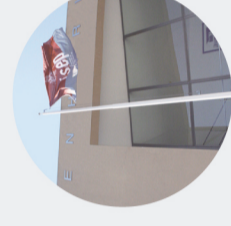




# **BIM COMO CONTRIBUTO PARA OBRAS DE HABITAÇÃO SOCIAL**

**Carlos César Gonzalez Piccoli Ruivo**  
dezembro de 2019



BIM COMO CONTRIBUTO PARA OBRAS DE HABITAÇÃO SOCIAL

## BIM COMO CONTRIBUTO PARA OBRAS DE HABITAÇÃO SOCIAL

Carlos César Gonzalez Piccoli Ruivo  
Outubro de 2019





# **BIM COMO CONTRIBUTO PARA OBRAS DE HABITAÇÃO SOCIAL**

CARLOS CÉSAR GONZÁLEZ PICCOLI RUIVO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES**

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Sousa

Coorientador: Prof. Dr. Rolando Ramirez Vilató (Universidade Presbiteriana Mackenzie)

**OUTUBRO DE 2019**



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	vii
Abstract .....	ix
Agradecimentos .....	xi
Índice de Texto .....	xiii
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xxi
Abreviaturas .....	xxiii
Capítulo 1 Introdução .....	1
1.1 Problema de Pesquisa.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo geral.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificativa .....	3
1.4 Estrutura do trabalho .....	5
Capítulo 2 Revisão da literatura.....	7
2.1 BIM.....	7
2.2 Modelagem 3D .....	9
2.3 Simulação 4D – Planejamento E Cronograma .....	11
2.4 Simulação 5D – Custos e Orçamentação .....	14
2.5 Simulações 6D e 7D .....	20
Capítulo 3 Metodologia .....	23
Capítulo 4 Resultados e Discussão – Estudo Prático.....	25

4.1 VISUALIZAÇÃO (3D).....	27
4.1.1 Modelagem .....	27
4.1.1.1 Topografia/Terreno .....	33
4.1.1.2 Arquitetura – Paredes, Portas, Janelas e Escadas .....	34
4.1.1.3 Estruturas.....	45
4.1.1.4 Fundações.....	53
4.1.2 Coordenação e compatibilização de projetos.....	62
4.1.3 Clash Detection .....	65
4.2 PLANEJAMENTO (4D).....	70
4.2.1 Cronograma.....	71
4.2.2 Simulação 4D.....	72
4.3 CUSTOS/ORÇAMENTAÇÃO (5D).....	78
4.3.1 Levantamento de Quantitativos .....	79
4.3.2 Orçamentação com dados do SINAPI.....	84
4.3.3 Simulação 5D .....	85
Capítulo 5 Considerações Finais.....	87
5.1 Conclusões .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.2 Desenvolvimentos Futuros .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Referências Bibliográficas.....	89
APÊNDICE A – TABELA DE AÇO .....	92
APÊNDICE B – TABELA DE PAREDES .....	99
APÊNDICE C – RELATÓRIO CLASH DETECTIVE.....	105
APÊNDICE D – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES COM GRÁFICO DE GANTT .....	109
APÊNDICE E – ACOMPANHAMENTO FÍSICO DA CONSTRUÇÃO (SIMULAÇÃO 4D).....	113
APÊNDICE F – TABELAS DINÂMICAS .....	121
APÊNDICE G – CUSTOS PARA EXECUÇÃO DE VIGAS BALDRAME.....	127
APÊNDICE H – ACOMPANHAMENTO DE CUSTOS DA CONSTRUÇÃO (SIMULAÇÃO 5D).....	135

ANEXO I – ESPECIFICAÇÃO PARA ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO .....	139
ANEXO II – ESPECIFICAÇÃO PARA ESQUADRIAS DE FERRO.....	147
ANEXO III – ESPECIFICAÇÃO PARA PORTAS DE MADEIRA .....	149
ANEXO IV – TABELAS DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS (SINAPI) .....	151



## RESUMO

Considerada como revolucionária, a metodologia BIM – *Building Information Modeling* utiliza recursos informáticos para a construção de um ambiente colaborativo em que os profissionais podem desenvolver suas disciplinas em conjunto sobre um modelo integrado, paramétrico, confiável e interoperável. Sendo assim, aos poucos os obstáculos para sua implementação vêm sendo vencidos e o BIM se consolida como protagonista na digitalização da Construção Civil. Por consequência da sua ainda baixa adoção na cultura técnica brasileira, faz-se necessário que seja ao máximo aproximada da prática projetual, de forma a ressaltar seus benefícios. Isto posto, foram avaliados neste estudo as contribuições trazidas pelo BIM aos empreendimentos de Habitação Social do programa Minha Casa Minha Vida – MCMV através da modelagem tridimensional e simulações em ambientes 4D e 5D. Procurou-se também introduzir conceitos de avaliação da Sustentabilidade por simulações 6D e analisar a possibilidade do *Facility Management* ou Gestão de Instalações dentro da sétima dimensão. Os resultados alcançados são animadores. A metodologia traz performance ao *workflow* das equipes que a utilizam, agregando maior automatização dos processos e controle sobre seus projetos.

**Palavras-chave:** BIM. Habitação Social. Inovação.



## ABSTRACT

Considered as revolutionary, BIM – Building Information Modeling – methodology uses informatic resources in order to build a collaborative environment in which professionals can develop their disciplines together with an integrated, parametric, interoperable and reliable model. Thus, the obstacles for its implementation have been overcome and BIM sets itself as the protagonist along the digitalization process in construction industry. Because of its little adoption between Brazilian technic culture, it is necessary to bring it as close as possible to the project practices in order to emphasize its benefits. That said, this study evaluated the contributions brought with BIM to a social housing undertaking of the *Minha Casa Minha Vida* – MCMV program through the tridimensional modeling and 4D and 5D simulations. It was also sought to introduce the concepts behind Sustainability evaluation through 6D simulations and the possibility for Facility Management within its 7<sup>th</sup> dimension. The results achieved are encouraging. The methodology adds performance to the team workflow, it brings greater automatization to the processes and control over projects.

**Keywords:** BIM. Social Housing. Innovation.



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar à minha família, por ser sempre a base e porto seguro em quaisquer situações, em especial meus pais Carlos César e Marisol, por não medirem esforços ao me proporcionar toda a estrutura necessária para que eu não precisasse me preocupar com nada além de estudar e investir meu tempo para ter um futuro de sucesso e feliz. Aos meus avós, Felicidad, Pedro, Rolando, Tânus e Vilma pelos conhecimentos de vida sempre transmitidos com amor e atenção. Aos meus tios e primos, por sempre estarem ao meu lado me apoiando e expressando seu amor. À minha namorada Isabela Honda, com quem pretendo dividir meus sucessos e sua família, por terem me acolhido como parte da família.

À todos os meus amigos da escola F.I.E.B. – Maria Theodora, em especial ao Derik Costa, o irmão que a vida me deu. Aos meus colegas de faculdade, em especial ao Gustavo Seino, Leonardo Mazelli e Matheus Kavrov, que sempre foram boas companhias nesta jornada de estudos. Aos meus companheiros de mestrado, Amanda Coraciara, Ana Carolina, Anderson Hotta, Anderson Kyn, Camila Motta, Fábio Santos, Patrícia Bonilha e Rafael Cabral, com quem pude contar durante um semestre de muito estudo, viagens e experiências inesquecíveis pela Europa.

Aos meus professores da escola F.I.E.B. – Maria Theodora, em especial Benjamin, Odimar Gondim, Cláudia Ponge, Juliana Farah e Régis Kapitanovas, por toda a paciência, atenção e disposição em orientar e incentivar seus alunos, que foram essenciais para as primeiras conquistas acadêmicas como olimpíadas de física e astronomia. Sem dúvidas, não teria alcançado meu desenvolvimento acadêmico sem seu apoio e suporte.

À todos meus professores da graduação em Engenharia Civil na Universidade Presbiteriana Mackenzie, em especial ao Rolando Vilató, por ter acreditado em meu potencial me proporcionando a oportunidade de ser aluno pesquisador, realizar pesquisa de Iniciação Tecnológica e principalmente ter acolhido minha proposta de trabalho para conclusão de curso, mesmo com minhas restrições, sempre com bastante paciência, incentivo e espaço para desenvolver minhas próprias ideias. Também incluo o professor Ivo Mainardi, que com seus sólidos conhecimentos, atenção e disposição, contribuiu de maneira ímpar na fase final de desenvolvimento deste trabalho.

## *ÍNDICE GERAL*

Ao corpo docente do mestrado em Construções, no Instituto Superior de Engenharia do Porto, em Portugal, por me mostrar uma visão de mundo diferente e transmitirem seus conhecimentos, em especial ao Eng.º José Manuel Sousa, por ter aceitado ser meu orientador apesar da distância.

Por último e não menos importante, à todos os Engenheiros Civis que me ajudaram e direcionaram, em especial ao Brasília D'Amatto Júnior, por ter me proporcionado as primeiras vivências dentro da Construção Civil, ao Celso Junior, quem me deu a primeira oportunidade profissional, sendo imprescindível para o desenvolvimento da minha carreira, ao Edimar Fontenelle, por todo o conhecimento prático de engenharia transmitido com muita paciência e atenção ao acompanhar minhas primeiras atividades profissionais. Aos Engenheiros Fernando Corrêa e Nicolau Giovanetti, por terem sempre dedicado seu valioso tempo me aconselhando e orientando com muita disposição nas questões referentes a minha formação e ao meu futuro dentro da Engenharia Civil.

# ÍNDICE DE TEXTO

Capítulo 1	Introdução .....	1
1.1	Problema de Pesquisa.....	2
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Objetivo geral.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	3
1.3	Justificativa .....	3
1.4	Estrutura do trabalho .....	5
1.5	Entendendo as dimensões do BIM .....	5
Capítulo 2	Revisão da literatura.....	7
2.1	BIM.....	7
2.2	Modelagem 3D .....	9
2.3	Simulação 4D – Planejamento E Cronograma .....	11
2.4	Simulação 5D – Custos e Orçamentação .....	14
2.5	Simulações 6D e 7D .....	20
Capítulo 3	Metodologia .....	23
Capítulo 4	Resultados e Discussão – Estudo Prático.....	25
4.1	VISUALIZAÇÃO (3D).....	27
4.1.1	Modelagem .....	27
4.1.1.1	Topografia/Terreno .....	33
4.1.1.2	Arquitetura – Paredes, Portas, Janelas e Escadas .....	34
4.1.1.3	Estruturas .....	45
4.1.1.4	Fundações.....	53

4.1.2	Coordenação e compatibilização de projetos.....	62
4.1.3	Clash Detection .....	65
4.2	PLANEJAMENTO (4D).....	70
4.2.1	Cronograma.....	71
4.2.2	Simulação 4D.....	72
4.3	CUSTOS/ORÇAMENTAÇÃO (5D).....	78
4.3.1	Levantamento de Quantitativos .....	79
4.3.2	Orçamentação com dados do SINAPI.....	84
4.3.3	Simulação 5D.....	85
Capítulo 5	Considerações Finais.....	87
5.1	Conclusões .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.2	Desenvolvimentos Futuros .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
APÊNDICE A	– TABELA DE AÇO .....	92
APÊNDICE B	– TABELA DE PAREDES .....	99
APÊNDICE C	– RELATÓRIO CLASH DETECTIVE.....	105
APÊNDICE D	– CRONOGRAMA DE ATIVIDADES COM GRÁFICO DE GANTT .....	109
APÊNDICE E	– ACOMPANHAMENTO FÍSICO DA CONSTRUÇÃO (SIMULAÇÃO 4D).....	113
APÊNDICE F	– TABELAS DINÂMICAS .....	121
APÊNDICE G	– CUSTOS PARA EXECUÇÃO DE VIGAS BALDRAME.....	127
APÊNDICE H	– ACOMPANHAMENTO DE CUSTOS DA CONSTRUÇÃO (SIMULAÇÃO 5D).....	135
ANEXO I	– ESPECIFICAÇÃO PARA ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO .....	139
ANEXO II	– ESPECIFICAÇÃO PARA ESQUADRIAS DE FERRO .....	147
ANEXO III	– ESPECIFICAÇÃO PARA PORTAS DE MADEIRA .....	149
ANEXO IV	– TABELAS DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS (SINAPI) .....	151

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – BIM no ciclo de vida das edificações. ....	8
Figura 2.2 – Curva de MacLeamy, adaptada (Matos, 2015).....	9
Figura 2.3 – Modelo 3D arquitetônico. ....	10
Figura 2.4 – Início da simulação do modelo estrutural. ....	11
Figura 2.5 – Simulação do modelo estrutural dos pavimentos 4 e 5. ....	12
Figura 2.6 – Simulação do modelo estrutural dos pavimentos 7 e 8. ....	12
Figura 2.7 Última etapa da simulação do modelo estrutural.....	13
Figura 2.8 – Modelo estrutural.....	15
Figura 2.9 – Modelo estrutural com armaduras. ....	16
Figura 2.10 – Itens selecionados para destaque no modelo tridimensional. ....	17
Figura 2.11 – Modelo estrutural com armaduras destacadas. ....	18
Figura 2.12 Campo de cálculo do "Peso de Aço" a partir das propriedades da tabela.....	19
Figura 4.1 – Definição das Unidades de Projeto a serem adotadas.....	28
Figura 4.2 – Representação dos níveis dos pavimentos através da vista da Fachada Frontal.....	29
Figura 4.3 – Níveis dos pavimentos através da vista da Fachada Lateral Direita.....	30
Figura 4.4 – Vista 3D com o posicionamento dos projetos em DWG vinculados. ....	31
Figura 4.5 – Ponto de origem do Revit (em azul) e planos de referência (tracejado preto).....	32
Figura 4.6 – Ponto de origem (em azul escuro) e projeto de implantação geral.....	32
Figura 4.7 – Arquivos em DWG da topografia e implantação vinculados ao Revit.....	33
Figura 4.8 – Modelo topográfico gerado a partir do projeto planialtimétrico. ....	33
Figura 4.9 – Plataforma de construção modelada a partir da área de implantação.....	34
Figura 4.10 – Opções de visibilidade dos <i>layers</i> do arquivo em DWG original. ....	35

Figura 4.11 – Modelagem de todas as paredes de uma unidade. ....	36
Figura 4.12 – Rebatimento para modelagem total das paredes do térreo.....	37
Figura 4.13 – Paredes exteriores.....	37
Figura 4.14 – Paredes interiores.....	38
Figura 4.15 – <i>Shafts</i> e alvenarias de vedação.....	38
Figura 4.16 – Pavimento térreo (paredes). ....	39
Figura 4.17 – Paredes (térreo, cobertura e reservatório superior).....	40
Figura 4.18 – Paredes (térreo, 1º andar, cobertura e reservatório superior).....	41
Figura 4.19 – Modelagem de paredes completa.....	41
Figura 4.20 – Conclusão do modelo arquitetônico. ....	45
Figura 4.21 – Implantação total do condomínio. ....	45
Figura 4.22 – Modelo 3D arquitetônico (esquerda) e Modelo 3D estrutural (direita). ....	47
Figura 4.23 – Recobrimento (em amarelo) para armaduras das paredes selecionadas (em azul).....	48
Figura 4.24 – Paredes armadas com telas eletro soldadas. ....	49
Figura 4.25 – Armações de paredes no modelo arquitetônico (esquerda) e estrutural (direita).....	49
Figura 4.26 – Ferros de arranque, reforços perimetrais e de aberturas.....	50
Figura 4.27 – Recortes de tela para reforço nos cantos de aberturas. ....	50
Figura 4.28 – Modelagem completa das paredes estruturais armadas.....	51
Figura 4.29 – Modelos arquitetônicos 3D sudeste (esquerda) e nordeste (direita). ....	52
Figura 4.30 – Modelo analítico.....	52
Figura 4.31 – Lajes alteradas após recarregamento do vínculo arquitetônico.....	53
Figura 4.32 – Criação de um novo nível de projeto.....	54
Figura 4.33 – Projeto de locação de cargas vinculado no modelo estrutural. ....	55
Figura 4.34 – Modelagem de estacas-hélice em planta e acompanhamento tridimensional. ....	55
Figura 4.35 – Base em DWG e modelagem das vigas baldrame. ....	56
Figura 4.36 – Armação de estribos.....	57
Figura 4.37 – Armaduras negativas.....	57

Figura 4.38 – Armadura de pele ou costela. ....	58
Figura 4.39 – Armadura positiva. ....	58
Figura 4.40 – Inconsistência no posicionamento de armaduras após espelhamento. ....	59
Figura 4.41 – Vigas baldrame completamente armadas. ....	60
Figura 4.42 – Embasamento em blocos de concreto. ....	61
Figura 4.43 – Modelo de fundações. ....	61
Figura 4.44 – Modelo arquitetônico. ....	63
Figura 4.45 – Exportação do modelo estrutural. ....	64
Figura 4.46 – Importação do modelo estrutural. ....	64
Figura 4.47 – Lista de <i>clashes</i> à esquerda e elementos destacados à direita. ....	66
Figura 4.48 – <i>Clash</i> 39 (radier x arranques de paredes). ....	67
Figura 4.49 – Vergalhão (em verde) posicionado na superfície da parede (vermelho). ....	68
Figura 4.50 – Vergalhão de reforço mal posicionado. ....	68
Figura 4.51 – Vergalhão reposicionado. ....	69
Figura 4.52 – Redução no número de <i>Clashes</i> após alteração no modelo estrutural. ....	69
Figura 4.53 – Tarefas criadas a partir do cronograma exportado do Project. ....	72
Figura 4.54 – <i>Sets</i> criados automaticamente a partir das tarefas do cronograma. ....	73
Figura 4.55 – Atividades adiantadas <i>versus</i> planejado. ....	74
Figura 4.56 – Estacas com execução adiantada realçadas em cyan. ....	75
Figura 4.57 – Atividades atrasadas <i>versus</i> planejado. ....	75
Figura 4.58 – Embasamento com execução atrasada em vermelho. ....	76
Figura 4.59 – Atividades conforme planejado. ....	77
Figura 4.60 – Armações de paredes do 4º pavimento conforme planejado. ....	78
Figura 4.61 – <i>Sets</i> de componentes das vigas baldrame. ....	80
Figura 4.62 – <i>Item Catalog</i> com itens para execução de fundações profundas e rasas. ....	81
Figura 4.63 – <i>Resource Catalog</i> – Cálculo do volume de concreto conforme SINAPI. ....	82
Figura 4.64 – Alocação de insumos e componentes. ....	83

Figura 4.65 – Levantamento de aço para vigas baldrame em kg. ....	84
Figura 4.66 – Inserção de custos de materiais, mão de obra e equipamentos às atividades do cronograma. ....	85
Figura 4.67 – Execução de vigas baldrame (Simulação 5D). ....	86
Figura C.1 Relatório de <i>Clashes</i> (1 ao 8). ....	105
Figura C.2 Relatório de <i>Clashes</i> (8 ao 17). ....	106
Figura C.3 Relatório de <i>Clashes</i> (18 ao 26). ....	107
Figura C.4 Relatório de <i>Clashes</i> (27 ao 35). ....	108
Figura D.1 Sequência executiva para fundações. ....	109
Figura D.2 Sequência executiva para estruturas (pavimento térreo ao 2º pavimento). ....	110
Figura D.3 Sequência executiva para estruturas (3º pavimento a Cobertura). ....	111
Figura E.1 Estacas em execução (verde) e estacas já executadas (cinza). ....	113
Figura E.2 Estacas totalmente executadas. ....	114
Figura E.3 Armação de vigas baldrame em execução (verde). ....	114
Figura E.4 Estacas e baldrames concluídos (cinza) e baldrame em execução (verde). ....	115
Figura E.5 Radier em execução (verde). ....	115
Figura E.6 Fundações concluídas. ....	116
Figura E.7 Telas de paredes do pavimento térreo sendo armadas (verde). ....	116
Figura E.8 Paredes do pavimento térreo completamente armadas. ....	117
Figura E.9 Concretagem da laje do pavimento térreo em execução. ....	117
Figura E.10 Telas de paredes do 2º pavimento sendo armadas (verde). ....	118
Figura E.11 Estruturas executadas até a laje do 2º pavimento. ....	118
Figura E.12 Concretagem em andamento das paredes da cobertura. ....	119
Figura E.13 Estruturas concluídas. ....	119
Figura H.1 Montagem de fôrmas finalizadas e início das armações (CUSTO TOTAL=R\$12.780,15). ....	135
Figura H.2 Armações finalizadas e início da concretagem com posicionamento de arranques para paredes (CUSTO TOTAL = R\$41.159,24. ....	136
Figura H.3 Concretagem finalizada das vigas baldrame (CUSTO TOTAL = R\$61.043,22). ....	137

Figura I.1 AL-01 (DORMITÓRIOS 1 E 2).....	139
Figura I.2 AL-02 (BANHOS). ....	140
Figura I.3 AL-03 (ÁREAS DE SERVIÇOS).....	141
Figura I.4 AL-04 (SALAS DE ESTAR/JANTAR).....	142
Figura I.5 AL-05 (ACESSO AO BLOCO).....	143
Figura I.6 AL-08 (ESCADAS).....	144
Figura I.7 AL-09 (BARRILETE). ....	145
Figura I.8 AL-11 (CENTRO DE MEDIÇÃO).....	146
Figura II.1 FE-01 (BARRILETE). ....	147
Figura II.2 FE-02 (RESERVATÓRIO SUPERIOR). ....	148
Figura III.1 PM-02 (DORM./BANHOS/ACESSOS APTOS).....	149



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Relação entre as dimensões BIM e os softwares utilizados. ....	24
Tabela 4.1 – Fluxograma BEP .....	26
Tabela 4.2 – Relação de Objetos (Portas e Janelas).....	43
Tabela A.1– Resumo de aço .....	92
Tabela B.1 – Resumo para paredes externas .....	99
Tabela B.2 – Resumo para paredes internas.....	102
Tabela F.1 – Tabela Dinâmica de Recursos .....	121
Tabela F.2 – Tabela Dinâmica de Itens .....	124
Tabela F.3 – Tabela Dinâmica de Grupos .....	125
Tabela G.1 – Custos de fôrmas.....	127
Tabela G.2 – Custos de armaduras (6,3mm CA-50) .....	129
Tabela G.3 – Custos de armaduras (8,0mm CA-50) .....	130
Tabela G.4 – Custos de armaduras (10mm CA-50) .....	131
Tabela G.5 – Custos de armaduras (12,5mm CA-50) .....	132
Tabela G.6 – Custos de concretagem .....	133
Tabela IV.1 – Composição de custos SINAPI – Fôrmas (fabricação, montagem e desmontagem de fôrmas para viga baldrame) <sup>1</sup> .....	151
Tabela IV.2 – Composição de custos SINAPI – Armação de viga baldrame (6,3mm CA-50) <sup>1</sup> .....	153
Tabela IV.3 – Composição de custos SINAPI – Armação de viga baldrame (8,0mm CA-50) .....	154
Tabela IV.4 – Composição de custos SINAPI – Armação de viga baldrame (10mm CA-50) .....	155
Tabela IV.5 – Composição de custos SINAPI – Armação de viga baldrame (12,5mm CA-50) .....	156

*ÍNDICE DE TABELAS*

Tabela IV.6 – Composição de custos SINAPI – Concretagem (lançamento, adensamento e acabamento de concreto para vigas baldrame) por m<sup>3</sup> ..... 157

## ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AIA	<i>The American Institute of Architects</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CBS	<i>Cost Breakdown Structure</i>
CEF	Caixa Econômica Federal
CG-BIM	Comitê Gestor da Estratégia BIM BR
BEP	<i>BIM Execution Plan</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BCF	<i>BIM Collaboration Format</i>
BIMe	<i>BIM Excellence</i>
BIP	<i>BIM Implementation Plan</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
LCA	<i>Lifecycle Assessment</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MCMV	Minha Casa Minha Vida
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SPDA	Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas

*ABREVIATURAS*

VGV            Valor Geral de Venda

VPD            *Virtual Project Development*

WBS            *Work Breakdown Structure*

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho surge da necessidade em se estudar, compreender e mostrar a forma com que a tecnologia é capaz de transformar a atividade humana, sobretudo na Construção Civil. Assim é apresentado o BIM (*Building Information Modeling*) que representa o que há de mais avançado para o setor construtivo. Diversas ferramentas BIM vêm sendo desenvolvidas pelas grandes *software houses* para auxiliar o trabalho dos profissionais de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Estes programas, por sua vez são capazes de modelar diversos tipos de projetos, desde aqueles mais simples, como habitações unifamiliares até grandes e complexos projetos de infraestrutura. No entanto, por proporcionar uma grande mudança e inovação no fluxo de trabalho, também manifesta questionamentos e hesitação em ser adotado. Neste sentido, conhecer as vantagens dos processos correlatos ao BIM, ajuda a divulgar e disseminar sua prática à medida que diminui a resistência em sua adoção.

O conceito de BIM foi originalmente utilizado na década de 1970, pelo professor Charles Eastman, na escola de arquitetura da faculdade Georgia Tech nos Estados Unidos. Segundo Eastman, os desenhos presentes nos projetos de Construção Civil eram ineficientes por limitarem a visualização dos edifícios e por não serem automaticamente atualizados.

Desde sua idealização, o BIM ampliou seus conceitos e perspectivas em relação aos projetos, desenhos, estimativas, levantamento de quantitativos, custos, simulações de processos construtivos, Sustentabilidade, eficiência, performance, tecnologia agregada a construção entre outros aspectos relacionados ao ciclo de vida do edifício. Sendo assim, a adoção de ferramentas BIM se dá em todas as fases construtivas: estudos preliminares, construção, utilização e demolição (Latiffi; Brahim; Fathi, 2014).

Atualmente, existe uma gama de programas computacionais desenvolvidos com base nos conceitos de *Building Information Modeling*, que possibilitam o desenvolvimento de projetos, como por exemplo das disciplinas de Topografia, Arquitetura, Fundações, Estruturas, Pressurização, Automação, Instalações Elétricas e Hidráulicas desenvolverem um modelo tridimensional inteligente e parametrizado de forma colaborativa.

Por consequência da facilidade em coordenar e compatibilizar os diversos projetos e automatizar processos, há uma otimização do trabalho ao produzir um modelo digital confiável, consistente, eficaz e eficiente capaz de gerar toda a documentação necessária a execução do projeto, sem erros e conflitos entre as disciplinas que causariam retrabalho e desperdício tanto de tempo quanto de recursos.

## **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

Para se trabalhar em um ambiente integrado e colaborativo, como o proporcionado pelo processo analisado neste estudo, é necessário dispor de uma estrutura específica, composta por uma rede de computadores capazes de suportar os *softwares* pretendidos, adquirir as licenças para utilizá-los e principalmente treinar a equipe, definindo e amadurecendo os papéis e responsabilidades dos colaboradores dentro de um novo *mindset*.

Hoje em dia, a adoção do BIM no meio técnico ainda é baixa, sendo sua utilização limitada. Na maioria das vezes focada na representação 3D, como é o caso de maquetes eletrônicas com fins puramente propagandísticos. Assim sendo, os valiosos recursos das ferramentas não são de fato explorados na totalidade de seu potencial e utilizados de forma mais inteligente. Pode-se relacionar alguns fatores que contribuem para sua pequena disseminação e implementação, como a não obrigatoriedade e pequena demanda de projetos em BIM. Além desses aspectos, quando não são claras as vantagens das quais as empresas podem se beneficiar ao trabalhar com a modelagem de informação da construção, em detrimento da prática usual na Construção Civil, os investidores e/ou proprietários não vêm justificativas para implementar um novo processo de trabalho, que requer um investimento inicial razoável de tempo e dinheiro.

Portanto, espera-se que este trabalho possa indicar e destacar algumas das vantagens que o BIM é capaz de agregar à projetos de habitação social, com destaque para o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) através de seus usos de modelos BIM.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar de que maneira o BIM (*Building Information Modeling*) pode contribuir para a construção de habitações com interesse social do programa Minha Casa Minha Vida.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Analisar como modelagem tridimensional e simulações em ambientes 4D e 5D podem contribuir para a realização de empreendimentos de habitação com interesse social do programa MCMV.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e publicada pelo CBIC, em 2015, o déficit habitacional total era de 6,3 milhões de domicílios, sendo 5,5 milhões só na zona urbana. Para caracterizar o déficit habitacional, são consideradas situações de habitações precárias, coabitação familiar, ônus de aluguel e adensamento excessivos. A pesquisa também revela que em 2014 cerca de 83,9% do déficit habitacional recaía sob as famílias com faixa de renda mensal de até 3 salários mínimos.

Pretendendo subsidiar a aquisição da casa própria para famílias com baixa renda, o Governo Federal lançou em 2009, em parceria com a Caixa Econômica Federal (CEF), o programa de habitação social Minha Casa Minha Vida (MCMV), que utiliza recursos do orçamento do ministério das cidades, repassados à CEF com o objetivo de reduzir o déficit habitacional do país e garantir o patrimônio às gerações futuras das famílias beneficiadas.

Durante a construção de um conjunto habitacional, para o programa social em questão, estão envolvidos processos construtivos que visam obter unidades habitacionais padronizadas. Além disso, é mandatório que o empreendimento tenha um custo global e prazo de entrega reduzidos, viabilizando, portanto, a comercialização das unidades para as famílias contempladas.

Neste contexto, o *BIM Execution Plan* (BEP) surge como um instrumento necessário para que os usos de BIM possam de fato, atingir os resultados esperados. Em conjunto com o BEP, faz-se necessário desenvolver um documento chamado de Protocolo BIM, para cada disciplina, que deve incluir orientações de modelagem, definir desde padrões de organização e nomenclatura para vistas de trabalho e documentação, até a determinação dos níveis de informação (geométricas e não geométricas) a serem imputadas em cada elemento através das diversas fases de projeto.

É essencial notar que qualquer mudança de processo, nas diversas etapas do ciclo de vida de um projeto, deve ser bem planejada e estruturada. Com BIM não é diferente, sem um BIP (*BIM Implementation Plan*) bem planejado, que estimule o amadurecimento das equipes que participarão no desenvolvimento do empreendimento, dificilmente serão alcançadas as expectativas. Principalmente porque a adoção do BIM baseia-se nas pessoas, seguida de processos e por fim, ferramentas.

No decorrer da concepção projetual, é possível confeccionar projetos de todas as disciplinas, de modo a gerar desenhos técnicos com mais rapidez (Sucupira, Miranda e Pequeno, 2013), além disso, o processo de projetos BIM pode gerar modelos digitais compatíveis entre si, permitindo a interoperabilidade entre os responsáveis técnicos do empreendimento. Assim, todos os projetos podem ser integrados de uma só vez, aumentando a qualidade e fluxo da informação entre os envolvidos. Essa funcionalidade é determinante para o andamento dos serviços, pois possibilita que a obra inicie com um projeto mais confiável e em sua versão final, evitando retrabalho ou tarefas que não agregam valor à construção.

Para a definição de *softwares* BIM, foi utilizado o material publicado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em 2016: “Colaboração e integração BIM - Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras”. Resultando na escolha do Autodesk Revit, para modelagem, visualização, coordenação e quantificação e Autodesk Navisworks Manage, para visualização, coordenação e verificação de códigos, simulação e quantificação. O Microsoft Project, mesmo não sendo BIM, foi escolhido como gerenciador e planejador de cronogramas, pela sua integração com o Navisworks Manage. Todas as ferramentas escolhidas são utilizadas na indústria da AECO.

Por fim, o DECRETO Nº 9.938, de 22 de Agosto de 2019, em substituição ao DECRETO Nº 9.377, dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* – Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da estratégia, “[...] com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em *Building Information Modeling* - BIM e sua difusão no País.”. Através do exposto no Art. 5º, o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR (CG-BIM) é responsável entre outros pontos por “atuar para que os programas, os projetos e as iniciativas dos órgãos e das entidades públicas que contratam e executam obras públicas sejam coerentes com a Estratégia BIM BR.”. O programa MCMV por ser fruto de uma iniciativa governamental, tende, portanto, em breve, a ser exigido em BIM.

Com relação aos objetivos esperados e prazos estabelecidos pela da Estratégia BIM BR, Farias (2019) pontua que “a partir de 2021, a modelagem 3D será exigida para a elaboração de projetos de arquitetura e de engenharia”. Espera-se também que até 2024, 50% do PIB da construção sejam baseados nos processos BIM e sua implantação aumente em dez vezes. No entanto, para que o governo possa assumir o papel de maior indutor para sua adoção, ainda é necessário a publicação de um decreto, afirmando a contratação de obras públicas em BIM.

No entanto, as bases legais para contratações, como a lei 8666/93 e RDC – Regime Diferenciado de Contratação, priorizam contratações pelo menor preço, o que põe em dúvida a qualidade dos projetos propostos (Tonso e Nardelli, 2012) e impõe barreiras para o estabelecimento de um cenário favorável a adoção do BIM.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo está estruturado em cinco capítulos.

O capítulo 1 apresenta a Introdução, que é composta pelos seguintes itens: texto de contextualização do tema, problema de pesquisa, objetivos, justificativa e base de informações para desenvolvimento do trabalho.

O capítulo 2 trará por meio da revisão da literatura a definição da modelagem tridimensional e simulações em ambiente 4D, 5D, 6D e 7D identificando os benefícios que estes conceitos agregaram nos cases apresentados.

O capítulo 3 indica a metodologia adotada no trabalho e seus instrumentos de pesquisa.

O capítulo 4 é composto pelo estudo de caso com a modelagem 3D, e investigação dos usos BIM associados as simulações em ambientes 4D e 5D, ao passo que as vantagens e pontos negativos são apontados, apresentando a contribuição para projetos de habitação social do MCMV.

O capítulo 5 por fim, se propõe a concluir a investigação realizada durante o trabalho bem como apontar lacunas do tema retratado e sugerir objetos de estudo para futuras pesquisas.

## 1.5 ENTENDENDO AS DIMENSÕES DO BIM

O conceito de dimensões, inicialmente, ajuda na assimilação da aplicação dos usos BIM, facilitando o entendimento do potencial e resultados que um processo utilizando modelos BIM oferece. Entretanto, há uma maneira mais adequada de se referir a estas possibilidades, quando os usos BIM são considerados. Para isso, o autor após escolher os usos BIM, os relacionou com as dimensões comentadas a seguir.

Segundo Succar (2019), estes usos identificam e agrupam os requisitos de informações que devem ser entregues como – ou incluídos em – modelos digitais 3D. Percebe-se que a terceira dimensão, é o ponto de partida para uma série de usos, já listados na publicação “211in Model Uses Table”, disponível na plataforma da iniciativa BIM Excellence (BIME).

Desta forma, a terceira dimensão do BIM ou – como também será tratado neste trabalho – BIM3D ou simplesmente 3D, foi relacionada aos seguintes usos definidos por Succar (2019):

- 1010 – *Architectural Modelling* (Modelagem Arquitetônica);
- 1050 – *Concrete Structures Modelling* (Modelagem de Estruturas de Concreto);
- 1070 – *Foundations Modelling* (Modelagem de Fundações);
- 1440 – *Terrain Modelling* (Modelagem de Terreno);

## CAPÍTULO 1

- 2050 – *Laser Scanning* (Escaneamento a Laser);
- 4030 – *Augmented Reality Simulation* (Simulação por Realidade Aumentada);
- 4040 – *Clash Detection* (Detecção de Conflitos);
- 4050 – *Code Checking & Validation* (Checagem por Códigos e Validação);
- 4240 – *Virtual Reality Simulation* (Simulação por Realidade Virtual).

Ao agregar a dimensão do tempo nos modelos tridimensionais, obtém-se o 4D (Popov et. al., 2010), também representado neste estudo como BIM4D ou simulação 4D. Seguindo a lista para usos de modelos BIM desenvolvida por Succar (2019), foi associado o uso 3020 – *Construction Planning* (Planejamento da Construção) e 3090 – *Selection and Specification* (Seleção e Especificação).

Adicionando dados relativos aos custos, alcança-se a quinta dimensão – 5D – (Popov et. al., 2010), que também será abordado como BIM5D ou simulação 5D. Os usos de modelos BIM relacionados por Succar (2019), incluídos pelo autor nesta dimensão são:

- 4070 – *Cost Estimating* (Estimativa de Custos);
- 4130 – *Quantity Take-off* (Levantamento de Quantitativos).

Em conformidade com a pesquisa realizada por Charef, Alaka e Emitt (2018), a análise de fatores relacionados à Sustentabilidade introduz a sexta dimensão (6D), igualmente referido como BIM6D ou simulação 6D, no desenvolvimento deste trabalho. Como o termo Sustentabilidade é amplo e foge do tema principal desta pesquisa, apenas dois usos foram escolhidos: 4190 – *Solar Analysis* (Análise Solar) e 4230 – *Thermal Analysis* (Análise Térmica), (Succar, 2019).

Ainda de acordo com os pesquisadores supracitados, a sétima dimensão de BIM (7D, BIM7D ou simulação 7D) é predominantemente ligado ao *Facility Management*. Da série de usos listados por Succar (2019) para operação e manutenção, será abordado o uso 6010 – *Asset Maintenance* (Gestão de Ativos), nesta investigação.

A oitava e última dimensão (8D, BIM8D ou simulação 8D), reportada neste trabalho, foi exposta por Kamardeen (2010) como uma ferramenta para prevenção de acidentes através de projeto. Seguindo este conceito, o uso 4160 – *Safety Analysis* (Análise de Segurança) elencado por Succar (2019), foi associado a esta dimensão pelo autor.

## Capítulo 2

### REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo, pretende a partir da pesquisa teórica e revisão bibliográfica apresentar, detalhar e ilustrar a maneira com que alguns recursos presentes no BIM, que serão objetos de estudo neste trabalho, podem contribuir para a execução de empreendimentos de habitação social do programa Minha Casa Minha Vida.

Em primeiro momento, faz-se necessário apresentar o conceito de BIM de forma a facilitar a contextualização e inserção no tema estudado.

Continuamente, propõe-se revelar como a modelagem tridimensional vem ganhando espaço na cultura projetista, em detrimento da prática convencional com seus projetos em apenas duas dimensões e porque este recurso é valioso para o tema abordado neste trabalho.

A seguir, será abordada a quarta dimensão, seus usos BIM e como a associação da linha do tempo ao modelo tridimensional, pode auxiliar os construtores a sequenciar melhor as atividades, enquanto visualizam o desenvolvimento da obra ao avançar no cronograma planejado.

Posteriormente expõe-se os usos ligados a simulação 5D, isto é, quando dados referentes ao custo dos itens e processos inerentes a edificação é incorporado ao modelo BIM.

Seguidamente, é abordada a incorporação de informações relativas à Sustentabilidade ao modelo. Neste caso, trata-se da sexta dimensão. Também se contextualiza a ideia de *Facility Management* que será tratada neste trabalho como a dimensão de número sete dentro do BIM.

As dimensões serão retratadas com o objetivo de expor como os usos de modelos BIM podem beneficiar os empreendimentos e projetos de habitação social, com base nos resultados positivos já obtidos nos cases de estudo identificados nesta pesquisa.

#### 2.1 BIM

De acordo com o primeiro volume da coletânea dos guias BIM da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), publicado em parceria com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

(MDIC), em 2017, “por ser uma reprodução virtual de um objeto real, o modelo BIM possui todos os parâmetros necessários para simulações e análises relativas a todas as etapas do processo, o que facilita a localização e resolução de problemas antes que aconteçam.”.

Portanto, o fator mais importante da plataforma BIM é justamente o “I”, ou seja, *Information* (informação). Através da inserção de diversos dados externos à geometria do modelo, é possível acompanhar e visualizar todas as etapas executivas ao mesmo tempo em que simulações são realizadas. Todos estes recursos fazem com que o BIM possa ser utilizado em todo o ciclo de vida das edificações, desde a concepção até a operação e demolição/reuso de uma maneira integrada, assim como mostra a Figura 2.1.



Figura 2.1 – BIM no ciclo de vida das edificações.

Fonte: Guias BIM ABDI-MDIC. Disponível em:

<[http://old.abdi.com.br/Paginas/bim\\_construcao\\_download.aspx](http://old.abdi.com.br/Paginas/bim_construcao_download.aspx)>.

Uma vez que o BIM traz grandes mudanças pela integração dos projetos, o *American Institute of Architecture*, através do *Integrated Project Delivery: A Guide*, (Entrega Integrada de projetos: um Guia – tradução do autor), aponta que em uma entrega de projeto integrado, o fluxo do projeto difere significativamente de um projeto não integrado, desde a concepção até sua construção. Trazer as decisões

de projeto o mais próximo possível das fases iniciais, onde podem ser mais efetivas e menos custosas, significa repensar as fases de projeto da prática atual.

A curva de MacLeamy na Figura 2.2, ilustra o conceito da tomada de decisão em fases mais iniciais, quando a oportunidade de influenciar positivamente é maximizada e os custos minimizados, especialmente em relação aos projetistas e consultores de projetos (AIA, 2007).

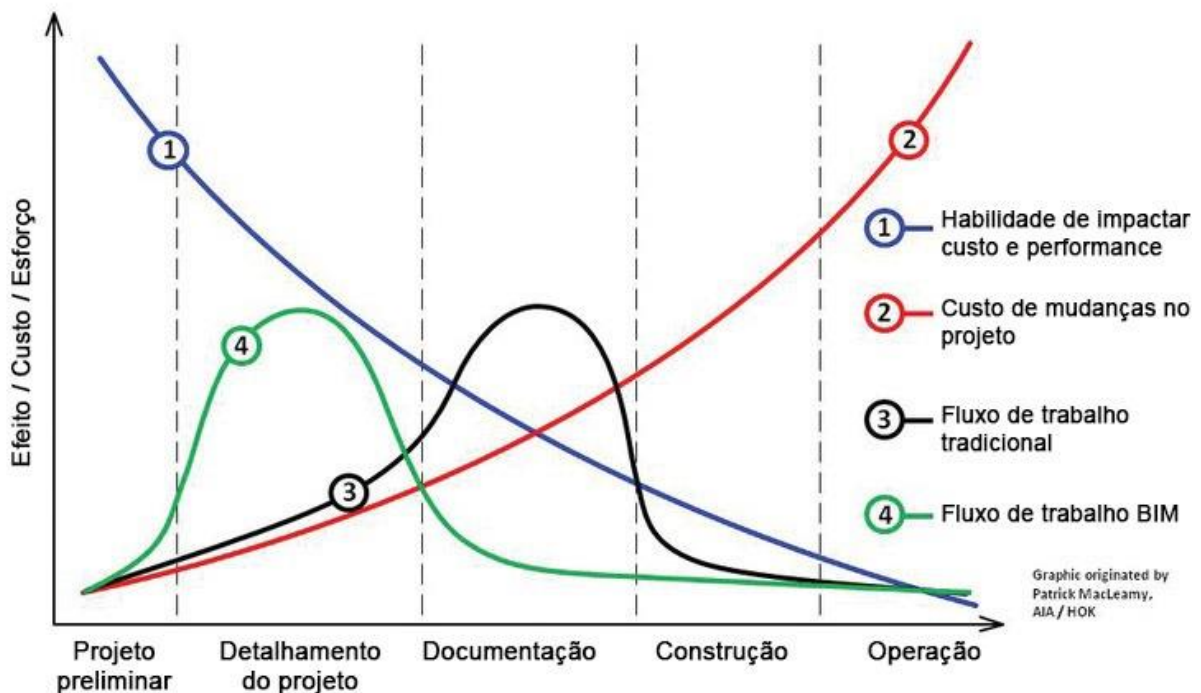


Figura 2.2 – Curva de MacLeamy, adaptada (Matos, 2015).

Fonte: BIM: entendendo a curva de MacLeamy e como funciona basicamente o fluxo de trabalho em BIM. Disponível na WWW: <URL:<https://engenhariaeetc.wordpress.com/2015/09/21/bim-entendendo-a-curva-de-macleamy-e-como-funciona-basicamente-o-fluxo-de-trabalho-em-bim/>>.

## 2.2 MODELAGEM 3D

Em primeiro instante, a característica que mais chama atenção dos projetos realizados em BIM é justamente a criação de modelos virtuais em três dimensões, que difere da cultura consolidada na Construção Civil dos desenhos e projetos bidimensionais. Por utilizar da representação geométrica espacial, este recurso oferece a possibilidade de visualizar a construção de uma forma mais aproximada da realidade. A Figura 2.3 retrata uma construção residencial existente, que teve sua disciplina de arquitetura modelada com o propósito de ilustrar esta característica.



Figura 2.3 – Modelo 3D arquitetônico.

Fonte: Autor (2019).

É neste contexto também, que o modelo desenvolvido em três dimensões pode levar o usuário a fazer a compatibilização e coordenação entre projetos de todas as disciplinas. Através de *softwares* específicos pode-se detectar em estágios iniciais os conflitos existentes no modelo compatibilizado e juntamente aos projetistas, encontrar soluções rápidas e efetivas na resolução destes conflitos, evitando custos relacionados a retrabalho na fase executiva.

Com o modelo BIM, há a possibilidade de inserir dados e informações dos objetos da construção de forma ordenada, com objetivo de aumentar as aplicações de seu uso em áreas chave para o sucesso de empreendimentos, como por exemplo o planejamento e cronograma de atividades, levantamento de quantidades e orçamentação, análise da Sustentabilidade do projeto, gerenciamento e administração das instalações na fase de utilização e também na eventual etapa de reuso/demolição.

Em um projeto BIM, todos os objetos ou partes, têm sua geometria específica com propriedades dos elementos estruturais reais (propriedades físicas, classe ou padrão). São parametricamente controlados e cada objeto “sabe” suas informações quantitativas (comprimento, área, volume etc.) e informações qualitativas (material, conteúdo etc.). Todos esses dados fornecem possibilidades ilimitadas para desenvolver objetos, mudando e editando sua forma rápida e efetivamente, preservando e gerindo as informações a eles atribuídas quando o modelo 3D é utilizado (Popov et.al. 2010).

Corroborando os pesquisadores supracitados, Silva (2015) afirma que o modelo BIM gera uma volumetria, capaz de fornecer de forma automática a documentação 2D, considerando que qualquer alteração no modelo paramétrico é imediatamente refletida em todos os desenhos a ele associados. Igualmente aos

desenhos 2D, o modelo também dá suporte ao usuário extrair de forma automatizada, listas de quantitativos de objetos, equipamentos e materiais.

## 2.3 SIMULAÇÃO 4D – PLANEJAMENTO E CRONOGRAMA

Tradicionalmente, ao conceber um planejamento de atividades com vistas a estabelecer um cronograma de obra, os profissionais da Construção Civil utilizavam de suas experiências e imaginação, para fazer o faseamento das atividades através de *softwares* com representações gráficas em barras de Gantt e linhas de balanço. O problema é que este tipo de diagrama não contempla a visualização geométrica/espacial relacionada as atividades.

Através da Figura 2.4, Figura 2.5, Figura 2.6 e Figura 2.7 é possível identificar a aplicação do planejamento construtivo 4D, em um modelo ilustrativo da estrutura de um edifício de escritórios, onde há uma listagem das tarefas a serem executadas e suas datas de início e término, relacionadas com grupos de objetos virtuais a serem construídos. Neste exemplo, a estrutura foi desenvolvida no *software* Autodesk – Revit 2016 para modelagem tridimensional, Microsoft – Project 2016 para planejamento de atividades e Autodesk – Navisworks Manage 2019 para simulação de acompanhamento físico 4D.

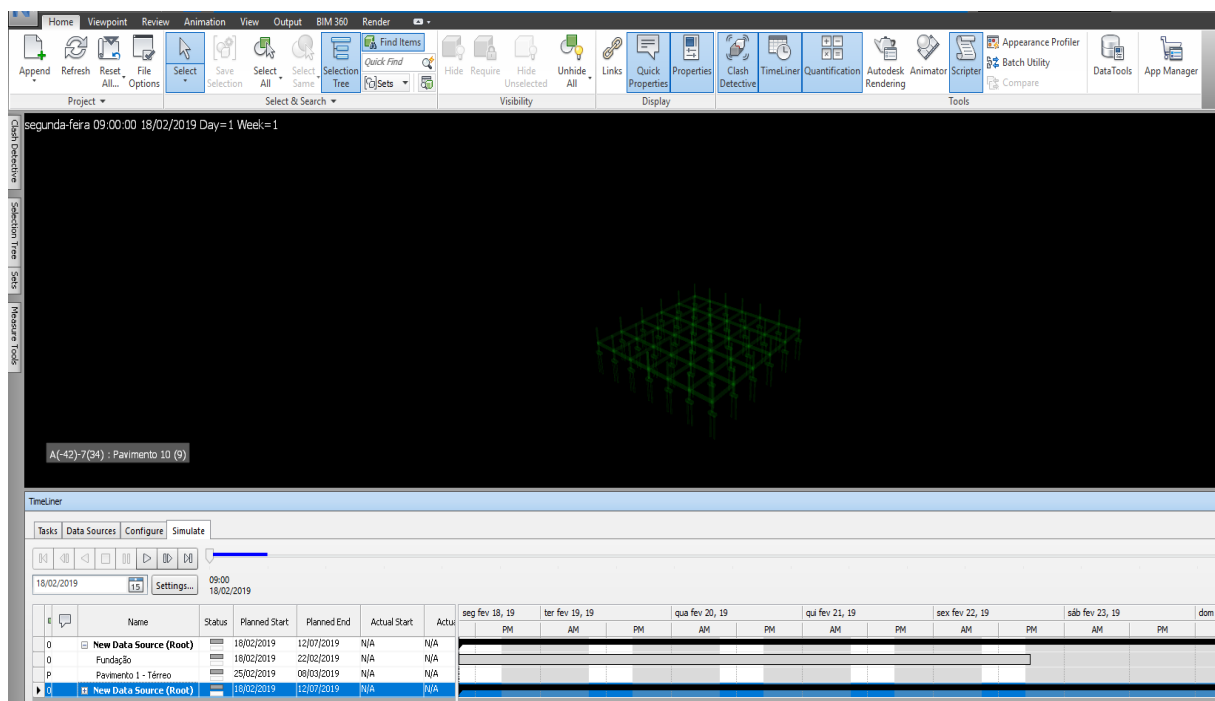


Figura 2.4 – Início da simulação do modelo estrutural.

Fonte: Autor (2019).

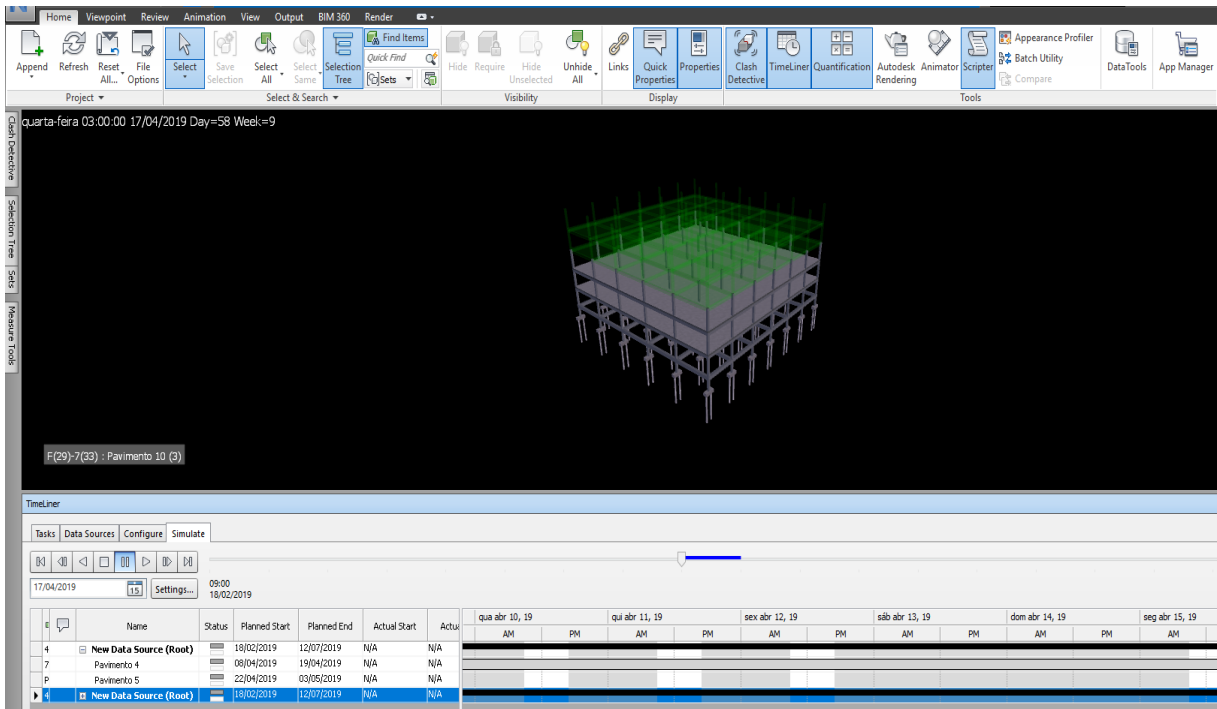


Figura 2.5 – Simulação do modelo estrutural dos pavimentos 4 e 5.  
Fonte: Autor (2019).

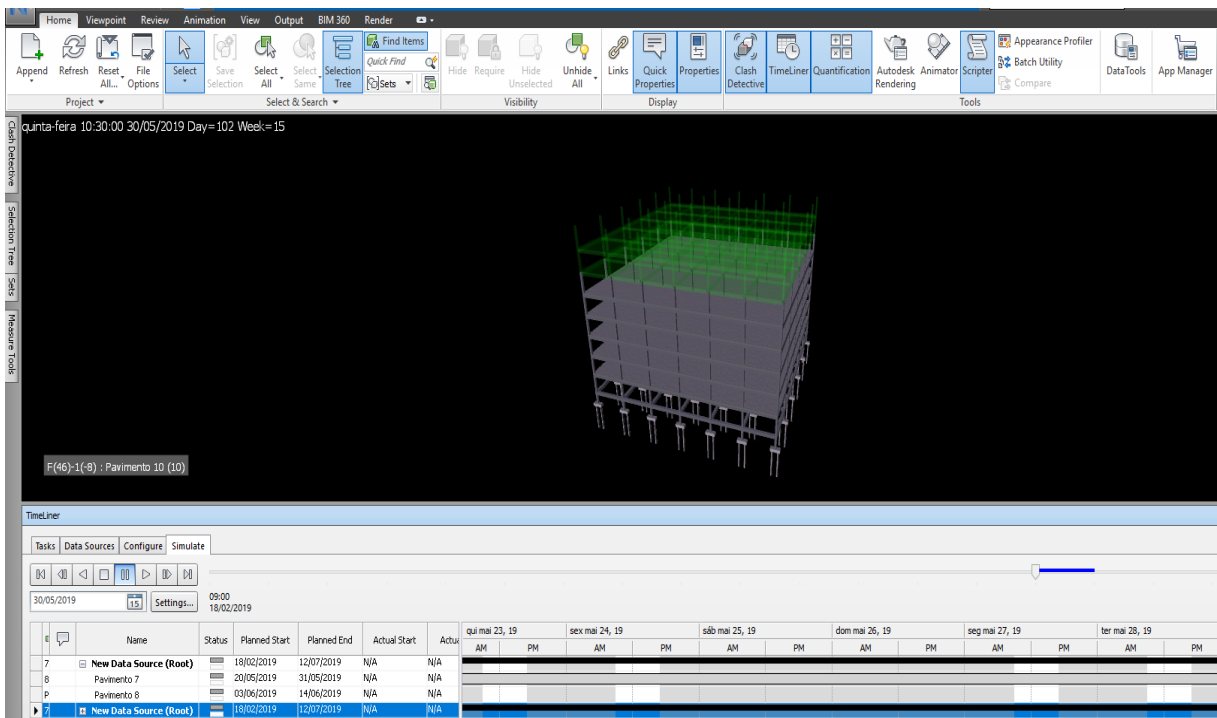


Figura 2.6 – Simulação do modelo estrutural dos pavimentos 7 e 8.  
Fonte: Autor (2019).

