

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO
NATÁLIA CÂNDIDA DE FREITAS

USO DA TECNOLOGIA BIM NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO E
ORÇAMENTAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM
LIGHT STEEL FRAMING

FORMIGA – MG
2019

NATÁLIA CÂNDIDA DE FREITAS

USO DA TECNOLOGIA BIM NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO E
ORÇAMENTAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM
LIGHT STEEL FRAMING

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Arquitetura e Urbanismo.
Orientadora: Prof^a. Ma. Karla Cristina Garcia de Carvalho.

FORMIGA – MG

2019

Natália Cândida de Freitas

USO DA TECNOLOGIA BIM NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO E
ORÇAMENTAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM
LIGHT STEEL FRAMING

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Arquitetura e
Urbanismo do UNIFOR-MG, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ma. Karla Cristina Garcia de Carvalho

Orientadora

Prof. Me. Cezar Silvino Figueredo

UNIFOR-MG

Gustavo Lopes Ferreira

UNIFOR-MG

Formiga, 19 de novembro de 2019.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, socorro presente nas horas de angústia. Ao meu pai Paulo César, minha mãe Sueli e ao meu irmão Eduardo, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por nunca me desamparar, me guiar sempre em todos os caminhos e me dar força suficiente para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais, Sueli e Paulo César, por todo amor, incentivo e por nunca me deixarem desistir, sendo meu apoio e conforto desde os momentos mais difíceis até a comemoração de grandes méritos.

Ao meu irmão Eduardo, pelo companheirismo e por sempre me ajudar quando eu preciso.

Sou grata ao meu namorado Gilson, pelo apoio incondicional, pelas palavras de incentivo e contribuições diárias que permitiram que meu sonho se tornasse uma realidade.

Aos meus companheiros de turma, em especial aos meus amigos, José Pessoa, Tassyane e William, obrigada por esses cinco anos, por tantas trocas de experiências e pelo carinho de sempre. Nunca vou me esquecer de vocês.

Aos meus professores, minha mais sincera gratidão pelos momentos únicos de aprendizado, pelos esforços não poupados e pelas sábias orientações. Agradeço em especial, minha orientadora, Karla, pela paciência e atenção que teve comigo ao longo deste trabalho e por acreditar em mim. Serei eternamente grata a você.

Enfim, a todos que contribuíram para minha formação, meus amigos e familiares que sempre torceram por mim. Os meus sinceros agradecimentos.

*“Onde você está, é resultado
de quem você era, mas para
onde você vai, depende
inteiramente de quem você
escolhe ser, a partir deste
momento.”*

*O Milagre da Manhã
(Hal Elrod)*

RESUMO

Diante do grande crescimento populacional, dos problemas ambientais e dos avanços tecnológicos, a indústria da construção civil tem buscado sistemas mais eficientes de construção, com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender a uma demanda crescente por moradias. Aliado a isso, surgiu a Modelagem da Informação da Construção ou BIM (do inglês *Building Information Modeling*), que é um método de trabalho colaborativo para a gestão de projetos, que aumenta a produtividade, sustentabilidade, controle e transparência, além de otimizar gastos. O objetivo do trabalho será analisar a eficiência do uso do *software* BIM Autodesk Revit para planejamento e orçamentação de obras, utilizando o modelo 5D, que consiste em um nível mais alto de detalhamento e descreve as informações precisas sobre custos do projeto. Para este estudo, o sistema construtivo utilizado será o Light Steel Framing (LSF), a fim de analisar a viabilidade técnica e econômica do método para a região de Pimenta-MG. Serão detalhados os conceitos, usos e benefícios do Revit no processo de levantamento de quantitativos, os processos de construção, vantagens e desvantagens do LSF, custo de cada etapa, e ao final disso, serão apresentadas planilhas orçamentárias, geradas a partir da modelagem virtual. O resultado vem a reforçar a importância da orçamentação e da compatibilização de projetos, podendo reduzir imprevistos, custos extras e atrasos para entrega da obra.

Palavras-chave: Construção Civil. Tecnologia. Produtividade.

ABSTRACT

Due to the large population growth, environmental issues and technology advancements, the civil construction industry has been seeking for more efficient building systems, in a goal to increase productivity, decrease waste and attend the grown demand for homes. Along with it, an that is already has arisen, the “Building Information Modeling”, which is a method of collaborative work for projects managements that increase productivity, sustainability, control and transparency, besides optimizing expenses. The objective of the work will be to analyze the efficiency of the use of BIM Autodesk Revit software for planning and budgeting works, using the 5D model, which consists of a higher level of detail and describes the precise information on project costs. For this study, the construction system used will be Light Steel Framing (LSF), in order to analyze the technical and economic feasibility of the method for the region of Pimenta-MG. BIM’s concepts, uses and benefits will be detailed on the quantifiers raise, on the building processes, advantages and disadvantages of the system, cost of each step, and in the end, budget sheets will be presented, generated through virtual modeling. The result comes to reinforce the importance of budgeting and compatibilization of projects, being able to reduce unforeseen situations, extra costs and delay of the work delivery.

Keywords: Civil Construction. Technology. Productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Interoperabilidade da tecnologia BIM	26
Figura 2 – Aplicação da Tecnologia BIM.....	28
Figura 3 – Interface Revit	34
Figura 4 – Itens quantificáveis em planilha orçamentária.....	37
Figura 5 – Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de	39
Figura 6 – Desenho esquemático de uma residência em LSF	45
Figura 7 – Estrutura de residência Light Steel Framing	46
Figura 8 – Estrutura de residência em Wood Frame.....	46
Figura 9 – Corte esquemático de uma laje radier.....	48
Figura 10 – Corte detalhado- fundação sapata corrida	48
Figura 11 – Detalhe esquemático de ancoragem em uma laje radier	49
Figura 12 – Esquema geral de ancoragem química com barra roscada	49
Figura 13 – Perfis Metálicos	50
Figura 14 – Desenho esquemático de painel estrutural em LSF.....	51
Figura 15 – Transmissão de carga vertical a fundação.....	51
Figura 16 – Desenho esquemático de painel estrutural	52
Figura 17 – Planta de estrutura de piso em Light Steel Frame	53
Figura 18 – Desenho esquemático laje úmida	53
Figura 19 – Desenho esquemático laje seca.....	54
Figura 20 – Detalhamento esquemático cobertura inclinada	55
Figura 21 – Detalhe de isolamento de vedações em LSF.....	56
Figura 22 – Como identificamos os objetos de construção?	60
Figura 23 – Componentes de painel de parede	63
Figura 24 – Componentes de um painel de entrepiso.....	63
Figura 25 – Componentes de uma estrutura de cobertura.....	64
Figura 26 – Reading Girls' School.....	68
Figura 27 – Academia Westfield.....	69
Figura 28 – Modelo 3D gerado pelo Revit.....	76
Figura 29 – Mapa de localização de Pimenta em.....	89
Figura 30 – Capela de Nossa Senhora do	90
Figura 31 – Villa Pimenta	91
Figura 32 – Padre José Espíndola	91

Figura 33 – Vista aérea da cidade de Pimenta.....	92
Figura 34 – Percentual da área territorial com plantação	92
Figura 35 – Vista aérea Loteamento Luiz Lara.....	93
Figura 36 – Localização do terreno	94
Figura 37 – Entorno do Terreno	94
Figura 38 – Lote escolhido	95
Figura 39 – Planta Planialtimétrica.....	95
Figura 40 – Estudo do vento dominante.....	96
Figura 41 – Estudo solar anual.....	97
Figura 42 – 8 Horas.....	97
Figura 43 - 12 Horas	97
Figura 44 - 16 Horas	98
Figura 45 - 18 Horas	98
Figura 46 - 8 Horas	98
Figura 47 - 12 Horas	98
Figura 48 - 16 Horas	99
Figura 49 - 18 Horas	99
Figura 50 - 8 Horas	99
Figura 51 - 12 Horas	99
Figura 52 - 16 Horas	100
Figura 53 - 18 Horas	100
Figura 54 - 8 Horas	100
Figura 55 - 12 Horas	100
Figura 56 - 16 Horas	101
Figura 57 - 18 Horas	101
Figura 58 – Mapa hidrografia e drenagem	102
Figura 59 – Mapa de cheios e vazios.....	102
Figura 60 – Mapa de áreas verde	103
Figura 61 – Mapa de uso do solo.....	104
Figura 62 – Mapa de hierarquia viária.....	104
Figura 63 – Mapa de gabarito de altura de edificações.....	105
Figura 64 – Mapa de mobiliários urbanos	106
Figura 65 – Diagrama esquemático das atividades.....	108
Figura 66 – Perfil do cliente.....	109

Figura 67 – Setorização de ambientes.....	110
---	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cronograma de Atividades	23
Quadro 2 – Estrutura de Classes	59
Quadro 3 – Parâmetros para modelagem segundo Tabela SINAPI e Caderno de ...	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil U simples – Dimensões, massa e propriedades geométricas	64
Tabela 2 – Perfil Ue simples – Dimensões, massa e propriedades geométricas	65
Tabela 3 – Dimensões e aplicação de painéis cimentícios	66
Tabela 4 – Quantitativos Apartamento Tipo (sem alteração)	73
Tabela 5 – Quantitativos Apartamento Tipo (alterada)	74
Tabela 6 – Resultado dos quantitativos obtidos pelo software Sigma.....	75
Tabela 7 – Trecho da tabela de levantamento de material	77
Tabela 8 - Quantitativos de concreto do modelo BIM, do levantamento	78
Tabela 9 – Dados dos locais pesquisados	80

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.
- ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- BIM – *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção).
- CAD – *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador).
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção.
- CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço.
- CCDI – Camargo Corrêa Desenvolvimento Imobiliário.
- EFA – *Education Financing Agency* (Agência de Financiamento da Educação).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- LSF – *Light Steel Framing* (Estruturas em Aço Leve).
- nD – Infinitas dimensões.
- OSB – *Oriented Strand Board* (Painel de Tiras de Madeira Orientadas).
- ROI – Retorno sobre o Investimento.
- USP – Universidade de São Paulo.
- 2D – Duas dimensões (Bidimensional).
- 3D – Três dimensões (Tridimensional).
- 4D – Quatro dimensões (Tetradimensional).
- 5D – Cinco dimensões (Penta-dimensional).
- 6D – Seis dimensões (Hexa-dimensional).
- 7D – Sete dimensões (Hepta-dimensional).

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Tema e problema	18
1.2	Justificativa	19
1.3	Objetivos	20
1.3.1	Objetivos Gerais	20
1.3.2	Objetivos Específicos	21
1.4	Metodologia	21
1.5	Cronograma de Atividades	23
2	REVISÃO TEÓRICA E HISTÓRICA DO TEMA	24
2.1	Modelagem da informação da construção (BIM)	24
2.1.1	Dimensões	27
2.1.2	Vantagens e desvantagens da utilização da metodologia BIM	28
2.1.2.1	Vantagens	28
2.1.2.2	Desvantagens	31
2.1.3	Tecnologia BIM no Brasil.....	31
2.1.4	Desafios e dificuldades da implementação do BIM.....	32
2.1.5	Revit.....	34
2.2	Orçamento na construção civil	35
2.2.1	Levantamento de Quantitativos	37
2.2.2	Uso da tecnologia BIM no processo de orçamentação (5D).....	38
2.2.3	Diretrizes de implementação do BIM como suporte ao processo de orçamentação	41
2.3	Ecoeficiência na Construção Civil	42
2.4	Sistema Construtivo Light Steel Frame.....	44
2.4.1	Breve Histórico da Utilização do Aço na Construção Civil.....	46
2.4.2	Etapas Construtivas	47

2.4.2.1	Fundações.....	47
2.4.2.2	Painéis	50
2.4.2.3	Lajes	52
2.4.2.4	Cobertura	54
2.4.2.5	Fechamento Vertical.....	55
2.4.2.6	Isolantes termo acústicos.....	56
2.4.3	Vantagens e desvantagens do Light Steel Framing.....	57
2.4.3.1	Vantagens	57
2.4.3.2	Desvantagens	58
2.5	Normas e legislações pertinentes.....	58
2.5.1	Normas técnicas aplicadas ao BIM.....	58
2.5.1.1	ABNT NBR 15965-1:2011, Sistema de classificação da informação da construção – Parte 1: Terminologia e Estrutura	59
2.5.1.2	ABNT NBR 15965-2:2012, Sistema de classificação da informação da construção – Parte 2: Características dos objetos da construção	60
2.5.1.3	ABNT NBR 15965-3:2014, Sistema de classificação da informação da construção – Parte 3: Processos da construção.....	60
2.5.1.4	ABNT NBR 15965-6:2015, Sistema de classificação da informação da construção – Parte 6: Informação da construção.....	61
2.5.2	Normas técnicas aplicadas ao Steel Framing.....	61
2.5.2.1	ABNT NBR 14762, Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento	61
2.5.2.2	ABNT NBR 15253, Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos Gerais.	62
2.5.2.3	ABNT NBR 15498, Placa Plana Cimentícia sem Amianto - Requisitos e Métodos de Ensaio.....	65
3	CONTEXTUALIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	67
4	LEITURAS DE OBRAS ANÁLOGAS	68

4.1	Estudo de caso: o BIM ajuda as escolas secundárias a cumprir o orçamento	68
4.2	Como elaborar orçamento utilizando processo BIM	69
4.3	Modelagem inteligente (Revit BIM) no processo de levantamento de quantitativos para orçamento de um projeto industrial	75
4.4	Estudo de caso realizado em 22/02/2017 por Carolina Araújo	79
5	DIAGNÓSTICO DO SÍTIO E REGIÃO	89
5.1	Breve Histórico da cidade de Pimenta/MG	89
5.2	Perfil socioeconômico da cidade de Pimenta/MG	92
5.3	Estudo da área de projeto e seu entorno	93
5.4	Estudo de mapas-síntese	101
5.4.1	Mapa de hidrografia e de drenagem	101
5.4.2	Mapa de cheios e vazios	102
5.4.3	Mapa de áreas verdes	103
5.4.4	Mapa de uso do solo	103
5.4.5	Mapa de hierarquia viária.....	104
5.4.6	Mapa de gabarito de altura de edificações.....	105
5.4.7	Mapa de mobiliários urbanos	105
6	PROPOSTA PROJETUAL	107
6.1	Fluxograma de processos	108
6.2	Perfil do Cliente (Persona).....	109
6.3	Programa de necessidades	109
6.4	Fluxograma de setorização	109
6.5	Conceito	110
6.6	Partido arquitetônico.....	110
7	CONSIDERAÇÕES PARCIAIS	112
	REFERÊNCIAS	113

1 INTRODUÇÃO

Há um tempo atrás, os projetos da construção civil eram desenhados a mão, com lápis, papel, borracha e escalímetro. Com a evolução dos computadores e *softwares*, deu-se início ao conceito de Desenho Assistido por Computador ou CAD (do inglês *Computer Aided Design*), primeiramente em 2D (bidimensional) e posteriormente em 3D (tridimensional). O CAD rapidamente se alastrou no mercado, principalmente por ter uma melhor apresentação do produto, diminuindo o tempo, facilitando o gerenciamento e, assim, aumentando a produtividade.

Nos últimos anos, o conceito da tecnologia inteligente BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção), tem se tornado uma das inovações mais promissoras para o mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil e se destaca por trabalhar em 2D, 3D e outras dimensões, como o 4D (tetradimensional), responsável pelo gerenciamento do tempo, 5D (penta-dimensional) responsável pelo gerenciamento do custo, 6D (hexa-dimensional), gerenciamento do ciclo de vida e 7D (hepta-dimensional), gerenciamento de sustentabilidade do edifício.

O BIM vem conquistando cada vez mais o seu espaço no mercado. Sua disseminação é um objetivo estratégico da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), tendo em vista a necessidade de deixar de priorizar apenas a simples representação de linhas, formas, dimensões e textos e dar lugar a um modelo que associe elementos individuais e parametrizados, através de uma modelagem orientada por objetos e informação simultaneamente. (CBIC, 2016, p. 10).

Este trabalho buscou explorar a dimensão 5D, onde determina-se os custos do projeto, reduz-se o tempo de levantamento de quantitativos e estimativas de custos, melhora-se a precisão, por se tratar de um modelo real, configurado e especificado dentro do modelo BIM, minimiza-se os incidentes em disputas e ambiguidades existentes em arquivos CAD e permite que os consultores de custos invistam mais tempo em adicionar valor ao projeto. Este fator tem fundamental impacto em qualquer construção e ajuda na tomada de decisões. (THE BIM HUB, 2018).

O sistema construtivo escolhido para o desenvolvimento do projeto foi o *Light Steel Framing* (LSF), alternativa que vem ganhando espaço devido as vantagens que oferece se comparados a sistemas convencionais. O LSF é formado por uma estrutura leve constituída por perfis de aço galvanizado formados a frio e se caracteriza por ser

um sistema construtivo a seco, permitir maior racionalização e produtividade nas construções e mudar o paradigma da obra de “construção” para “montagem”.

Foram abordados no trabalho os conceitos, usos e benefícios do BIM no processo de levantamento de quantitativos, os processos de construção, vantagens e desvantagens do sistema *Light Steel Framing*, custos de cada etapa, e ao final disso, foram apresentadas planilhas orçamentárias, geradas através da modelagem virtual de uma residência.

A edificação foi modelada com auxílio do Revit, da Autodesk, *software* que opera dentro da metodologia BIM mais conhecidos no mercado e que possui inúmeros recursos e permite uma modelagem consistente, coordenada e completa.

Além disso, o Revit permite a extração de várias informações, como, tabelas de quantitativos, cortes e vistas automáticas e perspectivas eletrônicas de qualidade. Tudo isso, feito em conjunto, ou seja, uma modificação, automaticamente é refletida em todo o projeto e na documentação.

