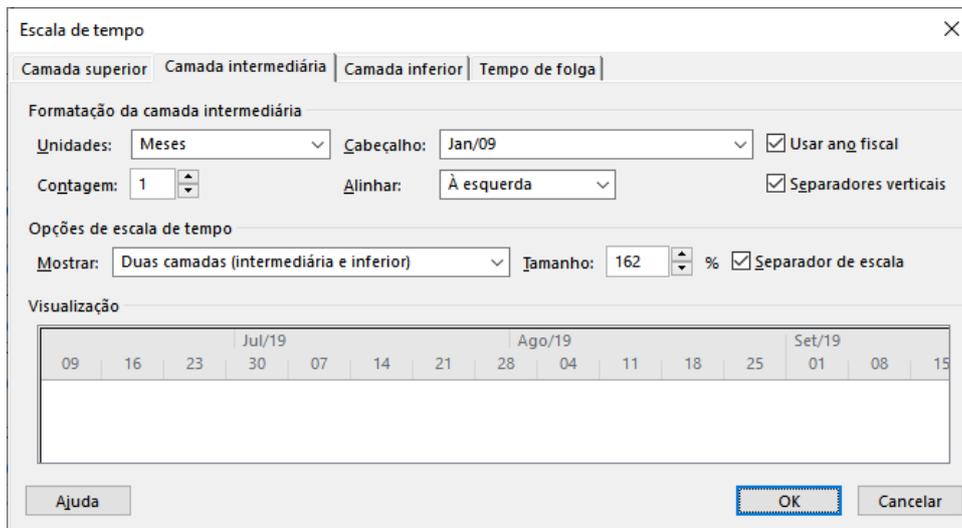


Figura 5-55 - Janela de Edição da Escala do Tempo

5.1.6 Estrutura Analítica do Projeto

Após definidos o período útil e a data de início, pode-se prosseguir como a inserção das tarefas definidas na EAP.

Na coluna “Nome da Tarefa”, insere-se as atividades que irão compor a execução da obra, conforme EAP. Na coluna “Modo da Tarefa”, seleciona-se “agendada automaticamente”, de ícone  para que a tarefa apareça automaticamente no gráfico de Gantt à direita da tela.

5.1.7 Definição das Durações

De acordo com MATTOS (2010), existem algumas regras que o planejador deve seguir ao estipular as durações das atividades:

- Avaliar as durações uma a uma: Deve-se estimar a duração de cada atividade analisando-a separadamente das demais;
- Adotar o dia normal: A duração da atividade deve ser calculada analisando a jornada normal do dia. Não se deve admitir logo de saída a adoção de horas extras e turnos mais longos, porque induz tendenciosidade;
- Não pensar no prazo total da obra: A atribuição das durações deve ser um processo imparcial;
- Dias úteis é diferente de dias corridos: Duração é a quantidade de períodos de trabalho e não deve ser confundida com dias do calendário.

De acordo com MATTOS (2010), as composições de custos unitários do orçamento são a fonte por excelência de elementos para a geração de durações. Elas são obtidas a partir dos índices da mão de obra de cada atividade (índice é o inverso da produtividade). Em uma composição em que se têm mais de uma mão de obra, por exemplo um pedreiro e um servente, o insumo principal da mão de obra é o pedreiro, pois ele é o “carro chefe” do serviço e é quem ditará o ritmo da produção.

Conforme dito anteriormente, a equipe básica e o seu respectivo índice são obtidos das composições de custos unitários. Os dias da equipe básica é calculado baseado no quantitativo, na jornada de trabalho e no índice da equipe básica, sendo igual a $QTDE \times \text{ÍNDICE} / \text{JORNADA}$. Os dias são inteiros e arredondados para cima.

5.1.8 Definição das Predecessoras

A definição das atividades predecessoras é inserida na coluna “predecessoras” no quadro o MS Project. Para inserir as predecessoras, insere-se o número da linha da tarefa antecessora correspondente. Na medida em que as predecessoras são definidas, as barras do gráfico de Gantt vão sendo acomodadas automaticamente em sequência à direita da tela, representando a duração das atividades ao longo do tempo.

5.1.9 Caminho Crítico e Diagrama de Rede

O MS Project gera automaticamente diversos recursos de apoio ao planejamento, como diagrama de rede, calendário com as tarefas agendadas, caminho crítico, recursos, entre outros.

O caminho crítico será representado no gráfico ao marcar a caixa “tarefas críticas” na aba formato (Figura 5-56). As tarefas críticas estarão realçadas na cor vermelha no gráfico de Gantt, conforme ilustra a Figura 5-57.

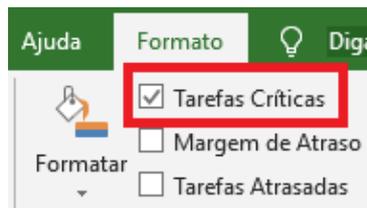


Figura 5-56 - Realçando as Tarefas Críticas

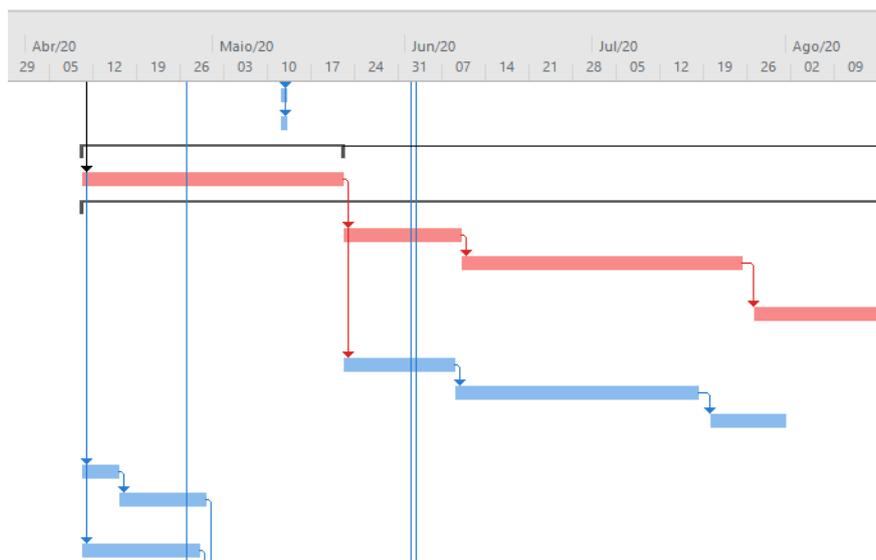


Figura 5-57 - Exemplo de Trecho do Cronograma com Caminho Crítico Realçado em Vermelho

Os diagramas de rede podem ser gerados ao clicar com o botão direito do mouse na extrema lateral direita da planilha, em cima de onde se lê “GRÁFICO DE GANTT”, conforme mostra Figura 5-58. Percebe-se que dessa forma pode-se selecionar outros recursos do MS Project e diferentes formas de visualização do planejamento como calendário, planilha de tarefas, Gantt de controle etc. A Figura 5-59 mostra um trecho do diagrama de rede.