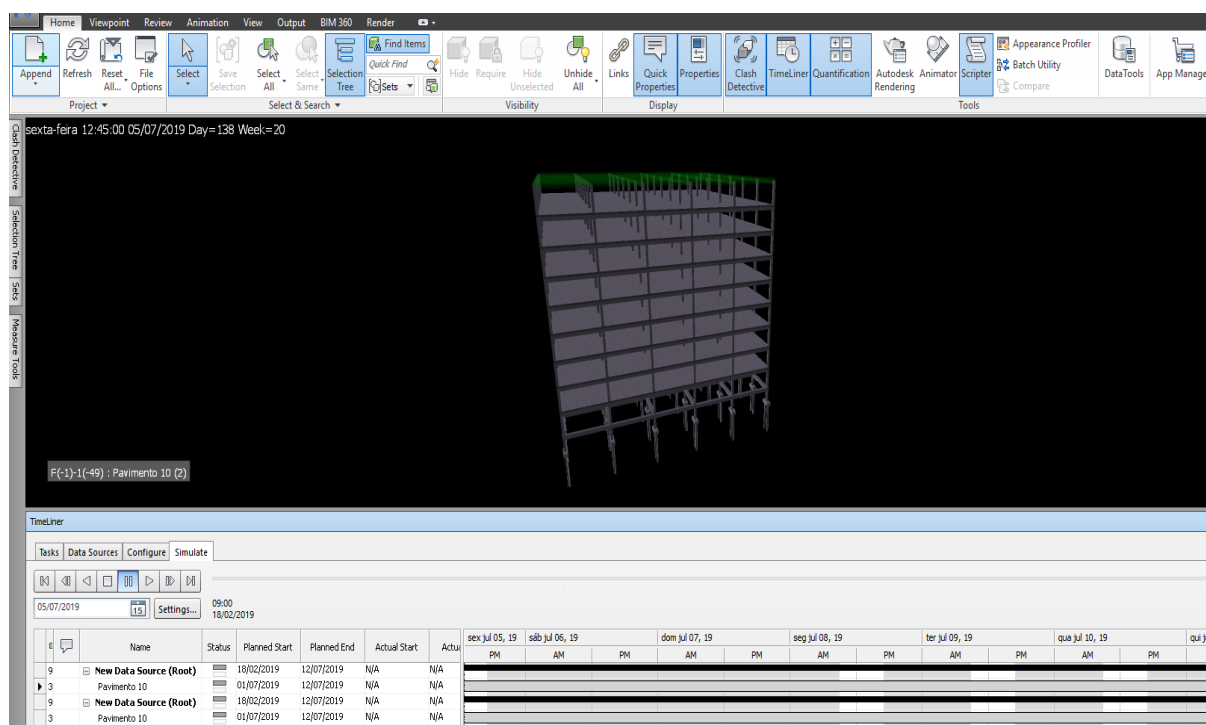


Figura 2.7 Última etapa da simulação do modelo estrutural.  
Fonte: Autor (2019).

É possível perceber a facilidade que o recurso da simulação 4D traz para a visualização das tarefas em execução, quando o gráfico de Gantt e o modelo tridimensional são importados para um *software* de planejamento construtivo, como o Navisworks Manage. No exemplo, as atividades em execução aparecem na cor verde, enquanto os componentes já construídos são representados com suas cores reais. Segundo Monteiro e Martins (2011 *apud* Barbosa, 2014), as simulações 4D trazem uma nova abordagem ao planejamento e controle de obras, sendo considerada superiores aos métodos tradicionais. Permite também aprimorar o diálogo entre os *stakeholders* e construtores, uma vez que seus resultados são animações virtuais, em que é possível registrar em uma escala de tempo do cronograma os avanços reais da construção.

Conforme a pesquisa realizada por Charef, Alaka e Emmitt (2018), o BIM 4D é nos dias de hoje amplamente utilizado e sua crescente adoção se deve ao fato de que a simulação 4D é comumente relacionada ao planejamento. Dos benefícios que traz à indústria da Construção Civil, é possível destacar a prevenção de custos diretos ou indiretos, causados por planejamentos ineficientes ou problemas em atualizá-los e alterá-los, bem como identificar erros associados ao processo construtivo, agregando maior e melhor controle e medição no progresso do projeto.

No trabalho realizado por Azhar (2011), é citado um questionário, conduzido por Kunz e Gilligan, no ano de 2007, pela universidade de Stanford (EUA), em que o objetivo era determinar o valor do uso do BIM e seus fatores que estavam contribuindo para o sucesso. Os principais resultados, revelaram que à época

da pesquisa, a maioria das empresas usavam o BIM 3D e 4D na detecção de conflitos dos projetos, planejamento e visualização de serviços. Também apontaram que o uso do BIM levou a maior produtividade e maior engajamento da equipe de projeto reduzindo seu contingente.

Quando o foco é um projeto de habitação social, como aqueles contidos no Minha Casa Minha Vida, há naturalmente o interesse tanto dos incorporadores e construtores, quanto da própria CEF – Caixa Econômica Federal, em utilizar métodos construtivos, administrativos e gerenciais que permitam o maior controle possível sobre a produção. Desta forma, o acompanhamento da obra pode ser simplificado, uma vez que o ambiente 4D permite controle visual dos serviços executados e maior confiança no planejamento e cronograma a serem seguidos.

## **2.4 SIMULAÇÃO 5D – CUSTOS E ORÇAMENTAÇÃO**

A quarta e quinta dimensões BIM estão bem estabelecidas e realmente têm sido capazes de ajudar em termos de planejamento e custos. De fato, vários autores estão em consenso de que o BIM 4D e 5D referem-se ao planejamento e aos custos do projeto respectivamente (Charef, Alaka e Emmitt, 2018).

Sendo uns dos primeiros autores a utilizarem o termo BIM 5D, Popov et. al. (2010) sintetizam o conceito do projeto 5D, como a união entre três componentes essenciais, interconectados para o desenho e construção do empreendimento. A primeira componente resulta dos dados do projeto tridimensional, seguido dos dados relacionados ao tempo, (quarta dimensão) e o terceiro componente seriam os dados relacionados aos custos (quinta dimensão).

Os autores pioneiros também indicam que o primeiro passo para implementar o gerenciamento 5D adequadamente é criar o modelo 3D do projeto, a seguir é feito o cálculo assistido por computador, dos recursos necessários e a preparação de uma lista de especificação dos produtos e contagem das quantidades. Em terceiro lugar é necessário calcular a duração de um processo construtivo em particular e a duração de toda a implementação do empreendimento, bem como a associação dos objetos do modelo 3D com o cronograma, para a simulação gráfica da construção do projeto. Por último, são avaliadas as possíveis soluções ou até mesmo as alternativas de projeto, utilizando um sistema criterioso de tomada de decisões.

É óbvia a interdependência entre cronograma e custos, já que estão intimamente relacionados em termos de seu processo de controle, uma vez que compartilham dados em comum como o custo orçado, recursos e quantidades, embora na prática funcionem de forma independente e usem estruturas de controle diferentes (WBS – *Work Breakdown Structure* e CBS – *Cost Breakdown Structure*) (Fan, Wu e Hun, 2015).

Conforme artigo publicado por (Fan, Wu e Hun, 2015), um usuário de BIM trabalhando em ambiente 5D, pode gerar estimativas de custo mais exatas e confiáveis a partir de quantitativos automáticos do modelo

e obter mais rapidamente as mudanças nos custos, em função de alterações de projeto. Esta característica reflete um aspecto interessante quando se pensa em empreendimentos do MCMV, isto porque é possível escolher e justificar a escolha entre diversas opções de métodos e soluções construtivas, após analisar os custos intrínsecos a cada uma das alternativas propostas pela equipe.

Trabalhar com modelos de construção virtual só foi possível graças aos avanços tecnológicos voltados a AECO. No entanto há mais de 40 anos os conceitos associados ao BIM 4D e 5D (planejamento, levantamento de quantitativos e custos) já eram atestados por Eastman (1975 apud Harano, 2016):

Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes. [...] estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser facilmente geradas. [...] Empreiteiros de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para a programação e para pedidos de materiais.

Com a finalidade de mostrar como são gerados os levantamentos automatizados de quantitativos dentro de uma ferramenta BIM, utilizou-se um modelo 3D estrutural representado na Figura 2.8 e Figura 2.9 de uma simples habitação unifamiliar, para gerar uma tabela paramétrica de armaduras ou como foi chamada, tabela de aço, onde é permitido ao usuário selecionar um ou mais itens na tabela (ver Figura 2.10) e este será automaticamente destacado no modelo tridimensional (ver Figura 2.11).



Figura 2.8 – Modelo estrutural.  
Fonte: Autor (2019).

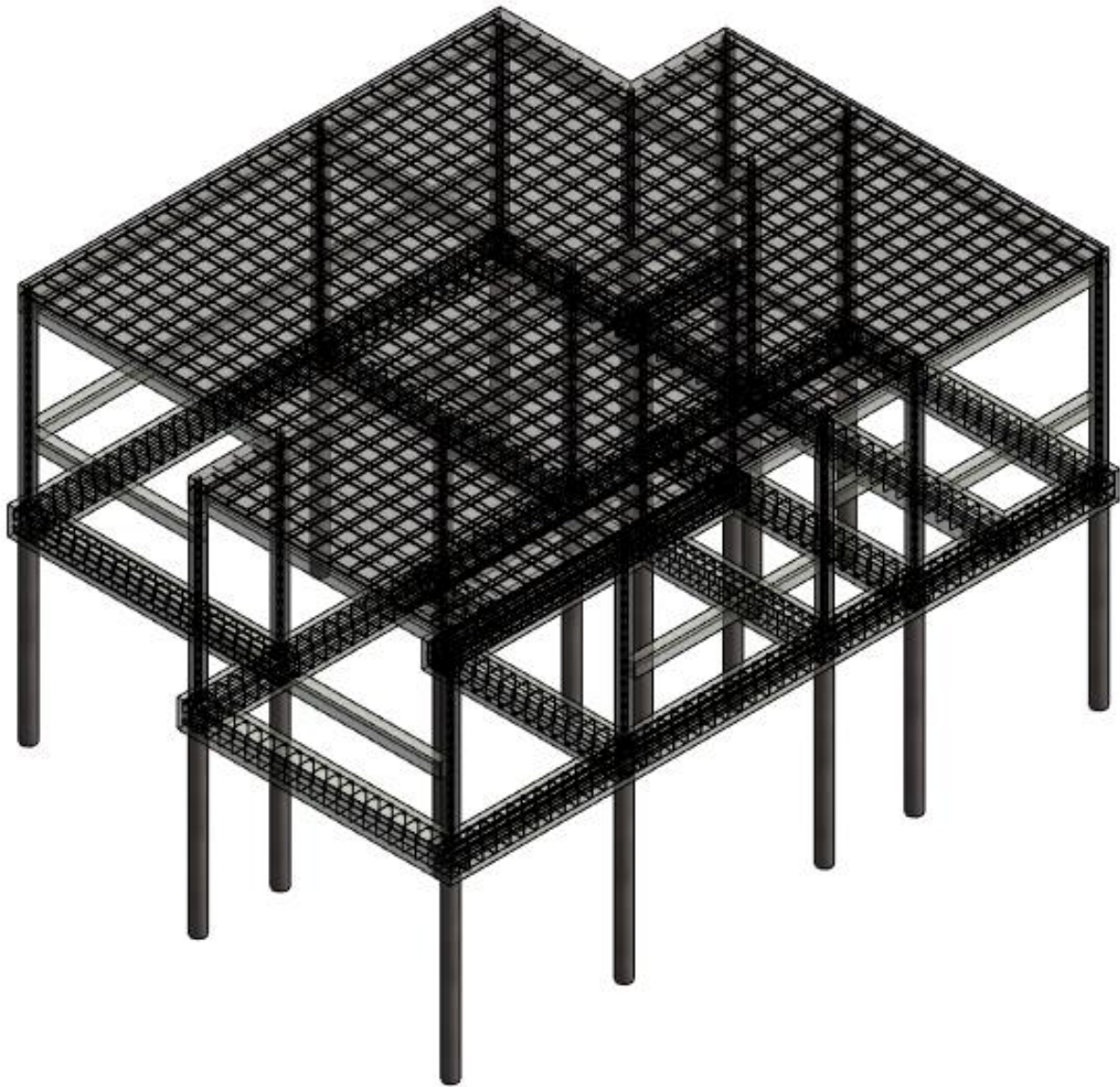


Figura 2.9 – Modelo estrutural com armaduras.  
Fonte: Autor (2019).



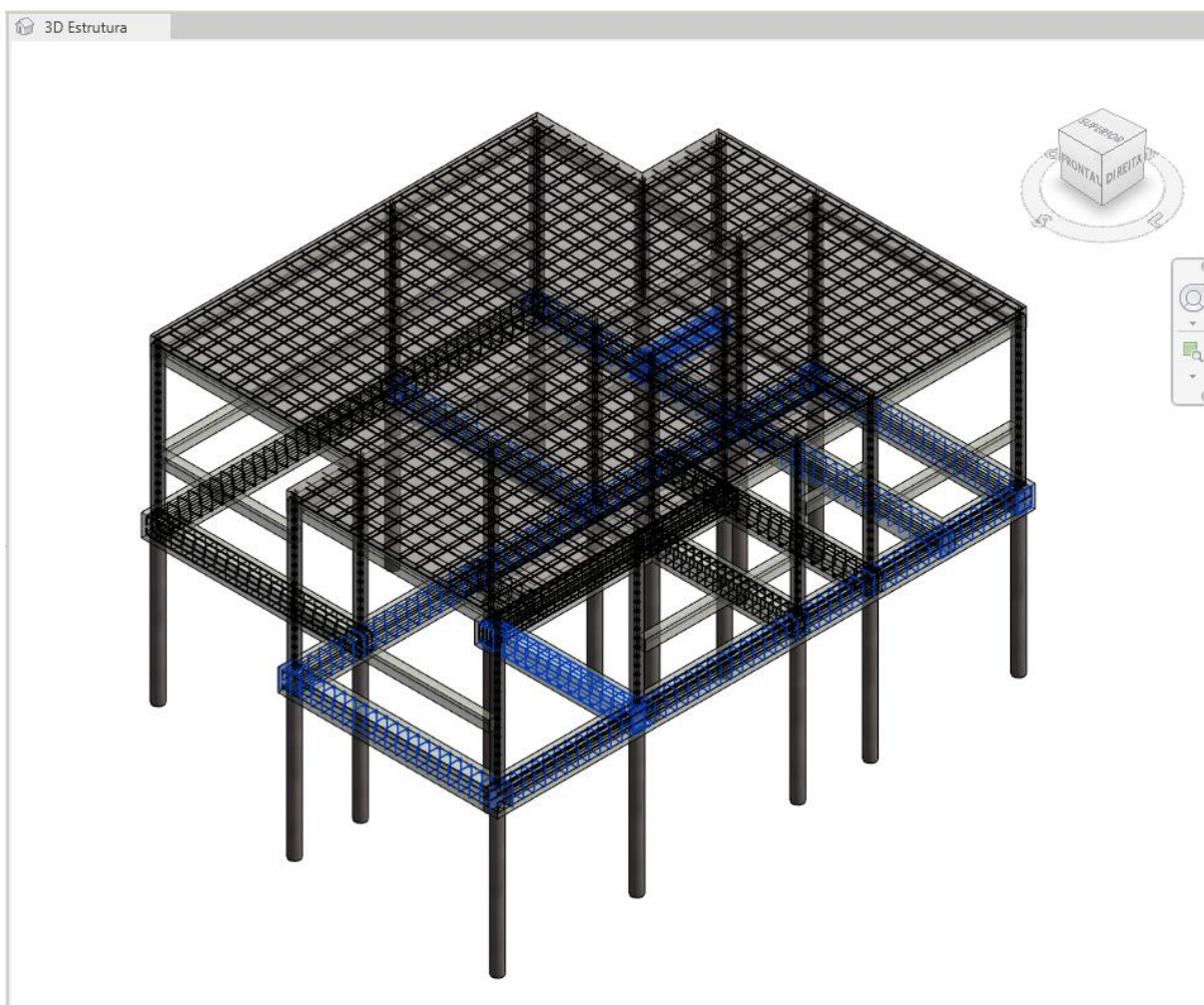


Figura 2.11 – Modelo estrutural com armaduras destacadas.  
Fonte: Autor (2019).

A Figura 2.10 mostra apenas um recorte da Tabela de aço, que contém o levantamento completo gerado automaticamente a partir do modelo estrutural pelo Revit. Dentre outras funções, o usuário pode exportá-la para um programa de visualização e edição de planilhas e dar continuidade na estimativa de custos e orçamentação. Os vergalhões contidos nela são agrupados por tipo e diâmetro, com seus respectivos comprimentos unitários, comprimentos totais e volume. A tabela completa exemplificativa foi exportada em uma extensão de arquivo .txt para o Microsoft – Excel e está apresentada no APÊNDICE A.

Neste caso, para aproximar a tabela do que é praticado convencionalmente pelas equipes de suprimentos e programação de materiais em obra, é possível inserir uma coluna de cálculo para obter o “Peso de Aço” diretamente nas opções da tabela do Revit conforme a Figura 2.12.



## 2.5 SIMULAÇÕES 6D E 7D

Embora não esteja definido à que se refere a modelagem ou simulação 6D e 7D. Charef, Alaka e Emmitt (2018) fizeram um levantamento bibliográfico de artigos acadêmicos disponíveis na plataforma Elsevier e também conduziram um questionário, para avaliar o nível de conhecimento em BIM dos praticantes de engenharia na Europa.

Após a revisão sistemática da pesquisa online realizada entre 28 países europeus, os pesquisadores levantaram discrepâncias no que se refere a sexta e sétima dimensões BIM, que foram relacionadas a Sustentabilidade, *Facility Management* e Segurança. No entanto, puderam indicar que 86% dos praticantes que de fato usam estas duas dimensões, usualmente se referem ao 6D como Sustentabilidade e 85% relacionam o 7D ao *Facility Management*. Portanto, no presente trabalho, a sexta e sétima dimensões serão tratadas sempre como Sustentabilidade e *Facility Management* respectivamente.

A utilização do BIM6D como ferramenta para análise de Sustentabilidade ainda é bastante tímida no Brasil, carecendo de estudos acadêmicos e casos práticos de sucesso. Em sua atuação profissional, no entanto, o autor liderou dois estudos importantes de sombreamento, baseando-se no uso BIM 4190 – *Solar Analysis* (Análise Solar).

Primeiramente pretendia-se avaliar o impacto de duas torres residenciais em relação à incidência solar sobre um parque público na cidade de São Paulo. Através da locação geográfica, importação da volumetria de edifícios vizinhos, superfície topográfica do entorno e modelagem da volumetria dos edifícios a serem construídos, foi possível apresentar um relatório ao Ministério Público, que acabou por autorizar a execução dos dois empreendimentos com VGV – Valor Geral de Venda estimado em R\$130mi.

O outro estudo, buscava mostrar que o sombreamento causado por um outro edifício residencial à uma série de árvores nativas de espécie conhecida, não comprometeria seu desenvolvimento e, portanto, sua construção era perfeitamente viável.

Dentro do tema Sustentabilidade, o desempenho das edificações surge como um revelador de questões a serem avaliadas. Entre elas, o desempenho térmico, que pode representar grande impacto nos empreendimentos, sobretudo com relação a soluções com grande número de repetições. Em seu estudo de desempenho térmico em edificações do programa MCMV, em que o uso BIM 4230 – *Thermal Analysis* (Análise Térmica) foi abordado, Tonso e Nardelli (2015) atestam: “as possibilidades do uso de BIM para aplicação da norma de desempenho são claras e reais [...]. Uma vez que a utilização da norma seja mandatória para os empreendimentos do PMCMV, os envolvidos (tanto projetistas quanto fornecedores) deverão atender e o BIM pode ser um facilitador dessa nova demanda da indústria.”

Em relação ao BIM7D, cujo conceito tem maior adoção e expressão no setor da indústria. A empresa ProjNet Clustering, por exemplo, atua no mercado brasileiro criando *Digital Twins* (modelos digitais

desenvolvidos através de escaneamento a laser) que possibilitam a gestão de ativos e manutenção de plantas industriais de forma integrada.

Talvez seja mais difícil de visualizar a forma como os usos BIM mais complexos podem de fato, contribuir para a execução de um projeto. Por isso, apresenta-se como exemplo o quarto caso de estudo de Azhar (2011): *Emory Psychology Building*, em Atlanta, na Geórgia. Baseando-se no uso 3090 – *Selection and Specification* (Seleção e Especificação), o arquiteto desenvolveu um modelo BIM da edificação nos estágios iniciais de projeto, para determinar a melhor orientação do prédio e assim ser capaz de analisar várias opções de materiais a serem utilizados na fachada. O modelo BIM também serviu de base para o uso 4190 – *Solar Analysis* (Análise Solar), quando foi utilizado para estudos de iluminação natural, que por fim ajudou a decidir o posicionamento final do edifício no terreno.

Da mesma forma com que o modelo do prédio americano foi utilizado para questões de eficiência lumínica, uma aplicação semelhante em um conjunto habitacional com centenas de unidades como é o caso daqueles observados no MCMV, representaria uma verdadeira aplicação do conceito de eficiência energética, visto que seria possível explorar ao máximo um recurso natural tão importante como a luz solar.



## Capítulo 3

### **METODOLOGIA**

A pesquisa teórica foi primordial na construção desse trabalho.

Por meio da revisão bibliográfica em artigos, dissertações acadêmicas, guias e manuais de boas práticas, procura-se satisfazer a pesquisa teórica e criar uma base padronizada para a modelagem dos elementos construtivos pretendidos. Uma vez definido o estado da arte do BIM na (AECO), é possível relacionar alguns resultados que as empresas e profissionais da área vêm relatando ao adotar o BIM em diferentes momentos do processo construtivo.

Há de se salientar que o objeto de estudo em foco neste trabalho representa uma mudança significativa na mentalidade dos profissionais do setor construtivo e, portanto, encontra barreiras e resistências na sua utilização. Por ser um assunto ainda em desenvolvimento e amadurecimento, novas ferramentas baseadas em BIM estão surgindo e sendo aprimoradas de forma a oferecer melhores condições aos profissionais desenvolverem seus trabalhos, sempre com o objetivo de prover integração, colaboração e um contínuo fluxo de informação.

De modo a aproximar o meio acadêmico ao meio técnico propriamente dito, também foi elaborado um estudo prático elencando as vantagens que o BIM representa desde seus usos BIM associados ao 3D até o 5D conforme foi desenvolvida a modelagem de um edifício real do MCMV nas disciplinas de Topografia, Fundações, Arquitetura e Estruturas.

A Tabela 3.1 a seguir ilustra de forma resumida a relação entre as dimensões BIM e os usos para os quais se dispuseram os *softwares* utilizados neste estudo:

Tabela 3.1 – Relação entre as dimensões BIM e os softwares utilizados.

Dimensão	Softwares			
	Autodesk AutoCAD	Autodesk Revit	Autodesk Navisworks	Microsoft Project
2D*	Elaboração/Visualização de projetos originais	Importação de arquivos .dwg <sup>1</sup> para modelagem 3D	-	-
3D	-	Modelagem 3D	Compatibilização de projetos e <i>Clash Detection</i>	-
4D	-	-	Simulação Executiva	Cronograma de atividades
5D	-	Quantitativos e exportação de planilhas para composição de custos	Quantitativos e exportação de planilhas para composição de custos e simulação de custos	-

<sup>1</sup>Extensão eletrônica típica de programas CAD

\* Dimensão relacionada apenas para situar os projetos originais e processo de adaptação para o modelo tridimensional

Fonte: Autor (2019).

Através dos *softwares* Autodesk – AutoCAD 2019 e Autodesk – Revit 2019 pretendeu-se trazer os projetos originais elaborados em .dwg das disciplinas já citadas e desenvolvidos em duas dimensões para o ambiente tridimensional e inserir informação relevante para os usos subsequentes.

Com os projetos já inseridos em uma plataforma BIM e utilizando a aplicação Autodesk – Navisworks Manage 2019 e Microsoft – Project 2016, o autor pôde compatibilizar os diversos projetos a fim de levantar os conflitos e incompatibilidades (3D), planejar as tarefas e prosseguir com as simulações 4D para efetuar o acompanhamento físico do cronograma. Lançando mão dos programas já citados e do Microsoft – Excel 2016 o autor obteve levantamentos de quantitativos de materiais para simular e calcular os custos associados conforme catálogos de composição de insumos e preços do SINAPI (5D).

## Capítulo 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO – ESTUDO PRÁTICO

A atividade a que se propõe esta seção, consiste em relacionar os benefícios observados pelo autor, na tentativa de trazer os conceitos apresentados na revisão bibliográfica, para a aplicação prática dos usos de BIM. Através de sua atuação profissional em empreendimento de habitação social do MCMV, foi possível ter acesso aos projetos originais desenvolvidos por terceiros e autorização para que fossem utilizados neste estudo.

Como principal motivação para este estudo de caso, estão os problemas vivenciados pelo autor no processo de recebimento dos projetos, das diversas disciplinas e encaminhamento para as equipes de execução em obra, onde várias vezes foram identificadas diversas incompatibilidades e pequenos erros, que em sua maioria ocorriam por falhas na comunicação, troca de informações e disponibilidade de versões atualizadas dos projetos. Por consequência destes erros, era necessário reexecutar serviços, atendendo as correções de projeto, resultando em atraso de cronograma e custos não previstos.

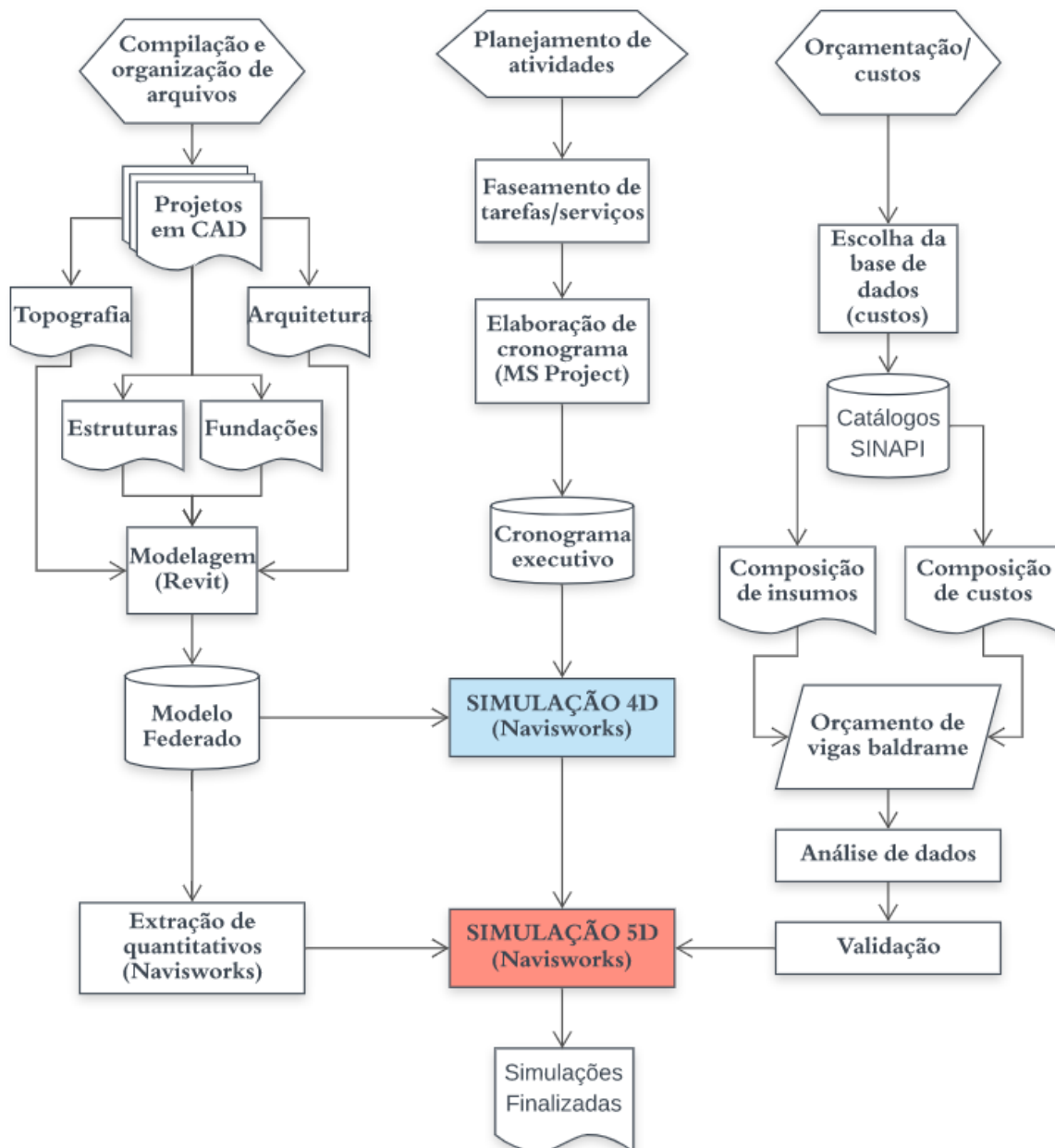
O setor técnico da empresa, responsável pelo levantamento de quantitativos, também enfrentava dificuldades e por vezes representava mais um obstáculo para a execução da obra. Isto porque a listagem de materiais, principalmente a tabela resumo de aço, frequentemente não correspondia as quantidades corretas necessárias para realização da estrutura. Por este motivo, frentes de trabalho eram paralisadas até o recebimento do material complementar, comprometendo o cronograma executivo e programação com fornecedores de materiais, mão de obra e equipamentos.

Outro fator importante é a falta de utilização e reduzido interesse nas questões referentes a Sustentabilidade dos empreendimentos, tanto em relação aos projetos, quanto aos processos. Este aspecto mesmo tendo pouco destaque na realidade brasileira foi introduzido ao autor em sua campanha de dupla titulação na Europa, despertando interesse pelo assunto e evidenciando a necessidade de apoiar as decisões de engenharia, sob os conceitos de Sustentabilidade, como *Lifecycle Assessment* (Análise do Ciclo de Vida), para que desta forma seja possível utilizar recursos de forma mais racional e reestruturar os processos envolvidos na construção.

Com o propósito de aproximar de fato, os usos de BIM à aplicação prática no meio técnico, foi modelado um edifício real do programa MCMV, em suas disciplinas de Topografia, Arquitetura, Estruturas e Fundações, com a finalidade de realizar simulações em 4D e 5D. Durante este processo foram relatados pontos positivos e negativos, correspondentes a cada uma das dimensões.

O projeto desenvolveu-se, portanto, após a estruturação proposta por um BEP simplificado, ilustrado no fluxograma a seguir:

Tabela 4.1 – Fluxograma BEP



Fonte: Autor (2019)

## 4.1 VISUALIZAÇÃO (3D)

Enquanto a prática comum envolve o uso de ferramentas CAD – *Computer Aided Design* planejadas (em 2D), que operam por base em formas geométricas (pontos, linhas e superfícies), um dos recursos que em primeiro momento mais auxiliam os profissionais da AECO, no caso do BIM é a visualização de modelos tridimensionais com informação. Oportunizando que as equipes responsáveis pelas diversas disciplinas, tenham maior imersão no projeto em que estão trabalhando, já que o *workflow* traz a manipulação de objetos parametrizados com informações geométricas e não geométricas.

No caso de ser possível desenhar de fato os objetos parametrizados como paredes, lajes, vigas, pilares, janelas e portas, com suas respectivas camadas de materiais e componentes e não mais somente linhas que representariam seu formato, é possível realizar uma série de análises e simulações dentro de um modelo virtual.

Desta forma, a modelagem 3D é o primeiro passo para alcançar o sucesso nos objetivos pretendidos trabalhando com BIM. As equipes devem especificar e definir critérios, a partir dos quais a criação do modelo deverá se apoiar. Esta fase engloba decisões que refletirão na capacidade do modelo em suportar a extração de informação, pelos responsáveis das equipes que posteriormente manipularão este modelo.

O simples fato de existirem objetos criados como *Generic Models*, por exemplo, comprometeria o levantamento de quantidades por categorias, no caso do Revit; pontos como este, devem ser contemplados na elaboração do Protocolo BIM. Fazendo com que o modelo possa ser interoperável e garanta a troca de informações durante todas as etapas de desenvolvimento.

Outro aspecto que não pode ser ignorado, quando se fala em visualização tridimensional, é a facilidade em identificar as incompatibilidades. Partindo-se do princípio que diversas disciplinas são desenvolvidas em simultâneo, por pessoas diferentes e em equipes diferentes, torna-se quase impossível que não haja incompatibilidades e conflitos entre os projetos. Por conflitos ou incompatibilidades, entende-se pela sobreposição, locação e interferência espacial de elementos e componentes que comprometem a funcionalidade do projeto.

### 4.1.1 Modelagem

Como o processo para se desenvolver projetos BIM ainda não está consolidado na cultura projetista e nem mesmo a norma brasileira sobre o tema foi completamente publicada, não há um caminho específico ou normatizado para sua elaboração. Desta forma, algumas organizações que estão em processo de adoção têm elaborado o que é comumente conhecido como “Guia de boas práticas”, em

#### CAPÍTULO 4

que desenvolvem e determinam seus próprios processos e *workflows* de modo a alcançarem os objetivos propostos com o uso de um modelo BIM.

A reflexão acerca do mercado brasileiro, mostra ainda uma tímida maturidade, principalmente em relação a contratação de projetos BIM. Por conta da transição de processos dos atuantes neste mercado, alguns conceitos inerentes ao *Building Information Modeling*, como por exemplo, LOD, ainda não está definido como *Level of Development*, *Level of Detail* ou *Level of Definition* (níveis de desenvolvimento, detalhe e definição, respectivamente), podendo dificultar ainda mais sua adoção, visto que as etapas de projeto ainda não foram adequadas em função dos níveis de informação esperados para cada entrega. Por este motivo, o nível de desenvolvimento ou detalhamento, definido para a etapa de modelagem deste trabalho foi compatível com os produtos esperados para cada uso de BIM.

Posto isso, definiu-se como primeiro passo para este estudo de caso a compilação dos arquivos em extensão .dwg das disciplinas propostas neste estudo: Arquitetura, Estruturas e Fundações.

Em primeiro momento foram definidas as unidades dentro das quais a modelagem foi desenvolvida conforme mostra a Figura 4.1:

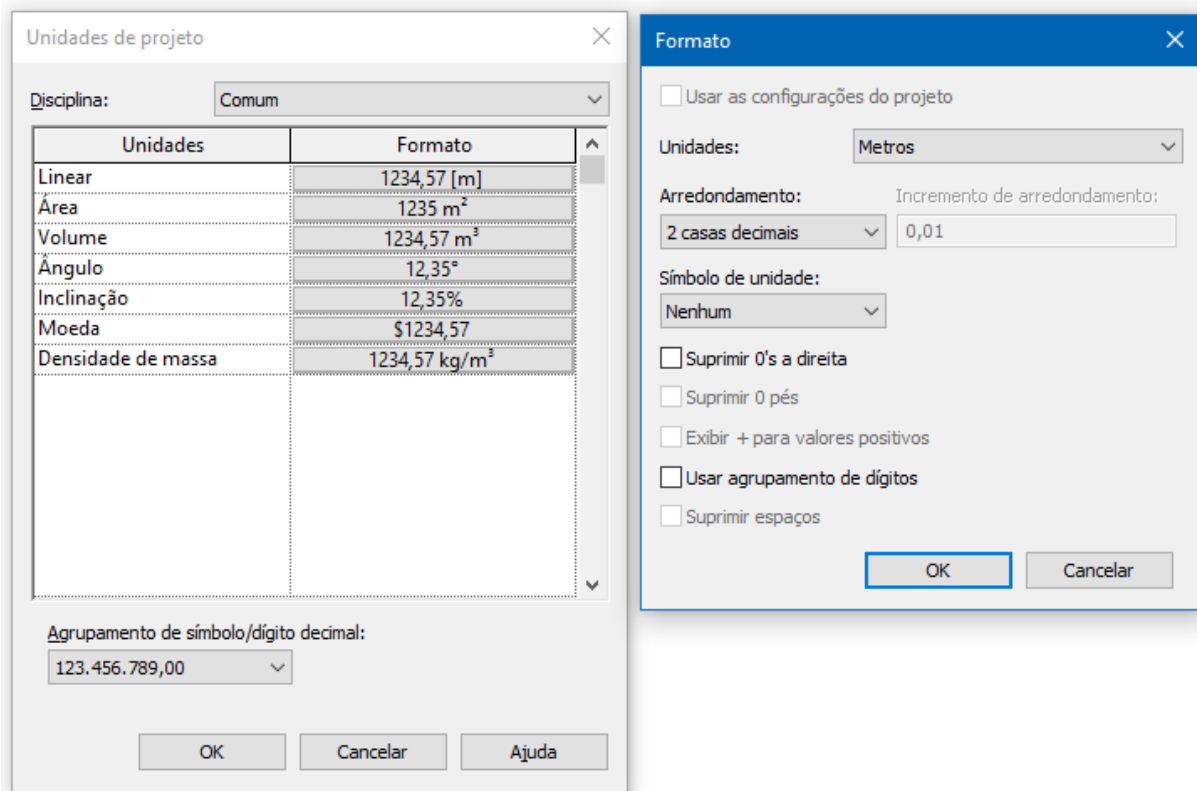


Figura 4.1 – Definição das Unidades de Projeto a serem adotadas.  
Fonte: Autor (2019).

A partir dos arquivos de arquitetura, em que são representadas as elevações e cortes, foram identificados e definidos os níveis dos pavimentos da edificação, para que pudessem ser representados no *software* Autodesk Revit 2019 conforme Figura 4.2.

Nota-se que ao criar os níveis associados as plantas de piso no Revit, à partir de uma elevação também aparecem nas outras vistas (perspectivas tridimensionais, cortes e elevações). Este recurso além de facilitar a visualização de elementos gráficos, utilizados como referência para a elaboração dos projetos dentro do programa, também otimiza o tempo, já que tais objetos são criados automaticamente nas outras vistas como por exemplo na fachada lateral direita (ver Figura 4.3).

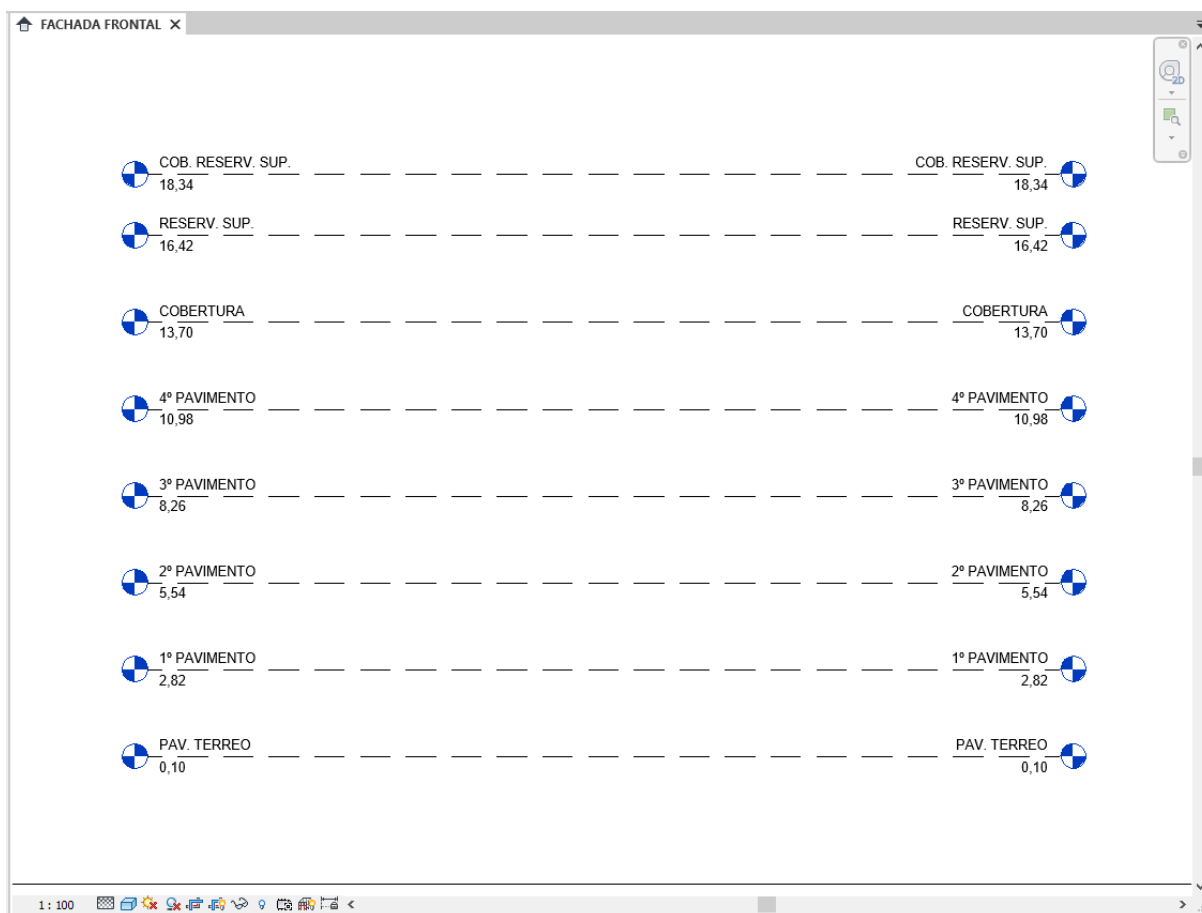


Figura 4.2 – Representação dos níveis dos pavimentos através da vista da Fachada Frontal.  
 Fonte: Autor (2019).

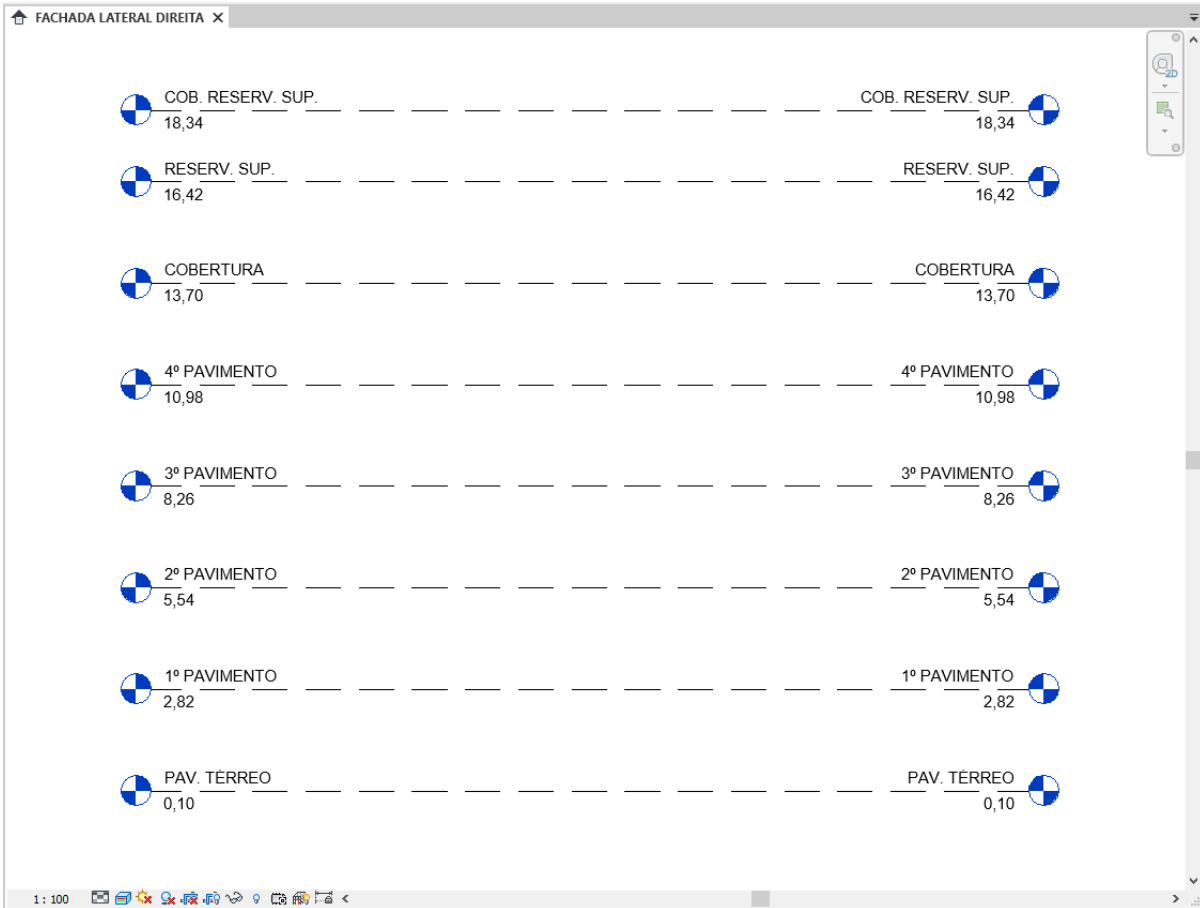


Figura 4.3 – Níveis dos pavimentos através da vista da Fachada Lateral Direita.  
 Fonte: Autor (2019).

Definidos os níveis para os respectivos pavimentos a serem modelados, foram vinculados os arquivos em 2D de arquitetura em extensão .dwg no Revit para que fossem utilizados como referência na modelagem dos pavimentos térreo, tipo, cobertura e reservatório superior da edificação. A vinculação de fato só se deu por completa após planos de referência terem sido criados para definição do ponto de origem do projeto. Este ponto é fundamental para a inserção dos desenhos bidimensionais com o intuito de garantir um perfeito alinhamento. Através da Figura 4.4 pode-se observar uma vista tridimensional em que cada um dos projetos em 2D já se encontra vinculados e posicionados aos seus respectivos pavimentos (exceto do 2º ao 4º pavimentos tipo, que são idênticos ao 1º pavimento).

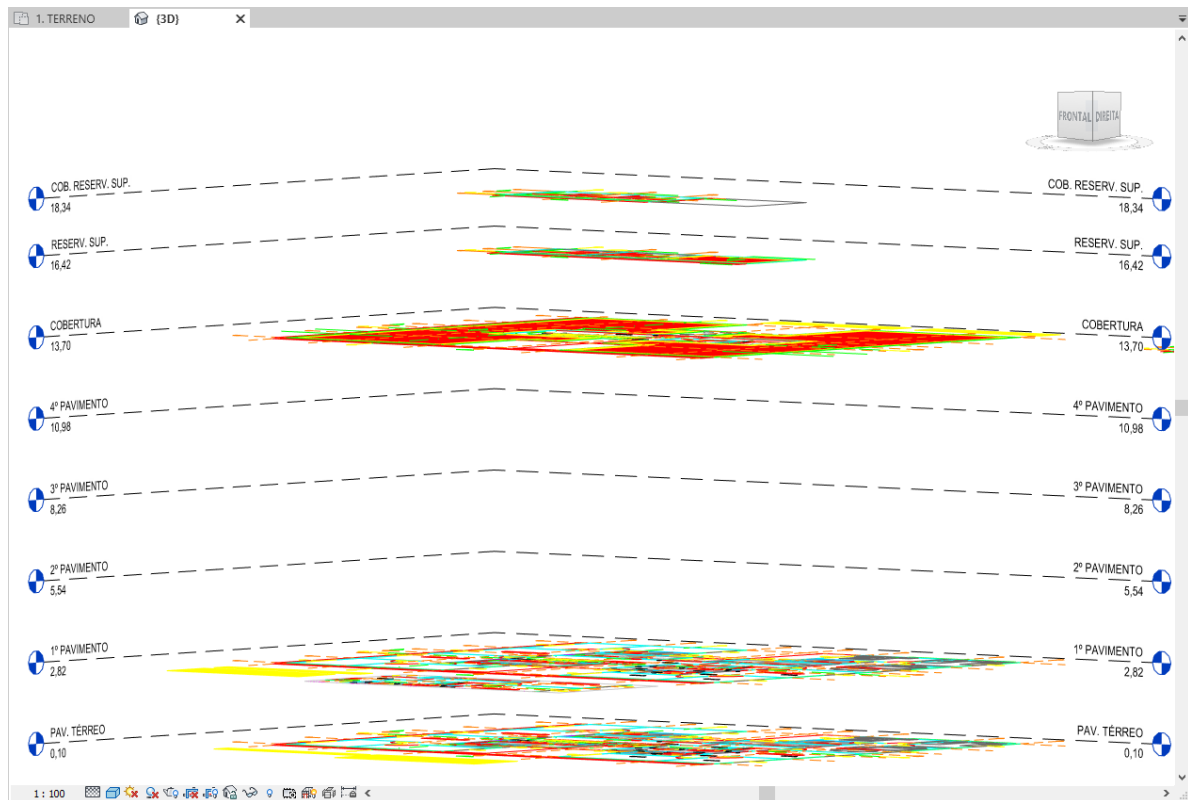


Figura 4.4 – Vista 3D com o posicionamento dos projetos em 2D vinculados.  
Fonte: Autor (2019).

Vale ressaltar que neste estudo de caso, os projetos em 2D foram vinculados e não importados. A vinculação permite recarregar os vínculos dentro do projeto BIM, caso seja feita alguma alteração no arquivo em 2D originalmente vinculado. Já quando há importação do arquivo em 2D ocorre a criação de uma “imagem de referência” representando aquilo que foi realizado no projeto original e caso haja alguma alteração, não será possível recarregar o vínculo. Neste caso seria necessário refazer a importação do arquivo atualizado, posicioná-lo de acordo com as referências especificadas e por fim retirar o arquivo anteriormente importado. Este último processo, portanto, para os fins a que este trabalho se propôs não seria a melhor opção e será justificado com mais detalhes nas próximas subseções.

Cabe salientar, que para um processo de modelagem em cima de bases 2D, o ideal seria realmente importar as bases em 2D, para que houvesse um histórico de que o modelo representa exatamente aquilo que estava representado nas bases originais, em dada fase de projeto. Neste estudo, como não foi prevista nenhuma alteração ou revisão dos projetos, a vinculação veio como recurso caso houvesse necessidade de se incluir algum elemento que desse suporte para o processo de modelagem e não alterasse o projeto, de fato.

## CAPÍTULO 4

A partir do momento em que todos os arquivos em 2D de arquitetura foram vinculados, foi feito o posicionamento do ponto de inserção dos arquivos, exatamente sobre o ponto de origem pré-definido no Revit. Anteriormente o ponto de inserção tinha sido definido pela intersecção de dois planos de referência (ver Figura 4.5).

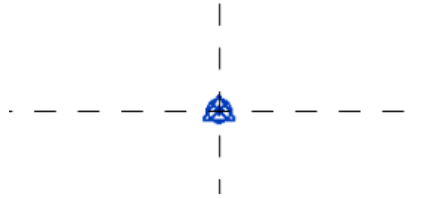


Figura 4.5 – Ponto de origem do Revit (em azul) e planos de referência (tracejado preto).  
Fonte: Autor (2019).

Com o ponto de inserção de projetos coincidindo com o ponto de origem do *software* utilizado, foi vinculado o arquivo em 2D com a implantação geral do empreendimento (ver Figura 4.6).

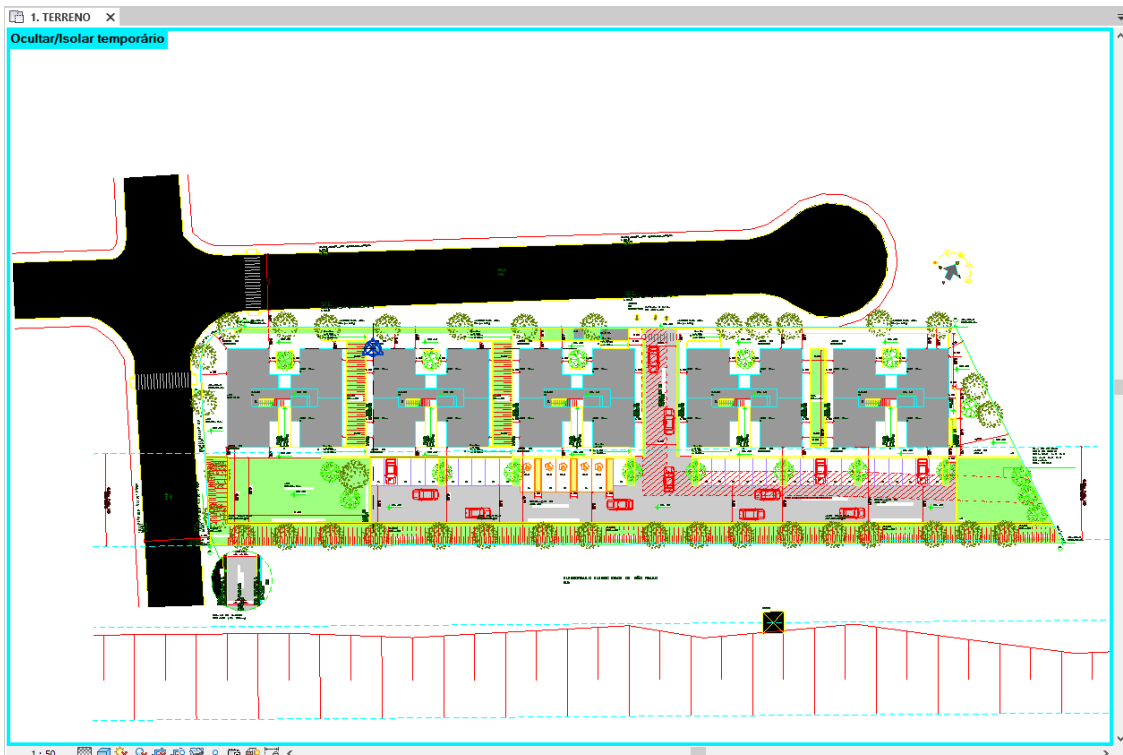


Figura 4.6 – Ponto de origem (em azul escuro) e projeto de implantação geral.  
Fonte: Autor (2019).

Posteriormente o arquivo do levantamento planialtimétrico foi vinculado e alinhado a partir de pontos topográficos de referência compartilhados entre os projetos de topografia e implantação conforme a Figura 4.7.