Uma outra característica da modelagem BIM, em especial do Revit, explorada para a elaboração do trabalho, foi a interoperabilidade, o que permite que *softwares* da Autodesk ou de diferentes fabricantes, “conversem” entre si.

A interoperabilidade entre o Revit e o Navisworks (*software* da Autodesk de análise de projeto, para melhorar a coordenação BIM) foi essencial para a orçamentação da obra. Sua ferramenta de *Clash Detective* (detecção de conflitos) permitiu a eficaz identificação, inspeção e reporte de interferências em os modelos de projeto estrutural e arquitetônico. A utilização do Clash Detective é fundamental para reduzir o risco de erro humano durante as inspeções do modelo.

O Navisworks foi utilizado para integrar os dados gerados no Revit e gerar a modelagem 5D, contendo representações tridimensionais e informações de custo. Foi utilizado a ferramenta *Quantification* (quantificação), que permitiu a criação de grupos e itens para organização dos materiais aferidos. Para facilitar a integração com o orçamento, cada item quantificado foi separado em grupos análogos aos utilizados na planilha orçamentaria PFUI, da Caixa Econômica Federal.

1.1 Tema e problema

O presente trabalho consiste em um levantamento de quantitativos para elaboração de um orçamento de uma edificação residencial em *Light Steel Framing*, utilizando o *software* BIM Autodesk Revit, aproveitando as potencialidades do modelo,

5D, a fim de comprovar que o BIM é mais que um *software* de modelagem 3D. Neste estudo, foram abordadas as etapas, desde a fase inicial de projeto, até a finalização da obra.

Segundo Nakamura (2018), em uma pesquisa realizada pela Camargo Corrêa Desenvolvimento Imobiliário (CCDI), a tecnologia BIM é eficiente no levantamento de quantitativos de obras, com uma assertividade de 99% no orçamento, devido ao fato de os erros e omissões em projetos serem quase nulos. Além disso, reflete em uma construção sustentável, pois permite a quantificação de materiais precisa, reduzindo o desperdício.

Desta forma, pretende-se na pesquisa responder a seguinte questão, identificada como uma problemática: O que impede a disseminação do BIM no mercado da construção civil?

1.2 Justificativa

Em uma pesquisa realizada pela SmartMarket Report, da McGraw Hill Construction (2014), analisou o uso do BIM em dez países: Austrália, Brasil, Canadá, França, Alemanha, Japão, Nova Zelândia, Coreia do Sul, Reino Unido e Estados Unidos. Constatou-se que 75% dos construtores entrevistados relataram um Retorno sobre o Investimento (ROI) positivo com a utilização da tecnologia BIM.

Uma empresa que investe parte dos recursos no orçamento e planejamento de obras, assim como no planejamento administrativo, é vista com um grande diferencial competitivo no mercado. Se existem tecnologias e materiais que visam sanar ocorrência de problemas, proporcionando melhorias na qualidade dos produtos, reduzindo tempos de execução, desperdício de materiais e proporcionando um cumprimento nos prazos e metas das empresas, é de fundamental importância que se faça o uso correto dessas ferramentas inovadoras disponíveis no mercado.

O BIM emerge nesse cenário, a fim de se ter um ganho em produtividade considerável, podendo prever possíveis erros e conflitos ainda na fase de projeto, além de conseguir em um único *software* a extração de todos os desenhos, vistas, tabelas e quantitativos necessários, ganhando tempo nos projetos. Com esta tecnologia, o processo de orçamentação, que é demorado, trabalhoso e muitas vezes nem é realizado, apenas estimado, se torna muito mais rápido e preciso. Além disso, contribui com o desenvolvimento sustentável e eficiência energética.

Este estudo visa auxiliar aqueles que buscam técnicas construtivas mais rápidas e que ao mesmo tempo tem correlação com a realidade do Brasil sobre a construção civil marcada pelo desperdício. De acordo com a Agencia Estado (2002), em estudos desenvolvidos pelo Departamento da Construção Civil da Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo) concluíram que as perdas de materiais chegam a 8% e as perdas financeiras, inclusive aquelas relativas a custos de retrabalhos, chegam a 30%. A construção civil é responsável por impactos ambientais, sociais e econômicos consideráveis, em razão de ser importante para a economia no Brasil.

Por isso, o trabalho busca apresentar informações detalhadas a respeito da tecnologia BIM e construção de obras empregando o sistema construtivo *Light Steel Framing*, com o objetivo de incentivar os construtores, que ainda mantem grande parte de suas atividades de maneira tradicional, com baixo controle de qualidade, alto desperdício de materiais e prazos de execução não satisfatório, a utilizarem essas inovações tecnológicas.

Faz-se necessário que cada vez mais essa tecnologia seja difundida através de estudantes e profissionais da área, objetivando a integração de diversas informações necessárias ao processo de orçamentação numa única plataforma, e conseqüentemente, a diminuição de inconsistências no orçamento de uma obra.

1.3 Objetivos

Os objetivos da pesquisa são classificados em gerais e específicos e serão descritos a seguir.

1.3.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo elaborar uma fundamentação sobre a análise da eficiência do uso da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos (5D) de uma edificação residencial em *Light Steel Framing* e demonstrar sua importância para o setor da construção civil no país. Neste estudo, foram detalhados os conceitos, usos e benefícios do Revit no processo de levantamento de quantitativos, foram enfatizadas a eficiência e a produtividade do sistema construtivo escolhido, caracterizando suas etapas desde a fase inicial de projeto até a finalização da obra, a fim de entender os processos de orçamentação, que ajudaram na segunda etapa, onde foram elaboradas

planilhas orçamentarias baseadas em dados da região de Pimenta-MG, a fim de calcular o valor total da obra.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Compreender o processo de orçamentação de obras, com foco na etapa de levantamento de quantitativos;
- Conhecer os principais conceitos, usos e benefícios do BIM no processo de levantamento de quantitativos;
- Demonstrar as principais características do sistema construtivo *Light Steel Framing*, abordando suas etapas construtivas, técnicas, materiais empregados na execução da obra e vantagens e desvantagens;
- Investigar onde, por que e em quais setores existem uma barreira que impede o desenvolvimento do sistema BIM no Brasil;
- Analisar a viabilidade econômica, social e tecnológica do BIM no levantamento de quantitativos;
- Realizar leitura de obras análogas;
- Desenvolver o diagnóstico do município, do terreno e do entorno no qual será implantado a residência;
- Atender a metodologia projetual adequada para a realização do projeto;
- Executar a modelagem virtual da edificação no Revit e assim gerar tabelas de quantidades de materiais, que posteriormente serão utilizadas para detalhar os custos de cada etapa;
- Exportar para o *software* Navisworks, detectar os conflitos e interferências e quantificar os materiais e serviços;
- Realizar um levantamento de dados visando obter os custos envolvidos no processo de construção da obra;
- Analisar a viabilidade econômica, técnica, social e do BIM no levantamento de quantitativos.

1.4 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido a partir da revisão bibliográfica, mediante pesquisa de trabalhos de conclusão de curso de graduação, monografias de cursos de

especialização e consulta de normas, manuais e artigos pertinentes, assim como análises de conceitos obtidos em estudos de campo na cidade de Pimenta-MG.

Após a realização da revisão teórica, fez-se uma contextualização com base na problemática relacionada ao que impede a disseminação do BIM no mercado da construção civil, sendo apresentados seus conceitos, com foco no levantamento de quantitativos, assim como, as características do sistema construtivo *Light Steel Framing*, explicando detalhadamente suas etapas construtivas, para que se possa entender os custos que são envolvidos em cada operação.

Em seguida, realizou-se um estudo de obras análogas para o entendimento das dinâmicas, do funcionamento e de práticas eficientes da utilização do BIM voltado para a aplicação no orçamento de obras, os benefícios do seu uso e o malefício que ele pode trazer caso não seja aplicado. Este estudo fomenta e auxilia no entendimento e na concepção de um estudo orçamentário adequado a ser desenvolvido na segunda etapa deste trabalho.

Com os estudos de obras análogas, foi desenvolvido um diagnóstico do município e do entorno da área de projeto, levantando dados culturais, socioeconômicos e espaciais do município. Nesta etapa, foram desenvolvidos também os mapas-sínteses, os quais auxiliaram no entendimento físico do entorno da área de projeto, anotando ainda as condicionantes climáticas, morfologia do solo e o entorno.

Posteriormente foi desenvolvido um programa de necessidades que atenda aos quesitos exigidos para a construção da residência, pré-dimensionamento, mapas mentais, fluxogramas e análise das condicionantes climáticas que auxiliaram no desenvolvimento, distribuição e setorização de áreas e dos fluxos dentro da edificação. Foi iniciada com a concepção do conceito e do partido arquitetônico no qual o projeto se embasou.

Por fim, foi feita a preparação da apresentação à banca de TCC: Fundamentação e após a aprovação da referida banca, deu-se início à próxima etapa do presente trabalho.

A segunda etapa, composta pelo TCC: Proposição, foi iniciada com a realização de estudos preliminares por meios de croquis, onde foram analisadas as possibilidades de projeto.

Após a realização do estudo preliminares foi feito a modelagem 3D, onde foram extraídas as etapas de anteprojeto, com o desenvolvimento de plantas mais detalhadas do projeto.

Em seguida, o arquivo do modelo Revit (.rvt), foi exportado para o Navisworks (.nws) e deu-se início ao processo de orçamentação de obras.

Por fim, foram recolhidos os custos de cada etapa do projeto, materiais e mão de obra para a realização da orçamentação, foram concluídas as planilhas orçamentárias e foi realizada a preparação para a banca final.

1.5 Cronograma de Atividades

Quadro 1 – Cronograma de Atividades

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES													
ATIVIDADES		2019											
		1º SEMESTRE						2º SEMESTRE					
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
TCC FUNDAMENTAÇÃO	Elementos Pré-Textuais												
	Elementos Textuais: Introdução												
	Revisão Teórica e Histórica												
	Contextualização do Objeto de Estudo												
	Leitura de Obras Análogas												
	Diagnóstico do Sítio e Região												
	Proposta Projetual												
	Considerações Parciais												
	Elementos Pós-textuais												
	Apresentação												
TCC PREPOSIÇÃO	Planejamento e Modelagem da Residência												
	Quantificação dos Materiais Baseados nos Projetos												
	Levantamento de Custos Diretos e Indiretos												
	Elaboração de Tabelas para Orçamento de Obras												
	Considerações Finais												
	Apresentação do trabalho												

Fonte: A autora, 2019.

2 REVISÃO TEÓRICA E HISTÓRICA DO TEMA

A revisão teórica e histórica servirá de embasamento para o desenvolvimento do presente projeto. Neste capítulo serão realizadas pesquisas em referências bibliográficas como livros, artigos, teses, manuais e normas pertinentes, com conceitos necessários para a aplicação do presente estudo.

2.1 Modelagem da informação da construção (BIM)

Segundo a organização internacional Building Smart (2012, p.7), a inovação tecnológica BIM se descreve em uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação, sendo um dos recursos utilizados para obter informações sobre a construção, durante todo o seu ciclo de vida, utilizada desde a fase de concepção do projeto, até a demolição, a fim de formar uma base confiável para a tomada de decisões.

Modelagem da Informação da Construção ou BIM deve ser entendida como um novo paradigma de desenvolvimento de empreendimentos de construção envolvendo todas as etapas do seu ciclo de vida, desde os momentos iniciais de definição e concepção, passando pelo detalhamento e planejamento, orçamentação, construção até o uso com a manutenção e mesmo as reformas ou demolição. É um processo baseado em modelos paramétricos da edificação visando a integração de profissionais e sistemas com interoperabilidade de dados e que fomenta o trabalho colaborativo entre as diversas especialidades envolvidas em todo o processo, do início ao fim. (SCHEER¹, 2015, p. 07).

Para Baroni (2011), é preciso entender que o BIM não se trata apenas de programas de modelagem ou 3D, mas sim de uma metodologia de trabalho, envolvendo gestores, operadores e construtores, onde precisam se empenhar para tirar o máximo de benefícios que esta plataforma tem a oferecer. Talvez a maior vantagem do sistema seja a integração de todos os envolvidos na obra. Por exemplo: Ao colocar os arquivos do projeto na nuvem é possível atualizar instantaneamente os planos de projetos com a sua equipe usando dispositivos móveis e estender o gerenciamento do BIM à equipe toda. Todas estas vantagens trazem uma maior comunicação entre os envolvidos na obra, os erros de projeto reduzem expressivamente, o volume de retrabalho é reduzido, isto porque estamos lidando não só com desenhos, mas com uma construção virtual, podendo visualizar todos os

¹ CAMPESTRINI, Tiago Francisco et al. **Entendendo BIM**: uma visão do projeto de construção sob o foco da informação. 1. ed. Curitiba, PR: Tiago Francisco Campestrini, 2015. 115 p. E-book. Disponível em: http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf. Acesso em: 24 fev. 2019.

problemas que poderão surgir e corrigi-los antes do início da construção. Tudo isso em conjunto reduz o tempo de projeto e execução da obra.

O sistema BIM contém ferramentas que permitem a modelagem física 3D da obra, em conjunto com outras dimensões e informações relativas à construção, inclusive nos desenhos técnicos. São elas informações sobre custos, prazos, ciclo de vida e até sustentabilidade. Para a modelagem da edificação, é necessário o uso de *softwares* com o sistema BIM, que possuem modelos paramétricos dos materiais utilizados, sejam eles fixos ou modificáveis. Estes modelos paramétricos são representações gráficas geométricas tridimensionais dos elementos, aliadas à informações de dimensões, processos construtivos e custos. Tudo isso se relaciona entre si. Alterando os modelos paramétricos, o resultado é visualizado imediatamente em todo o projeto. Isto permite uma melhor visualização dos conflitos e uma busca mais ágil para a solução pretendida. (MOTTA; AGUILAR, 2009, p. 111).

Eastman et al. (2014, p. 14) definem as seguintes condições para um objeto paramétrico:

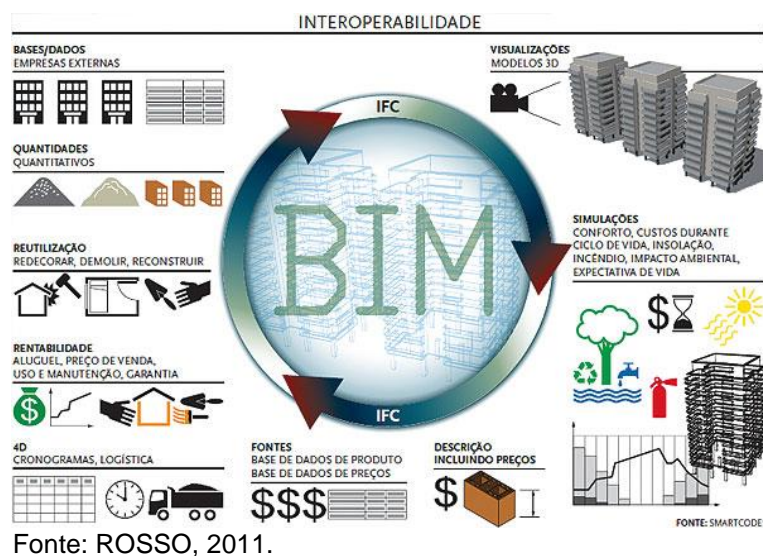
- Constitui-se em definições geométricas associadas a dados e regras.
- Geometria integrada, não redundante e não admite inconsistências. Os dados da planta e elevação são consistentes com o objeto em três dimensões. As dimensões não podem ser "falsas".
- As regras paramétricas modificam automaticamente as geometrias associadas.
- Objetos se definem em diferentes níveis de agregação. Por exemplo, se o peso de um subcomponente de uma parede muda, automaticamente, o peso de toda a parede também muda.
- As regras dos objetos identificam quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a tamanho, construtibilidade, etc.
- Os objetos têm a habilidade de conectar ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos, por exemplo, materiais estruturais, dados acústicos e dados de energia, para outras aplicações e modelos.

A característica dos *softwares* com BIM, que os diferenciam de *softwares* comuns de modelagem em três dimensões, como o SketchUP, é a parametricidade. Ao alterar um parâmetro do objeto, a mudança se repete automaticamente em todos os objetos semelhantes do projeto, permitindo assim a possibilidade de testar as opções e avaliar seus efeitos na edificação. Além disso, são os parâmetros que

permitem a extração de informações, como tabelas de quantitativos de material, utilizadas no orçamento de obras. (EASTMAN et al., 2014, p. 53).

A FIG. 1 traz um esquema da união das informações contidas num único modelo BIM. Os projetos são conectados e armazenados em conjunto e há a colaboração de equipes, chamado de interoperabilidade de informações.

Figura 1 – Interoperabilidade da tecnologia BIM



O BIM é uma plataforma aberta e qualquer *software* pode aplicar o seu conceito. Com isso, são vários os programas que possuem características BIM e essa competição colabora para a melhoria dos produtos oferecidos, mantendo a tecnologia em constante evolução e cada vez mais apta a atender às necessidades de projetos. Os *softwares* BIM mais populares são o Revit Architecture (Autodesk), ArchiCAD (Graphisoft), Allplan (Nemetschek) e AECOsim Building Designer (Bentley Systems). Deve-se dar destaque ao Revit, que será utilizado para o desenvolvimento do trabalho e que é o mais conhecido e atual líder de mercado para o uso do BIM em projetos de arquitetura. (EASTMAN et al., 2014, p. 57).

O conceito de BIM vem ganhando forças por todo o mundo. Esta tecnologia está revolucionando as áreas de gestão e projetos, através da construção de modelos em três dimensões, paramétricos e orientados a objetos de famílias que têm propriedades individuais. Ele permite organizar em um mesmo arquivo, um banco de dados de toda a obra, com todos os projetos, desde o arquitetônico e estrutural, até hidráulico e elétrico, acessíveis simultaneamente por todos os envolvidos na construção. (BUILDIN; BIM NA PRÁTICA, 2019).

