

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-graduação em Construção Civil

Leandro Dias Viana

**COMPARATIVO DE CUSTOS DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS *WOOD*
FRAME E CONCRETO ARMADO
PARA EDIFÍCIO UTILIZANDO BIM 5D**

Belo Horizonte

Setembro/2020

Leandro Dias Viana

**Comparativo de custos dos sistemas construtivos *wood frame* e concreto armado
para edifício utilizando BIM 5D**

Versão final

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de Concentração: Tecnologia na Construção Civil

Linha de Pesquisa: Gestão na Construção Civil

Orientadora:

Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira

Coorientadores:

Profa. Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Prof. Dr. Eduardo Chahud

Belo Horizonte

2020

V614c	<p>Viana, Leandro Dias. Comparativo de custos dos sistemas construtivos wood frame e concreto armado para edifício utilizando BIM 5D [recurso eletrônico] / Leandro Dias Viana. – 2020. 1 recurso online (112 f. : il., color.) : pdf. Orientadora: Danielle Meireles de Oliveira. Coorientadores: Sidnea Eliane Campos Ribeiro, Eduardo Chahud.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Apêndices: f. 85-112.</p> <p>Bibliografia: f. 80-84. Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Construção civil - Teses. 2. Modelagem de informação da construção - Teses. 3. Estruturas de madeira (Construção civil) - Teses. 4. Orçamento - Teses. I. Oliveira, Danielle Meireles de. II. Ribeiro, Sidnéa Eliane Campos. III. Chahud, Eduardo. IV. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. V. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 69(043)</p>
-------	---

LEANDRO DIAS VIANA

**"COMPARATIVO DE CUSTOS DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS WOOD
FRAME E CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIO UTILIZANDO BIM 5D"**

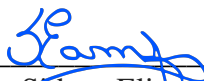
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Mestrado em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 09 de setembro de 2020.

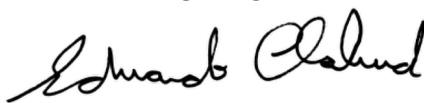
BANCA EXAMINADORA



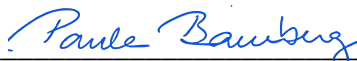
Prof^ª. Dra. Danielle Meireles de Oliveira
(Orientadora)
UFMG



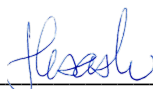
Prof^ª. Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro
(Coorientadora)
UFMG



Prof. Dr. Eduardo Chahud
(Coorientador)
UFMG



Prof^ª. Dra. Paula Bamberg
UFMG



Prof. Dr. Hisashi Inoue
UFSJ

Os referidos membros e o aluno participaram da defesa por meio de videoconferência.

Dedico este trabalho a ...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois se não fosse Ele sequer eu existiria ou estaria vivo para realizar este trabalho. Toda honra e toda a glória para o Senhor!

Agradeço à minha mãe Waldênia, pelo amor incondicional, por ter investido na minha educação e formação profissional e pessoal, pela disponibilidade e por estar sempre presente na minha vida.

À minha esposa Isabel, pelo amor, carinho, dedicação, companheirismo, apoio nos momentos de stress e fadiga mental e suporte com as coisas de casa e do nosso filho.

Ao meu filho João Lucas, pela alegria, brincadeiras, passeios divertidos que me fazem esquecer o stress do dia a dia e por conseguir me levar de volta à infância.

Ao meu irmão Renato pela amizade, companheirismo, apoio e ajudas nos momentos em que precisei.

Ao restante da minha família, aos amigos e a todos aqueles que possam, de alguma forma, ter contribuído para realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) por ser minha casa acadêmica desde a graduação e também o meu local de trabalho nos últimos 5 anos, pelas amizades e relacionamentos profissionais proporcionados e pela estrutura oferecida.

Ao Departamento de Engenharia de Materiais e Construção por possibilitar que eu alcançasse mais este objetivo na minha vida.

Aos professores Dra. Danielle Meireles de Oliveira pela orientação, Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro e Dr. Eduardo Chahud pela coorientação, paciência, disponibilidade, principalmente pela contribuição na minha formação como pesquisador e por ter batalhado junto comigo para viabilizar esta pesquisa.

Resumo

Esta dissertação trata da comparação dos custos de construção dos sistemas construtivos *wood frame* e estrutura convencional em concreto armado e alvenaria utilizando BIM 5D. O sistema *wood frame* consiste no desenvolvimento de paredes estruturais com montantes de madeira, geralmente de pinus, com fechamento e travamento e chapa de tiras de madeira orientada (*Oriented Strand Board* – OSB). O objetivo principal deste trabalho é analisar a viabilidade econômica da utilização do sistema construtivo *wood frame* para construção de edifícios no Brasil em detrimento ao método construtivo convencional em concreto armado e alvenaria. É desenvolvida a modelagem da informação da construção (*Building Information Modeling* – BIM) do projeto de um edifício de três pavimentos em ambos os sistemas construtivos e elaborado o orçamento dos mesmos por meio da metodologia BIM 5D para realizar a comparação de *custos*. Como resultado é apresentada uma análise comparativa sobre a viabilidade econômica da utilização desta alternativa construtiva no país em relação ao sistema construtivo convencional, fornecendo assim base científica para sua maior implementação. Resultados dos benefícios alcançados pela utilização do BIM para extração de quantitativos para orçamento com o *software* Revit e simulação da construção com Navisworks e aspectos técnicos para sua utilização e um procedimento da combinação modelagem e orçamentação BIM para edificação em *wood frame* também são apresentados.

Palavras-chave: BIM. *Wood frame*. Orçamento.

Abstract

This dissertation deals with the comparison of the construction costs of the wood frame and conventional structures in reinforced concrete and masonry using BIM 5D. The wood frame system consists of the development of structural walls with wooden uprights, usually of pine, with closing and locking and oriented strip of wood strips (Oriented Strand Board - OSB). The main objective of this work is to analyze the economic viability of using the wood frame construction system for the construction of buildings in Brazil in detriment to the conventional construction method in reinforced concrete and masonry. Building Information Modeling (BIM) is developed for the design of a three-story building in both construction systems and their budget is elaborated using the BIM 5D methodology to perform the cost comparison. As a result, a comparative analysis is presented on the economic viability of using this constructive alternative in the country in relation to the conventional constructive system, thus providing a scientific basis for its greater implementation. Results of the benefits achieved by using BIM to extract quantities for budgeting with Revit software and construction simulation with Navisworks and technical aspects for its use and a procedure of the combination of BIM modeling and budgeting for wood frame building are also presented.

Keywords: BIM. Wood Frame. Budgets.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Primeiro prédio em <i>wood frame</i> construído no Brasil	17
Figura 2 – Edifício em Estrutura convencional de concreto armado e alvenaria	19
Figura 3 – Fundação em Radier para parede em <i>wood frame</i>	21
Figura 4 – Ancoragem de ligação entre a parede e a fundação	22
Figura 5 – Esquema de painéis em <i>wood frame</i>	23
Figura 6 – Sistema de cobertura com telha <i>shingle</i>	25
Figura 7 – BIM e o ciclo de vida na edificação	26
Figura 8 – Planta baixa do pavimento tipo do empreendimento estudado	37
Figura 9 – Planta baixa do pavimento térreo do empreendimento estudado	38
Figura 10 – Biblioteca Minha casa, minha vida para Autodesk Revit	39
Figura 11 – Família de parede modelada com camadas	40
Figura 12 – Apartamento tipo modelado em Revit	41
Figura 13 – Modelo Revit do edifício estudado em concreto armado e alvenaria convencional	42
Figura 14 – Detalhamento da parede em <i>wood frame</i> com Revit Extension	44
Figura 15 – Estrutura de madeira em <i>wood frame</i> modelada em Revit	45
Figura 16 – Modelo Revit do edifício estudado em <i>wood frame</i>	46
Figura 17 – Importação do modelo Revit com link para o formato dwg	49
Figura 18 – Importação do modelo que contém links Revit para o formato dwg	49
Figura 19 – Resultado do clash detective para o modelo em wood frame	50
Figura 20 – Simulação BIM 4D no Navisworks Manage	51
Figura 21 – Caminho para criação de tabelas de quantidades de componentes no Revit	52
Figura 22 – Procedimento para incluir os quantitativos dos modelos vinculados na tabela de levantamento de quantidades	53
Figura 23 – Exemplo de tabela de levantamento de quantidades do edifício estudado no sistema construtivo convencional.....	54
Figura 24 – Caminho para fazer levantamento de materiais no Revit	55
Figura 25 – Levantamento de materiais para o serviço de assentamento de rodapés	56
Figura 26 – Procedimento para exportação de tabelas do Revit para Excel	57
Figura 27 – Selecionando o separador de colunas na exportação de tabelas do Revit.....	57
Figura 28 – Selecionando o separador de colunas ao abrir o arquivo “.txt” no Excel	58
Figura 29 – Exemplo de tabela de quantitativos no Excel para o serviço de formas de pilares.....	59
Figura 30 – Cotação de preço na internet para o insumo porta pivotante	61
Figura 31 – Etapa de configuração da parede em wood frame no site gerador de preços	64
Figura 32 – Etapa de configuração da laje em <i>wood frame</i> no site gerador de preços.....	65
Figura 33 – Cotação de preço na internet para o insumo telha <i>shingle</i>	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de utilização do <i>wood frame</i> em comparação com sistema construtivo convencional em três países	20
Gráfico 2 – Percentual do método utilizado para extração dos quantitativos do modelo em estrutura convencional em concreto armado e alvenaria.....	69
Gráfico 3 – Percentual do método utilizado para extração dos quantitativos do modelo em <i>wood frame</i>	70
Gráfico 4 – Comparativo de custos dos sistemas construtivos por macro atividades	72
Gráfico 5 – Comparativo de custos diretos e indiretos de construção para os sistemas construtivos analisados	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição de LODs.....	28
Tabela 2 – Relação entre LOD e as fases de projeto.....	29
Tabela 3 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa.....	36
Tabela 4 – Características da modelagem do edifício em concreto armado e alvenaria convencional.....	43
Tabela 5 – Características da modelagem do edifício em <i>wood frame</i>	46
Tabela 6 – Precisões e Margens de Erros dos Diversos Tipos de Orçamentos de Engenharia	47
Tabela 7 – Precisões e Margens de Erros dos Orçamentos da pesquisa relacionados ao LOD	48
Tabela 8 – Cálculo dos consumos de materiais em estrutura de concreto	60
Tabela 9 – Valores das macro atividades para a construção em concreto armado e alvenaria	62
Tabela 10 – Resumo geral de custos para construção em concreto armado e alvenaria	63
Tabela 11 – Precisão e margem de erro para o orçamento da construção em concreto armado e alvenaria.....	63
Tabela 12 – Valores das macro atividades para a construção em <i>wood frame</i>	66
Tabela 13 – Resumo geral de custos para construção em <i>wood frame</i>	67
Tabela 14 – Precisão e margem de erro para o orçamento da construção em <i>wood frame</i>	67
Tabela 15 – Comparativo de custos dos sistemas construtivos por macro atividades	71
Tabela 16 – Comparativo de custos diretos e indiretos de construção para os sistemas construtivos analisados	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-aided Design</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
DWG	<i>Drawing</i> (Formato de arquivo CAD)
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IBRAENG	Instituto Brasileiro de Auditoria de Engenharia
LOD	<i>Level of Development</i>
MCMV	Minha casa, minha vida
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
NR-18	Norma Regulamentadora 18
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PNE	Portador de necessidades especiais
SETOP	Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais
SINAPI	Sistema nacional de pesquisa de preços e índices da construção civil

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA.....	16
	2.1 Objetivos específicos	16
	2.2 Justificativa.....	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
	3.1 Sistema construtivo em Concreto Armado e Alvenaria de Vedação	18
	3.2 Sistema construtivo <i>wood frame</i>	19
	3.3 Etapas do processo construtivo em <i>wood frame</i>	20
	3.3.1 Fundação e Radier	21
	3.3.2 Ancoragem	22
	3.3.3 Estrutura	23
	3.3.4 Cobertura <i>Shingle</i>	24
	3.4 <i>Building Information Modeling</i>	26
	3.4.1 Nível de desenvolvimento BIM (<i>Level of Development - LOD</i>)	27
	3.4.2 Dimensões do modelo BIM – “nD”	29
	3.4.3 Uso do BIM na estimativa de custos	30
	3.5 Estudos realizados sobre comparativo de custo <i>wood frame</i> x concreto armado	31
4.	METODOLOGIA.....	33
	4.1 Método de pesquisa.....	33
	4.2 Delimitação da pesquisa.....	34
	4.3 Etapas da pesquisa	35
	4.4 Descrição do projeto estudado	36
5.	RESULTADOS.....	39
	5.1 Modelagem do projeto em concreto armado e alvenaria convencional.....	39
	5.2 Modelagem do projeto em <i>wood frame</i>	43
	5.3 Uma consideração sobre o nível de precisão da pesquisa.....	47
	5.4 Análise inicial dos modelos com Navisworks e preparação para quantificação.....	48
	5.5 <i>Take off</i> 5D e desenvolvimento de quantitativos para orçamentação dos projetos	51
	5.5.1 Ferramenta tabela de quantidades de componentes do Revit	52

5.5.2 Ferramenta levantamento de materiais do Revit.....	54
5.5.3 Método híbrido de levantamento de quantitativos (dimensões do modelo BIM + equações no Excel)	56
5.5.4 Estimativas de quantidades.....	59
5.6 Orçamentação dos projetos	60
5.6.1 Orçamentação do projeto em concreto armado e alvenaria de vedação	61
5.6.2 Orçamentação do projeto em <i>wood frame</i>	64
6. ANÁLISE DOS DADOS.....	68
6.1 Análise dos benefícios da utilização do BIM para orçamentação	68
6.2 Análise Comparativa dos orçamentos desenvolvidos.....	70
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
APÊNDICE A – Orçamento detalhado do edifício em concreto armado e alvenaria convencional – data-base (Nov/19).....	85
APÊNDICE B – Composições de custos adaptadas do SINAPI para o orçamento em concreto armado e alvenaria convencional – data-base (Nov/19).....	95
APÊNDICE C – Orçamento detalhado do edifício no sistema construtivo <i>wood frame</i> – data-base (Nov/19)	96
APÊNDICE D – Composições de custos do orçamento para os serviços em <i>wood frame</i> – data-base (Nov/19)	105

1. INTRODUÇÃO

Ao se verificar as atividades de forte impacto ambiental no Brasil, percebe-se que a construção civil é um dos setores que mais gera resíduo. Segundo Zaparte (2014), parte significativa destes resíduos são descartados de forma irregular e não são reaproveitados, poluindo o meio ambiente. Desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo, seja sob outra natureza, significa perda de recursos naturais, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões.

Diante desse contexto, surge a necessidade de desenvolver sistemas que sejam mais eficientes e agridem menos o meio ambiente e que possam também atender favoravelmente aos quesitos econômicos e de conforto.

Uma alternativa para solucionar tais problemas e que pode ser aplicada na construção civil é o sistema *wood frame*, que é o assunto desse trabalho. Segundo Molina e Calil Júnior (2010), este método é muito utilizado em países como o Canadá, Estados Unidos, Chile e Europa.

O sistema construtivo *wood frame* pode ser descrito como sendo um método de construção de edificações industrializado, cuja estrutura é formada por montantes de madeira, provenientes de áreas plantadas e submetida a tratamento auto clavado para proteção anticupim, que formam painéis de pisos, paredes e telhados que aliados e/ou revestidos com outros materiais proporcionam o conforto térmico e acústico e garantem proteção da edificação contra intempéries e fogo (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

Apesar deste sistema estar em processo de inicialização no Brasil, esse método já é amplamente utilizado em países da América do Norte e Europa. Por se tratar de um sistema de construção industrializado, o tempo de construção das habitações é bem reduzido em relação ao método de construção convencional em alvenaria (ESPÍNDOLA, 2017).

A construção civil brasileira é vista como uma indústria tradicional e resistente às mudanças. Apesar disso, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil, CBIC, a cada dia este setor envolve-se em situações desafiadoras e que requerem a busca por inovações que possam auxiliar na solução das deficiências existentes (CBIC, 2016; SAKAMORI, 2015).

Durante a crise do mercado imobiliário nos Estados Unidos em 2008, a adoção BIM cresceu acentuadamente por lá, porque se apresentou como uma alternativa de reação para as empresas afetadas, que aproveitaram o momento de redução no nível de suas atividades para

inovarem, aprenderem e melhorarem seus processos, aumentando sua produtividade e eficiência (CBIC, 2016).

O processo de orçamentação para obras de construção civil abrange o levantamento dos serviços a serem executados, seus quantitativos, os respectivos preços unitários e o valor global do investimento (COELHO, 2001).

A tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, é descrita como uma ferramenta com grande potencial de otimização e assertividade do processo de orçamentação. A modelagem de informações na construção possibilita que a edificação seja “construída” virtualmente, antes do início da sua execução, viabilizando, assim, a realização de diversas análises e simulações à priori. O modelo BIM que é criado gera ainda um banco de dados unificado, onde quaisquer informações relacionadas ao empreendimento podem ser criadas ou extraídas automaticamente. O processo de extração de quantitativos e orçamentação BIM é definido como BIM 5D (SANTOS; ANTUNES; BALBINOT, 2014).

Assim, a introdução de novas tecnologias, não apenas no processo de projeto, como a metodologia BIM, mas também nos processos construtivos, onde pode ser citado o *wood frame*, tem se destacado como alternativas para o setor da construção civil no Brasil.

Dentro deste contexto, o presente estudo busca comparar os custos dos sistemas construtivos *wood frame* e concreto armado e alvenaria convencional por meio da metodologia BIM para um edifício de três pavimentos. A escolha do método construtivo em concreto armado e alvenaria se deveu ao fato de ser um dos sistemas construtivos mais utilizados ou até mesmo o mais executado no país.

2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O objetivo geral do presente trabalho é verificar a viabilidade econômica da utilização do sistema construtivo *wood frame* como alternativa ao sistema construtivo convencional em estrutura de concreto armado e alvenaria.

É objetivo também contribuir para a tomada de decisão sobre a utilização do sistema construtivo *wood frame* no Brasil, fornecendo base científica para futuras implementações.

2.1. Objetivos específicos

Para atingir os objetivos principais, deverão ser atendidos alguns objetivos específicos, apresentados a seguir.

1. Apresentar aspectos técnicos e procedimentos para execução das etapas de construção de edifício no sistema construtivo *wood frame*.
2. Desenvolver diretrizes para combinação de modelagem BIM e orçamentação com *take off* 5D para edifício em *wood frame*.
3. Analisar a viabilidade econômica da utilização do sistema construtivo *wood frame* para construção de edifícios de médio padrão de acabamento no Brasil.

2.2. Justificativa

Analisando o contexto mundial atual pode-se observar a redução dos recursos naturais essenciais à humanidade. O principal motivo para esta diminuição é o grande desperdício destes recursos. Diante disto, a sociedade tem-se deparado com a necessidade de mudanças nos hábitos de consumo e busca alternativas eficazes para implantação de forma natural dos conceitos de sustentabilidade.

Segundo Molina e Calil Júnior (2010), o sistema construtivo *wood frame*, se executado de forma correta, atinge às exigências da construção sustentável, já que se comparado à construção em alvenaria, apresenta melhor eficiência energética, utiliza os recursos naturais de forma mais racional. A madeira é considerada como o único material de construção renovável, pois não depende de jazidas naturais e pode ser plantada diversas vezes numa mesma área, com isso a construção de edificações com o sistema *wood frame* se destaca, pois usa a madeira como matéria-prima para a produção dos painéis de paredes, decks e estruturas de telhados.

O primeiro edifício em *wood frame* do Brasil (FIGURA 1) foi concluído no dia 24 de agosto de 2016, em Araucária, no Paraná. A montagem do edifício de três pavimentos durou apenas 64 horas, com jornadas de oito horas de trabalho diárias. Cerca de 200 profissionais, empresários e entidades do setor AEC de todo o país visitaram a obra e a fábrica da desenvolvedora deste empreendimento e puderam conferir de perto a eficiência e qualidade do sistema construtivo, além de visualizar a montagem em tempo real do último pavimento do prédio. Estiveram presentes lideranças de grandes construtoras brasileiras, bem como parceiros de grandes entidades como Ministério das Cidades, Sinduscon-PR, Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Caixa Econômica Federal, CBIC, entre outros (TECVERDE, 2016).

O surgimento da utilização deste sistema construtivo no Brasil traz então uma demanda de estudos científicos sobre a viabilidade técnica e financeira da sua utilização. Este trabalho se justifica para suprir esta lacuna.

Acrescenta-se ainda que em um mercado competitivo como o da construção civil, torna-se cada vez mais importante garantir a viabilidade financeira dos empreendimentos. Para tanto, deve-se estimar de maneira precisa os quantitativos e os custos, a fim de obter valores o mais próximo possível da realidade. O processo de estimativa de custos deve ser realizado não só com grande assertividade, mas em muitos casos de maneira rápida, pois o mercado normalmente não dispõe de meses para o orçamentista elaborar um orçamento detalhado.

Figura 1 – Primeiro prédio em *wood frame* construído no Brasil



Fonte: Tecverde (2016).

Neste contexto, a utilização da tecnologia BIM tem muito a contribuir, pois ao antecipar as decisões e especificações de projeto, o usuário possui um maior número de informações para elaboração do orçamento, garantindo uma maior confiabilidade e precisão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os sistemas construtivos estudados e sobre a metodologia BIM, que são os assuntos principais abordados nesta pesquisa.

3.1. Sistema construtivo em Concreto Armado e Alvenaria de Vedação

A palavra alvenaria deriva do árabe al-bannã, ou seja, aquele que constrói (LORDSLEEM JUNIOR, 2004). Segundo o dicionário da língua portuguesa, alvenaria é a arte ou ofício do pedreiro, ou ainda, obra composta de pedras naturais, cerâmica, blocos de concreto, ligadas por argamassa.

O método construtivo em concreto armado é constituído por pilares, vigas e lajes de concreto, preenchidos com alvenaria de blocos cerâmicos para vedação. O peso da construção é distribuído para as lajes, das lajes para as vigas, destas para os pilares e por fim para as fundações, as paredes têm a função apenas de fazer o fechamento e separação dos ambientes da edificação, assim, as alvenarias são conhecidas como “não-portantes”. Para a construção de pilares e vigas geralmente é utilizada a forma de compensado de madeira, mas também podem ser utilizadas formas de outros materiais, por exemplo formas metálicas. Os vergalhões de aço ficam embutidos no concreto. Depois de construída a alvenaria, é preciso fazer um corte na mesma para inserir as instalações hidráulicas e elétricas embutidas na mesma. Em seguida se inicia o revestimento, aplicando o chapisco, reboco, massa corrida, azulejo ou pintura (SOUZA, 2013).

O método em alvenaria convencional pode ser considerado artesanal, sendo realizado no canteiro de obras. Geralmente encontra-se uma margem de erros alta, seguindo como exemplo uma parede fora de prumo ou erro no cálculo do traço (proporção na mistura dos materiais), podendo assim gerar patologias e desperdícios (CONDEIXA, 2013).

No Brasil, a construção civil ainda é predominantemente em alvenaria, caracterizada pela baixa produtividade e principalmente pelo grande desperdício. Porém, o país já começa a dominar a tecnologia de obras industrializadas, tanto na área industrial quanto na residencial, possibilitando a execução de construções com rapidez e qualidade (SOUZA, 2013).

Na Figura 2 apresenta-se um edifício com pilotis e mais 9 pavimentos sendo construído pelo sistema construtivo mais consolidado no Brasil em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação.

Figura 2 – Edifício em estrutura convencional de concreto armado e alvenaria



Fonte: Escola Engenharia (2018).

Para Milito (2009), a alvenaria pode ser empregada na confecção de diversos elementos construtivos, dentre eles: paredes, muros, abóbadas, sapatas, entres outros, podendo ter como função somente vedação ou também função estrutural. Milito (2009) denomina alvenaria de vedação quando a alvenaria não é dimensionada para resistir cargas verticais além do seu peso próprio.

3.2. Sistema construtivo *wood frame*

Os imigrantes alemães foram os pioneiros em trazer para o Brasil o *wood frame* (construção em prateleiras, onde a estrutura consiste em uma trama de madeira aparelhada com peças horizontais, verticais e inclinadas, que em sua construção vão formando paredes estruturadas e encaixadas entre si), processo este difundido inicialmente na região de Blumenau em Santa Catarina (BENSON, 1997; FUTURENG, 2018).

É importante levar em consideração que o sistema *wood frame* é o sistema mais utilizado em diversos países como Suécia, Canadá, Chile e EUA, onde fornecedores e soluções técnicas estão plenamente estruturados (TECVERDE, 2012). No Gráfico 1 é apresentado o comparativo do percentual de utilização do *wood frame* em relação ao sistema construtivo convencional em alguns países.

Gráfico 1 – Percentual de utilização do *wood frame* em comparação com sistema construtivo convencional em três países.



Fonte: Tecverde (2012, p 3).

A construção de madeira foi muito utilizada nas regiões sul e sudeste do Brasil como habitação, onde a matéria prima utilizada, o pinho do Paraná, era abundante. No entanto, em 1905, na cidade de Curitiba, as autoridades governamentais proibiram a construção de casas de madeira nas zonas centrais da cidade. Este fato contribuiu para gerar no meio técnico brasileiro, o preconceito contra as estruturas em madeira (MEIRELLES, 2005).

Segundo Paese (2012) a madeira utilizada na construção civil brasileira ficou intitulada como um material secundário e era destinada para usos menos importantes como fôrma de cimbramento, pilares, vigas e lajes de concreto armado. Devido a isso a população menos favorecida faz uso destes produtos secundários para a concretização de suas casas e barracos em regiões sem planejamento urbano, ocasionando moradias precárias, sem conforto e segurança. Isso contribuiu para a visualização de um produto de baixa qualidade pela população ocasionando o distanciamento do uso da madeira na construção civil.

O país tem um caminho significativo a percorrer em relação ao desenvolvimento de componentes padronizados para construções que causem menores impactos ambientais, sejam mais econômicos e de rápida execução, reduzam o desperdício de materiais, gerem menores impactos ambientais e demandem menores níveis de energia. Como o sistema *wood frame* é considerado um sistema construtivo que faz parte do Sistema Construção Energética Sustentável (CES), essas premissas são essenciais para sua concretização.

3.3. Etapas do processo construtivo em *wood frame*

Neste tópico são apresentados as etapas e métodos de execução do sistema construtivo em *wood frame*.

3.3.1. Fundação e Radier

Devido ao fato de tipicamente as cargas de uma edificação em *wood frame* serem menores do que de uma estrutura em concreto armado e alvenaria de vedação, tem-se a possibilidade de utilizar o radier como solução construtiva para a fundação dependendo de aspectos técnicos, já que sua execução é rápida e pode ser usada em solos com baixa resistência, porém é necessário que o terreno seja plano ou pouco acidentado (PAESE, 2012).

A diferença do peso próprio da estrutura pode ser verificada tanto nas paredes que é de $389,5\text{kg/m}^3$ para o sistema *wood frame*, segundo Dias (2005) e de cerca de 410kg/m^3 para as paredes em alvenaria de vedação quanto no peso da estrutura de concreto armado, que é de cerca de 2500kg/m^3 e não está presente em um edifício em *wood frame*.

Na fundação em radier a distribuição das cargas no solo é feita através de uma placa (laje) de concreto armado apoiada diretamente no solo, sendo que sua área é igual à da edificação descontadas as áreas em balanço. Sendo que a superfície homogênea, lisa e nivelada do radier além de ser a fundação pode ser utilizada como contrapiso para o pavimento térreo. Um aspecto importante é que os componentes hidráulicos e elétricos que passam pelo solo devem ser instalados antes da concretagem da fundação (BOTELHO, 2010).

Na Figura 3 é apresentada uma fundação rasa em radier para o sistema construtivo *wood frame*.

Figura 3 – Fundação em Radier para parede em *wood frame*



Outro aspecto fundamental ao fazer uso de radier é garantir a drenagem adequada da edificação, pois altos índices de umidade podem desencadear problemas na madeira da estrutura assim como patologias no concreto da fundação (WAGNER, 2009).

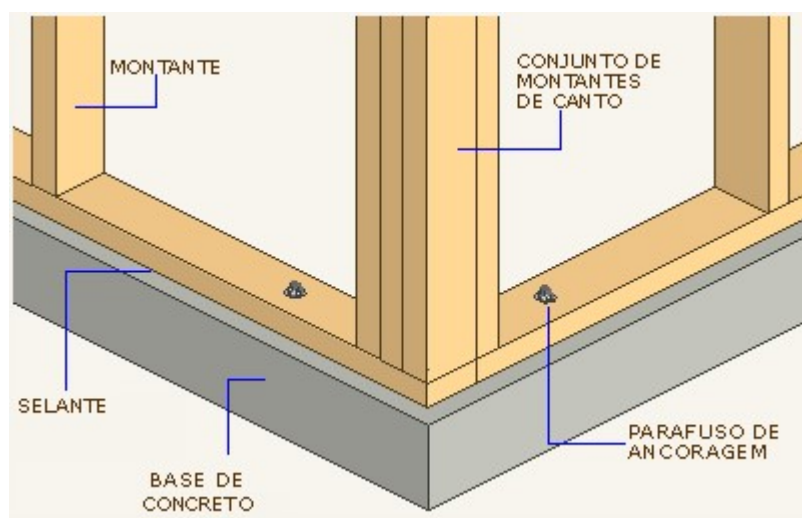
3.3.2. Ancoragem

A fim de evitar o movimento da edificação devido à pressão do vento e as cargas laterais, que pode ser de translação ou tombamento com rotação do edifício, deve-se ancorar firmemente a superestrutura na fundação. Um método para fixar os painéis de parede à fundação em concreto é por meio de ganchos posicionados no concreto ainda fresco. Outra alternativa é utilizar parafusos autoatarrachantes, conhecidos com *parabolts*, aplicados na fixação dos painéis (DIAS, 2005).

A definição da ancoragem da superestrutura na fundação mais eficiente depende das solicitações de carga da estrutura, tipo de fundação, condições climáticas e ambientais. Tendo suas dimensões e espaçamentos definidos pelo projeto estrutural, os tipos de ancoragem mais usados são: a química, com barra roscada, e a expansível, com parafusos do tipo *parabolt* (CONSUL STEEL, 2002).

Na Figura 4 apresenta-se um exemplo de ancoragem das paredes em *wood frame* na fundação.

Figura 4 – Ancoragem de ligação entre a parede e a fundação



Fonte: Adaptado do site da USP (2020).