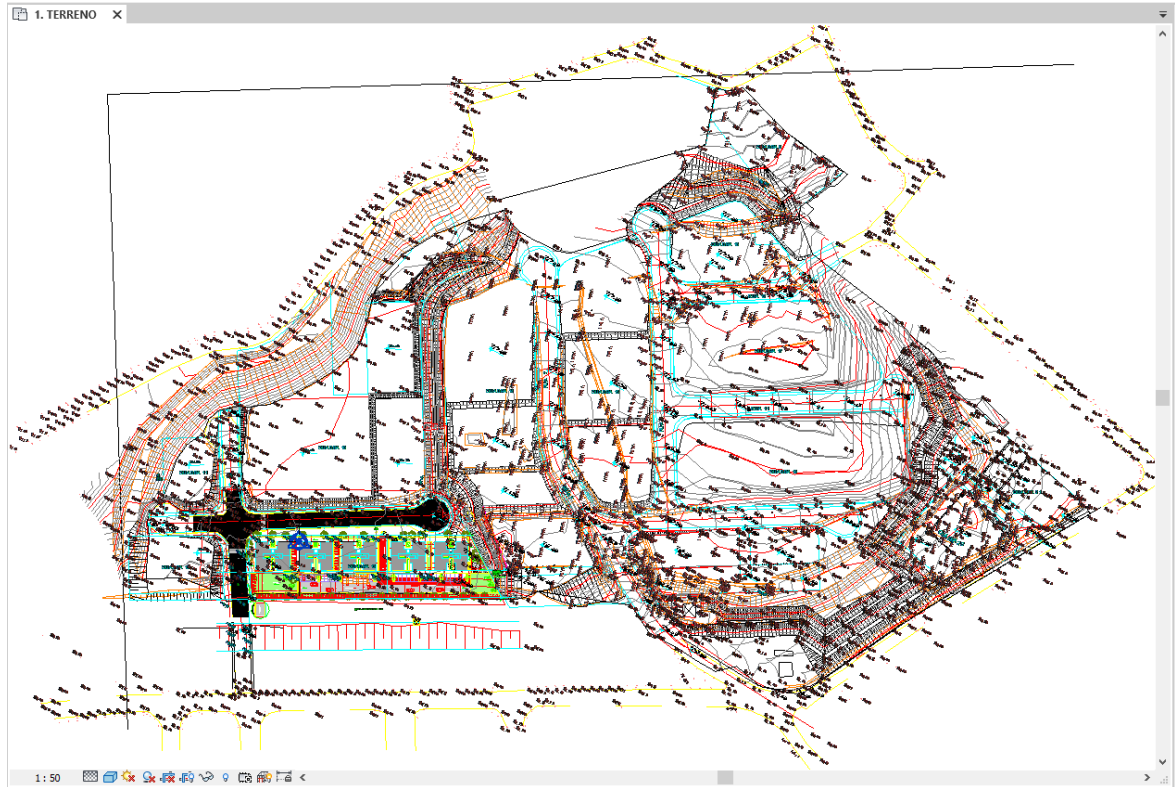


Figura 4.7 – Arquivos em 2D da topografia e implantação vinculados ao Revit.  
Fonte: Autor (2019).

#### 4.1.1.1 Topografia/Terreno

Como *software* de modelagem, o Revit contém uma ferramenta para criação de Massas e Terrenos, que foi utilizada justamente para a geração da topografia 3D, através dos pontos e curvas de nível contidas no arquivo planialtimétrico. O modelo topográfico obtido através do arquivo em 2D está ilustrado abaixo pela Figura 4.8.

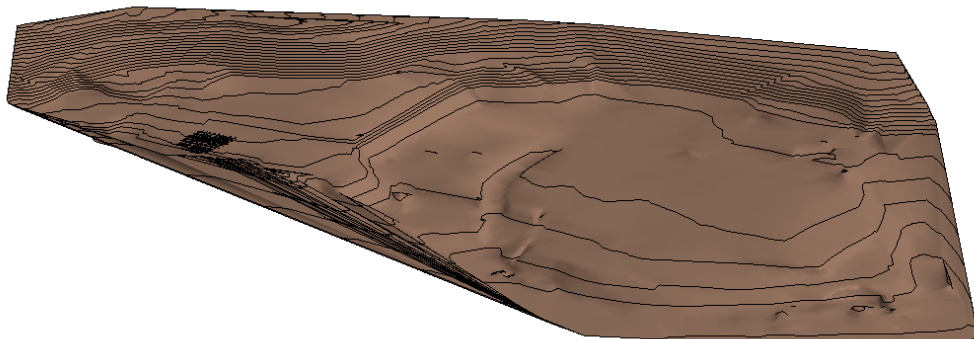


Figura 4.8 – Modelo topográfico gerado a partir do projeto planialtimétrico.  
Fonte: Autor (2019).

## CAPÍTULO 4

Uma vez modelado o terreno e locados os projetos, foi modelada uma plataforma de construção, servindo de base para toda edificação. Por ser um elemento geométrico, com objetivo de ilustrar a área ocupada pela implantação do empreendimento, optou-se por representar exatamente seu contorno em relação à topografia gerada. É possível observar na Figura 4.9, que quando a plataforma de construção foi modelada ocorreram cortes e aterros automaticamente no perfil topográfico do terreno, em função do nível especificado para a plataforma.

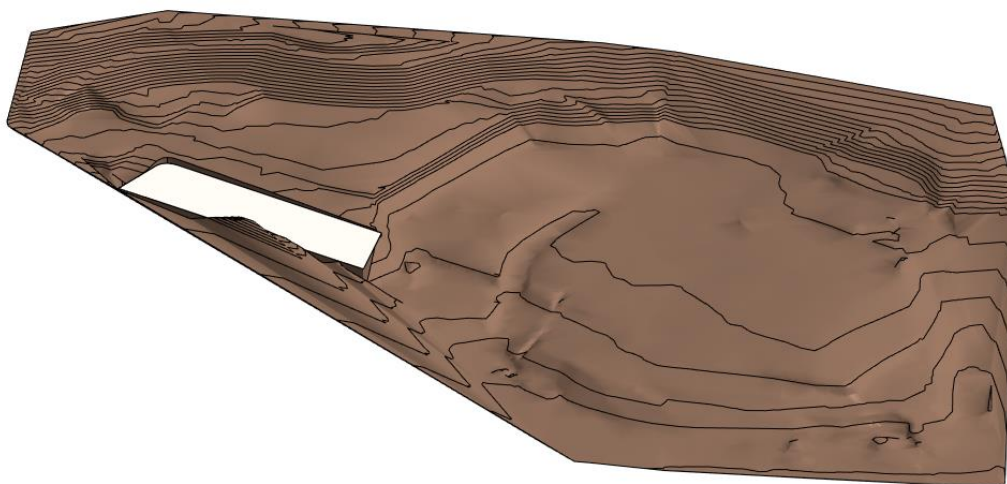


Figura 4.9 – Plataforma de construção modelada a partir da área de implantação.  
Fonte: Autor (2019).

### 4.1.1.2 Arquitetura – Paredes, Portas, Janelas e Escadas

Finalmente, com todos os arquivos vinculados em suas respectivas plantas de piso, perfeito alinhamento e locação conforme a origem definida e posicionamento no terreno chegou-se na fase de modelagem dos elementos arquitetônicos. No entanto, como o desenvolvimento desta disciplina não é o foco principal neste trabalho, foram modeladas apenas as paredes, portas e janelas inserindo as informações necessárias para que posteriormente se permitisse a aplicação dos usos BIM definidos.

A primeira etapa do desenvolvimento arquitetônico foi proposta neste trabalho como sendo a modelagem das paredes. De modo a ganhar tempo e aumentar a velocidade desta etapa foi feita uma análise detalhada no projeto original de arquitetura, para levantar todos os tipos de paredes existentes e então listar suas camadas, com respectivos materiais e estabelecer para cada um deles uma espessura. O APÊNDICE B traz uma tabela resumo, com as propriedades das paredes externas e suas estruturas enquanto o APÊNDICE C trata das paredes internas. Justifica-se a adoção de paredes básicas compostas por camadas de materiais distintos, para que posteriormente a informação que propicia o levantamento e quantitativo de materiais pudesse ser manipulada para enfim manipular o BIM5D, onde os custos serão simulados.

Curiosamente, no Brasil, comumente identifica-se a modelagem de paredes por camadas modeladas individualmente para maior precisão no levantamento de quantitativos, sobretudo pela utilização de critérios para descontos de vãos no levantamento de materiais e mão de obra, mas também para evitar que objetos sejam anexados em duplicidade na elaboração das simulações construtivas.

Em relação à utilização dos arquivos em 2D originais o programa de modelagem utilizado neste estudo permite que sejam ligadas ou desligadas as exibições dos *layers* do projeto (ver Figura 4.10) necessários para facilitar a visualização e otimizar a fase de modelagem dos objetos que se pretende.

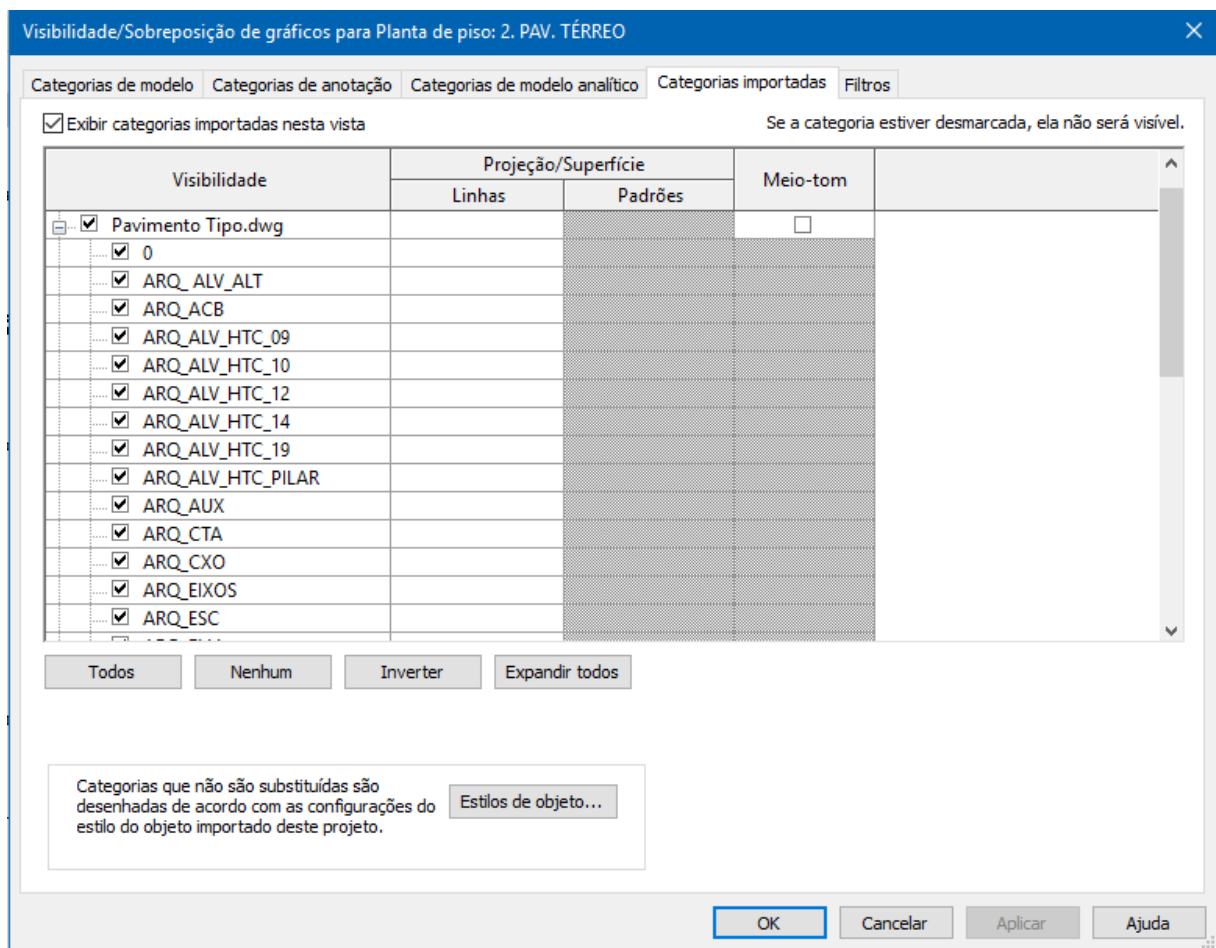


Figura 4.10 – Opções de visibilidade dos *layers* do arquivo em 2D original.  
Fonte: Autor (2019).

O *layout* do pavimento tipo deste edifício do programa MCMV, utilizado neste estudo, consiste em quatro unidades habitacionais por pavimento com a mesma metragem, sendo assim, há dois eixos de simetria no projeto original, possibilitando que a modelagem seja feita para apenas uma unidade (ver Figura 4.11) e posteriormente seja rebatida para os outros lados e lançadas nos pavimentos seguintes (ver Figura 4.12). Com os tipos de paredes já identificados e tabelados com suas camadas, espessuras e materiais definidos, procedeu-se em primeiro momento com a modelagem das paredes exteriores

CAPÍTULO 4

(ver Figura 4.13), seguindo das paredes interiores (ver Figura 4.14), paredes para *Shafts* e vedação (ver Figura 4.15).

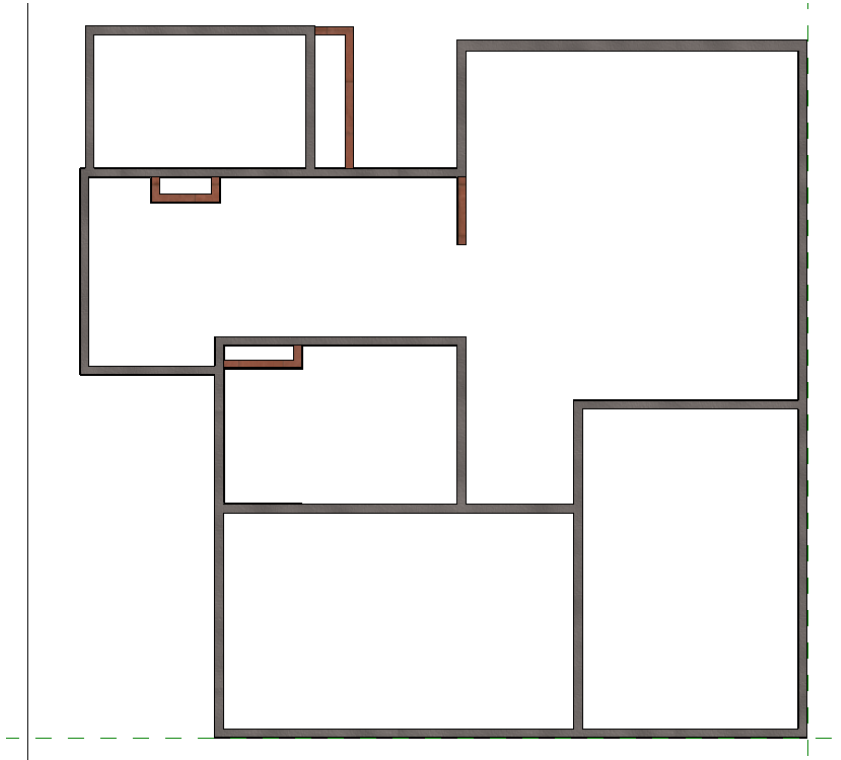


Figura 4.11 – Modelagem de todas as paredes de uma unidade.  
Fonte: Autor (2019).

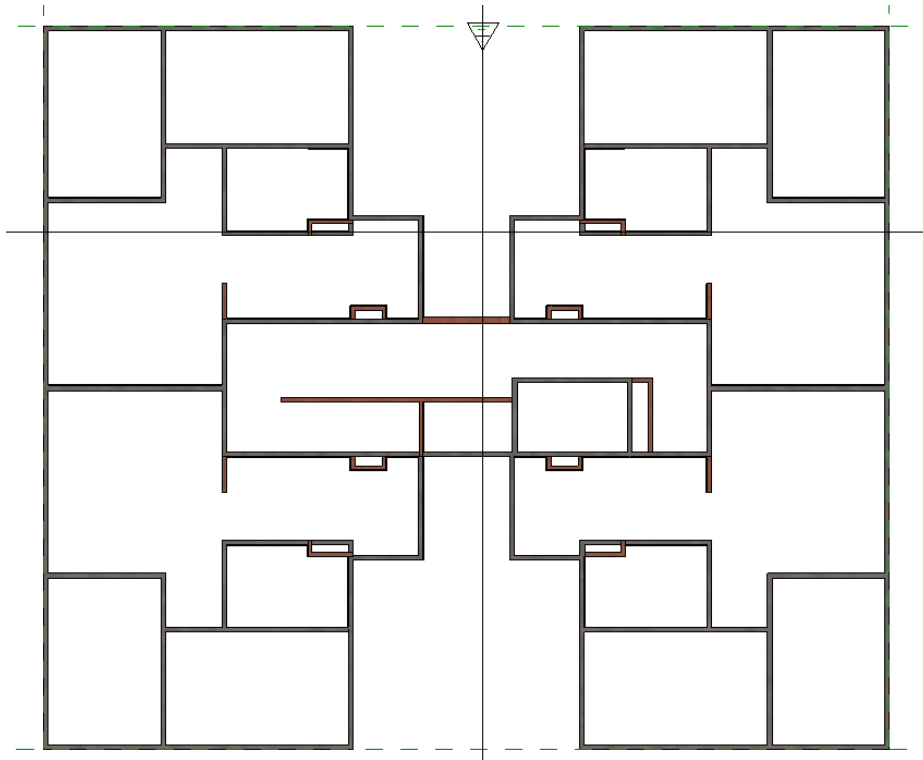


Figura 4.12 – Rebatimento para modelagem total das paredes do térreo.  
 Fonte: Acervo do Autor

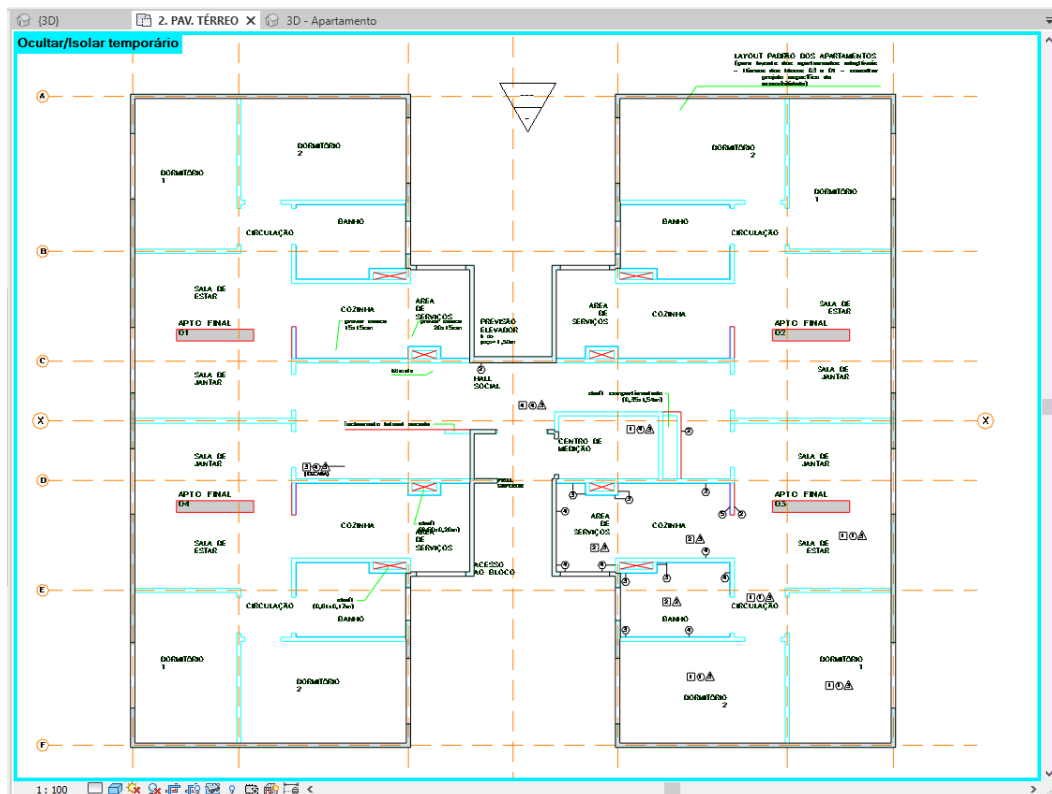


Figura 4.13 – Paredes exteriores.  
 Fonte: Autor (2019).



Terminada a modelagem das paredes externas, internas e destinadas à *shafts* e fechamentos, o projeto começa a tomar forma e a contribuição que este uso BIM traz para a visualização do projeto é evidente. Como se nota na Figura 4.16, a integração dinâmica entre as vistas do Revit, permite a automatização na exibição de objetos modelados, por exemplo em uma vista 2D (planta de piso), diretamente em uma vista tridimensional. Da mesma forma com que a vista 3D, elevações e cortes também são atualizadas automaticamente.

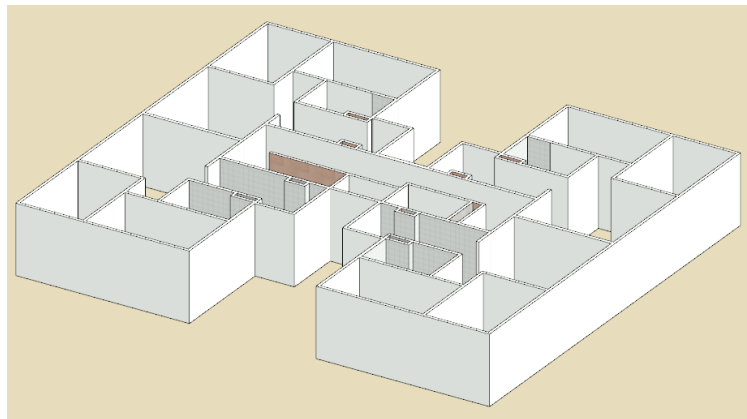


Figura 4.16 – Pavimento térreo (paredes).  
Fonte: Autor (2019).

Pelo fato de a modulação do pavimento tipo ser idêntica ao pavimento térreo, foram modeladas as paredes da cobertura e reservatório superior tomando como base os projetos originais em 2D como é representado através da Figura 4.17.

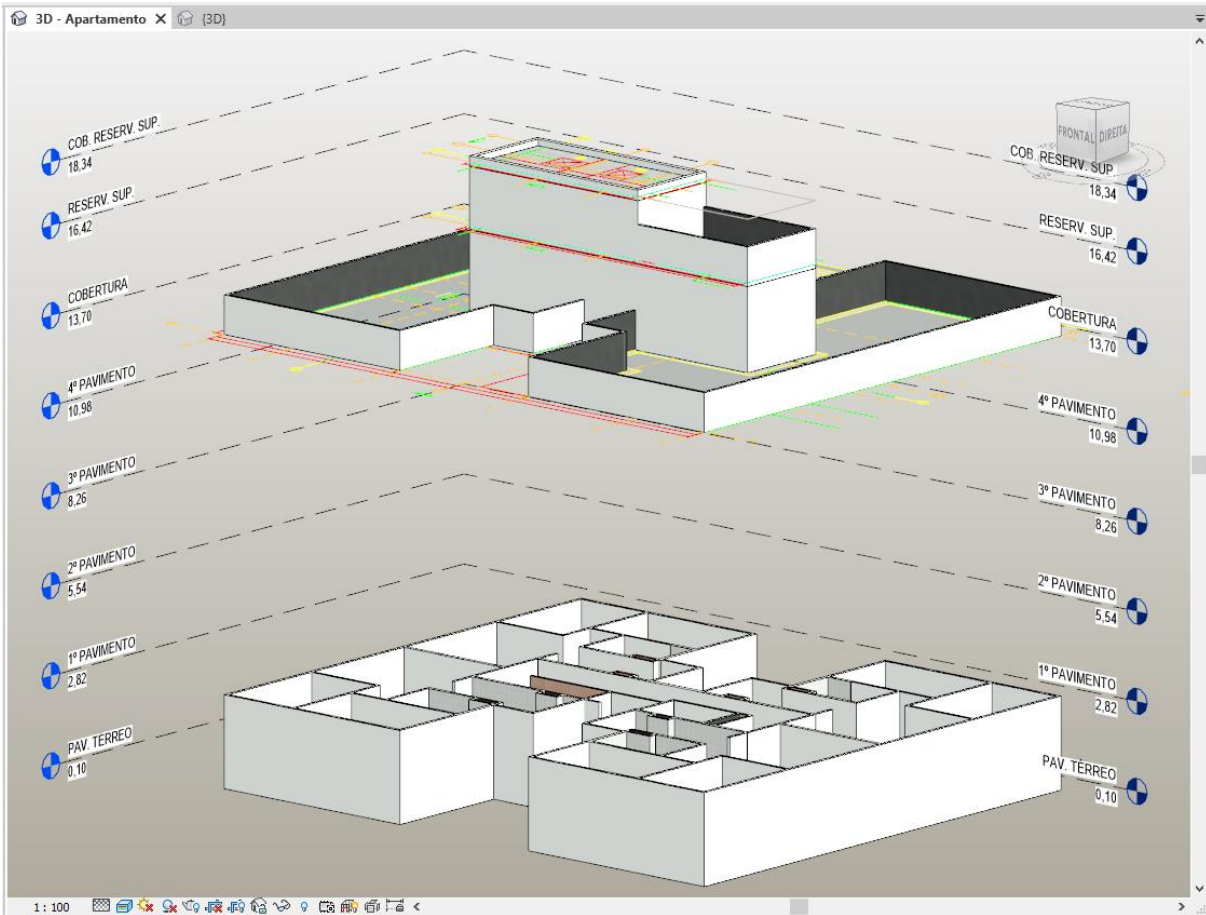


Figura 4.17 – Paredes (térreo, cobertura e reservatório superior).  
 Fonte: Autor (2019).

Sabendo que existem algumas paredes dos pavimentos tipo com diferentes revestimentos, em comparação com o pavimento térreo, o autor foi capaz de copiar as paredes representadas na Figura 4.18 e colar alinhadas com o pavimento seguinte, para que então estas paredes fossem alteradas e adaptadas conforme a necessidade do projeto original. Observando a Figura 4.19 é possível identificar a modelagem das paredes, com base nos arquivos em 2D vinculados ao modelo para cada um dos pavimentos.

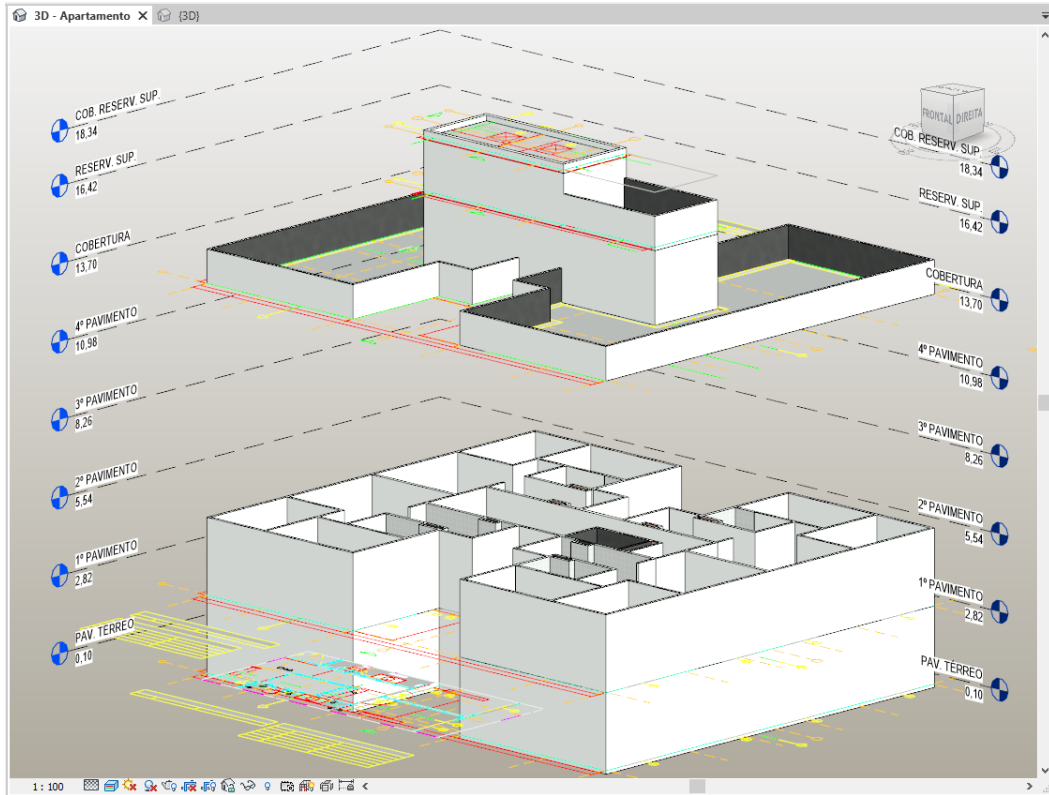


Figura 4.18 – Paredes (térreo, 1º andar, cobertura e reservatório superior).  
Fonte: Autor (2019).

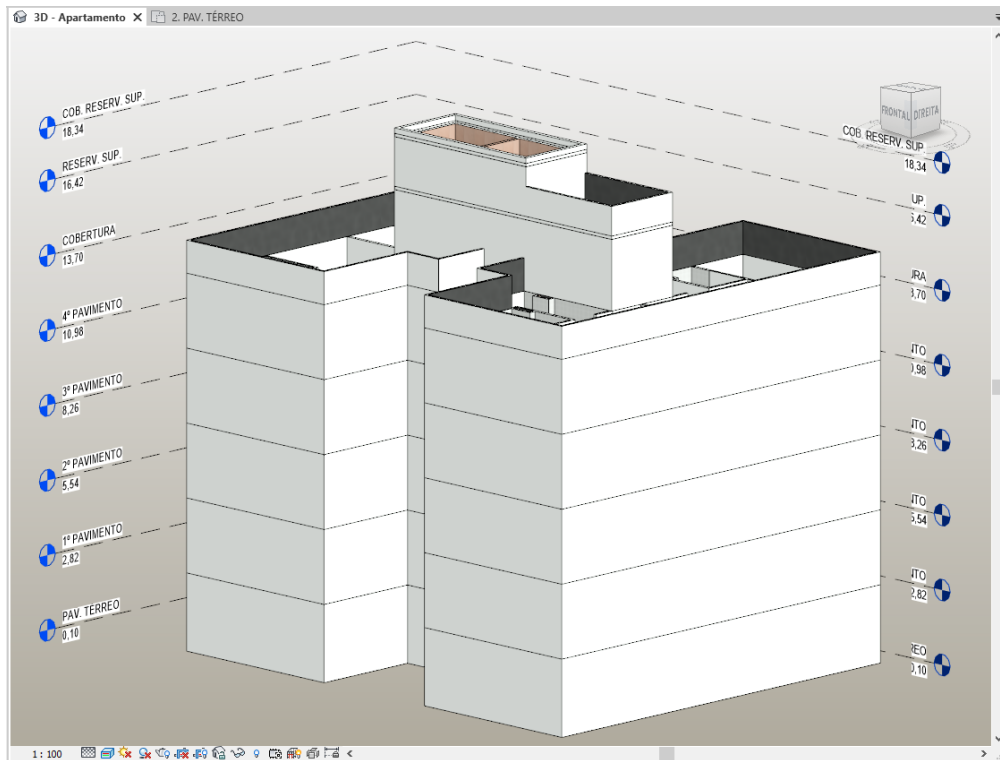


Figura 4.19 – Modelagem de paredes completa.  
Fonte: Autor (2019).

#### CAPÍTULO 4

Seguindo a sequência definida anteriormente, o próximo passo, naturalmente foi a colocação de portas e janelas, seguindo as especificações do projeto de arquitetura. Dentro do Revit essa etapa envolve a criação e utilização de famílias importadas, que tanto podem ser encontradas em sites e repositórios *on-line* na *internet* ou desenvolvidas pelo próprio projetista. O conjunto destas famílias compõe o que é chamado de biblioteca e podem ser carregadas em *templates*, desenvolvidos especificamente para uma tipologia construtiva, com base em um memorial descritivo. Neste projeto foram utilizadas famílias do Autor do autor e de plataformas online como o BIMObject e plataforma BIM BR.

Aos 27 dias do mês de novembro de 2018, foi lançada a Plataforma BIM BR, que faz parte da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* no Brasil (Estratégia BIM BR), pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), em parceria com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Segundo a página oficial da plataforma na *internet*, a proposta é ter um “portal com conteúdo dinâmico que hospedará a Biblioteca Nacional BIM (BNBIM), cujo intuito é se tornar um acervo das bibliotecas de objetos BIM no Brasil”.

Segundo Tonso e Nardelli (2015), o BIM oferece a oportunidade de serem criadas não só bibliotecas de famílias e componentes, como também a disponibilização por fornecedores, de uma biblioteca de materiais com parâmetros pré-estabelecidos. As informações contidas nestes parâmetros, poderiam ser acessadas e utilizadas sempre que necessário, por exemplo, para a avaliação do desempenho de determinado parâmetro de uma edificação. Além disso, o uso BIM 3090 – *Selection and Specification* (Seleção e Especificação), listado por Succar (2019), auxiliaria a tomada de decisões baseadas em maior gama de dados.

Para mostrar a importância desta biblioteca nacional e sua praticidade, a Tabela 4.2 relaciona os objetos, ambientes onde estão inseridos, dimensões conforme anexos e imagem do objeto conforme apêndices e/ou anexos.

Tabela 4.2 – Relação de Objetos (Portas e Janelas).

TIPO	NOME	DIMENSÕES (m)	AMBIENTES	ESPECIFICAÇÃO	ORIGEM
Esquadria de alumínio	AL-01	1,60x1,20/1,00	Dormitórios 1 e 2	ANEXO A	BNBIM
Esquadria de alumínio	AL-02	0,80x1,00/1,20	Banhos	ANEXO A	ACERVO DO AUTOR
Esquadria de alumínio	AL-03	1,20x1,20/1,00	Áreas de Serviço	ANEXO A	ACERVO DO AUTOR
Esquadria de alumínio	AL-04	1,60x1,20/1,00	Salas de Estar/Jantar	ANEXO A	BNBIM
Esquadria de alumínio	AL-05	1,20X2,20	Acesso ao Bloco	ANEXO A	ACERVO DO AUTOR
Esquadria de alumínio	AL-08	0,80x1,00/1,40	Escadas	ANEXO A	ACERVO DO AUTOR
Esquadria de alumínio	AL-09	0,8x0,8/0,50	Barrilete	ANEXO A	ACERVO DO AUTOR
Esquadria de alumínio	AL-11	0,80x2,14	Centro de medição	ANEXO A	BNBIM
Esquadria de ferro	FE-01	0,8x2,10	Barrilete	ANEXO B	BNBIM
Esquadria de ferro	FE-02	0,8x0,8	Reservatório Superior	ANEXO B	BNBIM
Porta de madeira	PM - 02	0,82x2,10	Dorm./Banhos/Acessos aptos	ANEXO C	BNBIM

Fonte: Autor (2019).

Com todas as paredes modeladas (ver Figura 4.19), já é possível inserir as janelas e portas de uma única unidade, para em seguida utilizar o comando do Revit “Espelhar: selecionar eixo” para completar um pavimento e mais uma vez copiar todas as instâncias do pavimento térreo e colar alinhados com os níveis selecionados. Neste caso, apenas do 1º ao 4º pavimento para as portas e janelas da habitação e do 1º pavimento até a cobertura para as janelas das escadas. Por último, foram posicionadas as

## CAPÍTULO 4

portas e alçapões na cobertura e reservatórios, já que estes objetos pertencem exclusivamente a nestes níveis.

Mesmo não sendo o caso para o desenvolvimento deste estudo, vale a pena registrar que para se adaptar a prática convencional de orçamentação, observa-se no Brasil, que alguns projetistas incluem aberturas no caso em que as camadas de parede são modeladas individualmente, com o objetivo de suportar os levantamentos considerando os descontos de vãos já citados anteriormente. Muitos profissionais consideram a inserção destes elementos como secundária e acessória ao modelo, representando um grande volume de trabalho, uma vez que para cada porta ou janela modelada, é necessário incluir 2 aberturas (uma para cada camada de revestimento) e unir (comando *Join*) as paredes de revestimento, com as de vedação. Este assunto cabe como um excelente exemplo de premissa que deve ser incluída no desenvolvimento de um Protocolo BIM, caso o contratante pretenda utilizar o BIM5D para a extração dos quantitativos.

Ainda dentro da disciplina de Arquitetura, foram modeladas as lajes e escadas da edificação conforme os níveis definidos e espessuras descritas em projeto. Portanto, a conclusão do modelo arquitetônico pretendido neste estudo está representada na Figura 4.20. Mais uma vez, há destaque para a característica visual que o ambiente de modelagem tridimensional traz ao processo.

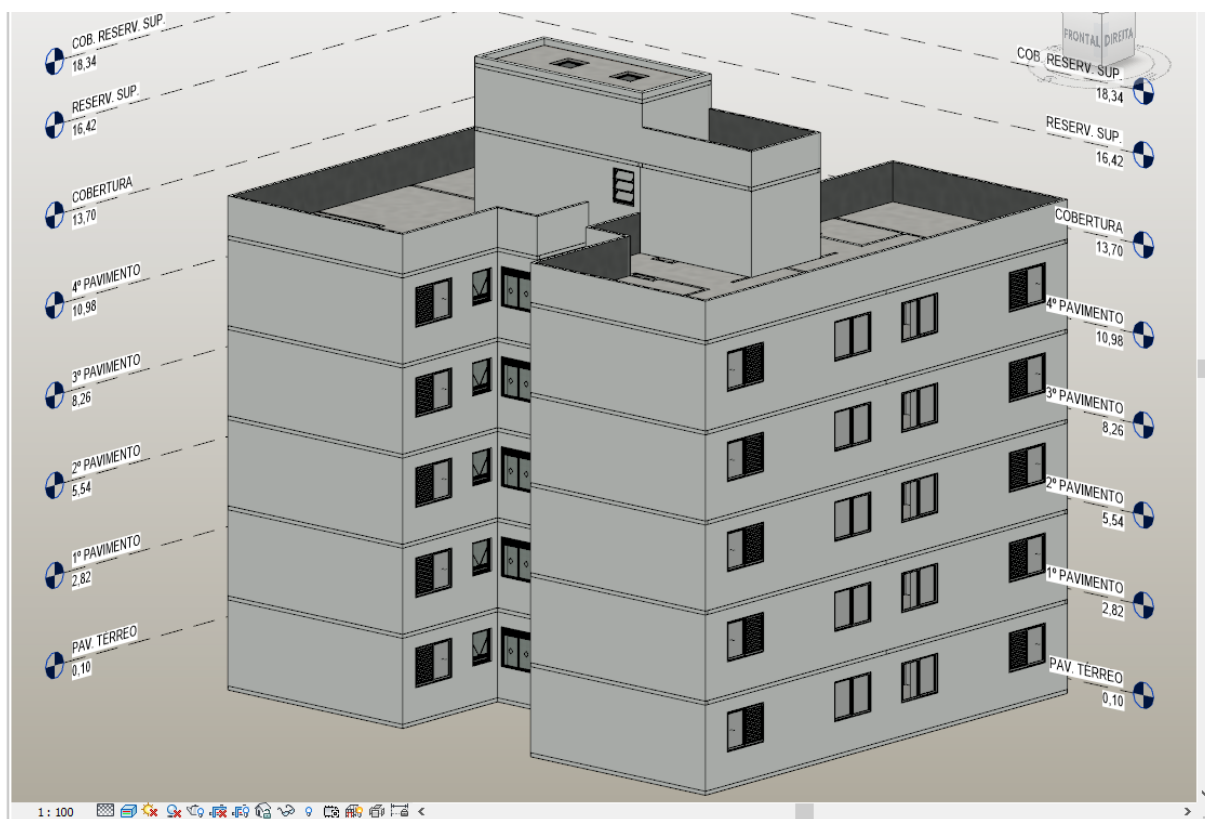


Figura 4.20 – Conclusão do modelo arquitetônico.  
 Fonte: Autor (2019).

Por se tratar de um empreendimento de habitação social, composto por aproximadamente 23 condomínios e previsão para cerca de 2200 unidades, vale a pena mostrar a implantação deste condomínio no terreno real, para ilustrar o porte que podem ter as obras do programa Minha Casa Minha Vida. Sobretudo porque o foco desta seção é o benefício trazido aos usuários pela visualização 3D (ver Figura 4.21).

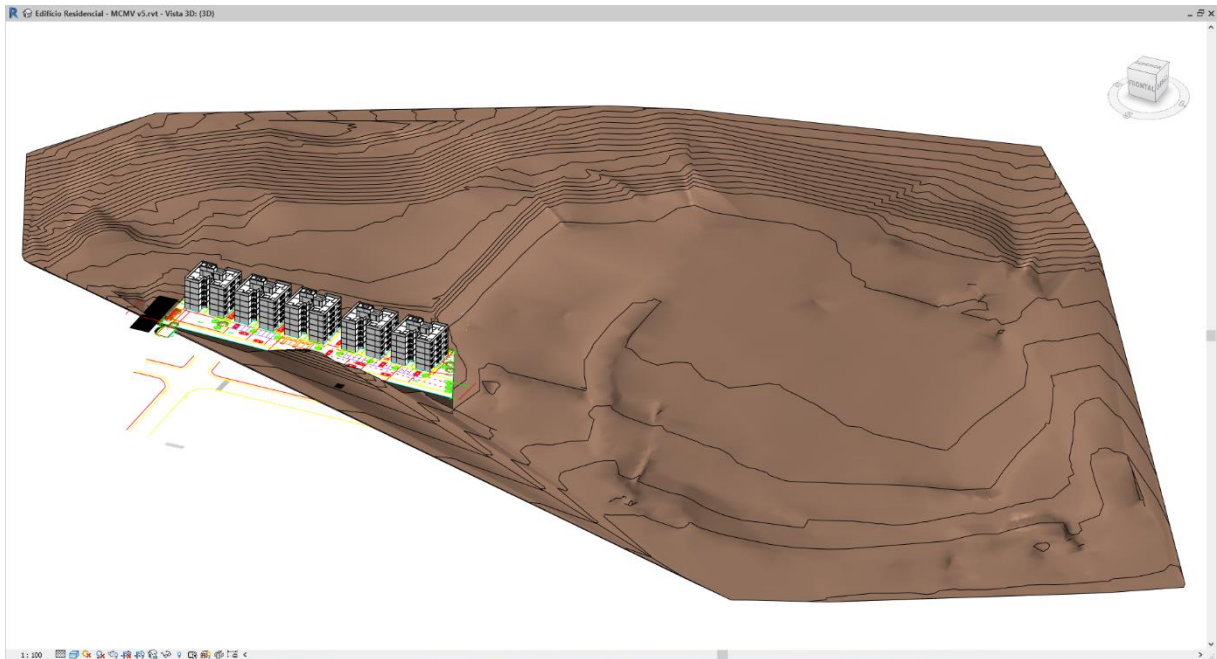


Figura 4.21 – Implantação total do condomínio.  
 Fonte: Autor (2019).

#### 4.1.1.3 Estruturas

A partir do modelo arquitetônico com os objetos propostos neste trabalho completamente modelados, foi criado um projeto dentro do *template* estrutural do Revit, para que as estruturas pudessem ser modeladas de acordo com o que foi criado na arquitetura. Mais uma vez lança-se mão do recurso de vincular arquivos no *software*, porém desta vez é um arquivo .rvt, elaborado dentro da mesma ferramenta e não mais projetos em 2D (no caso deste trabalho, arquivos elaborados no Autodesk AutoCAD).

Foi adotado para este estudo de caso, um sequenciamento de atividades que representa a realidade da utilização dos processos BIM no meio técnico brasileiro em sua generalidade: modelagem 3D em cima de bases 2D. Sabendo que na maioria dos casos são escritórios diferentes que desenvolvem as disciplinas do projeto de forma independente, ainda não existe efetivamente um ambiente integrado e colaborativo entre as equipes conforme o BIM propõe no cenário atual.

## CAPÍTULO 4

Na prática, entretanto, o caminho para a implantação do BIM; sobretudo em organizações de menor porte, está seguindo estes passos até que de fato, seja entendida a necessidade de reestruturar os processos, em que estas equipes vêm trabalhando, e o corpo diretivo entenda a necessidade de se desenvolver um *BIM Implementation Plan* sustentável, compatível com o porte da organização e principalmente alinhado com os objetivos que se desejam alcançar com estas mudanças.

Recebidos os arquivos com os projetos de arquitetura modelados dentro de uma ferramenta BIM, o Engenheiro estrutural estuda a situação existente para propor suas soluções e modela as estruturas, com base na arquitetura em um *software* especialista, como por exemplo o Autodesk Robot Structural Analysis, AltoQi Eberick, TQS entre outros que são capazes de dimensionar armaduras, validar seções e materiais conforme as propriedades físicas, necessárias para resistir aos esforços causados pelos carregamentos inseridos. O mesmo ocorre com outras disciplinas, como fundações, instalações elétricas, instalações hidráulicas, telecomunicações, Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), sistemas de detecção e combate a incêndios, ar-condicionado entre outras.

Neste caso, por se tratar de um empreendimento real e considerando que o autor tem disponível em seu acervo todos os projetos originais desta disciplina, já dimensionados por um escritório de projetos terceirizado pela construtora, foram modelados os seguintes elementos estruturais conforme as especificações dos arquivos em 2D sobre o modelo Revit arquitetônico vinculado:

- Paredes estruturais de concreto armadas – espessura  $e=10\text{cm} / 12\text{cm}$ ;
- Lajes de concreto com espessura  $e=12\text{cm}$ .

Conforme se vê na Figura 4.22, foram alteradas as opções de visibilidade, a fim de habilitar a subjacência dos contornos do modelo tridimensional arquitetônico e então dar sequência a modelagem estrutural. Sabendo que dentro do Revit, há a atualização automática das vistas, quaisquer alterações realizadas em uma delas será repetida para as outras, auxiliando na visualização de quais elementos estruturais já foram modelados, permitindo ao projetista maior controle sobre seu trabalho e principalmente, conceber a estrutura compatível com o que já foi criado na arquitetura

Ainda na Figura 4.22, é possível identificar uma divisão na tela de trabalho oferecida pelo Revit, que auxilia ainda mais no processo de modelagem, uma vez que o projetista pode visualizar em tempo real o modelo que está sendo confeccionado e o modelo referência (neste caso arquitetônico). Se fosse necessário, também poderia haver mais divisões na tela de trabalho ou então a utilização de outro monitor mostrando cortes, elevações, plantas baixas ou quaisquer outras vistas que facilitassem o processo de modelagem.

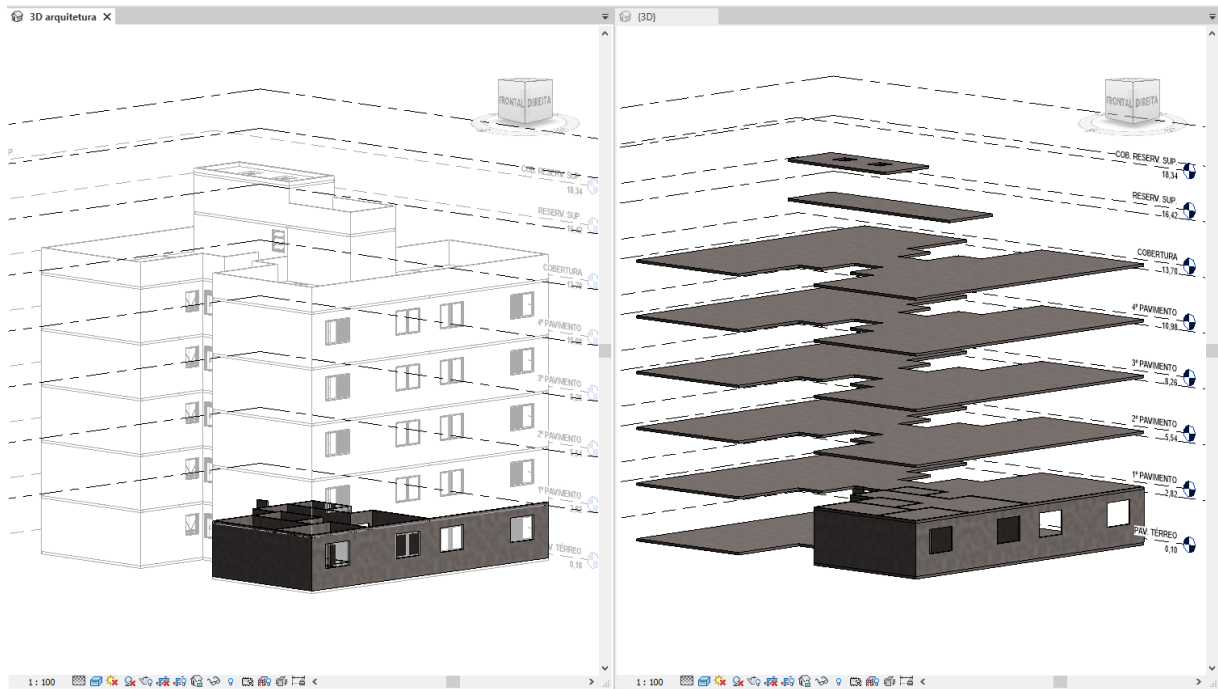


Figura 4.22 – Modelo 3D arquitetônico (esquerda) e Modelo 3D estrutural (direita).  
Fonte: Autor (2019).

A imagem acima contém as paredes de uma unidade habitacional, centro de medições e entrada de acesso ao bloco. Mais uma vez, optou-se por modelar os elementos de apenas uma unidade, por conta da simetria presente no projeto, para depois rebater dentro do mesmo pavimento e então colar os objetos alinhados com os próximos pavimentos. Também é possível identificar as lajes criadas no modelo de arquitetura que através dos recursos de colaboração do Revit, puderam ser copiadas diretamente do vínculo de arquitetura para o projeto estrutural.

Mesmo sendo possível através do Revit, tanto as lajes quanto as escadas, não terão suas armaduras modeladas neste trabalho. Quando chega-se neste ponto da concepção das estruturas de um projeto, normalmente são utilizados *softwares* especialistas que calculam e dimensionam as estruturas conforme as solicitações inseridas e geram as armaduras automaticamente, permitindo ao projetista realizar diversas análises estruturais para validar a solução proposta e só depois é que o modelo estrutural é vinculado ao projeto que dará origem a um modelo federado.

Primeiramente, foram modeladas as paredes estruturais em concreto usinado, seguindo a solução proposta pelo escritório responsável pelas estruturas desta edificação e feitas as aberturas de portas e janelas conforme a imagem anterior.

O próximo passo, portanto, foi armar a estrutura de paredes de concreto, conforme as especificações dos projetos de detalhamento com telas eletro soldadas, barras para reforços perimetrais e reforços

nas aberturas. Também foram previstas barras de arranque, para que as telas de paredes do pavimento a ser concretado em sequência, pudessem ser posicionadas e unidas às estruturas.

De imediato, houve a necessidade de selecionar todas as paredes que seriam armadas, para definir os cobrimentos conforme especificado em projeto. Neste caso, em que foram utilizadas telas eletro soldadas, foi especificado que se utilizassem espaçadores plásticos para posicionar os painéis de armação no eixo das paredes de concreto, portanto, o espaçamento mínimo foi configurado para metade da espessura (cerca de 45mm) em relação as faces internas e externas das paredes e as telas (ver Figura 4.23)

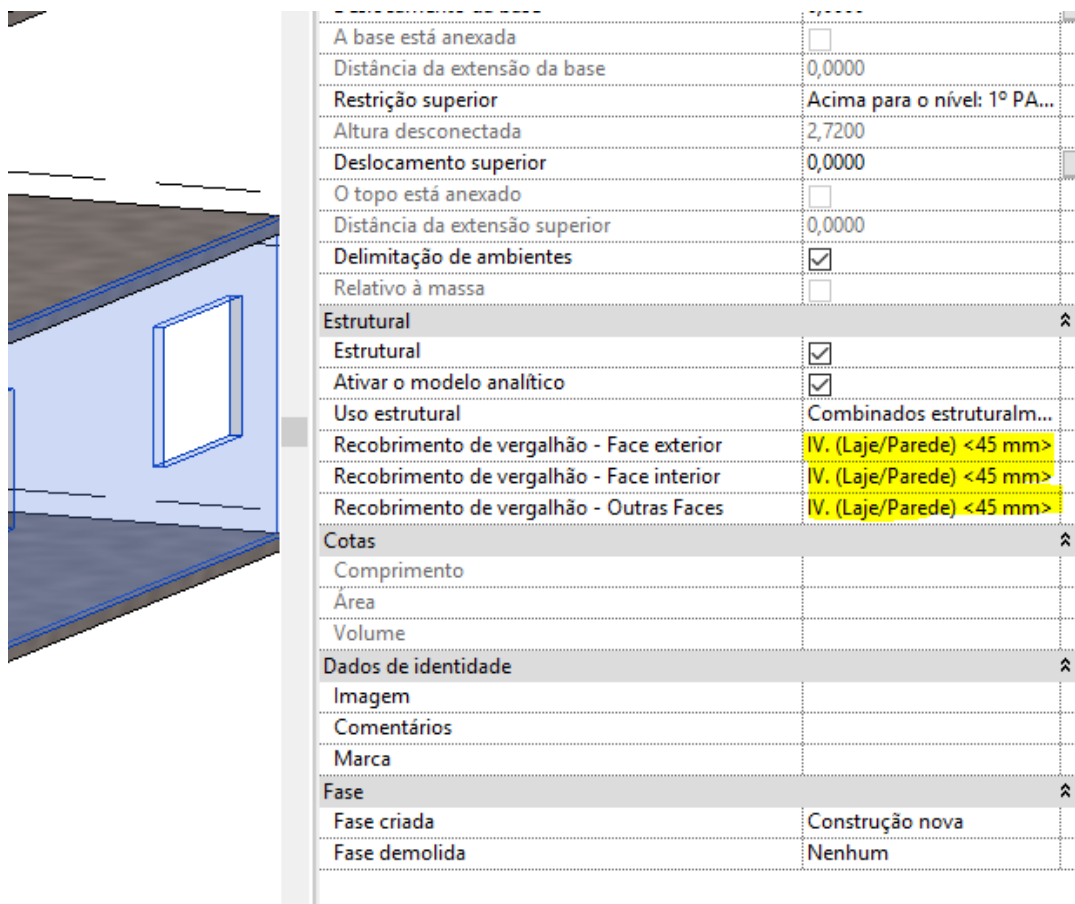


Figura 4.23 – Recobrimento (em amarelo) para armaduras das paredes selecionadas (em azul).  
Fonte: Autor (2019).

Para cada parede, foram modeladas as armações em telas eletro soldadas através do Revit. Conforme especificado no projeto estrutural, as telas Q-92 podem ser visualizadas na Figura 4.24 já que a transparência das paredes foi alterada, através das configurações de visibilidade. Mais uma vez destaca-se o benefício trazido pela facilidade na visualização da modelagem de objetos em ambiente tridimensional, a Figura 4.25 também mostra a capacidade que o programa traz ao usuário para conferir se neste caso todas as paredes previamente modeladas foram devidamente armadas.