2.1.1 Dimensões

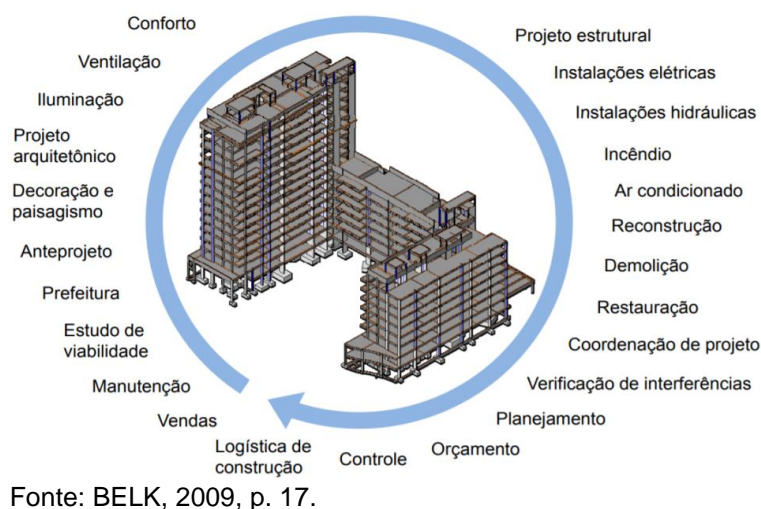
Os níveis de abrangência do projeto são definidos por dimensões. Esta aptidão multidimensional do BIM é definida como modelagem nD (infinitas dimensões). (KARMEEDAN, 2010, p. 284).

Segundo Karmeedan (2010, p.285) as dimensões do BIM são:

- 2D: como no AutoCAD, são geradas plantas baixas.
- 3D: são gerados os modelos tridimensionais, mas com uma grande vantagem em relação ao AutoCAD e outros *softwares* do mercado, que é o *clash detection* (detecção de conflitos), isto é, identifica possíveis conflitos entre os projetos como uma porta fora de lugar ou um tubo que colide com um pilar etc.
- 4D: processo de planejamento, onde a dimensão tempo é acrescentada ao modelo 3D e assim oferece a possibilidade de analisar a construtibilidade e planejamento do fluxo de trabalho de uma construção.
- 5D: é adicionado o fator do custo ao modelo, permitindo a geração instantânea de orçamentos e representações financeiras do modelo contra o tempo. Com isso, o tempo de levantamento de quantitativos e estimativa de custos é reduzido de semanas a minutos. A precisão das estimativas também é aumentada, pois os incidentes em disputas e ambiguidades existentes em arquivos CAD são minimizados.
- 6D: permite ao usuário extrair informações do funcionamento da instalação e gerenciar em caso de falhas ou defeitos.
- 7D: permitem aos projetistas cumprirem metas de redução da pegada de carbono nas obras. É quantificado e qualificado a demanda energética que será utilizada no projeto e seus respectivos custos, permitindo testar alternativas e comparar diferentes opções.
- 8D: incorpora aspectos de segurança ao projeto e a construção, prevendo riscos de acidentes na execução e na utilização do empreendimento.

A FIG. 2, nos mostra as diversas aplicações da modelagem BIM.

Figura 2 – Aplicação da Tecnologia BIM



2.1.2 Vantagens e desvantagens da utilização da metodologia BIM

É evidente que a compatibilização dos projetos utilizando a plataforma BIM, trouxe avanços para a área da construção civil. Entretanto, a viabilidade da implantação da ferramenta nas empresas ainda é questionável. Analisaremos a seguir as vantagens e desvantagens do sistema.

2.1.2.1 Vantagens

Eastman et al. (2014, p. 16) separa os benefícios do BIM em:

- Pré-construção:
 - Conceito, viabilidade e benefícios no projeto: análises de viabilidade de orçamento e tempo, ou seja, se determinada construção, com determinado tamanho e nível de qualidade, pode satisfazer aos requisitos financeiros e os prazos do proprietário.
 - Aumento da qualidade e do desempenho da construção: desenvolver um modelo em 3D, antes de gerar o modelo detalhado da construção, permite determinar se ele cumpre os requisitos funcionais e de sustentabilidade da construção de forma mais minuciosa, antecipadamente.
- Projeto:
 - Visualização antecipada e mais precisa de um projeto: o modelo 3D é projetado diretamente, e não a partir de múltiplas vistas 2D, como o SketchUP, por exemplo. Assim sendo, é possível visualizar o projeto em

três dimensões em qualquer etapa, tendo dimensões consistentes em todas as vistas.

- Correções automáticas quando mudanças são feitas no projeto: os detalhes são corrigidos automaticamente quando há modificações no modelo.
 - Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto: a partir do modelo 3D, são gerados plantas, elevações e cortes, com maior precisão de visualizações em 2D, em qualquer estágio.
 - Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto: facilita o trabalho simultâneo de engenheiros, arquitetos e demais envolvidos no projeto.
 - Verificação facilitada das intenções de projeto: visualização de quantitativos e estimativas de custo mais precisas e antecipadas.
 - Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto: permite a extração de uma lista precisa de quantitativos e de espaços que pode ser utilizada para estimar o custo, em qualquer etapa do projeto.
 - Incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade: permite a avaliação do uso de energia durante fases mais preliminares do projeto.
- Construção:
 - Sincronização de projeto e planejamento da construção: o planejamento da construção (4D) torna possível prever os processos de construção e a aparência da construção e do canteiro em qualquer ponto no tempo, através de simulações de escoramento, andaimes, guias e outros equipamentos, proporcionando uma compreensão considerável sobre como a construção será realizada dia a dia, além de revelar fontes de potenciais problemas e oportunidades para melhorias. Estes objetos são vinculados a atividades do cronograma e refletidos no planejamento de construção desejado.
 - Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (detecção de interferências): os conflitos são identificados antes que se tornem reais, reduzindo retrabalhos. A organização entre os projetistas e empreiteiros participantes é aprimorada, e os erros de omissão são significativamente reduzidos. Isso torna mais rápido o processo de construção, reduz os custos e reduz desentendimentos entre a equipe.

- Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro: modificações de projeto podem ser resolvidas com mais rapidez em um sistema BIM e tem um menor impacto, já que são atualizadas de forma automática. Além disso, podem ser compartilhadas, visualizadas, estimadas e resolvidas sem o uso de transações demoradas feitas em papel.
 - Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados: fabricantes podem utilizar o modelo, transferindo-o para uma ferramenta BIM de fabricação. Essa automação é usada em peças em aço, componentes pré-moldados, fechamentos e fabricação de vidros.
 - Melhor implementação e técnicas de construção enxuta: o BIM fornece os materiais precisos para cada etapa do trabalho. Isso minimiza o desperdício e reduz a necessidade de estoques de materiais.
 - Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção: proporciona quantidades precisas para todos os materiais e objetos contidos em um projeto, podendo ser usadas para adquirir materiais de fornecedores de produtos e subempreiteiros.
- Pós-construção:
 - Melhor gerenciamento e operação das edificações: as informações recolhidas durante a execução podem ser entregues em um pacote mais detalhado ao cliente, facilitando processos futuros de manutenção;
 - Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades: possibilita o planejamento e a programação de manutenções preventivas, além de facilitar a elaboração de um plano de evacuação do edifício em casos de emergência.

Segundo Braga (2015, p. 45) Outro fator importante é que o BIM possibilita o rastreamento de informações no modelo, tornando possível responsabilizar cada agente individualmente pelas decisões tomadas e pela qualidade geral do projeto.

Em uma pesquisa realizada pela SmartMarket Report (2014, p. 19), onde os profissionais que trabalham com BIM foram solicitados a escolher três benefícios de uma lista de quinze, que eles classificariam como benefício principal, o impacto do BIM na redução de erros e omissões foi considerado o melhor benefício e isso acarreta a melhoria em redução do retrabalho, custo da construção e duração total do projeto. Assim, conforme o envolvimento com o BIM aumenta, todo o ciclo de entrega do projeto é aprimorado. O benefício de melhorar a colaboração com os proprietários e

empresas de design também obteve uma pontuação muito alta, com 35% dos contratados. Essa descoberta destaca a crescente tendência de maior integração entre todos os membros da equipe, uma das tendências mais importantes dos projetos orientados a modelos. (SMARTMARKET REPORT, 2014, p. 19).

2.1.2.2 Desvantagens

De acordo com Silva e Comparim (2016, p. 30), dentre as desvantagens do sistema, estão:

- Custo inicial elevado para aquisição dos programas.
- Depende de computadores com memória RAM e processadores capacitados para suportar o peso dos arquivos. Isto é um investimento considerável.
- Pouco valorizado por clientes, que muitas vezes não pagam o preço do serviço.
- Falta de comunicação com os *softwares* de projetos complementares, como por exemplo, o Lumion, responsável por renderizações de vídeos.

Outros aspectos que merecem atenção e devem ser analisados antes da escolha da utilização do BIM são:

- Incompatibilidade com parceiros de projetos: não é todo mundo que utiliza o BIM. Sempre existirá o risco de algumas das empresas que você precisará envolver-se, não trabalharem.
- Falta de profissionais qualificados, assim, o empresário da construção precisa investir em consultorias e treinamentos.
- Interoperabilidade: a integração do BIM com outros softwares pode ocasionar problemas, isso porque existe uma diferença nas estruturas de dados dos softwares, fazendo com que dificulte a migração de um para outro.

2.1.3 Tecnologia BIM no Brasil

A chegada da tecnologia BIM ao Brasil surgiu em meados dos anos 2000 e assim como aconteceu com o AutoCAD, a transição não está sendo fácil. Os profissionais estão deixando de lado a importância de se estudar BIM, por falta de conhecimento ou até mesmo de interesse. Outro motivo é que demanda tempo para aprendizado e a implantação do modelo é considerada cara. (BUILDIN; BIM NA PRÁTICA, 2019).

Alguns profissionais que estão iniciando a carreira, tem buscado qualificação na área, porém, os profissionais mais velhos se mostram resistentes, devido ao fato de mudanças gerarem desconforto, mesmo se o retorno for facilitar a vida de engenheiros, arquitetos, projetistas e todos aqueles que vivenciam a cadeia da construção. (BUILDIN; BIM NA PRÁTICA, 2019).

O conceito BIM ainda não é difundido no Brasil e o governo pouco interfere para a disseminação deste modelo de projeto, mas a instabilidade da economia brasileira atrapalha o planejamento de médio e longo prazo, retardando o amadurecimento da tecnologia e conseqüentemente, os benefícios da modelagem não podem ser amplamente percebidos por profissionais da construção. Enquanto há empresas altamente evoluídas, com pesquisas avançadas em BIM, outras nem ao menos sabem o que a sigla significa. Apesar dos diversos benefícios que esta tecnologia oferece, ainda são poucos os escritórios de arquitetura e engenharia que aderiram o conceito. Dentre os poucos que aderiram, a maioria utiliza apenas a dimensão 3D e 4D. A partir da dimensão 5D, que se refere ao orçamento, o uso é ainda mais raro. (KIMURA, 2017).

Em março de 2018, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em parceria com o Senai Nacional, promoveu o primeiro Seminário BIM de 2018. O objetivo era juntar esforços ao Comitê Estratégico do Governo Federal para colocar em pauta a Política Nacional de Implantação do BIM. No Seminário, esteve presente um dos maiores especialistas em BIM do mundo. Bilal Succar é consultor estratégico de BIM com grande experiência em avaliação de desempenho da tecnologia. É PhD em BIM pela Universidade de Newcastle, na Austrália. O Governo Federal brasileiro, inclusive, anunciou que irá exigir o uso da tecnologia BIM na construção civil a partir de 2021. (BUILDIN; BIM NA PRÁTICA, 2019).

Para isso, faz-se necessário o incentivo aos estudantes e profissionais da área, objetivando a integração de diversas informações necessárias ao processo de orçamentação numa única plataforma e a conseqüente diminuição de inconsistências no orçamento de uma obra.

2.1.4 Desafios e dificuldades da implementação do BIM

Uma das maiores dificuldade da implementação do BIM, é a financeira. Na Autodesk, o valor anual do Revit é de aproximadamente R\$ 7.500,00², além disso, há uma queda de produtividade no período de adaptação, pois os profissionais precisam

² Autodesk. Revit: Software de Modelagem de informação da construção. 2019. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/revit/subscribe?plc=RVT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>. Acesso em: 07 abr. 2019.

se dedicar a cursos e deixar de lado seus projetos. Muitos dizem que conhecem os benefícios, mas não tem tempo para aprender, mesmo que a longo prazo o investimento de tempo e dinheiro seja recuperado, já que melhorar a produtividade e qualidade dos projetos. (BRAGA, 2015, p. 55).

Outro problema que os profissionais enfrentam, quando se inicia a introdução de *softwares* modeladores no processo de projeto, é a necessidade de bibliotecas de objetos paramétricos. A modelagem de objetos paramétricos é muito complexa e exige conhecimentos da área de ciências da computação para uma programação mais detalhada dos parâmetros, tais como dimensões e características físicas, divulgação de dados relativos aos seus desempenhos, além da adequação às normas técnicas, à aplicabilidade e até a manutenção. (BRAGA, 2015, p. 55).

Grandes fabricas como a Deca, empresa brasileira de Louças e Metais Sanitários, por exemplo, já vêm investindo em bibliotecas digitais parametrizadas, buscando atender à crescente demanda dos profissionais para projetos com o conceito BIM. A Deca é a primeiro fabricante nacional de louças e metais sanitários a oferecer uma biblioteca desenvolvida para os projetos com esse conceito. Porém, fabricas menores, muitas vezes, não tem recursos ou faturamento que justifiquem e permita o investimento necessário para a criação dessas bibliotecas, o que pode gerar uma “elitização” no mercado. (DECA, 2015).

Forgues et al. (2012, p. 780) afirma que, o BIM é uma tecnologia coletiva e isso é um desafio do qual não estamos acostumados dentro dos projetos, onde o trabalho tem que ser reorganizado em torno de processos e fluxos, ou seja, precisa ser definido um padrão de atividade permitido uma organização sistemática de recursos. Portanto, para usar 5D BIM eficientemente, limites e barreiras criadas pelo design e entrega linear e fragmentada do projeto têm que ser removido.

Diante destes desafios, é necessário aumentar os investimentos em tecnologias que tragam soluções para essas dificuldades encontradas em implantar o BIM e isso deve acontecer, principalmente, a partir da iniciativa privada. Em alguns países, o governo tem exigido em suas licitações, projetos em BIM. Isto impulsiona a adoção generalizada do BIM e cria caminhos para que as grandes empresas também passem a exigir o mesmo, potencializando ainda mais o uso da tecnologia e avanços no setor. (SMARTMARKET REPORT, 2014, p. 17).

2.1.5 Revit

Segundo a Viva Decora PRO (2019), “o Revit foi criado em 1997 pela Charles River Software. Em 2000, foi lançada sua primeira versão estável e, dois anos depois, a Autodesk adquiriu os direitos do *software*”.

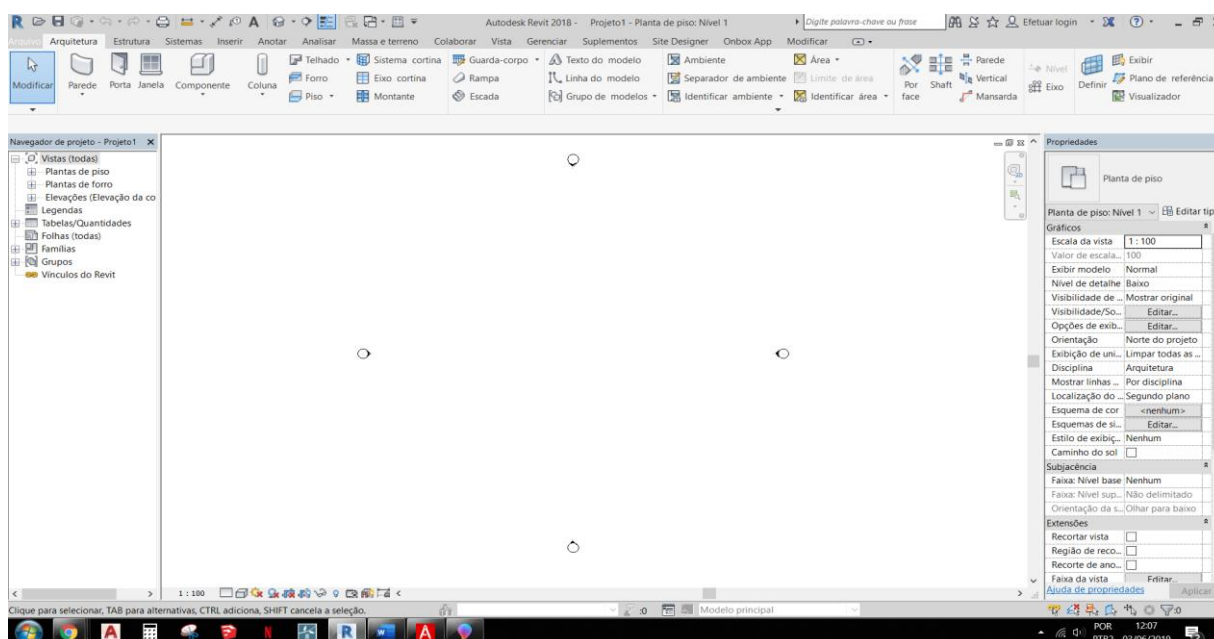
Justi (2010, p. 140) afirma que, “o REVIT, é um *software* da Autodesk que utiliza a tecnologia BIM. É um *software* de design de projeto de arquitetura e engenharia e um sistema completo de documentação do projeto que suporta todas as fases do processo”.