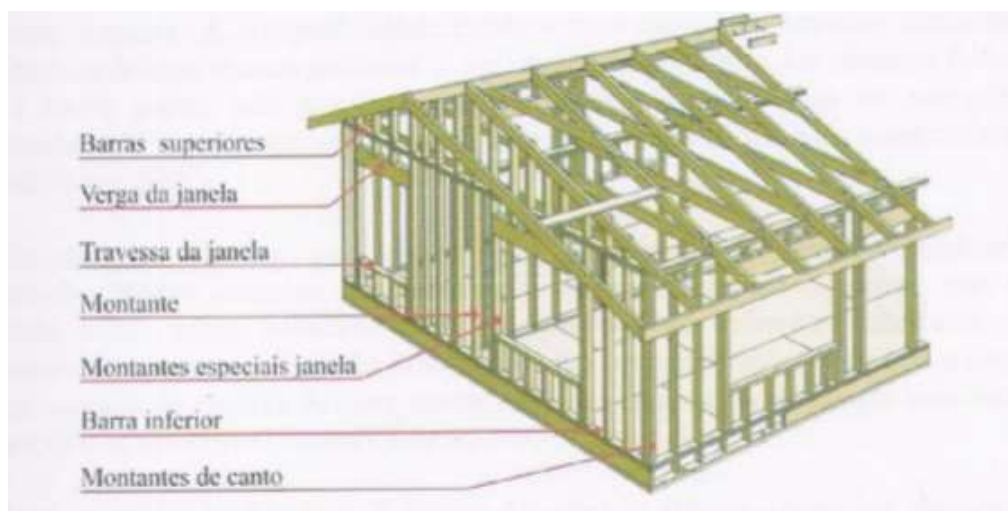
3.3.3. Estrutura

O sistema construtivo *wood frame* é composto basicamente por paredes autoportantes que são usadas como suporte para a primeira plataforma ou piso. Esta plataforma tem a função de travar os apoios e fazer o contraventamento horizontal da estrutura. Com isso, novos painéis de paredes em *wood frame* podem ser fixados sobre a plataforma, assim gradativamente, até o telhado. Sendo que esse sistema construtivo pode ser utilizado em obras de até quatro pavimentos sem a necessidade de grandes alterações no processo de planejamento e execução (SACCO; STAMATO, 2008).

As paredes em *wood frame* são formadas por montantes verticais de madeira, geralmente de pinus auto clavado, com espaçamento entre si que tipicamente variam de 40 cm a 60 cm, distribuídos de acordo com as dimensões dos painéis de *Oriented Strand Board* (OSB) que formam a estrutura. A transmissão das cargas à fundação é feita através dos painéis e montantes que resistem às cargas verticais provenientes de telhados e das lajes dos pavimentos, como também suportam a cargas perpendiculares geradas pelos ventos (ZAPARTE, 2014).

Os painéis são fechados com duas guias de madeira da mesma seção dos montantes, sendo uma guia inferior e a outra superior. Depois da fixação dos painéis na fundação ou sobre a plataforma, formando a planta do pavimento, deve ser pregada uma segunda guia superior, mas esta deve sobrepor os encontros dos painéis e solidarizá-los (SACCO; STAMATO, 2008). Na Figura 5 apresenta-se o esquema dos painéis em *wood frame*.

Figura 5 – Esquema de painéis em *wood frame*



O OSB é a denominação convencional para as chapas de partículas orientadas, que são chapas estruturais de madeira aglomerada compostas por partículas finas e longas, orientadas parcialmente em determinada direção, sendo que as placas por apresentarem alta resistência físico-mecânica podem ser utilizadas no contraventamento da estrutura de paredes, lajes e telhados das edificações (GOUVEIA *et al.*, 2003).

As ligações entre montante e painéis são feitas através de pregos galvanizados, portanto estes elementos apresentam uma vida útil longa. Também é importante lembrar que devido ao sistema fazer o uso de madeiras macias os pregos usados devem ser do tipo ardox ou anelados, de modo a ser um dificultador ao arrancamento (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

Como descrito anteriormente, os painéis de *wood frame* são compostos por chapas de OSB e montantes de madeira, esses painéis são preenchidos com material isolante e as chapas são tratadas com material impermeabilizante e depois revestidas com placas cimentícias em seu lado externo e placas de gesso acartonado no lado interno da estrutura (ZAPARTE, 2014).

É importante destacar que os isolantes térmicos (lã-mineral, por exemplo) e as placas de gesso ajudam a retardar e combater a combustão das paredes em caso de incêndio por serem considerados materiais incombustíveis (VILELA, 2013).

O sistema *wood frame* se assemelha muito à alvenaria estrutural, onde as paredes são autoportantes e cada elemento recebe esforços de naturezas diversas, e estes elementos estão sempre unidos a outros elementos, fazendo com que a estrutura seja hiperestática (SACCO; STAMATO, 2008).

Nas construções em *wood frame*, a edificação deve contar com vergas em madeira nas aberturas de portas, janelas e demais aberturas, para transferir as cargas para os montantes laterais à abertura, assim evitando a flambagem (ZAPARTE, 2014).

As vergas são formadas por pelo menos duas peças de madeira com a largura igual aos montantes e a espessura de cada peça deve ser igual ou maior a 38 mm. Quando os montantes se encontram em regiões onde há abertura, os mesmos devem ser deslocados lateralmente (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

3.3.4. Cobertura *Shingle*

A cobertura de edificações em *wood frame* geralmente é composta por treliças industrializadas de madeira conectadas com chapas metálicas de dentes estampadas. O espaçamento entre as treliças geralmente é de 60 cm a 120 cm, sendo definido em função do tipo de telha utilizado para cobertura. Utilizando-se as treliças industrializadas é possível

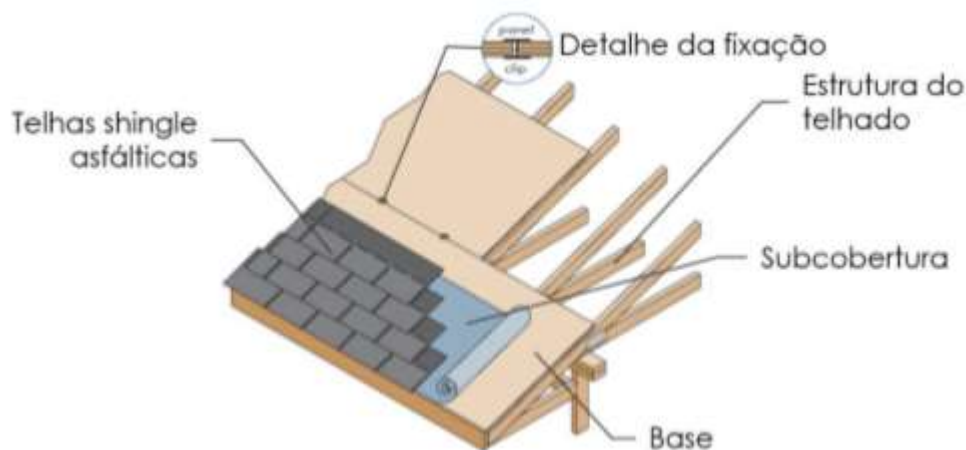
diminuir o peso da cobertura em até 40% pelo fato dos elementos que as formam terem dimensões pequenas, geralmente as peças apresentam seção transversal de 3 cm x 7 cm (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

Este sistema construtivo permite a utilização de vários tipos de telha, podendo ser usadas telhas cerâmicas, metálicas, fibrocimento, concreto ou *shingles* asfálticas. A inclinação do telhado sempre deve ser igual ou superior que as inclinações mínimas exigidas para cada tipo de telha, como forma de reduzir o risco da entrada de água (SILVA, 2010).

Os telhados com telhas *shingle* asfálticas em edificações construídas em *wood frame* são iniciados pela montagem e instalação das treliças em madeira que formam a estrutura, ou na instalação das vigotas para telhados com baixa inclinação, seguindo da montagem da base, normalmente em painéis de OSB. Sobre os painéis segue-se com a instalação da barreira de umidade (subcobertura) e depois com a instalação das telhas *shingle* asfálticas (ZAPARTE, 2014).

Na figura 6 representa-se o sistema de construção da telha *shingle* asfáltica.

Figura 6 – Sistema de cobertura com telha *shingle* asfáltica



Fonte: Campos (2015, p. 53).

Além da manta contra umidade é necessário prever a ventilação adequada da cobertura, já que é possível ocorrer o acúmulo de vapor d'água na parte interna podendo gerar danos à estrutura. A utilização das membranas barra a saída da água do interior do telhado, mas o acúmulo de vapor d'água pode ser evitado através da utilização de beirais e/ou cumeeiras ventiladas, ou com venezianas nos oitões. Compõem o sistema a instalação de calhas e rufos no telhado para garantir o escoamento correto das águas pluviais (CMHC, 2014).

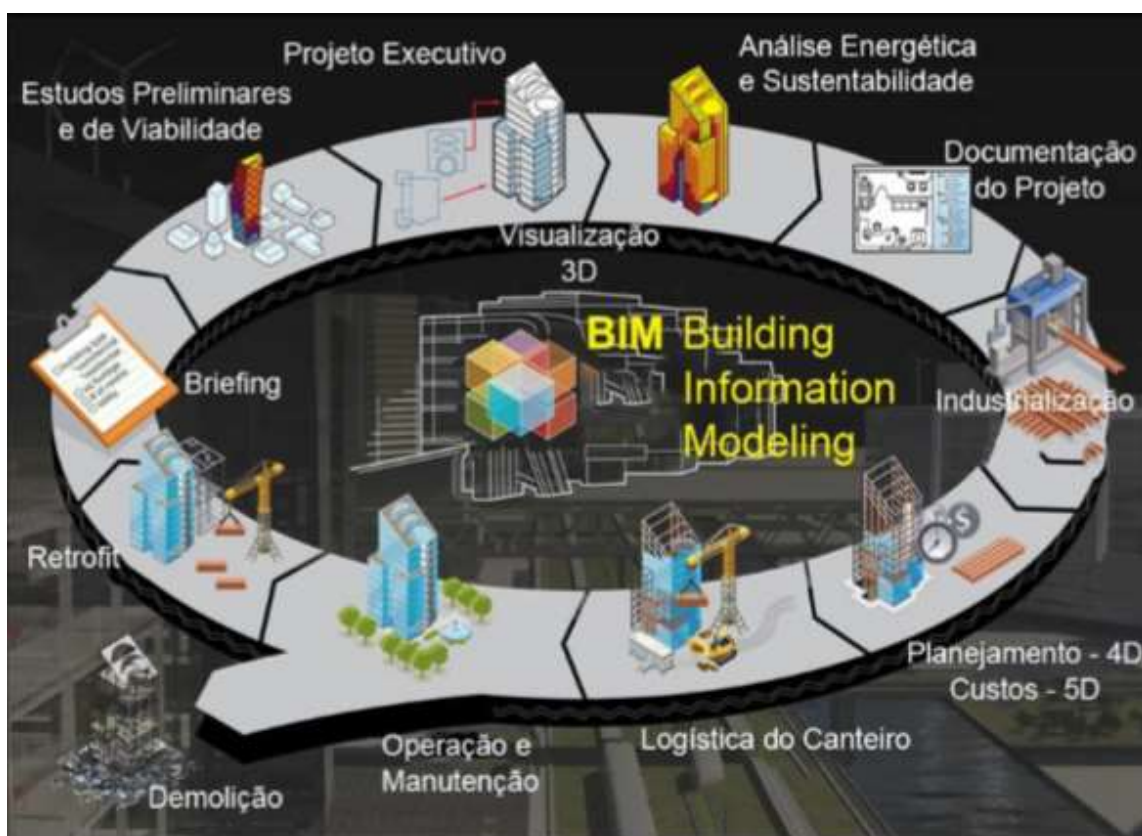
3.4. Building Information Modeling

Na última década do século XX, o setor da construção civil começou uma transição do método 2D de projeto e construção para uma nova metodologia usando modelos digitais 3D: o *Building Information Modeling* (AUTODESK, 2019, tradução nossa).

O BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, é definido como um conjunto de tecnologias e processos que permitem a colaboração entre múltiplos *stakeholders* no projeto, construção e operação de um empreendimento (SUCCAR, 2009).

Na Figura 7 demonstra-se como o BIM interage com todo o ciclo de vida de uma edificação.

Figura 7 – BIM e o ciclo de vida na edificação



Fonte: Santa Catarina (2014, p. 7).

O BIM caracteriza-se pelo compartilhamento de informações e diretrizes entre todos os envolvidos no projeto, desde a etapa de concepção inicial até as fases de operação e manutenção. Deste modo, cada vez mais os projetistas não consideram apenas a sua disciplina no projeto, mas passam a ter uma visão sistêmica do empreendimento, levando também em

consideração as demais disciplinas do projeto (PINTO, 2018).

Eastman *et al.* (2011) definem BIM como uma das inovações mais promissoras na indústria de AEC. Com a tecnologia BIM, um edifício pode ser construído virtualmente, possuir geometria precisa além de dados relevantes necessários para as atividades de orçamento, planejamento e construção do edifício.

Ainda segundo Eastman *et al.* (2011), o BIM apresenta ainda muitas das funções necessárias para modelar o ciclo de vida de um edifício, dando base para novas capacidades de construção e mudanças nos papéis e relacionamentos de uma equipe de projeto. Quando implementado de maneira correta, o BIM viabiliza um processo de projeto e construção mais integrados e resulta em edifícios com melhor qualidade a menor custo e duração de projeto, uma vez que todas estas características podem ser mais bem analisadas à priori.

3.4.1. Nível de desenvolvimento BIM (*Level of Development* - LOD)


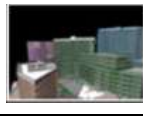



A definição de nível de desenvolvimento – *Level of Development*, e nível de detalhamento BIM – *Level of Detail*, conhecidos pela sigla LOD, é importante para um bom entendimento de um trabalho executado em BIM (MATTANA, 2017).

O Guia da CBIC (2016) traz importantes definições sobre estes níveis de um modelo BIM. De acordo com os autores deste guia, a sigla LOD era conhecida como nível de detalhamento de um modelo BIM, na qual eram consideradas as quantidades de detalhes e as informações existentes no modelo. Atualmente, LOD tem sido caracterizado como nível de desenvolvimento de um modelo BIM, que é uma ampliação do conceito inicial, pois considera o nível de confiabilidade que o usuário terá sobre as informações contidas no modelo.

Manziona (2013) descreve o LOD como nível de desenvolvimento, e menciona que utiliza essa denominação por ser amplamente encontrada na literatura internacional do tema.

Segundo Baptista (2015), quanto maior o detalhe existente em um modelo BIM, maior será o seu LOD. Os LODs BIM estão divididos em LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 e LOD 500, e desta forma são mencionados em grande parte da literatura, como por exemplo, em Fernandes (2014), Manziona (2013) e CBIC (2016). Para facilitar o entendimento, na Tabela 1 desenvolvida por Mattana (2017), demonstra-se as diferenças dos diversos níveis de LOD.

Tabela 1 - Definição dos LODs

LOD	Descrição	Uso	Ilustração	Processo Projeto
LOD 100	Estudo de massa da edificação: área, altura, volumes, localização e orientação.	Análises prévias, estimativas iniciais de custos e planejamento.		Planejamento e concepção.
LOD 200	Informações não geométricas e geométricas são adicionadas ao modelo: tamanhos, formas, quantidades, localização, orientação.	Análises, estimativas de custos e planejamento.		Planejamento e definição.
LOD 300	Informações não geométricas e geométricas mais detalhadas são adicionadas ao modelo: tamanhos, formas, quantidades, localização, orientação.	Construção. Análises, estimativas de custos e planejamento.		Desenvolvimento e implementação.
LOD 400	Informações não geométricas precisas: tamanhos, formas, quantidades, localização, orientação e informações detalhadas para fabricação.	Construção. Análises, estimativas de custos e planejamento.		Documentação e projeto para produção - obra.
LOD 500	Informações acuradas e precisas: tamanhos, formas, quantidades, localização, orientação.	Manutenção, operação, modificações e <i>as built</i> .		Finalização, manutenção e operação.

Fonte: Adaptado de Mattana (2017, p. 53).

De acordo com Mattana (2017), em algumas pesquisas, como a de Baptista (2015), e em outros trabalhos como o Caderno de Projeto BIM do Governo do Estado de Santa Catarina (2014), é possível verificar a presença de outro nível, o LOD 350.

Manzione (2013) explica que essa escala de divisão dos LODs em gradações de 100 unidades ocorre para que exista a possibilidade de criação de níveis intermediários, como o nível 350 proposto por Baptista (2015) e pelo Caderno de Projetos BIM do Governo do Estado de Santa Catarina (2014).

Fernandes (2014) faz um *link* entre o nível de desenvolvimento de um projeto BIM com as fases de desenvolvimento de projetos em Portugal, e os relaciona conforme a Tabela 2. Nesta tabela, o autor demonstra que o nível de desenvolvimento LOD 100 corresponde às fases iniciais de concepção do projeto. À medida que vai aumentando o LOD, aumentam também as informações no modelo e evolui-se nas etapas do processo de projeto, passando dos programas preliminares de projeto, no LOD 100, para a fase de manutenção através da assistência técnica, no LOD 500, que possui um modelo mais completo e com mais informações.

Tabela 2 - Relação entre LOD e as fases de projeto

FASE DE PROJETO	LOD				
	100	200	300	400	500
PROGRAMA PRELIMINAR					
PROGRAMA BASE					
ESTUDO PRÉVIO					
ANTEPROJETO					
PROJETO DE EXECUÇÃO					
ASSISTÊNCIA TÉCNICA					

Fonte: Mattana (2017, p. 54).

3.4.2. Dimensões do modelo BIM – “nD”

Segundo Eastman *et al.* (2014), a capacidade de agregação do número de dimensões no conceito BIM, podem ser descritas como modelagem “nD”. Os modelos BIM têm tendência a serem cada vez mais criteriosos e com um nível de detalhamento compatível com a sua finalidade.

Smith (2014) afirma que o modelo BIM 4D é a associação das informações do cronograma do projeto com os objetos do modelo BIM 3D, formando assim o planejamento de desenvolvimento do empreendimento com uma visão espacial. Segundo o American Institute of Architects (2007), com o BIM 4D é possível simular visualmente a construção, proporcionando uma vista gráfica que ajuda a comunicação e o entendimento das tarefas. Questões de construtibilidade e planos de ataque podem ser analisados em qualquer momento do futuro. Outra aplicação muito usual do 4D é no estudo para organização do *layout* e logística do canteiro, possibilitando gerar aumento da produtividade.

Os ajustes realizados nos modelos BIM 4D automaticamente geram alterações no prazo de entrega da obra. O modelo pode incluir elementos temporários tais como guias, formas, escoramentos, elevadores de obra, guincho de coluna, betoneira e outros equipamentos provisórios do canteiro. Interferências físicas entre disciplinas de projetos podem ser detectados virtualmente de forma automática através da ferramenta *clash detection* ou *clash detective*. Devido a geometria 3D, de um modelo BIM 4D, é possível associar as localizações das tarefas, permitindo a utilização de técnicas de planejamento como as linhas de balanço (FERREIRA, 2015).

Segundo Smith (2014), o modelo 5D associa os objetos e famílias do modelo BIM 3D com as atividades e composições de custos da planilha orçamentária, permitindo a obtenção instantânea de quantitativos e estimativas de custo. O BIM 5D proporciona, como produto final, um orçamento mais eficiente. A automatização do processo permite que o coordenador de custos dedique mais tempo às atividades que agregam valor ao empreendimento, além da avaliação de diferentes soluções de projetos com geração instantânea das informações referentes aos custos do empreendimento. A integração com o 4D permite um monitoramento e controle de obra mais eficiente, contemplando as variáveis custo, prazo e escopo (EASTMAN *et al.*, 2014).

Segundo Ferreira (2015), a partir da dimensão 6D, não há um consenso na literatura e os pesquisadores BIM com relação as definições. Uma primeira abordagem descrevia o 6D como sendo *facilities management*, mais recentemente alguns autores defendem que o 6D seja definido como sustentabilidade e o 7D como *facilities management*.

Conforme definido por Ferreira (2015), o modelo 6D permite aplicação do conceito BIM para o *facilities management*, traduzido como gestão das operações. O modelo BIM possui um grande banco de informações dos elementos da construção, manuais de manutenção e operação, além das especificações detalhadas. Essas informações são de extrema importância para o uso, operação e manutenção das edificações.

Segundo Smith (2014), incorporando informações da sustentabilidade dos componentes existentes no modelo, este atinge a dimensão 7D. Os projetistas podem analisar os indicadores de sustentabilidade e suas variações de acordo com as alternativas construtivas de projeto. Por fim, a dimensão 8D agrega informações de segurança tanto para o processo de projeto como para a construção.

3.4.3. Uso do BIM na estimativa de custos

Uma das vantagens da utilização do BIM é a automatização do processo de levantamento de quantitativos para orçamentação. O levantamento de quantitativos é uma das principais etapas da estimativa de custos da construção, que, quando bem realizado com a metodologia BIM, propicia estimativas de custos menos trabalhosas, mais rápidas e menos propensas a omissões devido a erros humanos (PINTO, 2018).

Amiri (2012) desenvolveu uma pesquisa através de um estudo de caso na cidade de Vancouver sobre a utilização do BIM para levantamento de quantitativos. Concluiu-se que a utilização de uma ferramenta BIM possibilita levantamentos de forma mais precisa e eficiente,

desde que os modelos sejam criados para tal. Ou seja, o maior esforço deve ser feito no desenvolvimento do modelo – assim, o processo de levantamento de quantitativos ocorre de forma ágil.

No método de trabalho tradicional, uma estimativa de custos precisa só é possível após a conclusão da documentação de projeto, quando as quantidades exatas de materiais e mão de obra estão disponíveis. Antes disso, o custo geralmente é estimado com base na experiência anterior na construção de edifícios similares, utilizando-se de um valor por um metro quadrado para o mesmo tipo de construção. Os custos são calculados para construções padrão e, embora haja uma maneira de modificar os coeficientes para se adequar a uma construção específica, a margem de erro se torna muito alta (PINTO, 2018).

Segundo Eastman *et al.* (2011), uma vantagem de se fazer estimativas de custo a partir de modelos BIM é a automatização deste processo. Em substituição ao processo de se calcular manualmente todas as informações através da leitura de projetos 2D, os *softwares* BIM geram planilhas estruturadas de forma correspondente aos elementos de construção, incluindo o levantamento automático de quantitativos. No entanto, deve-se ressaltar que a automatização só é possível se o modelo for desenvolvido compatível com os padrões estabelecidos pelo Engenheiro Orçamentista e de acordo com os parâmetros dos programas usados para estimar os custos. Caso contrário, extrair dados de forma automatizada a partir do modelo BIM pode resultar em valores incorretos de quantitativos do projeto.

A utilização do BIM para orçamentação tem se apresentado com uma metodologia para tornar as estimativas de custo mais precisas e confiáveis. Na fase conceitual, o modelo apresenta mais detalhes do que se comparado ao processo tradicional 2D. Isso possibilita fazer uma estimativa mais precisa e detalhada do custo mesmo nesta etapa inicial de projeto. Acrescenta-se que, a automatização do processo de levantamento de quantitativos permite uma análise mais rápida dos custos e variáveis da construção (PINTO, 2018).

3.5. Estudos realizados sobre comparativo de custo *wood frame* x concreto armado

Não existem muitos estudos comparando os custos do sistema construtivo *wood frame* em relação aos da construção em estrutura convencional em concreto armado e alvenaria desenvolvidas no Brasil. Isto pode ser explicado em parte pela pouca utilização deste sistema construtivo no país. Algumas pesquisas em que apresenta-se análise da viabilidade econômica do *wood frame* são descritas a seguir.

Ferreira (2013) desenvolveu um comparativo de custos baseado em um orçamento

simplificado para tomada de decisão de qual o sistema construtivo utilizar para a construção de edificações na cidade de Pelotas/RS em um empreendimento denominada Haragano, constituído de 270 sobrados e 10 casas térreas. O resultado apontou que uma habitação de 45m² construída em *wood frame* apresentou uma redução de custos de 10% quando comparada à mesma habitação produzida em alvenaria. Esta economia estimada deveu-se principalmente a redução no custo da mão de obra, pois o sistema *wood frame* analisado utilizaria componentes modulares pré-fabricados executados em menor tempo.

Os resultados da pesquisa de Ferreira (2013) demonstraram que há um custo 10% maior no *wood frame* em materiais, mas a redução de mão de obra chega a 50% em relação à alvenaria.

Souza (2013) desenvolveu uma pesquisa comparando os custos de 3 sistemas construtivos para construção de uma casa de 51 m², dentre eles, os sistemas construtivos alvenaria convencional e o *wood frame*. O resultado demonstrou que o sistema *wood frame* pode ser considerado a melhor opção a ser adotada, pois este sistema mostra uma clara vantagem em termo de custo sobre os outros 2 (dois) sistemas considerados. O custo da alvenaria convencional e concreto armado resultou 13,6% maior que a mesma casa no sistema *wood frame*.

Leite (2017) pesquisou sobre a viabilidade econômico financeira da utilização do sistema construtivo *wood frame* para construção de habitação de interesse social no estado do Ceará, os resultados apontaram que é viável, dentro dos aspectos estudados, a implantação deste sistema construtivo, obedecendo as limitações estabelecidas no trabalho.

Os resultados da pesquisa de Leite (2017) apontam ainda que há a necessidade de uma maior divulgação do sistema construtivo, suas características e possibilidades de uso, para que o conhecimento gere nos profissionais da construção civil e na população em geral maior interesse e confiança, tornando o *wood frame* uma possibilidade real para todos os lugares do Brasil. Por fim, é sugerido como pesquisas futuras a realização de comparações com resultados de outros sistemas construtivos, especialmente o sistema convencional em alvenaria e concreto armado.

O presente trabalho objetiva, portanto, suprir esta lacuna de estudo comparativo de viabilidade econômica do sistema construtivo *wood frame* em relação ao sistema construtivo convencional em concreto armado e alvenaria.

4. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, será adotada a modelagem como ferramenta metodológica. O caso a ser investigado é o comparativo de custos BIM 5D de um edifício de três pavimentos nos sistemas construtivos *wood frame* e concreto armado com vedação em alvenaria convencional.

4.1. Método de pesquisa

De acordo com Pozzebon e Freitas (1998), para explicar cientificamente a complexidade do mundo real é necessário adotar métodos. Sem métodos, a ciência não progride, as organizações menos ainda. De fato, a ciência se nutre dos próprios erros, que não são descobertos ao acaso, mas através da busca sistemática de melhores explicações para os fenômenos naturais e sociais.

Quando se tem dados numéricos o método de pesquisa quantitativa parece ser a melhor escolha. A pesquisa quantitativa só tem sentido quando há um problema muito bem definido e há informação e teoria a respeito do objeto de conhecimento, entendido aqui como o foco da pesquisa e/ou aquilo que se quer estudar. Esclarecendo mais, só se faz pesquisa de natureza quantitativa quando se conhece as qualidades e se tem controle do que se vai pesquisar. (SILVA; LOPES; BRAGA JUNIOR, 2014).

A modelagem de dados possibilita abstrair todos os elementos, atributos e relacionamentos significativos e relevantes de determinada situação real e representá-los graficamente, recriando o contexto em um ambiente virtual. Partiu-se, então, para a experimentação de um novo método de análise dos dados, baseado na modelagem dos dados coletados. Através da modelagem é possível recriar o contexto onde os dados foram gerados: através dos dados colhidos (POZZEBON e FREITAS, 1998).

Conforme comentado anteriormente, os dados na abordagem quantitativa têm natureza numérica. São valores de grandezas monetárias (impostos pagos, valores das vendas) de grandezas físicas (volume de produtos vendidos, consumo de água mensal etc.) ou de escalas de atitude (Likert), que são escolhas que se transformam em números. (SILVA; LOPES; BRAGA JUNIOR, 2014).

O primeiro passo para a análise de dados, seguindo a modelagem como metodologia de pesquisa, é a síntese dos dados coletados através de uma representação gráfica. A representação gráfica, neste caso, é um modelo de dados. Existem diferentes modelos e

notações para a criação de um modelo de dados (entidade-relacionado, orientado a objetos, multidimensional) (POZZEBON e FREITAS, 1998).

Nesta pesquisa optou-se pelo modelo orientado a objetos. Mas deve-se salientar que, não é o tipo de modelo escolhido o aspecto relevante em questão, mas a habilidade do pesquisador em representar determinado contexto de pesquisa através de um modelo. Esta capacidade de abstração mostra-se fundamental e possibilitará uma maior riqueza na análise.

4.2. Delimitação da pesquisa

Este trabalho consiste em modelar e extrair os quantitativos através do *software* BIM Revit e desenvolver o orçamento analítico de um edifício residencial de três pavimentos, dois apartamentos de um quarto por andar e térreo com salão de festas e de jogos para os dois sistemas construtivos estudados. Serão considerados os modelos BIM das seguintes disciplinas:

- Arquitetura;
- Estrutura (forma e concreto precisos; armação estimada).

As demais disciplinas, como instalações hidro sanitárias, elétricas, gás e incêndio, não farão parte do estudo e pode-se até adotar uma simplificação de que seus respectivos custos seriam iguais para ambos os sistemas construtivos, uma vez que não há diferenciação dos materiais a serem utilizados. Além disso, os custos da execução das etapas existentes nestas disciplinas de projeto têm baixa representação percentual sobre o valor total do empreendimento. Por estes motivos, estas disciplinas de projeto não foram modeladas nesta pesquisa e acrescenta-se ainda que os custos destas teriam pouca ou nenhuma relevância para o resultado final deste trabalho.

O valor referente ao BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) não será contemplado na estrutura do orçamento, pois este estudo tem por finalidade realizar um comparativo de custos da construção e a incidência do BDI ocorre para determinação do preço de venda. Pretende-se obter um valor padrão que atenda a todos os empreendimentos, independente do BDI que determinada empresa adote para suas obras.

Os modelos BIM serão previamente desenvolvidos pelo autor, considerando um edifício real a ser construído em concreto armado no estado de São Paulo. Os projetos de arquitetura e estrutura foram desenvolvidos por escritórios técnicos.

Como ferramentas para a realização do orçamento, serão utilizados o *software* Revit

para realizar a extração dos quantitativos do modelo BIM e em seguida o *software* Microsoft Excel para associação destes quantitativos dos serviços com as respectivas composições de custo unitário. Logo, não serão utilizados *softwares* específicos para orçamentos.

As composições de custos a serem utilizadas para desenvolver o orçamento do edifício no sistema construtivo concreto armado com alvenaria convencional são as fornecidas pela tabela do Sistema nacional de pesquisa de preços e índices da construção civil (SINAPI), disponibilizada gratuitamente pela Caixa Econômica Federal. Já para o sistema construtivo *wood frame* serão utilizadas as composições de custos existentes no site gerador de preços. Este site fornece composições de custos com preços atualizados para cidade de São Paulo não apenas para os serviços deste sistema construtivo como também como para diversos outros serviços de construção civil (GERADOR DE PREÇOS, 2019)

Os resultados deste trabalho são válidos para a edificação estudada, um empreendimento residencial multifamiliar de padrão médio em São Paulo. Novas análises podem ser realizadas ao aplicar os resultados às residências unifamiliares, edificações comerciais ou industriais, ou edifícios residenciais de padrão e métodos construtivos diferentes ou até mesmo para outras localidades.