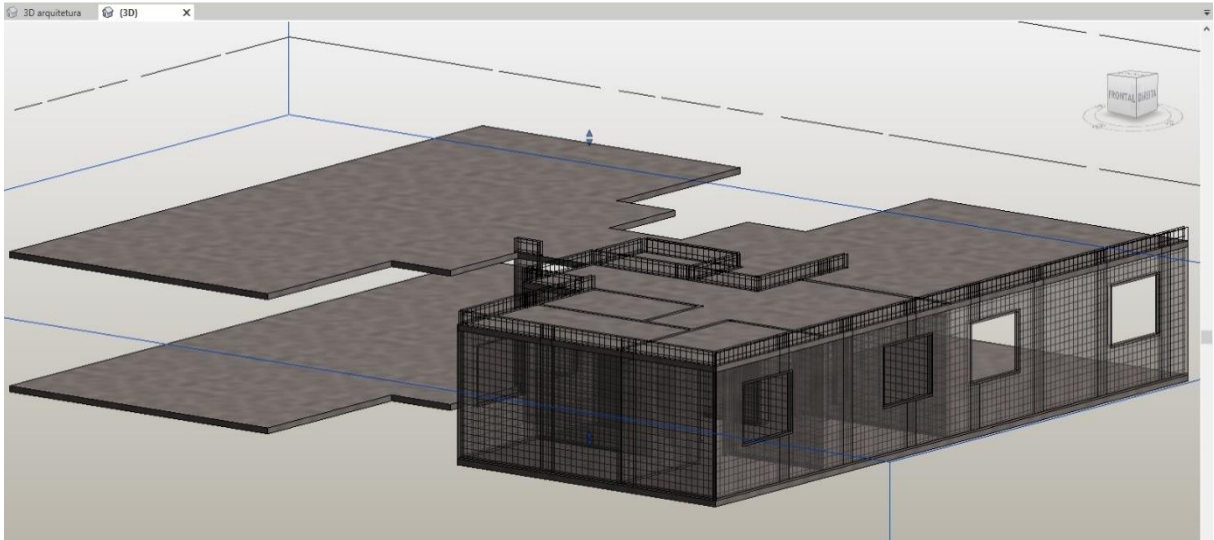


Figura 4.24 – Paredes armadas com telas eletro soldadas.  
 Fonte: Autor (2019).

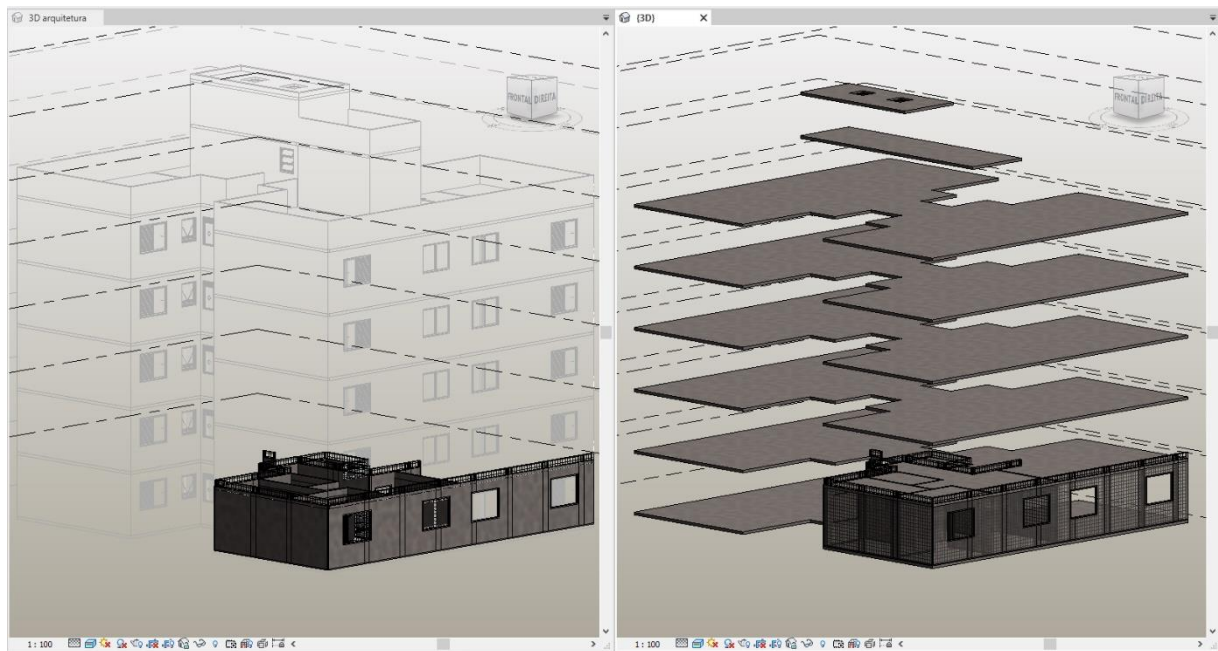


Figura 4.25 – Armações de paredes no modelo arquitetônico (esquerda) e estrutural (direita).  
 Fonte: Autor (2019).

De seguinte foram posicionados os ferros de arranque e reforços estruturais, que consistem em vergalhões para os reforços perimetrais e paralelos aos lados das aberturas de portas e janelas (ver Figura 4.26).

Com a mesma função de reforço estrutural, foram posicionados recortes de telas eletro soldadas junto com vergalhões a 45° para absorver os esforços nos cantos das aberturas provenientes das bielas de compressão nesta região (ver Figura 4.27).

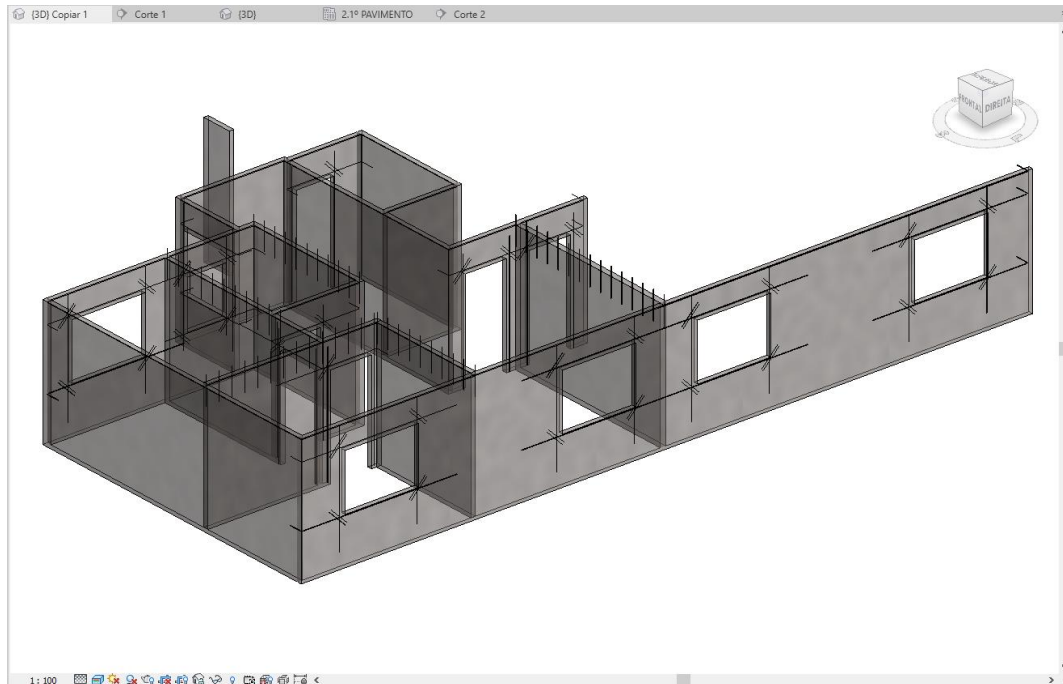


Figura 4.26 – Ferros de arranque, reforços perimetrais e de aberturas.  
Fonte: Autor (2019).

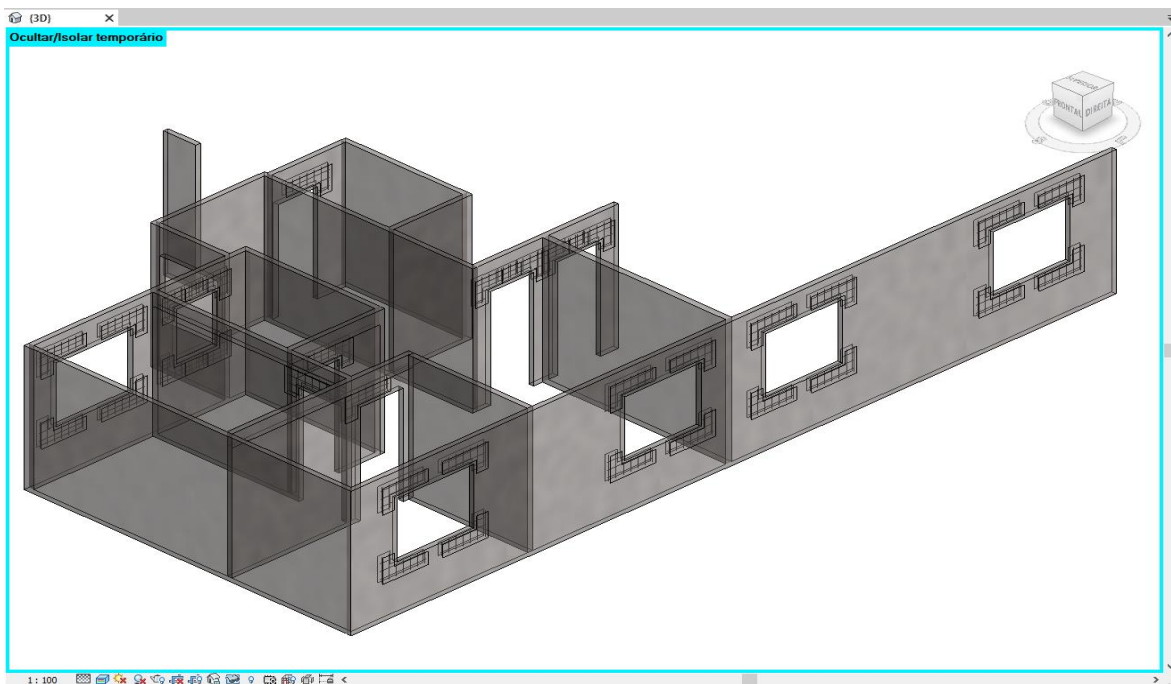


Figura 4.27 – Recortes de tela para reforço nos cantos de aberturas.  
Fonte: Autor (2019).

Finalmente foi feito o espelhamento de toda a estrutura modelada até então para que deste modo se obtivessem todas as paredes estruturais do pavimento térreo modeladas e armadas. Com algumas

adaptações para o pavimento tipo, e modelagem das paredes da cobertura e reservatório superior a estrutura foi finalizada (ver Figura 4.28).

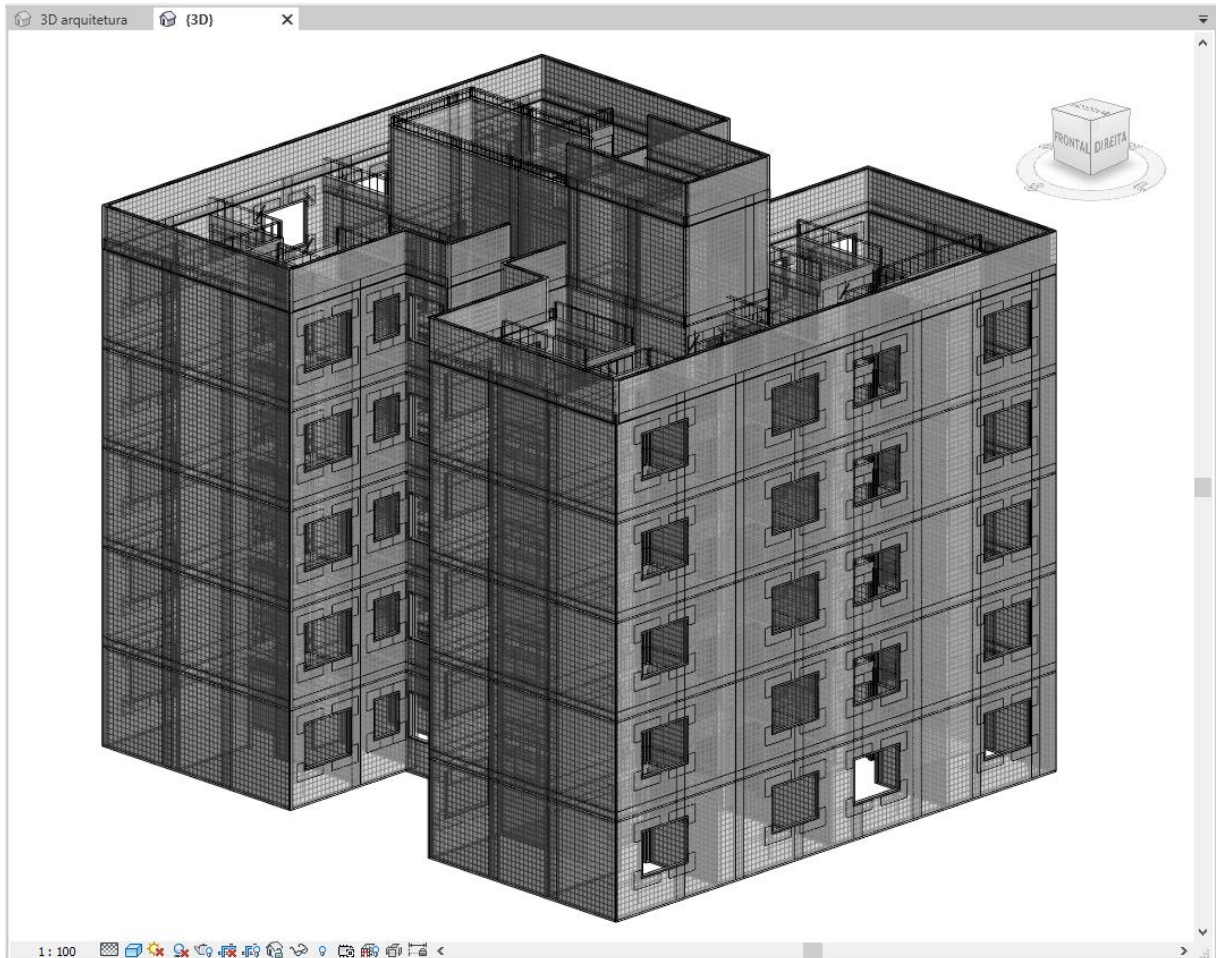


Figura 4.28 – Modelagem completa das paredes estruturais armadas.  
Fonte: Autor (2019).

Novamente o vínculo do modelo estrutural em Revit permite que se faça a conferência se todas as paredes do projeto arquitetônico foram propriamente modeladas, em relação a suas aberturas e posicionamento. De acordo com a Figura 4.29 é possível identificar que o modelo arquitetônico com transparência está exatamente sobreposto sobre o projeto estrutural. Por se tratar de uma modelagem feita em *template* estrutural, é gerado automaticamente o modelo analítico (destaca-se que neste caso poderia ser exportado para um *software* especialista capaz de executar rotinas de análise estrutural).

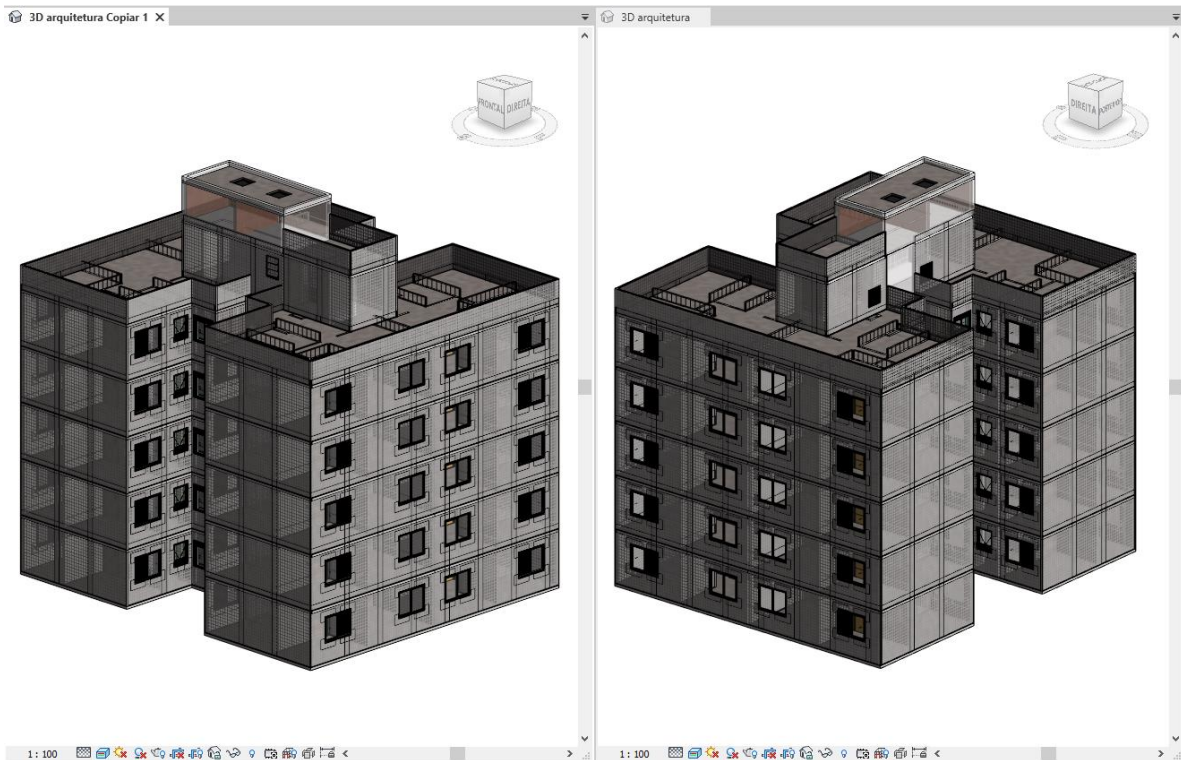


Figura 4.29 – Modelos arquitetônicos 3D sudeste (esquerda) e nordeste (direita).  
Fonte: Autor (2019).

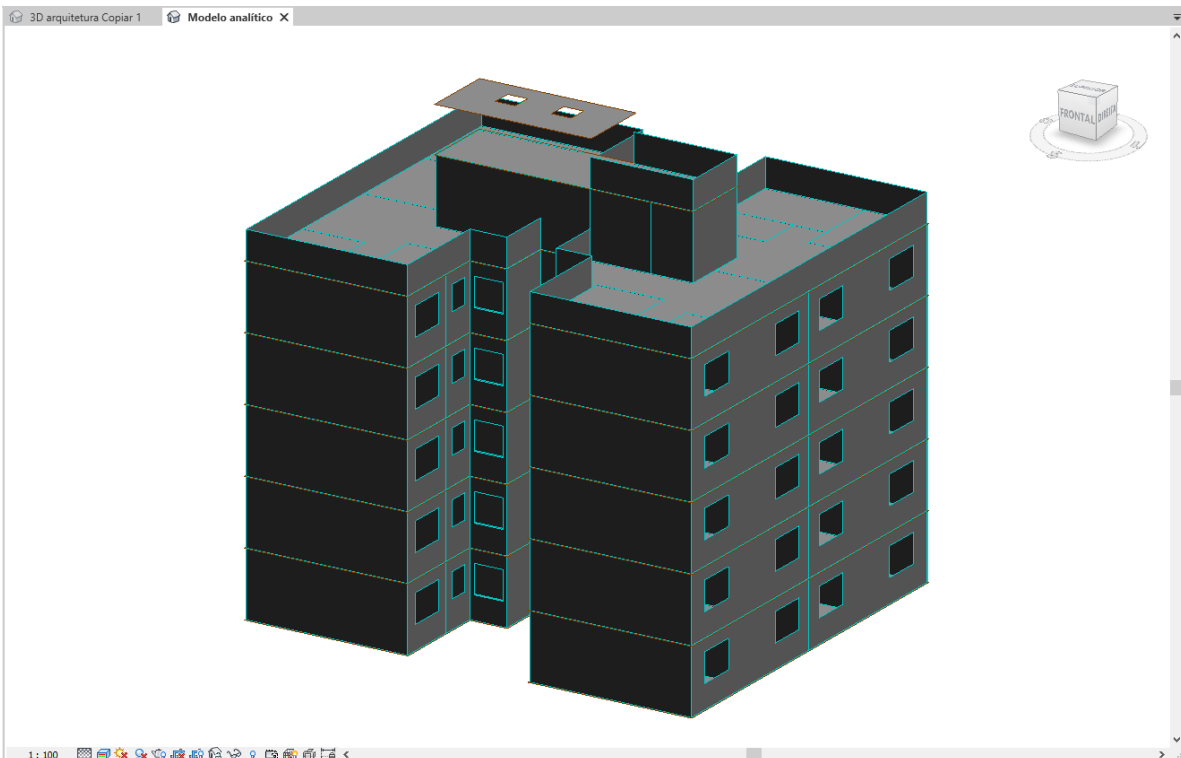


Figura 4.30 – Modelo analítico.  
Fonte: Autor (2019).

Confrontando os modelos de arquitetura e estrutura, observou-se que não foram feitas as aberturas nas lajes necessárias para acessar as escadas. O que representaria um grande problema dentro do fluxo de trabalho, usualmente adotado no meio técnico, para atualizar os desenhos de plantas, cortes, elevações e perspectivas, é algo simples de se resolver trabalhando com um programa, em que as representações gráficas são atualizadas automaticamente.

Foram necessários poucos passos para resolver esta questão. Inicialmente as lajes foram editadas dentro do arquivo de arquitetura e então o projeto foi salvo. Uma vez que as lajes já haviam sido “importadas” para o modelo estrutural pelo recurso “Copiar/Monitorar” dentro do grupo “Coordenar” do Revit, apenas foi preciso recarregar o vínculo .rvt para a alteração feita no modelo de arquitetura surtir efeito no modelo estrutural (ver Figura 4.31). Esta situação exemplifica perfeitamente o fluxo de informação mais rápido e assertivo que os usos de BIM trazem aos profissionais da AECO.

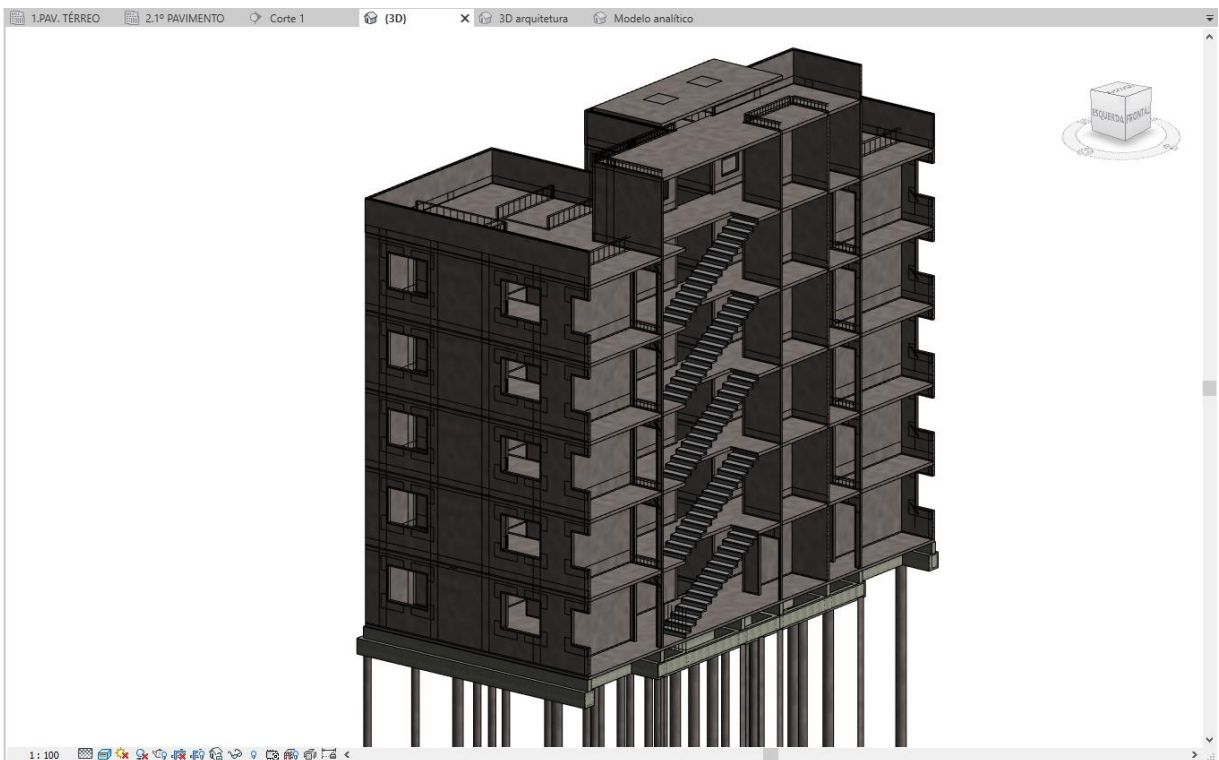


Figura 4.31 – Lajes alteradas após recarregamento do vínculo arquitetônico.  
Fonte: Autor (2019).

#### 4.1.1.4 Fundações

O presente estudo se propôs a modelar os seguintes objetos de fundações:

- Estacas escavadas -  $\varnothing$  (diâmetro): 25cm e 35cm;
- Vigas baldrame armadas - b x h (largura x altura): 50x55 cm, 40x55 cm e 20x55 cm;

## CAPÍTULO 4

- Paredes para caixa de elevadores armadas;
- Embasamento sobre blocos de concreto;
- Armadura para arranque de paredes;
- Radier em concreto no pavimento térreo.

De imediato, foi necessária a criação de uma nova planta estrutural para que as fundações pudessem ser modeladas. Este processo envolveu a criação de um novo nível, com base na superfície superior das vigas baldrame a serem modeladas nesta etapa como é possível observar na Figura 4.32.

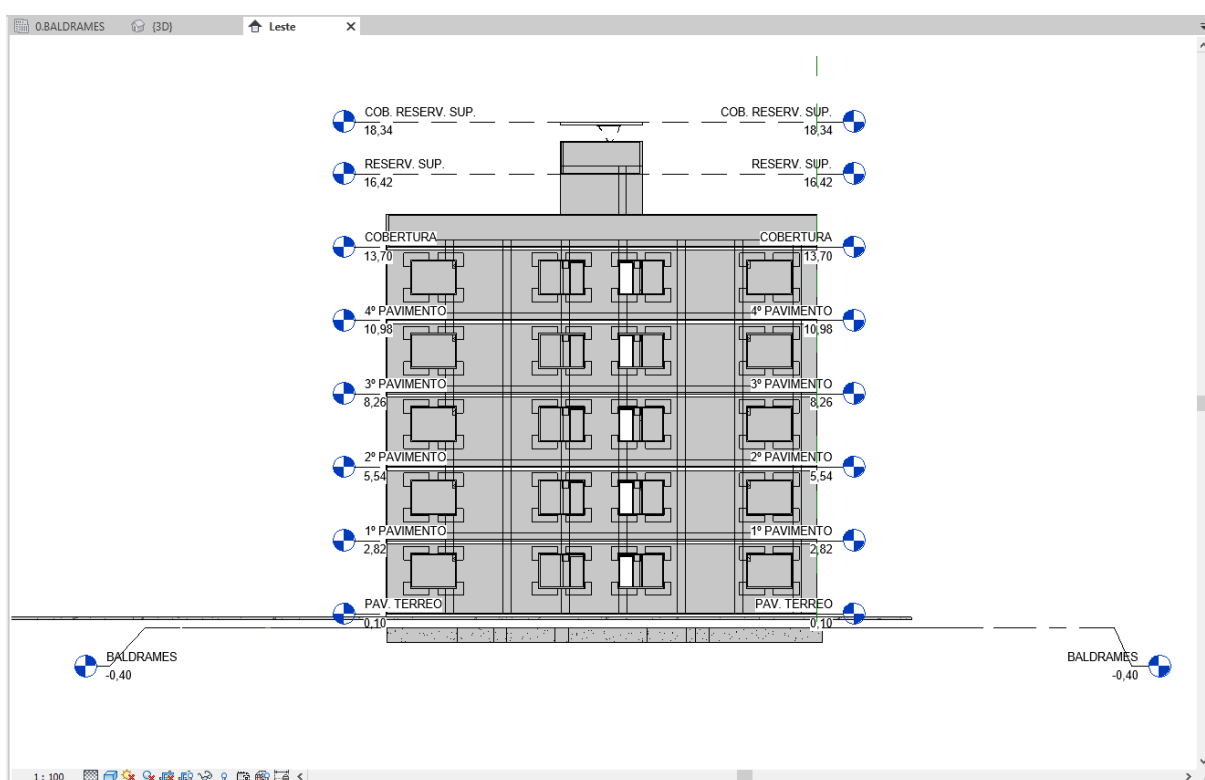


Figura 4.32 – Criação de um novo nível de projeto.

Fonte: Autor (2019).

Ao considerar a capacidade de suporte do terreno em que seria realizado este empreendimento, a equipe responsável pelo desenvolvimento das fundações propôs que fossem executadas estacas escavadas e vigas baldrame. Sobre as vigas baldrame, foram projetadas duas fiadas de blocos de concreto com objetivo de garantir espaço suficiente para que as instalações prediais (alimentação elétrica, hidro sanitárias e sistema de proteção contra descargas elétricas) pudessem ser posicionadas sem comprometer as fundações e estruturas do edifício. Por fim, foi executado um Radier sobre os blocos de embasamento que além da função estrutural, já seria executado como o piso a nível não acabado do pavimento térreo.

Para garantir que fossem modeladas todas as estacas escavadas, conforme especificado na locação de cargas, seguindo os detalhamentos e especificações do projeto original foi feita a vinculação do projeto em 2D no ponto de origem definido anteriormente (ver Figura 4.33). A modelagem tridimensional neste caso agrega eficiência na visualização do que já foi posicionado e modelado em planta através do acompanhamento da vista 3D de acordo com o que mostra a Figura 4.34.

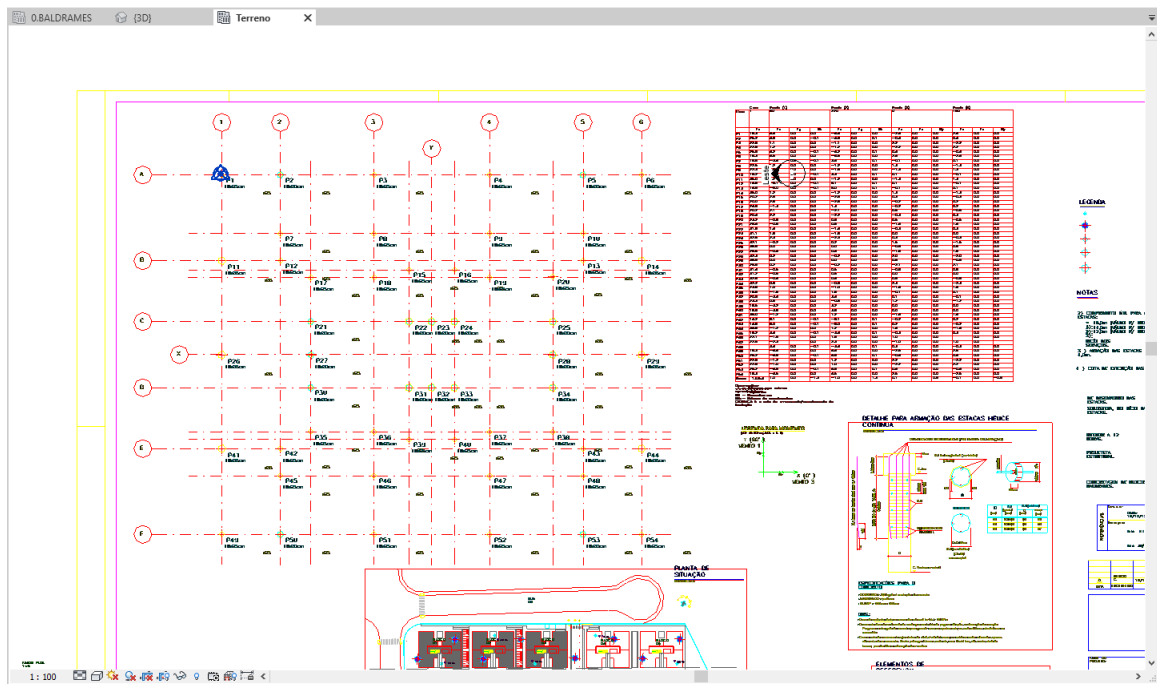


Figura 4.33 – Projeto de locação de cargas vinculado no modelo estrutural.  
Fonte: Autor (2019).

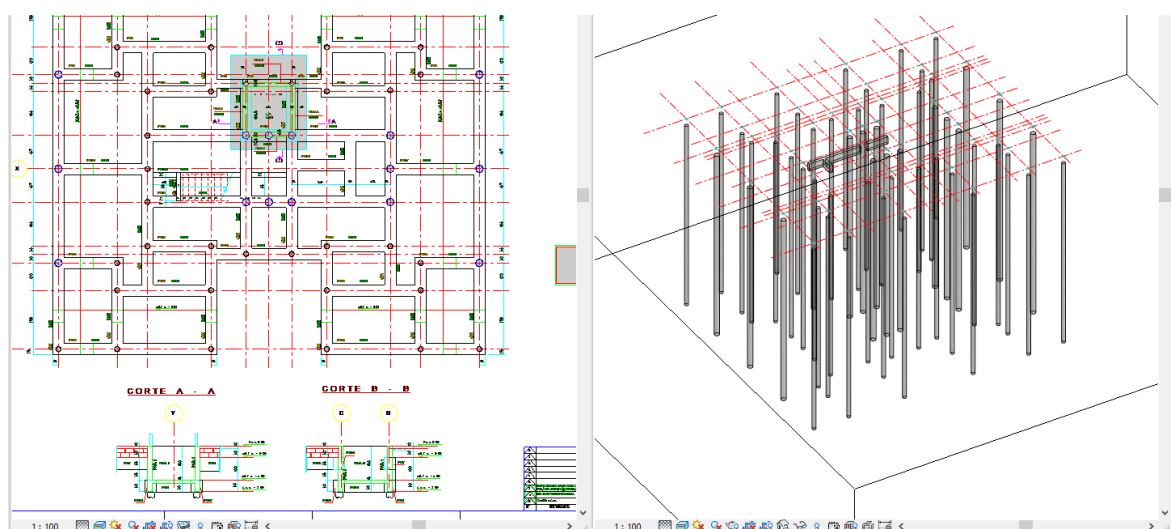


Figura 4.34 – Modelagem de estacas-hélice em planta e acompanhamento tridimensional.  
Fonte: Autor (2019).

## CAPÍTULO 4

Nesta etapa cabe salientar que uma família nativa do sistema foi duplicada e adaptada para atender os diâmetros das estacas contidas neste projeto. O autor enfrentou grandes dificuldades ao tentar inserir suas armaduras, representando um aspecto negativo associado ao uso da ferramenta para esta disciplina em específico e optou por fim em não a fazer. Entretanto, existem outros *softwares* especialistas destinados a este fim para facilitar o processo de modelagem.

O projeto de fôrmas das vigas baldrame vinculado, também pode ser observado na Figura 4.35 e foi utilizado como base para sua modelagem. Da mesma forma com que as estacas, a vista tridimensional auxilia na visualização do que já foi posicionado. Posteriormente, foram inseridas as armações conforme os projetos de detalhamento de armaduras originais disponíveis no acervo do autor.

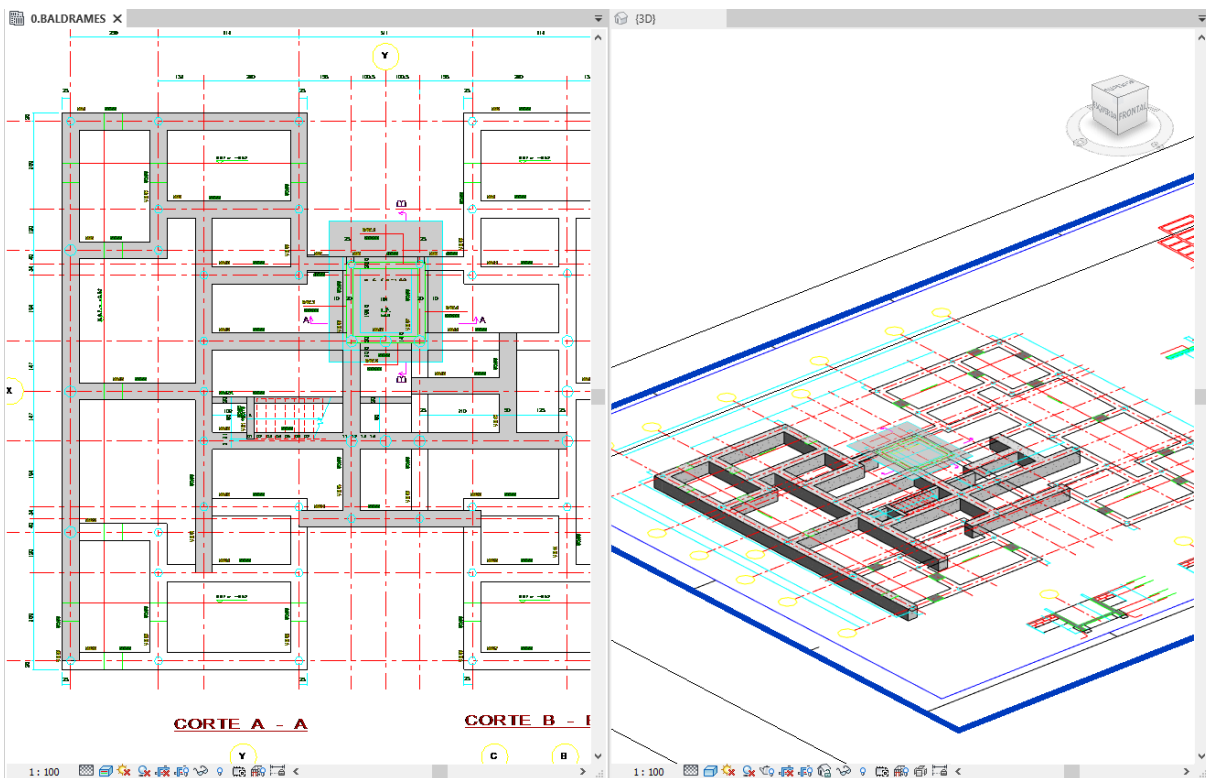


Figura 4.35 – Base em 2D e modelagem das vigas baldrame.  
Fonte: Autor (2019).

Uma vez que o projeto foi concebido com simetria em relação aos eixos centrais (horizontal e vertical), foi necessário modelar apenas uma viga de cada tipo, armá-las e em sequência espelhá-las para que toda esta etapa das fundações pudesse ser completamente representada no modelo digital deste empreendimento.

A armação das vigas baldrame seguiu a seguinte sequência de modelagem: estribos (ver Figura 4.36), armadura negativa (ver Figura 4.37), armadura de pele ou costelamento (ver Figura 4.38) e por fim a armadura positiva (ver Figura 4.39).

1. Estribos;

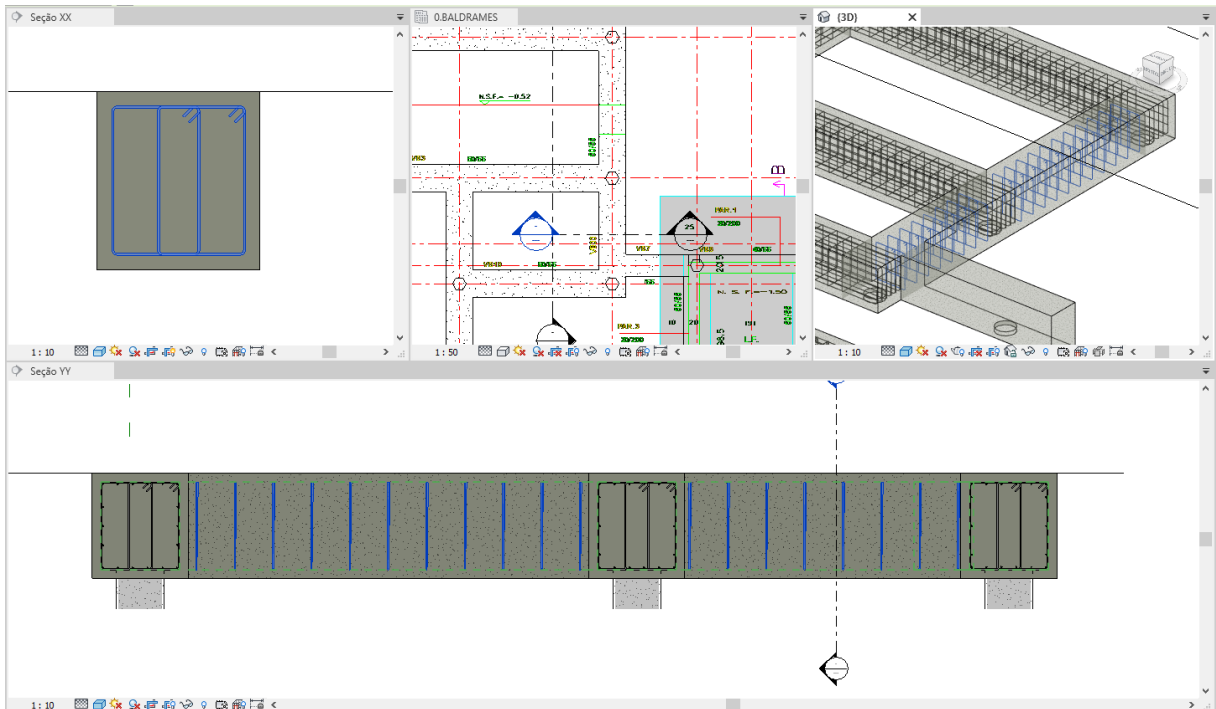


Figura 4.36 – Armação de estribos.  
Fonte: Autor (2019).

2. Armadura negativa;

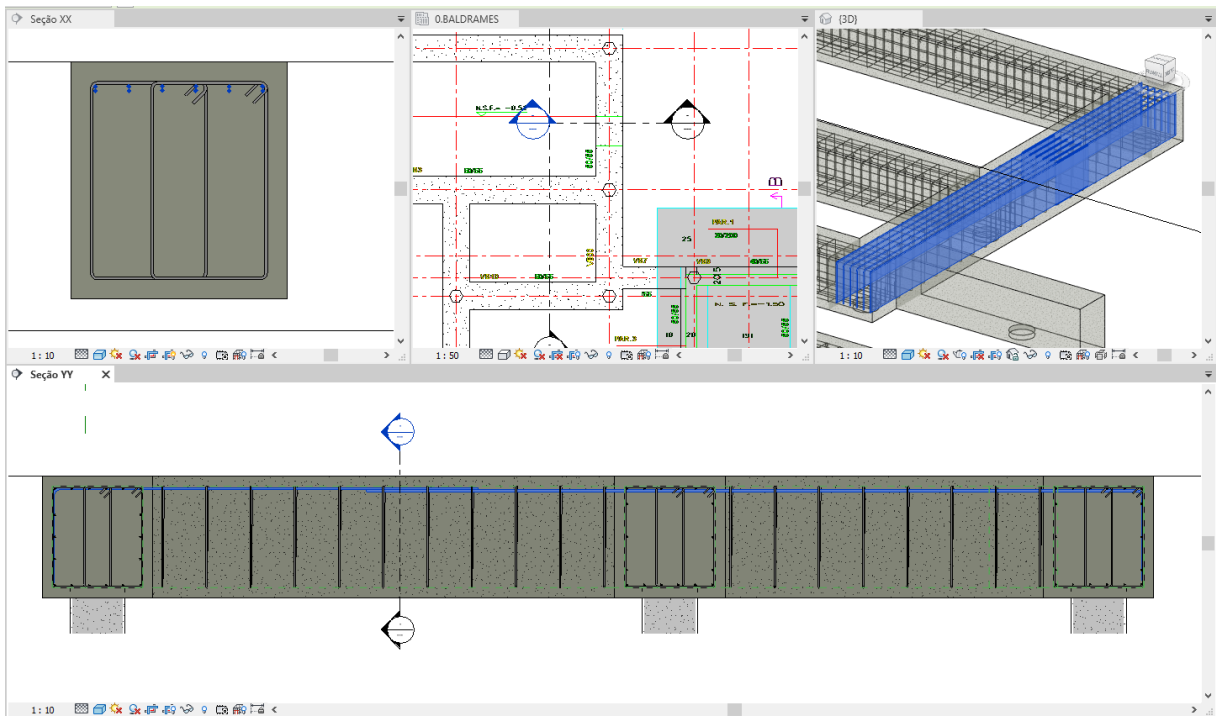


Figura 4.37 – Armaduras negativas.  
Fonte: Autor (2019).

3. Armadura de pele ou costela;

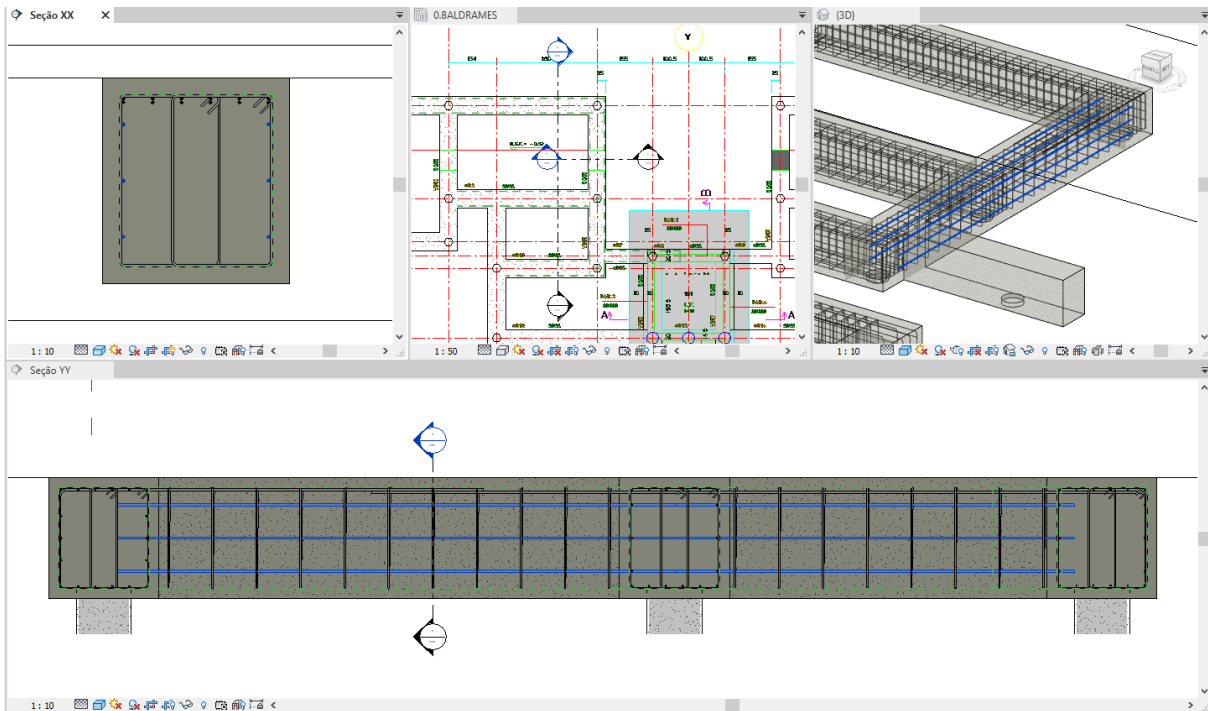


Figura 4.38 – Armadura de pele ou costela.  
Fonte: Autor (2019).

4. Armadura positiva.

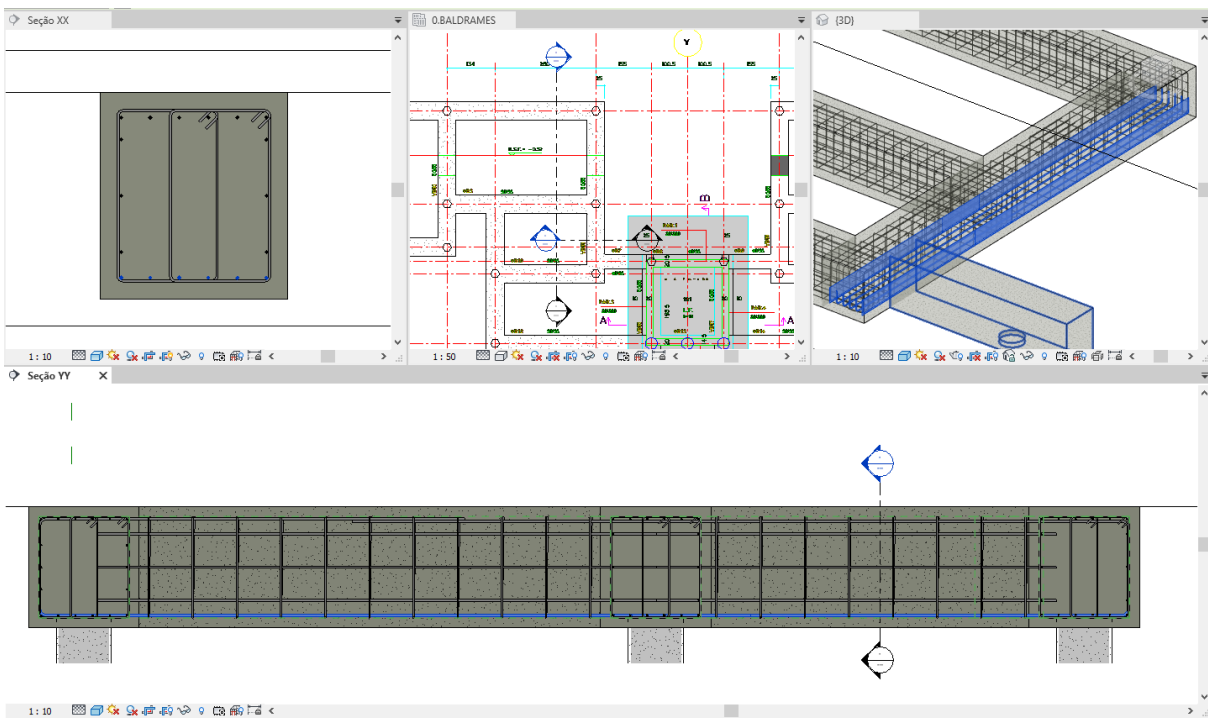


Figura 4.39 – Armadura positiva.  
Fonte: Autor (2019).

As imagens relacionadas anteriormente, mostram que é possível trabalhar utilizando várias vistas em simultâneo, recurso que facilita imensamente a visualização, modelagem e posicionamento de cada um dos componentes das armações das vigas baldrame. Neste caso, o autor utilizou uma vista de corte longitudinal e um corte transversal, além da planta baixa das vigas baldrame e a vista tridimensional para desenvolver os quatro tipos de armadura.

Por ser um *software* de modelagem mais voltado para a disciplina arquitetônica, o Revit não é capaz de dimensionar nenhum dos elementos representados neste trabalho e muito menos realizar análises estruturais; para isso, existe uma série de programas especialistas em estruturas como por exemplo o Autodesk – Robot Structure Analysis, que funciona de forma totalmente integrada com o Revit. A relação, existente entre estas duas ferramentas, representa perfeitamente o conceito de interoperabilidade e colaboração propostos pelos usos de BIM, permitindo por exemplo, que após o dimensionamento de todas as armaduras seja possível exportá-las do Robot diretamente ao Revit.

No desenvolvimento deste estudo o autor identificou certa limitação quanto a modelagem das armaduras, uma vez que ao utilizar a função de espelhamento por eixos para completar a modelagem de todas as vigas baldrame, foi observado que não foram respeitadas as restrições especificadas das armações, principalmente nos encontros entre as vigas baldrame (nós) conforme é possível ver na Figura 4.40:

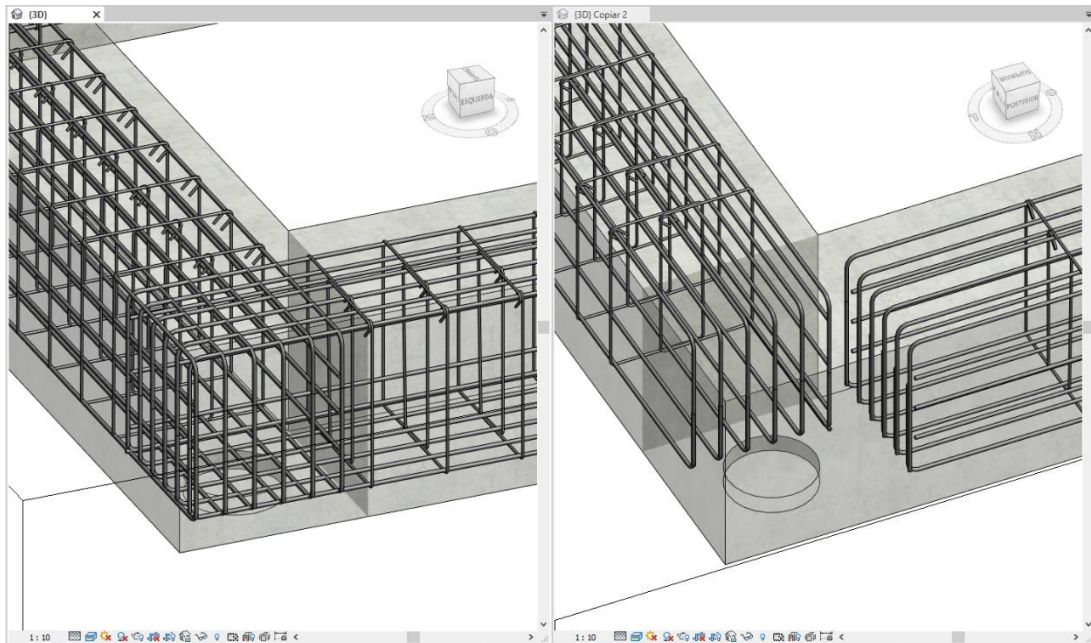


Figura 4.40 – Inconsistência no posicionamento de armaduras após espelhamento.  
 Fonte: Autor (2019).

## CAPÍTULO 4

Desta forma, foi necessário modelar cada viga em concreto para posteriormente inserir as armaduras que já haviam sido modeladas e obter todas as vigas baldrame armadas conforme a Figura 4.41. É importante apontar que a modelagem neste caso deve ser feita exatamente igual ao que foi especificado no projeto base em 2D, para que futuras simulações e extrações de quantitativos possam ser feitas de forma automatizada, gerando informações confiáveis e precisas a quem estiver manipulando as informações contidas no modelo.

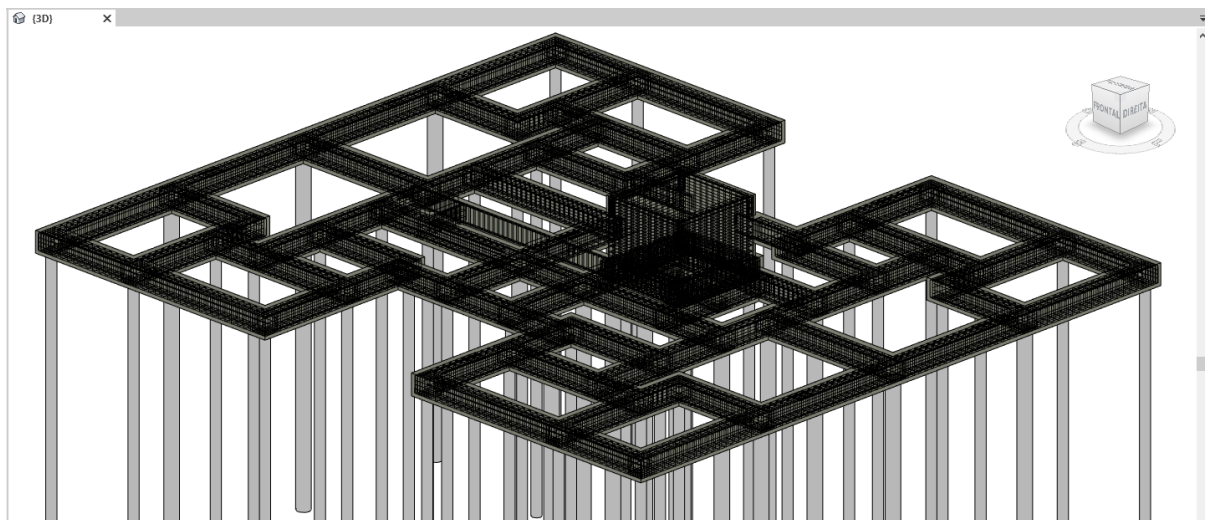


Figura 4.41 – Vigas baldrame completamente armadas.