Em uma abordagem mais completa, temos no Revit uma plataforma completa para a concepção de projetos de arquitetura, engenharia e construção em 3D, onde o profissional já não precisa mais pensar somente nos desenhos que terá que apresentar e representar, mas sim no projeto como um todo, prevendo possíveis falhas e conflitos. (JUSTI, 2010, p. 142).

O Revit é conhecido por entregar usabilidade mais fácil que a do ArchiCad e carrega certa credibilidade na engenharia, já que pertence à desenvolvedora norte-americana Autodesk, criadora do famoso *software* AutoCAD, plataforma de produção de desenhos técnicos em 2D. (VIVA DECORA PRO, 2018).

A FIG. 3 apresenta a interface do *software* Revit. Através das suas ferramentas é possível usar o processo para que seja feito modelos para planejar, projetar, construir e gerenciar edifícios e infraestruturas.

Figura 3 – Interface Revit



Fonte: A autora, 2019.

O Revit é subdividido em três níveis de especificações, sendo elas, Categorias, Famílias e Tipos, definidos segundo Lima (2018, p. 51) como:

- Categoria: são elementos macros, manipulados em função de Famílias, por exemplo, categoria de famílias de paredes (*walls*), pisos (*floor*), teto/forro (*ceiling*), portas (*door*) ou janelas (*window*).
- Famílias: formadas por parâmetros fixos e variáveis, como por exemplo o material ou a maçaneta, sua altura.
- Tipos: são variações das famílias, podendo ser variado em função de parâmetros não fixos, por exemplo, família de janelas- “Tipo” quatro águas, “Tipo” correr, “Tipo” abrir.

2.2 Orçamento na construção civil

De acordo com Mattos (2006, p. 22), o orçamento é a previsão estimada do custo, onde se almeja a exatidão, para que o processo seja eficiente e aproxime-se o máximo possível do valor real, evitando frustrações com despesas e prazos. O processo de elaborar um orçamento é denominado orçamentação e um dos requisitos básicos para um bom orçamentista é o conhecimento detalhado do serviço. Mesmo assim, alguns parâmetros como chuvas, condições do solo e flutuações na produtividade por exemplo, não podem ser exatos, mas necessitam de precisão, para não desviar muito do valor e conseqüentemente, diminuir a credibilidade da empresa.

A avaliação de viabilidade econômica e financeira de um projeto é realizada através da estimativa de seus custos, por isso a necessidade de um orçamento, que considere as estratégias técnicas e alternativas que possibilitem maior agilidade para construção, um preço competitivo e agilidade no desenvolvimento. (PAR MAIS, 2017).

Segundo Knolseisen³ (2003 apud SANTOS et al., 2009, p. 25) “Todo e qualquer empreendimento [...], tendo em vista um mercado cada vez mais competitivo e um consumidor bastante exigente, requer um estudo de viabilidade econômica, um orçamento detalhado e um rigoroso acompanhamento físico-financeiro da obra”.

Num regime competitivo como em que vivemos na atualidade, se não tivermos um conhecimento adequado e suficiente na forma de calcular o orçamento ou os honorários, corremos o risco de darmos preços

³ KNOLSEISEN, P. C. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações**. 2003. Dissertação. (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

excessivamente elevados e fora da realidade do mercado e, portanto, deixarmos de contratar com o cliente, ou darmos um preço insuficiente para cobrir os custos incidentes e ter grandes prejuízos, podendo até acarretar o encerramento das atividades. (TISAKA, 2006, p.18).

O orçamento da obra é feito através dos custos diretos e indiretos. Os custos diretos podem ser mensurados corretamente, e se relacionam aos materiais, mão de obra e equipamentos utilizados diretamente na obra. Já os indiretos, não se associam aos serviços executados, mas consomem recursos financeiros. (PEREIRA, 2018)

González (2008 *apud* BRAGA, 2015, p.20), afirma que, o orçamento nada mais é que uma previsão do custo ou preço de uma obra. Segundo ele, o preço da construção de uma obra é igual ao custo, sucedido da margem de lucro, ou seja, $P=C+L$. Porém, devido a necessidade de se ter preços mais baixos que empresas concorrentes, faz com que o preço seja dado pelo mercado. Neste caso a lógica do preço se torna reversa ($L = P - C$), e as empresa devem pensar em minimizar os seus custos, a fim de obter o lucro máximo. O autor ainda diz que o orçamento deve ser executado antes do início da obra, para possibilitar o estudo ou planejamento prévios, mas também reforça a importância do orçamento para o controle da obra.

Em geral, um orçamento é determinado somando-se os custos diretos - mão-de-obra de operários, material, equipamento - e os custos indiretos - equipes de supervisão e apoio, despesas gerais do canteiro de obras, taxas, etc. - e por fim adicionando-se impostos e lucro para se chegar ao preço de venda. Para participar de uma concorrência, o preço proposto pelo construtor não deve ser nem tão baixo a ponto de não permitir lucro, nem tão alto a ponto de não ser competitivo na disputa com os demais proponentes. (MATTOS, 2006, p. 22).

Ainda segundo Mattos (2006, p. 26), a elaboração de um orçamento é dividida em etapas, sendo elas:

- Estudo das condicionantes: envolve leitura e interpretação do projeto e especificações técnicas, do edital que é o documento que rege a licitação e a visita técnica.
- Composição de custo: envolve a identificação dos serviços, o levantamento de quantitativos, discriminação dos custos diretos e indiretos, cotação de preços e definição de encargos sociais e trabalhistas.
- Determinação do preço: baseado nas condições de lucratividade que deseja obter na obra em questão.

Ao se realizar um levantamento de quantitativos com os métodos tradicionais, as possibilidades de ocorrência de erros e imprecisões é grande. Este processo incluem a medição de todos os elementos de um edifício, utilizando-se da escala,

sendo que esta deve ser verificada cuidadosamente para assegurar a sua exatidão. Além disso, a quantificação é lenta, exigindo um tempo de até 80% do orçamentista, para efetuar a estimativa de custo de um projeto. (BRAGA, 2015, p. 22).

Para Dias (2011, p. 10) “não basta saber elaborar o orçamento, e sim, desenvolvê-lo em período curto, através de métodos atuais de execução, mas, prioritariamente, conseguir preço competitivo e mínimo.”

2.2.1 Levantamento de Quantitativos

Segundo Xavier (2008, p. 27), o levantamento de quantidades é calculado a partir das dimensões previstas no projeto, sendo elas, área de piso, volume de concreto, quantidades de ferragem, quantidades de janelas e portas, região de pinturas, área do telhado, volumes de cortes e aterro, escavação das fundações, entre outros. Esse levantamento de quantitativos de materiais e serviços irá influenciar diretamente no planejamento da obra e a melhor maneira de elaborá-lo é através de uma lista auxiliar, funcionando como lembrete, com as condicionantes que impactam no custo do empreendimento, conforme identificadas na FIG. 4.

Figura 4 – Itens quantificáveis em planilha orçamentária

1.	Gerenciamento de Obra
2.	Serviços Iniciais
3.	Infraestrutura
3.1	Fundação
4.	Superestrutura
4.1	Estrutural
4.1.1	Concreto
4.1.2	Aço
4.1.3	Forma
4.2	Arquitetônico
4.2.1	Características do ambiente
4.2.2	Parede Bruta
4.2.3	Forros
4.2.4	Revestimentos
4.2.5	Rodapé
4.2.6	Louças, Metais e Acessórios sanitários
4.2.7	Esquadrias
4.2.8	Soleiras e Peitoris
4.3	Cobertura
4.4	Sistemas
4.3.1	Projeto Preventivo Contra Incêndio
4.3.2	Projeto Elétrico
4.3.3	Projeto Hidrossanitário
4.3.4	Projeto HVAC
5.	Serviços Complementares
6.	Limpeza Final de Obra

Fonte: BESEN, 2017, p. 26.

O levantamento de quantitativos tem um grande impacto no orçamento e é a etapa mais difícil e que mais demanda tempo para ser elaborada. Mattos (2006, p. 44) afirma que “[...] é uma das que intelectualmente mais exigem do orçamentista, porque

demanda leitura de projeto, cálculos de áreas e volumes, consulta a tabelas de engenharia, tabulação de números, etc.”

Esta etapa do orçamento, pode ser realizada manualmente ou através de ferramentas eletrônicas, vai depender da preferência e do grau de especialização do orçamentista. Os métodos tradicionais dividem os custos em diretos e indiretos e em seguida faz a medição de todos os elementos. Este método demanda tempo e está sujeito a ocorrência de erros, especialmente pelo fato de que é necessário a transferências de medições de um arquivo para outro, precisando de uma verificação cuidadosa, assegurando exatidão. (ALDER, 2006 apud BRAGA, 2015, p. 22).

2.2.2 Uso da tecnologia BIM no processo de orçamentação (5D)

A tecnologia BIM permite aos *softwares* fornecerem recursos para a extração de quantitativos de componentes e reportarem esses valores em diversas tabelas, de maneira automática. Este recurso faz parte da dimensão 5D, referente ao gerenciamento de custo do projeto, que ainda não é muito utilizada, mas está ganhando impulso e as empresas estão começando a perceber as vantagens competitivas adotando essa abordagem. (BRAGA, 2015, p.46).

À medida que o projeto amadurece, é possível extrair rapidamente quantitativos mais detalhados relacionados aos espaços e aos materiais diretamente do modelo da edificação. Todas as ferramentas BIM fornecem recursos para a extração de quantidades de componentes, áreas e volumes de espaços, quantidades de materiais, e reportam esses valores em várias tabelas. Esses quantitativos são mais que adequados para a produção de estimativas aproximadas de custos. (EASTMAN et al., 2014, p. 217).

Sendo assim, o 5D consiste em um nível superior de detalhamento e apresenta as informações precisas de custo do projeto. Não é uma orçamentação geral do projeto, mas dados de informações financeiras detalhadas de cada parte da construção. Pode incluir custos de investimento nos materiais de construção, custos operacionais e custos de renovação ou substituição.

O primeiro passo para o orçamento utilizando o *software* BIM é a modelagem minuciosa do projeto, com um nível de detalhamento coerente com as informações que se deseja extrair. A partir daí, são geradas as tabelas com todas as quantidades de componentes utilizadas, de maneira automática, fornecendo agilidade e confiabilidade nas etapas de quantificação. (BRAGA, 2015, p. 46).

Entretanto, os softwares com a plataforma BIM não oferecem todas as funcionalidades de uma planilha eletrônica ou pacote de *software* específico para

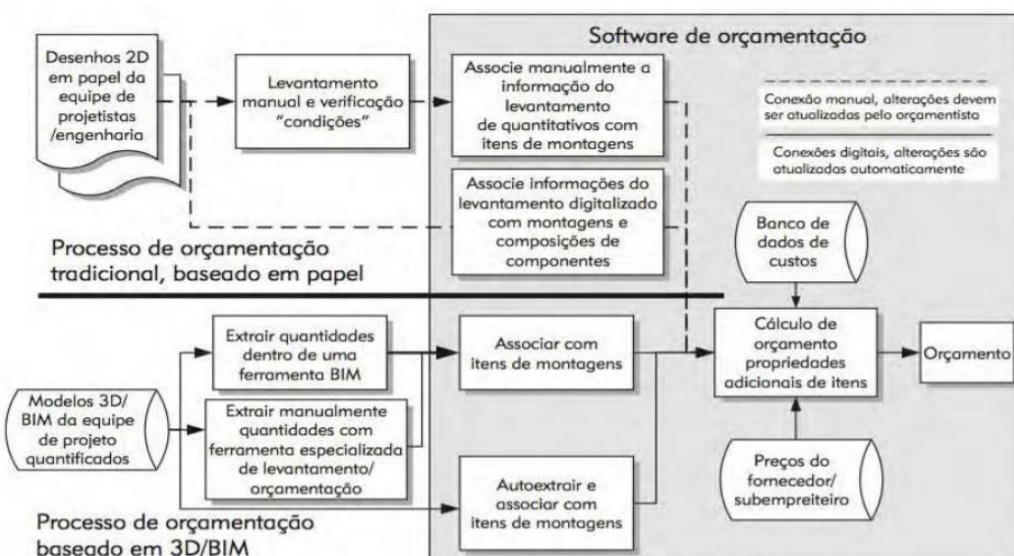
orçamentação. O BIM é apenas o ponto inicial e o orçamentista é o responsável por identificar qual método trabalhará melhor no restante do processo de orçamentação. (EASTMAN et al., 2014, p. 217).

Com isso, o segundo passo é unir as tabelas de quantitativos geradas pelo software, ao preço unitário de cada item. De acordo com Eastman et al. (2014, p. 218), esta união pode ser feita com uma das três principais opções:

- Exportar quantitativos de objetos da edificação para um *software* de orçamentação: as ferramentas BIM possuem recursos para exportar dados de quantitativos para uma planilha ou banco de dados externo, como o Excel.
- Conectar a ferramenta BIM diretamente ao *software* de orçamentação: consiste em utilizar uma ferramenta BIM capaz de se conectar via plug-in a um pacote de orçamentação, permitindo então, acrescentar dados de mão-de-obra, equipamentos e materiais, tempo de construção e custos associados.
- Usar uma ferramenta BIM de levantamento de quantitativos: consiste em exportar os dados do modelo BIM para uma ferramenta especializada em levantamento de quantidades. Com isso, o orçamentista não precisa necessariamente aprender todos os recursos do BIM.

A ferramenta BIM é vista como uma forma de simplificar etapas do orçamento e possibilitar uma rápida visualização, identificação e avaliação de condições, como exemplifica a FIG. 5 a seguir.

Figura 5 – Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de levantamento de quantidades e orçamentação



Fonte: EASTMAN et al., 2014, p. 217

Segundo Forgues et al. (2012, p. 220), o orçamento é uma prioridade importante no gerenciamento da construção. Ele afirma que o fato de a orçamentação ser realizada ao final do projeto e por pessoas que não tiveram participação em sua concepção gera uma fragmentação no processo, tornando-o muitas vezes ineficiente. O BIM veio para solucionar esse problema, proporcionando recursos para um levantamento de quantitativos mais preciso e rápido.

O BIM é uma possível solução dos principais erros em relação a precisão dos levantamentos orçamentários obtidos manualmente, a partir de ferramentas tipo CAD. Ele possibilita que o processo de extração de quantitativos seja automatizado, devido a parametrização dos componentes (esquadrias, paredes, pisos, pilares, dentre outros), ou seja, guardam consigo, além das características geométricas inerentes, outros parâmetros relacionados à sua construção. Devido a isso, significa que os mesmos dependerão não apenas de suas próprias características, bem como de características de outros objetos associados. Por exemplo, em um modelo BIM, quando o pé-direito é modificado, as paredes são automaticamente ajustadas para aquele pé-direito, fazendo com que as mudanças realizadas em um determinado objeto sejam refletidas nos demais, eliminando problemas de inconsistências entre os projetos. (BRAGA, 2015, p. 51).

Embora seja comprovada sua eficiência e vantagens, muitos utilizam os softwares BIM apenas para modelagem 2D e 3D, não aproveitando todo o potencial que as ferramentas proporcionam. A extração de quantitativos é um avanço muito grande para o setor de orçamentação da construção civil Brasileira e dessa forma, esses profissionais estarão competitivamente preparados para o mercado. (BRAGA, 2015, p. 56).

O gerente de custos oferece maior valor por meio de sua função de planejamento de custos no estágio inicial de um projeto, fornecendo consultoria e estimativas de custos sobre várias propostas [...]. Utilizando abordagens 2D tradicionais, esse aconselhamento de planejamento exige tempo considerável e inibe a análise comparativa rigorosa dentro do prazo alocado para o processo de desenvolvimento do projeto. [...] o "5D pode fazer isso com extrema rapidez, número infinito de vezes e em uma complexidade de combinações, fornecendo feedback sobre as variações de estimativas. (MITCHELL, 2012 apud SMITH, 2014, p. 480).

Este feedback ao cliente, é possível graças a quantificação em tempo real disponibilizada pelo BIM. (SMITH, 2014, p. 480).

2.2.3 Diretrizes de implementação do BIM como suporte ao processo de orçamentação

Eastman et al. (2014, p. 220) em seu Manual de BIM, define as seguintes diretrizes para a implementação do BIM para suporte ao levantamento de quantitativos e orçamentação:

O BIM é apenas o ponto inicial para a orçamentação. Ele fornece apenas as quantidades de materiais e os dados restantes são fornecidas por programas específicos.

- Deve-se iniciar com simplicidade. Se os custos estão sendo estimados por meio de processos tradicionais e manuais, primeiramente deve-se usar digitalizadores ou levantamentos na tela para se adequar aos métodos de levantamento digital e entender todo o processo de orçamentação. À medida que os orçamentistas ganham confiança e conforto com levantamentos digitais, deve-se então considerar mudar para um levantamento baseado em BIM.
- Deve-se iniciar pela contagem. O lugar mais fácil de começar é estimando as tarefas que envolvem a quantificação, como portas, janelas e conexões de tubulações. Muitas ferramentas BIM oferecem a funcionalidade da elaboração de tabelas e funções simples para consultar e contar tipos específicos de componentes, blocos ou outras entidades. Eles também podem ser verificados e validados.
- Comece com uma ferramenta, então mude para um processo integrado. É mais fácil iniciar fazendo um levantamento no software BIM ou com uma aplicação especializada. Isso limita erros potenciais ou questões relacionadas à tradução e à movimentação de dados de modelo de uma aplicação para outra. Uma vez que o orçamentista está confiante que os dados fornecidos por determinado pacote de software são precisos e válidos, então os dados do modelo podem ser transferidos para uma ferramenta de levantamento secundária para validação.
- Estabeleça as expectativas. O nível de detalhe no levantamento via BIM é um reflexo do nível de detalhe do modelo da edificação como um todo. Se a armadura não está inclusa no modelo, esses valores não serão calculados automaticamente. O orçamentista precisa entender o escopo da informação contida no modelo e o que está representado ali.