4.3. Etapas da pesquisa

A metodologia para o desenvolvimento deste trabalho é dividida em cinco etapas:

- Etapa 1: revisão bibliográfica sobre os sistemas construtivos *wood frame* e concreto armado e sobre o *Building Information Modeling* (BIM), em especial à ferramenta 5D;
- Etapa 2: modelagem de uma edificação de três pavimentos para os dois sistemas construtivos estudados utilizando a ferramenta BIM Revit;
- Etapa 3: quantificação de materiais e serviços necessários para construção do projeto analisado nos dois sistemas construtivos por meio do BIM 5D;
- Etapa 4: elaboração dos orçamentos da edificação dos dois modelos construtivos, fazendo a associação dos quantitativos com suas respectivas composições de custos;
- Etapa 5: análise comparativa da viabilidade econômica do *wood frame* comparado à estrutura de concreto armado e alvenaria convencional.

Na Tabela 3 apresenta-se as etapas de desenvolvimento da pesquisa, bem como as ferramentas utilizadas.

Tabela 3 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa

Sistema Construtivo	Etapas da pesquisa				
	Etapa 1 - Revisão bibliográfica	Etapa 2 - Modelagem BIM	Etapa 3 - Extração dos quantitativos do projeto (BIM 5D)	Etapa 4 - Elaboração do orçamento	Etapa 5 - Análise comparativa dos orçamentos
<i>Wood Frame</i>	Artigos científicos, dissertações e teses	Revit Extension Wood Framing	Revit	Excel, composições de custos do site gerador de preços	Desenvolvida pelo autor
Concreto armado com alvenaria convencional	Artigos científicos, dissertações e teses	Revit	Revit	Excel, composições de custos do SINAPI	Desenvolvida pelo autor

Fonte: elaborada pelo autor.

4.4. Descrição do projeto estudado

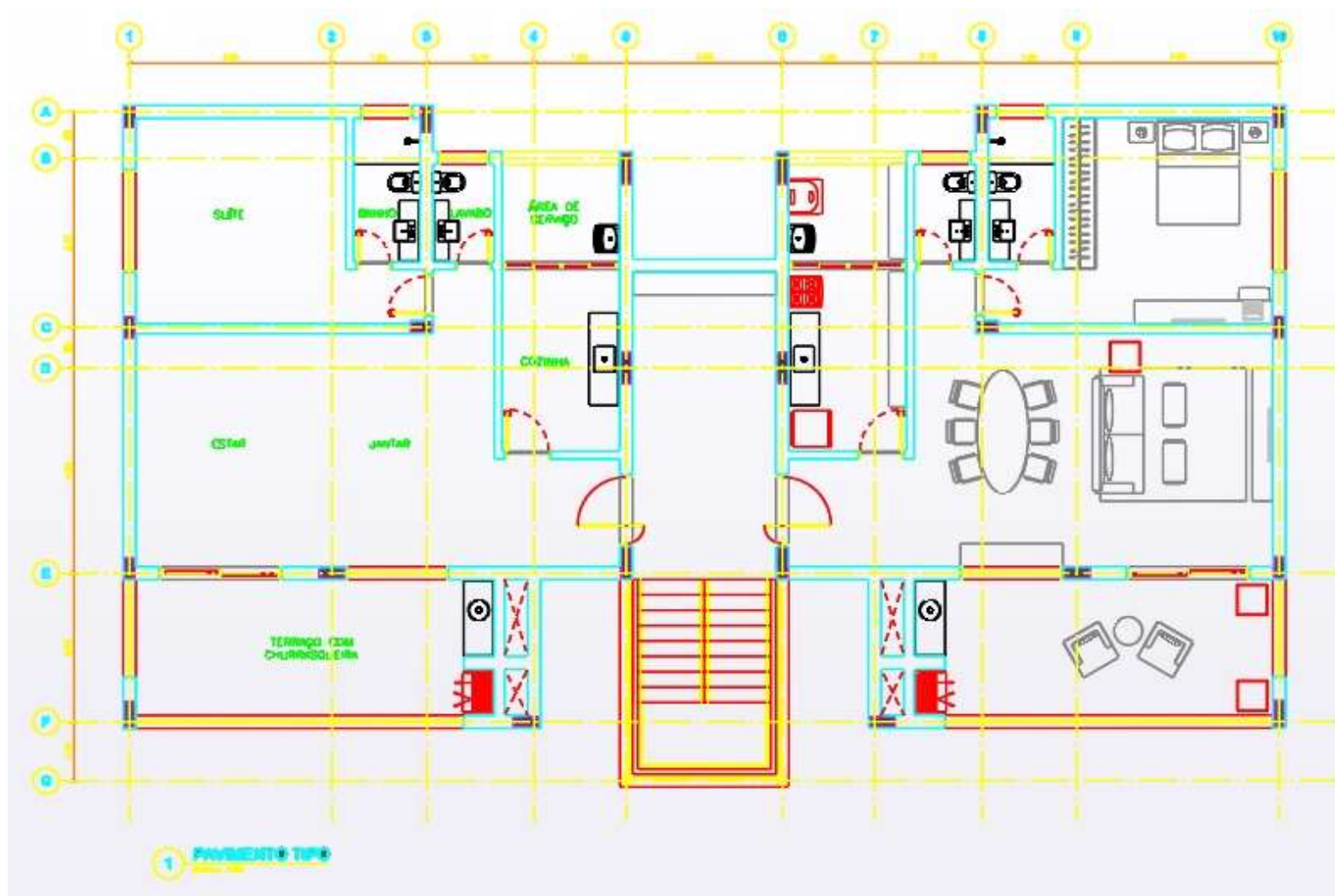
Conforme já descrito anteriormente, o empreendimento estudado para realizar a análise comparativa de custos BIM 5D consiste em um edifício de três pavimentos tipo e um pavimento térreo, sendo dois apartamentos por andar, além de hall e escada.

O apartamento possui um quarto, dois banheiros (suíte e social), uma sala para dois ambientes, uma cozinha e uma área de serviço, além de varanda gourmet com churrasqueira. A Figura 8 apresenta a planta baixa do pavimento tipo.

O pavimento térreo do empreendimento possui salão de jogos, salão de festas, hall de entrada, escada, cozinha e cinco banheiros, sendo um para portador de necessidades especiais (PNE). A Figura 9 apresenta a planta do pavimento térreo.

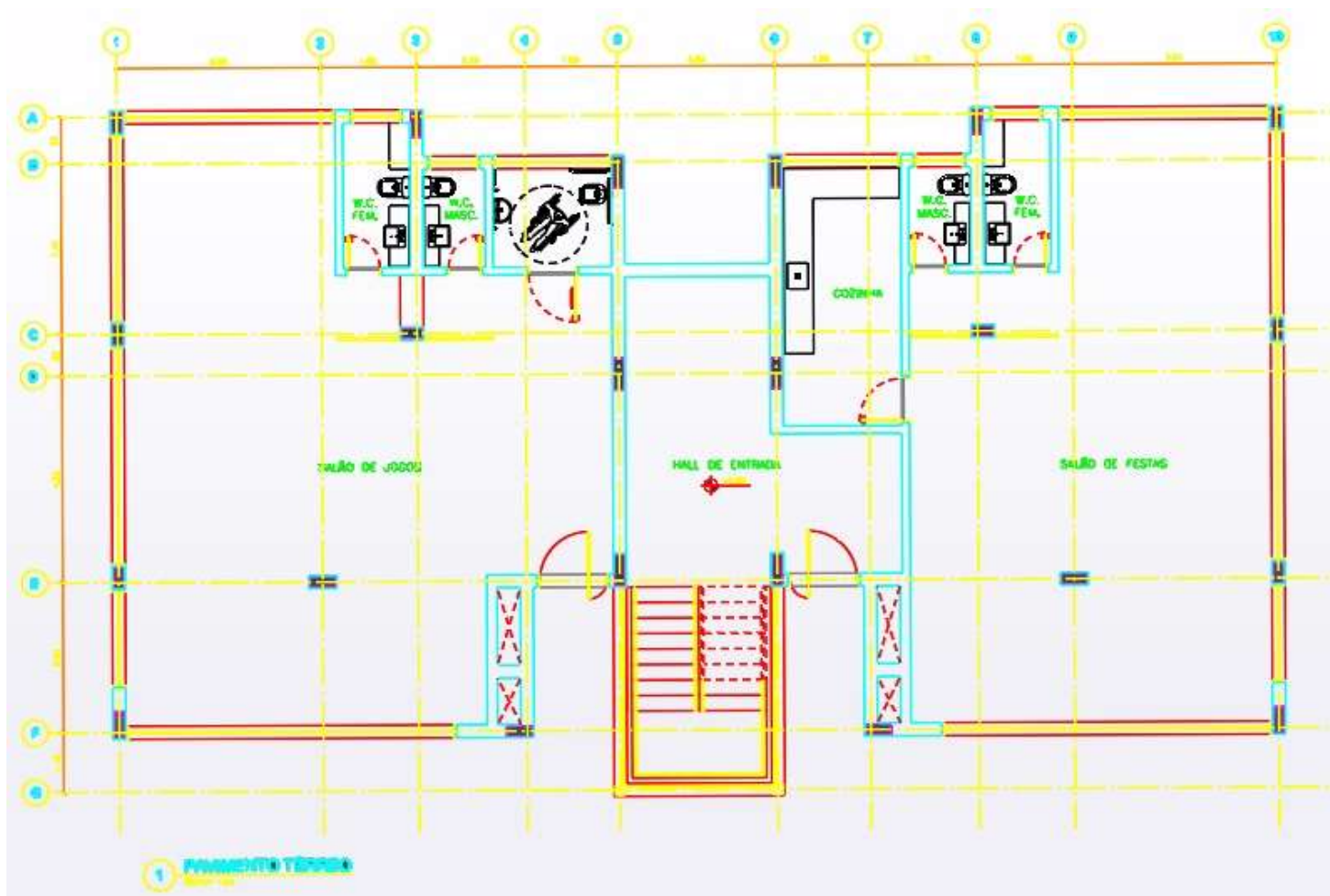
Apesar do empreendimento possuir apenas apartamentos de um quarto, ele possui algumas características que não são comuns em empreendimentos de padrão popular: todo o fechamento da escada é feito com uma cortina de vidro e além disso o apartamento possui uma varanda gourmet com churrasqueira. Estas características atestam que o empreendimento estudado refere-se a um edifício de médio padrão de acabamento, e este será o padrão adotado para a orçamentação.

Figura 8 – Planta baixa do pavimento tipo do empreendimento estudado



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 9 – Planta baixa do pavimento térreo do empreendimento estudado



Fonte: elaborada pelo autor.

5. RESULTADOS

Neste capítulo é descrito o desenvolvimento do processo de modelagem BIM, extração dos quantitativos (*take off 5D*) e orçamentação considerando ambos os sistemas construtivos.

5.1. Modelagem do projeto em concreto armado e alvenaria convencional

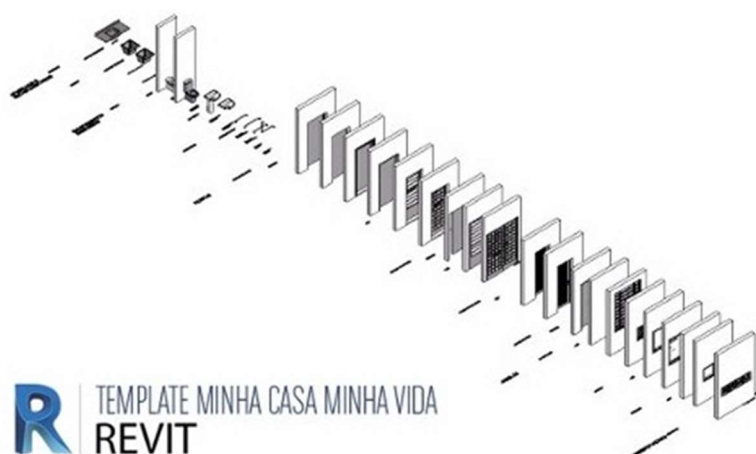
O projeto em estrutura de concreto armado e vedação em alvenaria convencional foi modelado utilizando-se a ferramenta BIM Revit. Todo o processo de modelagem foi executado sobre o desenho 2D do projeto desenvolvido pelos escritórios de arquitetura e engenharia estrutural por meio da ferramenta de vincular arquivo dwg (*drawing* – formato de arquivo *Computer Aided Design* (CAD), ou Desenho Assistido por Computador).

Para modelagem do projeto foi utilizada a biblioteca “Minha casa, minha vida” (MCMV) disponibilizada gratuitamente pelo governo federal, como forma de fomento a utilização do BIM para o setor público brasileiro.

A biblioteca para o programa MCMV foi desenvolvida no *software* REVIT e disponibilizada como um *template* pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio exterior (MDIC) do governo federal. Essa biblioteca não é dotada de componentes inovadores, mas busca atender as principais demandas de projetos habitacionais (HU *et al.*, 2016).

Na Figura 10 demonstra-se a biblioteca de famílias MCMV disponibilizada pelo governo federal.

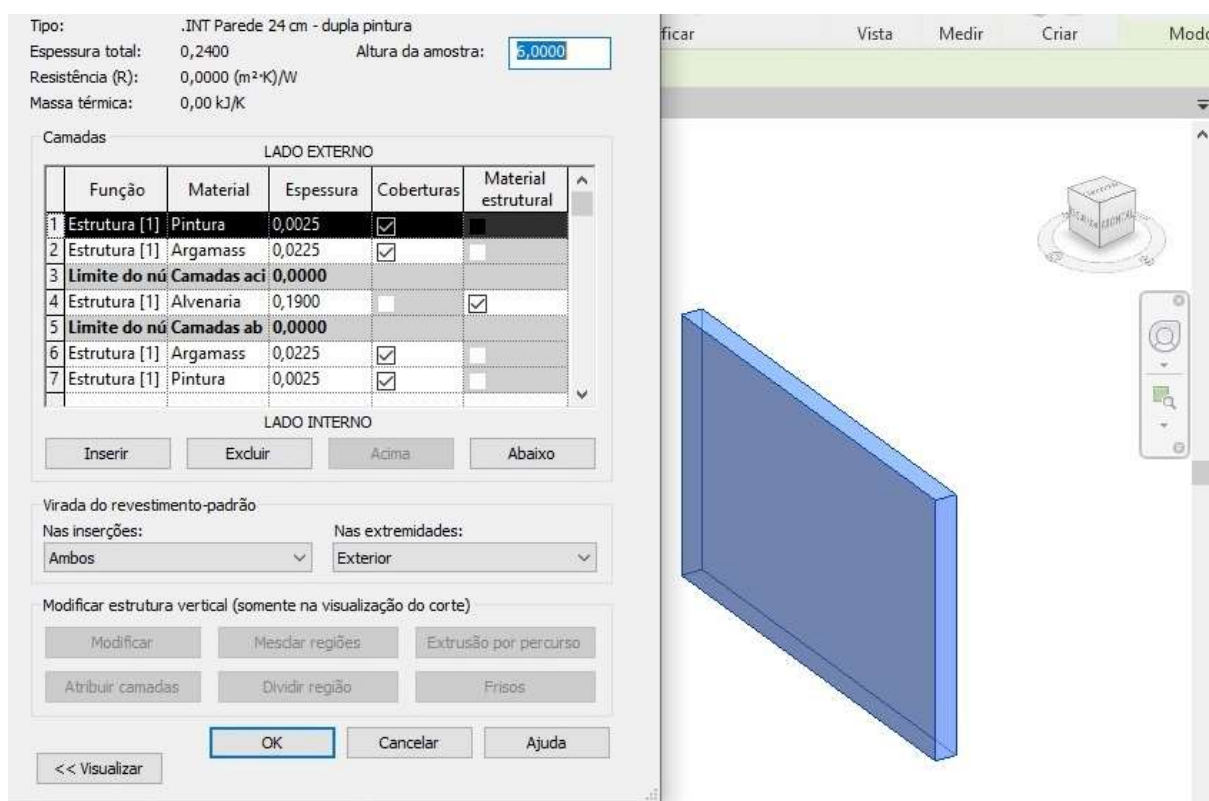
Figura 10 – Biblioteca Minha casa, minha vida para Autodesk Revit



Fonte: Contier Arquitetura (2019).

Uma característica importante a ser ressaltada da metodologia utilizada para modelagem é que as alvenarias e pisos foram desenvolvidos utilizando-se camadas, usualmente designadas como parede e piso sanduíches. Essa é uma funcionalidade do Revit que possibilita inserir diversas camadas de serviços em um único objeto, como por exemplo a parede, na qual podem-se inserir as camadas de alvenaria, chapisco, reboco e revestimento (pintura ou azulejo). No caso dos pisos as camadas geralmente são contrapiso e revestimento (cerâmico, porcelanato ou laminado, dependendo do acabamento demandado). Esse aspecto merece ser ressaltado pois, conforme será descrito em tópicos posteriores desta pesquisa, a modelagem por camadas tem implicações diretas na forma que são extraídos os quantitativos do modelo BIM para orçamentação 5D. Na Figura 11 demonstra-se um exemplo de modelagem de parede utilizando-se camadas.

Figura 11 – Família de parede modelada com camadas



Fonte: elaborada pelo autor.

Outro aspecto importante que deve ser ressaltado é o nível de desenvolvimento BIM utilizado na modelagem. Para este projeto adotou-se um nível de detalhamento significativo para se ter um orçamento mais preciso e conferir maior assertividade à análise comparativa de

custos BIM 5D proposta nesta pesquisa. Foram utilizados diversos níveis de desenvolvimento de projeto para esta pesquisa, dependendo da disciplina de projeto e etapa de construção, como será melhor detalhado em um tópico posterior desta pesquisa.

Para a modelagem completa do edifício foi usada a ferramenta de vínculos do Revit, onde um único apartamento completo foi modelado e, utilizando-se esta função do *software*, este modelo do apartamento foi vinculado a um outro arquivo do edifício completo e inserido três vezes por meio da ferramenta colar em níveis (1º, 2º e 3º pavimentos). Em seguida empregou-se a ferramenta espelhar para obter dois apartamentos por andar, este procedimento proporciona maior agilidade e padronização no modelo e permite reduzir consideravelmente o tempo gasto para modelagem. Na Figura 12 demonstra-se o apartamento tipo completo modelado.

Figura 12 – Apartamento tipo modelado em Revit



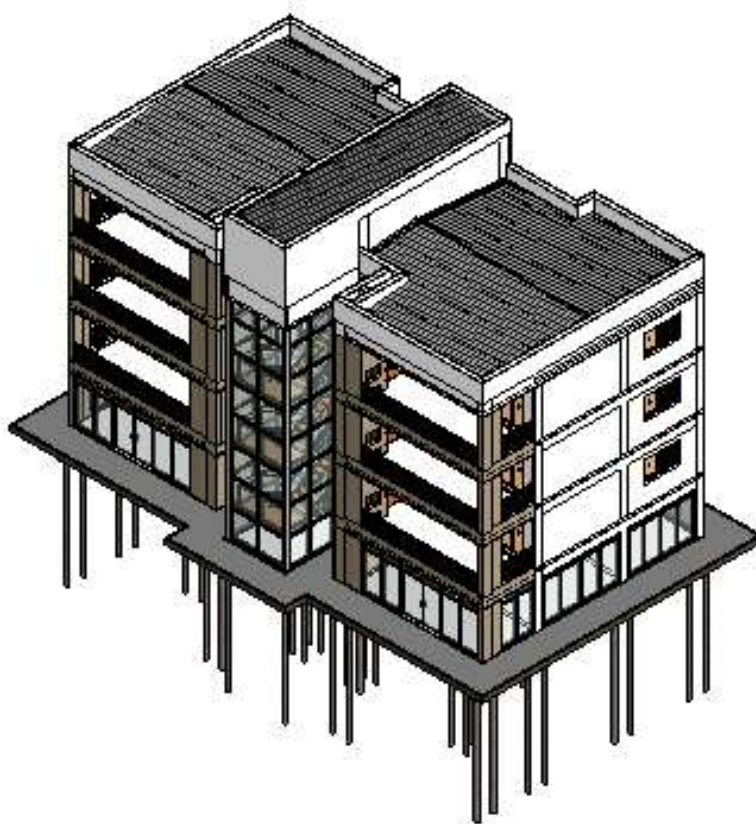
Fonte: elaborada pelo autor.

Após fazer os *links* Revit e inserir todos os apartamentos do edifício foi modelada toda a área comum do prédio (hall, cortina de vidro, escada, salões do térreo e telhado), além de toda a estrutura do prédio (fundações, pilares, vigas e lajes). A área externa do empreendimento (pavimentação e paisagismo) foi desconsiderada, uma vez que não seria relevante para esta

pesquisa considerando que seu custo seria igual para os dois sistemas construtivos estudados.

A fundação projetada e modelada consiste em estaca hélice contínua com diâmetro de 30cm e profundidade de 6m e blocos de coroamento retangulares e triangulares. Os pilares têm seção de 20x40cm, 20x50cm e 20x60cm, as vigas possuem dimensões que variam de 14x40cm à 20x60cm e as lajes do edifício tem espessura $h=15\text{cm}$. Na Figura 13 apresenta-se o resultado do edifício completo modelado.

Figura 13 – Modelo Revit do edifício estudado em concreto armado e alvenaria convencional



Fonte: elaborada pelo autor.

Por fim, são apresentadas na Tabela 4 as características, ferramentas e metodologia utilizadas na modelagem do edifício no sistema construtivo em estrutura de concreto armado e alvenaria convencional.

Tabela 4 – Características da modelagem do edifício em concreto armado e alvenaria convencional

<i>Software</i>	Biblioteca	Método	LOD
Revit	Minha casa, minha vida do MDIC	Modelagem em camadas e vínculos do Revit	Variável, dependendo da disciplina de projeto e etapa de construção, entre 200 e 350

Fonte: elaborada pelo autor.

5.2. Modelagem do projeto em *wood frame*

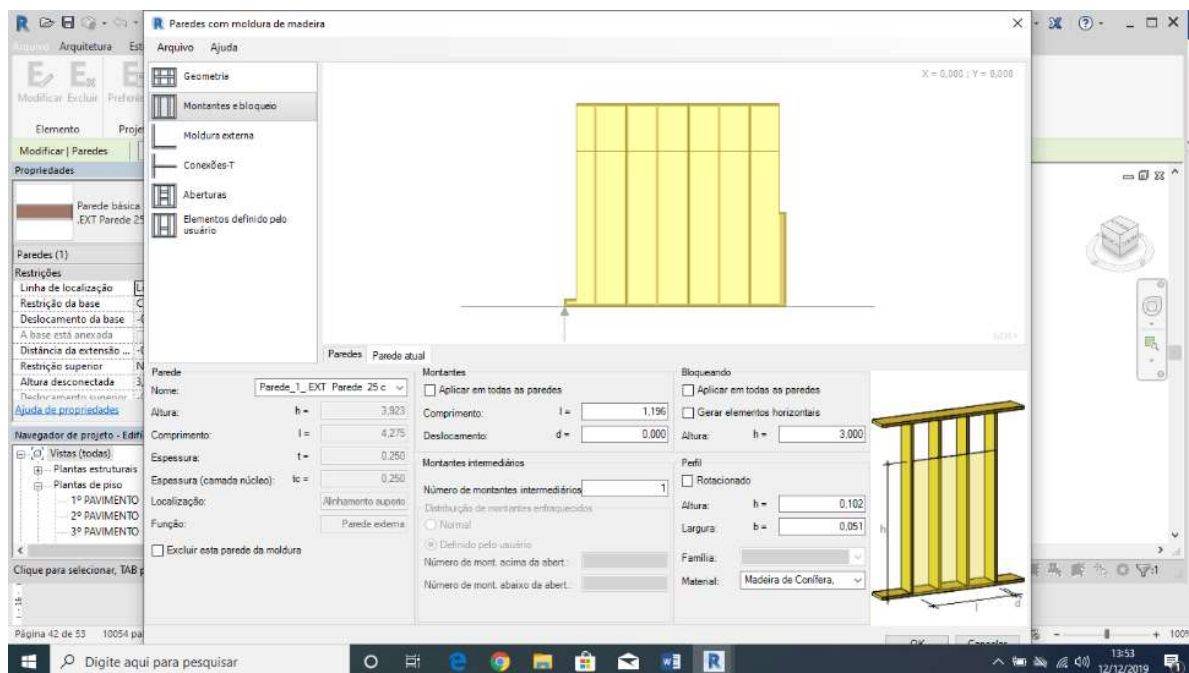
O projeto em *wood frame* foi modelado também utilizando-se a ferramenta BIM Revit. Todo o processo de modelagem foi executado a partir do modelo em concreto armado e alvenaria convencional e da extensão disponibilizada gratuitamente no *software* da Autodesk, *Revit Extension*.

Toda a estrutura de pilares e vigas de concreto foram excluídas do projeto, as lajes foram alteradas de concreto armado para lajes em madeira LP Mezanino. A fundação foi alterada de blocos e estaca do modelo anterior para uma fundação rasa de radier que comumente é utilizada em edificações em *wood frame*.

Para realizar a modelagem da estrutura em *wood frame* com a extensão do Revit basta selecionar as paredes, lajes e telhado e acionar a ferramenta clicando no botão da extensão. A própria funcionalidade já gera todos os elementos de acordo com uma configuração usual de paredes neste sistema construtivo, exceto os materiais de preenchimento para isolamento térmico e acústico. Há também a possibilidade para o usuário realizar as edições necessárias nas configurações das paredes e lajes.

Na Figura 14 demonstra-se a forma de configuração das paredes com o *Revit Extension Wood Framing*. Dentre os aspectos que podem ser configurados, pode-se citar o espaçamento entre os montantes, configurações nas aberturas de portas e janelas e extremidades das paredes dentre outros. Os espaçamentos entre montantes utilizados para este projeto foram de 60 cm para as paredes do pavimento tipo e 40 cm para o pavimento térreo, pois são espaçamentos usuais e suficientes para o projeto em estudo.

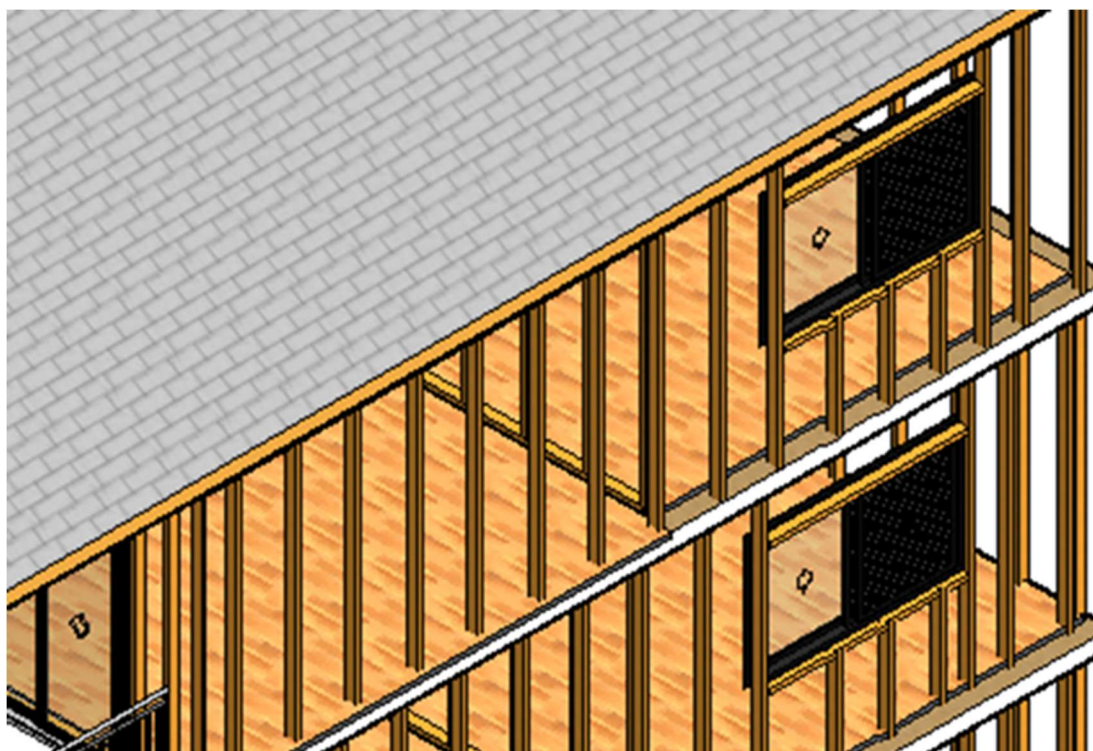
Figura 14 – Detalhamento da parede em *wood frame* com o Revit Extension



Fonte: elaborada pelo autor.

Segundo a Diretriz SINAT Nº 5 do Ministério das Cidades (2017), a dimensões dos montantes para paredes estruturais em *wood frame* para edifícios deve ter seção mínima de 38x89mm. Estas foram então as dimensões adotadas para modelagem.

O projeto modelado em *wood frame*, assim como o modelo de concreto armado e alvenaria convencional, foi elaborado com vários níveis de desenvolvimento BIM (LODs). Na Figura 15 apresenta-se toda a estrutura do projeto modelado em *wood frame*. Os painéis de vedação, que são gerados automaticamente com a ferramenta utilizada, foram ocultados para melhor visualização da estrutura.

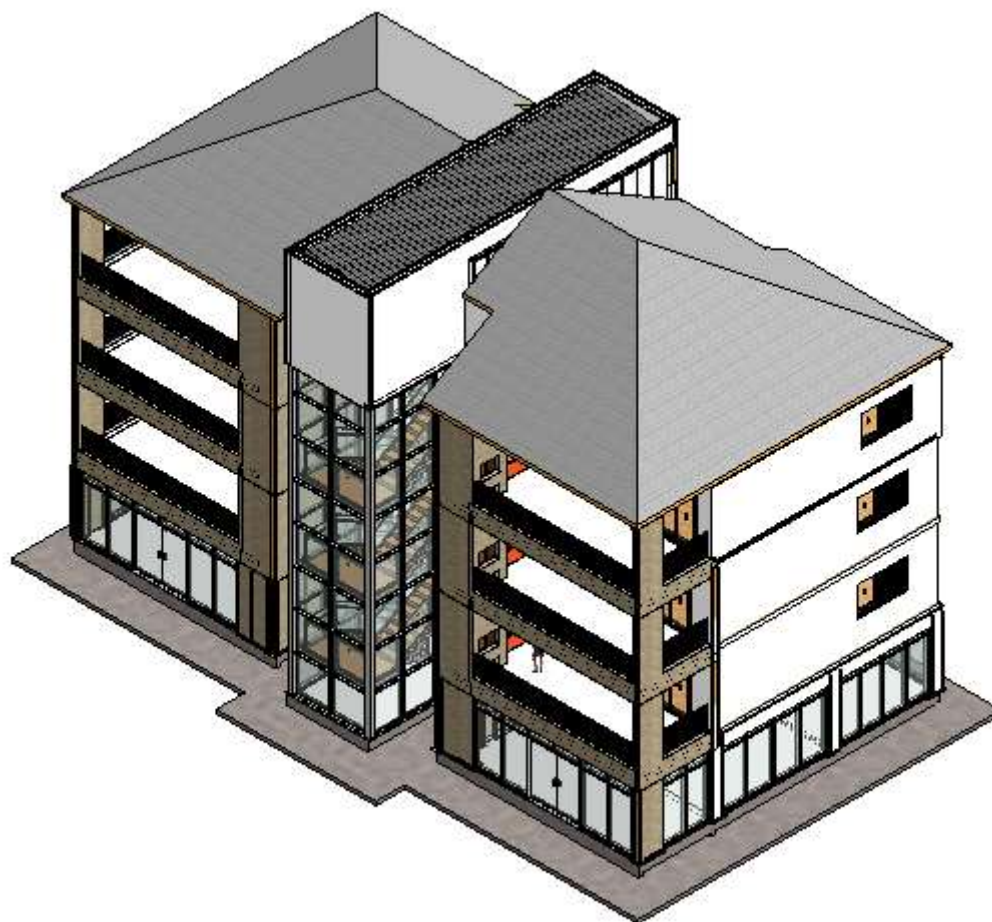
Figura 15 – Estrutura de madeira em *wood frame* modelado em Revit

Fonte: elaborada pelo autor.