Fonte: Autor (2019).

Com os baldrames completamente modelados, seguiu-se para o próximo componente da solução estrutural: embasamento.

Conforme a Figura 4.42 mostra, o embasamento, formado à partir de duas fiadas de blocos estruturais de concreto, foi modelado sobre o baldrame com base no projeto original em 2D vinculado ao modelo estrutural. Finalmente a Figura 4.43 mostra a conclusão da modelagem das fundações, com todos os seus elementos (estacas, baldrames, poço de elevador, embasamentos e ferros de arranque).

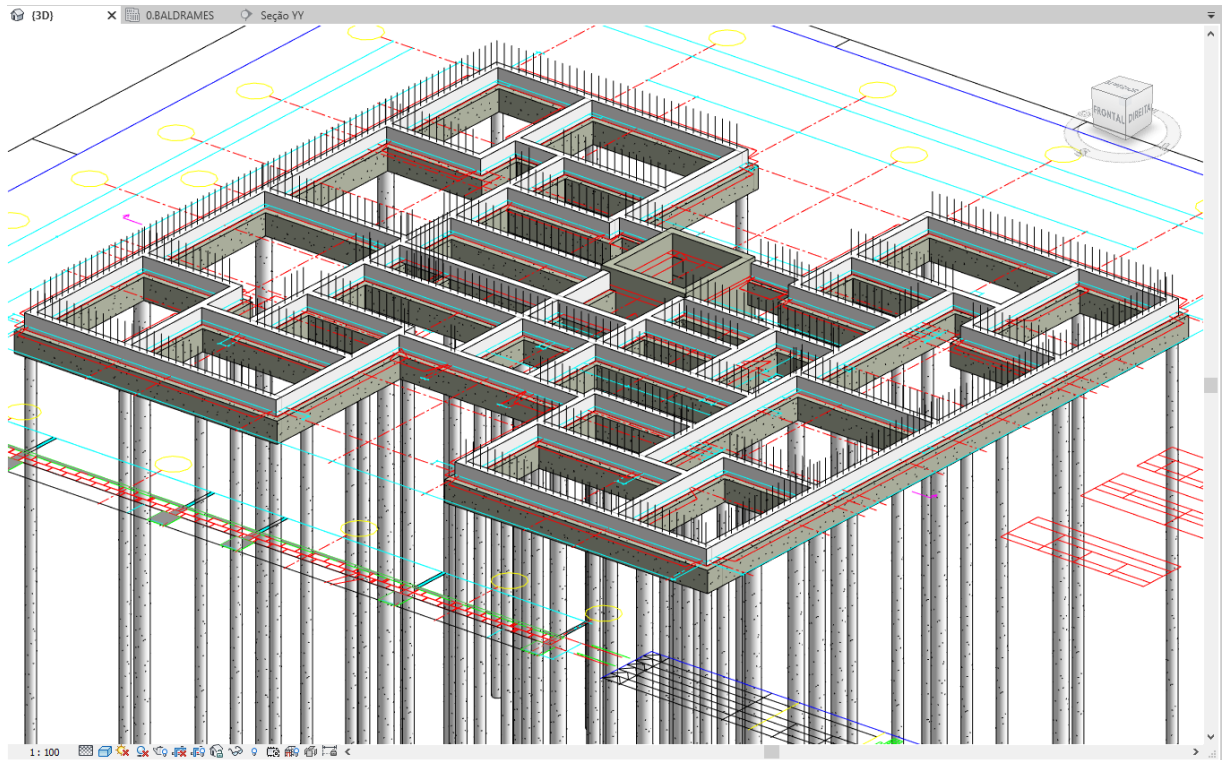


Figura 4.42 – Embasamento em blocos de concreto.  
Fonte: Autor (2019).

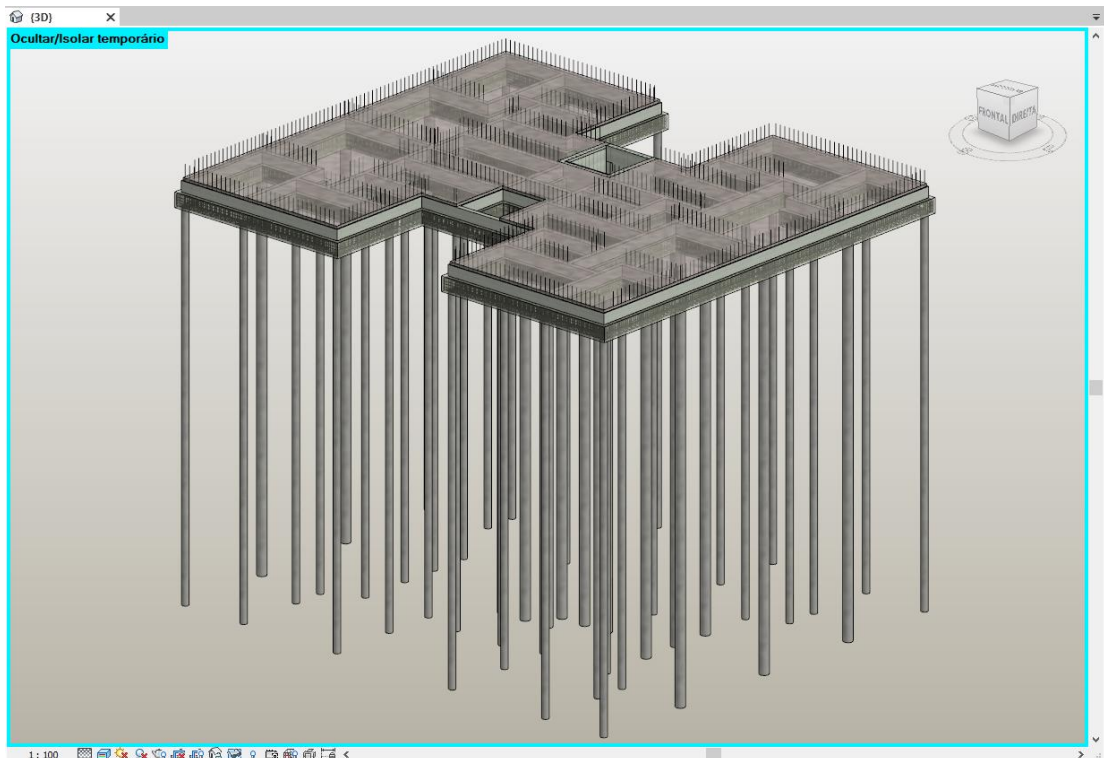


Figura 4.43 – Modelo de fundações.  
Fonte: Autor (2019).

#### 4.1.2 Coordenação e compatibilização de projetos

Para uma análise preliminar da qualidade dos projetos, o coordenador pode unir os modelos BIM desenvolvidos em modo federado, avalia-los visualmente e/ou utilizar rotinas de verificação, para validar se está atendendo os requisitos mínimos para a etapa, conforme escopo contratado. Caso este modelo não entregue as informações necessárias, comprometendo o uso especificado para o modelo, o coordenador poderá sinalizar o não recebimento deste projeto. O uso BIM 4050 – Code Checking & Validation (Checagem por Códigos e Validação), definido por Succar (2019), tem forte relação com a verificação de requisitos a serem atendidos por modelos BIM.

Andrade e Silva e Arantes (2017), avaliaram o benefício trazido pela verificação automática de requisitos da Norma de Desempenho NBR 15.575, utilizando o *software* Solibri Model Checker. Foi identificada uma redução de tempo total de 60,6% em comparação com o método tradicional, para um projeto Minha Casa Minha Vida.

Existem soluções de visualizadores gratuitos capazes de auxiliar a coordenação e compatibilização dos projetos BIM. Como é o caso, por exemplo, do Trimble Connect, BIMcollab Zoom, Solibri Anywhere e Autodesk Navisworks Freedom. Todavia, para este trabalho, foi utilizado o Autodesk Navisworks Manage, uma versão mais completa do Freedom.

Sendo validados, os modelos BIM podem seguir para uma etapa de análise e compatibilização multidisciplinar. Considerando a tipologia estudada neste trabalho, as interfaces geralmente se baseiam em modelos de Arquitetura, Estrutura e Instalações.

Entre outros requisitos, como conceitos e soluções de projeto, a identificação de interferências físicas – ou *Hard Clashes* – entre os objetos contidos nos modelos, é uma das análises que constituem o processo de compatibilização e está contemplado pelo uso de BIM 4040 – *Clash Detection*.

O BIM permite nesta etapa, a integração entre os profissionais das diferentes equipes, uma vez que é possível definir uma ordem de prioridade entre as disciplinas, compartilhar os relatórios gerados na compatibilização com cada responsável e o mais importante: estabelecer a colaboração através da troca de informações.

Sendo assim, os problemas podem ser resolvidos ainda em projeto, mais rapidamente e com mais eficiência, viabilizando que por fim toda equipe possa entregar uma documentação executiva confiável minimizando erros, evitando retrabalho ou até mesmo adaptações pelas equipes de execução quando se deparam com alguma inconsistência de projetos em campo, refletindo em um custo que não havia sido considerado anteriormente. Ou seja, há economia de tempo e recursos (materiais ou humanos).

Como no desenvolvimento deste trabalho os projetos de arquitetura e estruturas foram modelados de modo federado, foi mostrado na prática como as dimensões do BIM se aplicam, especificamente a um empreendimento de habitação social do programa MCMV, desta forma os dois projetos foram exportados do Revit para o Navisworks, de modo a obter um modelo único para a coordenação e compatibilização.

Para iniciar esta etapa, o projeto arquitetônico em extensão .rvt foi aberto diretamente no Navisworks (ver Figura 4.44). Para que a coordenação entre as disciplinas modeladas neste trabalho pudesse ser realizada dentro deste programa, foi necessário abrir o projeto estrutural no Revit e exportar para o Navisworks como um arquivo em extensão .nwc através das “Ferramentas externas” dentro da guia “Suplementos” (ver Figura 4.45).

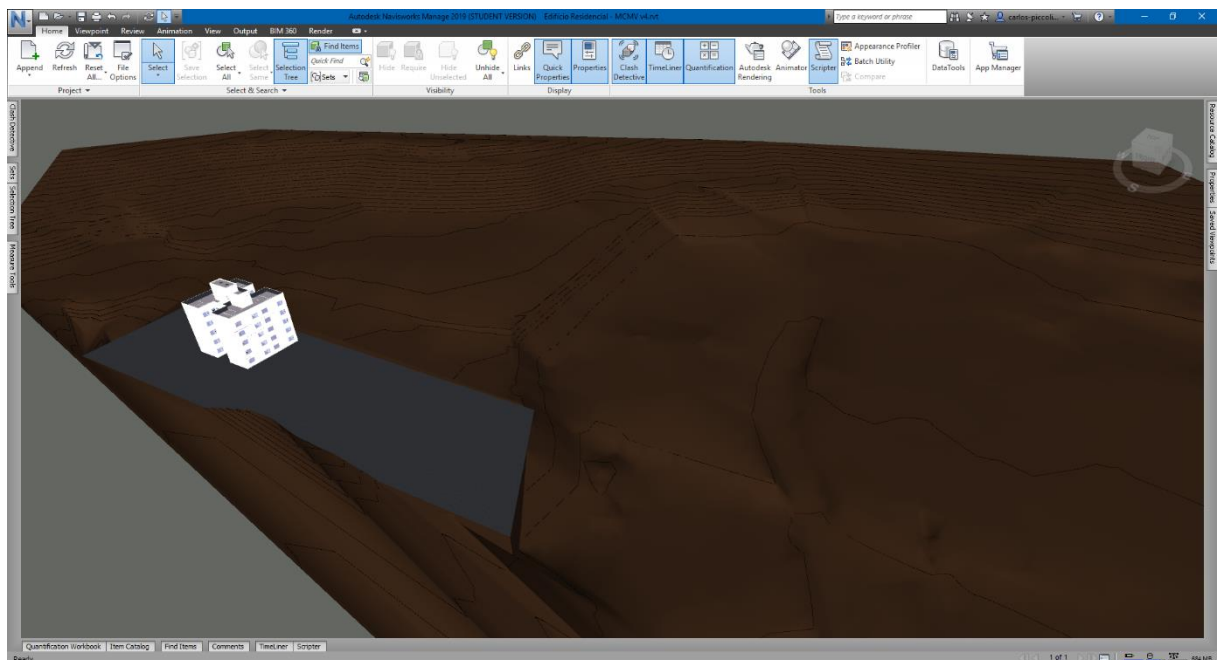


Figura 4.44 – Modelo arquitetônico.  
Fonte: Autor (2019).

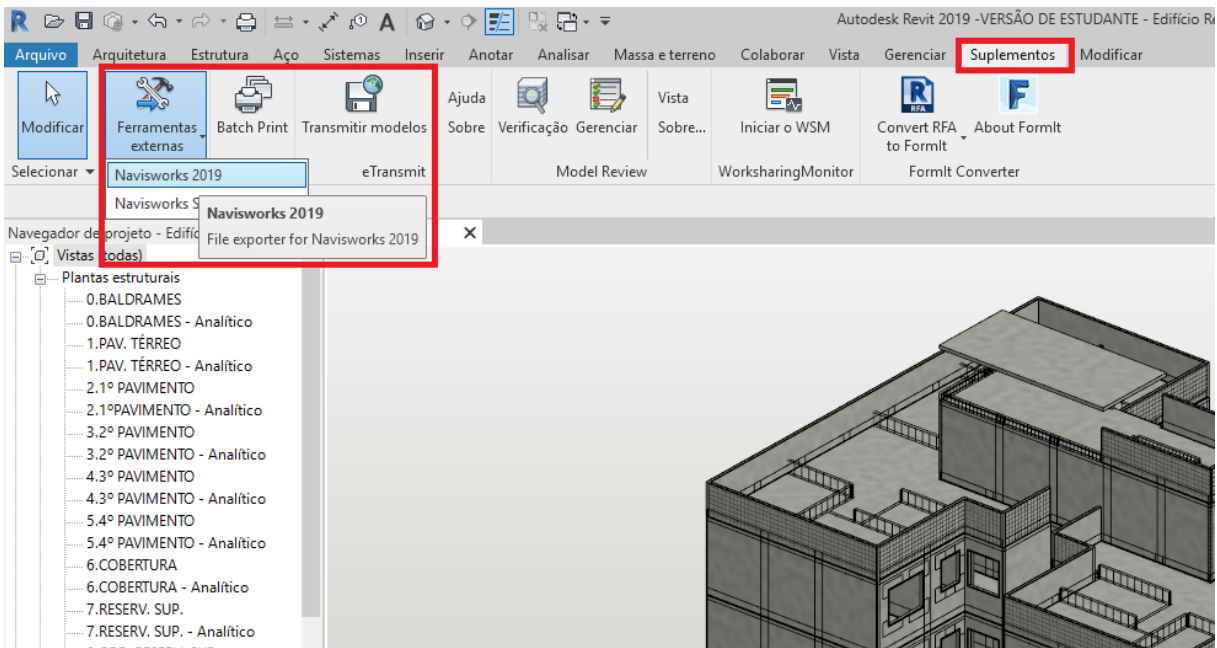


Figura 4.45 – Exportação do modelo estrutural.  
 Fonte: Autor (2019).

Com o projeto arquitetônico aberto no programa de coordenação/compatibilização faz-se necessário então vincular o modelo estrutural para enfim iniciar a compatibilização. Dentro do Navisworks utiliza-se o recurso *Append* dentro do grupo Project da guia Home para inserir o modelo estrutural conforme Figura 4.46.

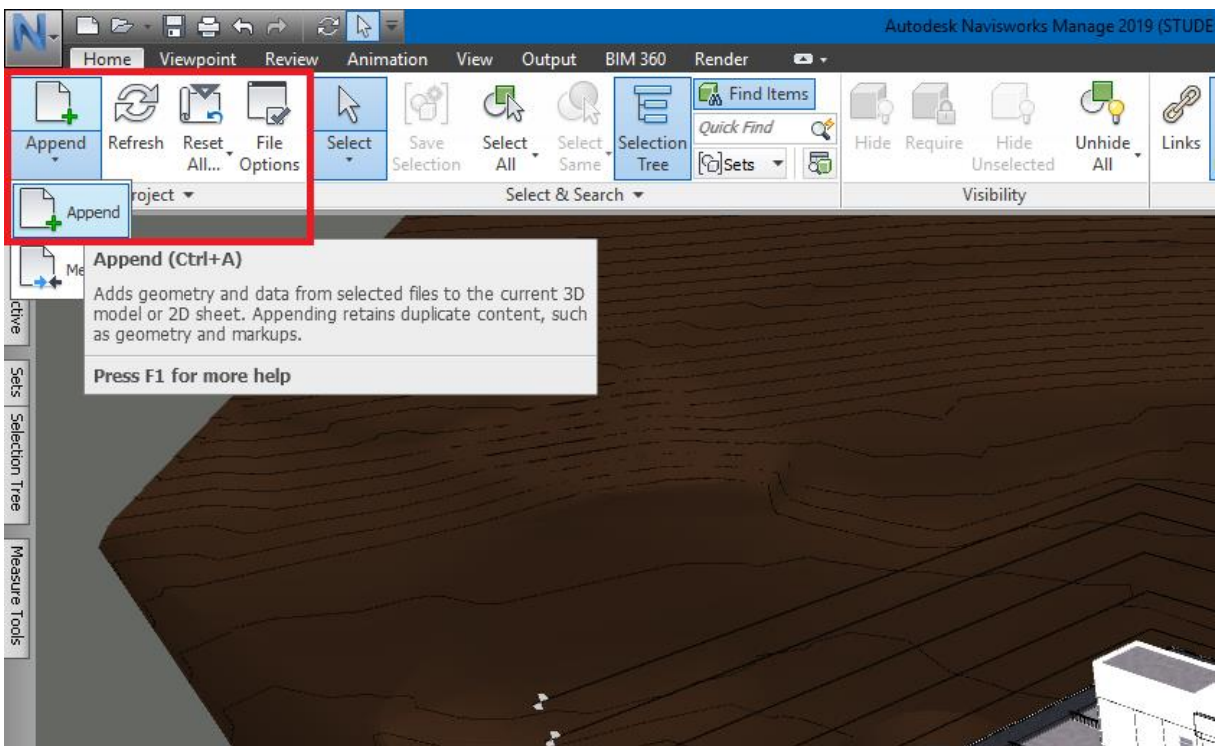


Figura 4.46 – Importação do modelo estrutural.  
 Fonte: Autor (2019).

A ferramenta BIM utilizada neste estudo, contém uma série de recursos que aperfeiçoa e beneficia o fluxo de trabalho com os aspectos da visualização 3D. Uma das possibilidades é a seleção e criação de *sets* ou grupos de componentes modelados que serão tratados com maior aprofundamento na seção referente ao planejamento e simulações em ambiente 4D.

Através da *Selection Tree* por exemplo, é possível configurar a exibição de objetos e componentes agrupados do modelo. Como as disciplinas de arquitetura e estruturas foram modeladas em cima dos projetos originais, em arquivos em 2D, não é necessário que estas pranchas apareçam, já que a compatibilização será feita sobre os modelos 3D das disciplinas. O mesmo ocorre com a superfície topográfica e plataforma de construção existente dentro do modelo de arquitetura.

#### 4.1.3 Clash Detection

Uma das ferramentas de destaque do Navisworks é o *Clash Detective*, que permite ao profissional executar testes de compatibilidade, gerando relatórios de interferências entre modelos, de acordo com regras configuráveis pré-estabelecidas.

Em edifícios do programa de habitação social Minha Casa Minha Vida é observada uma padronização na modulação das unidades, tanto é que o empreendimento em foco neste estudo apresenta dois eixos de simetria, em relação as unidades habitacionais. Este fator faz com que sejam esperadas poucas interferências e consequentes incompatibilidades nas interfaces dos modelos, já que é grande o número de repetições de uma mesma solução, seja ela estrutural ou de instalações prediais.

A ferramenta *Clash Detective* presente no Navisworks, identifica todas as interferências e conflitos dos arquivos selecionados e relaciona as ocorrências, em listas contendo suas coordenadas espaciais, elementos conflitantes e os destaca no modelo nas cores verde e vermelha para facilitar a identificação visual do *clash* (ver Figura 4.47).

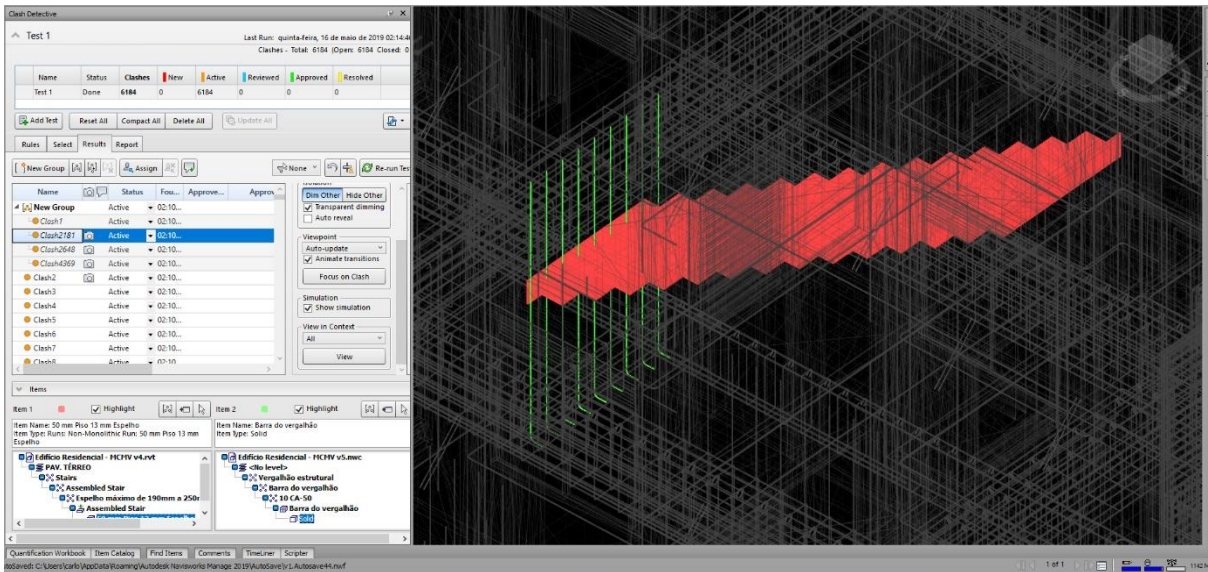


Figura 4.47 – Lista de *clashes* à esquerda e objetos destacados à direita.  
 Fonte: Autor (2019).

Também é possível agrupar os conflitos por objetos, no caso da figura acima, foram agrupados todos aqueles referentes aos vergalhões destacados em verde. Além de facilitar a checagem dos *clashes* por objetos de uma vez só, o responsável pela compatibilização consegue organizar a lista dentro do programa e gerar um relatório mais organizado.

Cabe frisar que o Navisworks identifica os *clashes* entre os componentes dos modelos e traz uma listagem com as ocorrências, mas não avalia se de fato representa um conflito ou incompatibilidade. Conforme Figura 4.48, o *software* classificou como conflito o transpasse dos vergalhões no radier do pavimento térreo, que seriam utilizados como arranques para posicionar as armaduras em telas eletrosoldadas para as paredes. No entanto, também há a possibilidade de se avaliar ocorrências em que uma determinada distância mínima (*Clearance* ou *Soft Clash*) entre objetos, está sendo atendida. O engenheiro executando a compatibilização, neste caso, poderia facilmente classificar estes *clashes* como resolvidos e então, não seriam mais listados como conflitos, uma vez que de fato não representam interferências que devam ser corrigidas nos modelos.

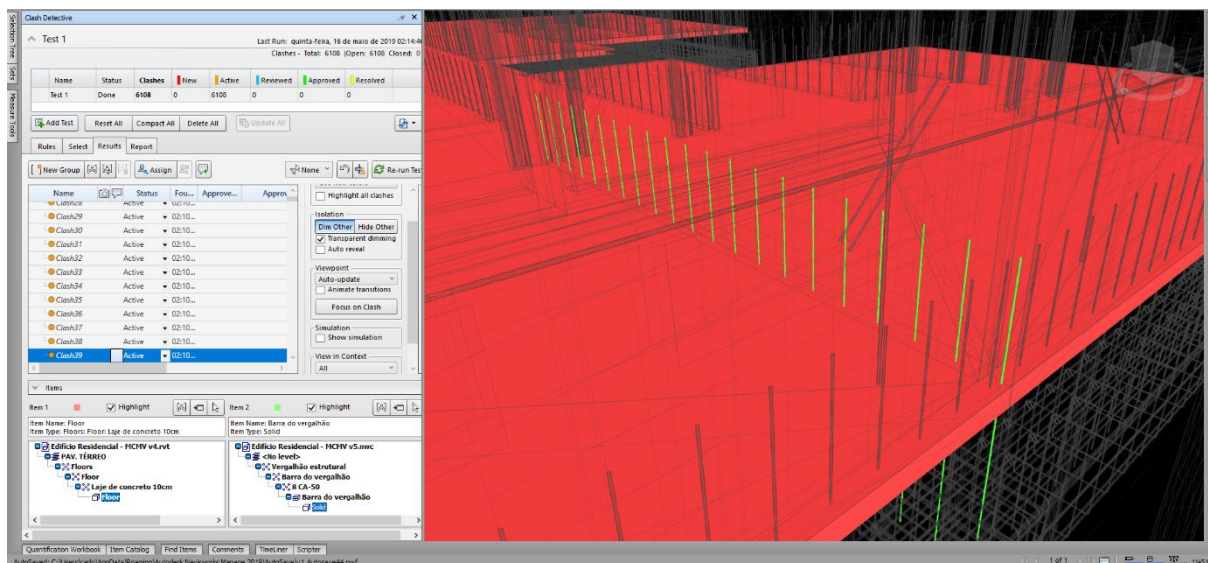


Figura 4.48 – Clash 39 (radier x arranques de paredes).  
Fonte: Autor (2019).

Ao rodar um teste de conflitos entre os modelos arquitetônico e estrutural, conforme proposto neste trabalho, foram identificados 6187 *clashes*. No entanto, muitas destas ocorrências não representam de fato um conflito de projetos como é o caso do que foi mostrado na Figura 4.48.

Uma vez identificados os conflitos ou incompatibilidades reais de projeto, é possível selecionar o componente e de forma automática o Navisworks cria uma vista no *software* de desenho (Revit, neste caso) do modelo 3D original, que contém o componente conflitante, facilitando o processo de alteração e adequação necessários para eliminar o conflito. Este recurso é chamado de *SwitchBack* e neste caso deve inicialmente ser habilitado no Revit para o arquivo de projeto que está sendo analisado.

Existe, porém, uma limitação neste mecanismo, já que se faz necessário que o projetista tenha ao seu dispor, a mesma ferramenta de compatibilização (neste caso, Navisworks Manage), os arquivos de coordenação em .NWF e os arquivos base de compatibilização em .NWC. Para a disciplina de Estrutura, neste caso, o processo pode ser simplificado. Assumindo que o projeto tenha sido elaborado no *software* TQS, por exemplo, e finalizado para documentação no Revit, seria mais simples rastrear os objetos conflitantes através de algum parâmetro como “Nome”, “Numeração” ou “Comentário” no programa de origem.

Com o objetivo de ilustrar este mecanismo de identificação de incompatibilidade e correção dentro do modelo, pode-se utilizar como exemplo o *clash* 6138 em que o Navisworks listou um vergalhão utilizado para reforçar as aberturas de parede (ver Figura 4.49) conflitante com uma camada da parede.

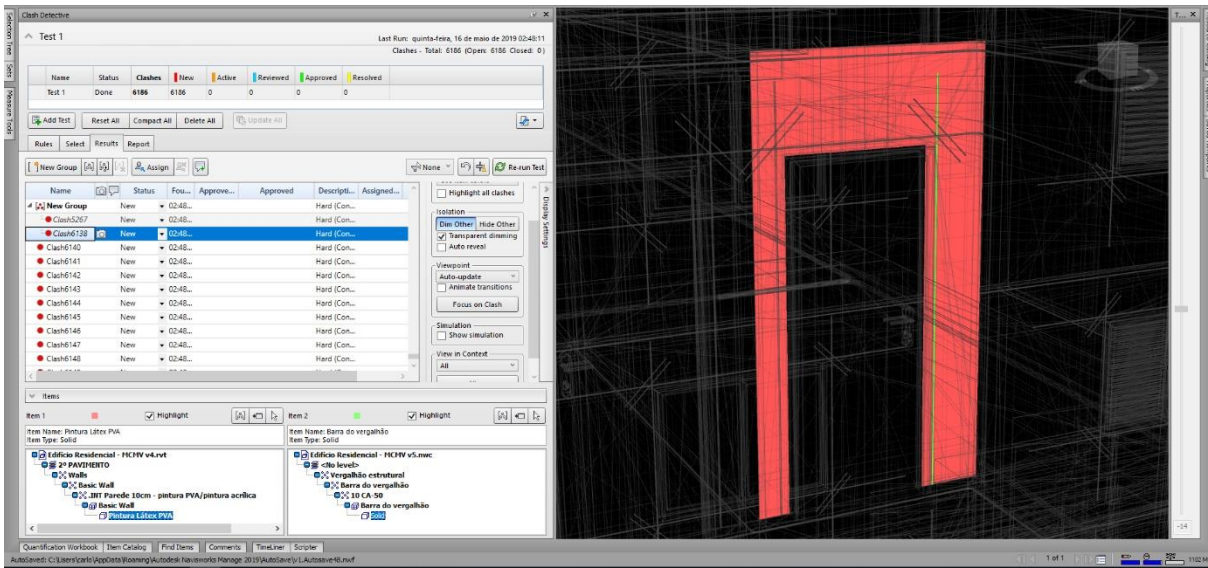


Figura 4.49 – Vergalhão (em verde) posicionado na superfície da parede (vermelho).  
 Fonte: Autor (2019).

Pelo *SwitchBack* foi possível reconhecer que realmente houve erro ao modelar esta armação, uma vez que não está de fato inserida no elemento estrutural parede e sim em sua superfície, ou seja, a armação estava com recobrimento zero (ver Figura 4.50).

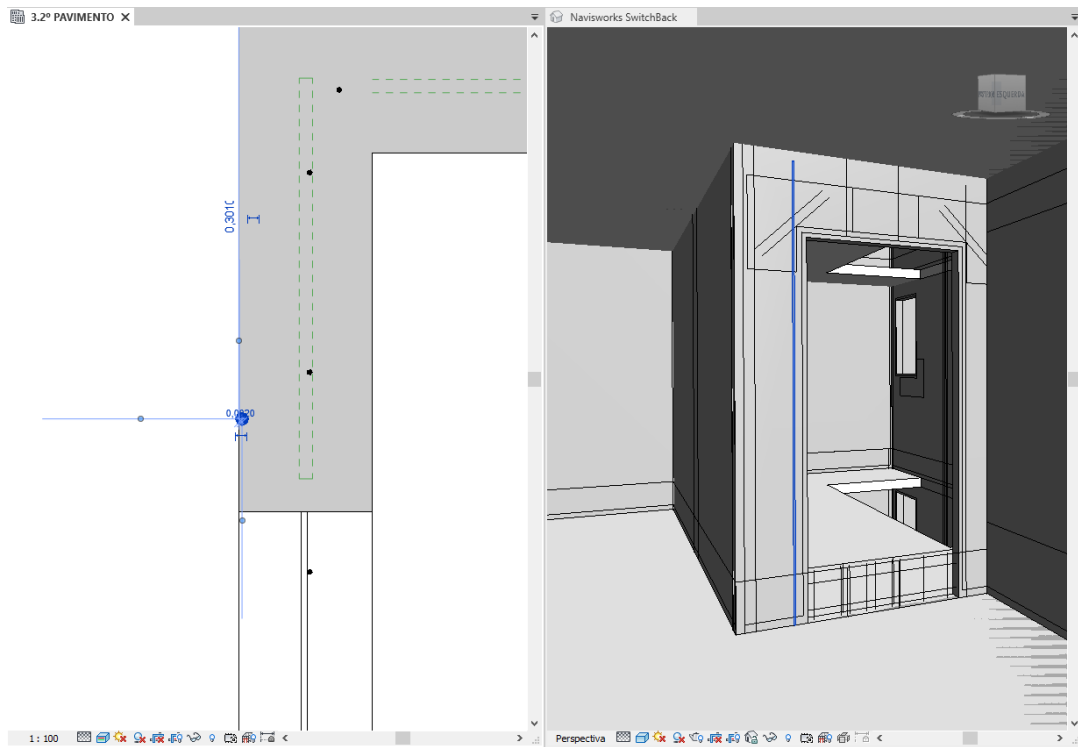


Figura 4.50 – Vergalhão de reforço mal posicionado.  
 Fonte: Autor (2019).

Assim que o posicionamento do vergalhão foi corrigido dentro do modelo estrutural (ver Figura 4.51), foi feita a exportação do modelo em um novo arquivo revisado com extensão .nwc para ser incluído no Navisworks e então realizado mais um teste do Clash Detective.

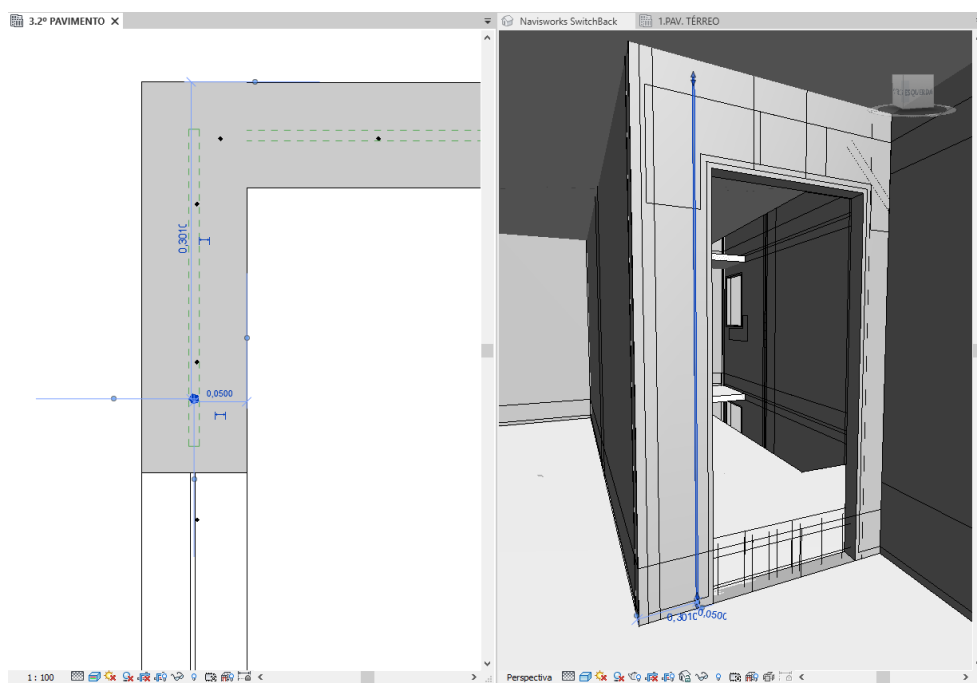


Figura 4.51 – Vergalhão reposicionado.  
Fonte: Autor (2019).

Como era de se esperar, a quantidade de conflitos diminuiu de acordo com o número de *clashes* resolvidos. De 6187 passou para 6186 após a correção no modelo 3D estrutural (ver Figura 4.52).

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	6187	6187	0	0	0	0
Test 2	Done	6186	6186	0	0	0	0

Figura 4.52 – Redução no número de *Clashes* após alteração no modelo estrutural.  
Fonte: Autor (2019).

Ainda dentro do *Clash Detective*, o coordenador de projetos pode atribuir os conflitos aos projetistas que estão colaborando com o projeto e gerar um relatório tabulado em HTML, para encaminhar aos responsáveis pelas equipes com um registro visual, contendo informação para que as incompatibilidades possam ser resolvidas em menor tempo possível.

Por estarem relacionados quase 6200 *clashes*, naturalmente há um enorme volume de informações e consequentemente o relatório obtido é bastante extenso, por essa razão foram incluídas no APÊNDICE

## CAPÍTULO 4

C apenas algumas imagens do relatório das ocorrências 1 a 35, com o objetivo de ilustrar o formato em que o relatório de conflitos é gerado e explicitar mais uma vez a contribuição que o BIM 3D traz aos profissionais, em relação aos processos que dependem de recursos geométricos, isto é, visuais.

Conforme indica o sexto volume da coletânea dos guias BIM, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), publicado em 2017 em parceria com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) – A Implantação de Processos BIM – “o sistema e método de comunicação entre os membros da equipe de projeto e os registros de atas [...] deve ser preferencialmente baseado em formato BCF.”

Por ser um arquivo com linguagem aberta, em extensão .XML, o BCF – *BIM Collaboration Format*, possibilita que ao ser aberto em diferentes programas, a mesma fonte de informações seja utilizada para apontar as não conformidades do modelo 3D, agilizando o processo de revisão (Mainardi Neto, 2016). A hipótese de utilização deste formato, para relatórios de ocorrências, é alinhada com o conceito de interoperabilidade, permitindo o livre intercâmbio de dados, entre *softwares* compatíveis. O mesmo ocorre com o IFC – *Industry Foundation Classes*.

Como aponta a ABDI (2017), “o arquivo IFC permite que diferentes projetistas utilizem diferentes plataformas de projeto sem que isso impeça o trabalho conjunto e integrado.” Ainda assim, uma vez que os *softwares* utilizados neste trabalho fazem parte da *suite* Autodesk e mostram boa interoperabilidade com seus formatos proprietários, não houve a necessidade de se trabalhar com o IFC. Embora fosse necessário o seu uso para outros usos de BIM, sobretudo aqueles que são mais bem explorados com programas de outras desenvolvedoras, que não a Autodesk.

### 4.2 PLANEJAMENTO (4D)

Considerando que o foco desta seção é aproximar as possibilidades oferecidas pelo BIM para a aplicação prática no planejamento de serviços, foi proposta a simulação das atividades no decorrer do tempo de modo a possibilitar o acompanhamento físico em um modelo digital da obra.

O modelo BIM associado à linha do tempo representa a quarta dimensão do BIM. Nela é possível efetuar diversas análises em relação ao sequenciamento de atividades e analisar os prós e contras de cada solução proposta. Além de auxiliar os planejadores a tomarem decisões na criação do cronograma, também oferece suporte para que possíveis alterações sejam feitas de acordo com o cumprimento dos prazos estabelecidos para cada atividade.

Em se tratando de empreendimentos do MCMV, o ambiente 4D é extremamente valioso e pode ser utilizado como ferramenta, na ocasião das medições de serviço pelos fiscais representantes da Caixa Econômica Federal.

Para realizar as simulações em 4D, também foi utilizado o Navisworks Manage. O *software* suporta a importação de arquivos em extensão .mpp, de cronogramas gerados no Microsoft Project para associar as atividades com os respectivos grupos ou componentes do modelo. Utilizando a ferramenta *Timeliner*, é possível representar sua execução virtualmente e identificar o status dos serviços através de um esquema de cores predefinido no *software*. Portanto, pode-se analisar visualmente dentro do modelo tridimensional se um determinado serviço foi executado conforme o planejado ou se está adiantado/atrasado.

Agregando o modelo 3D ao cronograma há grande contribuição no controle, criação e edição do planejamento uma vez que a visualização não se baseia mais simplesmente na representação de gráficos com barras de Gantt e sim nos componentes do modelo que de fato serão construídos.

#### 4.2.1 Cronograma

Foi concebido um cronograma executivo fictício para ilustrar o acompanhamento físico das fundações e estruturas através do Microsoft Project.

Já considerando o modo com que o arquivo do planejamento se comunica com o Navisworks, foram definidos grupos de componentes a serem executados em cada dia de trabalho com suas respectivas durações. Os serviços foram sequenciados da seguinte forma:

- Fundações:
  1. Estacas escavadas ( $\emptyset$ 25cm);
  2. Estacas escavadas ( $\emptyset$ 35cm);
  3. Vigas baldrame;
  4. Embasamento;
  5. Radier.
- Estruturas (seguindo a ordem Pavimento térreo, 1º pavimento, 2º pavimento, 3º pavimento, 4º pavimento e Cobertura):
  1. Paredes;
  2. Lajes.

## CAPÍTULO 4

O planejamento completo, criado para executar a simulação 4D pode ser analisado através das imagens contidas no APÊNDICE D que mostra a lista de tarefas e o gráfico de Gantt do cronograma criado no Project para ser exportado ao Navisworks.

### 4.2.2 Simulação 4D

O arquivo em extensão .nwc do modelo estrutural 3D, exportado durante a fase de coordenação e compatibilização de projetos foi reaberto no Navisworks, para que em conjunto com o cronograma pudesse ser realizada a simulação construtiva em 4D.

Primeiramente a ferramenta *TimeLiner* foi habilitada para que as tarefas pudessem ser criadas e estruturadas hierarquicamente, utilizando o cronograma original como fonte de dados. O cronograma exportado para o Navisworks pode ser visto na Figura 4.53. Um ponto importantíssimo a ser observado é o *Task Type*, que informa ao *software* se a tarefa é do tipo *construct*, *demolish* ou *temporary*. Neste caso todas as tarefas foram definidas como *construct* em uma coluna de texto auxiliar do Project.

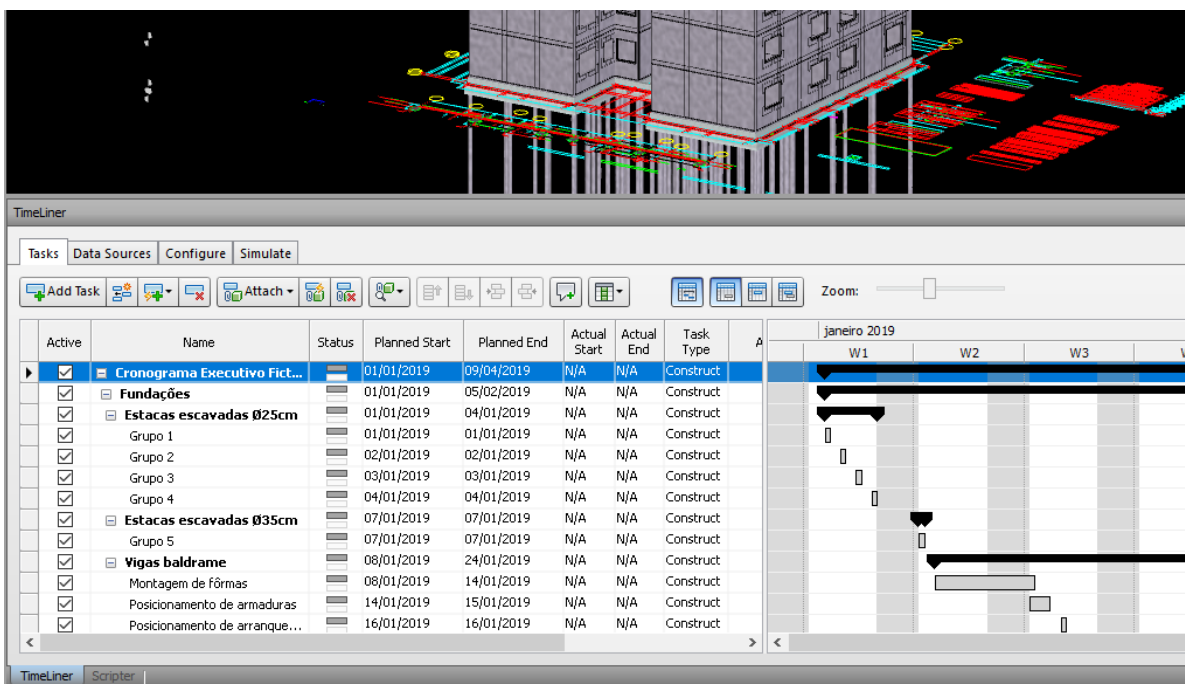


Figura 4.53 – Tarefas criadas a partir do cronograma exportado do Project.

Fonte: Autor (2019).

Utilizando a estrutura do cronograma foram criados sets automáticos para cada uma das tarefas (ver Figura 4.54).

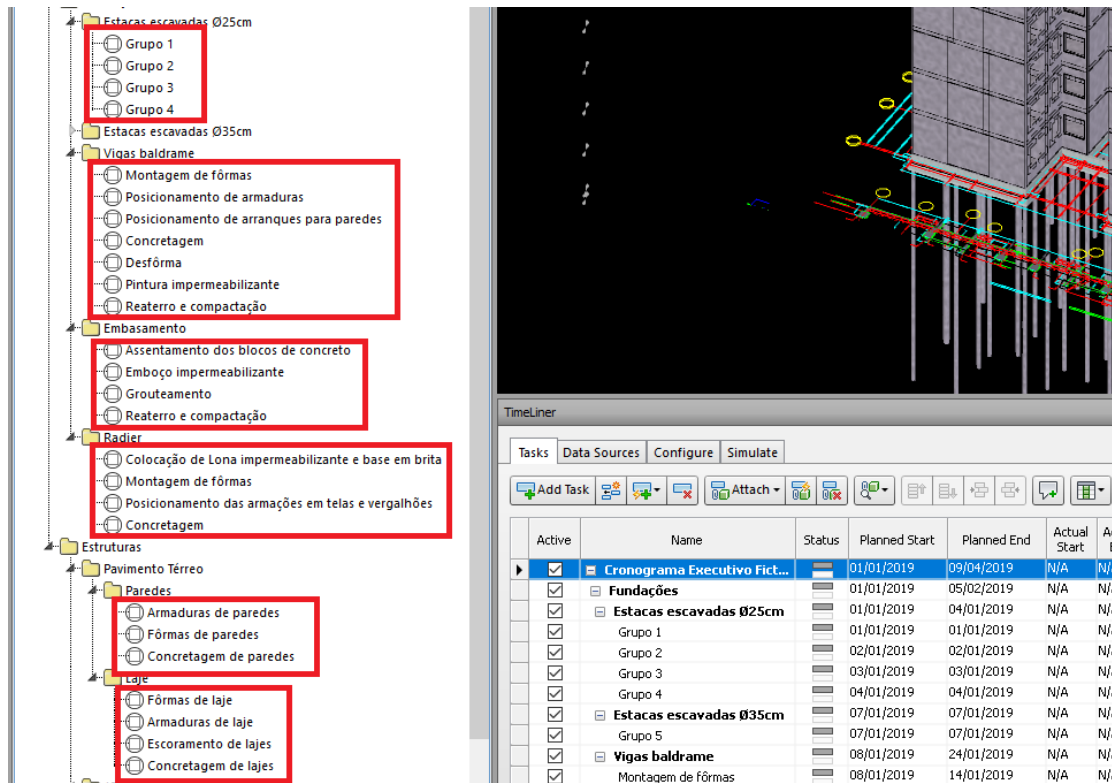


Figura 4.54 – Sets criados automaticamente a partir das tarefas do cronograma.  
 Fonte: Autor (2019).

Como citado anteriormente, os sets são grupos editáveis que contém componentes ou objetos do modelo tridimensional, que poderão ser associados a cada uma das tarefas para simular a construção do edifício. Quando convenientemente definidos, estes grupos facilitam a rápida seleção de objetos que compartilham, por exemplo, de propriedades físicas ou pertencem a uma mesma sequência de montagem/execução. Sendo assim, os componentes foram adicionados em grupos conforme planejado no cronograma. A criação de sets, todavia, é bastante trabalhosa e deve ser feita com muita cautela para que os componentes certos sejam agrupados, neste caso é possível lançar mão de *plugins* que facilitam formação destes conjuntos de objetos, como “*Properties+*” e “*Spools to Search Sets*”. Através do Navisworks, é possível visualizar o modelo digital sendo construído, acompanhando a linha do tempo que passa pelas barras de Gantt importadas do cronograma, algumas destas etapas foram registradas e estão apresentadas no APÊNDICE E. A facilidade com que se pode identificar quais objetos estão sendo construídos, bem como suas datas de início e término planejadas e reais agrega grande controle no acompanhamento dos serviços.

O BIM 4D para obras do MCMV pode contribuir bastante, conforme foi dito anteriormente, para a realização das medições de serviço, sendo uma ferramenta com potencial de agregar eficiência e acurácia ao processo de fiscalização. Ao invés de mandar planilhas com os serviços executados a serem medidos como é feito atualmente, o responsável pelo planejamento e acompanhamento físico de

## CAPÍTULO 4

obra, poderia encaminhar o arquivo da simulação, contendo o cronograma atualizado ou dois vídeos simulando uma linha de base e o executado.

Na tentativa de ilustrar a facilidade em acompanhar as atividades pela ferramenta *TimeLiner* do Navisworks foram alteradas as datas reais de início (*Actual Start*) e fim (*Actual End*) de algumas atividades como mostra a Figura 4.55 de forma que ficassem adiantadas em relação ao planejado (*Planned Start e Planned End*).

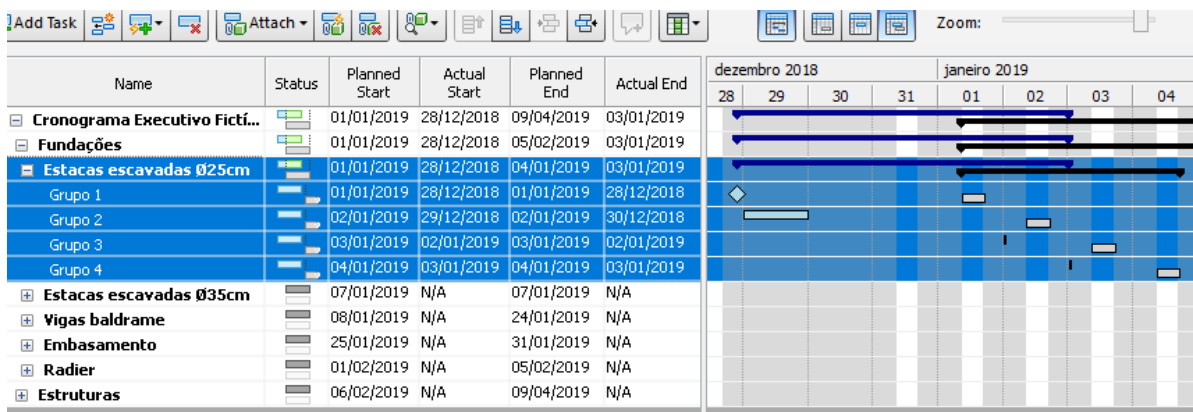


Figura 4.55 – Atividades adiantadas versus planejado.

Fonte: Autor (2019).

Uma das opções disponíveis no *software* é realçar em cores distintas e editáveis os componentes associados às tarefas em função de seu *status*. A Figura 4.56 abaixo contém a construção em modelo digital das estacas dos Grupos 1 e 2 em um esquema de cores editado pelo autor dentro do Navisworks para representar os componentes que estão adiantados em relação ao planejado.

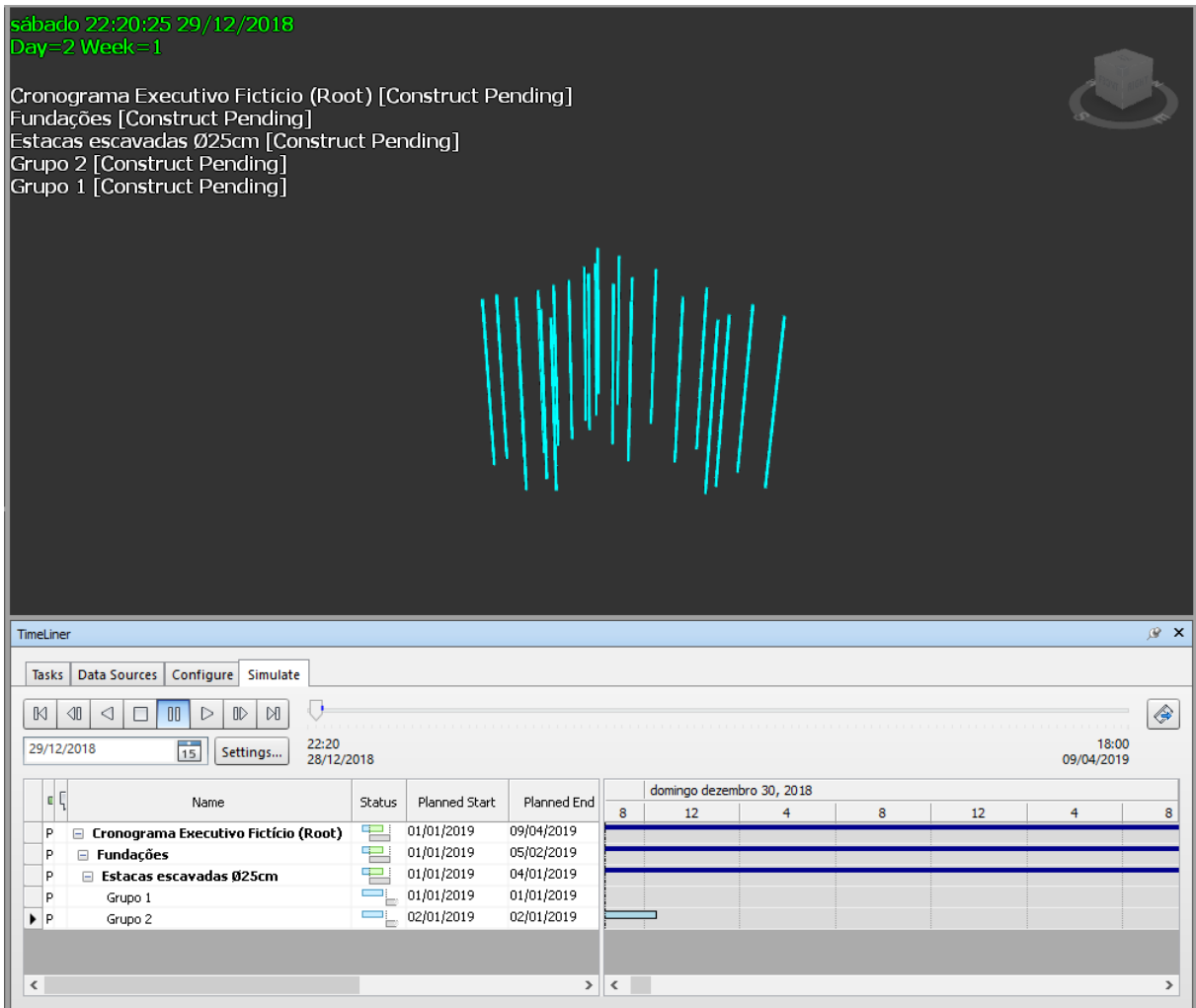


Figura 4.56 – Estacas com execução adiantada realçadas em cyan.