- Inicie com uma única disciplina ou tipo de componente e resolva os problemas que aparecerem.
- Automação começa com padronização. Para alavancar o BIM totalmente, projetistas e orçamentistas precisarão promover a coordenação de métodos para a padronização de componentes para o levantamento de quantitativos. Além disso, para gerar quantitativos precisos de subcomponentes e montagens (como montantes no interior de uma parede), é necessário o desenvolvimento de padrões para essas montagens.

2.3 Ecoeficiência na Construção Civil

A indústria da construção civil ocupa posição de destaque no desenvolvimento econômico-social Brasileiro. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), o Produto Interno Bruto (PIB) nacional está num ciclo de cinco anos de quedas consecutivas no nível de atividade do setor da construção civil, mas, ainda assim, é responsável por uma significativa parcela na economia do Brasil. (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2019).

No entanto, da mesma forma que se destaca por apresentar pontos positivos para a economia Brasileira, chama a atenção por apresentar muitos fatores negativos, devido ao fato de ser a atividade que mais consome recursos naturais no mundo e mais afeta o meio ambiente, tanto em escala local quanto global. Cada etapa do processo de construção tem um impacto ambiental mensurável. (ROTH; GARCIA, 2009, p. 113).

Processos produtivos ineficientes e ultrapassados, acabam gerando uma série de impactos ambientais, ocasionando uma porcentagem altíssima de desperdício. Como exemplo, a prática de quebrar os blocos cerâmicos ou de concreto depois de erguidas as paredes com a finalidade de passar as tubulações elétricas e hidráulicas e também o consumo indiscriminado e impensado de materiais, muitas vezes ocasionado pela falta de projetos ou da compatibilização destes, implicando a compra de uma quantidade maior que aquela a ser utilizada ou até de materiais errados ou desnecessários, dentre outros fatores. (ROTH; GARCIA, 2009, p. 113)

Em alguns casos, apesar de terem técnicas construtivas de aplicação racionalizada a sua disposição, o construtor brasileiro, prefere utilizar métodos tradicionais, como alvenaria convencional, que é ainda a mais utilizada no país. Isso

se deve graças a facilidade de se encontrar mão de obra barata para execução desse sistema, a qual geralmente é caracterizada pela falta de qualificação profissional, muitas vezes acarretando em uma baixa produtividade.

A deterioração ambiental conquistou a atenção mundial e a busca pela sustentabilidade tem sido um dos assuntos mais discutidos no ramo da construção civil, tendo a tecnologia como aliada para desenvolver novas práticas e soluções para um desenvolvimento sustentável.

De acordo com Ayres (2008, p. 290): “ A sustentabilidade é um conceito normativo sobre a maneira como os seres humanos devem agir em relação à natureza, e como eles são responsáveis para com o outro e as futuras gerações”.

A Ecoeficiência é uma das grandes atitudes que pode nos levar ao desenvolvimento sustentável. Trata-se da característica de produtos que produzem mais e melhor, com menores recursos e resíduos. (LOSCHIAVO, [2015?]).

Segundo Petkow e Almeida (2005, p. 5080), entende-se como ecoeficiência, as atividades desenvolvidas com o intuito de otimizar os processos com a redução da utilização dos recursos naturais, tendo como finalidade restringir o impacto ambiental, resultando em benefícios ecológicos e também econômicos.

Sistemas construtivos modernos, equipamentos mais eficientes em termo de energia, e técnicas inovadoras, estão cada vez mais presentes no mercado.

Santiago, Freitas e Crasto (2012, p.11) destacam que: “diante do grande crescimento populacional e dos avanços tecnológicos, o setor da construção civil tem buscado por sistemas mais eficientes e processos mais racionalizados, visando aumentar a produtividade, diminuir a geração de resíduos e atender a demanda crescente”. Ainda segundo os autores, uma alternativa viável seria a utilização de sistemas construtivos em aço, como o LSF, caracterizado pelo alto índice de industrialização, minimizando perdas e prazos na construção. Além disso, o Light Steel Framing é um processo produtivo 100% reciclável, reduzindo a quantidade de resíduos e mantendo o canteiro de obras limpo.

Seus fechamentos com materiais isolantes térmicos e acústicos oferecem uma performance melhor do que os de alvenaria convencional, reduzindo assim gastos futuros com ar condicionado. Obras realizadas em aço têm um impacto negativo menor em relação ao meio ambiente em termos de uso de energia, consumo de recursos naturais e problemas no canteiro de obras, como, geração de resíduos, poeira e poluição sonora (MATOS, 2017).

"O material economiza água, justamente no momento em que este recurso vem se tornando mais escasso. Estruturas em aço consomem apenas 6,3% do ciclo de vida total da energia de uma residência, o restante é utilizado na climatização e iluminação. Além disso, em uma casa de 200 metros², por exemplo, a estrutura em aço pode gerar apenas um metro cúbico de resíduos recicláveis durante a construção". (MATOS, 2017).

Nas obras em LSF, como o uso de areia, brita e outros materiais é restrito apenas a fundação, o canteiro de obras é limpo, e apresenta melhores condições de segurança aos trabalhadores e reduz o desperdício.

Tendo em vista que a indústria da construção civil é uma grande responsável pelos problemas ambientais, utilizar os recursos naturais de forma consciente é um dever de todos os profissionais da área, além disso, é indispensável para promover a qualidade de vidas das próximas gerações. É preciso termos consciência disso, diminuir o consumo e aumentar o reaproveitamento, adotando as tecnologias e os sistemas construtivos como medida de ecoeficiência e estratégia para o sucesso da empresa.

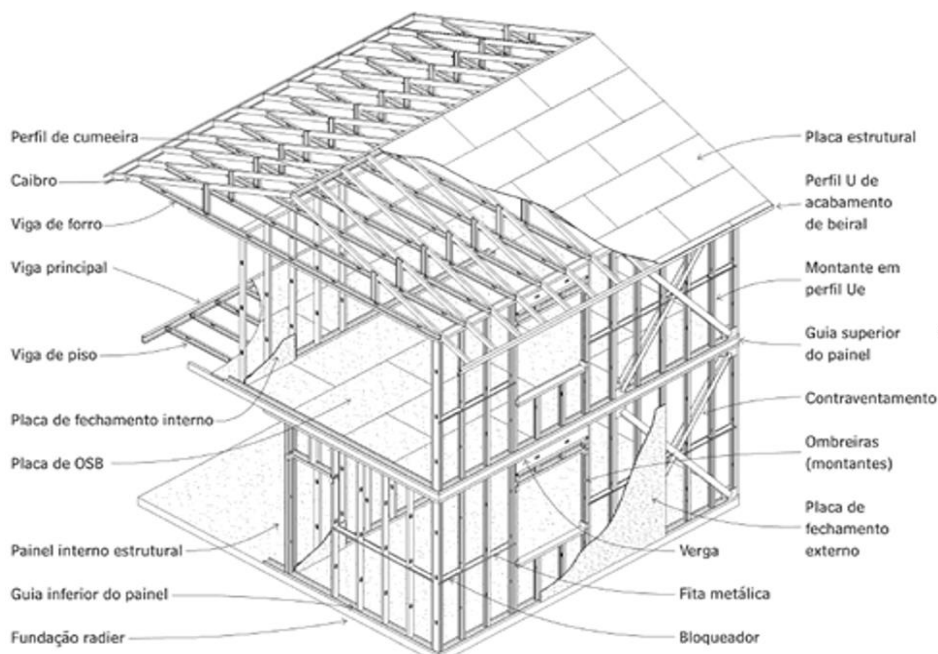
2.4 Sistema Construtivo Light Steel Frame

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012):

O Light Steel Framing (LSF), é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes. Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Assim, devido a essas características, o sistema Light Steel Framing também é conhecido por Sistema Autoportante de construção a seco. (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p.12).

Deste modo, o sistema não se resume apenas a estrutura, a qual seria composta por paredes, pisos e cobertura, mas também é formado por "subsistemas" que são as fundações, os fechamentos internos e externos, os isolamentos térmicos e acústicos e as instalações hidráulicas (FIG. 6) (ConsulSteel, 2002 *apud* Santiago; Freitas; Crasto, 2012, p. 12).

Figura 6 – Desenho esquemático de uma residência em LSF



Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 14.

Segundo Rodrigues e Caldas (2016):

Existem dois conceitos básicos relativos ao Sistema Light Steel Framing (LSF): Frame é o esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo constituído por componentes leves – os perfis formados a frio (PFF) e Framing é o processo pelo qual se unem e vinculam esses elementos. (RODRIGUES; CALDAS, 2016, p. 12).

De acordo com o Centro Brasileiro de Construção em Aço, este sistema, que já é comum em países desenvolvidos, conquista cada vez mais o seu lugar no mercado brasileiro. Sua estrutura formada por perfis leves de aço galvanizado, funcionam como suporte das cargas solicitantes para a construção, juntamente com outros elementos ligados entre si. (ARQUITETURA&AÇO, 2016, p. 3).

Matos (2017) afirma que: "A fabricação da estrutura é feita em paralelo às fundações, permitindo trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente". Com isso, e pelo fato da diminuição de formas de escoramento e de a construção não ser afetada pela chuva, a redução do tempo de obra é de até 40%.

A arquiteta Pomaro (CICHINELLI, 2017) opina que: "O light steel frame é uma das melhores alternativas para a construção civil. Ele se alinha com as necessidades desse século, atendendo prazos curtos com eficiência de produção e ainda reduzindo o impacto ambiental da obra".

A FIG. 7 mostra a estrutura em perfis de aço galvanizado, de uma residência construída com o sistema construtivo Light Steel Framing.

Figura 7 – Estrutura de residência Light Steel Framing



Fonte: FULL ESTRUTURAS, 2016.

2.4.1 Breve Histórico da Utilização do Aço na Construção Civil

A fim de atender a demanda por moradia nos Estados Unidos, quando ainda era colônia, no início do século XIX, surgiu o Wood Frame (FIG. 8), que se diferencia do Steel Frame por ser constituído de peças em madeira, já que era o material mais disponível na região. (ConsulSteel, 2002 apud Santiago; Freitas; Crasto, 2012, p. 12).

Figura 8 – Estrutura de residência em Wood Frame



Fonte: GUEDES, 2019.

Após a Segunda Guerra mundial, o aço se tornou um recurso abundante e com isso, empresas metalúrgicas evoluíram, possibilitando um avanço nas técnicas construtivas, substituindo a madeira por perfis em aço. O Japão foi o primeiro país a utilizar o sistema para reconstrução da nação, após os bombardeios lançados em Hiroshima e Nagasaki. Entretanto, o sistema construtivo só se espalhou na década de 90, motivados pelo aumento do preço e baixa da qualidade da madeira. Nesta época, também ocorreram grandes desastres naturais, e as construções em Wood frame não

resistiram, e conseqüentemente as empresas de seguros incentivaram o uso do Steel Frame, que possuía uma resistência maior a abalos sísmicos e furacões (Bateman, 1998 apud Santiago; Freitas; Crasto, 2012, p. 13).

Embora o LSF seja muito utilizado em países onde a construção civil é industrializada, no Brasil, essa técnica ainda é pouco significativa. Atualmente, através das pesquisas realizadas pela CBCA, é possível notar um pequeno aumento. Na pesquisa de 2018 foram constatadas 27 empresas fabricantes de perfis Light Steel Frame espalhadas em todo o Brasil. A evolução da produção de 2016 para 2017 foi de 15,7%. Desta forma, quase 75% dos fabricantes pesquisados mostram-se otimistas em 2018, esperando um crescimento em relação ao ano de 2017. (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, 2018).

De acordo com Lancellotti (2015, p.17) o principal motivo do LSF não ser muito utilizado no Brasil é a barreira cultural. Profissionais envolvidos resistem, por não terem conhecimento sobre o assunto se sentem inseguros, optando por métodos tradicionais. Dentre os outros obstáculos estão: falta de mão de obra especializada e de conhecimento técnico dos profissionais envolvidos, elevado preço dos componentes industrializados e forte barreira cultural no uso de novas tecnologias.

2.4.2 Etapas Construtivas

Para o desenvolvimento do trabalho, é de fundamental importância conhecer quais são as etapas e sequência construtivas de uma obra, para entender os processos cronológicos da modelagem BIM e os processos de orçamentação. Com isso, serão analisadas a seguir, cada etapa em ordem cronológica.

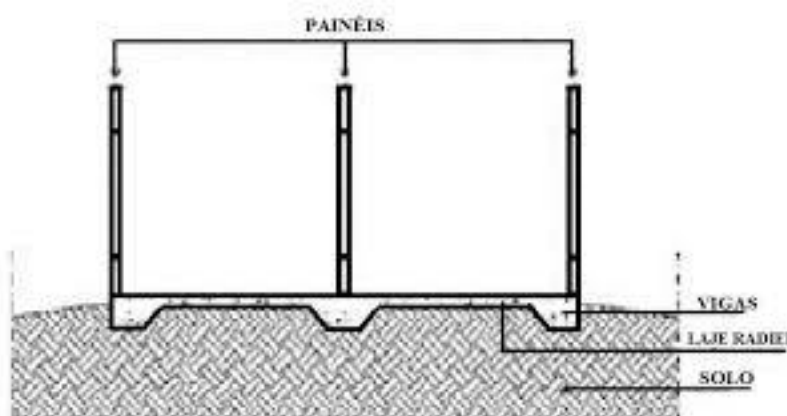
2.4.2.1 Fundações

A fundação é uma das partes mais importante de qualquer construção, nela são transmitidas as cargas da estrutura para o solo. Como o LSF é um sistema leve, as cargas solicitantes exigem menos da fundação, o que à tona mais econômica em relação aos outros edifícios, construídos de maneira convencional. Isso pode reduzir o custo das fundações e ainda tornar viável o uso de solos com baixa capacidade de carga (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 26).

As cargas são distribuídas uniformemente ao longo dos painéis estruturais, por isso, a fundação tem que ser contínua. As mais utilizadas são as fundações rasas do

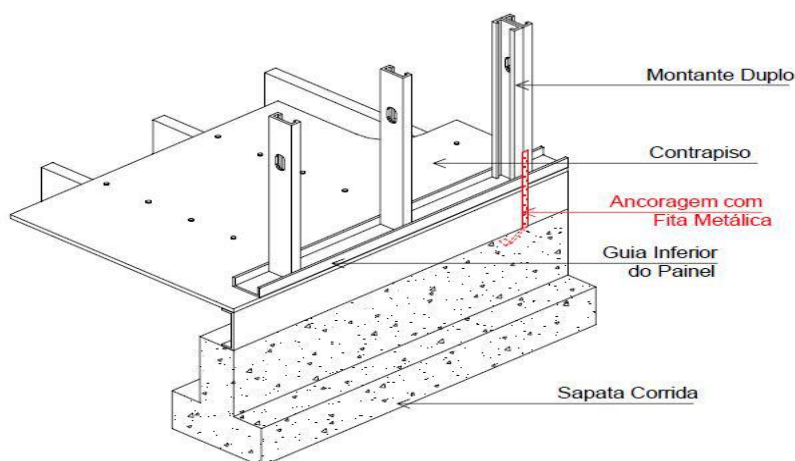
tipo Radier (FIG. 9), que funcionam como uma laje de concreto armado, e todos os esforços gerados pela estrutura são distribuídos de forma igual em toda área em contato com o solo e Sapata Corrida (FIG. 10), que transfere os esforços da estrutura por meio de uma base alargada. Entretanto, a escolha depende do tipo do solo, nível do lençol freático e outros fatores. (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 26).

Figura 9 – Corte esquemático de uma laje radier



Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 27.

Figura 10 – Corte detalhado- fundação sapata corrida



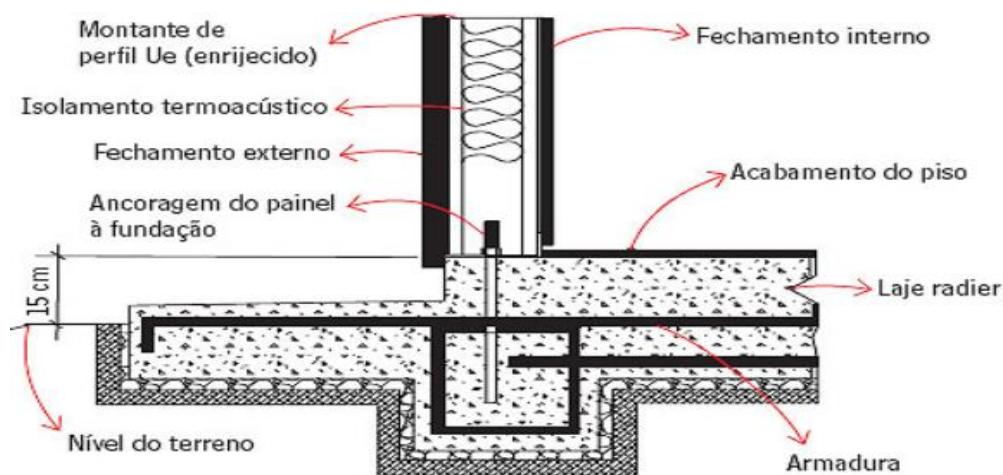
Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 27.

A fundação deve estar perfeitamente nivelada e em esquadro, permitindo a correta transmissão das ações da estrutura e maior precisão na montagem da estrutura e dos demais componentes. As fundações são executadas da forma convencional, e como qualquer fundação, requer uma boa impermeabilização a fim de evitar problemas futuros (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 27).