Algumas modificações foram necessárias na cobertura do edifício, uma vez que se adotou o telhado *Shingle*. Esta escolha foi devido ao fato deste ser o modelo de telhado mais utilizado nos países em que a utilização do *wood frame* representa um percentual significativo das edificações realizadas. Para modelar esse telhado foi necessário utilizar uma biblioteca de telha *Shingle* obtida por *download* em um site que disponibiliza gratuitamente famílias Revit para modelagem de projetos. Na Figura 16 apresenta-se o resultado do edifício completo modelado no sistema construtivo em *wood frame*.

No desenvolvimento do processo das modelagens pode-se identificar quatro etapas principais nas quais há diferenciação entre os dois sistemas construtivos estudados: fundação, estrutura, vedação e cobertura.

Figura 16 – Modelo Revit do edifício estudado em *wood frame*



Fonte: elaborada pelo autor.

São demonstradas na Tabela 5 as características, ferramentas e metodologia utilizadas na modelagem do edifício no sistema construtivo em *wood frame*.

Tabela 5 – Características da modelagem do edifício em *wood frame*

Software	Família adicional	Método	LOD
Revit	Telha Shingle para a cobertura	Ferramenta Wood Framing do Revit Extension	Variável, dependendo da disciplina de projeto e etapa de construção, entre 200 e 350

Fonte: elaborada pelo autor.

5.3. Uma consideração sobre o nível de precisão da pesquisa

Segundo o Instituto Brasileiro de Auditoria de Engenharia – IBRAENG (2016), todo orçamento prévio é uma peça de planejamento e como tal não possui precisão total. É, portanto, uma estimativa de custos. Os erros em orçamentos podem ter causas em diversos fatores, dentre eles, a imprecisão dos respectivos projetos, erros de cálculos de quantitativos e a própria imprecisão das composições de custos. Na Engenharia, costuma-se denominar como estimativa de custos os preços definidos por meio de orçamentos expeditos e preliminares (ou paramétricos), por possuírem menores precisões e maiores margens de erros. No entanto, os orçamentos detalhados também se constituem em estimativas de custos e preços, pois também possuem margens de erros, embora menores do que as dos orçamentos expeditos e preliminares.

Na Tabela 6 são apresentadas as precisões e as margens de erros dos diversos tipos de orçamentos de engenharia.

Tabela 6 – Precisões e Margens de Erros dos Diversos Tipos de Orçamentos de Engenharia

Tipo de Orçamento	Precisão	Margem de Erro (para mais ou para menos)
Expedito (com base na unidade de construção)	75% a 80%	20% a 25%
Preliminar / Paramétrico (com base no anteprojeto)	80% a 85%	15% a 20%
Detalhado (com base no projeto básico)	90%	10%
Detalhado (com base no projeto executivo)	95%	5%

Fonte: IBRAENG (2016, p. 6).

Nesta pesquisa foram utilizados projetos com diferentes níveis de detalhamento, ou nível de desenvolvimento BIM (LOD). O projeto arquitetônico utilizado tanto para o sistema construtivo *wood frame*, quanto para a construção convencional em concreto armado e alvenaria são classificados como projetos executivos. Os projetos da disciplina de estrutura, também para ambos os sistemas construtivos são classificados como básicos, exceto a armação e estrutura da cortina de vidro que são classificados como paramétricos.

Portanto, os orçamentos desenvolvidos nesta pesquisa possuem diferentes tipos, precisões e margem de erros dependendo da disciplina de projeto e da etapa de construção. Na Tabela 7 é demonstrado o tipo de orçamento, precisão e margem de erro desta pesquisa de

acordo com o sistema construtivo e a disciplina de projeto, relacionando com o nível de desenvolvimento BIM (LOD).

Tabela 7 – Precisões e margens de erros dos orçamentos da pesquisa relacionados ao LOD

Sistema Construtivo	Disciplina de projeto / Etapa	LOD	Tipo de Orçamento	Precisão	Margem de Erro (para mais ou para menos)
Concreto Armado e Alvenaria Convencional	Arquitetura	350	Detalhado (com base no projeto executivo)	95%	5%
	Estrutura (forma e concreto)	300	Detalhado (com base no projeto básico)	90%	10%
	Estrutura da cortina de vidro e armação	200 / Estimado	Preliminar / Paramétrico (com base no anteprojeto)	80% a 85%	15% a 20%
Wood Frame	Arquitetura	350	Detalhado (com base no projeto executivo)	95%	5%
	Estrutura em madeira	300	Detalhado (com base no projeto básico)	90%	10%
	Estrutura da cortina de vidro	200	Preliminar / Paramétrico (com base no anteprojeto)	80% a 85%	15% a 20%

Fonte: elaborada pelo autor

Esta tabela será utilizada para determinar a variação possível dos valores dos orçamentos realizados e por conseguinte o desenvolvimento de uma análise dos dados de forma precisa.

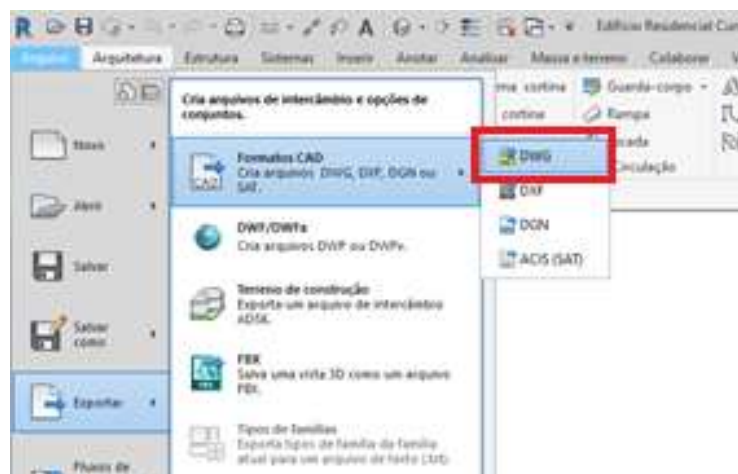
5.4. Análise inicial dos modelos com Navisworks e preparação para quantificação

Antes de iniciar a quantificação dos serviços dos modelos, é necessário desenvolver uma análise de compatibilização das disciplinas de projeto de modo a evitar que falhas e até mesmo duplicidades devido a modelagens sobrepostas possam impactar o levantamento dos quantitativos. Para realização desta etapa o *software* adotado foi o Navisworks Manage que é uma ferramenta da Autodesk para gestão de projetos em BIM, compatibilização, quantificação e planejamento 4D.

Devido ao fato de os modelos terem sido desenvolvidos com a utilização da ferramenta de *links* do Revit, para realizar a interoperabilidade entre o Revit e Navisworks, primeiramente foi necessário exportar o modelo do Revit para o formato “.dwg” de Autocad. Esta ação foi

necessária pois o Navisworks versão 2018 não reconhece os *links* dos arquivos provenientes do Revit, o mesmo não ocorre para os vínculos do Autocad, o que justifica a alternativa utilizada. Essa importação é realizada no *software* conforme apresentado na Figura 17.

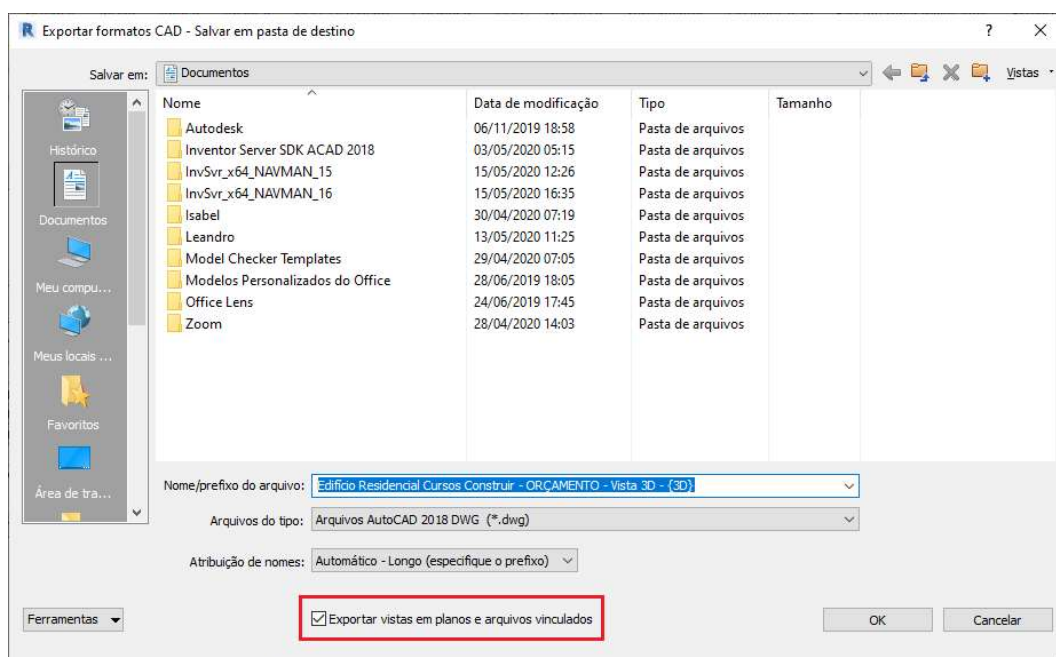
Figura 17 – Importação do modelo Revit com link para o formato dwg



Fonte: elaborada pelo autor.

Na janela de exportação é necessário marcar o *matchcode* exportar vistas em planos e arquivos vinculados, conforme é demonstrado na Figura 18.

Figura 18 – Importação do modelo que contém *links* Revit para o formato dwg

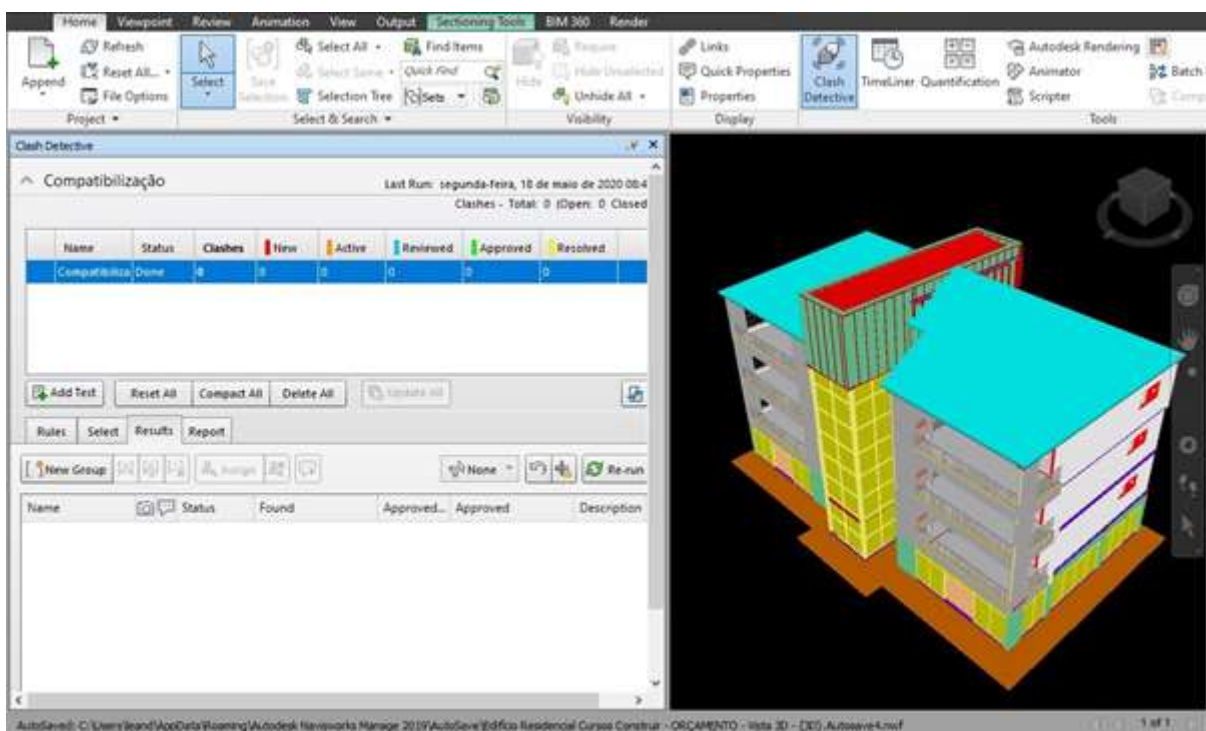


Fonte: elaborada pelo autor.

São gerados vários arquivos com o formato dwg, sendo um principal e um para cada vínculo do modelo Revit. Na ferramenta Navisworks basta abrir o dwg principal e todos os *links* serão inseridos no modelo automaticamente.

Dentro da ferramenta Navisworks foram realizadas então a compatibilização automática de projetos para ambos os modelos desenvolvidos, estrutura de concreto armado e *wood frame*. Este procedimento foi feito por meio da ferramenta *Clash Detective* deste *software*. Na figura 19 é demonstrado o resultado obtido desta funcionalidade para o modelo em *wood frame*.

Figura 19 – Resultado do *clash detective* para o modelo em *wood frame*



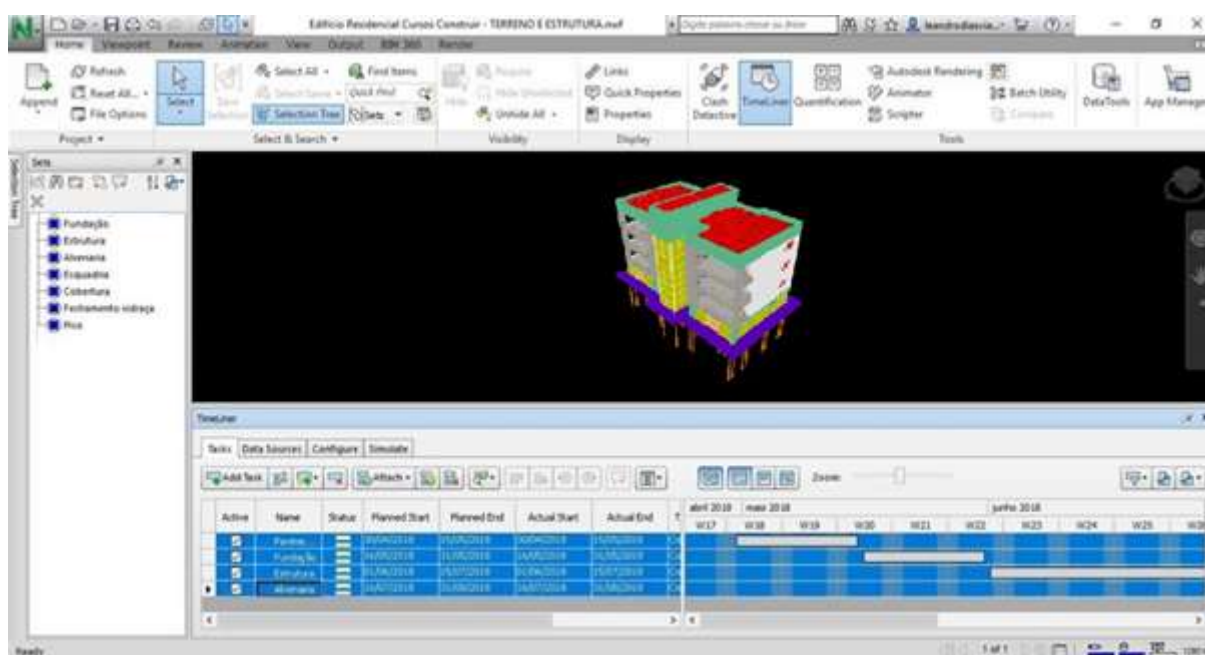
Fonte: elaborada pelo autor.

Conforme apresentado na Figura 19 nenhuma interferência ou duplicidade foi identificada no modelo em *wood frame*, o mesmo ocorreu para a análise realizada no edifício em estrutura de concreto armado. Estes resultados já eram esperados por se tratar de modelos com apenas duas disciplinas: estrutura e arquitetura e pela cautela empregada nos processos de modelagem. Sendo assim, os modelos puderam ser considerados prontos para o início da quantificação.

O *software* Navisworks é muito utilizado também para a elaboração do Planejamento BIM 4D. Este processo é realizado por meio da ferramenta *Timeliner* deste programa. Para

melhor simulação da construção e visualização da execução do empreendimento estudado, esta etapa foi realizada para os 2 modelos. Ressalta-se, porém, que foram desenvolvidos os planejamentos BIM 4D simplificados, uma vez que a ênfase principal desta pesquisa é o BIM 5D. Na Figura 20 é apresentado o desenvolvimento deste procedimento para o edifício em estrutura convencional de concreto armado e alvenaria de vedação.

Figura 20 – Simulação BIM 4D no Navisworks Manage



Fonte: elaborada pelo autor

Após a execução destas atividades no Navisworks, os dois modelos se apresentaram aptos para se iniciar o processo de quantificação BIM 5D. Esta etapa da pesquisa está descrita no tópico a seguir.

5.5. *Take off* 5D e desenvolvimento de quantitativos para orçamentação dos projetos

Neste tópico é descrito o procedimento executado para extração dos quantitativos dos modelos BIM. Conforme será apresentado, quatro foram as técnicas para realização do *take off* 5D e para determinação dos quantitativos do empreendimento analisado.

As quatro técnicas que foram adotadas são: extração dos quantitativos dos modelos BIM com a ferramenta do Revit de tabelas de quantidades de componentes de construção, extração dos quantitativos com a ferramenta do Revit de levantamento de materiais,

levantamento de quantitativos através do método híbrido (dimensões do modelo BIM + equações no Excel) e por fim estimativa de quantidades.

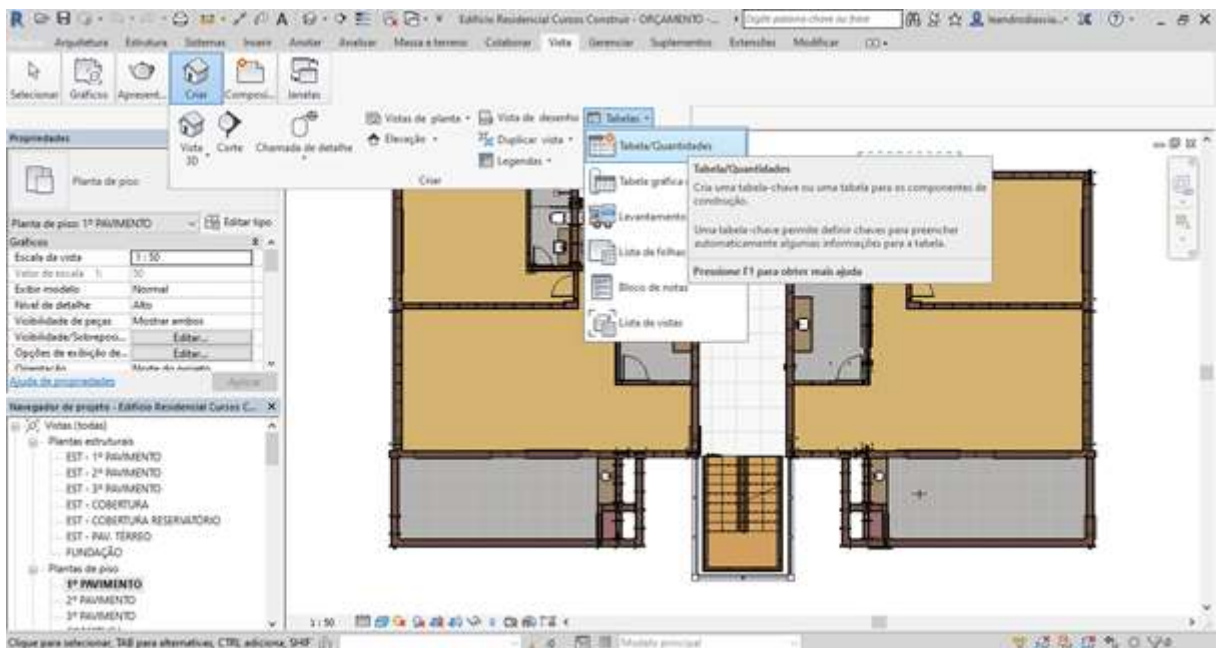
Estes quatro tipos de procedimentos para levantamentos de quantitativos foram utilizados para ambos os sistemas construtivos estudados, sendo detalhados a seguir.

5.5.1. Ferramenta tabela de quantidades de componentes do Revit

A ferramenta tabela de quantidades de componentes do Revit foi a ferramenta principal para realização do *take off* BIM 5D. Esta técnica foi utilizada para a grande maioria dos componentes de construção do projeto estudado. Geralmente os componentes modelados do empreendimento podem ser extraídos utilizando-se esta técnica.

Para gerar uma tabela de quantidades no Revit basta clicar no botão tabelas de quantidades na aba vista/criar do *software*. Na figura 21 é apresentado o caminho para acionar a ferramenta de tabelas de quantidades no Revit.

Figura 21 – Caminho para criação de tabelas de quantidades de componentes no Revit



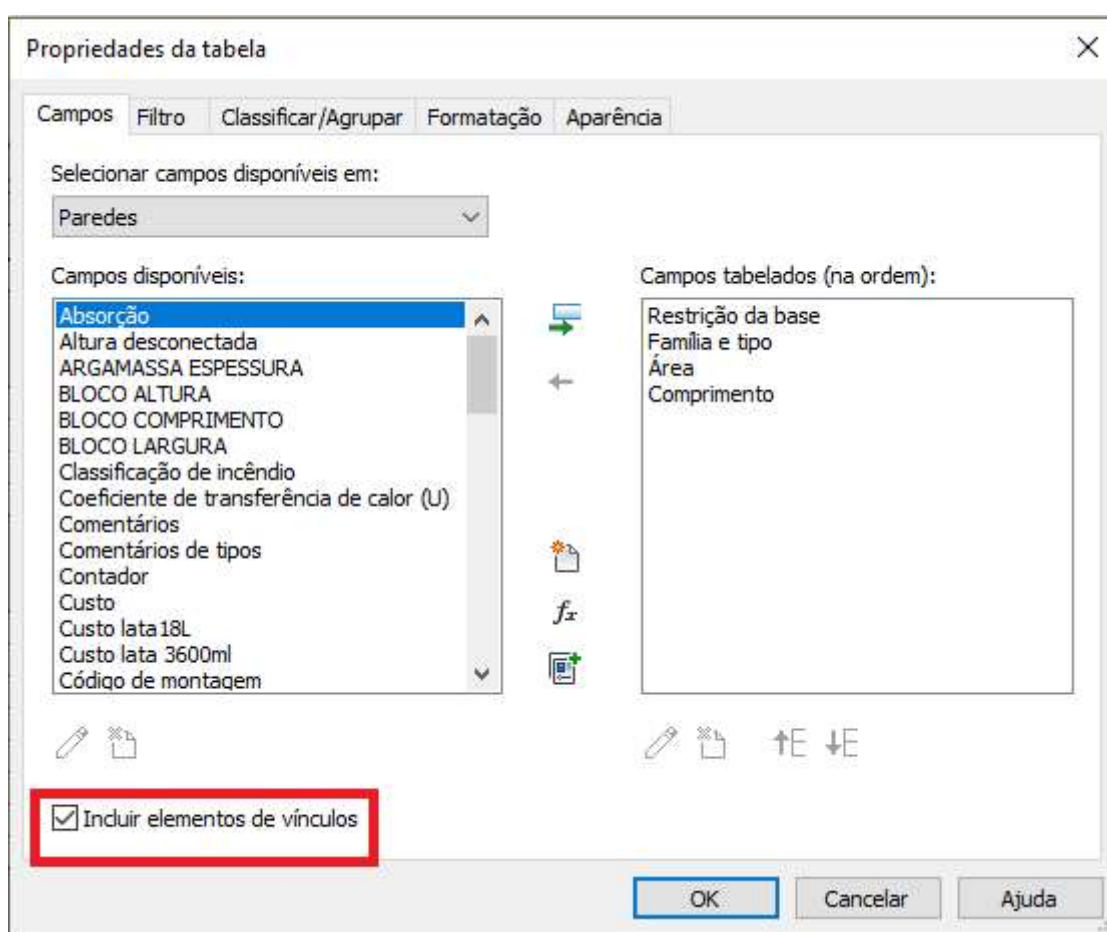
Fonte: elaborada pelo autor.

Esta funcionalidade do Revit permite ao usuário selecionar as colunas que serão exibidas na tabela, fazer filtros, classificar os dados da tabela, elaborar funções, gerar totais e subtotais dos quantitativos. É permitido também gerar tabelas de uma ou multi categorias, que

são etapas de construção.

Um aspecto importante a ser ressaltado é que como os modelos foram elaborados utilizando vínculos do Revit, para que os quantitativos do modelo original vinculado sejam apresentados na tabela de quantidades e assim levantar todo o quantitativo do projeto é necessário marcar o *matchcode* (botão de seleção) da funcionalidade. Na Figura 22 é apresentada a maneira de incluir os quantitativos do modelo vinculado na tabela de quantidades.

Figura 22 – Procedimento para incluir os quantitativos dos modelos vinculados na tabela de levantamento de quantidades



Fonte: elaborada pelo autor.

Alguns dos componentes que tiveram os seus quantitativos levantados utilizando-se desta técnica são: o concreto das fundações profundas e rasas e estrutura, alvenaria, esquadrias de madeira e alumínio, louças e metais sanitários, forros, guarda-corpos, escadas.

Na Figura 23 é apresentado um exemplo de tabela de levantamento de quantidades do Revit para a categoria forros do modelo em estrutura convencional de concreto armado e

alvenaria de vedação.

Figura 23 – Exemplo de tabela de levantamento de quantidades do edifício estudado no sistema construtivo convencional

<TABELA DE FORRO>		
A	B	C
Tipo	Altura do deslocamento do nível	Área
Forro de Gesso - Acartonado - Pintura Látex	2800 mm	89 m²
Forro de Gesso - Acartonado - Pintura Látex	2800 mm	18 m²
Forro de Gesso - Acartonado - Pintura Látex	2800 mm	18 m²
Forro de Gesso - Acartonado - Pintura Látex	2800 mm	18 m²
Forro de Gesso - Acartonado - Pintura Látex	2800 mm	18 m²
Forro de Gesso - Acartonado - Pintura Látex	2800 mm	18 m²
Forro de Gesso - Acartonado - Pintura Látex	2800 mm	18 m²
Forro de Gesso - Acartonado - Pintura Látex: 7		196 m²
Total geral: 7		196 m²

Fonte: elaborada pelo autor.

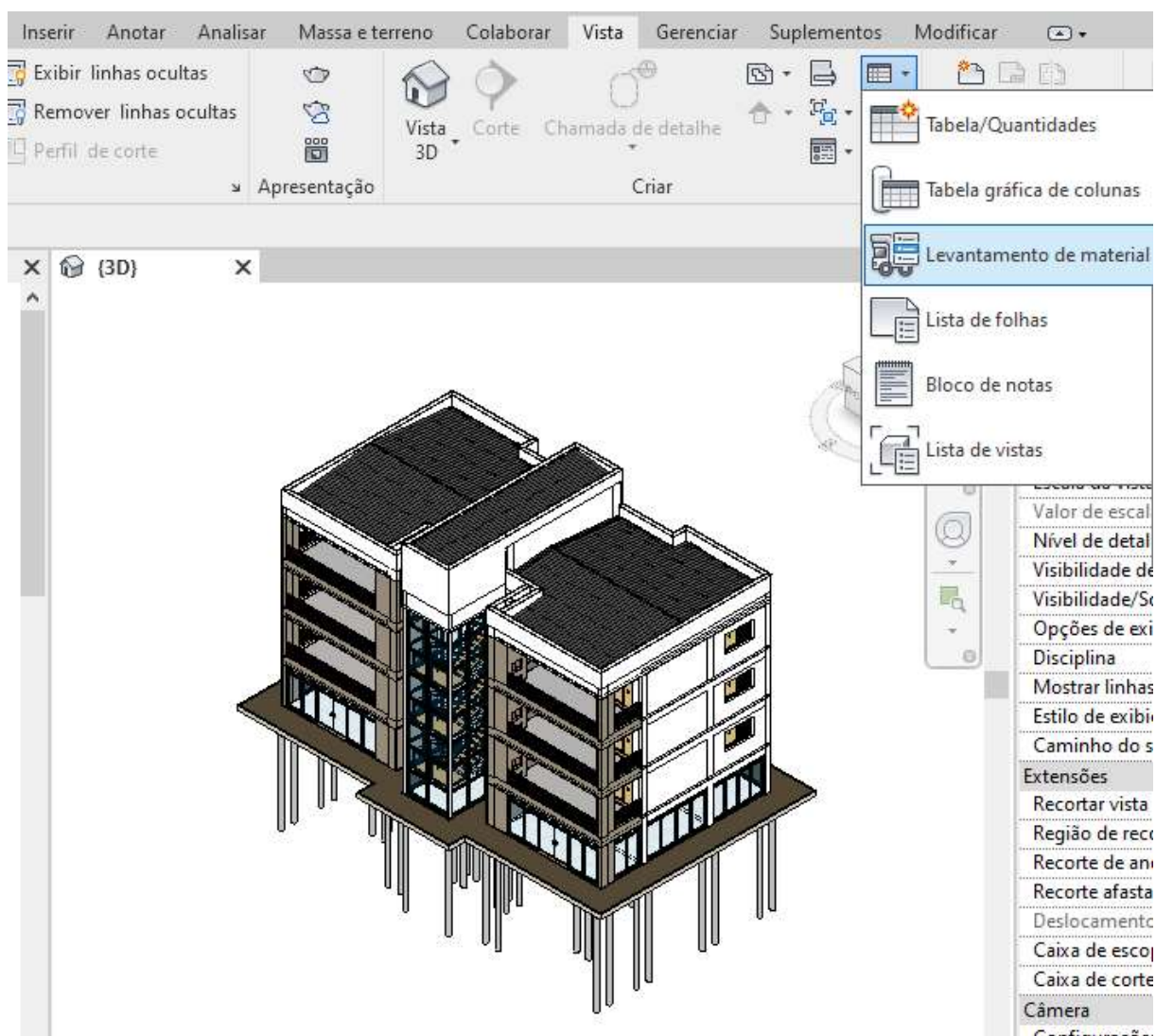
5.5.2. Ferramenta levantamento de materiais do Revit

A ferramenta para levantamento de materiais do Revit foi utilizada para realizar o *take off* dos quantitativos dos componentes das paredes e pisos “sanduíches”, ou seja, cuja modelagem foi feita utilizando-se de camadas conforme descrito anteriormente neste trabalho. Esta funcionalidade do *software* também foi utilizada para extração dos quantitativos dos componentes que foram modelados com a ferramenta modelagem *in loco* (por exemplo, parte dos rodapés foi feita com a modelagem *in loco* e outra parte como parede moldura, então, neste caso, foi necessário somar os quantitativos das Tabelas de Componentes e do Levantamento de Materiais).