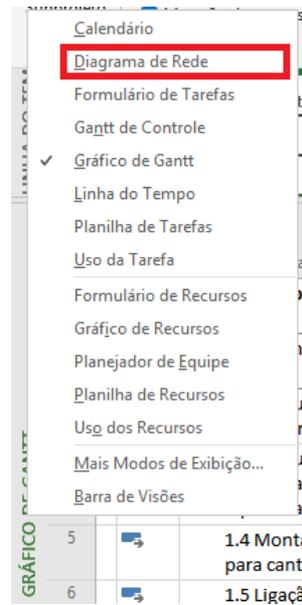


Figura 5-58 - Selecionando Diagrama de Rede

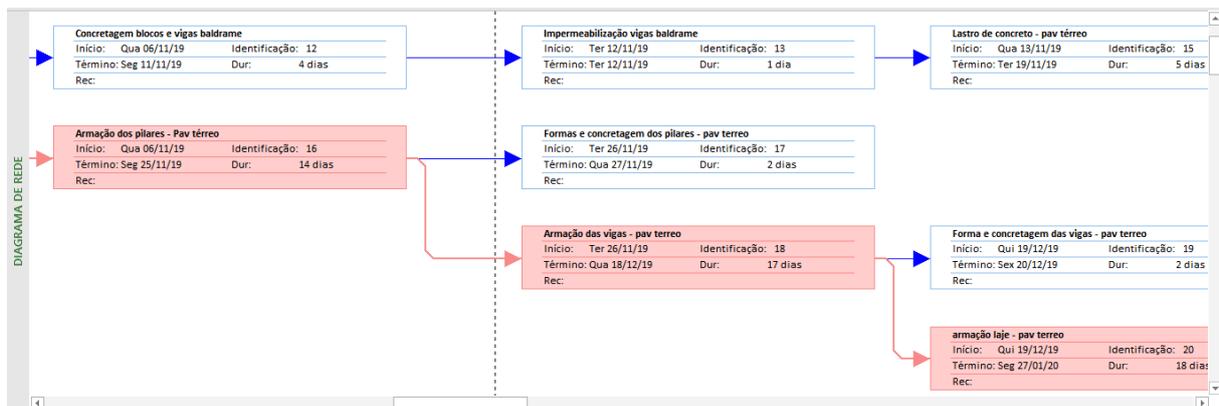


Figura 5-59 - Exemplo de Trecho do Diagrama de Rede

No canto inferior direito pode-se regular o zoom  para melhor visualização dos elementos na tela.

5.1.10 Geração do Cronograma

Pode-se exportar o cronograma de Gantt gerado no planejamento em um arquivo PDF através da aba “Arquivo” > “Exportar” > “Criar PDF/XPS”. O cronograma produzido está exposto no Apêndice B.

2.9 NAVISWORKS

Para a realização desta etapa foi utilizada a versão em inglês do software Navisworks. Os comandos foram sendo traduzidos na medida em que foram expostos neste guia.

5.1.11 Anexando o Modelo 3D ao Navisworks

Pode-se trazer o modelo 3D feito no Revit para o Navisworks de duas maneiras diferentes. A primeira é através da exportação do modelo do Revit com o comando “Ferramentas externas” da guia SUPLEMENTOS, que gera um arquivo NWC (Navisworks

Cache) e posterior importação deste arquivo através do comando “Append”  (anexar) na guia HOME do Navisworks.

A segunda maneira é a importação do arquivo do RVT diretamente através do comando “Append” (anexar) do Navisworks, sem a necessidade de exportá-lo no Revit. Essa forma, além de ser mais simplificada, é mais vantajosa pois permite que o modelo possa ser atualizado automaticamente dentro do Navisworks com o comando “Refresh”  Refresh (atualizar) quando alguma alteração for feita no arquivo de origem do modelo, o que se mostra mais compatível com o conceito do BIM.

Para exportar o modelo 3D do Revit para o Navisworks, vá na Guia “SUPLEMENTOS” > “Ferramentas externas” > “Navisworks 2019”, conforme Figura 5-60.

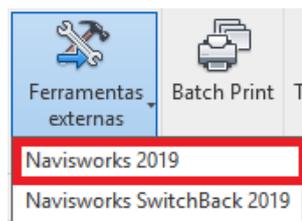


Figura 5-60 - Exportando Modelo do Revit para o Navisworks

Antes de salvar o modelo na pasta desejada, verifique as configurações de exportação clicando em “Navisworks settings...” na janela de salvamento (Figura 5-61).

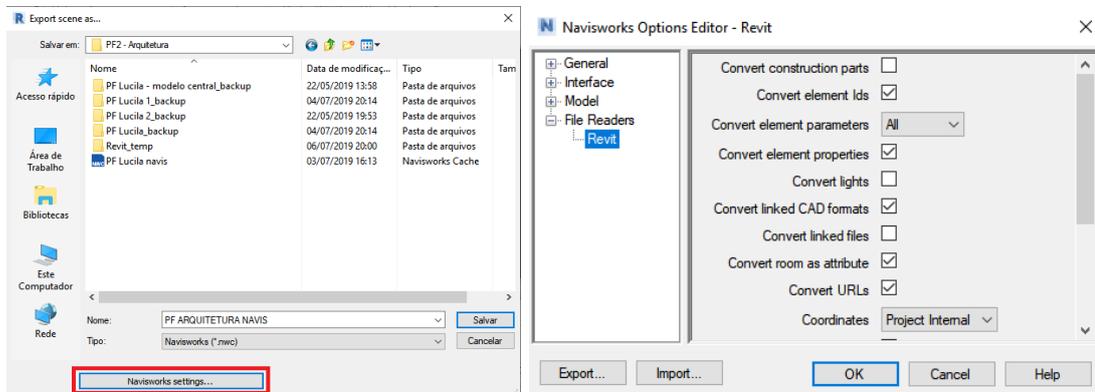


Figura 5-61 - Configurando Exportação do Modelo

Para importar o arquivo no Navisworks, clique em “Append” (anexar)  e selecione o arquivo. Perceba que o Navisworks permite a importação de diversos formatos de arquivo, conforme mostra Figura 5-62.

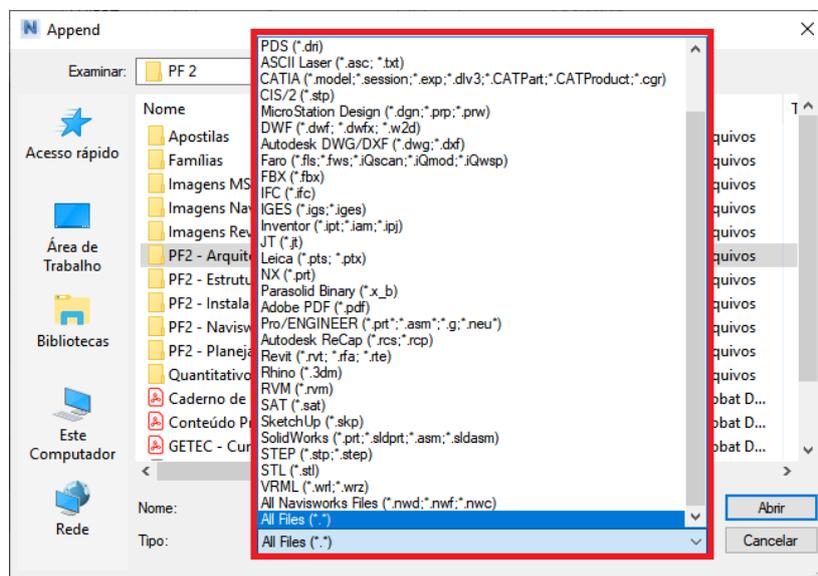
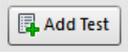


Figura 5-62 - Diversos formatos de Arquivos Suportados pelo Navisworks

5.1.12 Ferramenta de Detecção de Interferências

A ferramenta “Clash detective” (detecção de interferências) localiza e reporta as interferências entre objetos que ocupam o mesmo espaço.