Após finalizar a fundação, é feito a ancoragem, responsável pela fixação dos painéis na fundação (FIG. 11), que impede o deslocamento indesejável. Ela deve ser

bem dimensionada e executada para evitar movimentos de tombamento e translação causados pelo vento. (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 27)

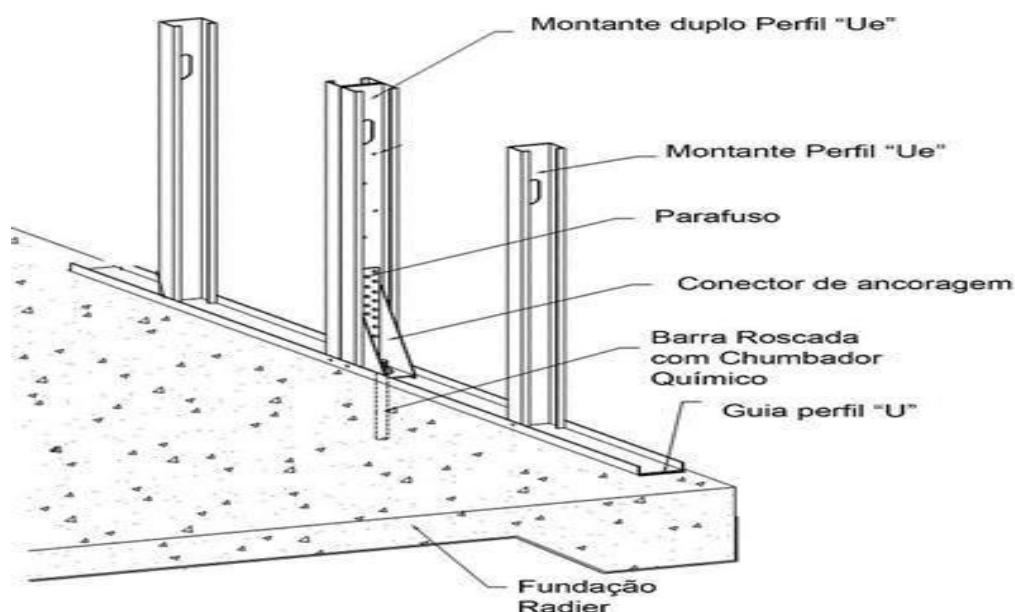
Figura 11 – Detalhe esquemático de ancoragem em uma laje radier



Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 28.

A ancoragem é definida de acordo com o tipo de fundação, condições climáticas, ocorrências de abalos sísmicos e sobretudo as cargas solicitadas pela estrutura. As mais utilizadas são a ancoragem química com barra roscada (FIG. 12), que se constitui de uma barra aparafusada e colada a fundação com uma resina epoxídica e a expansível com parabolts, e suas dimensões são definidos segundo cálculo estrutural. (ConsulSteel, 2002 apud Santiago; Freitas; Crasto, 2012, p. 28).

Figura 12 – Esquema geral de ancoragem química com barra roscada



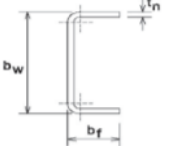
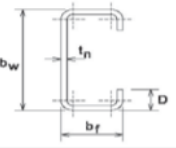
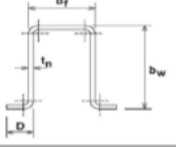
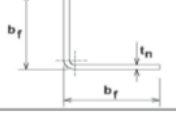
Fonte: Adaptado de SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 29.

2.4.2.2 Painéis

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 32): “Os painéis do sistema Light Steel Frame podem não só compor as paredes de uma edificação, como também funcionar como o sistema estrutural da mesma”. Ainda segundo eles, são responsáveis pelo suporte das cargas da edificação e quando não-estruturais, podem apenas funcionar como divisórias, tendo como função o fechamento e isolamento da mesma.

Para a execução dos painéis são utilizados perfis de aço leve galvanizado, formados a frio, especificados na ABNT NBR 15253:2014 (FIG. 13). Esses elementos metálicos utilizados são fabricados a partir de bobinas de aço de alta resistência e revestidos com zinco ou liga de alumínio-zinco (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 32).

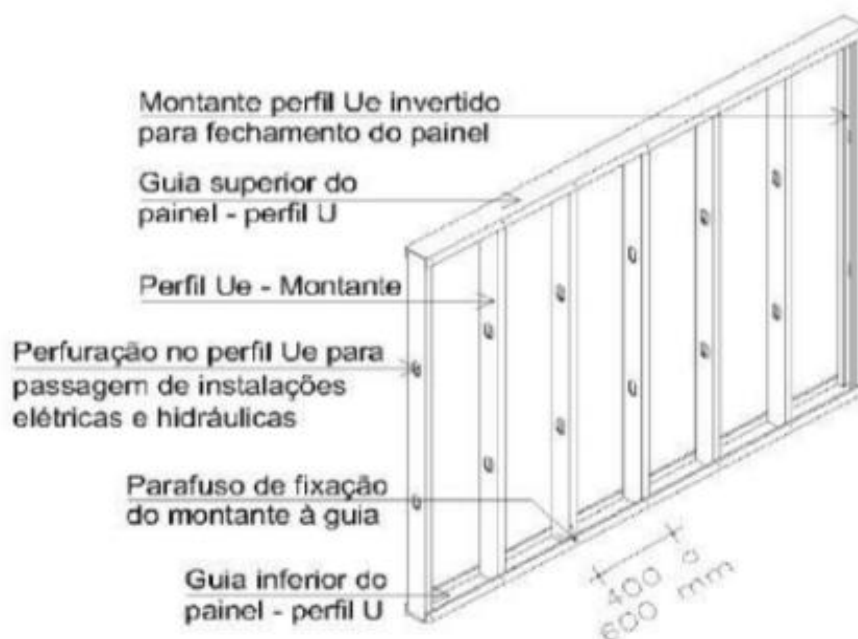
Figura 13 – Perfis Metálicos

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	U simples U $b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido Ue $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Cartola Cr $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais L $b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: NBR 15253:2014.

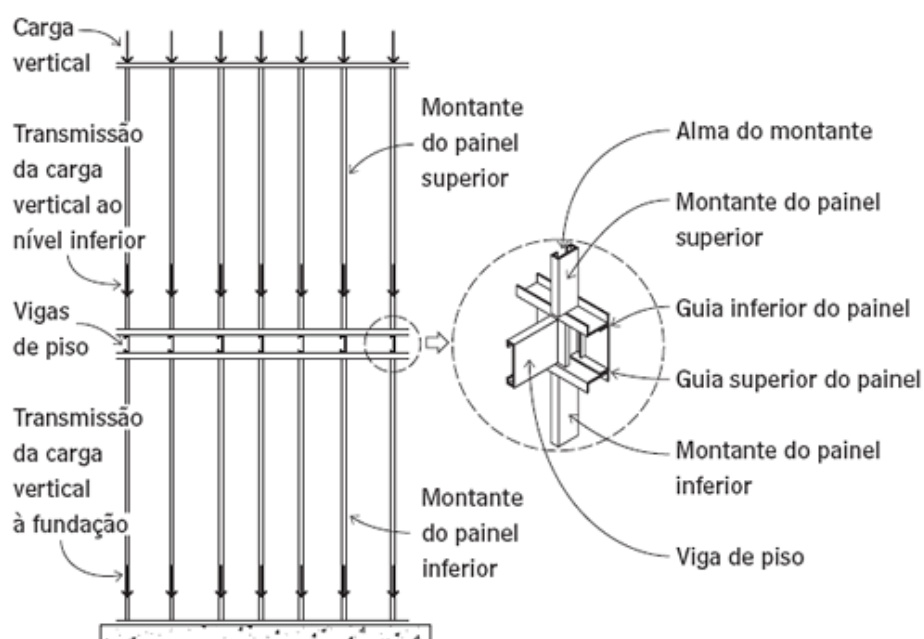
Os painéis estruturais ou auto-portantes são formados por perfis de seção Ue denominados montantes, dispostos na vertical e geralmente afastados de 400mm ou 600mm e por guias (perfis U) que fixam as extremidades dos montantes (FIG. 14). Sua função é transmitir a fundação os esforços das cargas verticais (pisos, telhados e cargas variáveis) (FIG. 15) e cargas horizontais provocadas por vento ou abalos sísmicos (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 32).

Figura 14 – Desenho esquemático de painel estrutural em LSF



Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 33.

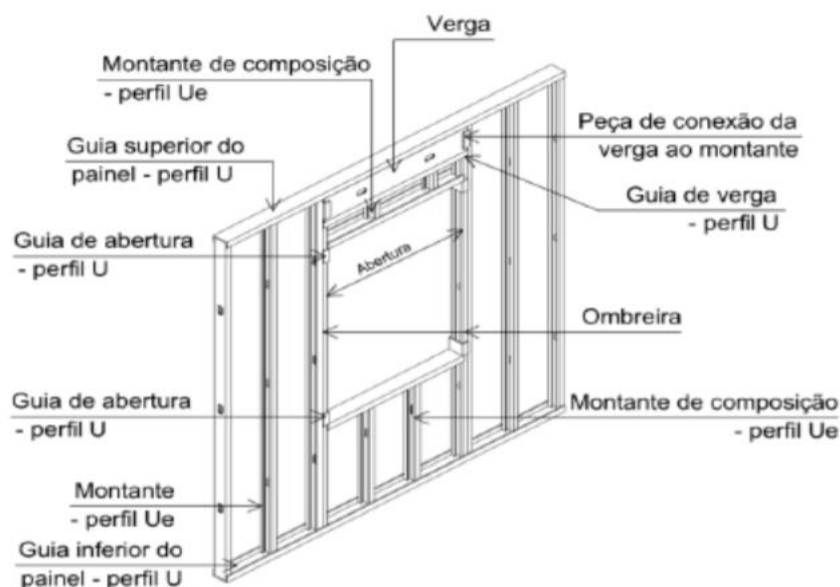
Figura 15 – Transmissão de carga vertical a fundação



Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 33.

Quando há aberturas de portas e janelas nos painéis estruturais, é preciso empregar elementos que redistribui as cargas dos montantes. Para isso, são instaladas vergas e ombreiras (FIG. 16).

Figura 16 – Desenho esquemático de painel estrutural com abertura para janela



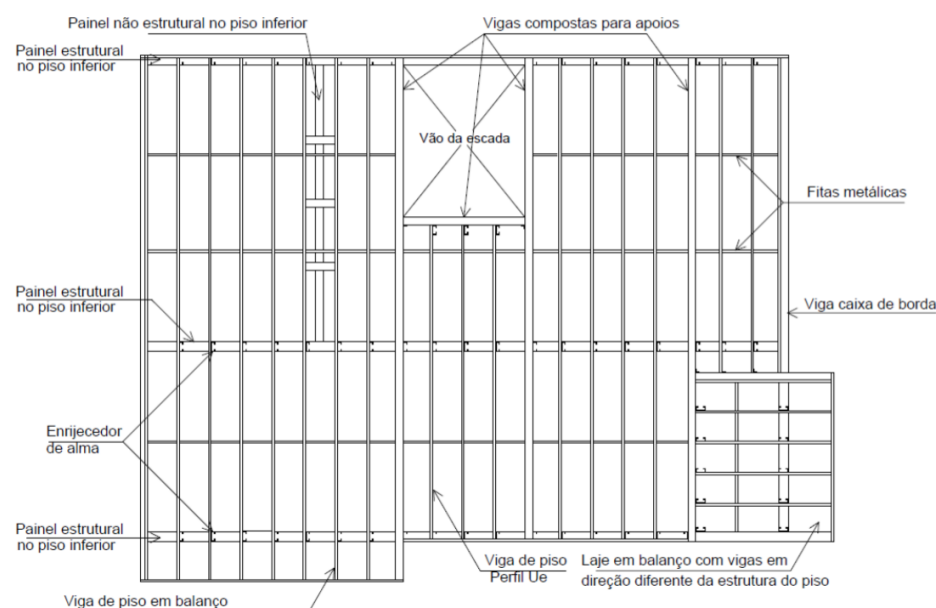
Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 38.

Os painéis não estruturais funcionam apenas como divisórias, para fechamento externo e interno e precisam suportar apenas o seu próprio peso. Na condição de divisória pode ser usado o sistema de gesso acartonado ou drywall, onde as dimensões dos montantes e das guias são menores em dimensão e espessura.

2.4.2.3 Lajes

Assim como os painéis, as lajes utilizam perfis galvanizados dispostos na horizontal, obedecendo à mesma modulação dos montantes (FIG. 17). São as vigas de piso, que desempenham a função de suporte ao contrapiso e transmitem as cargas (peso próprio da laje, pessoas, mobiliário, etc.) para os painéis, onde são apoiadas. Sequencialmente, os painéis estruturais são montados diretamente sobre a estrutura do piso, onde os montantes do painel superior façam contato direto com as vigas de piso para garantir a transmissão axial dos esforços entre os componentes da estrutura e evitar deformações relativas à falta de nivelamento ou exatidão dos elementos que formam o contrapiso (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 52).

Figura 17 – Planta de estrutura de piso em Light Steel Frame

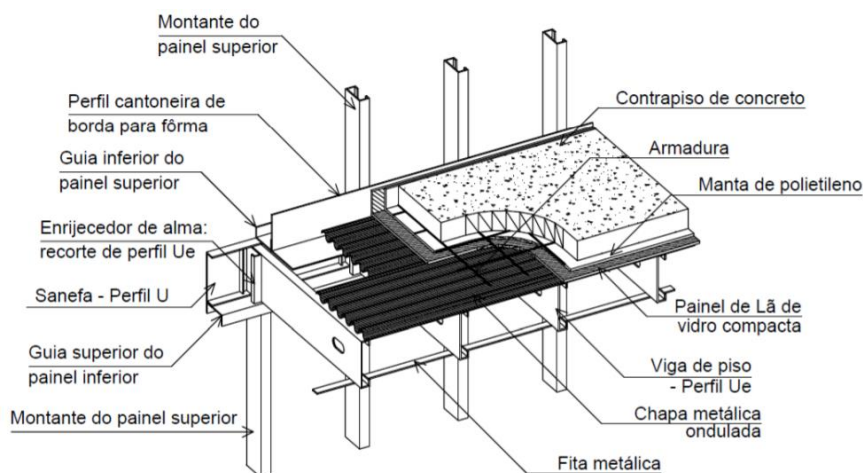


Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 56.

A laje é definida de acordo com o contrapiso e pode ser de dois tipos:

- Tipo úmida (FIG. 18) onde se utiliza uma chapa metálica ondulada aparafusada às vigas e preenchida com uma camada de 4 a 6 cm de concreto simples, que forma a superfície do contrapiso. O contrapiso é a base dos acabamentos, que podem ser laminados, cerâmicos, madeira, dentre outros. Para um melhor conforto acústico, são colocados um material isolante entre a forma de aço e o concreto, geralmente lã de vidro, protegida por um filme de polietileno, para impedir a umidade durante a concretagem.

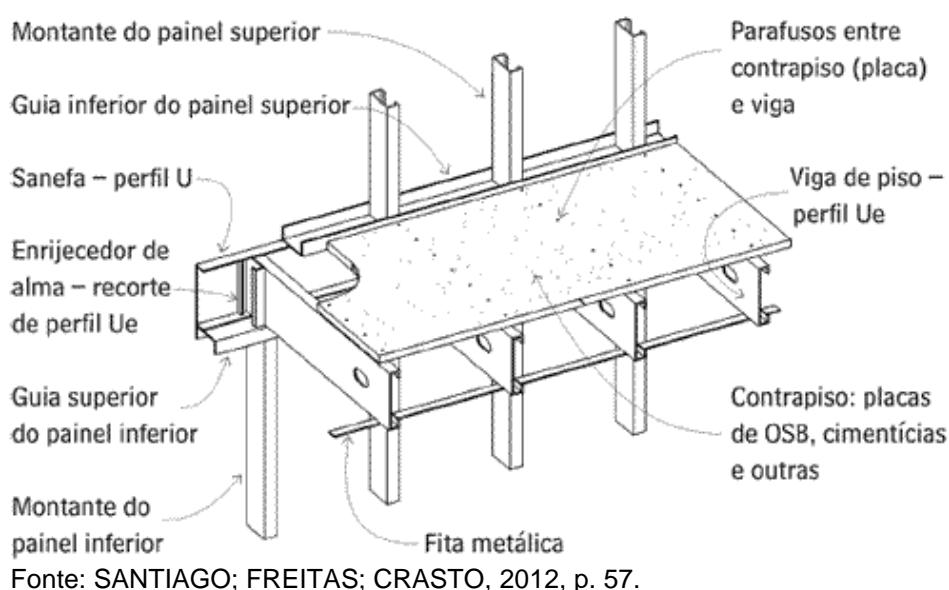
Figura 18 – Desenho esquemático laje úmida



Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p. 56.

- Tipo seca (FIG. 19), quando placas rígidas de OSB, cimentícias ou outras são aparafusadas à estrutura do piso. Para áreas molhadas, o uso da placa cimentícia é mais recomendado, já que ela é resistente a umidade. Para diminuir os ruídos, são colocados lã de vidro e uma manta de polietileno expandido entre a viga de piso e as placas. Esse tipo de laje possui a vantagem de ser mais leve, não utilizar água na obra e ser mais rápida.

Figura 19 – Desenho esquemático laje seca.