Fonte: Autor (2019).

Pela Figura 4.57 é possível identificar que as tarefas relacionadas à construção do embasamento tiveram suas datas reais de início (*Actual Start*) e fim (*Actual End*) preenchidas a fim de atrasá-las em relação ao cronograma planejado.

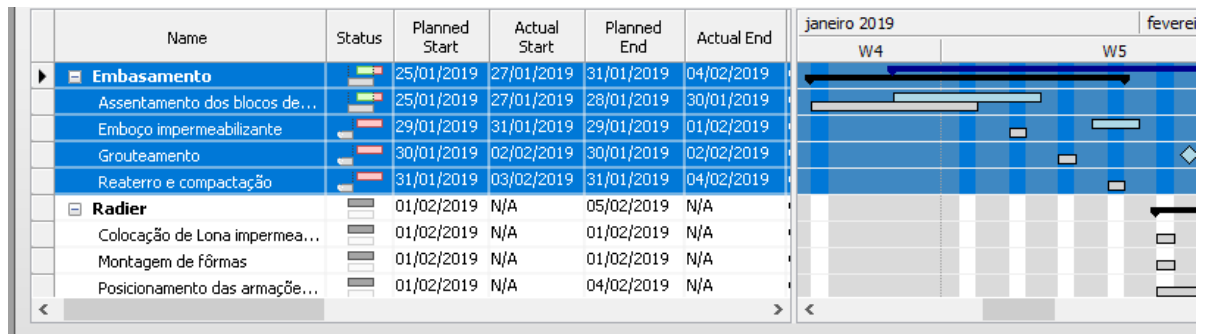


Figura 4.57 – Atividades atrasadas versus planejado.

Fonte: Autor (2019).

## CAPÍTULO 4

A Figura 4.58 abaixo contém a simulação 4D da execução do embasamento realçada com outro esquema de cores editado pelo autor para representar os componentes que estão atrasados em relação ao planejado.

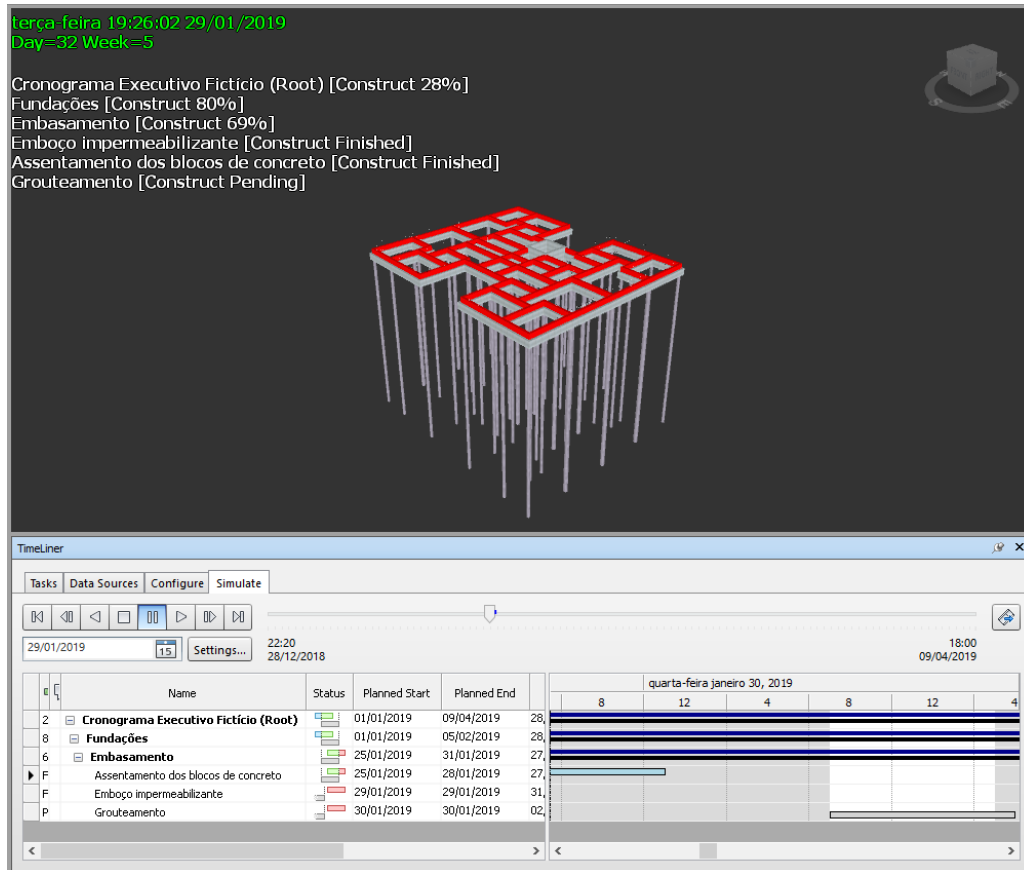


Figura 4.58 – Embasamento com execução atrasada em vermelho.  
Fonte: Autor (2019).

Finalmente, com a Figura 4.59, observa-se que as atividades para execução das paredes do 4º pavimento têm suas datas reais de início (*Actual Start*) e fim (*Actual End*) coincidentes com as datas planejadas de início (*Planned Start*) e fim (*Planned End*).

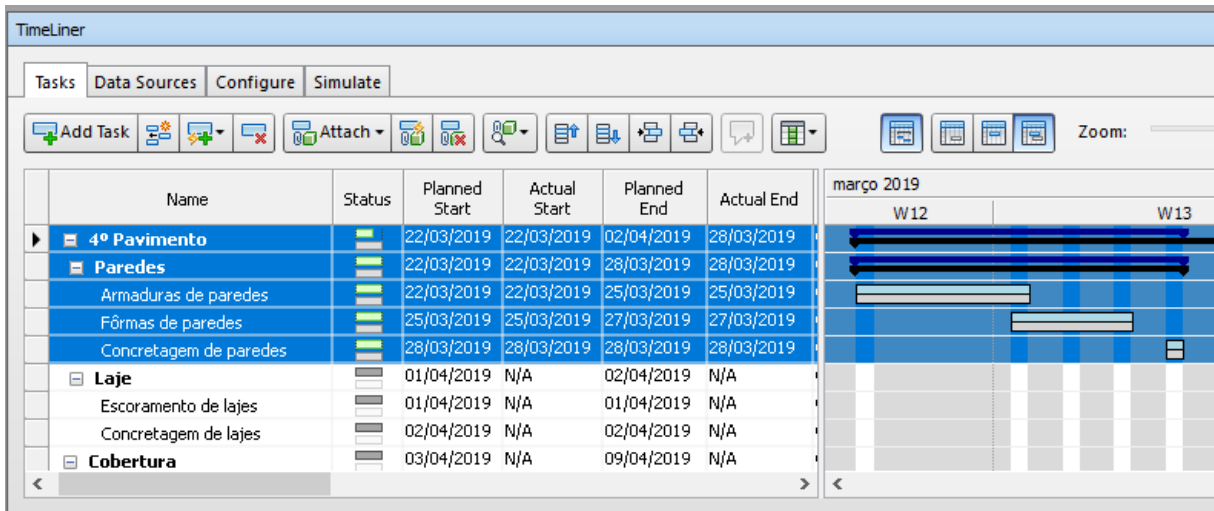


Figura 4.59 – Atividades conforme planejado.  
Fonte: Autor (2019).

Simulando a execução das paredes do 4º pavimento conforme se vê na Figura 4.60, os componentes estão realçados de acordo com as configurações de visibilidade originais do Navisworks para atividades em conformidade com o planejado.

Toda a simulação 4D relatada nesta seção tomou como base de dados um único cronograma em formato .mpp, embora o *TimeLiner* suporte a importação de uma infinidade de outros cronogramas planejados sob circunstâncias, parâmetros e diretrizes diferentes. Este recurso pode ser utilizado como base para criação da estratégia executiva e apoia a tomada de decisões, em relação a qual cronograma é mais favorável, em relação as necessidades da obra e, principalmente, que seja compatível com as condicionantes do projeto.

Lembrando que somente através da criação de *sets* adequados aos projetos no Navisworks que a análise entre cronogramas diferentes pode ser feita rapidamente, com base na construção virtual do modelo 3D.

A criação de parâmetros compartilhados dentro dos modelos em Revit, para preenchimento com o WBS, pode ser feita através de programação via Dynamo, permitindo que posteriormente seus parâmetros sejam mapeados para a criação de regras dentro do Navisworks que associam de forma automatizada os objetos às suas respectivas tarefas de cronograma.

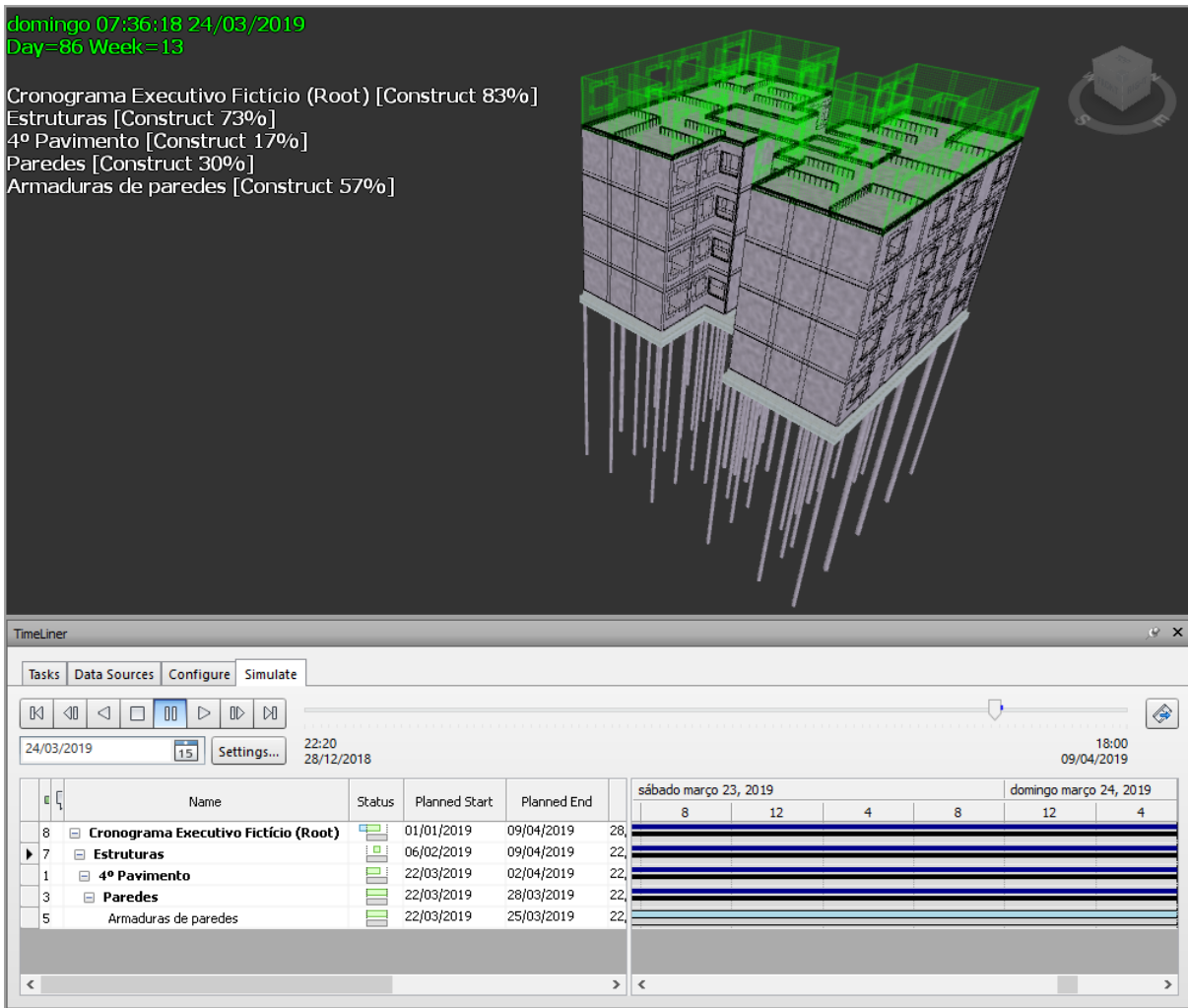


Figura 4.60 – Armações de paredes do 4º pavimento conforme planejado.  
Fonte: Autor (2019).

### 4.3 CUSTOS/ORÇAMENTAÇÃO (5D)

A 5ª dimensão do BIM é baseada na extração e quantificação de materiais, com o objetivo de elaborar orçamentos e manipular as informações do modelo, de forma a simular os custos envolvidos quer na execução de serviços e atividades independentes, quer no empreendimento como um todo.

Do mesmo modo como em qualquer *software*, com destaque para a análise de dados e informações digitais, a qualidade e consistência dos resultados obtidos pelas simulações em ambiente 5D (*outputs*), será proporcional a qualidade dos seus *inputs* de informação. Em outras palavras, as ferramentas que oportunizam análises dentro do BIM5D, só serão de fato efetivas para alcançar os objetivos de seus usuários, se o modelo tridimensional utilizado contiver informações confiáveis, sejam elas geométricas ou não geométricas.

Por esse motivo é essencial que antes da elaboração de quaisquer projetos, as equipes atuantes dentro de um processo BIM tenham estabelecidos processos e parâmetros padronizados, compatíveis com os objetivos traçados para cada etapa de projeto. Tanto para uma construção no qual a mesma equipe seja responsável pelo desenvolvimento de todas as disciplinas, coordenação de projetos, planejamento e orçamentação, quanto para aqueles em que vários profissionais de diferentes equipes trabalhem em colaboração dentro de um mesmo projeto. Por este motivo é fundamental desenvolver um BEP compatível com as expectativas e objetivos dos usos BIM.

Aplicado à programas de habitação social como o Minha Casa Minha Vida, o BIM5D pode contribuir bastante desde a aprovação dos projetos até a liberação do financiamento, para a realização de empreendimentos e contratação de mão de obra.

A simulação de custos pode amparar todos os *stakeholders* em diversas etapas de realização como por exemplo em incorporações, construções e/ou contratações. Os incorporadores podem utilizar como referência os resultados obtidos em simulações 5D para avaliar a viabilidade econômica de um empreendimento. Construtores e projetistas podem escolher dentre várias soluções técnicas, aquela de menor custo. Em fase de concorrência, a quinta dimensão auxilia a avaliar com precisão, os custos globais associados aos materiais e mão de obras necessárias à execução de serviços.

Novamente o autor utilizou o Navisworks Manage, mas desta vez para extrair os quantitativos e compor o orçamento necessário para a execução de alguns serviços. Visando aproximar o potencial oferecido pelo BIM5D à prática, foi proposto o uso de um catálogo de composição de insumos e custos da CEF conforme discutido mais à frente.

#### **4.3.1 Levantamento de Quantitativos**

Posto que o Navisworks pode abrir mais de 30 extensões diferentes de arquivos, o profissional que o utiliza pode compatibilizar vários tipos de projetos e então extrair os materiais das diversas disciplinas de um modelo federado.

De modo geral, a quantificação é sem dúvidas o primeiro passo para se obter um orçamento mais acertado, através de cálculos de custos com base em levantamentos precisos. Por este motivo, a extração automática de quantitativos oferecida pelo *software* utilizado neste trabalho é tão importante.

O objetivo desta seção é apresentar como o modelo 3D pode ser aproveitado para a extração de dados essenciais a elaboração de orçamentos e posterior simulação 5D (simulação 4D com informações de custos acumulados conforme execução de atividades). Faz-se necessário destacar que a quantificação

## CAPÍTULO 4

com base em um modelo BIM, só prova ser eficiente quando o modelo leva em consideração os critérios e processos para a elaboração do orçamento de um projeto (Senna, Saud e Castro, 2019).

Assim sendo, foi escolhida para exemplo prático a disciplina de Fundações.

A princípio foi utilizado o arquivo em extensão .nwf salvo com a simulação do cronograma, principalmente por que já haviam sido definidos alguns importantes sets de componentes, tornando mais fácil a adaptação para a extração de quantitativos (ver Figura 4.61).

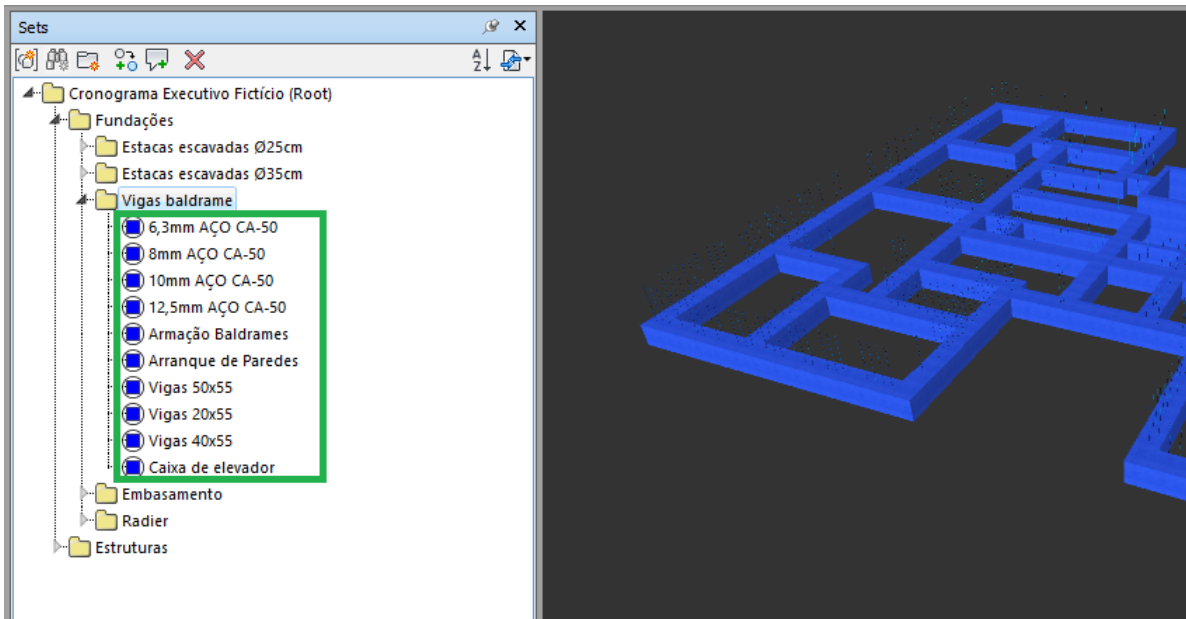


Figura 4.61 – Sets de componentes das vigas baldrame.  
Fonte: Autor (2019).

Imediatamente, foi habilitada a ferramenta *Quantification Workbook* e, através do *Item Catalog*, foram criados grupos e itens de atividades a serem executadas, bem como definidas suas unidades padrão para levantamentos, conforme observado nas planilhas de composições analíticas do SINAPI aqui utilizadas (ver Figura 4.62).

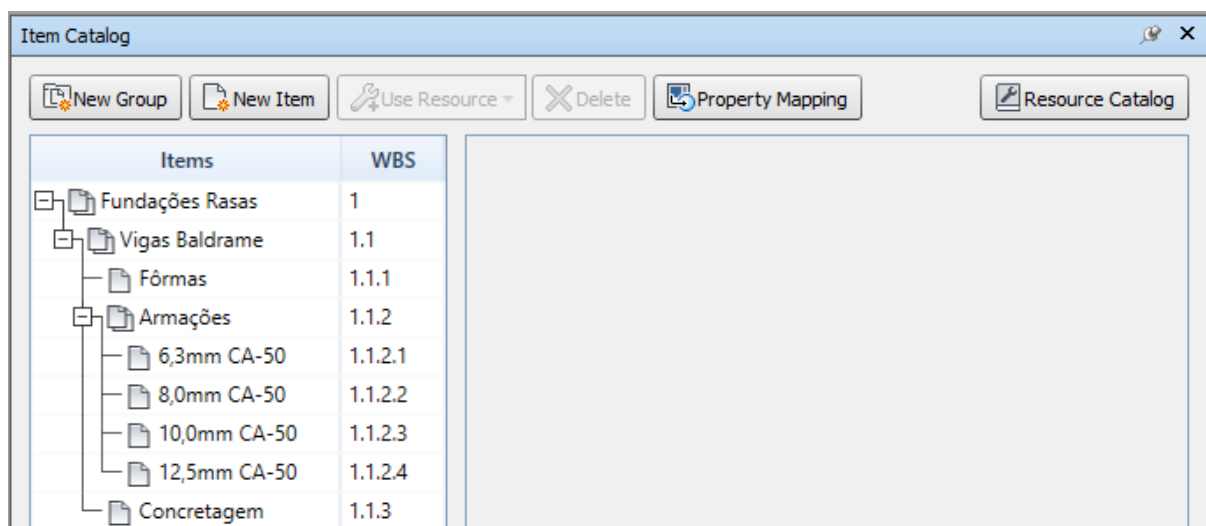


Figura 4.62 – *Item Catalog* com itens para execução de fundações profundas e rasas.

Fonte: Acevo do autor

O próximo passo foi definir dentro do *Resource Catalog* todos os insumos (materiais, mão de obra e horas de equipamentos) necessários à execução das vigas baldrame conforme os catálogos de composição analítica do SINAPI com preços referentes ao mês de Março de 2019.

Além de permitir que seja definida a unidade em que o insumo será calculado, o Navisworks também dispõe de um campo editável para que as quantidades do insumo possam ser calculadas, conforme fórmulas específicas, que se relacionam com as quantidades levantadas de determinado componente do modelo 3D. No caso da Figura 4.63, por exemplo, é possível notar que para a execução de vigas baldrame o SINAPI presume que o consumo de concreto seja 15% maior, em relação ao volume real das vigas. Esta informação é facilmente inserida no programa.

O *Resource Catalog* é o espaço do programa que permite a criação de um banco de dados, com a composição de insumos de quaisquer serviços. Comumente, as construtoras têm um registro próprio do que é, de fato, alocado para determinada atividade e tem grande valia para que seus orçamentos tenham a máxima exatidão. Em primeiro momento, a criação deste banco de dados parece ser bastante trabalhosa se feita manualmente, porém dentro do Navisworks é possível programar a importação automática de dados a partir de uma planilha Excel.

PREÇO DE AÇO POLIDO C...	2.1.1.6	Height	=ModelHeight	Meters
PREÇO DE AÇO POLIDO C...	2.1.1.7	Perimeter	=ModelPerimeter	Meters
(H) AJUDANTE DE CARPI...	2.1.1.8	Area	=ModelArea	Square Meters
(H) CARPINTEIRO DE FOR...	2.1.1.9	Volume	=ModelVolume	Cubic Meters
(CHP) SERRA CIRCULAR D...	2.1.1.10	Weight	=ModelWeight	Kilogram
(CHI) SERRA CIRCULAR D...	2.1.1.11	Count	=1	Each
Armações	2.1.2	PrimaryQua...	=1,15*ModelVolume	Cubic Meters
6,3mm CA-50	2.1.2.1			
ARAME RECOZIDO 18 B...	2.1.2.1.1			
ESPACADOR / DISTANC...	2.1.2.1.2			
(H) AJUDANTE DE ARM...	2.1.2.1.3			
(H) ARMADOR COM EN...	2.1.2.1.4			
CORTE E DOBRA DE AÇ...	2.1.2.1.5			
8,0mm CA-50	2.1.2.2			
10,0mm CA-50	2.1.2.3			
12,5mm CA-50	2.1.2.4			
Concretagem	2.1.3			
CONCRETO USINADO BO...	2.1.3.1			
(H) PEDREIRO COM ENCA...	2.1.3.2			
(H) SERVENTE COM ENCA...	2.1.3.3			

Figura 4.63 – *Resource Catalog* – Cálculo do volume de concreto conforme SINAPI.  
 Fonte: Autor (2019).

Tendo em consideração as empresas que realizam orçamentação de empreendimentos do MCMV, seria possível então atualizar o *Resource Catalog* sempre que houvesse uma mudança no catálogo de composição analítica, fornecido pela CEF mensalmente, ou quando fossem necessários estudos comparativos em relação a construção de um mesmo empreendimento, em diferentes estados do Brasil.

Prontamente, todos os *sets* de componentes do modelo 3D foram associados aos itens do *Quantification Workbook* e em seguida, os insumos do *Resource Catalog* foram alocados a cada um deles. Por meio da Figura 4.64, é possível identificar ao centro o modelo tridimensional, com vigas baldrame. Destacado em vermelho, estão os *sets* de componentes associados à etapa de concretagem das vigas baldrame (Vigas 50x55, Vigas 20x55, Vigas 40x55 e Paredes da caixa de elevador). Em verde, estão os insumos (concreto usinado, pedreiro, servente, e vibrador de imersão), alocados ao serviço de concretagem. Finalmente, destacado em Amarelo, está o quantitativo total de cada um dos insumos que foi utilizado para se obter o custo total da execução das vigas baldrame.

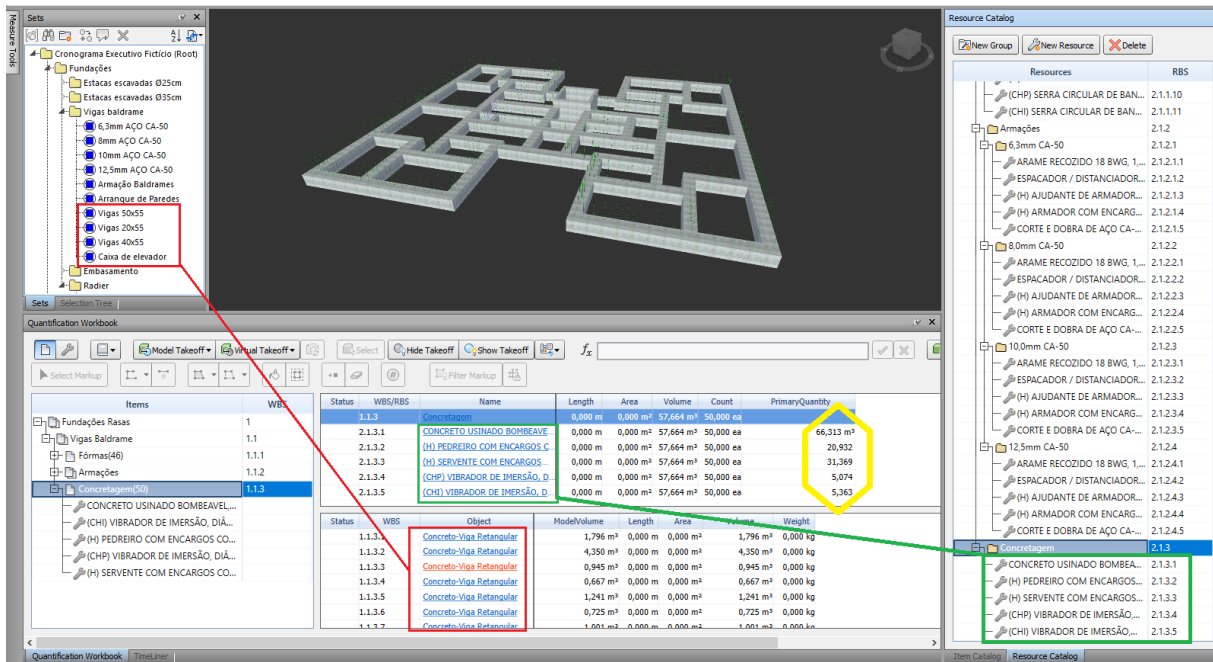


Figura 4.64 – Alocação de insumos e componentes.  
 Fonte: Autor (2019).

O levantamento de quantitativos pelo Quantification Workbook pode ser exportado como planilhas em Excel, com tabelas dinâmicas de recursos, itens e grupos permitindo que outros integrantes de equipes responsáveis por orçamentos acessem e manipulem os dados mais facilmente. As tabelas dinâmicas citadas encontram-se no APÊNDICE F.

Apesar de ser um processo quase que totalmente automático, o usuário é quem deve definir alguns parâmetros dos itens a serem quantificados, como a categoria e propriedade em que o Navisworks deve ler os dados, de modo que o levantamento ocorra de acordo com o esperado. Neste trabalho, foi proposto que se fizesse a composição de custos para serem executadas as vigas baldrame de um edifício do programa MCMV. Logo, as etapas consideradas foram a montagem de fôrmas, posicionamento das armações e concretagem.

Ainda assim, não foi possível extrair os quantitativos em função do volume das armações de forma automática apesar do software reconhecer suas propriedades, inclusive o volume. Este é um aspecto negativo identificado no processo de levantamento de materiais pelo Navisworks que pode ter sua causa no processo de modelagem das armaduras dentro do Revit e não em um programa especialista em estruturas ou então pela maneira com que o programa faz a leitura das propriedades de determinados componentes como o aço, neste caso.

No entanto, a extração dos quantitativos para execução das armaduras de vigas baldrame foi realizada através do Revit conforme a Figura 4.65 para posterior inserção de dados quando da realização de simulações em ambiente 5D conforme apresentado mais adiante.

A	B	C	D	E	F
Contador	Família e tipo	Partição	Quantidade	Volume da armadura	Massa
154	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	Baldrames	1773	0,09	668,81 kg
Barra do vergalhão: 6.3 CA-50: 154			1773	0,09	668,81 kg
89	Barra do vergalhão: 8 CA-50	Baldrames	1121	0,09	691,97 kg
Barra do vergalhão: 8 CA-50: 89			1121	0,09	691,97 kg
296	Barra do vergalhão: 10 CA-50	Baldrames	1238	0,34	2692,13 kg
Barra do vergalhão: 10 CA-50: 296			1238	0,34	2692,13 kg
16	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	Baldrames	80	0,04	303,99 kg
Barra do vergalhão: 12.5 CA-50: 16			80	0,04	303,99 kg
Total geral: 555			4212	0,56	4356,90 kg

Figura 4.65 – Levantamento de aço para vigas baldrame em kg.

Fonte: Autor (2019).

### 4.3.2 Orçamentação com dados do SINAPI

Com os relatórios extraídos, automaticamente, da quantificação de materiais para tabelas em Excel, foi possível associar o preço unitário conforme as composições de custos do SINAPI, a cada um dos insumos agregados a um item e calcular o custo total, para a execução de determinado serviço. As tabelas de composição de custo analítica encontram-se adaptadas e anexadas no ANEXO D.

Pela impossibilidade de se levantar automaticamente, o volume total das armaduras de vigas baldrame conforme informado anteriormente, somente os serviços de carpintaria (fôrmas) e concretagem foram orçados.

O APÊNDICE G traz algumas tabelas adaptadas do relatório de quantitativos gerado pelo Navisworks, com o cálculo do custo dos serviços de fôrmas, armaduras e concretagem, a partir dos custos unitários de referência. Neste caso, os custos foram classificados conforme seu tipo (equipamento, material ou mão de obra) para posterior inserção no cronograma do *TimeLiner* e finalmente ser realizada a simulação 5D (ver Figura 4.66).

Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Total Cost	Material Cost	Labor Cost	Equipment Cost
<input checked="" type="checkbox"/>	☐ Cronograma Executivo Fictício (R...		01/01/2019	09/04/2019	61.043,22	45.447,83	14.806,31	789,08
<input checked="" type="checkbox"/>	☐ Fundações		01/01/2019	05/02/2019	61.043,22	45.447,83	14.806,31	789,08
<input type="checkbox"/>	☐ Estacas escavadas Ø25cm		01/01/2019	04/01/2019				
<input type="checkbox"/>	☐ Estacas escavadas Ø35cm		07/01/2019	07/01/2019				
<input checked="" type="checkbox"/>	☐ Vigas baldrame		08/01/2019	24/01/2019	61.043,22	45.447,83	14.806,31	789,08
<input checked="" type="checkbox"/>	Montagem de fôrmas		08/01/2019	14/01/2019	2.204,16	880,21	542,41	781,54
<input checked="" type="checkbox"/>	Posicionamento de armaduras		14/01/2019	15/01/2019	38.955,08	25.816,85	13.138,23	
<input checked="" type="checkbox"/>	Posicionamento de arranques para p...		16/01/2019	16/01/2019				
<input checked="" type="checkbox"/>	Concretagem		16/01/2019	16/01/2019	19.883,98	18.750,77	1.125,67	07,54
<input checked="" type="checkbox"/>	Desfôrma		17/01/2019	21/01/2019				
<input checked="" type="checkbox"/>	Pintura impermeabilizante		22/01/2019	23/01/2019				
<input checked="" type="checkbox"/>	Reaterro e compactação		24/01/2019	24/01/2019				
<input type="checkbox"/>	☐ Embasamento		25/01/2019	31/01/2019				
<input type="checkbox"/>	☐ Radier		01/02/2019	05/02/2019				

Figura 4.66 – Inserção de custos de materiais, mão de obra e equipamentos às atividades do cronograma.  
 Fonte: Autor (2019).

### 4.3.3 Simulação 5D

Associando o modelo BIM com a linha do tempo de tarefas planejadas em um cronograma, é possível realizar simulações executivas e efetuar o acompanhamento físico dos serviços (BIM4D) conforme já exposto anteriormente. O BIM ainda permite que dados referentes aos custos dos componentes e seus processos construtivos sejam inseridos nos modelos e simulações, conseqüentemente mais uma dimensão é agregada. Entra-se, portanto, em ambiente 5D.

As simulações em 5D oferecem a visualização da construção virtual do modelo tridimensional, mostrando os custos acumulados, conforme são atendidas as tarefas definidas em cronograma. Mediante ao uso do Navisworks, é possível definir quais informações relacionadas aos custos são exibidas. Neste caso, optou-se por mostrar o dia da semana e data (DD/MM/AAAA) em verde; tarefas e porcentagem de conclusão em branco; custos de materiais, mão de obra e equipamentos em vermelho e por fim o custo total em cyan conforme se observa na Figura 4.67.

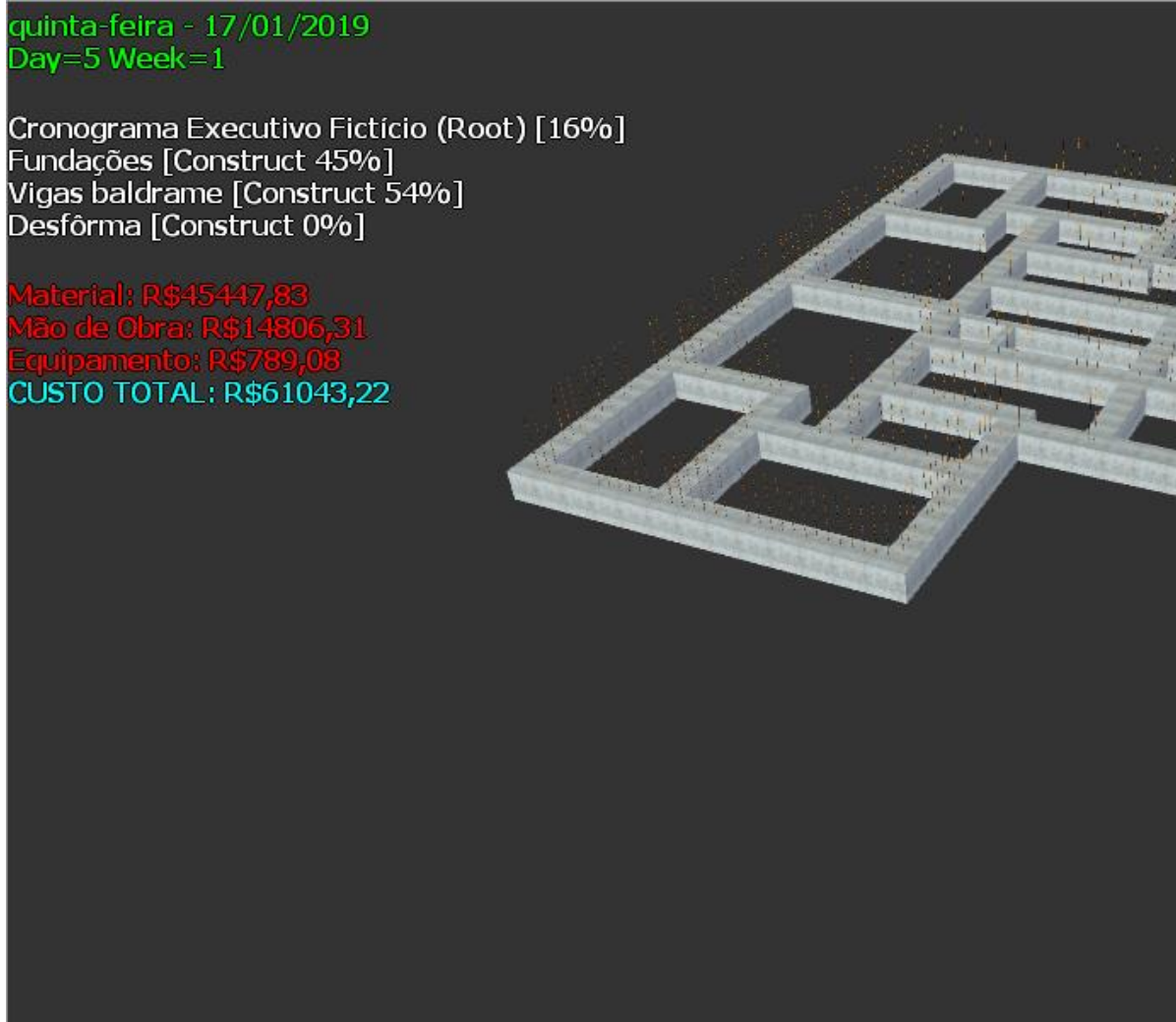


Figura 4.67 – Execução de vigas baldrame (Simulação 5D).  
Fonte: Autor (2019).

Disponíveis dentro do APÊNDICE H, estão algumas imagens sequencialmente retiradas da simulação 5D, com as etapas executivas representadas e seus respectivos custos de materiais, mão de obra e equipamento acumulados e custos totais.

## Capítulo 5

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

De fato, como observado na investigação prática deste estudo, os usos BIM podem contribuir de várias formas para empreendimentos de habitação social do MCMV, mesmo que existam alguns pontos desfavoráveis no desdobramento de algumas etapas e processos.

Acerca do BIM3D, destacam-se os benefícios trazidos pelo recurso da visualização espacial da construção virtual. Neste sentido, há destaque para os usos BIM relativos à modelagem multidisciplinar e verificação de modelos, seja pelo atendimento de requisitos ou detecção de conflitos. Ainda que o desenvolvimento de um projeto BIM requeira bastante esforço de modelagem, sobretudo dentro do IPD – *Integrated Project Delivery*, conforme a curva de MacLeamy (AIA, 2007), há maior agilidade para se resolver os problemas identificados em etapas anteriores, frente ao processo tradicional. Usos baseados em tecnologias como escaneamentos a laser, simulações por realidade aumentada ou realidade virtual, podem ampliar os benefícios obtidos com a construção virtual. Desde campanhas de vendas, até o entendimento geral do empreendimento pelas equipes de projeto e execução.

Em referência ao 4D, os planejadores não só contam com as tradicionais barras de Gantt, mas também podem tomar decisões de cronograma, com base nas simulações de construção virtual. Futuramente, é possível que se utilize este uso BIM para medição de serviços com a CEF, como também para ilustrar o progresso da obra aos compradores. Analisar áreas propensas a acidentes, durante determinada etapa construtiva e propor planos de monitoramento de atividades, é uma boa forma de mencionar usos futuros de modelos BIM que merecem ser aprofundados em pesquisas futuras.

No tocante a 5ª dimensão do BIM, é possível superar a prática convencional ao obter quantitativos automatizados para estudos de viabilidade financeira e orçamentação de empreendimentos, ainda em fases preliminares. Ainda pode ser integrado com as equipes contábeis das organizações para auxiliarem em seus fluxos de caixa. Do ponto de vista da transparência, os usos de BIM trazem a possibilidade de rastrear, justificar e controlar recursos destinados a obras públicas.

## CAPÍTULO 5

Como considerado no referencial teórico, o BIM6D trata de fatores ligados à sustentabilidade, oferecendo oportunidades para se desenvolver projetos certificados ambientalmente ou em função de desempenho ainda em fase de desenho. Usos de modelos BIM para análise de sustentabilidade, nomeadamente para estudos de LCA – *Lifecycle Assessment*, tendem a ganhar força quando houver uma solução mais simples, completa e consistente, que permita o acompanhamento de parâmetros como energia incorporada. Considerando que bases de dados utilizadas para análises, como de desempenho térmico, possam ser imputadas diretamente nos objetos do modelo, pelos seus fornecedores, contribuiria para todo o ciclo de vida do projeto, principalmente em fases de projeto.

Por último, os usos relacionados ao BIM7D, tal qual *Facility Management*, operação e manutenção, podem contar com tecnologias como o escaneamento a laser, para elaboração de modelos BIM “*as is*”, a fim de criar planos eficientes de gestão. Especificamente para o MCMV, o 7D pode servir como ferramenta para o governo gerir os edifícios, caso o programa seja realmente alterado de maneira que os beneficiários tenham que alugar imóveis ao invés de financiarem a casa própria, conforme notícia Agostini (2019). Ainda segundo Doca (2019), o governo quer alugar 7 mil unidades do programa MCMV, para as famílias de baixa renda, este volume demonstra como os resultados obtidos pelo gerenciamento do patrimônio pode ser escalado. Este tema merece estudos mais aprofundados, principalmente por envolver recursos públicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - **A Implantação de Processos BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: ABDI, 2017 [Consult. 06 Jun. 2018]. Disponível na WWW:<URL: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>>. ISBN 978-85-61323-48-6.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – **bimbr Plataforma**. [Consult. 06 Mar 2019]. Disponível na WWW:<URL: <https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/>>

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - **BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: ABDI, 2017 [Consult. 06 Jun. 2018]. Disponível na WWW:<URL: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>>. ISBN 978-85-61323-45-5.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - **Classificação da Informação no BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: ABDI, 2017 [Consult. 06 Jun. 2018]. Disponível na WWW:<URL: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>>. ISBN 978-85-61323-44-8.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - **Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: ABDI, 2017 [Consult. 06 Jun. 2018]. Disponível na WWW:<URL: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>>. ISBN 978-85-61323-46-2.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - **Processo de Projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: ABDI, 2017 [Consult. 06 Jun. 2018]. Disponível na WWW:<URL: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>>. ISBN 978-85-61323-43-1.

AGOSTINI, Renata. **Novo ‘Minha Casa’ deve ter aluguel em vez de posse na faixa de menor renda**, 2019 [Consult. 25 Mai 2019]. Disponível na WWW:<URL: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,novo-minha-casa-deve-ter-aluguel-em-vez-de-posse-na-faixa-de-menor-renda,70002841426>>.

AUTODESK **AutoCAD**. Versão 2019. Califórnia. [Consult. 19 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL: <https://www.autodesk.com/education/free-software/AutoCAD>>.

AUTODESK **Navisworks Manage**. Versão 2019. Califórnia. [Consult. 19 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL: <https://www.autodesk.com/education/free-software/navisworks-manage>>.

AUTODESK **Revit**. Versão 2019. Califórnia. [Consult. 19 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL: <https://www.autodesk.com/education/free-software/revit>>.

AZHAR, Salman - **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AECO Industry**. Alabama: Auburn University, 2011. [Consult. 27 Nov. 2018]. Disponível na WWW:<URL: [http://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](http://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)>. DOI 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.

BARBOSA, Ana Cláudia Monteiro - **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia**. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014. [Consult. 12 Nov. 2018]. Disponível na WWW:<URL: <http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/5571>>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIMOBJECT CORPORATION. **bimobject**. [Consult. 06 Mar 2019]. Disponível na WWW:<URL:https://www.bimobject.com/pt-br>.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL - **SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil)**. [Consult. 19 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL:http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\_664>.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - **Déficit habitacional total e por Componentes - Brasil, Regiões, UF e Regiões Metropolitanas**. [Consult. 19 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL:http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – **Colaboração e integração BIM – Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016 [Consult. 27 Nov. 2019]. Disponível na WWW:<URL:https://cbic.org.br/inovacao/2017/10/18/coletanea-bim/>.

CHAREF, Rabia, ALAKA, Hafiz and EMMITT, Stephen - **Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views**. Bath: University of Bath, 2018. [Consult. 5 Nov. 2018]. Disponível na WWW:<URL:http://www.sciencedirect.com/ Science/article/pii/S2352710217306320?via%3Dihub>. DOI 10.1016/J.JOBE.2018.04.028.

DECRETO nº 9.377/18. **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**, Brasília. [Consult. 25 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL:https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>.

DECRETO nº 9983/19. **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**, Brasília. [Consult. 24 Ago. 2019]. Disponível na WWW:<URL: https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/747677496/decreto-9983-19>.

DOCA, Geralda – **Governo quer alugar 7 mil unidades do Minha Casa Minha Vida para famílias de baixa renda**. 2019 [Consult. 25 Mai 2019]. Disponível na WWW:<URL: https://oglobo.globo.com/economia/governo-quer-alugar-7-mil-unidades-do-minha-casa-minha-vida-para-familias-de-baixa-renda-23691136>.

EASTMAN, Chuck, et al. – **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. ISBN 978-85-8260-117-4.

FAN, Su-Ling, WU, Chen-Hua and HUN, Chien-Chun - **Integration of Cost and Schedule Using BIM**. Taiwan: Tamkang University, 2015. [Consult. 27 Nov. 2018]. Disponível na WWW:<URL:http://www2.tku.edu.tw/~tkjse/18-3/02-CE10310\_1368.pdf>. DOI 10.6180/jase.2015.18.3.02.

FARIAS, Vanessa. **Plataforma BIM: exigência pelo Governo Federal inicia em 2021**. [Consult. 25 Mai. 2019]. Disponível na WWW: <URL:https://www.buildin.com.br/plataforma-bim/>.

HU, Zhenzhong, ZHANG, Jianping and DENG, Ziyin - **Construction Process Simulation and Safety Analysis Based on Building Information Model and 4D Technology**. Beijing: University of Tsinghua, 2008 [Consult. 26 Nov. 2018]. Disponível na WWW:<URL:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1007021408701603>. DOI 10.1016/S1007-0214(08)70160-3.

JUNIOR, Marcos Massayuki Harano - **BIM 4D e 5D - Planejamento e Orçamento**. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016 [Consult. 18 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL:http://hdl.handle.net/10400.22/9915>.

KAMARDEEN, Imriyas – **8d Bim Modelling Tool For Accident Prevention Through Design**. University of New South Wales, 2010 [Consult 26 Nov. 2019]. Disponível na WWW:<URL: http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2010-0281-0289\_Kamardeen.pdf>.

LATIFFI, Aryani; BRAHIM, Juliana; FATHI, Mohamad - **The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition**, 2014 [Consult. 26 Nov. 2018] Disponível na WWW:<URL:https://www.researchgate.net/p

ublication/264993253\_The\_Development\_of\_Building\_Information\_Modeling\_BIM\_Definition>. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.567.625. ISSN: 1662-7482.

MAINARDI NETO, Antonio Ivo de Barros - **Verificação de regras para aprovação de projetos de arquitetura em BIM para estações de metrô**, 2016 [Consult. 27 Nov. 2019] Disponível na WWW:<URL: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-24082016-075727/publico/AntonioIvodeBarrosMainardiNetoCorr16.pdf>>. DOI 10.11606/D.3.2016.tde-24082016-075727.

MICROSOFT Excel. Versão 2016. Washington. [Consult. 19 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL:<https://products.office.com/pt-br/excel>>.

MICROSOFT Project. Versão 2016. Washington. [Consult. 19 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL:<https://products.office.com/pt-br/project/project-and-portfolio-management-software>>.

POPOV, Vladimir. et al. - **The use of a virtual building design and construction model for developing an effective project concept in 5D environment**, 2010. [Consult. 27 Nov. 2018]. Disponível na WWW:<URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580509001940?via%3Dihub>>. DOI 10.1016/J.AUTCON.2009.12.005.

SENNA, Amanda Cândido de; SAUD, Daniel Nogueira e CASTRO – **BIM 5D em obras públicas – Estudo de caso comparativo entre métodos de extração de quantitativos em edificação residencial**. 2019. [Consult. 27 Nov. 2019]. Disponível na WWW:<URL: <https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/194>>. ISBN: 9780470541371.

SILVA, Ana - **Classificação e organização de objetos BIM e sua aplicação em modelos 4D&5D**. Braga: Universidade do Minho Escola de Engenharia, 2015. [Consult. 8 Jan. 2019]. Disponível na WWW:<URL:<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40636>>.

SUCCAR, Bilal – **211in Model Uses List**, 2019. [Consult. 25 Nov. 2019]. Disponível na WWW:<URL: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/211in-Model-Uses-Table.pdf>>. DOI 10.5281/zenodo.2550463.

SUCUPIRA, Lara; MIRANDA, Natália e PEQUENO, Renato – **Conjunto Tetris: um modelo sustentável de Habitação de Interesse Social para o Minha Casa Minha Vida**. Universidade Federal do Ceará, 2013. [Consult. 27 Nov. 2019]. Disponível na WWW:<URL:<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/11513>>.

THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS - **Integrated Project delivery: A Guide**. California, 2007. [Consult. 26 Mai. 2019]. Disponível na WWW:<URL:<https://www.aia.org/resources/64146-integrated-project-delivery-a-guide>>.

TONSO, Laís; NARDELLI, Eduardo – **BIM para a análise de desempenho térmico em edificações do Programa Minha Casa Minha Vida**, 2015. [Consult. 27 Nov. 2019]. Disponível na WWW:<URL: [http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2015\\_1.305.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2015_1.305.pdf)>. DOI: 10.5151/despro-sigradi2015-10305.

TONSO, Laís; NARDELLI, Eduardo – **BIM – Barreiras institucionais para a sua implantação no Brasil**. 2014. [Consult. 27. Nov 2019]. Disponível na WWW:<URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/eb45/ad372a8140dcdeba93cbe5f431125719439e.pdf>>.

## APÊNDICE A – TABELA DE AÇO

Tabela A.1– Resumo de aço

Contador	Família e tipo	Diâmetro da barra	Comprimento da barra	Comprimento total da barra	Volume da armadura	Peso de Aço
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg

1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-25	6 mm	0.35 m	6.65 m	207.30 cm <sup>3</sup>	1.63 kg
Barra do vergalhão: 6.3 CA-25: 15			5.29 m		3109.45 cm <sup>3</sup>	24.41 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.22 m	23.18 m	722.58 cm <sup>3</sup>	5.67 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.22 m	57.34 m	1787.43 cm <sup>3</sup>	14.03 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.22 m	23.18 m	722.58 cm <sup>3</sup>	5.67 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.22 m	48.80 m	1521.22 cm <sup>3</sup>	11.94 kg

Continua

1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.22 m	25.62 m	798.64 cm <sup>3</sup>	6.27 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.22 m	18.30 m	570.46 cm <sup>3</sup>	4.48 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	3.01 m	12.04 m	375.32 cm <sup>3</sup>	2.95 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	3.01 m	12.04 m	375.32 cm <sup>3</sup>	2.95 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.22 m	59.78 m	1863.49 cm <sup>3</sup>	14.63 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.22 m	10.98 m	342.27 cm <sup>3</sup>	2.69 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.75 m	5.25 m	163.66 cm <sup>3</sup>	1.28 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.75 m	5.25 m	163.66 cm <sup>3</sup>	1.28 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.63 m	4.89 m	152.43 cm <sup>3</sup>	1.2 kg
1	Barra do vergalhão: 6.3 CA-50	6 mm	1.63 m	4.89 m	152.43 cm <sup>3</sup>	1.2 kg
Barra do vergalhão: 6.3 CA-50: 14			22.57 m		9711.47 cm <sup>3</sup>	76.24 kg
6 mm: 29			27.87 m		12820.92 cm <sup>3</sup>	100.64 kg

APÊNDICE

1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg

Continua

1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg

1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.90 m	3.80 m	191.01 cm <sup>3</sup>	1.5 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.89 m	3.78 m	190.00 cm <sup>3</sup>	1.49 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.90 m	5.80 m	291.54 cm <sup>3</sup>	2.29 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.89 m	5.78 m	290.53 cm <sup>3</sup>	2.28 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.90 m	3.80 m	191.01 cm <sup>3</sup>	1.5 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.89 m	3.78 m	190.00 cm <sup>3</sup>	1.49 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	5.56 m	27.80 m	1397.38 cm <sup>3</sup>	10.97 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	7.48 m	179.52 m	9023.66 cm <sup>3</sup>	70.84 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	3.80 m	15.20 m	764.04 cm <sup>3</sup>	6 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	7.00 m	49.00 m	2463.01 cm <sup>3</sup>	19.33 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	8.39 m	50.34 m	2530.36 cm <sup>3</sup>	19.86 kg

APÊNDICE

Continua

1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	9.59 m	124.67 m	6266.60 cm <sup>3</sup>	49.19 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.23 m	22.14 m	1112.88 cm <sup>3</sup>	8.74 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	7.84 m	15.68 m	788.16 cm <sup>3</sup>	6.19 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	7.56 m	22.68 m	1140.02 cm <sup>3</sup>	8.95 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	7.87 m	23.61 m	1186.77 cm <sup>3</sup>	9.32 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.23 m	24.60 m	1236.53 cm <sup>3</sup>	9.71 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.23 m	24.60 m	1236.53 cm <sup>3</sup>	9.71 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	2.88 m	8.64 m	434.29 cm <sup>3</sup>	3.41 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	3.04 m	9.12 m	458.42 cm <sup>3</sup>	3.6 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.23 m	8.61 m	432.79 cm <sup>3</sup>	3.4 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.43 m	2.86 m	143.76 cm <sup>3</sup>	1.13 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.43 m	2.86 m	143.76 cm <sup>3</sup>	1.13 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.23 m	36.90 m	1854.80 cm <sup>3</sup>	14.56 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	4.49 m	13.47 m	677.08 cm <sup>3</sup>	5.32 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	4.49 m	13.47 m	677.08 cm <sup>3</sup>	5.32 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	9.88 m	29.64 m	1489.87 cm <sup>3</sup>	11.7 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	9.88 m	29.64 m	1489.87 cm <sup>3</sup>	11.7 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	9.73 m	29.19 m	1467.25 cm <sup>3</sup>	11.52 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	9.73 m	29.19 m	1467.25 cm <sup>3</sup>	11.52 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	1.23 m	44.28 m	2225.76 cm <sup>3</sup>	17.47 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	7.29 m	21.87 m	1099.31 cm <sup>3</sup>	8.63 kg

1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	7.29 m	21.87 m	1099.31 cm <sup>3</sup>	8.63 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	7.14 m	21.42 m	1076.69 cm <sup>3</sup>	8.45 kg
1	Barra do vergalhão: 8 CA-50	8 mm	4.51 m	13.53 m	680.09 cm <sup>3</sup>	5.34 kg
Barra do vergalhão: 8 CA-50: 67			261.80 m		56721.58 cm <sup>3</sup>	445.26 kg
8 mm: 67			261.80 m		56721.58 cm <sup>3</sup>	445.26 kg
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	4.09 m	12.27 m	963.68 cm <sup>3</sup>	7.56 kg
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	4.19 m	12.57 m	987.25 cm <sup>3</sup>	7.75 kg
Continua						
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	3.93 m	11.79 m	925.98 cm <sup>3</sup>	7.27 kg
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	4.12 m	16.48 m	1294.34 cm <sup>3</sup>	10.16 kg
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	4.12 m	16.48 m	1294.34 cm <sup>3</sup>	10.16 kg
Barra do vergalhão: 10 CA-50: 5			20.44 m		5465.59 cm <sup>3</sup>	42.9 kg
10 mm: 5			20.44 m		5465.59 cm <sup>3</sup>	42.9 kg
1	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	13 mm	4.09 m	12.27 m	1505.76 cm <sup>3</sup>	11.82 kg
1	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	13 mm	4.02 m	8.04 m	986.66 cm <sup>3</sup>	7.75 kg
1	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	13 mm	9.73 m	29.19 m	3582.15 cm <sup>3</sup>	28.12 kg
1	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	13 mm	9.73 m	29.19 m	3582.15 cm <sup>3</sup>	28.12 kg
1	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	13 mm	9.73 m	29.19 m	3582.15 cm <sup>3</sup>	28.12 kg
1	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	13 mm	4.18 m	12.54 m	1538.89 cm <sup>3</sup>	12.08 kg
1	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	13 mm	3.94 m	11.82 m	1450.53 cm <sup>3</sup>	11.39 kg
1	Barra do vergalhão: 12.5 CA-50	13 mm	4.08 m	12.24 m	1502.07 cm <sup>3</sup>	11.79 kg
Barra do vergalhão: 12.5 CA-50: 8			49.49 m		17730.36 cm <sup>3</sup>	139.18 kg

APÊNDICE

13 mm: 8			49.49 m		17730.36 cm <sup>3</sup>	139.18 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	5.56 m	27.80 m	5589.52 cm <sup>3</sup>	43.88 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	7.48 m	179.52 m	36094.64 cm <sup>3</sup>	283.34 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	3.80 m	15.20 m	3056.14 cm <sup>3</sup>	23.99 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	7.00 m	49.00 m	9852.03 cm <sup>3</sup>	77.34 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	8.39 m	50.34 m	10121.46 cm <sup>3</sup>	79.45 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	9.59 m	124.67 m	25066.39 cm <sup>3</sup>	196.77 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	4.07 m	12.21 m	2454.97 cm <sup>3</sup>	19.27 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	4.17 m	12.51 m	2515.28 cm <sup>3</sup>	19.74 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	4.78 m	19.12 m	3844.30 cm <sup>3</sup>	30.18 kg
1	Barra do vergalhão: 16 CA-50	16 mm	4.78 m	19.12 m	3844.30 cm <sup>3</sup>	30.18 kg
	Barra do vergalhão: 16 CA-50: 10		59.62 m		102439.04 cm <sup>3</sup>	804.15 kg
	16 mm: 10		59.62 m		102439.04 cm <sup>3</sup>	804.15 kg
Total geral: 119			419.22 m		195177.49 cm <sup>3</sup>	1532.14 kg

Fonte: Autor (2019).