Clique na ferramenta “Clash Detective” (Detecção de interferências) . Será exibida a paleta de detecção de interferências onde o usuário pode adicionar testes de interferências entre diversas seleções clicando em “Add Test” (adicionar teste)  . Ao adicionar um teste, selecione os elementos de interesse para checar sua interferência no painel “selection A” (seleção A) e “Selection B” (seleção B). Observe que é possível encontrar os elementos de interesse clicando nos ícones “+” indicado na Figura 5-63, como também pode-se selecionar todo o modelo arquitetônico, estrutural, ou hidrossanitário, por exemplo. As opções de comandos nas abas “Rules” (regras), “Select” (selecionar), “Results” (resultados) e “Report” (relatório) podem (e devem) ser explorados pelo usuário.

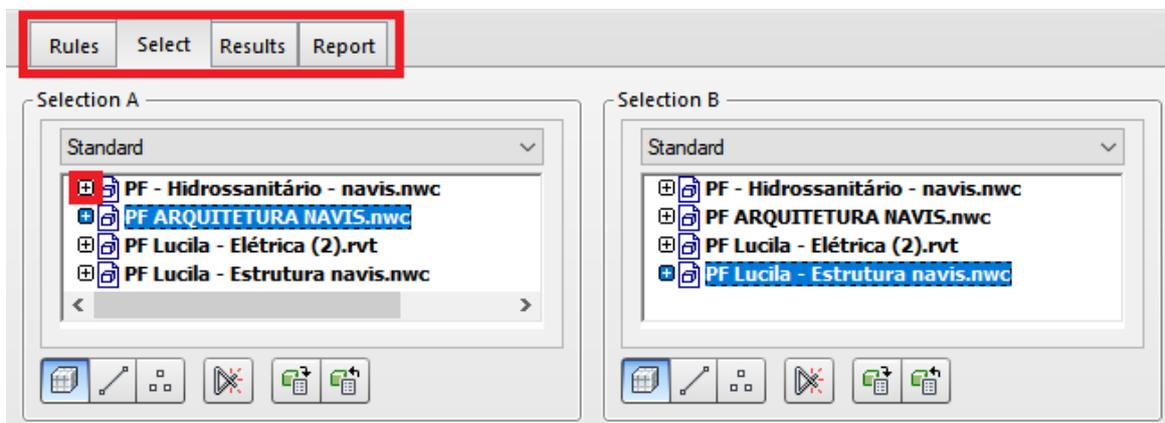
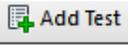
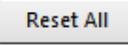


Figura 5-63 - Abas do Clash Detective

Após criar os testes, recomenda-se renomeá-los para obter melhor organização sobre do que se trata cada teste de interferência. No caso da edificação em estudo, foram realizados 4 testes entre os elementos: arquitetura com estrutura, estrutura com hidrossanitário, estrutura com elétrico e elétrico com hidrossanitário. Os testes foram renomeados respectivamente como “Arq - Estr”, “Estr - Hidro”, “Estr - Elet” e “Elet - Hidro”, conforme mostrado na Figura 5-64.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Arq - Estr	Done	1928	0	1928	0	0	0
Eletr - Hidro	Done	1	1	0	0	0	0
Estr - Eletr	Done	24	24	0	0	0	0
Estr - Hidro	Done	235	0	235	0	0	0

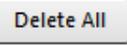
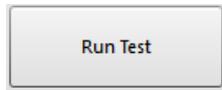



Figura 5-64 - Testes do Clash Detective

No painel “Settings” (configurações) pode-se estabelecer a tolerância entre os objetos no teste de interferência. Foi definida uma tolerância de 1 cm entre objetos.

Após selecionados os elementos e definida a tolerância, clique no botão “Run test”



(iniciar teste). Na aba “Results” (resultados) serão exibidas todas as interferências, que são realçadas no modelo na cor vermelha e verde. Os demais elementos são representados em estrutura de arame. Na aba “Report” (Relatório) é possível criar relatórios das detecções de interferências realizadas pela ferramenta.

5.1.13 Ferramenta Time Liner - Simulação da Obra

Algumas ferramentas e comandos foram usados frequentemente durante a realização da simulação da obra. A ferramenta “Selection tree” (árvore de seleção) (Figura 5-65) auxilia o usuário a selecionar os elementos de interesse no modelo, para que assim possa vincular esses elementos às tarefas da etapa de planejamento que serão inseridas no Navisworks. Ao clicar em “Selection tree”

(árvore de seleção)  Selection Tree uma paleta será exibida em uma das laterais da tela contendo todos os modelos e seus elementos que foram inseridos no Navisworks através do comando “Append” (anexar) dito anteriormente.



Figura 5-65 - Selection Tree (Ávore de Seleção)

O pequeno ícone ao lado do “x” no canto superior direito da paleta  serve para o usuário fixar ou esconder a paleta, a fim de personalizar a disposição delas na tela.

Outros comandos muito utilizados foram o “Hide” (esconder)  e “Unhide all” (mostrar todos) . Eles são úteis na medida em que se deseja visualizar elementos dentro da edificação, como por exemplo portas e janelas que estavam sendo escondidas pelas paredes.

Para começar com a elaboração da simulação 4D, dispo de da modelagem 3D completa da edificação e do planejamento da obra feito no software MS Project, clique na ferramenta

 **TimeLiner**. A paleta “TimeLiner” (Figura 5-66) será exibida na parte inferior da tela, e é nessa paleta que serão executados os comandos da modelagem 4D. A paleta possui 4 abas: Tasks (tarefas), Data Sources (fonte de dados), Configure (configurar) e Simulate (simular).

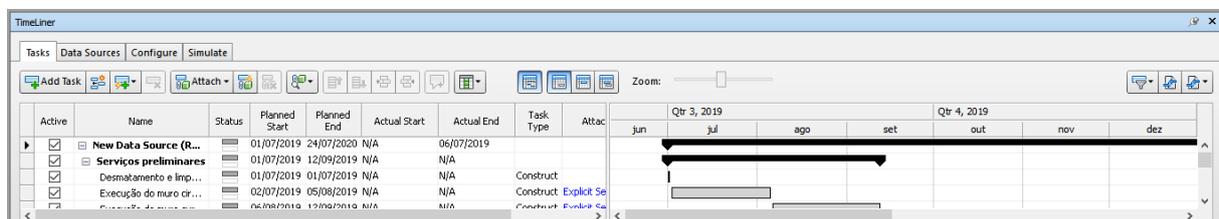
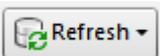


Figura 5-66 - Aba Tarefas da Time Liner com o Planejamento já inserido

Para anexar o planejamento da obra, clique na aba “Data Sources” (fonte de dados) e clica-se no ícone “Add” (adicionar). Selecione o software de onde o planejamento será inserido (Figura 5-67). O planejamento anexado no Navisworks pode ser atualizado na medida em que ele sofra alguma alteração no software de origem. Dessa forma, qualquer alteração feita no planejamento no MS Project poderá ser atualizado no Navisworks através do comando

“Refresh” (atualizar) .