Esta funcionalidade de levantamento de materiais foi utilizada para os componentes descritos anteriormente devido única e exclusivamente ao fato de ser o modo que o *software* BIM disponibiliza estas informações.

Para gerar uma tabela de levantamento de materiais no Revit basta clicar no botão Lista de Materiais na aba vista/criar do *software*. Na figura 24 é apresentado o caminho para acionar esta ferramenta no Revit.

Figura 24 – Caminho para fazer levantamento de materiais no Revit



Fonte: elaborada pelo autor.

Todas as funcionalidades descritas no tópico anterior de Tabelas de Quantidades são disponíveis também na ferramenta Levantamento de Materiais, são elas: selecionar as colunas que serão exibidas na tabela, fazer filtros, classificar os dados da tabela, elaborar funções, gerar totais e subtotais dos quantitativos, além de gerar tabelas de uma ou multi categorias. Na Figura 25 é apresentado um exemplo do levantamento de materiais para os rodapés.

Figura 25 – Levantamento de materiais para o serviço assentamento de rodapés

<TABELA RODAPÉ>		
A	B	C
Família e tipo	Material: Nome	Comprimento
Rodapé MDF Branco pilar: Rodapé MDF Branco pilar	.MDF - BRANCO PADRÃO	4,14
Rodapé MDF: Rodapé MDF	.MDF - BRANCO PADRÃO	1,79
Rodapé MDF: Rodapé MDF	.MDF - BRANCO PADRÃO	1,79
Rodapé MDF: Rodapé MDF	.MDF - BRANCO PADRÃO	1,79
Rodapé MDF: Rodapé MDF	.MDF - BRANCO PADRÃO	1,79
Rodapé MDF: Rodapé MDF	.MDF - BRANCO PADRÃO	1,79
Rodapé MDF: Rodapé MDF	.MDF - BRANCO PADRÃO	1,79
Rodapé pilar térreo: Rodapé pilar térreo	.MDF - BRANCO PADRÃO	7,67
Rodapé pilar térreo: Rodapé pilar térreo	.MDF - BRANCO PADRÃO	7,67
Total geral: 9		30,24

Fonte: elaborada pelo autor.

Assim como descrito no tópico anterior, para incluir os quantitativos dos arquivos de vínculo é necessário marcar o *matchcode* (botão de seleção) da funcionalidade.

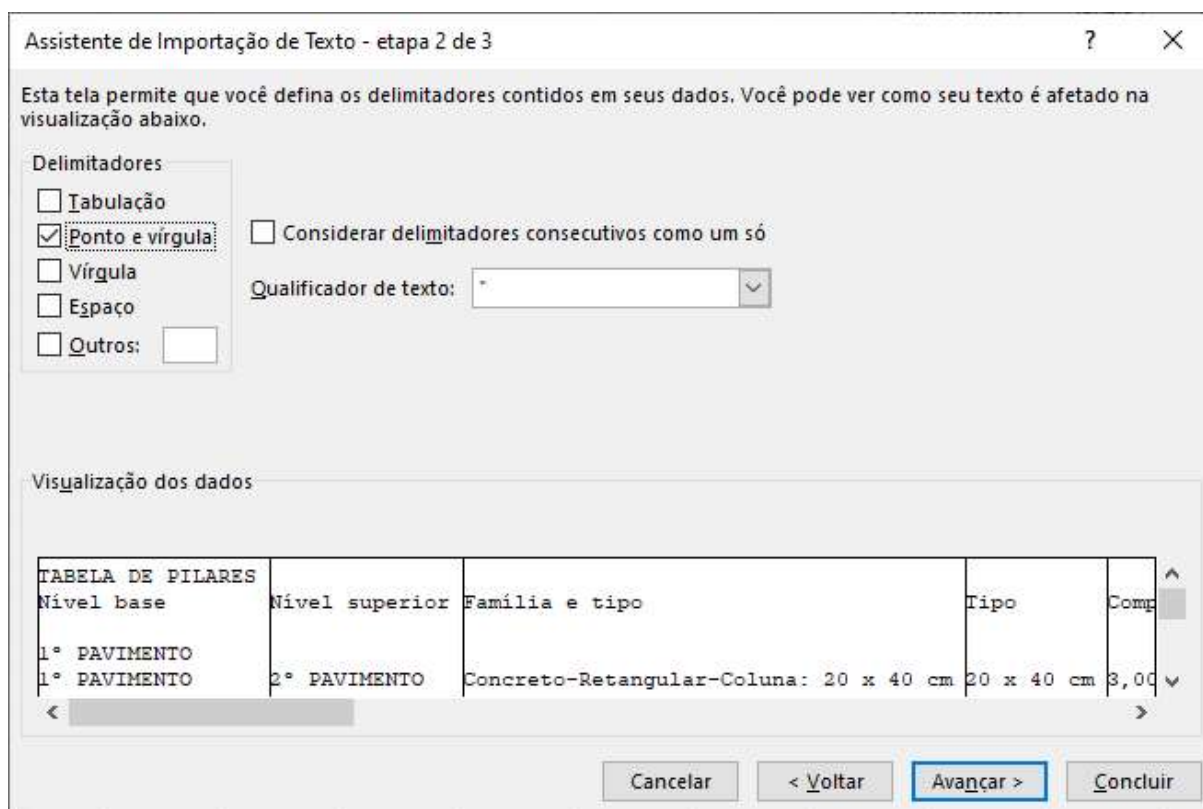
5.5.3. Método híbrido de levantamento de quantitativos (dimensões do modelo BIM + equações no Excel)

Alguns serviços não foram modelados para o desenvolvimento desta pesquisa, mas compõem o orçamento dos estudos e as dimensões para elaboração dos quantitativos podem ser extraídas do modelo BIM. Pode-se citar como exemplo: as formas das fundações superficiais e da estrutura. O levantamento de quantidades destes serviços demanda então mais conhecimento técnico do orçamentista de modo a se alcançar uma maior precisão.

Para os serviços de formas para estrutura de concreto foram utilizadas as dimensões das peças modeladas para fundações e estruturais e após exportar estes dados para o Excel, foram formuladas equações para se chegar aos quantitativos corretos de orçamento. O primeiro passo para exportar as tabelas do Revit para o Excel é desenvolvido dentro do *software* BIM, sendo apresentado na Figura 26. Este procedimento é realizado utilizando-se da ferramenta Exportar > Relatório > Tabelas.

Em seguida deve-se abrir o *software* Excel e abrir o arquivo “.txt” salvo. Então, uma janela será aberta para selecionar, entre outras opções, a forma com que foi definida a separação das colunas, quando então, para o presente caso, foi selecionado a opção “;”. Na Figura 28 é apresentado o desenvolvimento deste procedimento.

Figura 28 – Selecionando o separador de colunas ao abrir o arquivo “.txt” no Excel



Fonte: elaborada pelo autor.

Por fim, deve-se inserir as equações para chegar no quantitativo certo necessário para o orçamento, este passo geralmente demanda um conhecimento prévio e é executado com maior precisão quando o orçamentista possui maior experiência. Na Figura 25 é apresentado um exemplo de tabela já exportada para o Excel para tratamento dos dados e levantamento de quantitativos das formas de pilares.

Na Figura 29 as colunas de “A” até “F” são dados que foram importados do *software* BIM Revit, enquanto as colunas “G”, “H” e “I” foram elaboradas no Excel por meio de equações e funções desta ferramenta.

Figura 29 – Exemplo de tabela de quantitativos no Excel para o serviço de formas de pilares

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	TABELA DE PILARES								
2	Nível base	Nível superior	Familia e tipo	Tipo	Comprimento	Volume	Largura	Área da Forma	
3									
4	1º PAVIMENTO								
5	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 40 cm	20 x 40 cm		3 0,23 m ³	20	40	3,6
6	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 40 cm	20 x 40 cm		3 0,23 m ³	20	40	3,6
7	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 40 cm	20 x 40 cm		3 0,23 m ³	20	40	3,6
8	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 60 cm	20 x 60 cm		3 0,34 m ³	20	60	4,8
9	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 60 cm	20 x 60 cm		3 0,34 m ³	20	60	4,8
10	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 60 cm	20 x 60 cm		3 0,34 m ³	20	60	4,8
11	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 50 cm	20 x 50 cm		3 0,28 m ³	20	50	4,2
12	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 40 cm	20 x 40 cm		3 0,23 m ³	20	40	3,6
13	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 50 cm	20 x 50 cm		3 0,29 m ³	20	50	4,2
14	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 50 cm	20 x 50 cm		3 0,28 m ³	20	50	4,2
15	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 50 cm	20 x 50 cm		3 0,30 m ³	20	50	4,2
16	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 40 cm	20 x 40 cm		3 0,23 m ³	20	40	3,6
17	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 40 cm	20 x 40 cm		3 0,23 m ³	20	40	3,6
18	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 40 cm	20 x 40 cm		3 0,23 m ³	20	40	3,6
19	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 60 cm	20 x 60 cm		3 0,34 m ³	20	60	4,8
20	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 60 cm	20 x 60 cm		3 0,34 m ³	20	60	4,8
21	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 60 cm	20 x 60 cm		3 0,34 m ³	20	60	4,8
22	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 50 cm	20 x 50 cm		3 0,28 m ³	20	50	4,2
23	1º PAVIMENTO	2º PAVIMENTO	Concreto-Retangular-Coluna: 20 x 40 cm	20 x 40 cm		3 0,23 m ³	20	40	3,6

Fonte: elaborada pelo autor.

5.5.4. Estimativas de quantidades

Alguns serviços, que não foram modelados, tiveram os seus quantitativos estimados. Para tanto, a experiência e conhecimento prévio do orçamentista são aspectos relevantes para que se possa alcançar maior precisão destes quantitativos. Na presente pesquisa, esta forma de quantificação foi desenvolvida para a armação e instalação provisórias do canteiro de obras.

Segundo o Site Engenharia (2004), o consumo de ferro estrutural por m³ de concreto é de 80kg/m³. Este dado foi obtido na tabela fornecida por este site e foi o índice utilizado nesta pesquisa. Na Tabela 8 é apresentado o índice de consumos de materiais segundo o site e destacado em vermelho o índice de consumo de aço em relação ao volume de concreto.

Tabela 8 – Cálculo dos consumos de materiais em estrutura de concreto.

Ferro	10g de arame recozido / Kg de ferro estrutural
	80 kg de ferro estrutural / m³ de concreto
Madeira	18 a 20 kg de ferro estrutural / m ² construção
	12 m ² de fôrma de madeira / m ³ concreto
	2,5 m ² fôrma de madeira / m ² construção
Reaproveitamento	180 g de pregos / m ² de forma de madeira
Formas	Tábuas 60%
	Caibros 70 a 80%

Fonte: Site Engenharia (2004)

Já com relação às instalações provisórias do canteiro de obras, foi considerado o fato de ser uma obra de curta duração e que demandam mobilização e desmobilização rápida para se ter viabilidade financeira. Portanto foi adotada a utilização de locação de *containers* para as instalações provisórias. Foram considerados *containers* para escritório de obra, almoxarifado, vestiário e refeitório, conforme determinação da legislação trabalhista na Norma Regulamentadora 18 (NR-18).

5.6. Orçamentação dos projetos

Neste tópico são apresentados os procedimentos realizados para elaboração dos orçamentos da edificação estudada em ambos os sistemas construtivos. Para a orçamentação foi feita a associação entre os quantitativos do projeto extraídos conforme descrito anteriormente com as respectivas composições de custos dos serviços.

Alguns aspectos devem ser considerados ao se fazer uma pesquisa que apresenta comparativo de custos de modo a evitar distorções nos valores orçados. Estas variáveis, apresentadas a seguir, foram utilizadas no desenvolvimento deste estudo.

Como primeiro aspecto, deve-se considerar que os preços sejam para uma mesma localidade. Isto foi cumprido utilizando-se preços de referência da cidade de São Paulo para ambos os sistemas construtivos. Foram adotados os preços desta cidade por ser o local real onde foi desenvolvido este projeto.

Em relação ao segundo fator relevante, leva-se em conta que os preços devem ser do mesmo mês de referência de modo a evitar que a variável inflação gere impacto nos resultados, podendo dificultar ou até mesmo inviabilizar uma análise precisa dos mesmos. Para cumprir

este segundo aspecto foram adotados todos os preços no mesmo mês de referência, geralmente descrito no mercado e adotado nesta pesquisa como data-base do orçamento. Para esta pesquisa em ambos os sistemas construtivos estudados foi adotada a data-base de Novembro de 2019, que foi o mês no qual foram coletados todos os preços para elaboração dos orçamentos, sejam da tabela SINAPI, do site GERADOR DE PREÇOS ou de cotação do mercado.

Nos tópicos a seguir são detalhados os orçamentos para o edifício em estrutura convencional em concreto armado e alvenaria e para o sistema construtivo *wood frame*.

5.6.1. Orçamentação do projeto em concreto armado e alvenaria de vedação

Para a elaboração do orçamento do projeto em concreto armado e alvenaria foi feita a associação dos quantitativos extraídos do modelo conforme apresentado anteriormente com as suas respectivas composições de custos unitários. A base de dados principal das composições de custos foi a tabela SINAPI do mês de Novembro de 2019, porém para alguns poucos serviços e insumos foi necessário buscar as composições de custos em outra base oficial, por exemplo da Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais (SETOP) ou até mesmo de cotação de preços no mercado.

Foi necessário cotar no mercado o preço do insumo porta pivotante, pois este é inexistente nas tabelas de referência SINAPI e SETOP. Na Figura 30 é apresentada a cotação de preço para este material.

Figura 30 – Cotação de preço na internet para o insumo porta pivotante

Porta Pivotante 713 com Visor Lateral - Madeira Maciça - Angelim - Casa nova madeiras

Código 616272900 | [Ver descrição completa](#) | [Casa Nova Madeiras](#)



★★★★★ [Avaliar produto](#)

Tamanho:
2,17m x 1,40m

Vendido e entregue por [Casa Nova Madeiras](#)

por R\$ **1.963,00**
em 10x de R\$ 196,30 sem juros

[Mais formas de pagamento](#)

[Adicionar à sacola](#)

Consultar prazo e valor do frete

00000-000 [Não sei o CEP](#)

Fonte: Magazine Luíza (2019).

Foram utilizadas composições do SETOP para apenas 12 serviços de um total de 130 serviços da planilha orçamentária, portanto a utilização da tabela SETOP, que é do estado de MG, traz um impacto muito baixo ou até irrelevante para o orçamento realizado, uma vez que se trata de menos de 10% dos serviços do projeto. Além disso, estes serviços têm baixa significância na curva ABC do empreendimento e os preços de São Paulo não são tão superiores aos praticados no estado de Minas Gerais.

Para as taxas de concessionárias, foram considerados os valores realizados em outras obras de mesmo perfil, este conhecimento prévio também foi utilizado para a determinação do prazo de execução da obra que foi definido como sendo de 6 meses para este sistema construtivo.

O valor total do orçamento para a construção em concreto armado e alvenaria calculado foi de R\$1.576.423,46. Nas Tabelas 9 e 10 são apresentados os valores orçados para este sistema construtivo totalizados em macro atividades e de forma resumida.

Tabela 9 – Valores das macro atividades para a construção em concreto armado e alvenaria

Item	Obra	Total Geral		
		Custo da Etapa	%	% Acumulado
01	Instalação do Canteiro	48.795,39	3,10	3,10
02	Implantação da Obra	700,64	0,04	3,14
03	Movimento de Terra	580,87	0,04	3,18
06	Fundações Indiretas / Profundas	39.577,84	2,51	5,69
07	Fundações Diretas / Superficiais	49.922,95	3,17	8,85
08	Estrutura	408.896,54	25,94	34,79
09	Alvenarias	96.605,60	6,13	40,92
10	Cobertura	38.281,40	2,43	43,35
11	Impermeabilizações	44.231,35	2,81	46,15
12	Esquadrias de Madeira	33.979,06	2,16	48,31
13	Esquadrias Metálicas	100.715,11	6,39	54,70
16	Revestimento Interno	97.667,09	6,20	60,89
17	Revestimento Externo	159.523,33	10,12	71,01
18	Pisos	103.585,00	6,57	77,58
19	Rodapés, Soleiras e Peitoris	6.930,43	0,44	78,02
20	Bancadas e Prateleiras	17.083,05	1,08	79,11
22	Fechamentos e Vedações	147.261,50	9,34	88,45
23	Forros	6.899,20	0,44	88,89
24	Pinturas	50.469,45	3,20	92,09
26	Instalações Hidro Sanitárias	19.518,15	1,24	93,33
34	Elementos Diversos	1.032,68	0,07	93,39
35	Limpeza / Bota Fora	10.531,73	0,67	94,06
50	Administração Local	93.635,10	5,94	100,00
	Total Geral	1.576.423,46	100,00	100,00

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 10 – Resumo geral de custos para construção em concreto armado e alvenaria

Item	Descrição	Custo Final da Obra
01	Administração da Obra	142.430,49
02	Civil	1.414.474,82
03	Instalações	19.518,15
	Total Geral	1.576.423,46

Fonte: elaborada pelo autor.

Nos Apêndices A e B são apresentados o orçamento detalhado do projeto e as respectivas composições de custos que tiveram que ser adaptadas do SINAPI para melhor se adequarem ao empreendimento estudado.

As composições de custos padrões do SINAPI e SETOP não estão apresentadas neste trabalho devido ao fato de serem públicas e estarem disponíveis gratuitamente para consulta nos respectivos *sites*.

Um aspecto importante a ser abordado é a precisão e margem de erro deste orçamento devido ao nível de detalhamento das várias disciplinas do projeto conforme descrito na Tabela 7. Estes aspectos são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Precisão e margem de erro para o orçamento da construção em concreto armado e alvenaria

Disciplina de projeto / Etapa	Valor Orçado (R\$)	Precisão	Margem de Erro		Consolidado (R\$)
Arquitetura	990.944,73	95%	5%	49.547,24	990.944,73 ± 49.547,24
Fundação e Estrutura (forma e concreto)	354.798,74	90%	10%	35.479,87	354.798,74 ± 35.479,87
Armação e estrutura da cortina de vidro	230.679,99	85%	15%	34.602,00	230.679,99 ± 34.602,00
Total =	1.576.423,46	92,4%	7,6%	119.629,11	1.576.423,46 ± 119.629,11

Fonte: elaborada pelo autor.

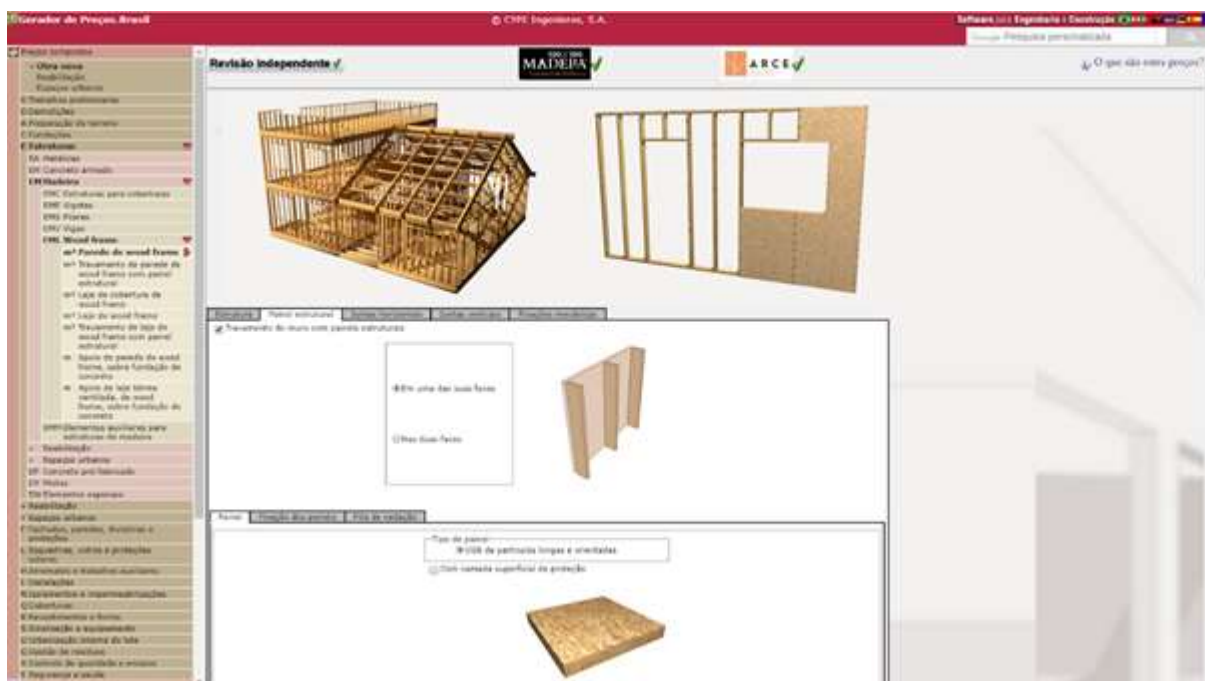
Conforme apresentado na Tabela 11, o orçamento da obra em concreto armado e alvenaria apresenta uma precisão de 92,4% e margem de erro de 7,6% para mais ou para menos e, portanto, o valor dele pode variar de R\$ 1.456.794,35 a R\$ 1.696.052,57.

5.6.2. Orçamentação do projeto em *wood frame*

Para elaboração do orçamento do projeto em *wood frame* foi feita a associação dos quantitativos extraídos do modelo com as suas respectivas composições de custos unitários. A base de dados principal das composições de custos foi o *site* gerador de preços para os serviços da estrutura *wood frame* e a tabela SINAPI para os demais serviços. Para alguns poucos serviços e insumos, os mesmos do orçamento em concreto armado e alvenaria, foi necessário buscar as composições de custos no SETOP. Alguns outros insumos também tiveram que ter cotação de preços no mercado. O mês de referência dos preços também foi Novembro de 2019.

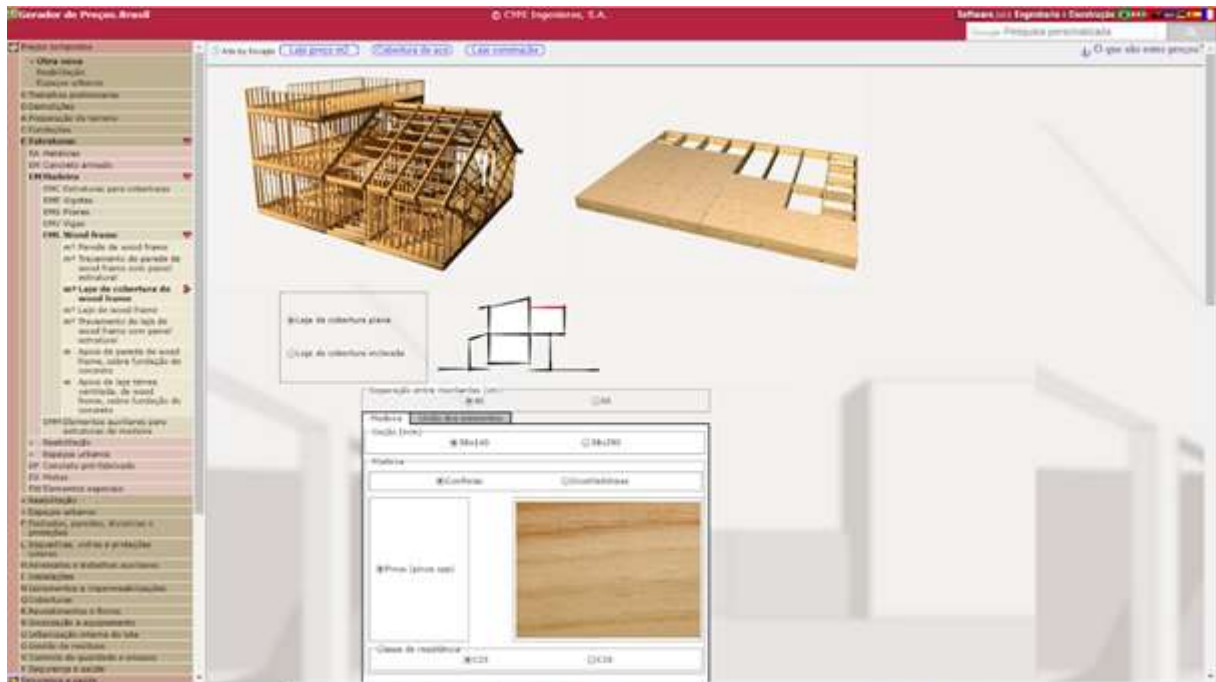
O *site* gerador de preços permite desenvolver toda a configuração das paredes, lajes em *wood frame* (espaçamento entre montantes, fechamento ou não em OSB e chapa cimentícia, uso ou não de chapas metálicas nas uniões das peças de madeiras e utilização de mantas de impermeabilização). O *site* retorna a composições de custo unitário de acordo com o detalhamento selecionado pelo usuário. Nas Figuras 31 e 32 são apresentadas etapas das configurações da parede e laje em *wood frame* utilizando o *site* gerador de preços para obtenção da composição de custo unitário do serviço.

Figura 31 – Etapa de configuração da parede em *wood frame* no site gerador de preços



Fonte: Gerador de preços (2019).

Figura 32 – Etapa de configuração da laje em *wood frame* no site gerador de preços



Fonte: Gerador de preços (2019).


Foi necessário realizar cotação de preço no mercado para alguns insumos: telha *shingle*, cumeeira *shingle* e viga LP *wood*. Todos estes insumos foram cotados na *internet* para o mês de Novembro de 2019. Na Figura 33 é apresentada a cotação realizada para o insumo *telha shingle*.

Figura 33 – Cotação de preço na internet para o insumo *telha shingle*

Página Inicial > Casa e Construção > Materiais de Construção > Telhas > Telha de Garrafa PET

Telha Laminada Shingle Tipo Americano - Preço Por Pacote 3,10m²
(Cód.249500300) ★★★★★

[Mais informações do produto](#)



Vendido por **KRAFT PARTS** e entregue por **Shoptime**
R\$ 480,-18 (10% de desconto)

R\$ 162,16
no boleto ou em 1x no cartão

COMPRAR

COMPRAR COM **ame**

R\$ 162,16 no boleto bancário (10% de desconto)
R\$ 162,16 em 1x no cartão de crédito (10% de desconto) com Ame e receba R\$ 3,25 (2% de volta)
R\$ 158,55 em até 15x de R\$ 10,57 s/ juros no cartão Shoptime (12% de desconto) com Ame e receba R\$ 3,18 (2% de volta)

Fonte: Shoptime (2019).

Foram utilizadas também 11 composições do SETOP de um total de 112 serviços da planilha orçamentária, portanto a utilização da tabela SETOP neste orçamento da edificação em *wood frame*, assim como no orçamento do edifício em concreto armado e alvenaria, traz um impacto muito baixo ou até irrelevante para o orçamento desta edificação pelas mesmas justificativas relatadas no tópico anterior.

O prazo de execução da obra foi definido como sendo de 1 mês, uma vez que este foi o prazo necessário para construção do primeiro edifício em *wood frame* no Brasil e ambos prédios possuem 3 pavimentos.

O valor total do orçamento para a construção em *wood frame* calculado foi de R\$1.506.697,42. Nas Tabelas 12 e 13 são apresentados os valores orçados para este sistema construtivo totalizados em macro atividades e de forma resumida.

Tabela 12 – Valores das macro atividades para a construção em *wood frame*

Item	Obra	Total Geral		
		Custo da Etapa	%	% Acumulado
01	Instalação do Canteiro	11.446,18	0,76	0,76
02	Implantação da Obra	193,28	0,01	0,77
03	Movimento de Terra	580,87	0,04	0,81
07	Fundações Diretas / Superficiais	43.709,44	2,9	3,71
08	Estrutura	113.314,85	7,52	11,23
09	Paredes	337.356,93	22,39	33,62
10	Cobertura	47.510,47	3,15	36,78
11	Impermeabilizações	158.879,28	10,54	47,32
12	Esquadrias de Madeira	33.979,06	2,26	49,58
13	Esquadrias Metálicas	100.715,11	6,68	56,26
16	Revestimento Interno	32.735,38	2,17	58,43
17	Revestimento Externo	122.220,32	8,11	66,55
18	Pisos	82.835,74	5,50	72,04
19	Rodapés, Soleiras e Peitoris	6.930,43	0,46	72,50
20	Bancadas e Prateleiras	17.083,05	1,13	73,64
22	Fechamentos e Vedações	226.632,47	15,04	88,68
23	Forros	68.008,90	4,51	93,19
24	Pinturas	34.393,38	2,28	95,48
25	Tratamentos Especiais	24.225,87	1,61	97,08
26	Instalações Hidro Sanitárias	19.518,15	1,30	98,38
34	Elementos Diversos	1.032,68	0,07	98,45
35	Limpeza / Bota Fora	7.789,73	0,52	98,96
50	Administração Local	15.605,85	1,04	100,00
	Total Geral	1.506.697,42	100,00	100,00

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 13 – Resumo geral de custos para construção em *wood frame*

Item	Descrição	Custo Final da Obra
01	Administração da Obra	27.052,03
02	Civil	1.460.127,24
03	Instalações	19.518,15
	Total Geral	1.506.697,42

Fonte: elaborada pelo autor.

Nos Apêndices C e D são apresentados o orçamento detalhado do projeto e as respectivas composições de custos do *site* Gerador de Preços para os serviços em *wood frame*.

Na Tabela 14 são apresentados aspectos relacionados à precisão e margem de erro deste orçamento devido ao nível de detalhamento das várias disciplinas do projeto.

Tabela 14 – Precisão e margem de erro para o orçamento da construção em *wood frame*

Disciplina de projeto / Etapa	Valor Orçado (R\$)	Precisão	Margem de Erro		Consolidado (R\$)
Arquitetura	781.636,21	95%	5%	39.081,81	781.636,21 ± 39.081,81
Fundação, Estrutura e Paredes em <i>wood frame</i>	494.381,22	90%	10%	49.438,12	494.381,22 ± 49.438,12
Estrutura da cortina de vidro	230.679,99	85%	15%	34.602,00	230.679,99 ± 34.602,00
Total =	1.506.697,42	91,8%	8,2%	123.121,93	1.506.697,42 ± 123.121,93

Fonte: elaborada pelo autor.