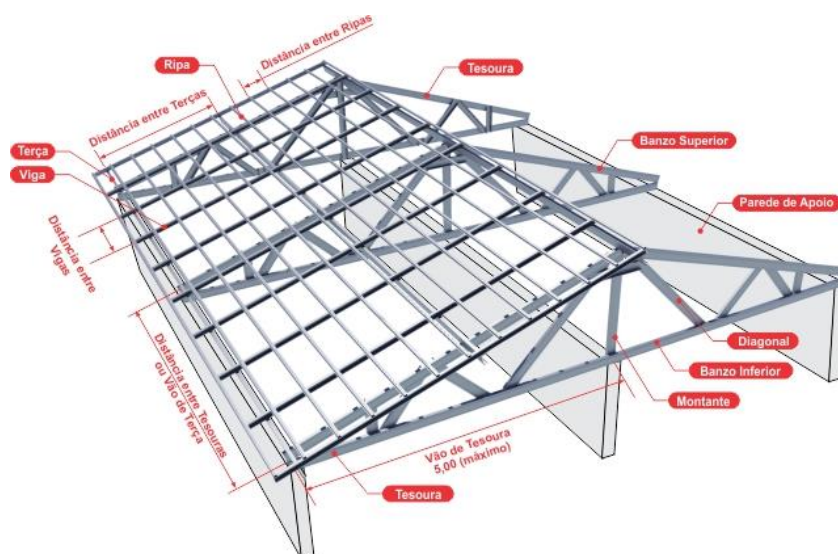


2.4.2.4 Cobertura

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 64) a versatilidade do Light Steel Framing possibilita construir coberturas de diferentes inclinações e águas. A escolha depende de vários fatores, incluindo tamanho do vão a cobrir, estética, preços e outros. Elas podem ser:

- Planas: São construídas da mesma maneira que as lajes úmidas, a diferença é que possui uma pequena inclinação para escoamento da água.
- Inclínadas: Assim como as coberturas tradicionais, utilizam vigas, terças, caibros e tesouras, porém, substituindo a madeira por aço (FIG. 20). Além de proteger, ela regula a temperatura do ambiente coberto, já que o ar entre a cobertura e o forro funciona como isolante térmico.

Figura 20 – Detalhamento esquemático cobertura inclinada



Fonte: ISOESTE METÁLICA, 2018.

É possível a aplicação de qualquer tipo de telha em coberturas de LSF, telha cerâmica, de fibrocimento, metálica, de concreto ou telha asfáltica (shingle), entre outras.

2.4.2.5 Fechamento Vertical

Segundo Santiago, Freitas e Crastro (2012, p. 79): “O sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes internas e externas da edificação. No sistema LSF, as paredes são compostas por perfis leves, dimensionadas para suportar as vedações de baixo peso próprio.”

Segundo a norma ISSO 62411 (1984), os requisitos básicos fundamentais dos fechamentos verticais para proporcionar satisfação as exigências dos usuários são: Segurança estrutural; Segurança ao fogo; Estanqueidade; Conforto térmico-acústico; Conforto visual; Adaptabilidade ao uso; Higiene; Durabilidade e Economia.

Os componentes de fechamento vertical mais utilizados, segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 79), são:

- Painéis OSB (*Oriented Strand Board*), feito de madeira, muito utilizado em acabamento interno e externo em paredes, forros, pisos e como substrato para a cobertura do telhado. Versátil e altamente durável, porém, não pode ser exposto a intempéries, necessitando de acabamento impermeável em áreas externas.

- Placas cimentícias, utilizadas tanto para fechamento externo quanto interno, geralmente em áreas molhadas, onde o gesso acartonado não pode ser utilizado. Apresenta boa resistência a impactos e a umidade.
- Gesso acartonado, utilizados para fechamento interno exclusivamente, possui excelente acabamento e praticidade.

A modulação estrutural do sistema, é pensada para otimizar a utilização das placas e chapas, para assim promover uma maior racionalização dos materiais, diminuindo o desperdício.

As ligações da estrutura e seus componentes são aparafusadas, e depende do local de montagem (canteiro de obras ou fábrica), custo, configuração do material, tipo e espessura dos materiais conectados, condições de carregamento, dentre outro. No Brasil, os parafusos mais comuns são os auto-atarraxantes e auto-perfurantes.

2.4.2.6 Isolantes termo acústicos

O isolamento termo acústico sempre foi de grande importância para a construção civil e no sistema LSF, as paredes, pisos e coberturas são preenchidas com placas ou mantas de lã de vidro ou de rocha (Fig. 21), garantindo maior conforto para o usuário e grande economia de energia com climatização ao longo da vida útil da edificação.

Figura 21 – Detalhe de isolamento de vedações em LSF



Fonte: MANUAL DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 2015, pag. 135.

2.4.3 Vantagens e desvantagens do Light Steel Framing

Assim como todo sistema construtivo, o LSF apresenta pontos positivos e pontos negativos e serão avaliados a seguir.

2.4.3.1 Vantagens

A partir das informações discutidas sobre o sistema construtivo Light Steel Framing, é possível destacar algumas vantagens da utilização.

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012), algumas vantagens deste sistema são:

- Sistema construtivo industrializado, composto por elementos produzidos com rigoroso controle de qualidade, resultando em peças mais resistentes e padronizadas;
- A utilização de perfis leves de aço resulta em uma estrutura também mais leve diminuindo custos com fundação;
- A estrutura apresenta grande durabilidade devido aos perfis receberem tratamento contra corrosão e proteção contra umidade através das placas de fechamento e membrana hidrófuga;
- Rapidez de execução, uma vez que os componentes utilizados são industrializados e leves facilitando sua movimentação e montagem, além disso, são fixados por parafusos de forma rápida e segura e, portanto, o serviço a ser executado pode ser resumido à montagem dos componentes;
- Melhor desempenho térmico e acústico devido aos materiais de fechamento e a possibilidade de utilização de camadas de isolantes como lã de vidro nos painéis;
- Racionalização do sistema gerando menor desperdício devido à aplicação de sistemas industrializados tornando o canteiro de obras mais limpo e organizado;
- Devido ao baixo peso, fácil montagem e compatibilização com outros materiais, o sistema pode ser utilizado em ampliações de construções já finalizadas, compor paredes de vedação em estruturas de outra natureza ou ainda uma solução para fechamento de fachadas;
- Liberdade arquitetônica, permitindo as mais variadas formas e elementos em projeto, se devidamente dimensionadas;

- O sistema é sustentável, a estrutura é formada por aço que é um material reciclável, além disso, pode ser desmontada e reutilizada sem gerar muito desperdício. A construção também agride menos o meio ambiente, podendo ser considerada “seca” uma vez que dispensa a utilização de água na construção e reduz o consumo de madeira;
- Manutenção e instalações elétricas e hidrossanitárias facilitada devido ao método construtivo das paredes.

2.4.3.2 Desvantagens

- Pouco expressivo no emprego de construções residenciais se comparado ao potencial industrial do Brasil (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012);
- Necessita de mão de obra qualificada devido ao processo de execução mais detalhado e com maior precisão (CAMPOS, 2014);
- Baixa aceitabilidade nos consumidores, principalmente devido as paredes "ocas" (CBCA, 2003)
- O LSF ainda pode ser mais caro quando comparado aos outros sistemas construtivos, fator que depende da disponibilidade de fornecedores dos materiais empregados e de mão de obra especializada no local (CAMPOS, 2014).

2.5 Normas e legislações pertinentes

As normas e legislações são regulamentos, diretrizes, características ou orientações, fornecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou Ministérios competentes, para a padronização, adequação e compatibilização de documentos ou procedimentos. A padronização através do cumprimento das normas técnicas resulta em uma melhor compreensão, já que toda a documentação é constituída por um mesmo padrão.

2.5.1 Normas técnicas aplicadas ao BIM

A ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas, juntamente com a ABDI–Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, lançaram em 2017, um catálogo de normas aplicáveis ao BIM, a fim de difundir esta tecnologia no Brasil.

2.5.1.1 ABNT NBR 15965-1:2011, Sistema de classificação da informação da construção – Parte 1: Terminologia e Estrutura

A NBR 15965-1 (2011, p. 01), define a terminologia, os princípios do sistema de classificação e os grupos de classificação para o planejamento, projeto, gerenciamento, obra, operação e manutenção de empreendimentos da construção civil.

Com as terminologias e parâmetros unificados, facilita a comunicação entre os profissionais da construção civil e conseqüentemente facilita a interoperabilidade entre os diversos sistemas de dados. Além disso, há um aumento da produtividade e qualidade e serviços listados pelo sistema BIM. Há também uma maior facilidade na gestão e operação da logística da construção. (ABNT NBR 15965-1, 2011, p. 03).

De nada adianta cada empresa possuir sua própria normalização, por melhor que seja. Ela tem que ser ampla, pois o primeiro passo para um bom fluxo de trabalho é a normalização das informações que são trocadas. (MARITAN, 2015).

No QUADRO 2, estão representadas as características dos objetos, processos, recursos, resultados de construção, unidade e espaço da construção, informação e suas seguintes classificações.

Quadro 2 – Estrutura de Classes

IDENTIFICADOR DE GRUPO	TEMA	ASSUNTO	IDENTIFICADOR DE ASSUNTO	CLASSIFICAÇÃO
0	CARACTERÍSTICAS DOS OBJETOS	MATERIAIS	M	0M
		PROPRIEDADES	P	0P
1	PROCESSOS	FASES	F	1F
		SERVIÇOS	S	1S
		DISCIPLINAS	D	1D
2	RECURSOS	FUNÇÕES	N	2N
		EQUIPAMENTOS	Q	2Q
		COMPONENTES	C	2C
3	RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO	ELEMENTOS	E	3E
		CONSTRUÇÃO	R	3R
4	UNIDADES E ESPAÇOS DA CONSTRUÇÃO	UNIDADES	U	4U
		ESPAÇOS	A	4A
5	INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	INFORMAÇÃO	I	5I

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15965-1, 2011, p. 05

As normas seguintes, juntamente com esta norma, servirão para identificar os objetos de construção, conforme a FIG. 22 a seguir:

Figura 22 – Como identificamos os objetos de construção?



Fonte: MARITAN, 2015.

2.5.1.2 ABNT NBR 15965-2:2012, Sistema de classificação da informação da construção – Parte 2: Características dos objetos da construção

A NBR 15965-2 (2012), tem por objetivo apresentar a estrutura de classificação que define as características dos objetos da construção, servindo para nortear métodos de avaliação, escopos de trabalho, padrões técnicos e outros parâmetros que envolvam a modelagem da informação da construção.

Esta parte da ABNT NBR 15965-2 (2012), apresenta as classificações do Grupo Zero da NBR 15965-1 (2011), que trata das características dos objetos da construção:

- Classificação 0M – Materiais da construção.
- Classificação 0P – Propriedades da construção.

2.5.1.3 ABNT NBR 15965-3:2014, Sistema de classificação da informação da construção – Parte 3: Processos da construção

A NBR 15965-3 (2014), apresenta as classificações do Grupo Um, da NBR 15965-1 (2011), que trata dos processos da construção, apresentados em três tabelas, conforme a seguir:

- Classificação 1F – Fases.
- Classificação 1S – Serviços.
- Classificação 1D – Disciplina.

2.5.1.4 ABNT NBR 15965-6:2015, Sistema de classificação da informação da construção – Parte 6: Informação da construção

Esta parte da NBR 15965-6 (2015), apresenta a estrutura de classificação que define as informações (ou dados referenciados e utilizados durante o processo de criação e manutenção de um objeto construído), classificado como Grupo Cinco, da NBR 15965-1 (2011), apresentado em uma tabela, conforme a seguir:

- Classificação 5I – Informação.

2.5.2 Normas técnicas aplicadas ao Steel Framing

Segundo o CBCA, no Brasil ainda não existem normas técnicas específicas para o sistema Light Steel Frame, apenas normas para os componentes usados no sistema, mas em 2012, fizeram um manual de construção em aço, com o objetivo de difundir o sistema no mundo, baseado nas seguintes normas:

2.5.2.1 ABNT NBR 14762, Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento

A NBR 14762 (2010), estabelece os princípios gerais para o dimensionamento de perfis estruturais de aço formados a frio, constituídos por chapas ou tiras de aço-carbono ou aço de baixa liga, com espessura máxima igual a 8 mm, conectados por parafusos ou soldas e destinados a estruturas de edifícios. Recomenda-se o uso de aços com qualificação estrutural e que possuam propriedades mecânicas adequadas para receber o trabalho a frio. O aço deve apresentar a relação entre a resistência à ruptura (f_u) e ao escoamento (f_y), f_u/f_y maior ou igual a 1,08.

Na ABNT NBR 14762 (2010), são previstos os seguintes métodos para o dimensionamento de barras:

- Método da largura efetiva (MLE): em que a flambagem local é considerada por meio de propriedades geométricas efetivas (reduzidas) da seção transversal das barras, oriundas do cálculo das larguras efetivas dos elementos totalmente ou parcialmente comprimidos. Deve-se também considerar a flambagem

distorcional para barras submetidas à compressão e para barras submetidas à flexão;

- Método da seção efetiva (MSE): em que a flambagem local é considerada por meio de propriedades geométricas efetivas (reduzidas) da seção transversal completa das barras, calculadas diretamente para barras submetidas à compressão e para barras submetidas à flexão. Deve-se também considerar a flambagem distorcional para barras submetidas à compressão e para barras submetidas à flexão;
- Método da resistência direta (MRD): com base nas propriedades geométricas da seção bruta e em análise geral de estabilidade clástica que permita identificar, para o caso em análise, todos os modos de flambagem e seus respectivos esforços críticos. Esse método pode ser empregado como alternativa para cálculo da força axial de compressão resistente de cálculo, para cálculo do momento fletor resistente de cálculo e para cálculo dos deslocamentos.

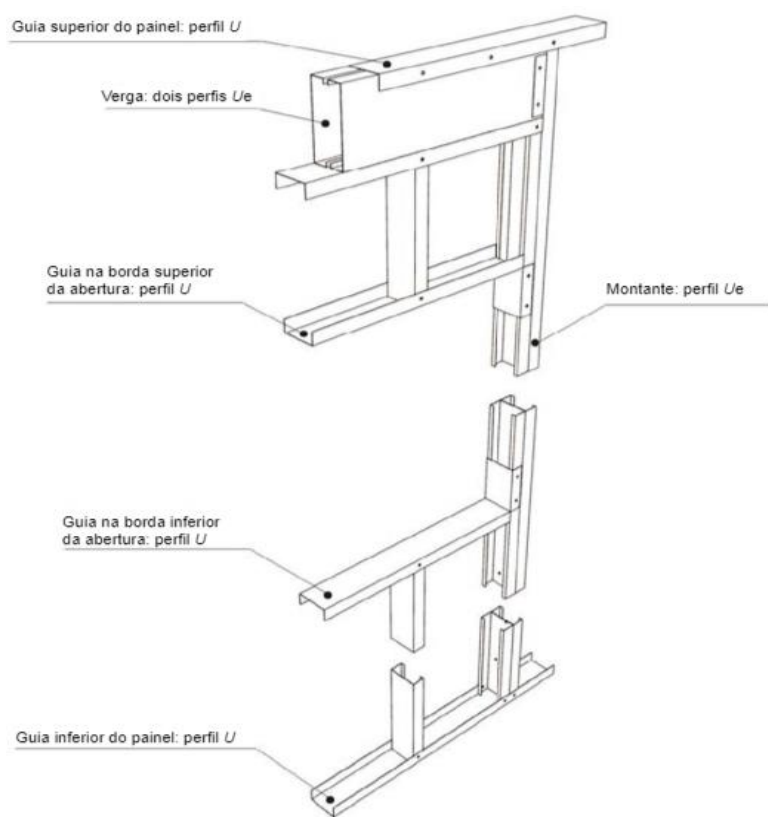
A ABNT NBR 14762 (2010), recomenda o uso de parafusos de aço com qualificação estrutural comuns ou de alta resistência. A utilização de parafusos de aço sem qualificação estrutural é tolerada desde que não seja adotado no projeto valor superior a 300 MPa para a resistência à ruptura do parafuso na tração.

Os parafusos comuns são feitos de aço de baixo teor de carbono e podem possuir especificação ASTM A307 ou ISO 898-1 Classe 4.6. Os parafusos de alta resistência são fabricados com aço de alta resistência mecânica tratados termicamente e podem ter especificação ASTM A325 ou ISO 4016 Classe 8.8.

2.5.2.2 ABNT NBR 15253, Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos Gerais.

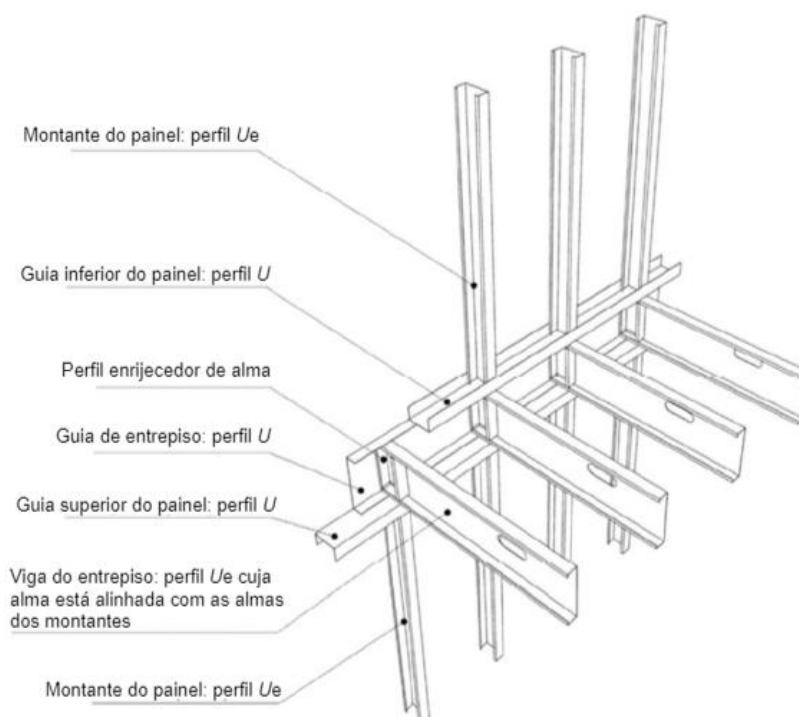
A NBR 15253 (2014), estabelece os requisitos gerais e métodos de ensaios para os perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados utilizados em edificações e destinados à execução de paredes com função estrutural (FIG. 23), estruturas de entresijos (FIG. 24), estruturas de telhados (FIG. 25) e de fachadas das edificações (Light Steel Framing).