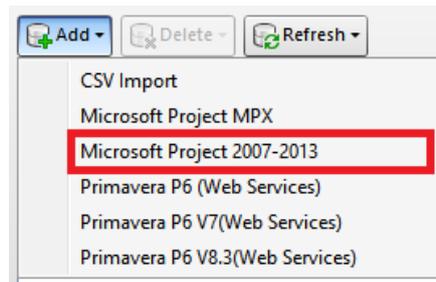


Figura 5-67 - Anexando o Planejamento do MS Project ao Navisworks

Observe que, agora, há uma linha nesse espaço branco na aba “Data sources” na caixa da Linha do Tempo, cujo nome é *New Data Source* (Nova Fonte de Dados). Clique com o botão direito do *mouse* em cima deste nome e escolha a opção *Rebuild Task Hierarchy* (Reconstruir a Hierarquia de Tarefas). Após isso, o planejamento estará visível na aba “Tasks”, onde serão anexados os objetos do modelo às tarefas.

Antes de anexar os objetos as tarefas, deve-se classificá-las como “Construct” (construir), “Demolish” (demolir) ou “Temporary” (temporário). Isso é realizado na coluna “Task type” da linha do tempo.

O tipo de tarefa *Construct* (Construir), faz com que os objetos associados a esta tarefa sejam construídos e apareçam no vídeo a partir do dia em que a tarefa acaba. O tipo de tarefa *Demolish* (Demolir) faz com que os objetos sumam do vídeo ao final desta tarefa. A opção *Temporary* (Temporário), não será utilizada neste manual para simplificar a forma de utilização do programa.

Para elementos temporários, como as instalações do canteiro de obras, será utilizada uma combinação das duas primeiras opções. Deverá haver uma tarefa para a construção desses elementos e uma outra para a demolição dos mesmos.

O próximo passo é a anexação dos elementos do modelo 3D a cada tarefa do planejamento. Para isso, deve-se selecionar os elementos do modelo 3D com o auxílio da árvore de seleção, depois selecionar a tarefa na qual se deseja conectá-los e em seguida clicar em “Attach” e em “Attach current selection” (Figura 5-68). Observe que na coluna “Attached” aparecerá um pequeno “link” chamado “Explicit Selection” que contém o salvamento da seleção de elementos do modelo 3D que estão anexados àquela tarefa (Figura 5-69). Caso algum item seja esquecido, é necessário selecionar todos os itens daquela tarefa novamente e anexá-los todos juntos novamente. Toda vez que se anexa algo a uma tarefa que já tem um anexo, este é substituído pelo novo anexo.

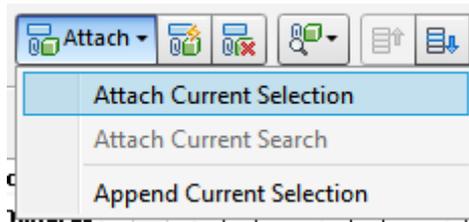


Figura 5-68 - Anexando Elementos às Tarefas

A Figura 5-69 apresenta a localização das ferramentas/comandos essenciais para a conexão do modelo 3D ao planejamento exibidos no plano maior da tela, indicando as colunas “task type” e “attached”, o “link” contendo o salvamento da seleção de elementos por tarefa, o comando “attach”, a árvore de seleção e o botão de escolha das formas de exibição da árvore de seleção.

Pode-se salvar conjuntos de seleção por meio da ferramenta “Save selection” (Salvar seleção) . Isso se mostra muito útil no momento de realizar a vinculação de determinados elementos às tarefas do cronograma.

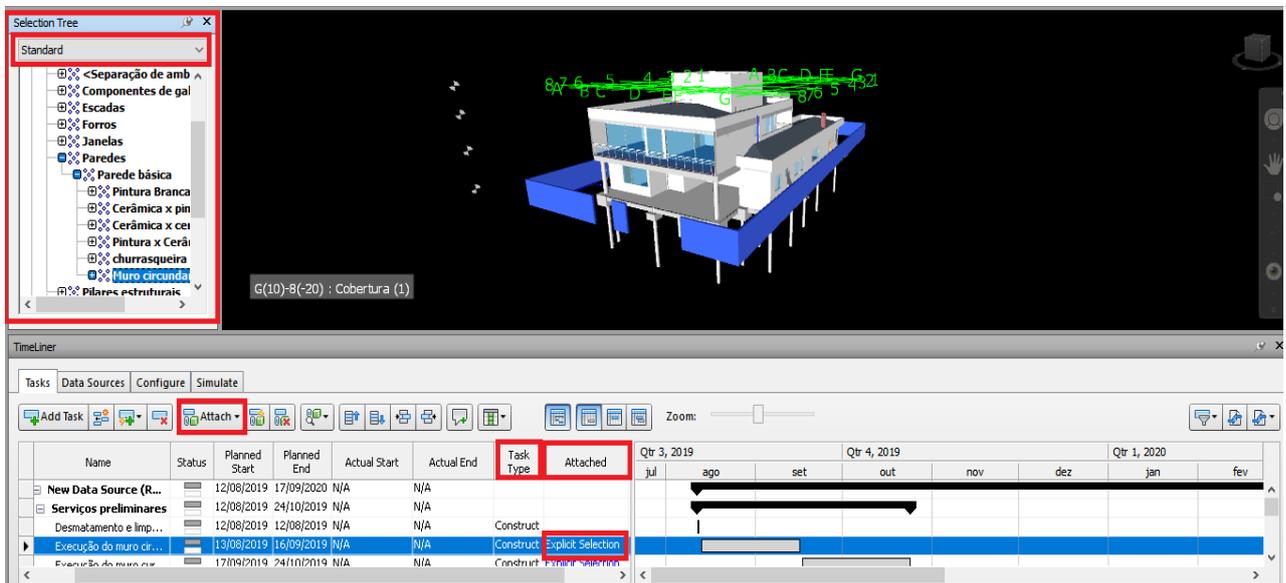


Figura 5-69 - Comandos da Time Liner na Tela

Na árvore de seleção é possível selecionar a forma com que o programa classifica os objetos. Há quatro formas padronizadas: *Standard* (Padrão), *Compact* (Compacta), *Properties* (Propriedades) e *Sets* (conjuntos). No caso em questão, a forma padrão (*Standard*) foi a mais

utilizada para encontrar e selecionar os elementos do modelo 3D, uma vez que essa forma exibe uma hierarquia de elementos estruturados por modelo (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico), depois por nível (térreo, superior, área técnica), depois por categoria, depois por família e tipo.

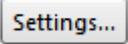
No caso das instalações hidrossanitárias e elétricas, criou-se grupos no Revit para essas famílias, a fim de facilitar a seleção desses elementos na árvore de seleção do Navisworks. Isso se deu devido à grande quantidade de elementos de instalações prediais, como tubos, acessórios, conexões, entre outros que tiveram sua seleção dificultada na árvore de seleção tendo de ser selecionados de um a um no Navisworks para criação do vídeo. Dessa forma, a seleção desses elementos mostrou-se mais eficiente a partir da criação de grupos no Revit.

Após finalizar a conexão dos elementos às tarefas, pode-se utilizar o comando “find itens” (encontrar itens)  para encontrar no modelo os elementos que ainda não foram anexados a nenhuma tarefa, assim como identificar os elementos já anexados à alguma tarefa. Esse é um excelente comando para fazer uma revisão do que já foi e o que falta ser conectado ao planejamento.