Conforme apresentado na Tabela 14, o orçamento da obra em *wood frame* apresenta uma precisão de 91,8% e margem de erro de 8,2% para mais ou para menos e, portanto, o valor dele pode variar de R\$ 1.383.575,49 a R\$ 1.629.819,35.

No capítulo a seguir será apresentada toda a análise comparativa dos dados dos orçamentos nos sistemas construtivos estudados.

6. ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo será realizada toda a análise dos dados obtidos na pesquisa. Primeiramente é apresentada uma análise dos benefícios alcançados com a utilização do BIM para desenvolvimento dos orçamentos, em seguida, é demonstrada a análise comparativa dos orçamentos desenvolvidos para os dois sistemas construtivos estudados.

6.1. Análise dos benefícios da utilização do BIM para orçamentação

A utilização do BIM para simulação da construção proporciona vários benefícios. As facilidades obtidas se iniciam já na etapa da modelagem, uma vez que para gerar vistas e cortes basta utilizar a ferramenta do *software*, enquanto no projeto feito em CAD é necessário o desenvolvimento de um novo desenho 2D para cada vista ou corte do projeto o que demanda maior tempo do projetista, além disso, a visualização tridimensional facilita o entendimento maior do projeto e gera maior facilidade no desenvolvimento dos detalhes e compatibilização.

Nesta pesquisa, inicialmente, foi utilizado o *software* Navisworks para fazer a compatibilização de disciplinas de projetos e simulação 4D da construção, ambos processos de forma simplificada, por não serem o foco principal do trabalho. Foi possível obter um vídeo da simulação espacial da evolução da construção para ambos os sistemas construtivos e além disso, pôde-se fazer a compatibilização de forma automática e praticamente instantânea, procedimento este que demanda muito tempo para ser realizado em projetos 2D. A modelagem dos projetos com o *software* Revit também se mostrou bastante vantajosa nos quesitos de visualização do modelo proposto e entendimento dos projetos.

Deve-se ressaltar que a precisão dos quantitativos extraídos de *softwares* que empregam a metodologia BIM está diretamente relacionada ao nível de detalhamento e a qualidade do modelo elaborado. A opção de incluir a etapa de modelagem neste trabalho foi relevante para a correta extração dos quantitativos e, principalmente, para possibilitar a exposição de quais dados e parâmetros das disciplinas de projetos que fazem parte do estudo seriam necessários a cada etapa do modelo. Assim, foi possível inseri-los para alcançar um resultado satisfatório, do ponto de vista da extração de quantitativos.

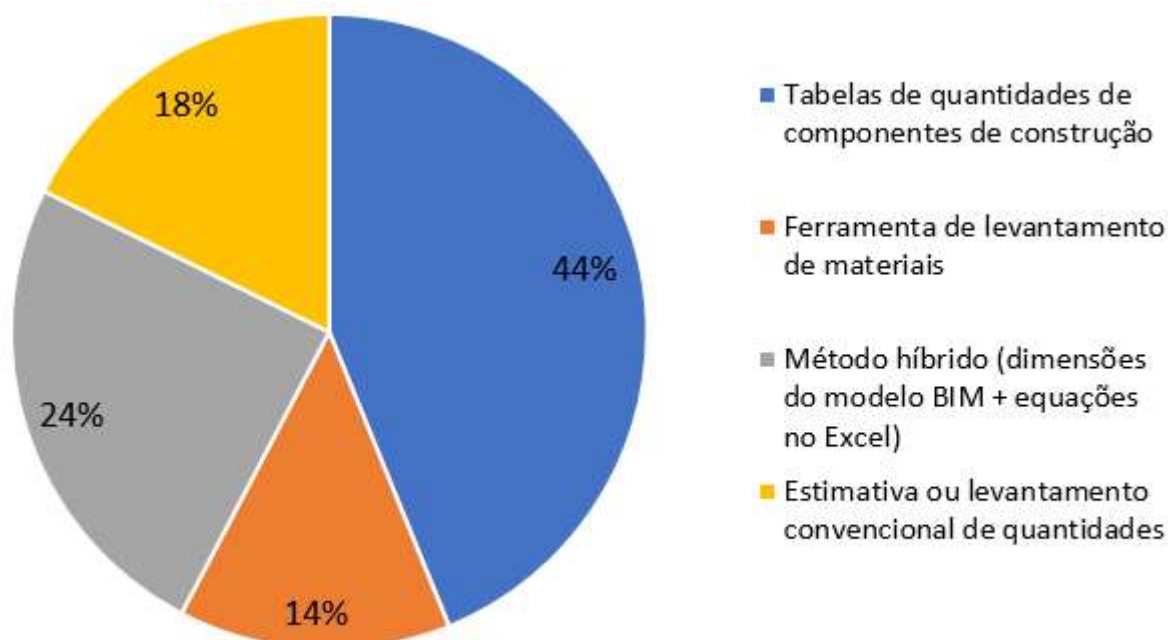
Com esse estudo, pretendeu-se apresentar um procedimento para a desenvolvimento da combinação modelagem e orçamentação de edifícios em *wood frame* utilizando um *software* BIM. Foi abordada a metodologia necessária para modelagem dos projetos e, obteve-se vários

quantitativos de forma automática por meio de tabelas extraídas diretamente do modelo.

Conforme descrito anteriormente nesta pesquisa, a extração dos quantitativos do modelo para orçamentação dos empreendimentos ocorreu através de quatro métodos: tabelas de quantidades de componentes de construção, ferramenta de levantamento de materiais, levantamento de quantitativos através do método híbrido (dimensões do modelo BIM + equações no Excel) e por fim estimativa de quantidades.

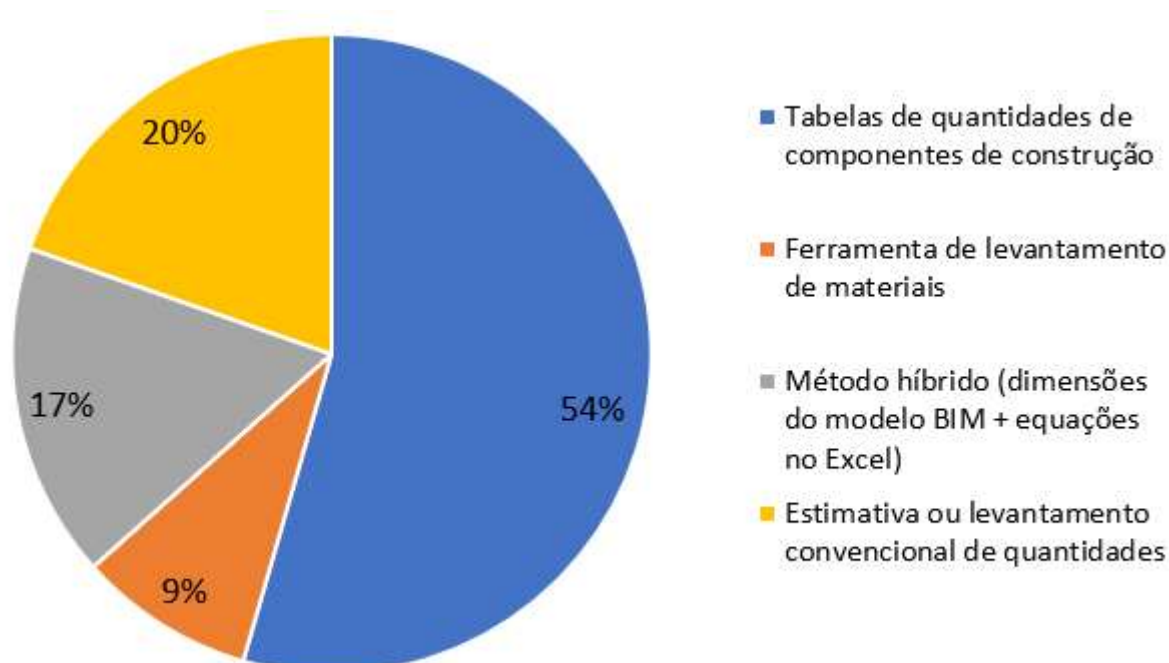
Os dois primeiros métodos são realizados de forma automática dentro do *software* BIM, o terceiro pode ser classificado como semiautomático, pois as dimensões do objeto puderam ser extraídas de forma automática, mas em seguida foi necessário utilizar fórmulas no Excel para se chegar ao quantitativo pretendido para orçamento e por fim, alguns poucos serviços tiveram seus quantitativos estimados ou foram feitos com levantamento de quantitativos convencional. Nos gráficos 2 e 3 demonstra-se o percentual utilizado para extração dos quantitativos para os modelos em estrutura convencional e *wood frame* respectivamente.

Gráfico 2 – Percentual do método utilizado para extração dos quantitativos do modelo em estrutura convencional em concreto armado e alvenaria



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 3 – Percentual do método utilizado para extração dos quantitativos do modelo em *wood frame*



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado nos gráficos 2 e 3, a extração de quantitativos através do BIM 5D possibilitou que grande parte dos serviços do empreendimento tivessem os seus quantitativos extraídos de forma automática, 58% para o edifício em estrutura de concreto armado e 63% para o edifício em *wood frame*, e também alguns outros serviços de forma semiautomática, 24% para o edifício em estrutura convencional e 17% para o modelo em *wood frame*.

Esta extração de quantitativos automática e semiautomática do BIM 5D proporcionam redução significativa no tempo necessário para desenvolver esta etapa do processo de orçamentação. Ressalta-se ainda que estes quantitativos apresentam excelente precisão e maior assertividade em relação ao método convencional de levantamento de quantitativos, conforme já descrito em pesquisas anteriores de outros autores e citadas nesta.

6.2. Análise Comparativa dos orçamentos desenvolvidos

Após a finalização dos orçamentos nos sistemas construtivos *wood frame* e concreto armado, foi possível realizar a análise comparativa de custos que será apresentada a seguir. Em primeira análise é possível concluir que o método construtivo que resultou no menor custo foi

o *wood frame*, alcançando um total de R\$ 1.506.697,42 para executar o modelo, enquanto para o edifício em concreto armado e alvenaria o orçamento fez um montante de R\$1.576.423,46. Portanto o custo da edificação em *wood frame* ficou aproximadamente 4,4% menor.

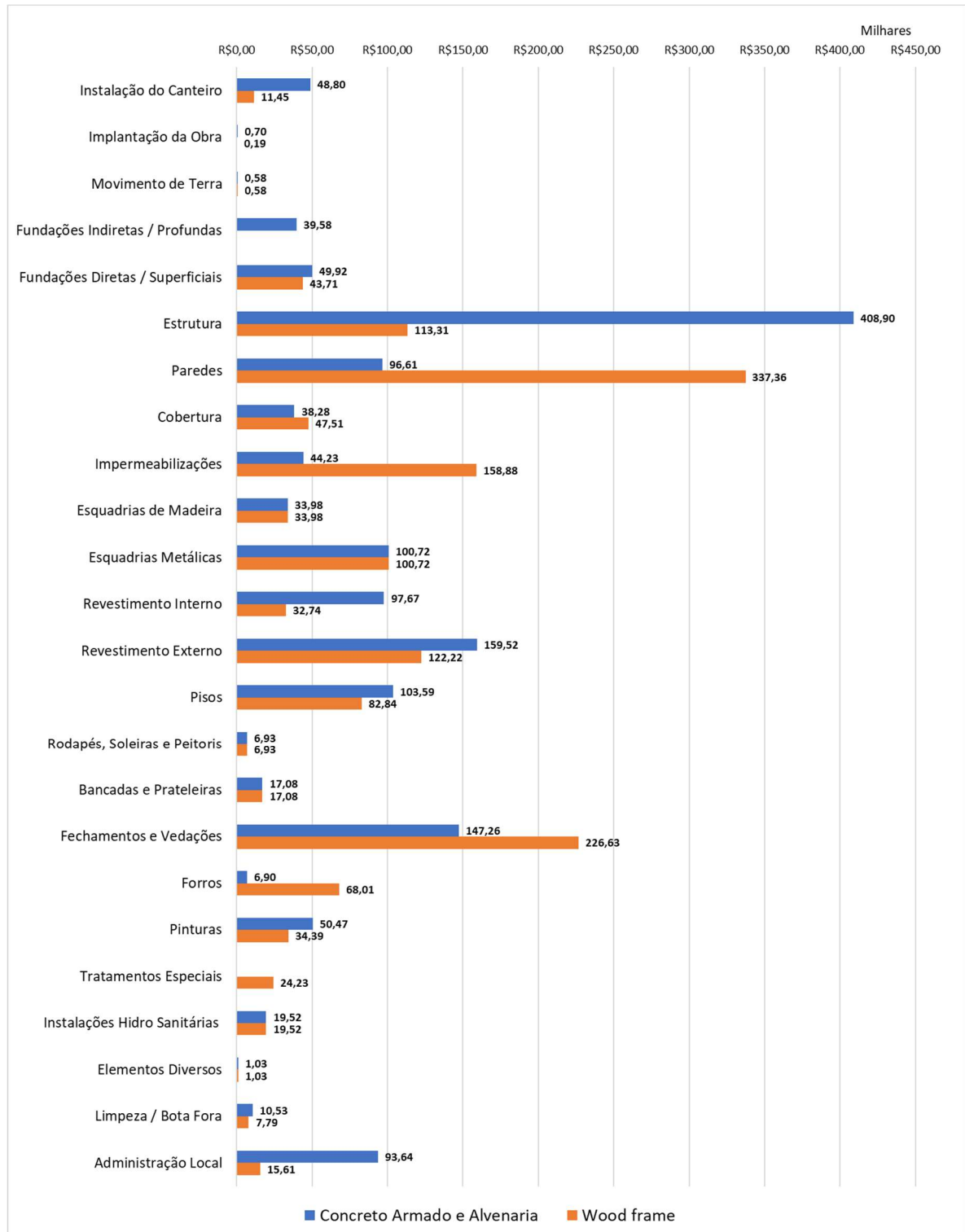
Para melhor detalhar esta diferença, na Tabela 15 e no Gráfico 4 estão demonstrados os comparativos dos orçamentos finais resultantes por macro atividades.

Tabela 15 – Comparativo de custos dos sistemas construtivos por macro atividades

Item	Obra	Concreto Armado e Alvenaria	Wood frame	Variação	
				R\$	%
1	Instalação do Canteiro	48.795,39	11.446,18	-37.349,21	-76,5%
2	Implantação da Obra	700,64	193,28	-507,36	-72,4%
3	Movimento de Terra	580,87	580,87	0,00	0,0%
6	Fundações Indiretas / Profundas	39.577,84	-	-39.577,84	-100,0%
7	Fundações Diretas / Superficiais	49.922,95	43.709,44	-6.213,51	-12,4%
8	Estrutura	408.896,54	113.314,85	-295.581,69	-72,3%
9	Paredes	96.605,60	337.356,93	+240.751,33	+249,2%
10	Cobertura	38.281,40	47.510,47	+9.229,07	+24,1%
11	Impermeabilizações	44.231,35	158.879,28	+114.647,93	+259,2%
12	Esquadrias de Madeira	33.979,06	33.979,06	0,00	0,0%
13	Esquadrias Metálicas	100.715,11	100.715,11	0,00	0,0%
16	Revestimento Interno	97.667,09	32.735,38	-64.931,71	-66,5%
17	Revestimento Externo	159.523,33	122.220,32	-37.303,01	-23,4%
18	Pisos	103.585,00	82.835,74	-20.749,26	-20,0%
19	Rodapés, Soleiras e Peitoris	6.930,43	6.930,43	0,00	0,0%
20	Bancadas e Prateleiras	17.083,05	17.083,05	0,00	0,0%
22	Fechamentos e Vedações	147.261,50	226.632,47	+79.370,97	+53,9%
23	Forros	6.899,20	68.008,90	+61.109,70	+885,8%
24	Pinturas	50.469,45	34.393,38	-16.076,07	-31,9%
25	Tratamentos Especiais	-	24.225,87	+24.225,87	+100,0%
26	Instalações Hidro Sanitárias	19.518,15	19.518,15	0,00	0,0%
34	Elementos Diversos	1.032,68	1.032,68	0,00	0,0%
35	Limpeza / Bota Fora	10.531,73	7.789,73	-2.742,00	-26,0%
50	Administração Local	93.635,10	15.605,85	-78.029,25	-83,3%
	Total Geral	1.576.423,46	1.506.697,42	-69.726,04	-4,4%

Fonte: elaborada pelo autor.

Gráfico 4 – Comparativo de custos dos sistemas construtivos por macro atividades



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao analisar a Tabela 15 e o Gráfico 4, nota-se diferença de custos entre os sistemas construtivos estudados na maior parte das etapas de construção. As únicas etapas em que o custo foi o mesmo para o presente estudo são: movimento de terra, esquadrias de madeira; esquadrias metálicas; rodapés, soleiras e peitoris; bancadas e prateleiras, elementos diversos e instalações hidros sanitárias, que na presente pesquisa se refere apenas às louças e metais sanitários. As etapas que tiveram diferença de custo relevante serão analisadas detalhadamente a seguir:

- Instalação do canteiro: a diferença de custo nesta etapa se dá principalmente devido ao prazo de execução do edifício. Por ser um sistema construtivo industrializado, o *wood frame* possibilita reduzir muito o prazo de execução da obra, isto foi confirmado no primeiro edifício em *wood frame* construído no Brasil, conforme já foi descrito anteriormente nesta pesquisa. Esta redução de prazo de construção gera então diminuição das despesas de consumo (água, luz, telefone) e aluguel dos contêineres da instalação provisória da obra. Há diferença também nos equipamentos de transporte vertical de materiais utilizados. Para a construção em concreto armado e alvenaria foi adotado guincho de coluna para transporte vertical dos materiais por um período de 4 meses, enquanto para o *wood frame* foi considerado utilizar um guindaste para montagem das peças industrializadas, mas por um período de apenas 8 dias, esta duração teve como referência o prazo da construção do primeiro prédio em *wood frame* no Brasil.

- Fundações profundas e superficiais: no *wood frame* a redução com os custos de fundação ocorre devido ao fato das paredes apresentarem menor peso próprio, o que possibilita a utilização de fundação superficial do tipo radier enquanto que, para o sistema construtivo convencional (concreto armado e alvenaria) é demandada fundação profunda, que, para o edifício estudado, foi estaca hélice contínua, além da fundação superficial com blocos de coroamento e cintas. Portanto para a construção convencional há um acréscimo significativo de custo de escavação, bota-fora, fôrmas, concreto e armação para esta etapa.

- Estruturas e paredes: estas duas etapas devem ser analisadas em conjunto, uma vez que as paredes em *wood frame* compõem a estrutura do edifício, no entanto, no orçamento deste sistema construtivo, na etapa de estrutura consta o custo apenas das vigas e lajes, enquanto o custo das paredes está computado na etapa de mesmo nome. Isto explica o significativo acréscimo no valor da estrutura para o sistema construtivo convencional em relação ao *wood frame* e o menor valor da etapa paredes. Se somados os valores destas duas etapas, tem-se um montante de R\$505.502,14 para a construção em concreto armado e alvenaria e de R\$450.671,78 para a edificação em *wood frame*, perfazendo uma diferença total de - R\$54.830,36 ou -10,85% do custo do segundo em relação ao primeiro.

- Cobertura: na construção em *wood frame*, os gastos com a cobertura são maiores, uma vez que telha *Shingle* utilizada tem maior custo que a telha de fibrocimento empregada no edifício em estrutura convencional. A inclinação do telhado adotado no edifício em *wood frame* em telha *Shingle* também é maior que a do telhado em fibrocimento, o que aumenta a demanda de material e contribui por elevar o valor do primeiro em relação ao segundo.

- Impermeabilizações: tem gastos mais significativos no *wood frame*, pois é necessário que as paredes das áreas molháveis (paredes exteriores, banheiros e cozinha) sejam totalmente impermeabilizadas, para que possam apresentar maior vida útil.

- Revestimentos internos e externos: os custos com revestimentos internos e externos no *wood frame* são menores porque as chapas cimentícias e de gesso acartonado são instaladas diretamente nos painéis que formam as paredes, fazendo com que sejam dispensadas as etapas de emboço e reboco, demandando apenas um rejuntamento das placas.

- Pisos: a redução nos custos de pisos no *wood frame* em relação ao sistema convencional se deve ao fato de a laje OSB LP já possuir o contrapiso em placa cimentícia, assim, o custo da atividade contrapiso não ocorre neste sistema construtivo.

- Fechamentos e vedações: no edifício em concreto armado e alvenaria, esta etapa se restringe ao fechamento em cortina de vidro do hall de escada enquanto no prédio em *wood frame* soma-se os fechamentos com placas de gesso acartonado das paredes, por isso o custo é maior no segundo.

- Forros: os custos são maiores no *wood frame* pois é necessário colocar forros em todos os ambientes do apartamento para cobrir visualmente os barrotes, enquanto no sistema construtivo convencional geralmente utilizam-se os forros apenas no banheiro para cobrir visualmente as tubulações hidros sanitárias.

- Pinturas: o custo menor nesta etapa para o *wood frame* deve-se ao fato de que para execução de pintura sobre placa de gesso acartonado dispensa-se a utilização de fundo selador, já para pintura sobre massa, ele geralmente é utilizado.

- Tratamentos especiais: esta etapa está presente apenas na construção em *wood frame* e se refere a utilização de lã de rocha para isolamento térmico acústico. Apesar desta etapa não ter sido modelada, foi utilizado o quantitativo das paredes externas e laje de cobertura para realizar a orçamentação.

- Limpeza e bota-fora: a redução do custo no *wood frame* nesta etapa refere-se à diminuição da geração de resíduos deste sistema construtivo, por ser industrializado, e consequente redução de bota-fora de entulho.

- Administração local: esta etapa é uma das que apresentam maior redução de custos

do *wood frame* em relação ao sistema construtivo convencional. Essa redução se deve à diminuição significativa no prazo de execução da obra, possibilitando assim diminuir os custos com mão de obra indireta (engenheiro, encarregado, almoxarife).

Um orçamento geralmente é formado pela soma de alguns custos, dentre os quais os que são ditos diretos, como a mão de obra, materiais e equipamentos aplicados na construção propriamente dita, e outros indiretos, como as taxas, equipe administrativa e outras despesas gerais dos canteiros de obras (MATTOS, 2006).

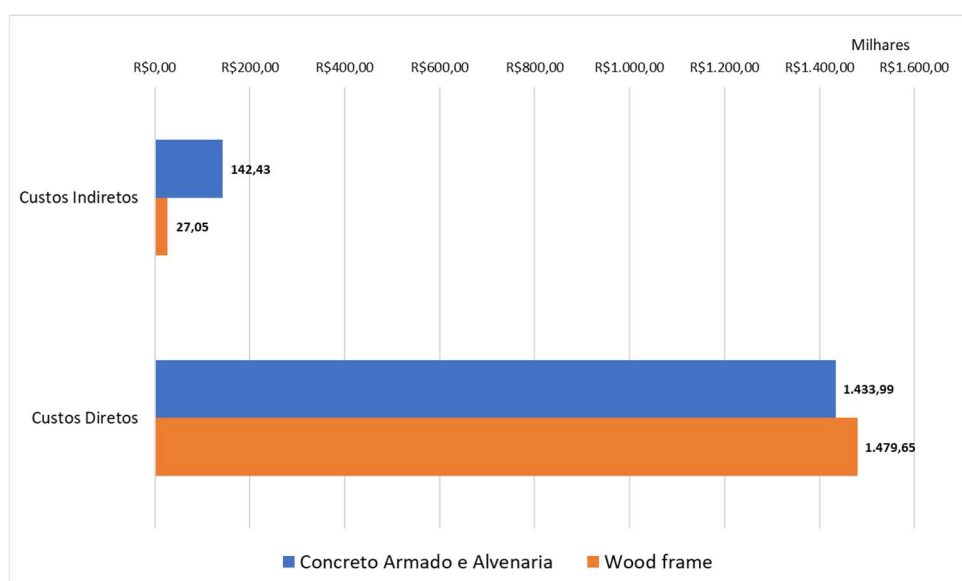
É importante analisar os orçamentos dos sistemas construtivos separando os custos diretos e indiretos de construção, para esta finalidade foram desenvolvidos a Tabela 16 e o Gráfico 3. Nestes são apresentados os dados de custos diretos e indiretos para ambos os sistemas construtivos analisados.

Tabela 16 – Comparativo de custos diretos e indiretos de construção para os sistemas construtivos analisados

Item	Obra	Concreto Armado e Alvenaria	<i>Wood frame</i>	Variação	
				R\$	%
1	Custos Indiretos	142.430,49	27.052,03	-115.378,46	-81,0%
2	Custos Diretos	1.433.992,97	1.479.645,39	45.652,42	3,2%
	Total Geral	1.576.423,46	1.506.697,42	-69.726,04	-4,4%

Fonte: elaborada pelo autor.

Gráfico 5 – Comparativo de custos diretos e indiretos de construção para os sistemas construtivos analisados



Fonte: elaborado pelo autor.

Por meio da Tabela 16 e do Gráfico 5 nota-se que os custos diretos da construção, são bastante semelhantes para os dois métodos construtivos, sendo R\$45.652,42 ou 3,2% maior no *wood frame* em relação a construção convencional em concreto armado e alvenaria.

A diferença é mais significativa nos custos indiretos, no qual há uma redução de R\$115.378,46 ou 81% do *wood frame* em relação ao sistema construtivo em concreto armado. Essa diminuição de custo indireto deve-se ao fato do sistema construtivo *wood frame* ser industrializado e por este motivo, tem-se uma significativa redução no prazo de execução do empreendimento e conseqüentemente menor custo com equipe administrativa do canteiro de obras (engenheiro, encarregado, almoxarife...), além de despesas de consumo com concessionárias (contas de água, luz e telefone, por exemplo). Este aspecto foi determinante no resultado para que o custo do sistema construtivo *wood frame* obtivesse um valor global 4,4% menor que a construção em concreto armado e alvenaria.

Outra análise que deve ser realizada refere-se à variação dos orçamentos, máximos e mínimos, de acordo com a precisão e margem de erro destes. Conforme abordado no capítulo anterior, o custo do edifício para a construção em concreto armado e alvenaria varia de R\$1.456.794,35 a R\$1.696.052,57, enquanto a edificação em *wood frame* teve o resultado do custo variando entre R\$1.383.575,49 a R\$1.629.819,35.

Considerando este aspecto, a construção convencional em concreto armado e alvenaria pode ser realizada com menor custo que o *wood frame*, se considerar o valor mínimo do orçamento para o primeiro e o valor médio do segundo, por exemplo. Esta variação está intimamente ligada à eficiência do construtor em realizar o seu empreendimento com o menor custo possível, desenvolvendo bons controles de custo na sua obra e alta produtividade.

Diante deste fato, o resultado desta pesquisa de que o custo do *wood frame* é menor que a estrutura convencional pode ser relativizado, pois no resultado prático pode haver muitas variações, devido a eficiência da gestão, variáveis aleatórias e fatos supervenientes. Porém, o resultado obtido demonstra que o sistema construtivo *wood frame* pode ser uma alternativa financeira viável para construção de edifícios e ter sua utilização ampliada no Brasil, em especial em situações onde demanda-se que a construção seja realizada em menor prazo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo deste trabalho, bem como os dados e análises apresentados, pode-se concluir que o sistema construtivo *wood frame* é economicamente viável para edifício de 3 pavimentos e padrão médio de acabamento e compete diretamente com o uso da estrutura convencional em concreto armado e alvenaria, pois, no estudo realizado, apresentou uma redução de 4,4% no custo total da edificação e que portanto sua utilização pode ser ampliada no país, em especial, na cidade de São Paulo, cujos custos serviram de referência para esta pesquisa.

Ressalta-se que o fator decisivo para estes resultados se encontra no valor obtido do custo indireto da edificação. Esse resultado ainda mostra que o tempo de execução é um fator relevante para o orçamento final de um empreendimento, podendo ser preponderante na viabilidade econômica deste. Portanto, quando se tem uma redução significativa de prazo em um empreendimento ao utilizar o sistema construtivo *wood frame* em detrimento a alvenaria convencional e concreto armado, o primeiro apresenta-se como opção de menor custo.

Ainda, se comparados somente os custos diretos para à construção, o sistema de estrutura convencional em concreto armado e alvenaria possui valores vantajosos perante o *wood frame*, sua ampla utilização no mercado brasileiro e maior *expertise* da mão de obra podem ser fatores que influenciam para que seus custos sejam mais baixos.

No entanto, nesta pesquisa foi apresentado todo o procedimento de execução do sistema construtivo *wood frame*, desde a fundação até a cobertura e conforme pode-se observar, apesar de sua pouca utilização e até desconhecimento dos profissionais no Brasil acerca deste sistema construtivo, o método de execução do mesmo é simples e pode ser facilmente aprendido pelos trabalhadores da construção civil brasileiros.

Acrescenta-se que o sistema *wood frame* pode ser parcialmente ou totalmente pré-fabricado, gerando vantagem em relação ao tempo de construção. Além disso é conhecido por sua leveza, não exigindo muito de suas fundações, e também pelo seu bom desempenho termoacústico. Outro aspecto do *wood frame* é a sustentabilidade por se tratar de uma construção a seco industrializada, gerando bem menos resíduos quando comparado a construções convencionais.

Um fator importante a ser observado é que este trabalho se limita ao estudo de caso para a cidade de São Paulo, considerando os parâmetros já mencionados anteriormente, não sendo recomendado como fonte de dados para outras situações, ou estudos que levem em conta outros parâmetros ou localidade. Deve-se, portanto, ser feita uma análise de viabilidade à priori

para cada diferente tipo de empreendimento ou localidade.

Outro aspecto a ser abordado é que o uso adequado de técnicas, materiais e sistemas construtivos alternativos na construção civil que possam vir a competir ou mesmo substituir a técnica convencional consolidada em concreto armado e alvenaria, pode servir de apoio e solução para países como o Brasil, uma vez que o setor da construção civil tem grande relevância para economia.

Vale acrescentar ainda que, apesar de ser um país com grande potencial florestal, existe grande preconceito em relação ao uso da madeira como material na construção civil, diferentemente do que ocorre principalmente nos países norte-americanos e europeus. Estas inovações na construção civil podem levar o Brasil a competir com os países mais desenvolvidos, considerando-se desde o processo tecnológico da matéria prima até o seu desempenho final, além da relação de custo-benefício para seus habitantes.

Com relação à utilização do BIM para modelagem e orçamentação de edifício em *wood frame* conclui-se que a utilização desta tecnologia proporcionou maior agilidade, rapidez e exatidão para desenvolvimento do projeto e orçamento.

Este trabalho trouxe uma contribuição para o setor da construção civil no que diz respeito às técnicas de extrações de quantidades de modelos BIM para fins de orçamentação. Foram abordados os diferentes métodos para realização desta etapa de orçamentação para ambos sistemas construtivos estudados.

Pode-se concluir ainda que a utilização do *take off* BIM 5D para desenvolvimento de orçamentos da construção para o caso em estudo resultou em benefícios já conhecidos na literatura, como extração automática ou semiautomática de quantitativos, proporcionando redução no tempo necessário para execução desta etapa do processo de orçamentação.