## APÊNDICE B – TABELA DE PAREDES

Tabela B.1 – Resumo para paredes externas

NOME	ESP. TOTAL (cm)	CAMADAS									
		INTERNA		INTERNA		NÚCLEO		EXTERNA		EXTERNA	
		MATERIAL	ESP. (cm)	MATERIAL	ESP. (cm)	MATERIAL	ESP. (cm)	MATERIAL	ESP. (cm)	MATERIAL	ESP. (cm)
.EXT Alvenaria 14cm - dupla (estucagem + pintura acrílica)	15,2	Pintura Látex Acrílica	0,1	Argamassa de Parede	0,5	Alvenaria - Bloco Cerâmico 14cm	14	Argamassa de Parede	0,5	Pintura Látex Acrílica	0,1
.EXT Elevador alv. 14cm - gesso liso +	15,2	Pintura Látex PVA	0,1	Gesso Liso	0,5	Alvenaria - Bloco	14	Argamassa de Parede	0,5	Pintura Látex Acrílica	0,1



acrílica/estucagem +  
pintura acrílica

.EXT Parede 10cm - pintura PVA/estucagem + pintura acrílica	10,7	Pintura Látex PVA	0,1	-	-	Concreto Usinado	10	Argamassa de Parede	0,5	Pintura Látex Acrílica	0,1
.EXT Parede Cobertura 10cm - pintura acrílica + estuque/	10,6	-	-	-	-	Concreto Usinado	10	Argamassa de Parede	0,5	Pintura Látex Acrílica	0,1
.EXT Parede Cobertura 10cm - pintura acrílica/	10,1	-	-	-	-	Concreto Usinado	10	-	-	Pintura Látex Acrílica	0,1
.EXT Reservatório alv. 14cm - /estucagem + pintura acrílica	14,6	-	-	-	-	Alvenaria - Bloco Cerâmico 14cm	14	Argamassa de Parede	0,5	Pintura Látex Acrílica	0,1

Fonte: Autor (2019).

Tabela B.2 – Resumo para paredes internas

NOME	ESP. TOTAL (cm)	CAMADAS									
		INTERNA		INTERNA		NÚCLEO		EXTERNA		EXTERNA	
		MATERIAL	ESP. (cm)	MATERIAL	ESP. (cm)	MATERIAL	ESP. (cm)	MATERIAL	ESP. (cm)	MATERIAL	ESP. (cm)
.INT Escadas Cobertura - duplo (gesso liso + PVA)	10,2	Pintura Látex PVA	0,1	Gesso Liso	0,5	Alvenaria - Bloco Cerâmico 9cm	9	Gesso Liso	0,5	Pintura Látex PVA	0,1
.INT Parede 10cm	10	-	-	-	-	Concreto Usinado	10	-	-	-	-
.INT Parede 10cm - dupla pintura acrílica	10,2	Pintura Látex Acrílico	0,1	-	-	Concreto Usinado	10	-	-	Pintura Látex Acrílico	0,1
.INT Parede 10cm - dupla pintura PVA	10,2	Pintura Látex PVA	0,1	-	-	Concreto Usinado	10	-	-	Pintura Látex PVA	0,1
.INT Parede 10cm - pintura PVA/pintura acrílica	10,2	Pintura Látex PVA	0,1	-	-	Concreto Usinado	10	-	-	Pintura Látex Acrílico	0,1

.INT Parede 10cm - pintura acrílica/cerâmica	11,6	Pintura Látex Acrílico	0,1	-	-	Concreto Usinado	10	Argamassa Colante	1	Azulejo	0,05
.INT Parede 10cm - pintura PVA/cerâmica	11,6	Pintura Látex PVA	0,1	-	-	Concreto Usinado	10	Argamassa Colante	1	Azulejo	0,05
.INT Parede 12cm - dupla pintura PVA	12,5	Pintura Látex PVA	0,1	-	-	Concreto Usinado	10	-	-	Pintura Látex PVA	0,1
.INT Parede alv. 9cm - pintura acrílica/gesso liso + PVA	10,2	Pintura Látex Acrílico	0,1	Argamassa de Parede	0,5	Alvenaria - Bloco Cerâmico 9cm	9	Gesso Liso	0,5	Pintura Látex PVA	0,1
.INT Parede/shaft 10cm - pintura acrílica/	10,1	Pintura Látex Acrílico	0,1	-	-	Concreto Usinado	10	-	-	-	-
.INT Reservatório alv. 14cm	14	-	-	-	-	Alvenaria - Bloco Cerâmico 14cm	14	-	-	-	-
.INT Shaft Compartimentado e escadas - gesso liso + PVA/	9,6	Pintura Látex PVA	0,1	Gesso Liso	0,5	Alvenaria - Bloco Cerâmico 9cm	9	-	-	-	-

APÊNDICE

.INT Shaft Compartimentado/Cozinha 10cm - cerâmica/	11,5	Azulejo	0,5	Argamassa Colante	1	Concreto Usinado	10	-	-	-	-
.INT Shafts Banho/área - cerâmica/	10,5	Azulejo	0,5	Argamassa Colante	1	Alvenaria - Bloco Cerâmico 9cm	9	-	-	-	-

---

Fonte: Autor (2019).

# APÊNDICE C – RELATÓRIO CLASH DETECTIVE

16/05/2019

Clash Report

**AUTODESK**  
**NAVISWORKS** Clash Report

Test 2	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.001m	6186	6186	0	0	0	0	Hard (Conservative)	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2			
							Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.962	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:5.310, y:-9.019, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TERREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 615916	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash2	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:-8.192, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TERREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665213	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash3	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.688, y:-9.266, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TERREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665159	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash4	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:-3.848, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TERREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665275	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash5	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:-6.728, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TERREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665263	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash6	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:4.088, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TERREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665287	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash7	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:-4.288, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TERREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665299	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash8	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:-4.468, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TERREO	Floor	Floors: Floor: Laje de	Element ID: 665299	<No level>	Barra do vergalhão	Solid

file:///C:/Users/carlo/Desktop/Mackenzie/10º semestre/TCC 2/Projetos/Coordenação e Compatibilização/Clash Detection/Test 2.html

1/401

Figura C.1 Relatório de *Clashes* (1 ao 8).  
Fonte: Autor (2019).



16/05/2019

Clash Report

	Clash18	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.988, y:-11.520, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665084	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash19	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.988, y:-11.730, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665072	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash20	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.988, y:-11.921, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665058	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash21	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.988, y:-4.091, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665337	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash22	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.984, y:-4.270, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665349	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash23	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.984, y:-4.472, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665361	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash24	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.988, y:-3.834, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665325	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash25	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.984, y:-6.721, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665249	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash26	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.988, y:-7.814, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Floor: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665197	<No level>	Barra do vergalhão	Solid

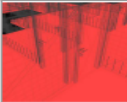
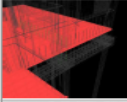
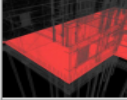
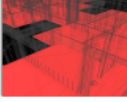
file:///C:/Users/carlo/Desktop/Mackenzie/10º semestre/TCC 2/Projetos/Coordenação e Compatibilização/Clash Detection/Test 2.html

3/401

Figura C.3 Relatório de *Clashes* (18 ao 26).  
Fonte: Autor (2019).

16/05/2019

Clash Report

	Clash27	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:-11.921, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665109	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash28	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:-12.150, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665096	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash29	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.694, y:-11.714, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665121	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash30	New	-0.613	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:14.698, y:-11.520, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 665133	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash31	New	-0.608	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:11.895, y:-2.652, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 661449	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash32	New	-0.608	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:6.787, y:-2.655, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 661069	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash33	New	-0.608	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:3.987, y:-13.333, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 661419	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash34	New	-0.608	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:13.895, y:-13.337, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 661434	<No level>	Barra do vergalhão	Solid
	Clash35	New	-0.605	Hard (Conservative)	2019/5/16 06:56	x:12.303, y:-11.401, z:0.0000000000000233	Element ID: 1044065	PAV. TÉRREO	Floor	Floors: Laje de concreto 10cm	Element ID: 661798	<No level>	Barra do vergalhão	Solid

file:///C:/Users/carlo/Desktop/Mackenzie/10º semestre/TCC 2/Projetos/Coordenação e Compatibilização/Clash Detection/Test 2.html

4/401

Figura C.4 Relatório de *Clashes* (27 ao 35).  
Fonte: Autor (2019).

## APÊNDICE D – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES COM GRÁFICO DE GANTT

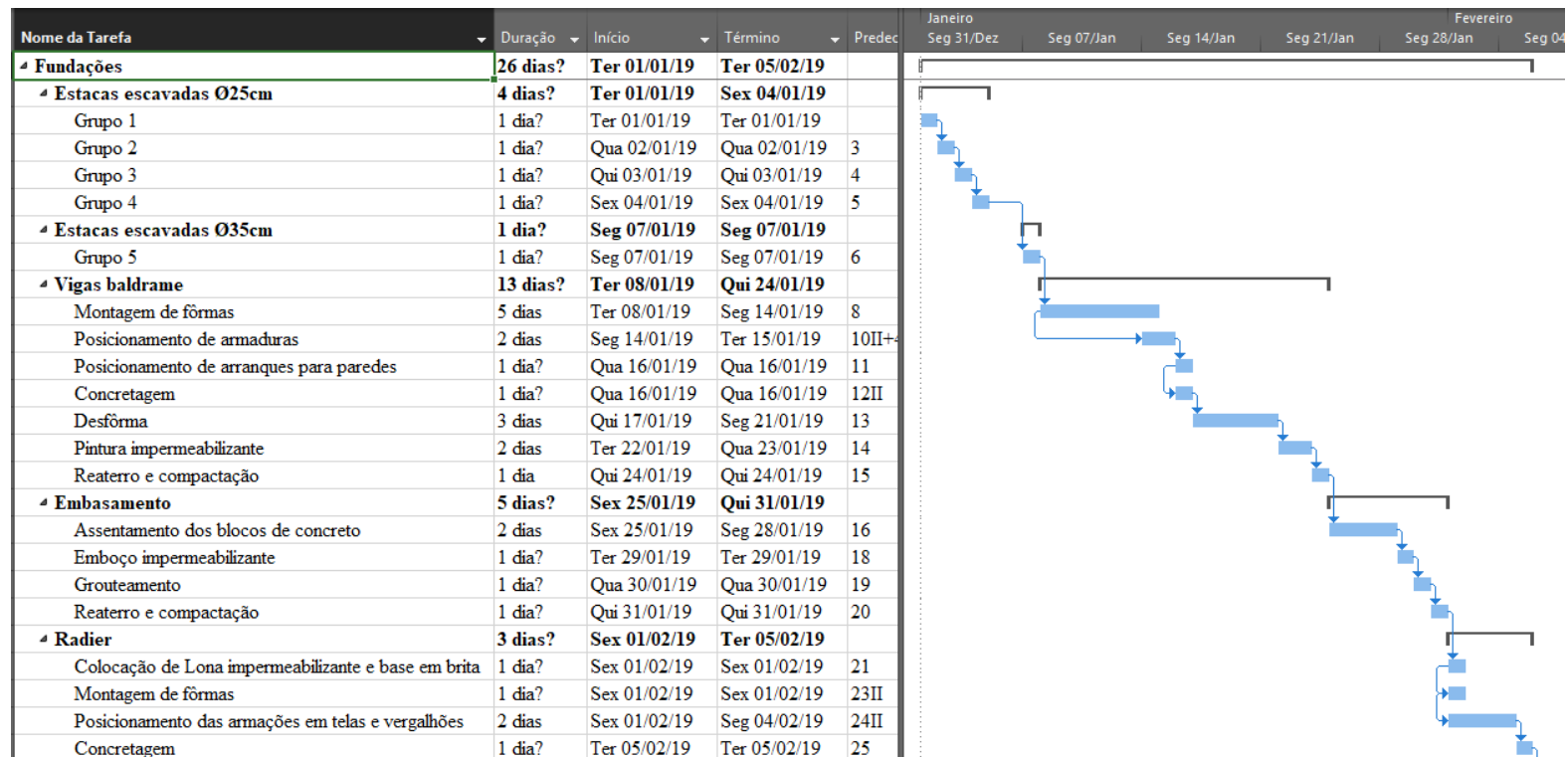


Figura D.1 Sequência executiva para fundações.

Fonte: Autor (2019).

APÊNDICE

<b>▫ Estruturas</b>	<b>45 dias?</b>	<b>Qua 06/02/19</b>	<b>Ter 09/04/19</b>	
▫ Pavimento Térreo	8 dias?	Qua 06/02/19	Sex 15/02/19	
▫ Paredes	5 dias?	Qua 06/02/19	Ter 12/02/19	
Armaduras de paredes	2 dias	Qua 06/02/19	Qui 07/02/19	26
Fôrmas de paredes	3 dias	Qui 07/02/19	Seg 11/02/19	30II+
Concretagem de paredes	1 dia?	Ter 12/02/19	Ter 12/02/19	31
▫ Laje	3 dias?	Qua 13/02/19	Sex 15/02/19	
Fôrmas de laje	1 dia?	Qua 13/02/19	Qua 13/02/19	32
Armaduras de laje	2 dias	Qua 13/02/19	Qui 14/02/19	34II
Escoramento de lajes	1 dia?	Qui 14/02/19	Qui 14/02/19	35TT
Concretagem de lajes	1 dia?	Sex 15/02/19	Sex 15/02/19	36
▫ 1º Pavimento	8 dias?	Seg 18/02/19	Qua 27/02/19	
▫ Paredes	5 dias?	Seg 18/02/19	Sex 22/02/19	
Armaduras de paredes	2 dias	Seg 18/02/19	Ter 19/02/19	37
Fôrmas de paredes	3 dias	Ter 19/02/19	Qui 21/02/19	40II+
Concretagem de paredes	1 dia?	Sex 22/02/19	Sex 22/02/19	41
▫ Laje	3 dias?	Seg 25/02/19	Qua 27/02/19	
▫ 2º Pavimento	8 dias?	Qui 28/02/19	Seg 11/03/19	
▫ Paredes	5 dias?	Qui 28/02/19	Qua 06/03/19	
Armaduras de paredes	2 dias	Qui 28/02/19	Sex 01/03/19	47
Fôrmas de paredes	3 dias	Sex 01/03/19	Ter 05/03/19	50II+
Concretagem de paredes	1 dia?	Qua 06/03/19	Qua 06/03/19	51
▫ Laje	3 dias?	Qui 07/03/19	Seg 11/03/19	
Fôrmas de laje	1 dia?	Qui 07/03/19	Qui 07/03/19	52
Armaduras de laje	2 dias	Qui 07/03/19	Sex 08/03/19	54II
Escoramento de lajes	1 dia?	Sex 08/03/19	Sex 08/03/19	55TT
Concretagem de lajes	1 dia?	Seg 11/03/19	Seg 11/03/19	56

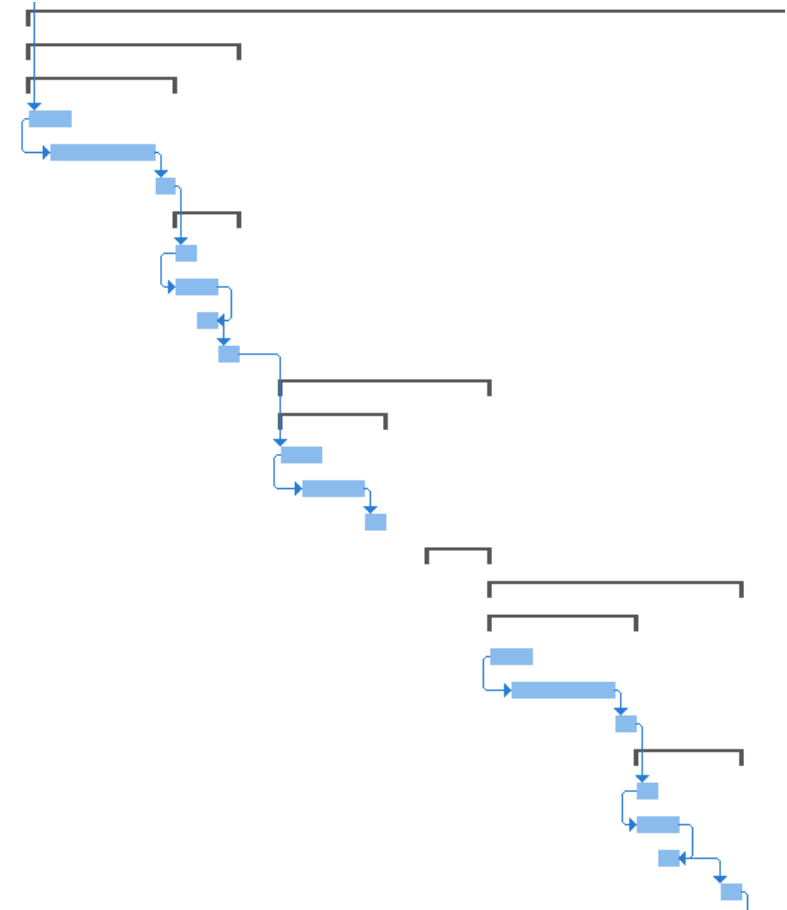


Figura D.2 Sequência executiva para estruturas (pavimento térreo ao 2º pavimento).  
Fonte: Autor (2019).

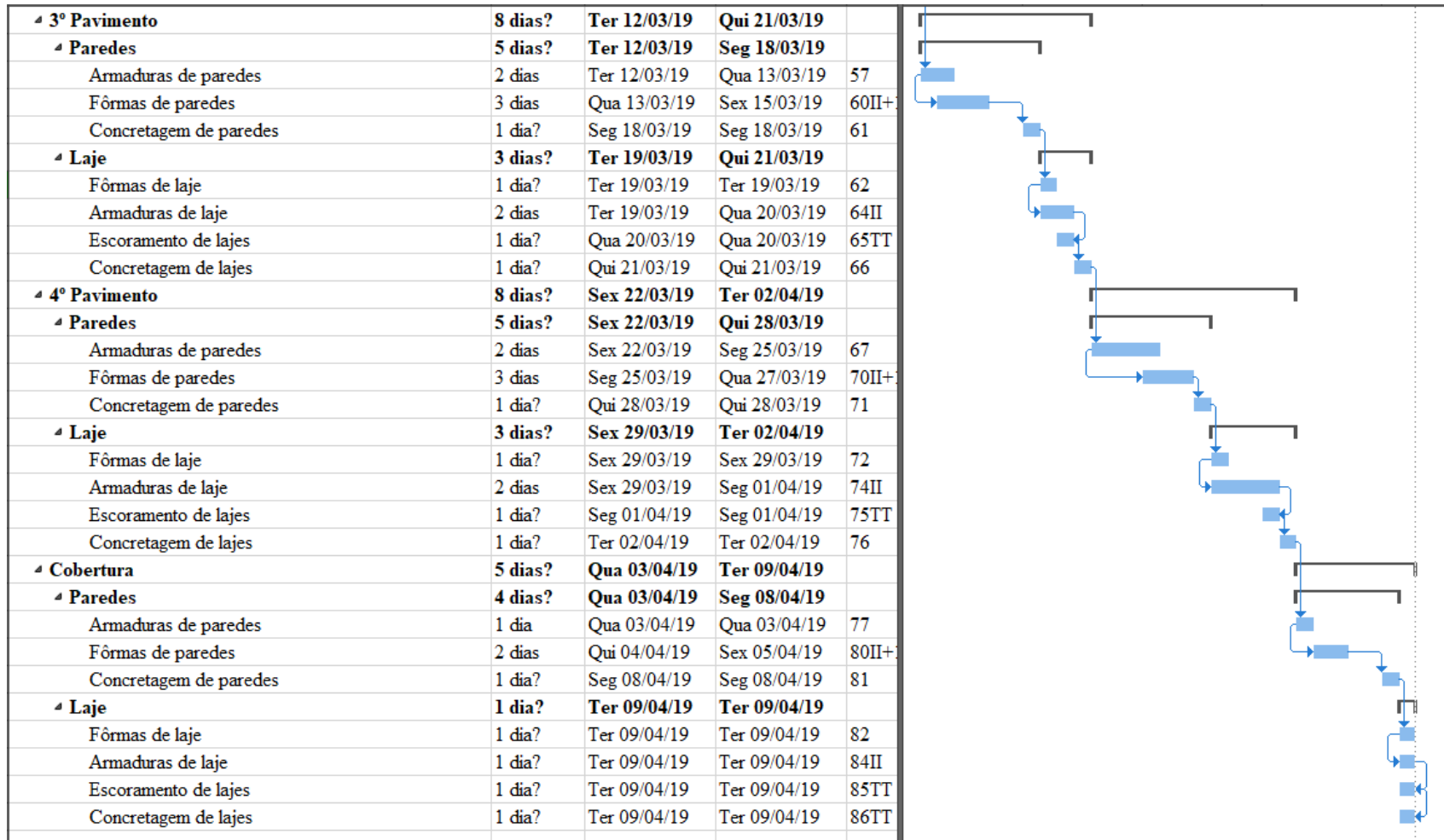


Figura D.3 Sequência executiva para estruturas (3º pavimento a Cobertura).  
 Fonte: Autor (2019).



## APÊNDICE E– ACOMPANHAMENTO FÍSICO DA CONSTRUÇÃO (SIMULAÇÃO 4D)

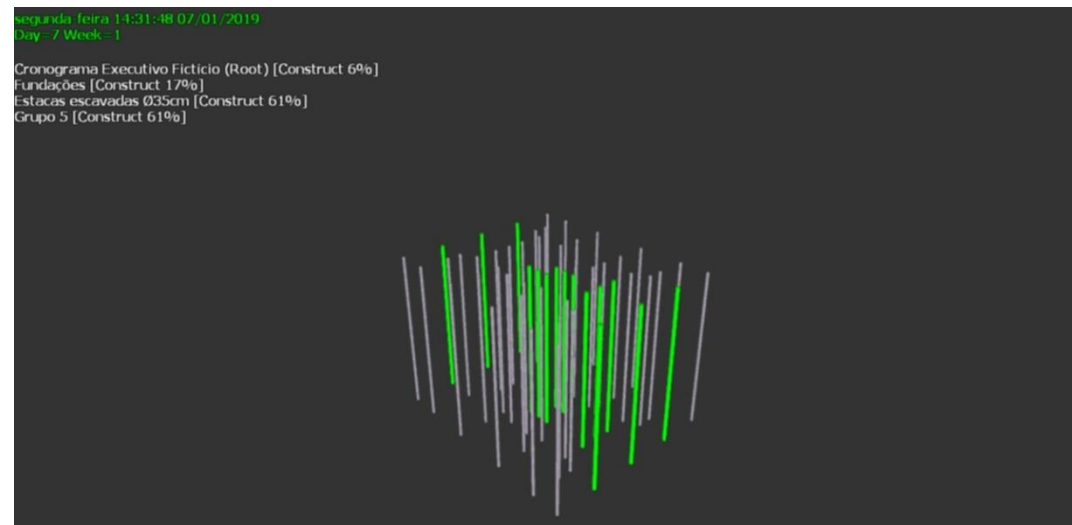


Figura E.1 Estacas em execução (verde) e estacas já executadas (cinza).  
Fonte: Autor (2019).

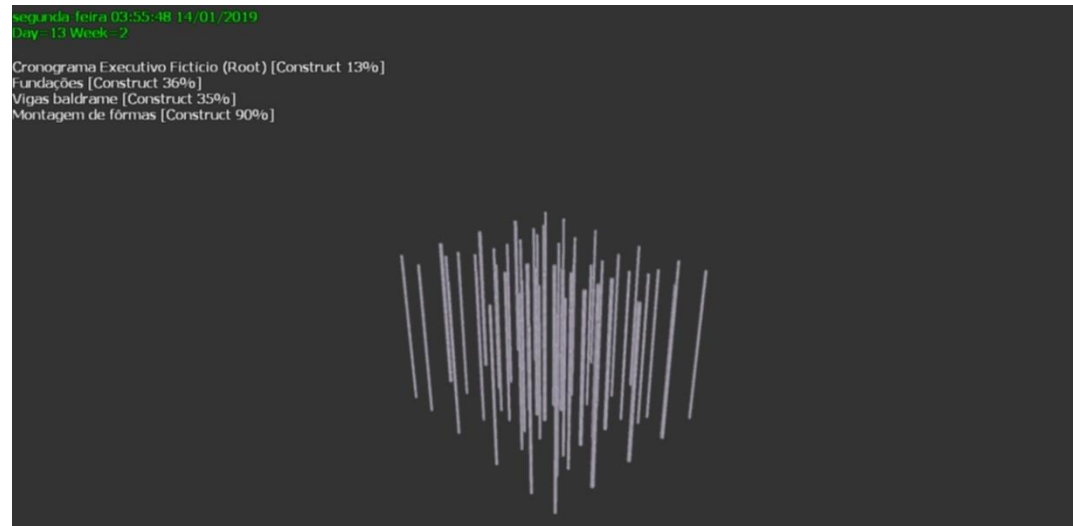


Figura E.2 Estacas totalmente executadas.  
Fonte: Autor (2019).

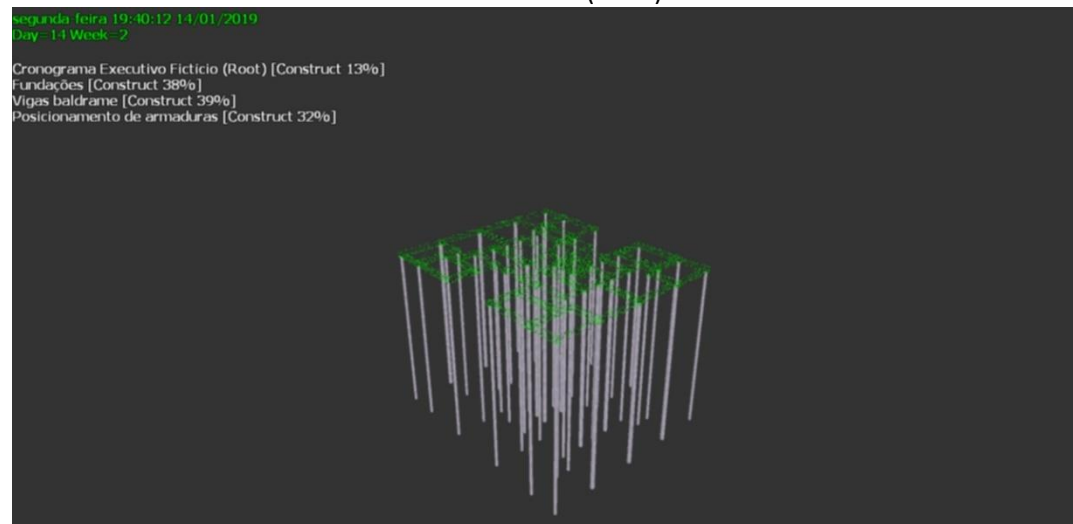


Figura E.3 Armação de vigas baldrame em execução (verde).  
Fonte: Autor (2019).

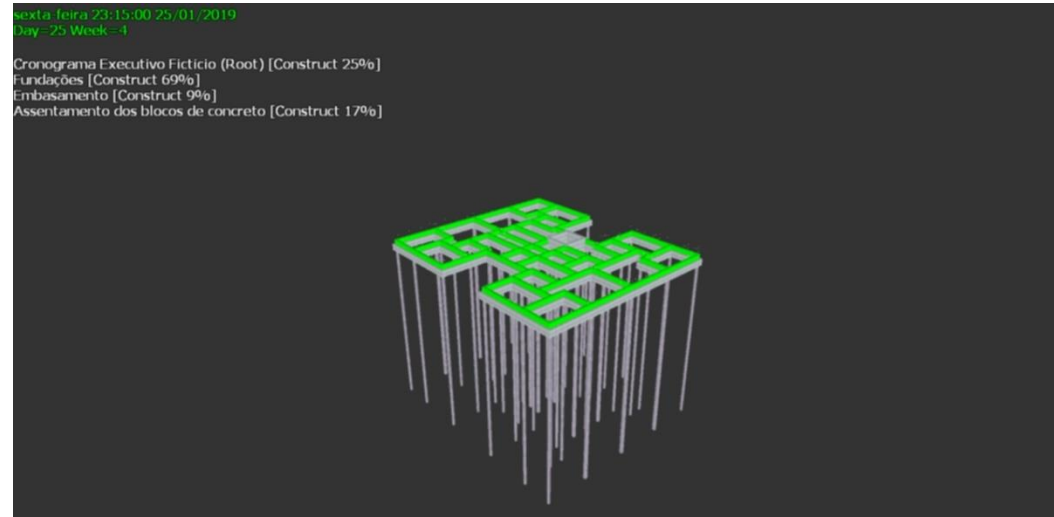


Figura E.4 Estacas e baldrame concluídos (cinza) e baldrame em execução (verde).  
Fonte: Autor (2019).

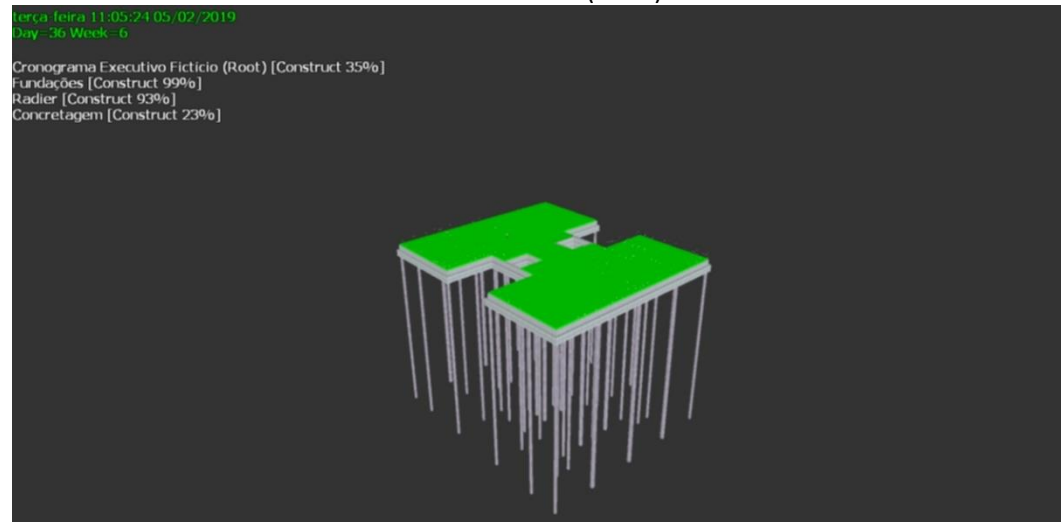


Figura E.5 Radier em execução (verde).  
Fonte: Autor (2019).

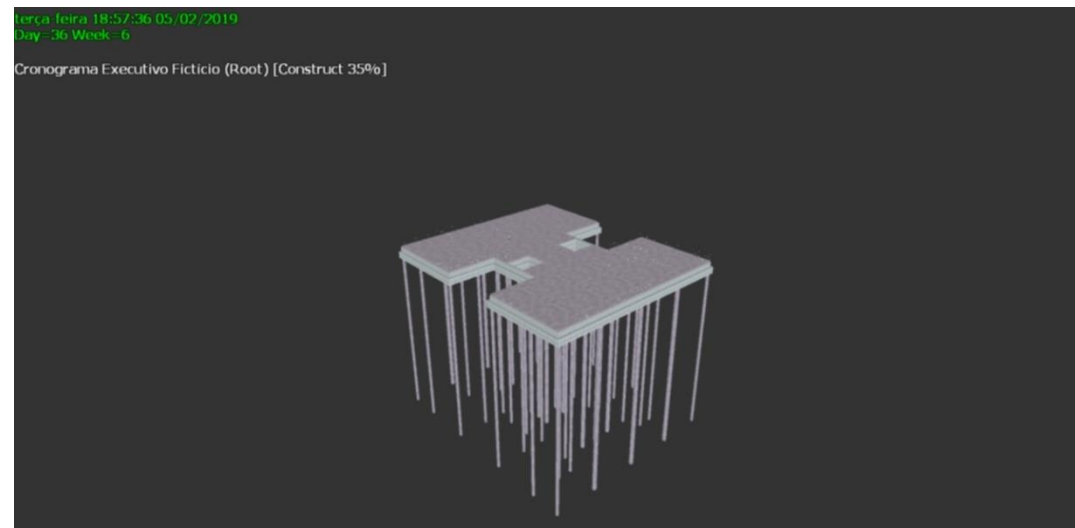


Figura E.6 Fundações concluídas.  
Fonte: Autor (2019).

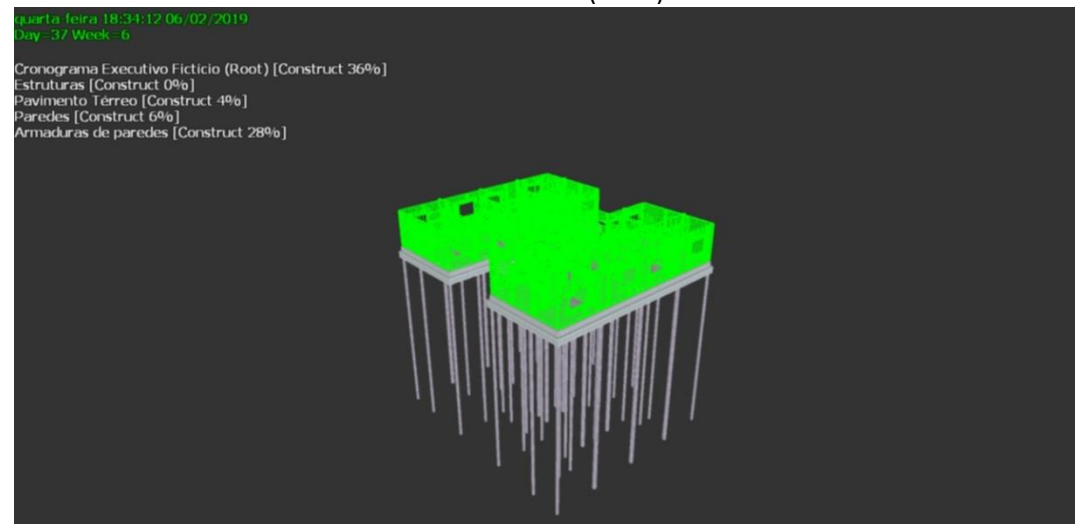


Figura E.7 Telas de paredes do pavimento térreo sendo armadas (verde).  
Fonte: Autor (2019).

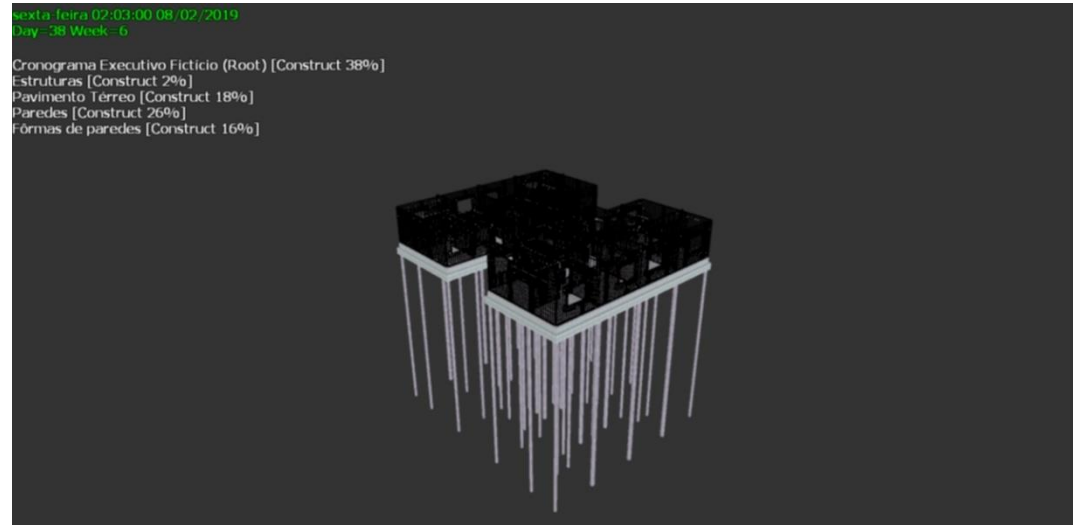


Figura E.8 Paredes do pavimento térreo completamente armadas.  
Fonte: Autor (2019).

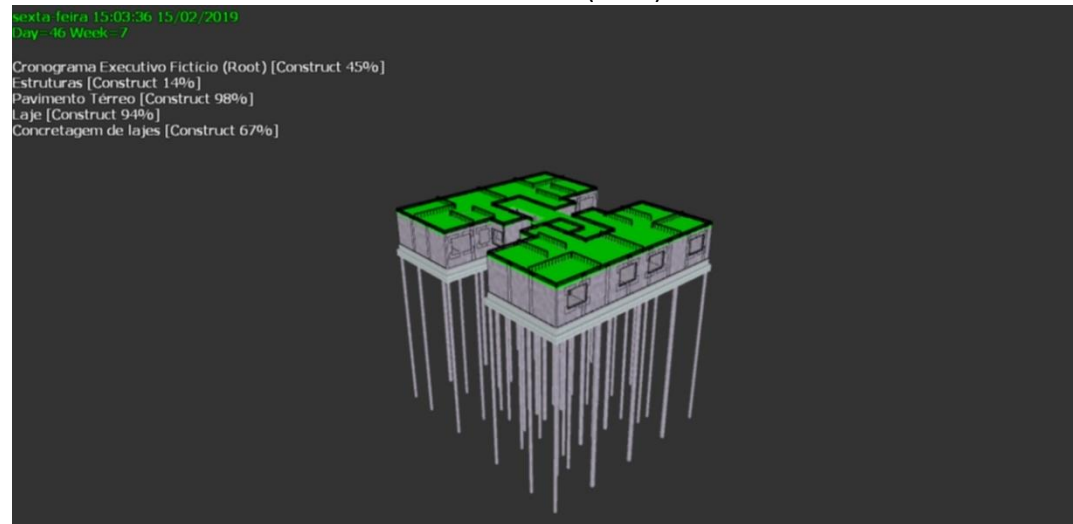


Figura E.9 Concretagem da laje do pavimento térreo em execução.  
Fonte: Autor (2019).

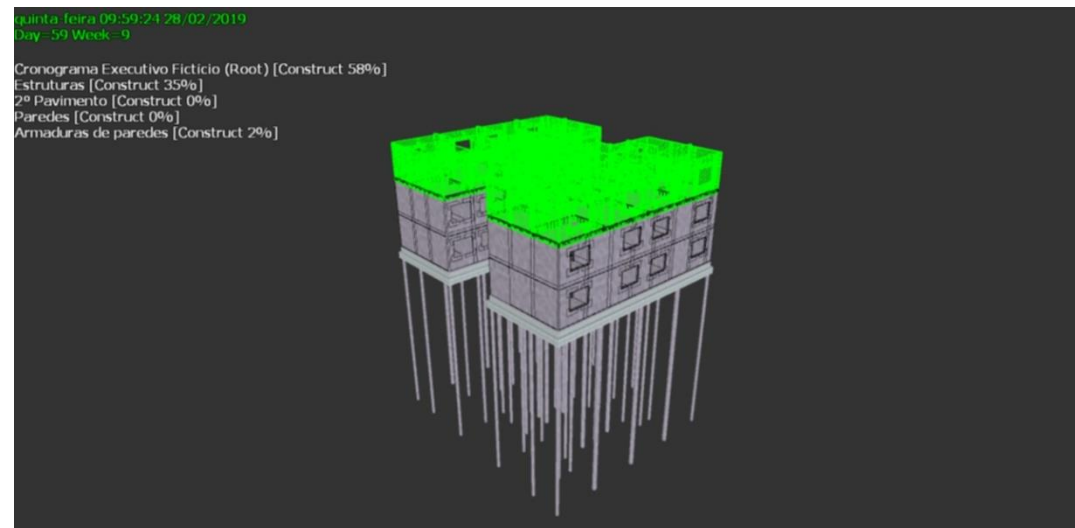


Figura E.10 Telas de paredes do 2º pavimento sendo armadas (verde).  
Fonte: Autor (2019).

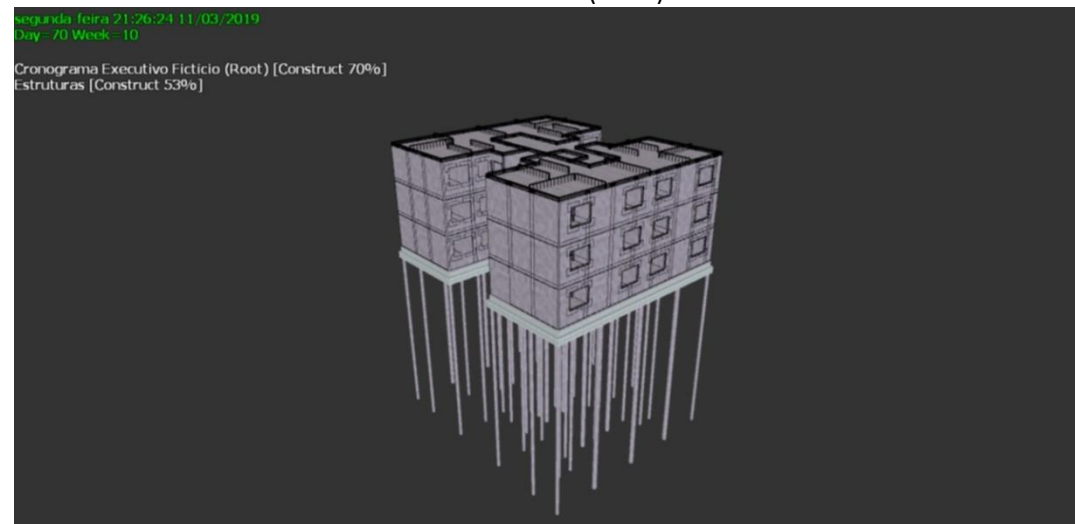


Figura E.11 Estruturas executadas até a laje do 2º pavimento.  
Fonte: Autor (2019).

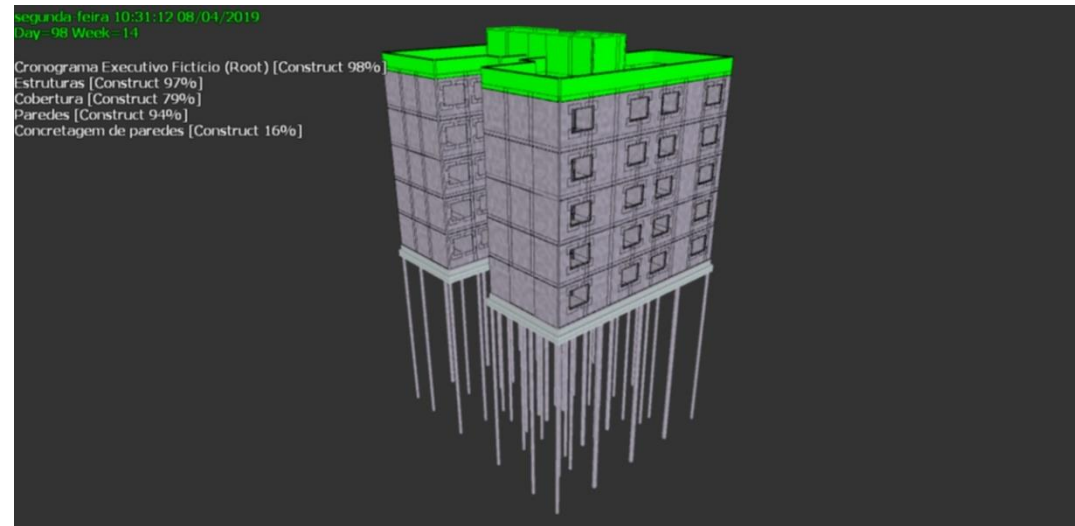


Figura E.12 Concretagem em andamento das paredes da cobertura.  
Fonte: Autor (2019).

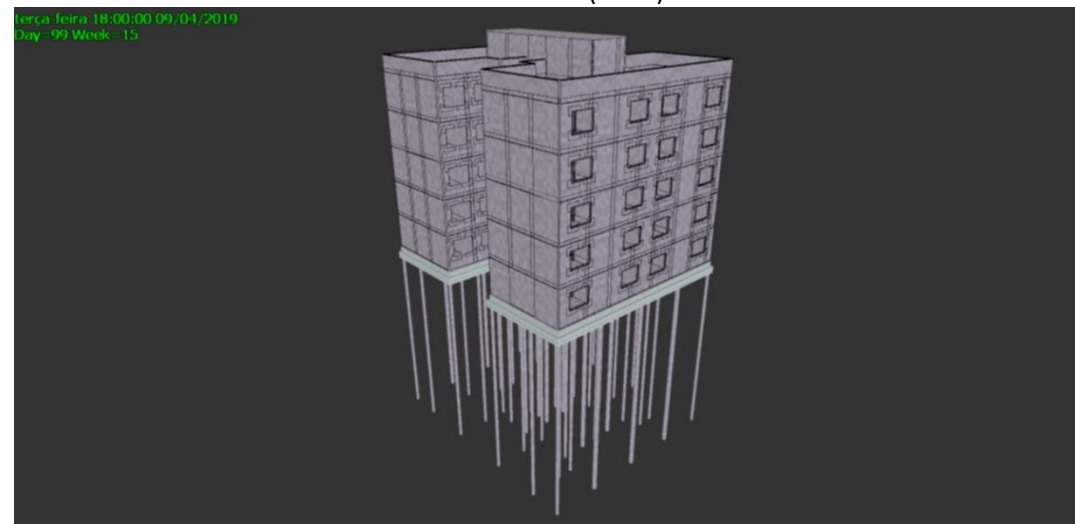


Figura E.13 Estruturas concluídas.  
Fonte: Autor (2019).



## APÊNDICE F – TABELAS DINÂMICAS

Tabela F.1 – Tabela Dinâmica de Recursos

Rótulos de Linha	ModelLength	ModelVolume	Length	Volume	Weight	Count	PrimaryQuantity
Fundações Rasas							
Vigas Baldrame							
Armações				0	0	0	2775
(vazio)							0
Concretagem							
(CHI) VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015		57,66380608		0	57,66380608	0	50
(CHP) VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015		57,66380608		0	57,66380608	0	50
(H) PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES		57,66380608		0	57,66380608	0	50
(H) SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES		57,66380608		0	57,66380608	0	50

APÊNDICE

CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C30, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	57,66380608	0	57,66380608	0	50	66,31337699	
Fôrmas							
(CHI) SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHI DIURNO. AF_08/2015	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	13,22627933
(CHP) SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHP DIURNO. AF_08/2015	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	6,252422956
(H) AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	183,484566
(H) CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	466,045988
(L) DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	2,40477806
CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE *2,2 X 1,1* M, E = 17 MM	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	142,6033389
PONTALETE DE MADEIRA NAO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	551,6560869
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 15 X 15 (1 1/4 X 13)	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	1,683344642

PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 17 X 24 (2 1/4 X 11)	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	8,416723209
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	2,40477806
SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA *2,5 X 7,5* CM (1 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	218,6161873	54,22763662	218,6161873	54,22763662	0	46	326,8093383

Fonte: Autor (2019).

Tabela F.2 – Tabela Dinâmica de Itens

Rótulos de Linha	ModelLength	ModelVolume	ModelWeight	Length	Width	Area	Volume	Count
Fundações Rasas								
Vigas Baldrame								
Armações								
10,0mm CA-50				0	0	0	0	296
12,5mm CA-50				0	0	0	0	16
6,3mm CA-50				0	0	0	0	154
8,0mm CA-50				0	0	0	0	89
(vazio)								
Concretagem		57,66380608		0	0	0	57,66380608	50
Fôrmas	218,6161873	54,22763662		218,6161873	0	240,477806	54,22763662	46

Fonte: Autor (2019).

Tabela F.3 – Tabela Dinâmica de Grupos

Rótulos de Linha	Length	Area	Volume	Weight	Count
Fundações Rasas					
Vigas Baldrame					
Armações					
10,0mm CA-50		0	0	0	296
12,5mm CA-50		0	0	0	16
6,3mm CA-50		0	0	0	154
8,0mm CA-50		0	0	0	89
(vazio)					
Concretagem		0	0	57,66380608	0
Fôrmas	218,6161873	240,477806	54,22763662	0	46

Fonte: Autor (2019).



## APÊNDICE G – CUSTOS PARA EXECUÇÃO DE VIGAS BALDRAME

Tabela G.1 – Custos de fôrmas

Insumos	Tipo	Length	Volume	Count	Primary Quantity	Custo Unitário	Custo Total
(CHI) SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHI DIURNO. AF_08/2015	EQUIP.	218,616	54,2276	46	13,2262793	<b>R\$ 28,64</b>	<b>R\$ 378,80</b>
(CHP) SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHP DIURNO. AF_08/2015	EQUIP.	218,616	54,2276	46	6,25242296	<b>R\$ 30,45</b>	<b>R\$ 402,74</b>
(H) AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	218,616	54,2276	46	183,484566	<b>R\$ 18,68</b>	<b>R\$ 247,07</b>
(H) CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	218,616	54,2276	46	466,045988	<b>R\$ 22,33</b>	<b>R\$ 295,34</b>

APÊNDICE

(L) DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	MATERIAL	218,616	54,2276	46	2,40477806	<b>R\$ 6,49</b>	<b>R\$ 85,84</b>
CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE *2,2 X 1,1* M, E = 17 MM	MATERIAL	218,616	54,2276	46	142,603339	<b>R\$ 22,10</b>	<b>R\$ 292,30</b>
PONTALETE DE MADEIRA NAO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	MATERIAL	218,616	54,2276	46	551,656087	<b>R\$ 3,21</b>	<b>R\$ 42,46</b>
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 15 X 15 (1 1/4 X 13)	MATERIAL	218,616	54,2276	46	1,68334464	<b>R\$ 11,07</b>	<b>R\$ 146,41</b>
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 17 X 24 (2 1/4 X 11)	MATERIAL	218,616	54,2276	46	8,41672321	<b>R\$ 10,19</b>	<b>R\$ 134,78</b>
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	MATERIAL	218,616	54,2276	46	2,40477806	<b>R\$ 12,34</b>	<b>R\$ 163,21</b>
SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA *2,5 X 7,5* CM (1 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	MATERIAL	218,616	54,2276	46	326,809338	<b>R\$ 1,15</b>	<b>R\$ 15,21</b>
						<b>TOTAL=</b>	<b>R\$ 2.204,16</b>

Fonte: Autor (2019).

Tabela G.2 – Custos de armaduras (6,3mm CA-50)

Insumos	Tipo	ModelWeight	Count	Primary Quantity	Custo Unitário	Custo Total
<b>ARMADURAS</b>						
<b>6,3mm CA-50</b>						
(H) AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	668,81	154		R\$ 0,89	R\$ 595,24
(H) ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	668,81	154		R\$ 3,61	R\$ 2.414,40
ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	MATERIAL	668,81	154		R\$ 0,27	R\$ 180,58
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	MATERIAL	668,81	154		R\$ 6,12	R\$ 4.093,12
ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	MATERIAL	668,81	154		R\$ 0,15	R\$ 100,32
					<b>TOTAL=</b>	<b>R\$ 7.383,66</b>

Fonte: Autor (2019).

Tabela G.3 – Custos de armaduras (8,0mm CA-50)

Insumos	Tipo	ModelWeight	Count	Primary Quantity	Custo Unitário	Custo Total
<b>ARMADURAS</b>						
<b>8,0mm CA-50</b>						
(H) AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	691,97	89		R\$ 0,68	R\$ 470,54
(H) ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	691,97	89		R\$ 2,76	R\$ 1.909,84
ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	MATERIAL	691,97	89		R\$ 0,27	R\$ 186,83
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	MATERIAL	691,97	89		R\$ 6,44	R\$ 4.456,29
ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA VERGALHO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	MATERIAL	691,97	89		R\$ 0,09	R\$ 62,28
					<b>TOTAL=</b>	<b>R\$ 7.085,77</b>

Fonte: Autor (2019).

Tabela G.4 – Custos de armaduras (10mm CA-50)

Insumos	Tipo	ModelWeight	Count	Primary Quantity	Custo Unitário	Custo Total
<b>ARMADURAS</b>						
<b>10mm CA-50</b>						
(H) AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	2692,13	296		R\$ 0,52	R\$ 1.399,91
(H) ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	2692,13	296		R\$ 2,13	R\$ 5.734,24
ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	MATERIAL	2692,13	296		R\$ 0,27	R\$ 726,88
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	MATERIAL	2692,13	296		R\$ 5,30	R\$ 14.268,29
ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	MATERIAL	2692,13	296		R\$ 0,06	R\$ 161,53
					<b>TOTAL=</b>	<b>R\$ 22.290,84</b>

Fonte: Autor (2019).