Observe e teste os demais comandos da aba “Tasks” para melhor familiaridade com o desenvolvimento da simulação 4D.

Depois que todos os elementos estão conectados às suas respectivas tarefas, o modelo 4D está pronto. A representação dele será realizada por meio de vídeo que o Navisworks desenvolve automaticamente na medida em que se anexa as tarefas do planejamento aos elementos do modelo 3D.

Na aba “configure” não foi realizada nenhuma alteração, de modo que as configurações de cores para os tipos de tarefa construir, demolir e temporário se mantêm por padrão.

Para finalizar, na aba “simulate” (simulação) o vídeo da simulação 4D pode ser reproduzido. Clique em “Settings” (configurações)  para editar o tempo de duração do vídeo, entre outras configurações. Para exportar a animação, clique no ícone “Export animation” (exportar animação)  no canto direito da aba simulate. Abrirá uma janela de configuração da exportação do vídeo (Figura 5-70). Aqui, em “Output” deve-se selecionar o formato “Windows AVI” para que seja produzido um vídeo.

Neste guia não será explicado o funcionamento da ferramenta “Quantification” (quantificação).

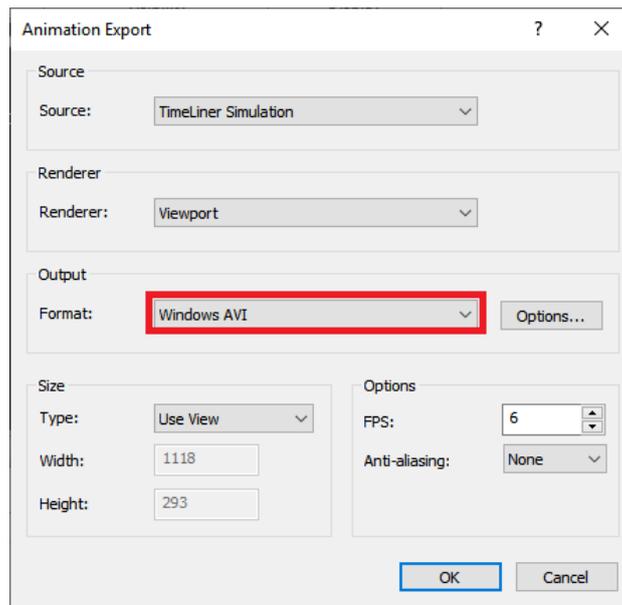


Figura 5-70 - Janela de Exportação da Animação

6 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou tirar o BIM da imaginação das pessoas e mostrar como se dá a sua aplicação nas fases de modelagem 3D e simulação 4D.

Sabemos que o foco agora, no nosso país, deve ser de especialização e mudanças nos processos para melhor implementação do BIM, mais do que avaliar se o BIM realmente vale a pena. As vantagens são sólidas e o esforço é em vencer os desafios de uma ampla aplicação do BIM no mercado brasileiro.

A primeira etapa da implantação nos escritórios é na capacitação teórica e prática sobre o BIM. Com a preparação da cartilha explicativa, espera-se poder contribuir para uma maior capacitação ao processo BIM, visto que a falta de especialização no processo é uma das grandes dificuldades na implantação do BIM no mercado.

Alguns desafios tiveram de ser combatidos na análise da aplicação do BIM, principalmente na modelagem 3D das instalações prediais no software *Revit*. Essa etapa foi a mais trabalhosa do processo, exigindo muita prática do usuário com as ferramentas do *Revit* MEP. A modelagem não se deu de forma fluida, além de que o *Revit* não faz o dimensionamento das tubulações e condutores. Dessa forma, para uma melhor integração do *Building Information*

Modeling com os projetos de instalações, sugere-se a utilização de outros softwares como o QIBuilder da Alto QI, além da análise da compatibilização desse software com o *Revit*.

O maior desafio da parte de estruturas está na modelagem das armaduras no *Revit*, principalmente das vigas, uma vez que cada seção possui uma quantidade de vergalhões diferente, o que faz com que seja muito trabalhoso modelar cada seção separadamente no *Revit*. Uma sugestão para trabalhos futuros está na análise da integração entre o projeto estrutural desenvolvido no *Robot Structural Analysis* e o modelo 3D da arquitetura desenvolvido no *Revit*.

A modelagem arquitetônica da edificação no *Revit* se mostrou de maneira muito mais fluida do que as outras. A integração da arquitetura com as outras disciplinas foi satisfatória através da utilização do vínculo arquitetônico, uma vez que o modelo arquitetônico vinculado pôde ser atualizado automaticamente dentro de um arquivo estrutural ou de instalações prediais quando houve alguma mudança na arquitetura no arquivo de origem. Isso poupou o retrabalho de ter que corrigir alguma alteração arquitetônica durante a modelagem estrutural ou de instalações. Dessa forma, o uso da ferramenta “Vínculo do Revit” pode ser incluída em propostas de implementação de BIM nos fluxos de trabalho dos escritórios para a integração entre os modelos 3D.

Outra proposta para trabalhos futuros está na análise de uma implementação BIM utilizando um modelo central do *Revit* e explorando as ferramentas de colaboração. Um modelo central permite que os membros da equipe possam trabalhar em um único modelo simultaneamente, o que parece ser uma excelente forma de integração entre os modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDOR, M. R. A. et al. **Colocando o "i" no BIM**. ARQ.URB. São Paulo: USJT: 104-115 p. 2010.

ANDRADE, E. DE; FERREIRA, M.; MATOS, F. D. DE. **Avaliação Do Processo De Modelagem Da Edificação E Do Canteiro De Obras No Desenvolvimento De Projetos 4D**. n. 1, p. 3558–3563, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2004. Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Versão corrigida, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2014. Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

AUTODESK REVIT 2019. Disponível em: < <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/> >. Acesso em: 10/julh/2019.

BIM HANDBOOK, THRID EDITION. Disponível em: <www.aecbytes.com/review/2018/BIM-Handbook-3rd-Edition.html> Acesso em: 01/dez/2018

BRASIL. Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Estratégia Nacional de Dissiminação do Building Information Modeling. Brasília, maio de 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm>. Acesso em: 22/jul/2019.

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. **Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203-223, out./dez. 2015.

BUILDINGSMART. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/>>. Acesso em: 01/dez/2018

CARMONA, F. V. F.; CARVALHO, M. T. M. **Caracterização da utilização do BIM no Distrito Federal**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 385-401, out./dez. 2017.

CELVERT, NEIL. *Why we care about BIM...* (2013). Disponível em: <<http://www.directionsmag.com/entry/why-we-care-about-bim/368436>> Acesso em: 01/dez/2018.

Decreto nº 9311, de 17 de maio de 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9377.htm>. Acesso em: 10/jul/2019.

DYNAMO. Disponível em: <<https://dynamobim.org/>>. Acesso em: 10/jul/2019.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** Nova Jersey, NJ, EUA: Wiley, 626 p. 2011.

ENGENHEIRO DE CUSTOS. Disponível em: <<https://engenheirodecustos.com.br/>>. Acesso em: 10/jul/2019.

ESCOLA TÉCNICA LEIAUT. Disponível em: <<https://leiautonline.com.br/>>. Acesso em: 10/jul/2019.