Por fim, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- desenvolvimento do estudo comparativo de custos destes sistemas construtivos utilizando o BIM 5D para outros tipos de edificações, como prédios comerciais, escolas ou hospitais por exemplo, ou até mesmo desenvolver este estudo comparativo utilizando como referência preços de outras localidades;
- realização de estudo comparativo do conforto térmico e acústico em edificações construídas em ambos sistemas construtivos estudados (*wood frame* x estrutura convencional);
- investigação mais detalhada para um planejamento BIM 4D utilizando a ferramenta Navisworks ou outro *software* BIM, podendo desenvolver comparativo de prazos dos sistemas construtivos baseado em um cronograma pert-cpm e produtividade da mão de obra;
- realização de estudo comparativo de sustentabilidade dos sistemas construtivos

através do BIM 6D, dando ênfase a produção de CO₂ no processo de construção destes edifícios em *wood frame* e em estrutura convencional de concreto armado e alvenaria;

- propor estratégias para implementar BIM 5D em empresas de Engenharia, dando ênfase as etapas necessárias a serem cumpridas para sua plena implementação: escolha de *softwares*, treinamento das equipes, investimento em infraestrutura de TI e mudança de processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: a working definition**. California 2007.

AMIRI, H. **Building Information Modeling for construction applications: formwork installation and quantity takeoff**. 2012. 192 f. Thesis (Master in Civil Engineering) – Faculty of Graduate Studies, University of British Columbia, 2012.

AUTODESK. **Staying Competitive: For construction professionals**. Disponível em: <http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/test-drive-bimq3/bds/autodesk_staying_competitive-bim_ebook_4.pdf> Acesso em: 27 nov. 2019.

BAPTISTA, A. R. R. T. G. **Utilização de ferramentas BIM no planeamento de trabalhos de construção - estudo de caso**. 2015. 83p. (Dissertação de mestrado). Faculdade de engenharia - Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto.

BENSON, T. **The Timber-Frame Home: Design, Construction, Finishing**. Taunton Press: Connecticut, 1997.

BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado eu te amo, volume 2**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
CAMPOS, Luiz Augusto. **Análise do sistema construtivo Wood Frame e a comparação de custos com a Alvenaria**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Sociedade Cultural e Educacional de Itapeva. Itapeva-SP, 2015

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **10 motivos para evoluir com BIM**. Brasília: CBIC 2016.

CHIARAMONTI, B. **Proposição de um checklist de acompanhamento de processos construtivos habitacionais em wood-frame**. 2012. 89 f. Monografia (Industrial Madeireira em Industrial Madeireira) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Itapeva, 2012

CMHC - CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION. **Canadian wood frame house construction**. Canadá: [s.n.], 2014.

CONDEIXA, K. M. **Comparação entre Materiais da Construção Civil através da Avaliação do Ciclo de Vida: Sistema Drywall e Alvenaria de Vedação**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense/UFF. 2013.

COELHO, R.S. **Orçamento de obras prediais**. São Luís, MA: Editora UEMA, 2001.

CONSUL STEEL. **Construcción com acero leviano – Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1CD-ROM.

CONTIER ARQUITETURA. **Template Minha vida em BIM**. Disponível em: <<http://contier.com.br/downloads>>. Acesso em: 31 dez. 2019.

DIAS, Gustavo L. **Estudo experimental de paredes estruturais de Sistema Leve em Madeira (Sistema Plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

EASTMAN, Charles M. et al. **BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. John Wiley & Sons, 2011

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquittos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

ESCOLA ENGENHARIA. Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/>>. Acesso em: 22 out. 2018.

ESPÍNDOLA, L. R. **O Wood Frame na produção de habitação social no Brasil**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.

FERNANDES, C. A. P. **Interoperacionalidade em sistemas de informação**. 2014. 130p. (Mestrado). Universidade do Minho, Azurém, Portugal.

FERREIRA, R. **MCMV em madeira**. Construção Mercado. São Paulo: Pini, set 2013.

FERREIRA, B. M. L. **Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação**. 2015, 52f. Dissertação – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

FUTURENG. Wood Framing. Disponível em: <<http://www.futureng.pt/woodframing>>. Acesso em: 22 out. 2018.

GERADOR DE PREÇOS. **Gerador de preços para construção civil**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Estruturas/Madeira/Wood_frame.html>. Acesso em: 29 Out. 2019.

GOUVEIA, F. N.; VITAL, B. R.; SANTANA, M. A. E. Avaliação de três tipos de estrutura de colchão e três níveis de resina fenólica na produção de chapas de partículas orientadas–OSB. **Revista Árvore**, [S.l.], v. 27, n. 3, p. 365-370, 2003. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n3/a13v27n3.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

HU, Osvaldo Ramos Tsan; MEDEIROS, Aline Aparecida Silva; BARROS, Edson de Almeida; OLIVEIRA, João Tales. **Análise e discussão da biblioteca de componentes REVIT, desenvolvida para o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, para o uso no Programa “Minha casa, minha vida”**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 112-135, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE ENGENHARIA. OT-004/2016-IBRAENG: Precisoões e Margens de Erros dos Orçamentos de Engenharia. Fortaleza, 2016. Disponível em <http://www.ibraeng.org/pub/normas>. Acesso em Março de 2020.

LEITE, M de A. **Construção de Edificações pré fabricadas em wood frame para habitação de interesse social no estado do Ceará: análise da viabilidade econômico financeira, técnica e ambiental.** 2017. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

LORDSLEEM JÚNIOR, A.C. **Execução e inspeção de alvenaria racionalizada.** 3 ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2004.

MAGAZINE LUÍZA. **Cotação de preço da porta Pivotante.** Disponível em: <<https://magazineluiza.com.br/porta-pivotante-713-com-visor-lateral-madeira-macica-angelim-casa-nova-madeiras/p/6162729/cj/prts/>>. Acesso em: 28 Out. 2019.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** 2013. 324 f. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATTANA, L. **Contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos.** 2017. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Pini, 2006. ISBN 85-7266-176-x.

MEIRELLES, C. R. et al. **Evolução das coberturas em madeira no Brasil.** Equador: CLEFA, 2005.

MILITO, J. A. **Técnicas de construção civil.** 1 ed. São Paulo, 2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) - DIRETRIZ SINAT - Nº 005 – Revisão 02 - Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”). Brasília, 2017.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

PAESE, M. C. B. **Análise de sistemas construtivos em madeira implantados na região de Curitiba.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Paraná, 2012.

PINTO, Eduardo Hirt. **Análise de quantitativos e elaboração do orçamento de um empreendimento residencial multifamiliar a partir de modelos BIM.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, 2018

POZZEBON, M., FREITAS, H. **Modelagem de casos: Uma nova abordagem em análise qualitativa de dados?** Anais do XXII encontro da ANPAD, Foz do Iguaçu, 1998

SACCO, M. F.; STAMATO, G. C. Light wood frame - construções com estrutura leve de madeira. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 140, nov. 2008. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/140/light-wood-frame-construcoes-com-estrutura-leve-de-madeira-287602-1.aspx>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; ANTUNES, Cristiano Eduardo; BALBINOT, Guilherme Bastos. **Levantamento de Quantitativos de Obras: Comparação entre o Método Tradicional e Experimentos em tecnologia**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, 2014.

SAKAMORI, M. M. Modelagem 5D (BIM) - **Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil**. 2015. 180 (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em engenharia de construção civil – PPGCEC, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO SC. Caderno de Apresentação de Projetos BIM. Santa Catarina, 2014.

SHOPTIME. **Cotação de preço da telha Shingle**. Disponível em: https://www.shoptime.com.br/produto/249500300/telha-laminada-shingle-tipo-americano-preco-por-pacote-3-10m2?DCSext.recom=RR_item_page.rr1-CategoryTopProducts&nm_origem=rec_item_page.rr1-CategoryTopProducts&nm_ranking_rec=3>. Acesso em: 28 Out. 2019.

SILVA, D.; LOPES, E. L.; BRAGA JUNIOR, S. S. Pesquisa quantitativa: elementos, paradigmas e definições. **Revista de Gestão e Secretariado**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 01-18, jan./abr. 2014.

SILVA, F. B. Wood frame - construções com perfis e chapas de madeira. **Revista Techné**, São Paulo, ed. 161, ago. 2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/161/artigo286726-1.aspx>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

SITE ENGENHARIA. Tabela – Consumo de Materiais, 2004. Disponível em: <<https://www.sitengenharia.com.br/tabelaconsumo1.htm>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

SMITH, P. **BIM & the 5D Project cost manager**. Procedia – Social and Behavioral Sciences, Dubrovnik, v. 199, p. 475-784, mar. 2014.

SOUZA, L. G. Análise Comparativa do Custo de Uma Casa Unifamiliar nos Sistemas Construtivos de Alvenaria, Madeira de Lei e Wood Frame. **Revista Especialize online**, Florianópolis, 2013.

SUCCAR, Bilal. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in construction, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TECVERDE. **Desenvolvimento de Tecnologia Wood Frame para Habitações de Interesse Social**. Curitiba, 2012. Disponível em: <<https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/CBIC-2012-Desenvolvimento-de-Tecnologia-Wood-Frame-para-Habitac%CC%A7o%CC%83es-Sustenta%CC%81veis.pdf>>. Acesso em: 16 Mar. 2020.

TECVERDE. **Como projetar em wood frame**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<https://document.onl/documents/6491-diretrizes-para-projetar-em-wood-frame-tecverde.html>>. Acesso em: 21 Nov. 2019.

TECVERDE. **Tecverde apresenta 1º prédio construído em tecnologia sustentável industrializada do Brasil**. Araucária, 2016. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/2016/08/26/tecverde-apresenta-1o-predio-construido-em-tecnologia-sustentavel-industrializada-do-brasil/>> Acesso em: 12 Nov. 2019.

VILELA, M. I. M. **A madeira na construção de habitação coletiva**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Comunicação, Artes, Arquitetura e Tecnologias da Informação da Universidade Lusófona do Porto, Porto, 2013.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. **Construção em madeira - Sistema Plataforma**. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/piso/estrutura.htm>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

WAGNER, John D. **Guide to House Framing**. Upper Saddle River: Creative Homeowner, 2009.

ZAPARTE, T. A. **Estudo e adequação dos principais elementos do modelo canadense de construção em wood frame para o Brasil**. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2014.

APÊNDICE A – Orçamento detalhado do edifício em concreto armado e alvenaria convencional – data-base (Nov/19)

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (RS)
01			INSTALAÇÃO DO CANTEIRO				
01.01			Implantação do canteiro de obras				
01.02.01	IIO-CON-015	SETOP	Aluguel de container (6,0x2,3x2,5m) com térmico - escritório com ar condicionado e sanitário completo	mês	6,00	878,68	5.272,08
01.02.02	IIO-CON-035	SETOP	Aluguel de container (6,0x2,3x2,5m) com isolamento térmico - vestiário com banco e armário	mês	6,00	625,89	3.755,34
01.02.03	IIO-CON-045	SETOP	Aluguel de container (6,0x2,3x2,5m) com isolamento térmico - depósito e ferramentaria com lavatório	mês	6,00	734,80	4.408,80
01.02.04	IIO-CON-040	SETOP	Aluguel de container (6,0x2,3x2,5m) com isolamento térmico - refeitório completo	mês	6,00	652,80	3.916,80
01.02.05	41598	SINAPI	Entrada provisória de energia elétrica aérea trifásica 40a em poste madeira	un	1,00	1.483,50	1.483,50
01.02.06	IIO-LIG-005	SETOP	Ligação predial de água 1/2" cavalete simples	un	1,00	213,79	213,79
01.02.07	93582	SINAPI	Execução de central de armadura em canteiro de obra, não incluso mobiliário e equipamentos	m2	12,00	175,43	2.105,16
01.02.08	93583	SINAPI	Execução de central de fôrmas, produção de argamassa ou concreto em canteiro de obra, não incluso mobiliário e equipamentos	m2	29,04	291,69	8.470,68
01.02			Manutenção do Canteiro de Obras				
01.02.01		ETIMATIVA	Tarifa de água	mês	6,00	200,00	1.200,00
01.02.02		ETIMATIVA	Tarifa de energia	mês	6,00	300,00	1.800,00
01.02.03		ETIMATIVA	Tarifa de telefone	mês	6,00	50,00	300,00
01.02.04		ETIMATIVA	Material de escritório e limpeza	mês	6,00	50,00	300,00
01.03			Equipamentos				
01.03.01	00002	SINAPI Adaptada	Guincho para transporte vertical de materiais - inclusive operador	mês	4,00	3.892,31	15.569,24
			Subtotal Item 01				48.795,39
							34,26%
50			ADMINISTRAÇÃO LOCAL DA OBRA				
50.01			Administração Local da Obra				
50.01.01	93565	SINAPI Adaptado	Engenheiro de produção Júnior (1/2 horário)	mês	6,00	7.013,68	42.082,08
50.01.02	93572	SINAPI	Encarregado geral de obras	mês	6,00	5.195,39	31.172,34
50.01.03	93563	SINAPI	Almoxarife	mês	6,00	3.396,78	20.380,68
			Subtotal Item 50				93.635,10
							65,74%
			TOTAL PLAN 01				142.430,49

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
08			ESTRUTURA				
08.01			Estrutura de Concreto Armado Moldado "In Loco"				
08.01.05	92415	SINAPI	Forma de compensado resinado 17mm, para pilar, aproveitamento 2x	m2	438,02	85,31	37.367,49
08.01.06	92452	SINAPI	Forma de compensado resinado 17mm, para viga, aproveitamento 2x	m2	837,55	108,89	91.200,82
08.01.07	92510	SINAPI	Forma de compensado resinado 17mm, para laje, aproveitamento 2x	m2	989,11	34,83	34.450,70
08.01.08	95939	SINAPI	Forma de compensado resinado 17mm, para escada, aproveitamento 4x	m2	32,58	145,25	4.732,25
08.01.157	92763	SINAPI	Armação CA-50 com aço cortado e dobrado, incluindo espaçadores	Kg	22.003,20	5,84	128.498,69
08.01.163	92722	SINAPI	Concretagem em pilar com concreto usinado bombeado de 25MPa, brita 0 e 1, slump 10+-2mm, inclusive lançamento	m3	29,84	339,59	10.133,37
08.01.164	92726	SINAPI	Concretagem em vigas e lajes com concreto usinado bombeado de 20MPa, brita 0 e 1, slump 10+-2mm, inclusive lançamento, adensamento e nivelamento convencional	m3	245,20	323,70	79.371,24
08.09			Andaime, Rampa e Guarda Corpo de Proteção				
08.09.01	97066	SINAPI	Plataforma aparalixo de madeira de lei forração de compensado resinado	m	89,50	53,02	4.745,29
08.09.03	97031	SINAPI	Guarda corpo de madeira, para das escadas, altura 1,10m	m	42,36	59,18	2.506,86
08.09.04	97031	SINAPI	Guarda corpo de madeira, para proteção durante a execução da forma da estrutura, altura 1,10m, incluindo deslocamentos, com reaproveitamento de 4 vezes, inclusive deslocamento do mesmo após a concretagem	m	268,50	59,18	15.889,83
			Subtotal Item 08				408.896,54
							28,91%
09			ALVENARIAS				
09.05			Alvenaria de Tijolo Furado				
09.05.01	87489	SINAPI	Alvenaria de tijolo furado 9X19X39cm, largura 9cm, assentada com argamassa traço 1:2:9 - cimento, cal e areia, incluindo ferro para travamentos laterais	m2	284,18	36,73	10.437,93
09.05.02	87491	SINAPI	Alvenaria de tijolo furado 14X19X39cm, largura 14cm, assentada com argamassa traço 1:2:9 - cimento, cal e areia, incluindo ferro para travamentos laterais	m2	123,26	50,95	6.280,10

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
09.05.03	87493	SINAPI	Alvenaria de tijolo furado 19x19x39cm, largura 19cm, assentada com argamassa traço 1:2:9 - cimento, cal e areia, incluindo ferro para travamentos laterais	m2	981,78	60,02	58.926,44
09.14			Vergas e Contravergas				
09.14.01	93187	SINAPI	Verga de concreto fck 13,5 Mpa	m	117,50	48,98	5.755,15
09.14.05	93197	SINAPI	Contraverga de concreto fck 13,5 Mpa	m	47,40	46,32	2.195,57
09.15			Encunhamento				
09.15.01	93202	SINAPI	Encunhamento de alvenaria com tijolo maciço	m	696,53	17,98	12.523,61
09.17			Andaimes				
09.17.02	99060	SINAPI	Andaime tipo cavalete para alvenaria, revestimentos internos e pintura interna	un	5,00	97,36	486,80
			Subtotal Item 09				96.605,60
							6,83%
10			COBERTURA				
10.02			Estrutura de Sustentação de Madeira				
10.02.03	92548	SINAPI	Estrutura de tesouras de madeira para cobertura de fibrocimento	un	8,00	938,67	7.509,36
10.02.04	92543	SINAPI	Terças de madeira 6x6cm para apoio de telhas	m2	574,43	14,01	8.047,76
10.06			Cobertura de Telha de Fibrocimento				
10.06.01	94207	SINAPI	Cobertura de telha ondulada de fibrocimento, espessura 6mm	m2	574,43	32,00	18.381,76
10.13			Cumeeiras / Espigões				
10.13.03	94223	SINAPI	Cumeeira para telha ondulada de fibrocimento	m	17,50	37,71	659,93
10.16			Rufos				
10.16.07	100435	SINAPI	Rufo para telha ondulada de fibrocimento	m	105,60	22,63	2.389,73
10.18			Calhas				
10.18.01	94227	SINAPI	Calha de chapa # 24 desenvolvimento 33cm	m	30,90	41,84	1.292,86
			Subtotal Item 10				38.281,40
							2,71%
11			IMPERMEABILIZAÇÕES				
11.02			Impermeabilização de Baldrame / Pé de Paredes				
11.02.02	98562	SINAPI	Impermeabilização com cimentos especiais / aditivos minerais / resina acrílica, em blocos e cintas	m2	59,74	30,76	1.837,60
11.03			Impermeabilização de Caixa d'Água Superior				
11.03.02	98556	SINAPI	Impermeabilização mineral, estruturada com tela de poliéster, com 3 demãos de cimentos especiais / aditivos minerais / resina acrílica na face interna da caixa d'água superior	m2	115,57	51,67	5.971,50

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
11.05			Impermeabilização de Áreas Frias				
11.05.01	98560	SINAPI	Camada de regularização em áreas frias (pisos e paredes até 30cm), espessura média 2cm, com argamassa 1:3 - cimento e areia e aditivo impermeabilizante nos boxes dos banheiros	m2	14,40	35,43	510,19
11.06			Impermeabilização de Lajes de Cobertura				
11.06.01	87620	SINAPI	Camada de regularização em laje, espessura média 2cm, com argamassa 1:3 - cimento e areia	m2	281,84	23,45	6.609,15
11.06.02	98546	SINAPI	Impermeabilização com manta asfáltica, espessura 3mm, ref. Torodim ou equivalente	m2	281,84	79,64	22.445,74
11.06.05	98563	SINAPI	Proteção mecânica horizontal com tela galvanizada e argamassa 1:3 - cimento e areia, espessura 3cm, em lajes da cobertura	m2	281,84	24,33	6.857,17
			Subtotal Item 11				44.231,35
							3,13%
12			ESQUADRIAS E ELEMENTOS DE MADEIRA				
12.02			Portas de Madeira				
12.02.01	90841	SINAPI	Porta semioca - 60x210cm de madeira tipo prancheta, espessura 3,5cm, inclusive dobradiças, marco e alisares	un	16,00	691,50	11.064,00
12.02.02	90842	SINAPI	Porta semioca - 70x210cm de madeira tipo prancheta, espessura 3,5cm, inclusive dobradiças, marco e alisares	un	6,00	742,83	4.456,98
12.02.03	90843	SINAPI	Porta semioca - 80x210cm de madeira tipo prancheta, espessura 3,5cm, inclusive dobradiças, marco e alisares	un	7,00	772,11	5.404,77
12.02.04	90844	SINAPI	Porta semioca - 90x210cm de madeira tipo prancheta, espessura 3,5cm, inclusive dobradiças, marco e alisares	un	1,00	805,27	805,27
12.02.05	00001	COTAÇÃO	Porta pivotante - 1 folha + luz lateral - 1 folha: 1,40 x 2,10 m, inclusive dobradiças, marco e alisares	un	6,00	2.041,34	12.248,04
			Subtotal Item 12				33.979,06
							2,40%
13			ESQUADRIAS E ELEMENTOS METÁLICOS				
13.02			Contramarcos e Trilhos				
13.02.02	36888	SINAPI	Guarnição para porta de alumínio de correr	m	116,10	6,97	809,22
13.04			Esquadria de Alumínio				
13.04.01	68050	SINAPI Adaptada	Porta de correr 3 folhas - 2,30x2,10cm de alumínio e vidro incolor	m2	28,98	343,82	9.963,90
13.04.02	68050	SINAPI Adaptada	Porta de correr 4 folhas - 2,20x2,10cm de alumínio e vidro incolor	m2	36,96	343,82	12.707,59

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
13.04.03	73838/1	SINAPI	Porta de abrir da cortina de vidro incolor	un	3,00	1.272,40	3.817,20
13.04.04	94582	SINAPI	Janela de correr 2 folhas com veneziana - 190x110cm de alumínio	m2	12,54	253,86	3.183,40
13.04.05	94584	SINAPI	Janela de correr 3 folhas - 190x110cm de alumínio	m2	12,54	381,55	4.784,64
13.04.06	94584	SINAPI	Janela de correr 3 folhas - 210x100cm de alumínio	m2	2,10	381,55	801,26
13.04.07	94581	SINAPI	Janela Maximum-ar - 1 folha - 90x50cm de alumínio	m2	7,20	433,44	3.120,77
13.04.08	94581	SINAPI	Janela Maximum-ar - 3 folhas - 210x50cm de alumínio	m2	1,05	433,44	455,11
13.07			Elementos de Tubo				
13.07.01	99857	SINAPI	Corrimão de tubo, Ø 1 1/2", parafusado no guarda corpo	m	49,80	64,01	3.187,70
13.07.02	99837	SINAPI	Guarda corpo de tubo, Ø 3/4", altura 110cm, parafusado no piso	m	49,82	387,92	19.326,17
13.07.03	99841	SINAPI	Guarda corpo de tubo, Ø 3/4", altura 110cm, fechamento lateral de vidro 8mm incolor, parafusado no piso	m	49,80	774,26	38.558,15
			Subtotal Item 13				100.715,11
							7,12%
16			REVESTIMENTO INTERNO				
16.01			Revestimento de Argamassa				
16.01.01	87879	SINAPI	Chapisco 1:3 - cimento e areia, em paredes	m2	653,29	2,97	1.940,27
16.01.02	87527	SINAPI	Emboço 1:2:8 - cimento, cal e areia, espessura 2,0cm, em paredes internas	m2	653,29	28,57	18.664,50
16.02			Gesso Corrido				
16.02.01	87421	SINAPI	Aplicação de gesso corrido em paredes internas	m2	1.375,47	21,30	29.297,51
16.02.02	87412	SINAPI	Aplicação de gesso corrido em tetos (Qtde é igual a forma de laje menos a quantidade de forro de gesso)	m2	793,11	18,95	15.029,43
16.03			Revestimento Cerâmico				
16.03.01	87269	SINAPI Adaptada	Azulejo 25x35cm, cor Branco, padrão médio, com rejunte interno cor Branco	m2	653,29	49,08	32.063,47
16.10			Andaime				
16.10.01	99060	SINAPI	Andaime tipo cavalete para alvenaria, revestimentos internos e pintura interna	un	6,00	97,36	584,16
16.10.02	ED-9075	SETOP	Aluguel de andaime metálico tipo fachadeiro para uso interno em locais com o pé direito alto, inclusive montagem e desmontagem	m2/mês	23,40	3,75	87,75
			Subtotal Item 16				97.667,09
							6,90%
17			REVESTIMENTO EXTERNO				
17.01			Revestimento de Argamassa				
17.01.01	87905	SINAPI	Chapisco 1:3 - cimento e areia, em paredes	m2	1.319,06	6,91	9.114,70

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
20			BANCADAS PRATELEIRAS	E			
20.02			Bancada de Pedra				
20.02.01	86895	SINAPI Adaptada	Bancada de Granito 120x45cm, espessura 2,5cm, inclusive testeiras e furos para bojo e torneira, com polimento tipo exportação	m2	8,64	855,27	7.389,53
20.02.02	86889	SINAPI Adaptada	Bancada de Granito 150x60cm, espessura 3cm, inclusive testeiras e furos para bojo e torneira, com polimento tipo exportação	m2	5,40	643,66	3.475,76
20.02.03	86889	SINAPI Adaptada	Bancada de Granito 180x60cm, espessura 3cm, inclusive testeiras e furos para bojo e torneira, com polimento tipo exportação	m2	6,48	643,66	4.170,92
20.02.04	86889	SINAPI Adaptada	Bancada de Granito L 360x230x60cm, espessura 3cm, inclusive testeiras e furos para bojo e torneira, com polimento tipo exportação	m2	3,18	643,66	2.046,84
			Subtotal Item 20				17.083,05
							1,21%
22			FECHAMENTOS VEDAÇÕES	E			
22.01			Vidros				
22.01.01	85010	SINAPI	Caixilho de alumínio para vidro	m2	232,67	285,95	66.531,99
22.01.02	73970/1	SINAPI	Estrutura de aço para cortina de vidro da fachada	kg	1.861,36	11,04	20.549,41
22.01.04	72120	SINAPI	Vidro temperado incolor, espessura 10mm, fornecimento e instalação, inclusive massa para vedação	m2	232,67	258,65	60.180,10
			Subtotal Item 22				147.261,50
							10,41%
23			FORROS				
23.01			Forro de Gesso				
23.01.01	96113	SINAPI	Forro em placas de gesso	m2	196,00	35,20	6.899,20
			Subtotal Item 23				6.899,20
							0,49%
24			PINTURAS				
24.03			Fundos				
24.03.01	88483	SINAPI	Fundo preparador de paredes, 1 demão, em paredes	m2	3.788,39	2,95	11.175,75
24.05			Pintura Látex PVA				
24.05.01	88487	SINAPI	Pintura látex PVA, 2 demãos, em paredes sem selador	m2	1.375,47	9,31	12.805,63
24.05.03	88486	SINAPI	Pintura látex PVA, 2 demãos, em tetos, sem selador	m2	793,11	10,56	8.375,24
24.05.05	88486	SINAPI	Pintura látex PVA, 2 demãos, em forro de gesso	m2	196,00	10,56	2.069,76
24.06			Pintura Látex Acrílica				
24.06.01	88489	SINAPI	Pintura acrílica, acabamento fosco, 2 demãos, na fachada, sem selador	m2	1.037,45	11,93	12.376,78

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
24.08			Esmalte				
24.08.05	PIN-ESM-030	SETOP	Pintura esmalte em corrimão metálico, 2 demãos	m	49,80	14,76	735,05
24.11			Vernizes e Resinas				
24.11.02	40905	SINAPI	Verniz em portas de madeira, 2 demãos, inclusive selador, 1 demão	m2	127,89	22,92	2.931,24
			Subtotal Item 24				50.469,45
							3,57%
34			ELEMENTOS DIVERSOS				
34.04			Acessórios de Apoio para Deficientes Físicos				
34.04.02	ACE-BAR-025	SETOP	Instalação de barra fixa de apoio para sanitários de deficientes físicos, em tubo de aço inox Ø 1 1/4", comprimento 70cm	un	3,00	201,64	604,92
34.04.03	ACE-BAR-005	SETOP	Instalação de barra fixa de apoio de lavatório para sanitários de deficientes físicos, em tubo de aço inox Ø 1 1/4", comprimento 80cm	un	2,00	213,88	427,76
			Subtotal Item 34				1.032,68
							0,07%
35			LIMPEZA / BOTA FORA				
35.01			Limpeza Geral da Obra				
35.01.01	LIM-GER-005	SETOP	Limpeza geral da obra	m2	884,83	4,60	4.070,22
35.02			Limpeza de Revestimento de Piso e Parede				
35.02.01	99803	SINAPI	Limpeza de piso cerâmico	m2	503,46	1,75	881,06
35.02.04	99806	SINAPI	Limpeza de revestimento cerâmico	m2	653,29	0,72	470,37
35.03			Limpezas Diversas				
35.03.01	LIM-VID-005	SETOP	Limpeza de vidro	m2	388,82	4,68	1.819,68
35.04			Retirada de Entulho				
35.04.01	72897	SINAPI	Retirada de entulho, inclusive carga em caçamba	m3	144,00	22,85	3.290,40
			Subtotal Item 35				10.531,73
							0,74%
			TOTAL PLAN 02				1.414.474,82

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
26			INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS				
26.05			Louças Sanitárias				
26.05.01	86888	SINAPI	Bacia Sanitária com caixa acoplada Deca	un	16,00	381,66	6.106,56
26.05.02	95469	SINAPI	Bacia Sanitária convencional conforto	un	1,00	183,62	183,62
26.05.03	86903	SINAPI	Lavatório de coluna Deca 45x55	un	1,00	295,97	295,97
			Subtotal 26.05				6.586,15
26.06			Cubas, Tanques e Mictórios em Aço Inox				
26.06.01	86901	SINAPI	Cuba oval cerâmica para lavatório	un	16,00	118,08	1.889,28
26.06.02	86900	SINAPI	Cuba circular inox para cozinha	un	6,00	149,85	899,10
26.06.03	86900	SINAPI	Cuba retangular inox para cozinha	un	7,00	149,85	1.048,95
26.06.04	86872	SINAPI	Tanque com coluna CT.25 Branco Gelo GE17	un	6,00	645,71	3.874,26
			Subtotal 26.06				7.711,59
26.08			Metais Sanitários				
26.08.01	86905	SINAPI	Deca Misturador de Lavatório Cubo_1877.C86_Mesa Bica Alta: 1877.C86_Cromado CR10	un	6,00	195,54	1.173,24
26.08.02	86908	SINAPI	Deca Misturador Lavatório Duna Clássica_1877.C64_Mesa Bica Alta: 1877.C64_Cromado CR10	un	17,00	232,71	3.956,07
26.08.03	86909	SINAPI	Deca Torneira Mesa Decamatic Eco Conforto_1173.C.CONF_Fechamento Automático com Alavanca: 1173.C.CONF Cromado CR10	un	1,00	91,10	91,10
			Subtotal 26.08				5.220,41
			Subtotal Item 26				19.518,15
			TOTAL PLAN 03				19.518,15
			TOTAL GERAL				1.576.423,46

APÊNDICE B – Composições de custos adaptadas do SINAPI para o orçamento em concreto armado e alvenaria convencional – data-base (Nov/19)