Tabela G.5 – Custos de armaduras (12,5mm CA-50)

Insumos	Tipo	ModelWeight	Count	Primary Quantity	Custo Unitário	Custo Total
<b>ARMADURAS</b>						
<b>12,5mm CA-50</b>						
(H) AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	303,99	16		R\$ 0,40	R\$ 121,60
(H) ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	303,99	16		R\$ 1,62	R\$ 492,46
ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	MATERIAL	303,99	16		R\$ 0,27	R\$ 82,08
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12,5 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	MATERIAL	303,99	16		R\$ 4,90	R\$ 1.489,55
ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	MATERIAL	303,99	16		R\$ 0,03	R\$ 9,12
					<b>TOTAL=</b>	<b>R\$ 2.194,81</b>

Fonte: Autor (2019).

Tabela G.6 – Custos de concretagem

Insumos	Tipo	Volume	Count	Primary Quantity	Custo Unitário	Custo Total
(CHI) VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	EQUIP.	57,6638	50	5,36273397	<b>R\$ 0,29</b>	<b>R\$ 1,56</b>
(CHP) VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	EQUIP,	57,6638	50	5,07441494	<b>R\$ 1,18</b>	<b>R\$ 5,99</b>
(H) PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	57,6638	50	20,9319616	<b>R\$ 24,12</b>	<b>R\$ 504,88</b>
(H) SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÃO DE OBRA	57,6638	50	31,3691105	<b>R\$ 19,79</b>	<b>R\$ 620,79</b>
CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C30, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	MATERIAL	57,6638	50	66,313377	<b>R\$ 282,76</b>	<b>R\$ 18.750,77</b>
					<b>TOTAL=</b>	<b>R\$ 19.883,99</b>

Fonte: Autor (2019).



## APÊNDICE H – ACOMPANHAMENTO DE CUSTOS DA CONSTRUÇÃO (SIMULAÇÃO 5D)

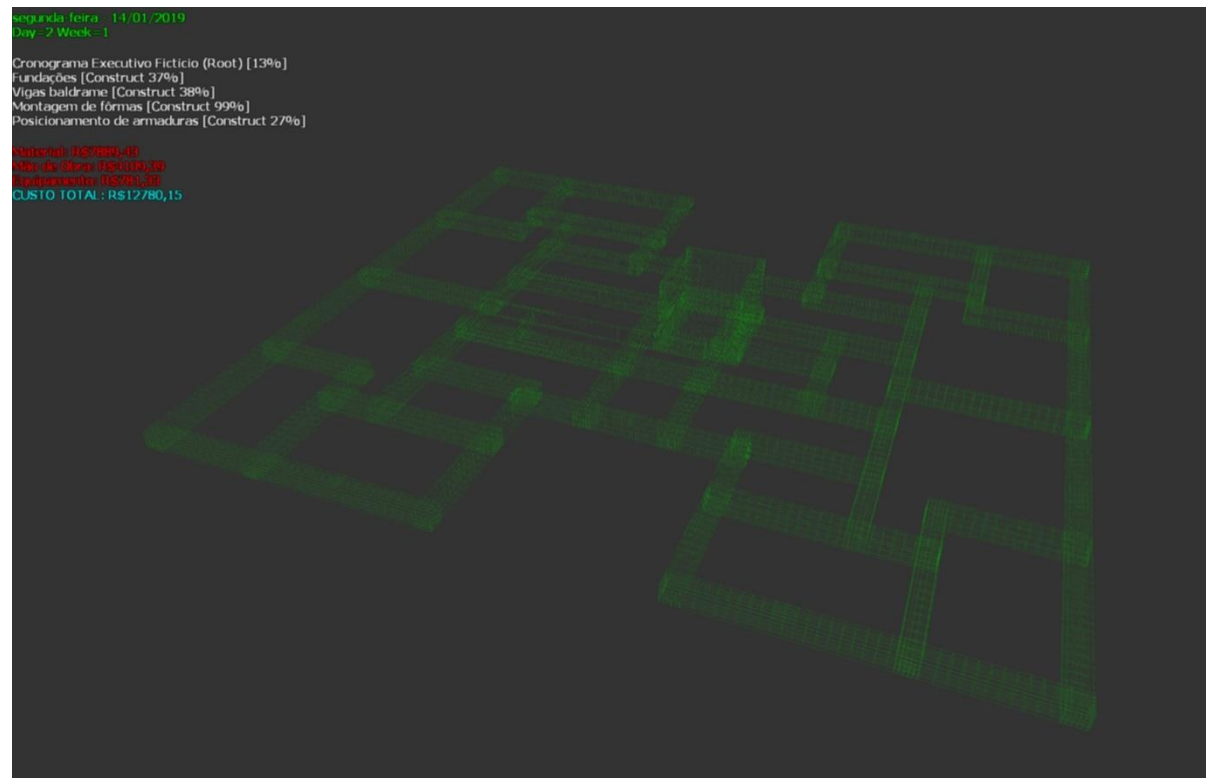


Figura H.1 Montagem de fôrmas finalizadas e início das armações (CUSTO TOTAL=R\$12.780,15).  
Fonte: Autor (2019).

APÊNDICE

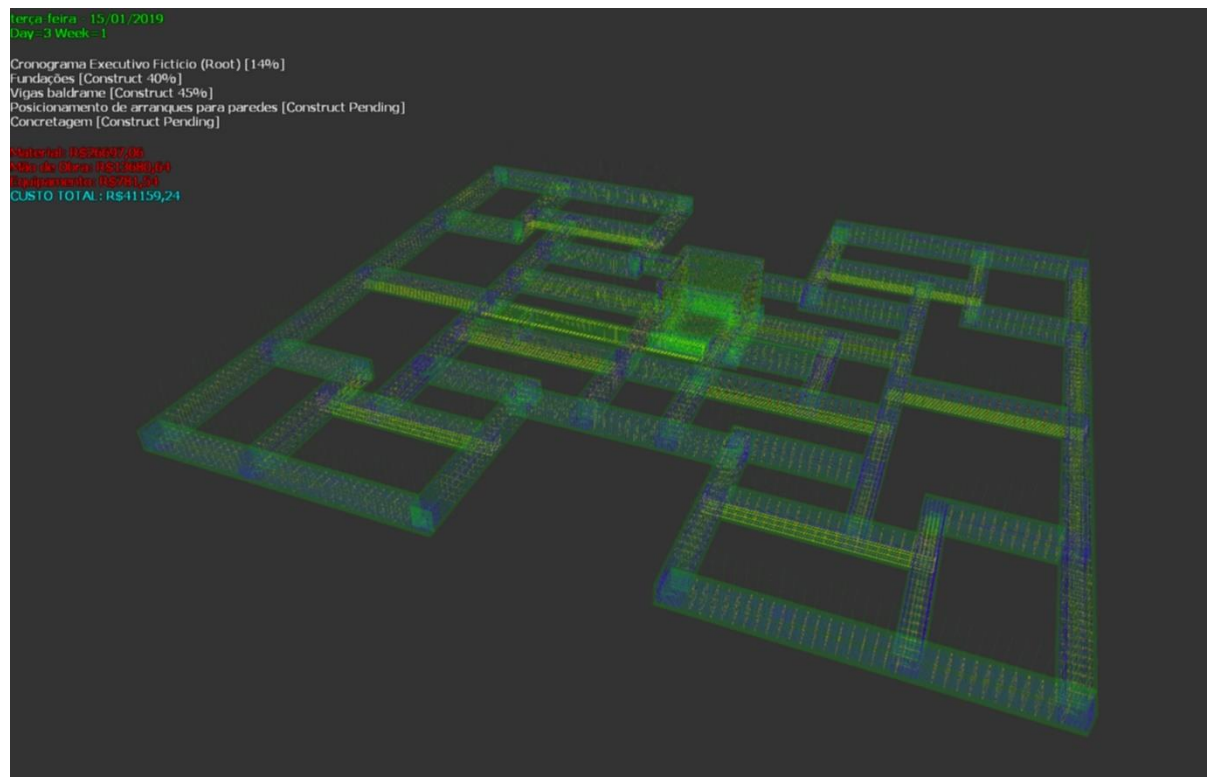


Figura H.2 Armações finalizadas e início da concretagem com posicionamento de arranques para paredes (CUSTO TOTAL = R\$41.159,24.

Fonte: Autor (2019).

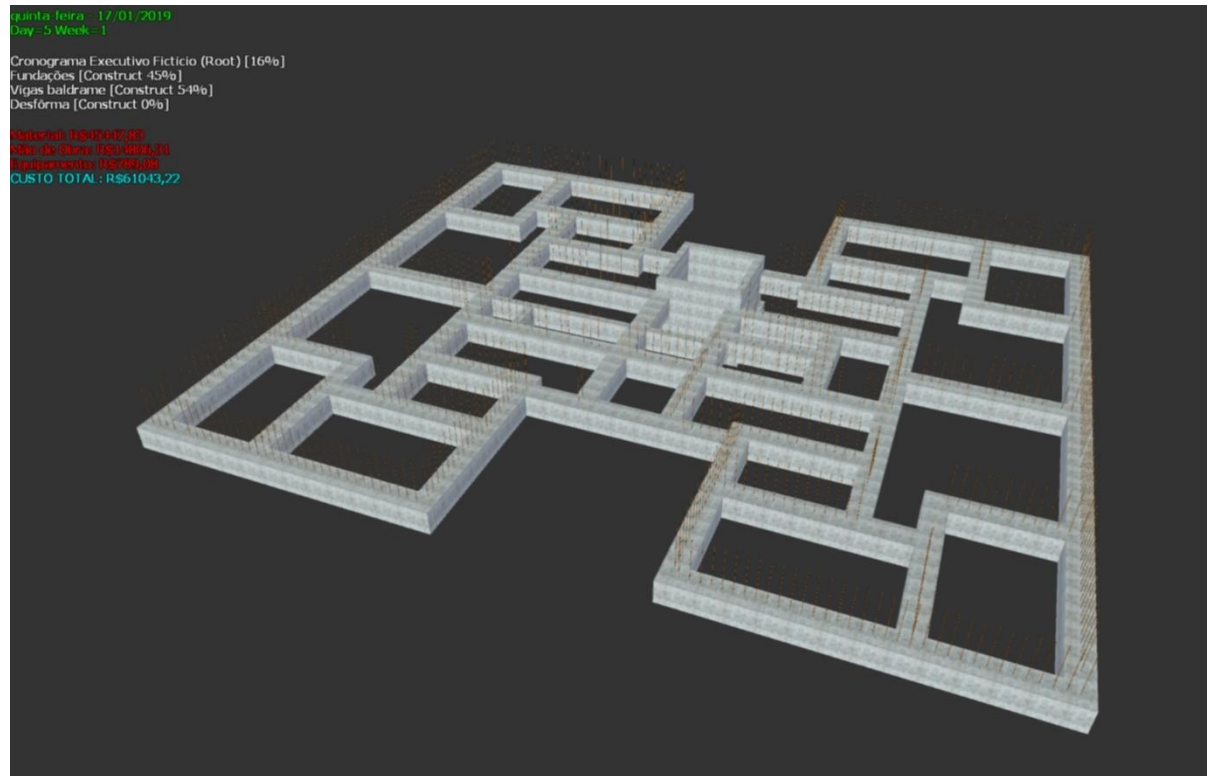
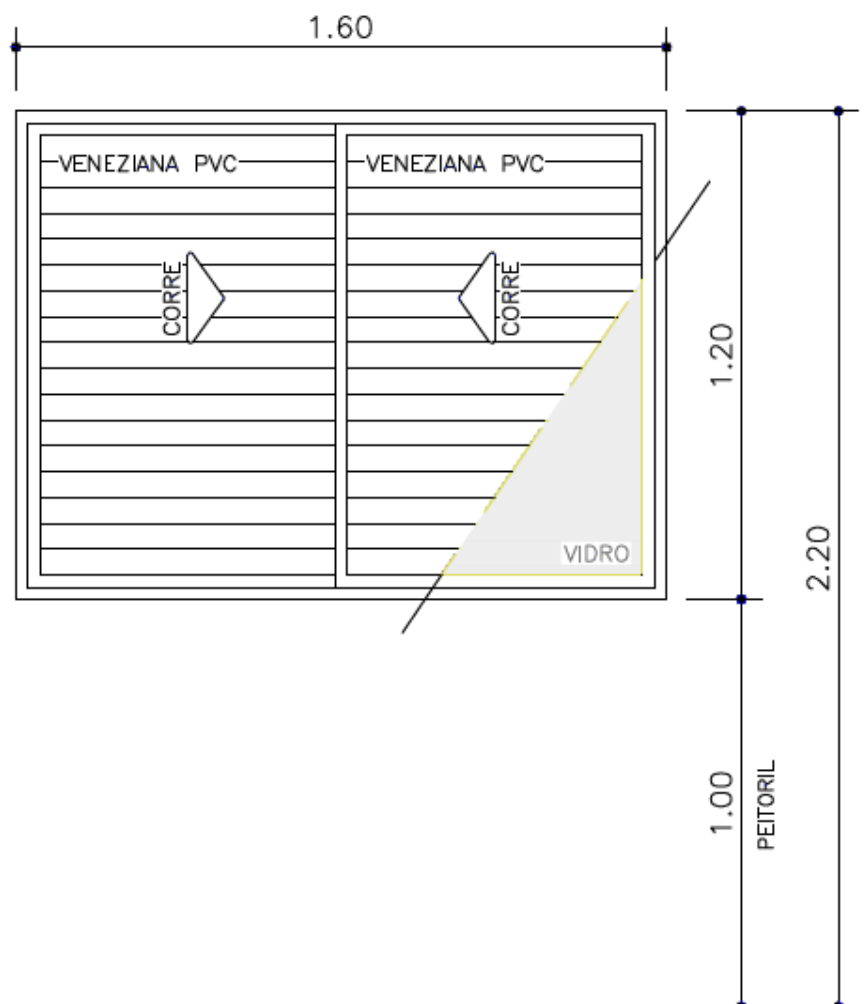


Figura H.3 Concretagem finalizada das vigas baldrame (CUSTO TOTAL = R\$61.043,22).  
Fonte: Autor (2019).

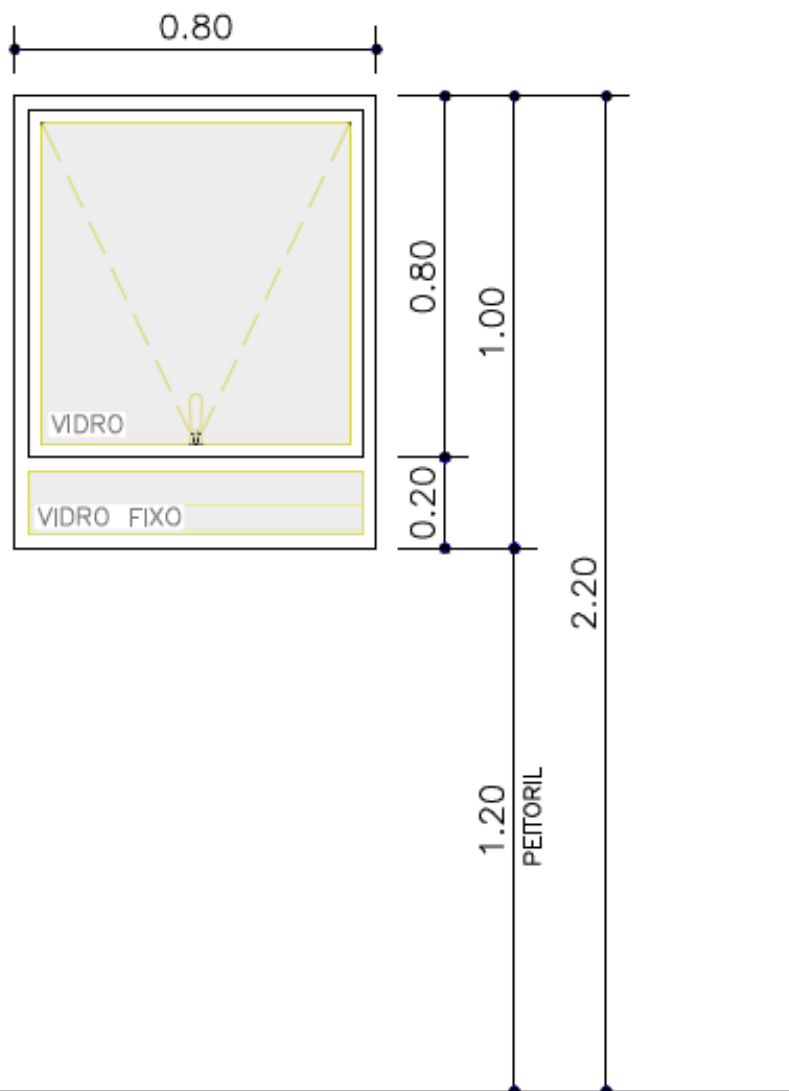


## ANEXO I – ESPECIFICAÇÃO PARA ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO



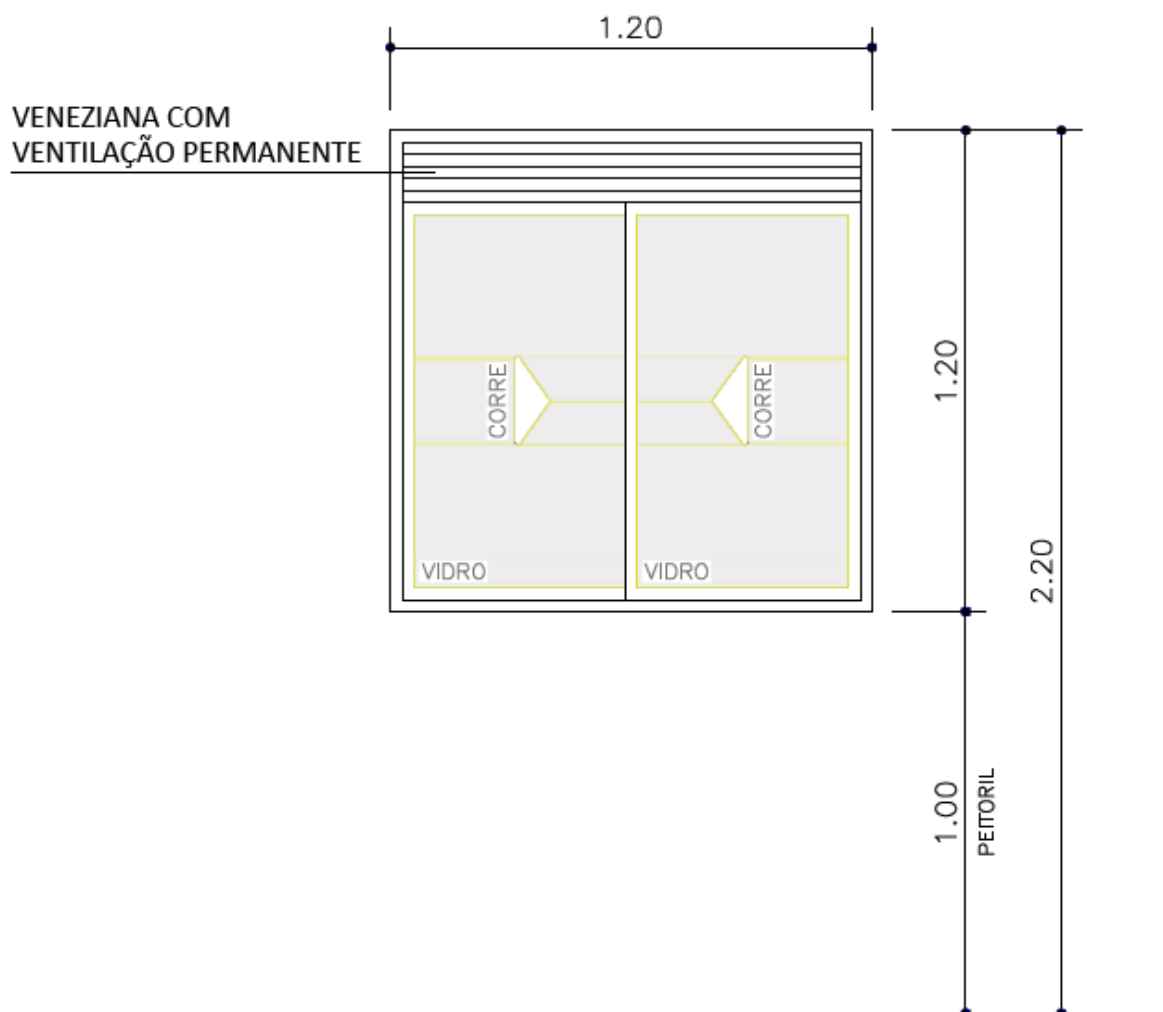
AL-01 (DORMITÓRIOS 1 e 2)
janela de alumínio, com 03 folhas móveis, sendo 02 venezianas de PVC de correr e 01 vidro liso incolor (espessura a definir), com fecho tipo concha
dimensões: 1,60x1,20/1,00m

Figura I.1 AL-01 (DORMITÓRIOS 1 E 2).  
Fonte: Autor (2019).



AL-02 (BANHOS)
janela de alumínio, com 01 folha maxim-ar e bandeira inferior fixa, com vidro fantasia, incolor (espessura a definir), com fecho a definir
dimensões: 0,80x1,00/1,20m

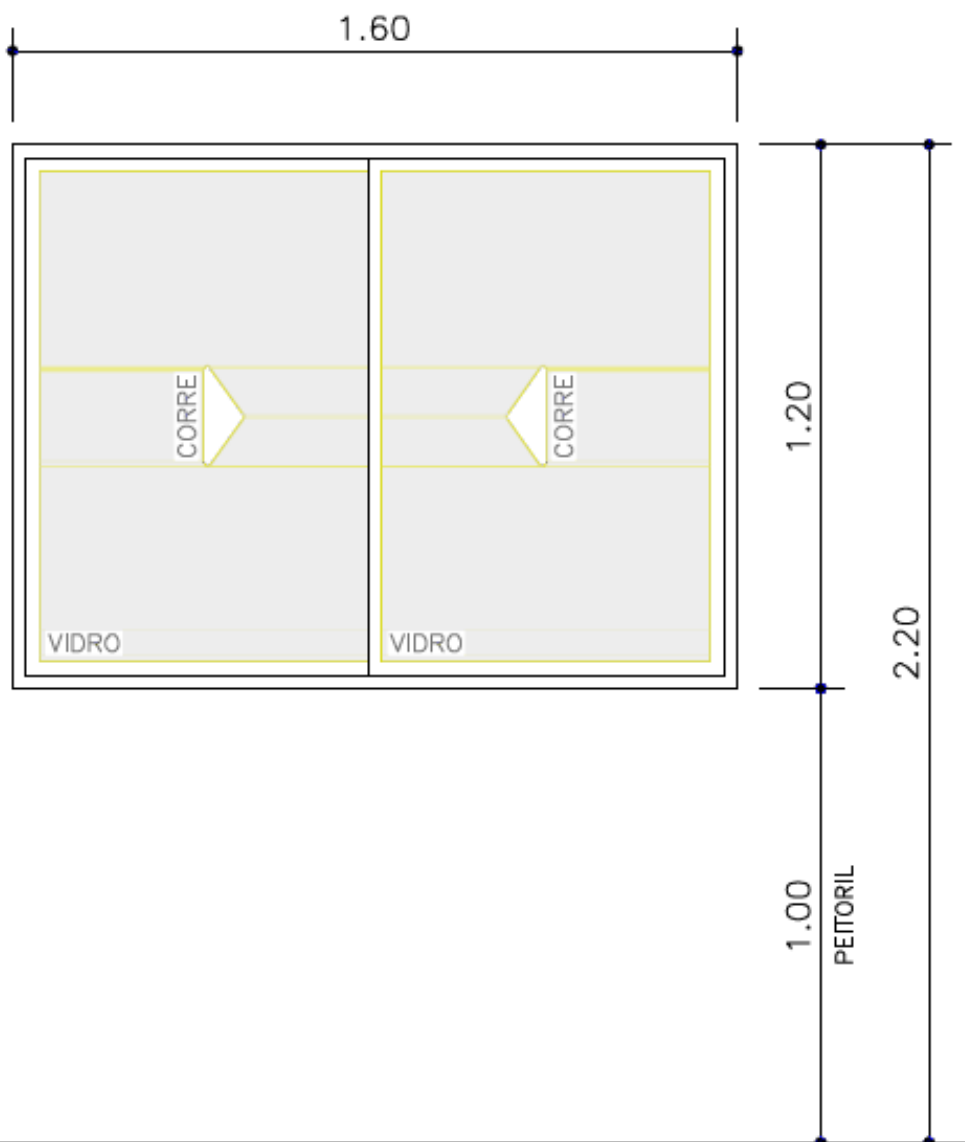
Figura I.2 AL-02 (BANHOS).  
 Fonte: Autor (2019).



AL-03 (ÁREAS DE SERVIÇOS)
janela de alumínio, com 02 folhas de correr, com vidro liso, incolor (espessura a definir), com fecho tipo concha e veneziana com ventilação permanente superior
dimensões: 1,20x1,20/1,00m

Figura I.3 AL-03 (ÁREAS DE SERVIÇOS).

Fonte: Autor (2019).



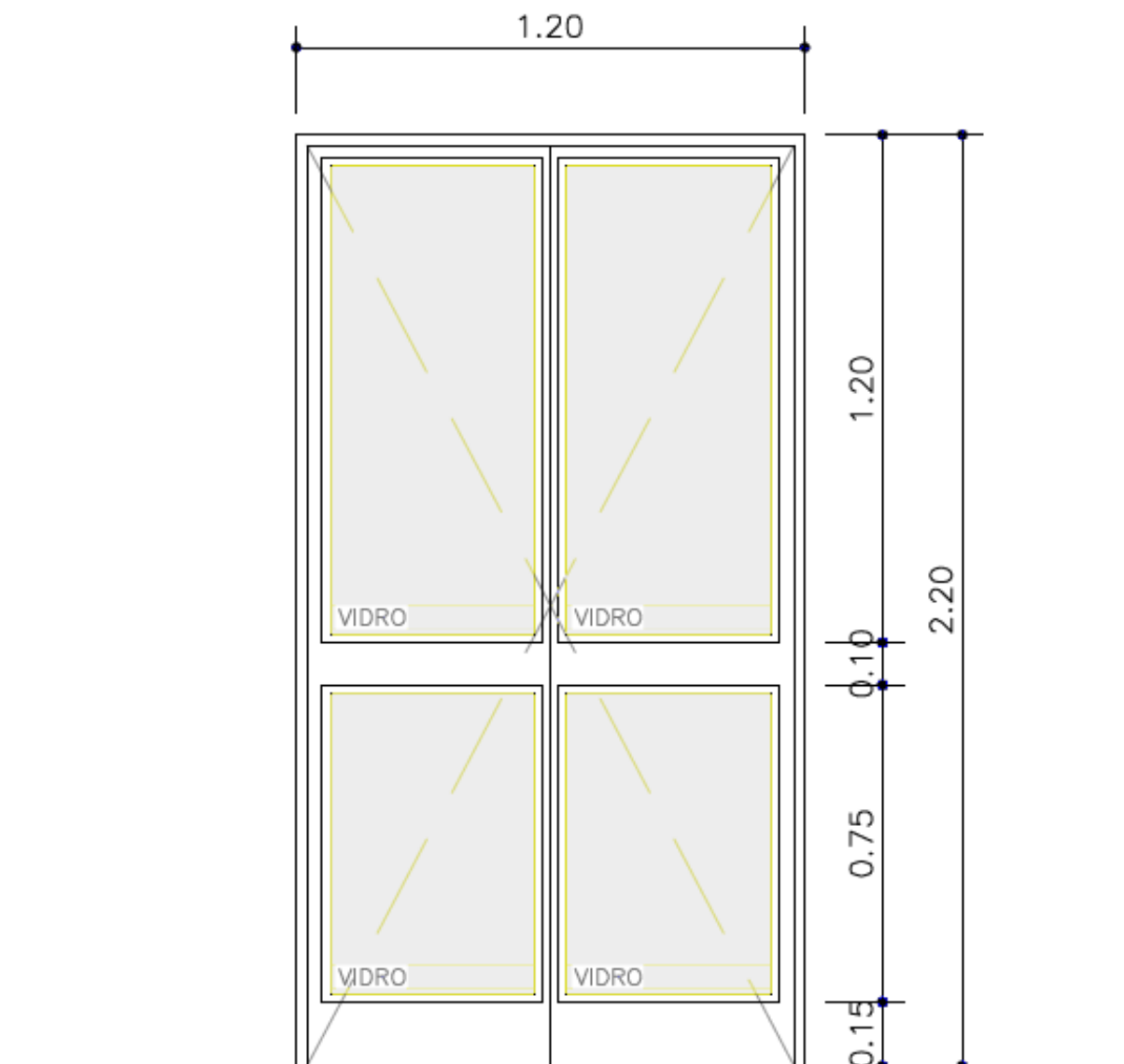
#### AL-04 (SALAS DE ESTAR/JANTAR)

janela de alumínio, com 02 folhas de correr, com vidro liso, incolor (espessura a definir), com fecho tipo concha

dimensões: 1,60x1,20/1,00m

Figura I.4 AL-04 (SALAS DE ESTAR/JANTAR).

Fonte: Autor (2019).



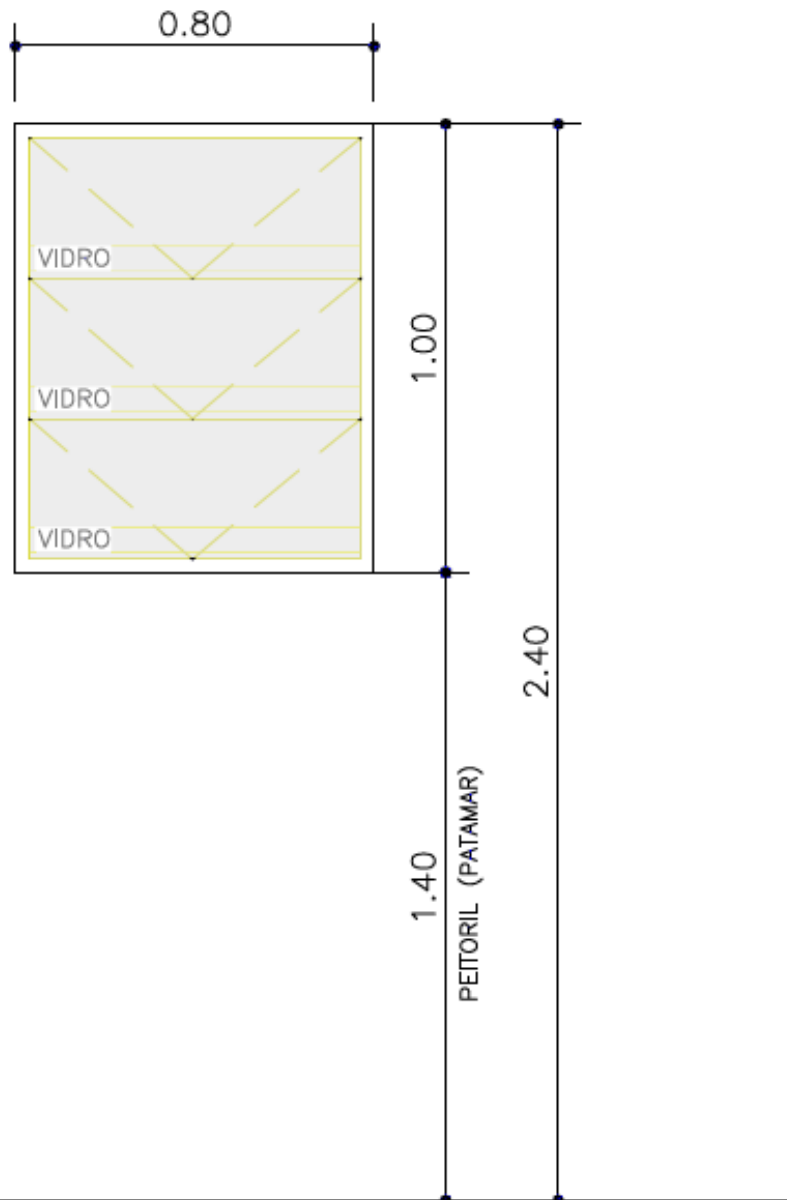
### AL-05 (ACESSO AO BLOCO/ENTRADA EXTERNA S. FESTAS)

porta de alumínio, com 02 folhas de abrir, com travessa horizontal, com fecho tipo concha ou fechadura (a definir), com vidro liso, incolor (espessura a definir)

dimensões: 1,20x2,20m

Figura I.5 AL-05 (ACESSO AO BLOCO).

Fonte: Autor (2019).



AL-08 (ESCADAS)
janela de alumínio, com básculas abertas fixas, vidro fantasia aramado, incolor (espessura a definir)
dimensões: 0,80x1,00/1,40m

Figura I.6 AL-08 (ESCADAS).  
Fonte: Autor (2019).

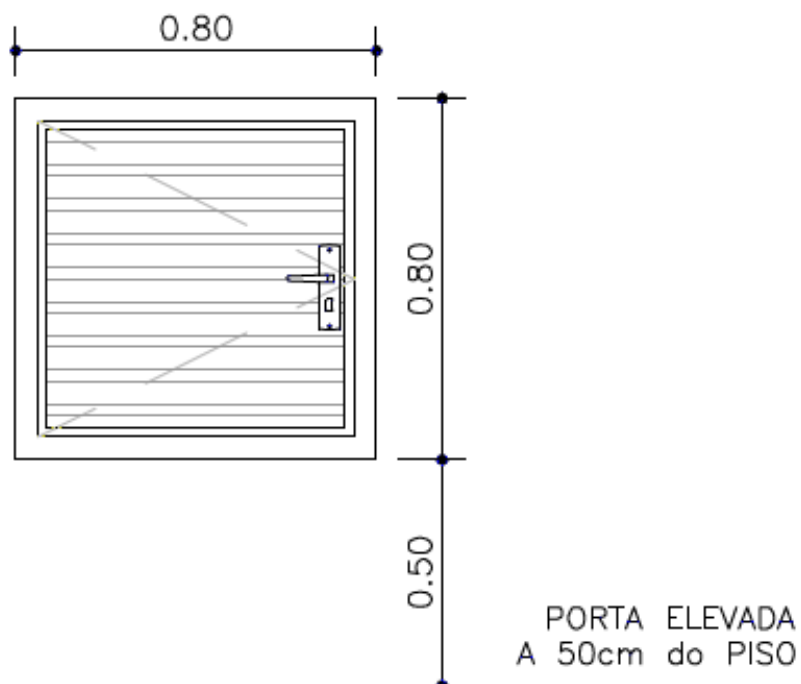
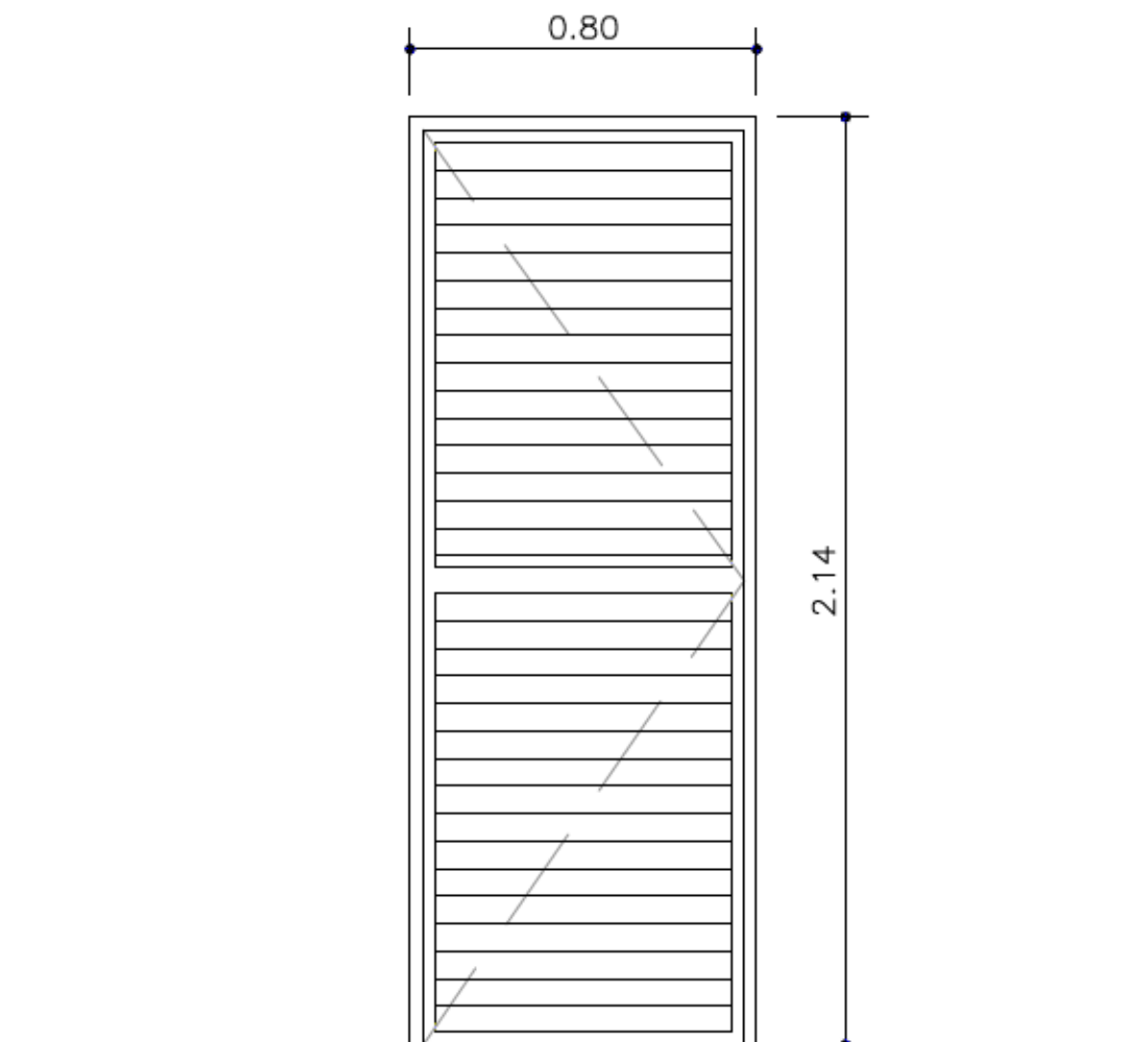


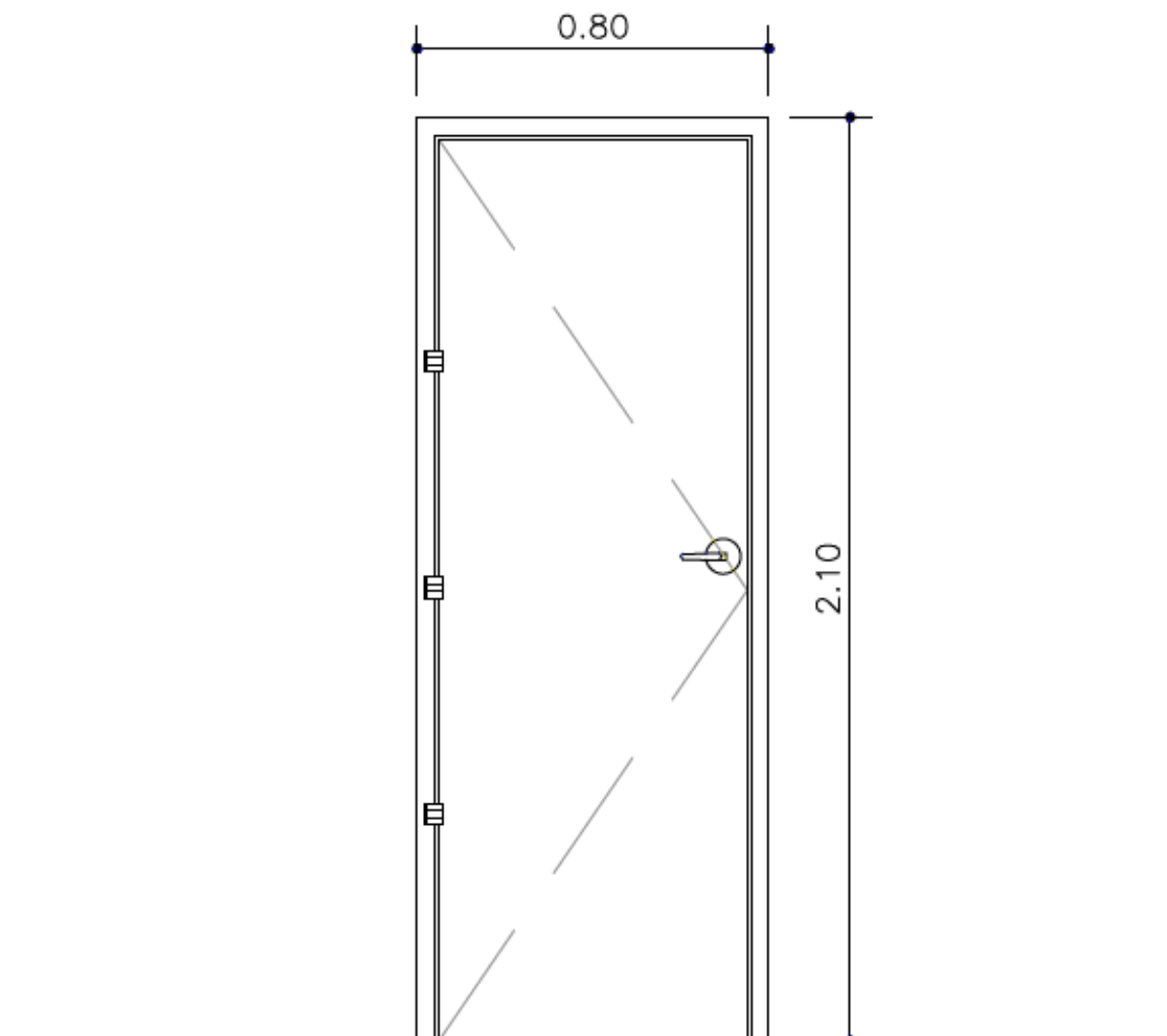
Figura I.7 AL-09 (BARRILETE).  
Fonte: Autor (2019).



<b>AL-11 (CENTRO DE MEDIÇÃO)</b>
porta e batentes de alumínio, com 01 folha de abrir, com veneziana em alumínio para ventilação permanente, com fechadura (a definir)
<b>dimensões: 0,80x2,14m</b>

Figura I.8 AL-11 (CENTRO DE MEDIÇÃO).  
Fonte: Autor (2019).

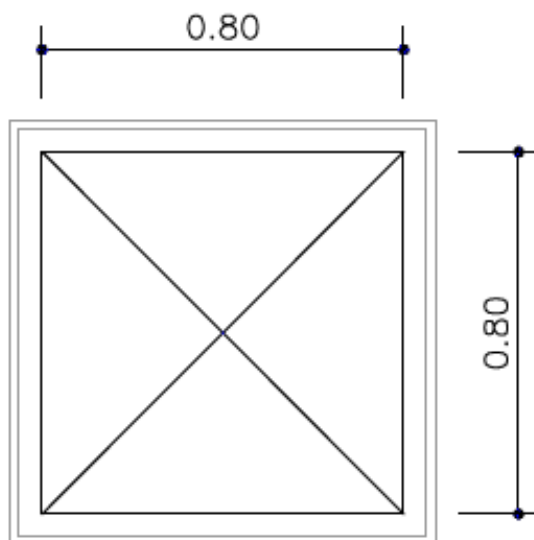
## ANEXO II – ESPECIFICAÇÃO PARA ESQUADRIAS DE FERRO



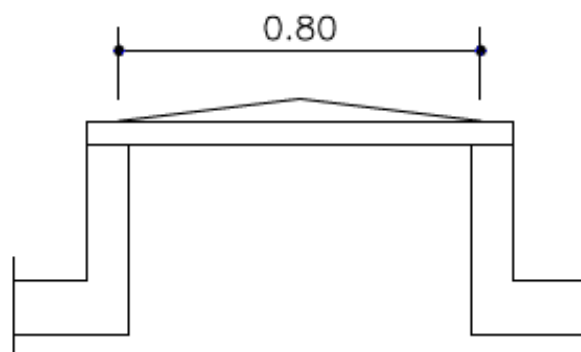
<b>FE-01 (BARRILETE)</b>
porta de ferro, com 01 folha de abrir, com fechadura com chave (a definir)
dimensões: 0,80x2,10m

Figura II.1 FE-01 (BARRILETE).  
Fonte: Autor (2019).

PLANTA

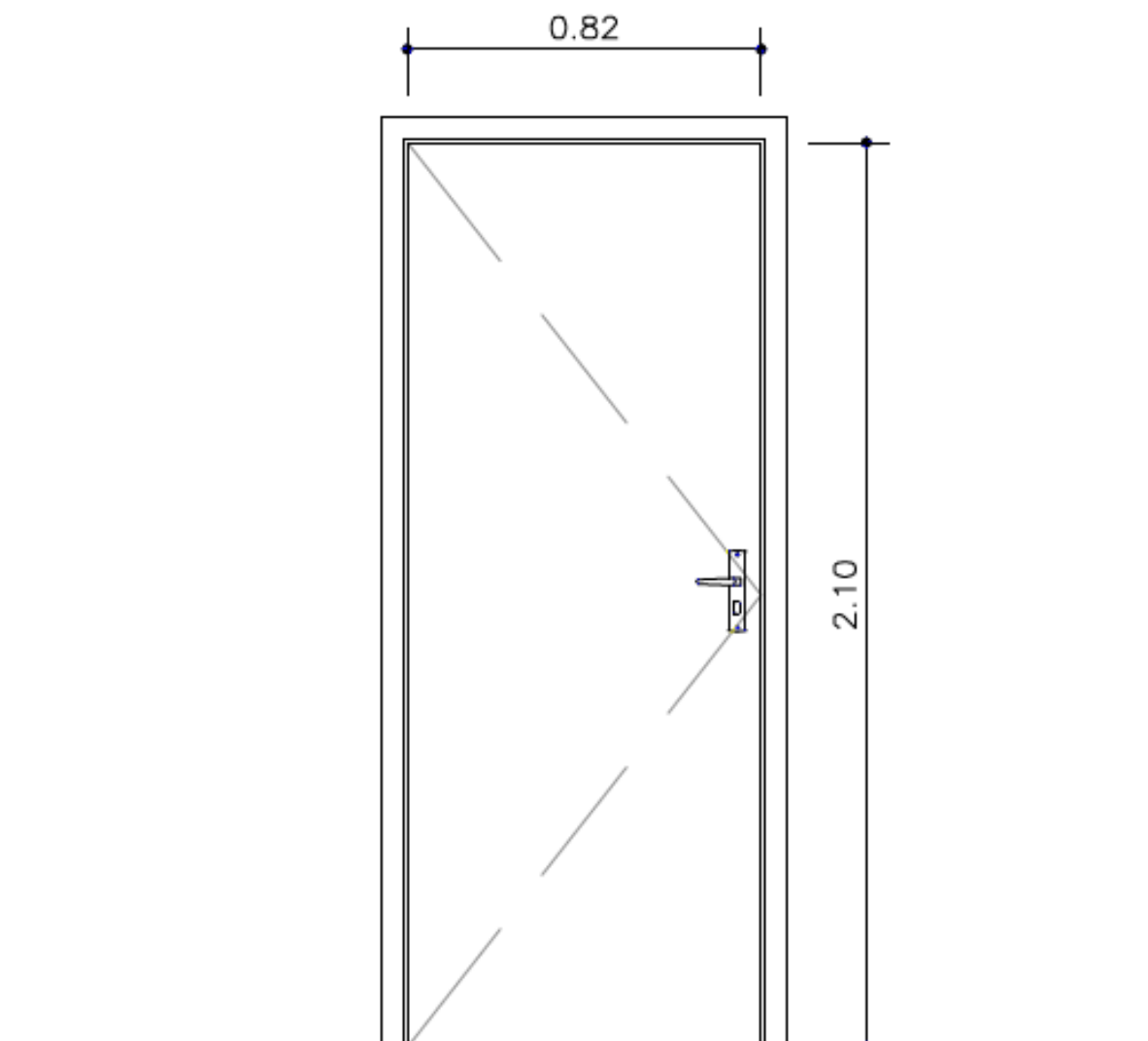


CORTE



FE-02 (RESERVATÓRIO SUPERIOR)
porta para alçapão de ferro, com 01 folha de abrir
dimensões: 0,80x0,80m

Figura II.2 FE-02 (RESERVATÓRIO SUPERIOR).  
Fonte: Autor (2019).

**ANEXO III – ESPECIFICAÇÃO PARA PORTAS DE MADEIRA**

<b>PM-02 (DORM./BANHOS/ACESSOS APTOS/W.C)</b>
porta de madeira, com 01 folha de abrir, com maçaneta e fechadura (a definir)
dimensões: 0,82x2,10m

Figura III.1 PM-02 (DORM./BANHOS/ACESSOS APTOS).  
Fonte: Autor (2019).



## ANEXO IV – TABELAS DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS (SINAPI)

Tabela IV.1 – Composição de custos SINAPI – Fôrmas (fabricação, montagem e desmontagem de fôrmas para viga baldrame)<sup>1</sup>

Tipo item	Codigo item	Descrição item	Unidade item	Origem de preço item	Coefficiente	Preco unitario
Insumo	1358	Chapa de madeira compensada resinada para forma de concreto, de *2,2 x 1,1* m, e = 17 mm	M2	Coefficiente de representatividade	0,5930000	22,1
Insumo	2692	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em agua	L	Coefficiente de representatividade	0,0100000	6,49
Insumo	4491	Pontalete de madeira nao aparelhada *7,5 x 7,5* cm (3 x 3 ") pinus, mista ou equivalente da regio	M	Coefficiente de representatividade	2,2940000	3,21

## ANEXO

Insumo	4517	Sarrafo de madeira nao aparelhada *2,5 x 7,5* cm (1 x 3 ") pinus, mista ou equivalente da regio	M	Coefficiente de representatividade	1,3590000	1,15
Insumo	5073	Prego de aco polido com cabeca 17 x 24 (2 1/4 x 11)	Kg	Coefficiente de representatividade	0,0350000	10,19
Insumo	20247	Prego de aco polido com cabeca 15 x 15 (1 1/4 x 13)	Kg	Coefficiente de representatividade	0,0070000	11,07
Insumo	40304	Prego de aco polido com cabeca dupla 17 x 27 (2 1/2 x 11)	Kg	Coefficiente de representatividade	0,0100000	12,34
Composicao	88239	Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,7630000	18,68
Composicao	88262	Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	1,9380000	22,33
Composicao	91692	Serra circular de bancada com motor elétrico potência de 5hp, com coifa para disco 10" - chp diurno. Af_08/2015	Chp	Coefficiente de representatividade	0,0260000	30,45
Composicao	91693	Serra circular de bancada com motor elétrico potência de 5hp, com coifa para disco 10" - chi diurno. Af_08/2015	Chi	Coefficiente de representatividade	0,0550000	28,64

Fonte: modificado da Caixa Econômica Federal disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_664](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664)>

Tabela IV.2 – Composição de custos SINAPI – Armação de viga baldrame (6,3mm CA-50)<sup>1</sup>

Tipo item	Código item	Descrição item	Unidade item	Origem de preço item	Coefficiente	Preço unitario
Insumo	337	Arame recozido 18 bwg, 1,25 mm (0,01 kg/m)	Kg	Coletado	0,0250000	0,27
Insumo	39017	Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plastico, para vergalhao *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	Un	Coefficiente de representatividade	1,1900000	0,15
Composicao	88238	Ajudante de armador com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,0490000	0,89
Composicao	88245	Armador com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,1510000	3,61
Composicao	92792	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 6,3 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	Kg	Coefficiente de representatividade	1,0000000	6,12

Fonte: modificado da Caixa Econômica Federal disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_664](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664)>

Tabela IV.3 – Composição de custos SINAPI – Armação de viga baldrame (8,0mm CA-50)

Tipo item	Código item	Descrição item	Unidade item	Origem de preço item	Coefficiente	Preço unitario
Insumo	337	Arame recozido 18 bwg, 1,25 mm (0,01 kg/m)	Kg	Coletado	0,0250000	0,27
Insumo	39017	Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plastico, para vergalhao *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	Un	Coefficiente de representatividade	0,7240000	0,09
Composicao	88238	Ajudante de armador com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,0375000	0,68
Composicao	88245	Armador com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,1155000	2,76
Composicao	92793	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 8,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	Kg	Coefficiente de representatividade	1,0000000	6,44

Fonte: modificado da Caixa Econômica Federal disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_664](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664)>

Tabela IV.4 – Composição de custos SINAPI – Armação de viga baldrame (10mm CA-50)

Tipo item	Código item	Descrição item	Unidade item	Origem de preço item	Coefficiente	Preço unitario
Insumo	337	Arame recozido 18 bwg, 1,25 mm (0,01 kg/m)	Kg	Coletado	0,0250000	0,27
Insumo	39017	Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plastico, para vergalhao *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	Un	Coefficiente de representatividade	0,4655000	0,06
Composicao	88238	Ajudante de armador com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,0290000	0,52
Composicao	88245	Armador com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,0890000	2,13
Composicao	92794	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 10,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	Kg	Coefficiente de representatividade	1,0000000	5,30

Fonte: modificado da Caixa Econômica Federal disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_664](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664)>

Tabela IV.5 – Composição de custos SINAPI – Armação de viga baldrame (12,5mm CA-50)

Tipo item	Código item	Descrição item	Unidade item	Origem de preço item	Coefficiente	Preço unitario
Insumo	337	Arame recozido 18 bwg, 1,25 mm (0,01 kg/m)	Kg	Coletado	0,0250000	0,27
Insumo	39017	Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plastico, para vergalhao *4,2 a 12,5* mm, cobertura 20 mm	Un	Coefficiente de representatividade	0,3060000	0,03
Composicao	88238	Ajudante de armador com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,0220000	0,40
Composicao	88245	Armador com encargos complementares	H	Coefficiente de representatividade	0,0680000	1,62
Composicao	92795	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 12,5 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	Kg	Coefficiente de representatividade	1,0000000	4,90

Fonte: modificado da Caixa Econômica Federal disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_664](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664)>

Tabela IV.6 – Composição de custos SINAPI – Concretagem (lançamento, adensamento e acabamento de concreto para vigas baldrame) por m<sup>3</sup>

Tipo item	Código item	Descrição item	Unidade item	Origem de preço item	Coeficiente	Preço unitario
Insumo	1525	Concreto usinado bombeavel, classe de resistencia c30, com brita 0 e 1, slump = 100 +/- 20 mm, inclui servico de bombeamento (nbr 8953)	M3	Coeficiente de representatividade	1,1500000	282,76
Composicao	88309	Pedreiro com encargos complementares	H	Coeficiente de representatividade	0,3630000	24,12
<u>Composicao</u>	<u>88316</u>	<u>Servente com encargos complementares</u>	<u>H</u>	<u>Coeficiente de representatividade</u>	<u>0,5440000</u>	<u>19,79</u>
Composicao	90586	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. Af_06/2015	Chp	Coeficiente de representatividade	0,0880000	1,18
Composicao	90587	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. Af_06/2015	Chi	Coeficiente de representatividade	0,0930000	0,29

Fonte: modificado da Caixa Econômica Federal disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_664](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664)>.