ESTRATÉGIA BIM BR. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim>>. Acesso em: 01/dez/2018

FERREIRA, B. **Desenvolvimento de Metodologias BIM de Apoio aos Trabalhos Construtivos de Medição e Orçamentação.** Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

HAYMAKER, J.; FISCHER, M. **Challenges and Benefits of 4D Modeling on the Walt Disney Concert Hall Project.** CIFE TWorking Paper: WP 64, Stanford University, p. 1–17, jan. 2001.

IFC INTRODUCTION. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>> Acesso em: 01/dez/2018

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o Uso do BIM.** Tese de Doutorado, São Paulo, 2013, 325p.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo: Editora Pini, 2010.

NAVISWORKS MANAGE: Recursos e possibilidades. Disponível em: <<http://bimexperts.com.br/naviswork-manage-recursos-e-possibilidades/>>. Acesso em: 01/dez/2018

NAVISWORKS. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview>>. Acesso em: 01/dez/2018

PEREIRA, A.B.M. (2016). **Introdução ao BIM e a Utilização do Software Revit nos Projetos de Instalações Prediais de uma Edificação.** Monografia de Projeto Final, Publicação em 2016, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 95 p.

PLATAFORMA BIM BR. Disponível em: <<https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/>>. Acesso em: 10/jul/2019.

SANTOS, E.T. **Criação, Representação e Visualização Digitais.** Brasília, DF, Brasil. 2012.

SILVA, C.M.A. (2014). **Modelagem da Informação da Construção (BIM) Aplicada à fase de Execução do Projeto de uma Edificação**. Monografia de Projeto Final, Publicação em 2014, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 36p.

SILVA, C.P. (2017). **A Plataforma BIM aplicada no Planejamento de obras**. Monografia de Projeto Final, Publicação em 2017, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 109p.

TECNOLOGIA BIM: Guia completo. Disponível em: <<https://www.buildin.com.br/guia-completo-sobre-tecnologia-bim/>>. Acesso em: 01/dez/2018

WHAT IS IFD? Disponível em <<http://prezi.com/okr3g7pxguz1/what-is-ifd-picturebook/>>. Acesso em 01/dez/2018

APÊNDICE A – LISTAS DE QUANTITATIVOS

Os quantitativos aqui mostrados foram extraídos das tabelas de quantitativos do *Revit*.

Quadro A-1 - Lista de Acessórios Hidrossanitários

Sistema	Descrição	Quant.
Água fria doméstica	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água com Registro, PVC Branco, Água Fria - TIGRE	8
Água fria doméstica	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água, PVC Branco, Água Fria - TIGRE	8
Água fria doméstica	Hidrômetro para cavalete	1
Água fria doméstica	Registro de Chuveiro PVC Branco 25mm - TIGRE	7
Água fria doméstica	Registro de Gaveta PVC Branco 25mm - TIGRE	10
Água quente doméstica	Registro de Chuveiro Aquatherm® Branco 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	5
Água quente doméstica	Registro de Gaveta Aquatherm® Branco 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	4

Quadro A-2 - Lista de Equipamentos e Peças Hidrossanitárias

Sistema	Descrição	Quant.
Água fria doméstica	Coluna para tanque	2
Água fria doméstica	Boiler	1
Água fria doméstica	Chuveiro	7
Água fria doméstica	Hidromassagem	1
Água fria doméstica	Lavatório - 50x100cm	7
Água fria doméstica	Máquina de lavar	2
Água fria doméstica	Pia churrasqueira	1
Água fria doméstica	Pia da cozinha	1
Água fria doméstica	Pia dupla banheiro	1
Água fria doméstica	Caixa d'água fechada 1000 litros, Tigre	2
Sanitário	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE	8
Sanitário	Caixa de Gordura com Tampa e Prolongador com Entrada - DN 100, Esgoto - TIGRE	2
Sanitário	Caixa de Inspeção/Interligação com prolongador com entrada - DN 100, Esgoto - TIGRE	7
Sanitário	Corpo Caixa Sifonada Girafácil (5 Entradas), 100 x 140 x 50mm, Esgoto - TIGRE	10
Sanitário	Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE	1
Sanitário	Ralo Quadrado Montado - Branco c/ grelha branca 100x53x40mm, Esgoto - TIGRE	6

Sanitário	Tanque	2
Sanitário	Porta Grelha Quadrado p/ Grelha Quadrada Branca 100mm, Esgoto - TIGRE	6
Sanitário	Prolongamento p/ Caixa Sifonada 100 x 100mm, Esgoto - TIGRE	6
Sanitário	Vaso sanitário monobloco	8

Quadro A-3 - Lista das Conexões Hidrossanitárias

Sistema	Descrição	Quant.
Água Quente	Tê de Redução Aquatherm® 28x22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	1
Água Quente	Tê Aquatherm® 25mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	1
Água Quente	Tê Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	1
Água Quente	Produto Inexistente	12
Água Quente	Joelho 90° Aquatherm® 28mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	3
Água Quente	Joelho 90° Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	29
Água Quente	Joelho 90° Aquatherm® 15mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	6
Água Quente	Joelho 45° Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	2
Água Quente	Bucha de Redução Aquatherm® 28x22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	7
Água Quente	Bucha de Redução Aquatherm® 22x15mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	2
Água Fria ou Quente	Tê misturador	4
Água Fria	Tê Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1
Água Fria	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	16
Água Fria	Tê de Redução Soldável 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	4
Água Fria	Tê de Redução Soldável 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	8
Água Fria	Tê de Redução Roscável 3/4" x 1/2", PVC Branco, Água Fria - TIGRE	1
Água Fria	Produto Inexistente	6
Água Fria	Junção 45° Roscável 3/4", PVC Branco, Água Fria - TIGRE	1
Água Fria	Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	5
Água Fria	Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	97
Água Fria	Joelho 45° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	6
Água Fria	Joelho 45° ou 90° Soldável: O ângulo da conexão não corresponde a 90° ou 45°, verificar	6
Água Fria	Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3
Água Fria	Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	60
Esgoto	Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	11
Esgoto	Produto Inexistente	12

Esgoto	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	41
Esgoto	Luva Simples 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1
Esgoto	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	63
Esgoto	Junção Simples 100 x 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1
Esgoto	Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	9
Esgoto	Junção Simples 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1
Esgoto	Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	21
Esgoto	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	33
Esgoto	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	29
Esgoto	Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	9
Esgoto	Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	13
Esgoto	Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	13
Esgoto	Bucha de Redução Longa 50x40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	5

Quadro A-4 - Lista de Tubos Rígidos Hidrossanitários

Sistema	Descrição	Dimensão	Comprimento
Água quente doméstica	Tubo CPVC rígido, cor branca, linha Aquatherm - Tigre	Ø15	0.09 m
Água quente doméstica	Tubo CPVC rígido, cor branca, linha Aquatherm - Tigre	Ø22	55.18 m
Água quente doméstica	Tubo CPVC rígido, cor branca, linha Aquatherm - Tigre	Ø28	7.87 m
Água fria doméstica	Tubo PVC rígido, cor marrom, linha soldável - Tigre	Ø20	11.50 m
Água fria doméstica	Tubo PVC rígido, cor marrom, linha soldável - Tigre	Ø25	164.97 m
Água fria doméstica	Tubo PVC rígido, cor marrom, linha soldável - Tigre	Ø32	12.80 m
Ventilação	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø50	46.36 m
Sanitário	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø40	27.53 m
Sanitário	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø50	19.82 m
Sanitário	Tubo PVC rígido, cor branca, linha Esgoto Série Normal - Tigre	Ø100	89.07 m