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
00001	Porta pivotante - 1 folha + luz lateral - 1 folha1: 1,40 x 2,10 m, inclusive dobradiças, marco e alisares	un			2.041,34
38124	Espuma expansiva de poliuretano, aplicação manual - 500 ml	un	1,8070	27,98	50,56
39501	Kit porta pronta pivotante - 1 folha + luz lateral - 1 folha1: 1,40 x 2,10 m, inclusive dobradiças, marco e alisares	un	1,0000	1.963,00	1.963,00
88261	Carpinteiro de esquadria com encargos complementares	h	0,9290	20,85	19,37
88316	Servente com encargos complementares	h	0,4650	18,09	8,41
86895	Bancada de granito cinza polido para lavatório - fornecimento e instalação.	m2			855,27
4823	Massa plástica para mármore/granito	kg	1,2800	35,73	45,73
7568	Bucha de nylon sem aba s10, com parafuso de 6,10 x 65 mm em aço zincado com rosca soberba, cabeça chata e fenda Philips	un	6,0000	0,30	1,80
11795	Granito para bancada, polido, tipo andorinha/ quartzo/ castelo/ corumbá ou outros equivalentes da região, e= 2,5 cm	m2	1,2600	445,28	561,05
37329	Rejunte epóxi branco	kg	0,0900	43,42	3,91
37590	Suporte mão-francesa em aço, abas iguais 30 cm, capacidade mínima 60 kg, branco	un	2,0000	23,56	47,12
88274	Marmorista/Graniteiro com encargos complementares	h	6,4000	21,33	136,51
88316	Servente com encargos complementares	h	3,2700	18,09	59,15
86889	Bancada de granito cinza polido para pia de cozinha - fornecimento e instalação.	m2			643,66
4823	Massa plástica para mármore/granito	kg	0,5800	35,73	20,72
7568	Bucha de nylon sem aba s10, com parafuso de 6,10 x 65 mm em aço zincado com rosca soberba, cabeça chata e fenda Philips	un	6,0000	0,30	1,80
11795	Granito para bancada, polido, tipo andorinha/ quartzo/ castelo/ corumbá ou outros equivalentes da região, e= 2,5 cm	m2	1,1200	445,28	498,71
37329	Rejunte epóxi branco	kg	0,0400	43,42	1,74
37591	Suporte mão-francesa em aço, abas iguais 40 cm, capacidade mínima 70 kg, branco	un	2,0000	32,78	65,56
88274	Marmorista/Graniteiro com encargos complementares	h	1,6600	21,33	35,41
88316	Servente com encargos complementares	h	1,0900	18,09	19,72
000002	Guincho para transporte vertical de materiais - inclusive operador	mês			3.892,31
93282	Guincho elétrico de coluna, capacidade 400 kg, com moto freio, motor trifásico de 1,25 c.v. - chi diurno. af 03/2016	chi	73,3330	20,81	1.526,06
93281	Guincho elétrico de coluna, capacidade 400 kg, com moto freio, motor trifásico de 1,25 c.v. - chp diurno. af 03/2016	chp	109,9560	21,52	2.366,25

**APÊNDICE C – Orçamento detalhado do edifício no sistema construtivo *wood frame*
– data-base (Nov/19)**

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Total (RS)
01			INSTALAÇÃO DO CANTEIRO				
01.01			Implantação do canteiro de obras				
01.02.01	IIO-CON-015	SETOP	Aluguel de container (6,0x2,3x2,5m) com isolamento térmico - escritório com ar condicionado e sanitário completo	mês	1,00	878,68	878,68
01.02.02	IIO-CON-035	SETOP	Aluguel de container (6,0x2,3x2,5m) com isolamento térmico - vestiário com banco e armário	mês	1,00	625,89	625,89
01.02.03	IIO-CON-045	SETOP	Aluguel de container (6,0x2,3x2,5m) com isolamento térmico - depósito e ferramentaria com lavatório	mês	1,00	734,80	734,80
01.02.04	IIO-CON-040	SETOP	Aluguel de container (6,0x2,3x2,5m) com isolamento térmico - refeitório completo	mês	1,00	652,80	652,80
01.02.05	41598	SINAPI	Entrada provisória de energia elétrica aérea trifásica 40a em poste madeira	un	1,00	1.483,50	1.483,50
01.02.06	IIO-LIG-005	SETOP	Ligação predial de água 1/2" cavalete simples	un	1,00	213,79	213,79
01.02			Manutenção do Canteiro de Obras				
01.02.01		ETIMATIVA	Tarifa de água	mês	2,00	200,00	400,00
01.02.02		ETIMATIVA	Tarifa de energia	mês	1,00	300,00	300,00
01.02.03		ETIMATIVA	Tarifa de telefone	mês	1,00	50,00	50,00
01.02.04		ETIMATIVA	Material de escritório e limpeza	mês	1,00	50,00	50,00
01.03			Equipamentos				
01.03.05	W000012	PRÓPRIA	Guindaste para transporte vertical dos materiais - inclusive operador	dia	8,00	757,09	6.056,72
			Subtotal Item 01				11.446,18
							42,31%
50			ADMINISTRAÇÃO LOCAL DA OBRA				
50.01			Administração Local da Obra				
50.01.01	93565	SINAPI Adaptado	Engenheiro de produção Júnior (1/2 horário)	mês	1,00	7.013,68	7.013,68
50.01.02	93572	SINAPI	Encarregado geral de obras	mês	1,00	5.195,39	5.195,39
50.01.03	93563	SINAPI	Almoxarife	mês	1,00	3.396,78	3.396,78
			Subtotal Item 50				15.605,85
							57,69%
			TOTAL PLAN 01				27.052,03

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Unid.	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
02			IMPLANTAÇÃO DA OBRA				
02.04			Locação da Obra				
02.04.01	99058	SINAPI	Locação topográfica de pontos da fundação	un	16,00	12,08	193,28
			Subtotal Item 02				193,28
							0,01%
03			MOVIMENTO DE TERRA				
03.04			Acerto do Terreno				
03.04.01	73859/2	SINAPI	Nivelamento e acerto manual do terreno	m2	403,38	1,44	580,87
			Subtotal Item 03				580,87
							0,04%
07			FUNDAÇÕES DIRETAS / SUPERFICIAIS				
07.01			Radier				
07.01.01	97084	SINAPI	Compactação mecânica de solo com placa vibratória para execução de radier	m2	373,00	0,56	208,88
07.01.02	97086	SINAPI Adaptada	Forma de sarrafo para pequenas peças, altura 15cm, sem reaproveitamento	m2	81,60	127,91	10.437,46
07.01.04	85662	SINAPI	Tela soldada nervurada, Q92 CA-60 (antifissura), para fundação	m2	373,00	10,46	3.901,58
07.01.05	74157/4	SINAPI	Lançamento / aplicação manual de concreto em fundações	m3	55,95	117,08	6.550,63
07.01.06	97095	SINAPI	Concreto usinado, fck 30,0 MPa, com britas 0 e 1, slump 10 ± 2, para fundação	m3	55,95	338,66	18.948,03
07.01.07	68053	SINAPI	Lona preta sobre o solo para proteção do concreto	m2	373,00	5,14	1.917,22
07.01.08	96622	SINAPI	Base de brita, 5cm	m3	18,65	93,60	1.745,64
			Subtotal Item 07				43.709,44
							2,99%
08			ESTRUTURA				
08.01			Lajes e vigas para Edifício em wood frame				
08.01.05	W00007	GERADOR DE PREÇOS Adaptada	Vigas LP Tipo I 30	m	195,12	54,92	10.715,99
08.01.05	W00001	GERADOR DE PREÇOS	Laje em <i>wood frame</i> com contrapiso de argamassa, inclusive barrote	m2	989,00	103,74	102.598,86
			Subtotal Item 08				113.314,85
							7,76%
09			PAREDES				
09.05			Paredes em wood frame				
09.05.01	W00002	GERADOR DE PREÇOS	Parede em <i>wood frame</i> (m2) - Espaçamento entre montantes 40cm - sem placa OSB de travamento	m2	110,41	267,55	29.540,20
09.05.02	W00009	GERADOR DE PREÇOS	Parede em <i>wood frame</i> (m2) - Espaçamento entre montantes 40cm - OSB em uma face e acabamento com placa cimentícia	m2	99,73	351,32	35.037,14

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Unid.	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
24			PINTURAS				
24.05			Pintura Látex PVA				
24.05.01	88487	SINAPI	Pintura látex PVA, 2 demãos, em paredes sem selador	m2	716,10	9,31	6.666,89
24.05.05	88486	SINAPI	Pintura látex PVA, 2 demãos, em forro de gesso	m2	1.261,00	10,56	13.316,16
24.06			Pintura Látex Acrílica				
24.06.01	88489	SINAPI	Pintura acrílica, acabamento fosco, 2 demãos, na fachada, sem selador	m2	900,59	11,93	10.744,04
24.08			Esmalte				
24.08.05	PIN-ESM-030	SETOP	Pintura esmalte em corrimão metálico, 2 demãos	m	49,80	14,76	735,05
24.11			Vernizes e Resinas				
24.11.02	40905	SINAPI	Verniz em portas de madeira, 2 demãos, inclusive selador, 1 demão	m2	127,89	22,92	2.931,24
			Subtotal Item 24				34.393,38
							2,36%
25			TRATAMENTOS ESPECIAIS				
25.01			Tratamento Térmico e Acústico				
25.01.01	96372	SINAPI	Tratamento térmico e acústico com lâ de rocha	m2	900,59	26,90	24.225,87
			Subtotal Item 25				24.225,87
							1,66%
34			ELEMENTOS DIVERSOS				
34.04			Acessórios de Apoio para Deficientes Físicos				
34.04.02	ACE-BAR-025	SETOP	Instalação de barra fixa de apoio para sanitários de deficientes físicos, em tubo de aço inox Ø 1 1/4", comprimento 70cm	un	3,00	201,64	604,92
34.04.03	ACE-BAR-005	SETOP	Instalação de barra fixa de apoio de lavatório para sanitários de deficientes físicos, em tubo de aço inox Ø 1 1/4", comprimento 80cm	un	2,00	213,88	427,76
			Subtotal Item 34				1.032,68
							0,07%
35			LIMPEZA / BOTA FORA				
35.01			Limpeza Geral da Obra				
35.01.01	LIM-GER-005	SETOP	Limpeza geral da obra	m2	884,83	4,60	4.070,22
35.02			Limpeza de Revestimento de Piso e Parede				
35.02.01	99803	SINAPI	Limpeza de piso cerâmico	m2	503,46	1,75	881,06
35.02.04	99806	SINAPI	Limpeza de revestimento cerâmico	m2	653,29	0,72	470,37
35.03			Limpezas Diversas				
35.03.01	LIM-VID-005	SETOP	Limpeza de vidro	m2	388,82	4,68	1.819,68
35.04			Retirada de Entulho				
35.04.01	72897	SINAPI	Retirada de entulho, inclusive carga em caçamba	m3	24,00	22,85	548,40
			Subtotal Item 35				7.789,73
							0,53%
			TOTAL PLAN 02				1.460.127,24

Item	Código CPU	Fonte	Descrição	Unid.	Quant	Preço Unitário	Total (R\$)
26			INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS				
26.05			Louças Sanitárias				
26.05.01	86888	SINAPI	Bacia Sanitária com caixa acoplada Deca	un	16,00	381,66	6.106,56
26.05.02	95469	SINAPI	Bacia Sanitária convencional conforto	un	1,00	183,62	183,62
26.05.03	86903	SINAPI	Lavatório de coluna Deca 45x55	un	1,00	295,97	295,97
			Subtotal 26.05				6.586,15
26.06			Cubas, Tanques e Mictórios em Aço Inox				
26.06.01	86901	SINAPI	Cuba oval cerâmica para lavatório	un	16,00	118,08	1.889,28
26.06.02	86900	SINAPI	Cuba circular inox para cozinha	un	6,00	149,85	899,10
26.06.03	86900	SINAPI	Cuba retangular inox para cozinha	un	7,00	149,85	1.048,95
26.06.04	86872	SINAPI	Tanque com coluna CT.25_Branco Gelo GE17	un	6,00	645,71	3.874,26
			Subtotal 26.06				7.711,59
26.08			Metais Sanitários				
26.08.01	86905	SINAPI	Deca Misturador de Lavatório Cubo_1877.C86_Mesa Bica Alta: 1877.C86 Cromado CR10	un	6,00	195,54	1.173,24
26.08.02	86908	SINAPI	Deca Misturador Lavatório Duna Clássica_1877.C64_Mesa Bica Alta: 1877.C64 Cromado CR10	un	17,00	232,71	3.956,07
26.08.03	86909	SINAPI	Deca Torneira Mesa Decamatic Eco Conforto_1173.C.CONF_Fechamento Automático com Alavanca: 1173.C.CONF Cromado CR10	un	1,00	91,10	91,10
			Subtotal 26.08				5.220,41
			Subtotal Item 26				19.518,15
			TOTAL PLAN 03				19.518,15
			TOTAL GERAL				1.506.697,42

APÊNDICE D – Composições de custos do orçamento para os serviços em *wood frame*
– data-base (Nov/19)

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
W00001	Laje em <i>wood frame</i> (M2)				103,74
mt07mee410rb	Conjunto de elementos estruturais para laje de <i>wood frame</i> , composto por vigotas e barrotes de madeira serrada de pinus (pinus spp) de 38x140 mm de seção, classe resistente C25, para um teor de umidade de 12%, segundo ABNT NBR 7190, com acabamento polido, cortados e numerados em fábrica, para montagem em obra.	m ³	0,0140	940,10	13,16
mt07emr111l	Prego, de 6 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento, de aço galvanizado de alta aderência.	un	4,0000	0,48	1,92
mt07tdm050k	Painel estrutural OSB de partículas longas e orientadas, com camada superficial de proteção formada por placa cimentícia em ambas as faces, bordas retas, de 26 mm de espessura, densidade 780 kg/m ³ .	m ²	1,0000	76,53	76,53
mt07emr111d	Prego, de 4 mm de diâmetro e 75 mm de comprimento, de aço galvanizado de alta aderência.	un	26,1670	0,16	4,19
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,0990	23,70	2,35
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,1970	18,08	3,56
	Custos diretos complementares	%	2,0000	101,71	2,03
W00002	Parede em <i>wood frame</i> (m2) - Espaçamento entre montantes 40cm - sem placa OSB de travamento				267,55
mt07mee410bb	Conjunto de elementos estruturais para parede estrutural de <i>wood frame</i> , composto por montantes, guias e diagonais de madeira serrada de pinus (pinus spp) de 38x89 mm de seção, classe resistente C25, para um teor de umidade de 12%, segundo ABNT NBR 7190, com acabamento polido, cortados e numerados em fábrica, para montagem em obra.	m ³	0,0120	940,10	11,28
mt07emr410a	Chapa perfurada reta de aço galvanizado tipo S250GD+Z275N, para montagem de <i>wood frame</i> .	un	7,0000	12,93	90,51
mt07emr410s	Chapa perfurada angular de aço galvanizado tipo S250GD+Z275N, para montagem de <i>wood frame</i> .	un	7,0000	2,55	17,85
mt07emr410H	Chapa perfurada angular para ligação da estrutura à fundação de aço galvanizado tipo S250GD+Z275N, para montagem de <i>wood frame</i> .	un	7,0000	17,01	119,07
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,5280	23,70	12,51
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,6130	18,08	11,08
	Custos diretos complementares	%	2,0000	262,30	5,25

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
W00009	Parede em wood frame (m2) - Espaçamento entre montantes 40cm - OSB em uma face e acabamento com placa cimentícia				351,32
mt07mce410bb	Conjunto de elementos estruturais para parede estrutural de <i>wood frame</i> , composto por montantes, guias e diagonais de madeira serrada de pinus (<i>pinus spp</i>) de 38x89 mm de seção, classe resistente C25, para um teor de umidade de 12%, segundo ABNT NBR 7190, com acabamento polido, cortados e numerados em fábrica, para montagem em obra.	m ³	0,0120	940,10	11,28
mt07tdm050k	Painel estrutural OSB de partículas longas e orientadas, com camada superficial de proteção formada por placa cimentícia em ambas as faces, bordas retas, de 26 mm de espessura, densidade 780 kg/m ³ .	m ²	1,0000	76,53	76,53
mt07emr111d	Prego, de 4 mm de diâmetro e 75 mm de comprimento, de aço galvanizado de alta aderência.	un	35,0000	0,16	5,60
mt07emr410a	Chapa perfurada reta de aço galvanizado tipo S250GD+Z275N, para montagem de <i>wood frame</i> .	un	7,0000	12,93	90,51
mt07emr410s	Chapa perfurada angular de aço galvanizado tipo S250GD+Z275N, para montagem de <i>wood frame</i> .	un	7,0000	2,55	17,85
mt07emr410H	Chapa perfurada angular para ligação da estrutura à fundação de aço galvanizado tipo S250GD+Z275N, para montagem de <i>wood frame</i> .	un	7,0000	17,01	119,07
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,5280	23,70	12,51
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,6130	18,08	11,08
	Custos diretos complementares	%	2,0000	344,43	6,89
W00003	Parede em wood frame (m2) - Espaçamento entre montantes 60cm - sem placa de OSB de travamento				152,29
mt07mce410bb	Conjunto de elementos estruturais para parede estrutural de <i>wood frame</i> , composto por montantes, guias e diagonais de madeira serrada de pinus (<i>pinus spp</i>) de 38x89 mm de seção, classe resistente C25, para um teor de umidade de 12%, segundo ABNT NBR 7190, com acabamento polido, cortados e numerados em fábrica, para montagem em obra.	m ³	0,0090	940,10	8,46
mt07emr410H	Chapa perfurada angular para ligação da estrutura à fundação de aço galvanizado tipo S250GD+Z275N, para montagem de <i>wood frame</i> .	un	7,0000	17,01	119,07
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,4930	23,70	11,68
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,5580	18,08	10,09
	Custos diretos complementares	%	2,0000	149,30	2,99

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
W00010	Parede em wood frame (m2) - Espaçamento entre montantes 60cm - OSB em uma face e acabamento com placa cimentícia				234,70
mt07mce410bb	Conjunto de elementos estruturais para parede estrutural de <i>wood frame</i> , composto por montantes, guias e diagonais de madeira serrada de pinus (pinus spp) de 38x90 mm de seção, classe resistente C25, para um teor de umidade de 12%, segundo ABNT NBR 7190, com acabamento polido, cortados e numerados em fábrica, para montagem em obra.	m ³	0,0090	940,10	8,46
mt07tdm050k	Painel estrutural OSB de partículas longas e orientadas, com camada superficial de proteção formada por placa cimentícia em ambas as faces, bordas retas, de 26 mm de espessura, densidade 780 kg/m ³ .	m ²	1,0000	76,53	76,53
mt07emr111d	Prego, de 4 mm de diâmetro e 75 mm de comprimento, de aço galvanizado de alta aderência.	un	26,6670	0,16	4,27
mt07emr410H	Chapa perfurada angular para ligação da estrutura à fundação de aço galvanizado tipo S250GD+Z275N, para montagem de <i>wood frame</i> .	un	7,0000	17,01	119,07
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,4930	23,70	11,68
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,5580	18,08	10,09
	Custos diretos complementares	%	2,0000	230,10	4,60
W00004	Laje da cobertura em wood frame (m2)				21,41
mt07mce410rb	Conjunto de elementos estruturais para laje de <i>wood frame</i> , composto por vigotas e barrotes de madeira serrada de pinus (pinus spp) de 38x140 mm de seção, classe resistente C25, para um teor de umidade de 12%, segundo ABNT NBR 7190, com acabamento polido, cortados e numerados em fábrica, para montagem em obra.	m ³	0,0140	940,10	13,16
mt07emr111l	Prego, de 6 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento, de aço galvanizado de alta aderência.	Un	4,0000	0,48	1,92
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,0990	23,70	2,35
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,1970	18,08	3,56
	Custos diretos complementares	%	2,0000	20,99	0,42

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
W00005	Apoio da Parede em <i>wood frame</i> sobre Fundação de concreto (m)				164,89
mt09reh080a	Argamassa tixotrópica monocomponente, modificada com polímeros, reforçada com fibras de nivelção superficial e pega rápida com uma resistência à compressão aos 28 dias maior ou igual a 31 N/mm ² , composta de cimentos especiais, inertes de granulometria selecionada, polímeros especiais e fibras, com baixo conteúdo em cromato e isenta de cloretos, para reparação não estrutural do concreto.	kg	0,0300	3,35	0,10
mt14lbr020a	Membrana betuminosa adesiva, de 1 mm de espessura, de aplicação a frio, temperatura de aplicação entre 0°C e 40°C, para fundações, fornecida em rolos de 33 cm de largura e 10 m de comprimento.	m ²	0,6000	109,72	65,83
mt07mec400hbik b	Madeira serrada de pinus (pinus spp) para ripa de 2,5x8 cm de seção, com classe de resistência C25, para um teor de umidade de 12%, segundo NBR 7190.	m ³	0,0020	671,50	1,34
mt07emr100aa	Parafuso estrutural de aço zincado, com arruela, de 7,5 mm de diâmetro e 60 mm de comprimento, de cabeça hexagonal, para aparafusar diretamente sobre o furo realizado no concreto.	Un	5,0000	1,48	7,40
mt15pdr010a	Banda de vedação de borracha sintética EPDM de 100 mm de largura, que tenha aderida a uma das suas faces duas fitas de espuma de poliuretano, intervalo de temperatura de trabalho de -30 a 100°C, fornecida em rolos de 25 m de comprimento.	m	1,0000	29,72	29,72
mt14lbr010c	Membrana betuminosa adesiva, de 1,5 mm de espessura, de aplicação a frio, temperatura de aplicação entre -4°C e 30°C, para fundações, fornecida em rolos de 100 cm de largura e 20 m de comprimento.	m ²	0,4000	100,62	40,25
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,2840	23,70	6,73
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,5690	18,08	10,29
	Custos diretos complementares	%	2,0000	161,66	3,23

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
W00006	Cobertura em Telha <i>Shingle</i> (m2)				72,98
mt15dan500a	Manta térmica e impermeabilizante, de malha de fios de polietileno, recoberta em uma das suas faces com laminado metalizado refletivo, de 1 m de largura e 0,094 mm de espessura.	m ²	1,1000	2,96	3,26
mt07mee400gaakb	Madeira serrada de pinus (pinus spp) para ripa de 1x4 cm de seção, com classe de resistência C25, para um teor de umidade de 12%, segundo NBR 7190.	m ³	0,0010	671,50	0,67
mt08var200d	Pregos comuns 18x27 com cabeça, de 3,4 mm de diâmetro e 62,1 mm de comprimento.	kg	0,0620	4,02	0,25
mt13tr010m	Telha de concreto Plana, de 42x33 cm, cor cinza, segundo ABNT NBR 13858.	Un	12,4630	3,12	38,88
mt08var050	Arame galvanizado para atar, de 1,30 mm de diâmetro.	kg	0,0090	2,49	0,02
mo011	Montador.	h	0,2070	25,36	5,25
mo080	Ajudante de montador.	h	0,4520	20,48	9,26
mo029	Aplicador de lâminas impermeabilizantes.	h	0,3150	23,85	7,51
mo067	Ajudante de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	h	0,3150	20,48	6,45
	Custos diretos complementares	%	2,0000	71,55	1,43
W00007	Viga LP tipo I 30	m			54,92
Cotação	Viga LP tipo I 30	m	1,0000	46,00	46,00
mt07emr1111	Prego, de 6 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento, de aço galvanizado de alta aderência.	un	4,0000	0,48	1,92
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,1520	23,70	3,60
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,0760	18,08	1,37
	Custos diretos complementares	%	2,0000	101,71	2,03
W00008	Verga e Contraverga em <i>wood</i>	m			8,95
mt07mee400djkkb	Madeira serrada de pinus (pinus spp) para vigota de 11x9 cm de seção, com classe de resistência C25, para um teor de umidade de 12%, segundo NBR 7190.	m ³	0,0100	671,50	6,72
mo048	Carpinteiro de estruturas de madeira.	h	0,0630	23,70	1,49
mo095	Ajudante de montador de estruturas de madeira.	h	0,0310	18,08	0,56
	Custos diretos complementares	%	2,0000	8,77	0,18
94223	Cumeeira para telha <i>Shingle</i>	m			52,80
1607	Conjunto arruelas de vedação 5/16" para telha fibrocimento (uma arruela metálica e uma arruela pvc - cônicas)	cj	4,2000	0,10	0,42
4302	Parafuso zincado rosca soberba, cabeça sextavada, 5/16 " x 250 mm, para fixação de telha em madeira	un	4,2000	1,54	6,47
Cotação	Cumeeira ventilada <i>Shingle</i> 100cm x 28cm x 25mm	un	1,0290	42,12	43,34
88316	Servente com encargos complementares	h	0,0730	18,09	1,32
88323	Telhadista com encargos complementares	h	0,0600	20,82	1,25

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
96359	Fechamento das paredes com placas de gesso acartonado nas duas faces	M2			60,92
37586	Pino de aço com arruela cônica, diâmetro arruela = *23* mm e comp haste = *27* mm (ação indireta)	cento	0,0290	31,66	0,92
39413	Chapa de gesso acartonado, standard (st), cor branca, e = 12,5 mm, 1200 x 2400 mm (l x c)	m2	2,1060	20,60	43,38
39431	Fita de papel micro perfurado, 50 x 150 mm, para tratamento de juntas de chapa de gesso para drywall	m	2,5027	0,23	0,58
39432	Fita de papel reforçada com lâmina de metal para reforço de cantos de chapa de gesso para drywall	m	0,7925	3,05	2,42
39434	Massa de rejunte em pó para drywall, a base de gesso, secagem rápida, para tratamento de juntas de chapa de gesso (com adição de água)	kg	1,0327	4,10	4,23
39435	Parafuso dry wall, em aço fosfatizado, cabeça trombeta e ponta agulha (ta), comprimento 25 mm	un	20,0077	0,07	1,40
39443	Parafuso dry wall, em aço zincado, cabeça lenticilha e ponta broca (lb), largura 4,2 mm, comprimento 13 mm	un	0,9149	0,16	0,15
88278	Montador de estrutura metálica com encargos complementares	h	0,3140	20,45	6,42
88316	Servente com encargos complementares	h	0,0785	18,09	1,42
96371	Fechamento das paredes com placas de gesso acartonado apenas em uma face	M2			33,77
37586	Pino de aço com arruela cônica, diâmetro arruela = *23* mm e comp haste = *27* mm (ação indireta)	cento	0,0290	31,66	0,92
39413	Chapa de gesso acartonado, standard (st), cor branca, e = 12,5 mm, 1200 x 2400 mm (l x c)	m2	1,0530	20,60	21,69
39431	Fita de papel micro perfurado, 50 x 150 mm, para tratamento de juntas de chapa de gesso para drywall	m	1,2513	0,23	0,29
39432	Fita de papel reforçada com lâmina de metal para reforço de cantos de chapa de gesso para drywall	m	0,7925	3,05	2,42
39434	Massa de rejunte em pó para drywall, a base de gesso, secagem rápida, para tratamento de juntas de chapa de gesso (com adição de água)	kg	0,5164	4,10	2,12
39435	Parafuso dry wall, em aço fosfatizado, cabeça trombeta e ponta agulha (ta), comprimento 25 mm	un	10,0039	0,07	0,70
39443	Parafuso dry wall, em aço zincado, cabeça lenticilha e ponta broca (lb), largura 4,2 mm, comprimento 13 mm	un	0,9149	0,16	0,15
88278	Montador de estrutura metálica com encargos complementares	h	0,2195	20,45	4,49
88316	Servente com encargos complementares	h	0,0549	18,09	0,99

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
87775	Massa para rejunte das juntas das placas cimentícias da fachada	M2			21,24
87292	Argamassa traço 1:2:8 (em volume de cimento, cal e areia média úmida) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo mecânico com betoneira 400 l. af 08/2019	M3	0,0162	328,68	5,33
88309	Pedreiro com encargos complementares	H	0,4028	21,40	8,62
88316	Servente com encargos complementares	H	0,4028	18,09	7,29
W00011	Impermeabilização de fachada com lâmina impermeabilizante flexível tipo EVAC composta por uma folha dupla de poliolefina termoplástica	m2			93,32
mt09mcr250a	Cimento cola melhorado, C2 E, com tempo de colocação ampliado, para a fixação de geomembranas, composto por cimentos especiais, inertes selecionados e resinas sintéticas.	kg	2,0000	1,53	3,06
mt15rev011a	Lâmina impermeabilizante flexível tipo EVAC, composta por uma folha dupla de poliolefina termoplástica com acetato de vinil etileno, com ambas as faces revestidas de fibras de poliéster não tecidas, de 0,52 mm de espessura e 335 g/m².	m2	1,0500	46,45	48,77
mt15rev040dh	Banda de reforço para lâmina impermeabilizante flexível tipo EVAC, de 480 mm de largura, composta por uma folha dupla de poliolefina termoplástica com acetato de vinil etileno, com ambas as faces revestidas de fibras de poliéster não tecidas, de 0,8 mm de espessura e 625 g/m².	m	1,0500	32,45	34,07
mo029	Aplicador de lâminas impermeabilizantes.	h	0,1260	23,85	3,01
mo067	Ajudante de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	h	0,1260	20,48	2,58
	Custos diretos complementares	%	2,0000	91,49	1,83

Código	Descrição	Unid.	Índice	Unit. (R\$)	Total (R\$)
96371	Fechamento das paredes com placas de gesso acartonado resistente a umidade apenas em uma face	M2			44,54
37586	Pino de aço com arruela cônica, diâmetro arruela = *23* mm e comp haste = *27* mm (ação indireta)	cento	0,0290000	31,66	0,92
39417	Chapa de gesso acartonado, resistente a umidade (ru), cor verde, e = 12,5 mm, 1200 x 2400 mm (l x c)	m2	1,0530000	30,83	32,46
39431	Fita de papel micro perfurado, 50 x 150 mm, para tratamento de juntas de chapa de gesso para drywall	m	1,2513000	0,23	0,29
39432	Fita de papel reforçada com lâmina de metal para reforço de cantos de chapa de gesso para drywall	m	0,7925000	3,05	2,42
39434	Massa de rejunte em pó para drywall, a base de gesso, secagem rápida, para tratamento de juntas de chapa de gesso (com adição de água)	kg	0,5164000	4,10	2,12
39435	Parafuso dry wall, em aço fosfatizado, cabeça trombeta e ponta agulha (ta), comprimento 25 mm	un	10,0039000	0,07	0,70
39443	Parafuso dry wall, em aço zincado, cabeça lenticular e ponta broca (lb), largura 4,2 mm, comprimento 13 mm	un	0,9149000	0,16	0,15
88278	Montador de estrutura metálica com encargos complementares	h	0,2195000	20,45	4,49
88316	Servente com encargos complementares	h	0,0549000	18,09	0,99
W000012	Guindaste para transporte vertical dos materiais	dia			757,09
89272	Guindaste hidráulico auto propelido, com lança telescópica 28,80 m, capacidade máxima 30 t, potência 97 kW, tração 4 x 4 - chp diurno. af 11/2014	chp	4,9980	113,74	568,47
89273	Guindaste hidráulico auto propelido, com lança telescópica 28,80 m, capacidade máxima 30 t, potência 97 kW, tração 4 x 4 - chi diurno. af 11/2014	chi	3,3320	56,61	188,62