Quadro A-5 - Lista de Componentes Elétricos e Eletrodutos

Descrição do Material	Dimensões	Quantidade
Caixa de Luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x2"	139
Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel, em PVC na cor amarela para eletroduto corrugado	4"x4"	65
Conjunto montado com 1 Interruptor paralelo, 10A 250V~, 4"x2"	1P, 4"x2"	8

Conjunto montado com 1 Interruptor simples, 10A 250V~, 4"x2"	1S, 4"x2"	26
Conjunto montado de Interruptor com 2 teclas simples, 4"x2"	2xS, 4"x2"	3
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1S+1Tom.10A, 4"x2"	5
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio Ø11mm, 4"x2"	Saída de fio	13
Quadro de Distribuição 12/16 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barramento de terra e neutro, porta branca, dimensões 250x344,6x78,7mm.	12/16 Disjuntores	2
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, posto horizontal, 4"x2"	10A, 4"x2"	60
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 10A, postos horizontais, 4"x2"	2x10A, 4"x2"	9
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR15465	Ø25	757,88 m
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR15465	Ø20	8,92 m

Quadro A-6 - Lista de Pilares Estruturais

Família e tipo	Contador	Volume (m ³)	Vol. estimado da armadura (cm ³)
Pavimento Térreo			
Pilar Circular de Concreto: d20	2	0,03	335,76
Pilar Circular de Concreto: d40	4	1,65	15211,2
Pilar Retangular de Concreto: 14x40	7	1,95	29840,32
Pilar Retangular de Concreto: 14x60	6	1,66	27533,9
Pilar Retangular de Concreto: 20x40	1	0,26	2867,19
Pilar Retangular de Concreto: 40x20	5	1,32	14335,97
Pilar Retangular de Concreto: 60 x 14	3	0,83	13766,95
Total térreo	28	7,7	103891,29
Pavimento Superior			
Pilar Retangular de Concreto: 14x40	10	1,69	23228,4
Pilar Retangular de Concreto: 14x50	2	0,41	5828,34
Pilar Retangular de Concreto: 17x50	2	0,69	7921,82
Pilar Retangular de Concreto: 40x14	1	0,17	2524,91
Total superior	15	2,96	39503,47
Pavimento Área Técnica			
Pilar Retangular de Concreto: 14x40	2	0,25	4192,55
Pilar Retangular de Concreto: 40x14	1	0,13	2188,32
Total área técnica	3	0,38	6380,87

Quadro A-7 - Quantidade de Laje Estrutural

Família e tipo	Contador	Volume (m³)	Volume estimado da armadura (cm³)
Pavimento Térreo			
Piso: Concreto 10cm	1	27,9	206851,89
Pavimento Superior			
Piso: Concreto 10cm	1	21,15	155220,64
Total geral	2	49,06	362072,53

Quadro A-8 - Quantidade de Vigas

Família e tipo	Contador	Volume (m³)	Volume estimado da armadura (cm³)
Vigas Baldrame			
Concreto-Viga Retangular: 140 x 400mm	2	0,56	7540,02
Concreto-Viga Retangular: 140 x 600mm	1	0,41	3402,34
Concreto-Viga Retangular: 150 x 400mm	31	5,83	76479,13
Concreto-Viga Retangular: 150 x 600mm	7	3,33	30034,61
Concreto-Viga Retangular: 200 x 400mm	5	0,69	9425,76
Concreto-Viga Retangular: 200 x 600mm	1	0,23	2295,33
Concreto-Viga Retangular: 300 x 400mm	2	0,00	0,00
Concreto-Viga Retangular: 350 x 400mm	3	0,00	0,00
Total baldrame	52	11,04	129177,18
Área total de impermeabilização: 22,21m²			
Pavimento Superior			
Concreto-Viga Retangular: 120 x 400mm	3	0,25	3318,7
Concreto-Viga Retangular: 140 x 300mm	2	0,36	5154,96
Concreto-Viga Retangular: 140 x 400mm	9	2,7	29069,65
Concreto-Viga Retangular: 140 x 500mm	5	2,98	25839,01
Concreto-Viga Retangular: 140 x 600mm	6	2,37	18252,65
Concreto-Viga Retangular: 200 x 400mm	2	0,54	4121,38
Concreto-Viga Retangular: 200 x 450mm	8	3,32	22364,21
Concreto-Viga Retangular: 200 x 500mm	3	1,59	9613,76
Concreto-Viga Retangular: 200 x 600mm	2	0,83	6466,77
Concreto-Viga Retangular: 250 x 450mm	1	1,39	8551,02
Total superior	41	16,33	132752,12
Pavimento Área Técnica			
Concreto-Viga Retangular: 140 x 300mm	3	1,02	13491,77
Concreto-Viga Retangular: 140 x 400mm	8	1,93	21005,67
Concreto-Viga Retangular: 140 x 500mm	11	3,9	33014,21
Concreto-Viga Retangular: 140 x 700mm	1	1,22	7584,2
Concreto-Viga Retangular: 170 x 500mm	1	0,7	5459,89
Total área técnica	24	8,76	80555,74
Pavimento Cobertura			
Concreto-Viga Retangular: 140 x 400mm	5	0,93	9814,14

Concreto-Viga Retangular: 170 x 500mm	1	0,5	3535,27
Total cobertura	6	1,43	13349,41

Quadro A-9 - Quantidade de Portas

Família e tipo	Contador	Área Unitária (m²)	Área total (m²)
Porta de madeira (0,60x2,10)	2	1,26	2,52
Porta de madeira (0,70x2,10)	6	1,47	8,82
Porta de madeira (0,80x2,10)	15	1,68	25,2
Porta de correr (2,00x2,40)	2	4,8	9,6
Porta de correr (2,40x2,30)	1	5,52	5,52
Porta de correr (4,42x2,30)	1	10,166	10,166
Porta de correr (4,57x2,30)	1	10,511	10,511
Porta de correr (5,57x2,30)	1	13,041	13,041
Porta de correr (3,70x2,40)	1	8,88	8,88
Porta entrada (1,6x3,00)	1	4,8	4,8
Total geral	31		99,058

Quadro A-10 - Quantidade de Janelas

Tipo	Contador	Área Unitária (m²)	Área total (m²)
Janela (1,72x2,30)	1	3,956	3,956
Janela (0,60x0,70)	2	0,42	0,84
Janela (0,80x1,20)	1	0,96	0,96
Janela (1,00x0,80)	3	0,8	2,4
Janela (1,2x1,30)	1	1,56	1,56
Janela (1,20x0,80)	1	0,96	0,96
Janela (1,20x1,20)	2	1,44	2,88
Janela (2,20x0,80)	1	1,76	1,76
Janela (2,40x1,20)	1	2,88	2,88
Janela (2,66x1,30)	1	3,458	3,458
Janela (0,60x0,90)	2	0,54	1,08
Janela (1,00x1,90)	2	1,9	3,8
Janela (2,95x1,60)	1	4,72	4,72
Janela (4,20x1,90)	1	7,98	7,98
Total geral	20		39,234

Quadro A-11 - Quantidade de Piso

Tipo de Piso	Área (m²)
Pavimento Térreo	
Contrapiso	334
Porcelanato	111
Soleira	3
Piso cerâmico interno	60

Piso cerâmico externo	131
Pavimento superior	
Contrapiso	316
Porcelanato	186
Soleira	4
Piso cerâmico	26

Quadro A-12 - Quantidade de Telhado

Família	Quantidade (m²)
Telha cerâmica	29
Telha de fibrocimento	182
Telha de fibrocimento	95
Telha de fibrocimento	32
Calha (m)	135,96 m
Total telha de fibrocimento	309
Total geral:	337

Quadro A-13 - Quantidade de Parede por Montagem

Montagem da parede	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m²)	Volume (m³)
Pav. Térreo				
Cerâmica x cerâmica - 150mm	22,17	0,15	58	8,74
Cerâmica x Pintura - 150mm	49,1	0,15	142	21,32
Pintura x Cerâmica - 150mm	10,04	0,15	28	4,27
Pintura x Pintura - 150mm	70,62	0,15	178	26,74
Churrasqueira	4,53	0,1	8	0,81
Totais Pav. Térreo: 59	156,45		415	61,70
Pav. Superior				
Cerâmica x Cerâmica - 150mm	3,25	0,15	9	1,39
Cerâmica x Pintura - 150mm	33,65	0,15	86	12,92
Pintura x Cerâmica - 150mm	11,35	0,15	29	4,34
Pintura x Pintura - 150mm	138,59	0,15	240	36,00
Totais Pav. Superior: 49	186,84		364	54,65
Área Técnica				
Pintura x Pintura - 150mm	90,82	0,15	129	19,41
Totais Área Técnica: 12	90,82		129	19,41
Total geral: 120	434,11		909	135,76

APÊNDICE C – MODELO 4D

Nas Figuras de C-1 a C-5 são apresentadas imagens do modelo 4D. No canto superior esquerdo da tela são apresentadas informações referentes ao dia e à semana em que se encontra a obra, assim como quais tarefas estão sendo executadas e qual porcentagem delas já foi concluída. Nota-se que os objetos representados na cor verde e transparentes são aqueles sendo construídos e, ao assumirem a cor realista, foram concluídos. Na última imagem pode-se observar os elementos do canteiro sendo removidos (representados na cor amarela).

O vídeo produzido no *Navisworks* está disponível no link a seguir:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ZOZE7eAedH8Cj7aUQ9mjuSwqyOS-A2yn>

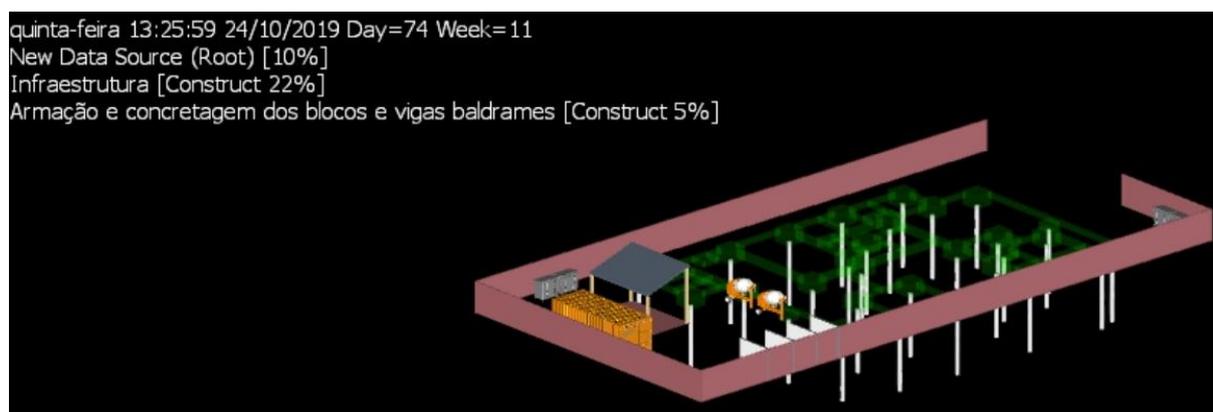


Figura C-1 - Execução da Infraestrutura



Figura C-2 - Execução da Superestrutura

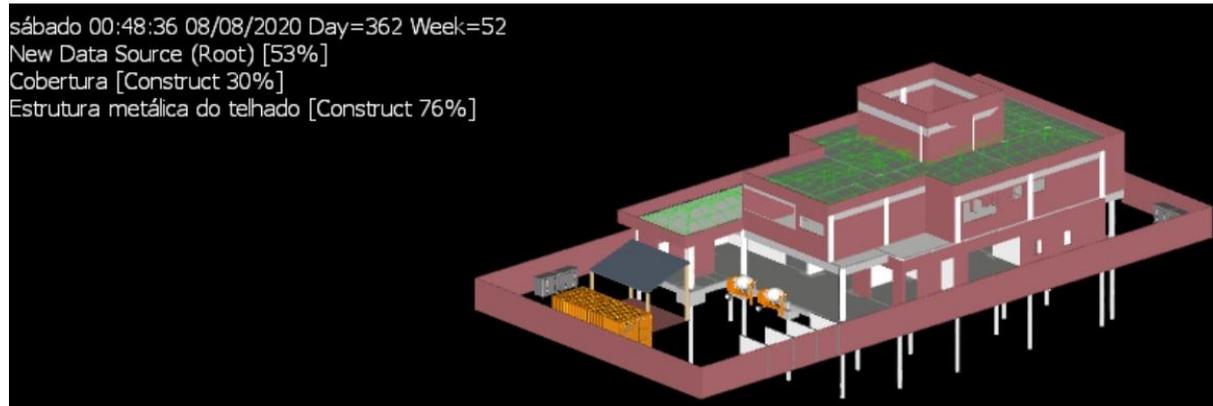


Figura C-3 - Execução das Estruturas do Telhado (Alvenaria de vedação finalizada)



Figura C-4 - Execução dos Revestimentos das Paredes Finalizado

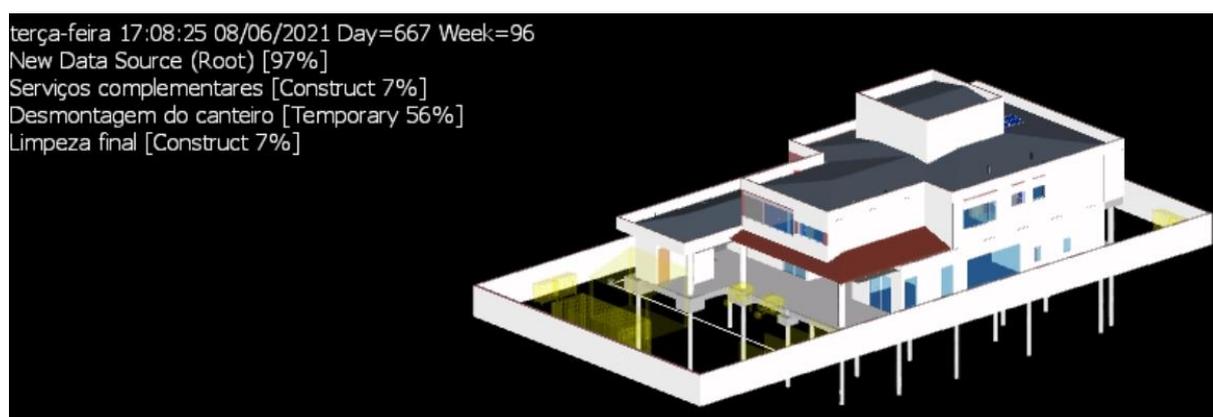


Figura C-5 - Desmontagem do Canteiro e Limpeza Final (Pintura finalizada)