Figura 23 – Componentes de painel de parede utilizando perfis U e Ue



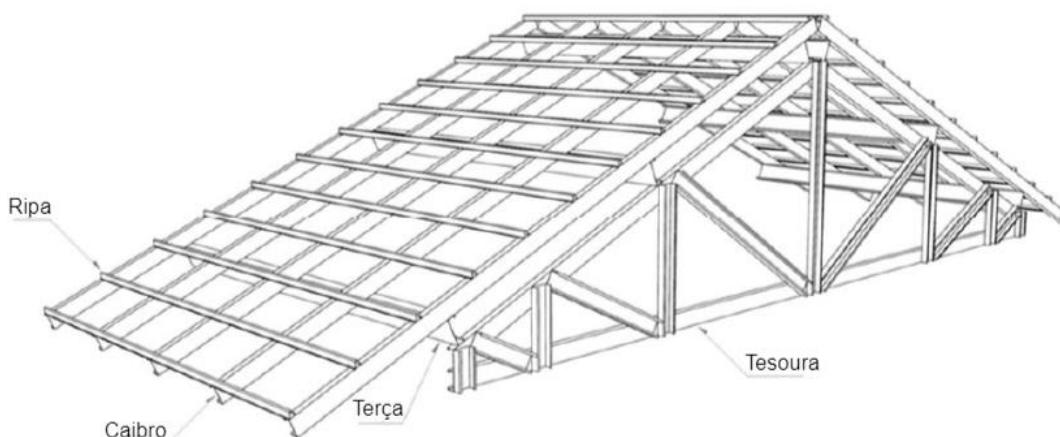
Fonte: ABNT NBR 15253, 2014.

Figura 24 – Componentes de um painel de entrepiso



Fonte: ABNT NBR 15253, 2014.

Figura 25 – Componentes de uma estrutura de cobertura



Fonte: ABNT NBR 15253, 2014.

Para a fabricação dos perfis estruturais formados a frio, devem ser empregadas bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente, conforme ABNT NBR 7008-1, ABNT NBR 7008-3 e ABNT NBR 15578. (NBR 15253, 2014).

As dimensões, massa e propriedades geométricas dos perfis de séries comerciais mais utilizados no sistema LSF, com até dois pavimentos, são apresentadas nas TAB. 1 e TAB. 2, da ABNT NBR 15253 (2014) a seguir:

Tabela 1 – Perfil U simples – Dimensões, massa e propriedades geométricas

Perfil <i>U</i>	Dimensões		Eixo x										Eixo y				
	<i>m</i> kg/m	<i>A</i> cm ²	<i>b_w</i> mm	<i>b_f</i> mm	<i>t_n</i> mm	<i>r_i</i> mm	<i>I_x</i> cm ⁴	<i>W_x</i> cm ³	<i>r_x</i> cm	<i>x_g</i> cm	<i>x_o</i> cm	<i>I_y</i> cm ⁴	<i>W_y</i> cm ³	<i>r_y</i> cm	<i>I_t</i> cm ⁴	<i>C_w</i> cm ⁶	<i>r_o</i> cm
92 x 39 x 0,80	1,05	1,34	92	39	0,80	0,80	17,15	3,73	3,58	0,93	2,28	2,00	2,16	1,22	0,0029	29,46	4,41
92 x 39 x 0,95	1,24	1,59	92	39	0,95	0,95	20,08	4,37	3,56	0,94	2,27	2,36	2,53	1,22	0,0048	34,67	4,40
92 x 39 x 1,25	1,63	2,07	92	39	1,25	1,25	25,70	5,59	3,52	0,95	2,26	3,07	3,24	1,22	0,0108	44,80	4,36
142 x 39 x 0,80	1,37	1,74	142	39	0,80	0,80	47,80	6,73	5,24	0,73	1,88	2,25	3,11	1,14	0,0037	81,65	5,69
142 x 39 x 0,95	1,62	2,06	142	39	0,95	0,95	56,12	7,91	5,22	0,73	1,88	2,65	3,63	1,13	0,0062	96,22	5,66
142 x 39 x 1,25	2,12	2,70	142	39	1,25	1,25	72,19	10,17	5,17	0,74	1,87	3,45	4,64	1,13	0,0141	124,67	5,62
202 x 39 x 0,80	1,74	2,22	202	39	0,80	0,80	113,36	11,23	7,15	0,58	1,57	2,42	4,21	1,05	0,0047	185,84	7,39
202 x 39 x 0,95	2,06	2,63	202	39	0,95	0,95	133,36	13,21	7,12	0,58	1,57	2,86	4,92	1,04	0,0079	219,15	7,37
202 x 39 x 1,25	2,71	3,45	202	39	1,25	1,25	172,21	17,05	7,07	0,60	1,56	3,72	5,26	1,04	0,0180	284,37	7,31
92 x 40 x 0,80	1,06	1,35	92	40	0,80	0,80	17,48	3,80	3,59	0,97	2,36	2,15	2,23	1,26	0,0029	31,54	4,48
92 x 40 x 0,95	1,26	1,60	92	40	0,95	0,95	20,48	4,45	3,57	0,97	2,35	2,53	2,61	1,26	0,0048	37,13	4,46
92 x 40 x 1,25	1,65	2,10	92	40	1,25	1,25	26,22	5,70	3,53	0,99	2,35	3,29	3,34	1,25	0,0109	47,99	4,42
142 x 40 x 0,80	1,38	1,75	142	40	0,80	0,80	48,59	6,85	5,26	0,75	1,96	2,41	3,20	1,17	0,0037	87,42	5,74
142 x 40 x 0,95	1,63	2,08	142	40	0,95	0,95	57,07	8,04	5,24	0,76	1,95	2,85	3,75	1,17	0,0063	103,03	5,71
142 x 40 x 1,25	2,14	2,72	142	40	1,25	1,25	73,43	10,35	5,19	0,77	1,95	3,70	4,79	1,17	0,0142	133,54	5,67
202 x 40 x 0,80	1,75	2,23	202	40	0,80	0,80	114,98	11,39	7,17	0,60	1,63	2,60	4,34	1,08	0,0048	199,06	7,43
202 x 40 x 0,95	2,08	2,65	202	40	0,95	0,95	135,28	13,40	7,15	0,61	1,63	3,08	5,08	1,08	0,0080	234,78	7,41
202 x 40 x 1,25	2,73	3,47	202	40	1,25	1,25	174,73	17,30	7,09	0,62	1,62	4,00	5,47	1,07	0,0181	304,73	7,35

NOTA Espessura do revestimento metálico considerada no cálculo: $t_f = 0,036$ mm.

Fonte: ABNT NBR 15253, 2014.

Tabela 2 – Perfil Ue simples – Dimensões, massa e propriedades geométricas

Perfil Ue	Dimensões		Eixo x											Eixo y					
	m kg/m	A cm ²	b _w mm	b _f mm	D mm	t _n mm	t mm	r _i mm	I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	x _g cm	x _c cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	I _t cm ⁴	C _w cm ⁶	r _s cm
90 x 39 x 12 x 0,80	1,12	1,43	90	39	12	0,80	0,764	0,80	18,57	4,13	3,61	1,27	3,12	3,14	1,20	1,48	0,0028	56,32	4,99
90 x 39 x 12 x 0,95	1,33	1,70	90	39	12	0,95	0,914	0,95	21,99	4,89	3,60	1,27	3,10	3,70	1,41	1,48	0,0047	66,24	4,97
90 x 39 x 12 x 1,25	1,75	2,23	90	39	12	1,25	1,214	1,25	28,61	6,36	3,58	1,27	3,06	4,75	1,81	1,46	0,0110	85,03	4,93
140 x 39 x 12 x 0,80	1,42	1,81	140	39	12	0,80	0,764	0,80	52,13	7,45	5,37	1,01	2,62	3,60	1,25	1,41	0,0035	143,35	6,14
140 x 39 x 12 x 0,95	1,69	2,16	140	39	12	0,95	0,914	0,95	61,85	8,84	5,36	1,01	2,60	4,24	1,47	1,40	0,0060	168,96	6,12
140 x 39 x 12 x 1,25	2,23	2,84	140	39	12	1,25	1,214	1,25	80,80	11,54	5,33	1,01	2,57	5,46	1,89	1,39	0,0139	217,78	6,08
200 x 39 x 12 x 0,80	1,78	2,27	200	39	12	0,80	0,764	0,80	122,82	12,28	7,36	0,82	2,21	3,95	1,28	1,32	0,0044	316,03	7,80
200 x 39 x 12 x 0,95	2,12	2,70	200	39	12	0,95	0,914	0,95	145,93	14,59	7,35	0,82	2,20	4,65	1,51	1,31	0,0075	372,88	7,78
200 x 39 x 12 x 1,25	2,80	3,57	200	39	12	1,25	1,214	1,25	191,17	19,12	7,32	0,82	2,17	5,98	1,94	1,29	0,0175	481,68	7,74
90 x 40 x 12 x 0,80	1,13	1,44	90	40	12	0,80	0,764	0,80	18,88	4,19	3,62	1,31	3,21	3,30	1,24	1,52	0,0028	59,70	5,07
90 x 40 x 12 x 0,95	1,35	1,72	90	40	12	0,95	0,914	0,95	22,35	4,97	3,61	1,31	3,19	3,93	1,46	1,51	0,0048	70,23	5,05
90 x 40 x 12 x 1,25	1,77	2,26	90	40	12	1,25	1,214	1,25	29,09	6,46	3,59	1,31	3,15	5,05	1,88	1,50	0,0111	90,19	5,01
140 x 40 x 12 x 0,80	1,43	1,83	140	40	12	0,80	0,764	0,80	52,87	7,55	5,38	1,05	2,70	3,83	1,30	1,45	0,0035	151,95	6,19
140 x 40 x 12 x 0,95	1,71	2,17	140	40	12	0,95	0,914	0,95	62,73	8,96	5,37	1,05	2,68	4,51	1,53	1,44	0,0060	179,14	6,17
140 x 40 x 12 x 1,25	2,25	2,86	140	40	12	1,25	1,214	1,25	81,97	11,71	5,35	1,05	2,65	5,80	1,96	1,42	0,0141	231,02	6,14
200 x 40 x 12 x 0,80	1,79	2,28	200	40	12	0,80	0,764	0,80	124,33	12,43	7,38	0,84	2,29	4,20	1,33	1,36	0,0044	335,08	7,84
200 x 40 x 12 x 0,95	2,14	2,72	200	40	12	0,95	0,914	0,95	147,74	14,77	7,37	0,85	2,27	4,95	1,57	1,35	0,0076	395,48	7,82
200 x 40 x 12 x 1,25	2,82	3,59	200	40	12	1,25	1,214	1,25	193,57	19,36	7,34	0,85	2,24	6,36	2,02	1,33	0,0176	511,10	7,79

NOTA Espessura do revestimento metálico considerada no cálculo: $t_1 = 0,035$ mm.

Fonte: ABNT NBR 15253, 2014

2.5.2.3 ABNT NBR 15498, Placa Plana Cimentícia sem Amianto - Requisitos e Métodos de Ensaio

A NBR 15498 (2007), divide as placas cimentícias em duas classes, classe A e classe B. A classe A, são indicadas para aplicações externas sujeitas à ação direta do sol, da chuva, calor e umidade e a classe B, são adequadas para usos em áreas secas internas e externas, que estejam sob proteção da ação direta de intempéries.

Segundo Nakamura (2012), são oferecidos no mercado, chapas com variação de espessuras entre 6 mm e 16 mm. A escolha correta varia em função do tipo e particularidade da aplicação. Para fechamento de paredes, a recomendação é apostar em chapas mais espessas de, pelo menos 10 mm. Se a chapa receber revestimento, é importante observar as características de absorção de água, variação dimensional em razão da umidade e efeito da temperatura.

Os produtos se distinguem, ainda, por sua forma de fabricação. Os mais utilizados são os produzidos a partir de cimento reforçado com fios sintéticos (CRFS); com agregados e fibras de vidro resistentes a álcalis dispersos na matriz (GRFC); e com placas reforçadas com telas de fibra de vidro nas superfícies. (NAKAMURA, 2012).

A TAB. 3, contém todas as características das placas cimentícias da Brasilit, dimensionadas de acordo com a NBR 15498.

Tabela 3 – Dimensões e aplicação de painéis cimentícios

Espessura	Comprimento nominal	Comprimento real	Largura nominal	Largura real	Peso da Placa	Peso por m ²	Aplicações
6 mm	2000 mm	1995 mm**	1200 mm	1195 mm**	24,4 kg	10,2 kg	Divisórias leves, forros e dutos de ar-condicionado.
	2400 mm	2395 mm**	1200 mm	1195 mm**	29,4 kg	10,2 kg	
	3000 mm	2995 mm**	1200 mm	1195 mm**	36,7 kg	10,2 kg	
8 mm*	2000 mm	1995 mm**	1200 mm	1195 mm**	32,6 kg	13,6 kg	Paredes internas em áreas secas e úmidas, revestimentos de paredes comuns ou em subsolos.
	2400 mm	2395 mm**	1200 mm	1195 mm**	39,2 kg	13,6 kg	
	3000 mm	2995 mm**	1200 mm	1195 mm**	49,0 kg	13,6 kg	
10 mm*	2000 mm	1995 mm**	1200 mm	1195 mm**	40,8 kg	17,0 kg	Utilizadas para áreas secas e úmidas, internas e externas. Ideais no fechamento externo em Sistema Steel ou Wood Framing e isolamentos termo-acústicos.
	2400 mm	2395 mm**	1200 mm	1195 mm**	49,0 kg	17,0 kg	
	3000 mm	2995 mm**	1200 mm	1195 mm**	61,2 kg	17,0 kg	
12 mm*	2400 mm	2395 mm**	1200 mm	1195 mm**	58,8 kg	20,4 kg	Para uso interno na compatibilização com o Drywall ou em fechamentos internos ou externos que necessitem de maior espessura por questões estéticas ou físicas específicas.
	3000 mm	2995 mm**	1200 mm	1195 mm**	73,5 kg	20,4 kg	

Fonte: BRASILIT, 2019.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O projeto contempla a metodologia BIM, a fim de solucionar os problemas de planejamento de obras e aprimorar o tempo gasto com projetos e orçamentação, impactando os escritórios de arquitetura e engenharia de Pimenta-MG e região, a partir do estudo de uma residência, que será implantada na cidade.

A proposta buscou proporcionar conhecimento aos profissionais para que se interessem a se capacitarem em BIM e tenham assim, uma empresa diferenciada, com redução de erros na obra, diminuição dos prazos de entrega de projeto, orçamentos rápidos e precisos e o principal, diminuição do desperdício de materiais, contribuindo com o meio ambiente.

A intenção do estudo foi superar as barreiras e alavancar o uso do BIM na orçamentação, auxiliando na decisão dos profissionais em investir no treinamento para manuseio desse tipo de tecnologia. Apenas por meio de estudo e treinamento é possível perceber as vantagens que a implementação do BIM pode trazer aos profissionais da construção civil.

4 LEITURAS DE OBRAS ANÁLOGAS

Existem poucos estudos de caso sobre a associação do BIM com a orçamentação, pontuando a necessidade de se chamar a atenção dos profissionais que realizam o levantamento de quantitativo e orçamentistas, sobre o uso do BIM em suas atividades. Dessa forma, esses profissionais podem estar competitivamente preparados para o mercado.

As seguintes obras análogas, servirão de inspiração para o desenvolvimento do projeto proposto.

4.1 Estudo de caso: o BIM ajuda as escolas secundárias a cumprir o orçamento

A Agência de Financiamento da Educação (EFA), em parceria com a contratante Interserve Kajima, organizou um consórcio, num valor aproximado de até 150 milhões de libras, para a construção de sete escolas secundárias, localizadas em Hertfordshire, Luton e Reading. É o primeiro lote de escolas financiadas pelo novo modelo de financiamento privado do governo. (RAVENSROFT, 2017).

O projeto iniciou-se no ano de 2013, foi finalizado em 2017 e conta com uma 65.000 m². O orçamento inclui a construção e manutenção de design. (KAJIMA, 2017).

Projetadas pelos escritórios Maber Associates e Rock Townsend Architects (FIG. 26), a ideia era fornecer um ambiente multifuncional, que acomodasse um grande número de alunos, subdividido em áreas menores. (RAVENSROFT, 2017).

Figura 26 – Reading Girls' School



Fonte: KAJIMA, 2017.

A fim de reduzir os conflitos e assim, reduzir os custos de construção, para manter o valor reservado para o orçamento, foi utilizado o sistema BIM para modelagem (FIG. 27). Os empreiteiros, Interserve e Kajima, também utilizaram o modelo para planejamento e logística de construção. (RAVENSCROFT, 2017).

Figura 27 – Academia Westfield



Fonte: RAVENSCROFT, 2017.

Com a ferramenta de detecção de conflitos do modelo BIM, identificaram entre as três escolas, um resultado de 1.076 questões encontradas e comunicadas aos projetistas. Estes conflitos foram resolvidos rapidamente, diferentemente do que acontece usando métodos tradicionais de verificação baseados em papel.

Simon Graham (2017), gerente de BIM da Maber Associates, acredita que, “embora o projeto tenha sido bem-sucedido, o custo para pequenas organizações que querem usar o BIM está limitando sua adoção.” (RAVENSCROFT, 2017).

4.2 Como elaborar orçamento utilizando processo BIM

Lima (2018, p. 44), escolheu para o estudo, um edifício residencial de oito pavimentos e pilotis. Os apartamentos são de dois quartos e uma suíte e cada andar possui quatro apartamentos.

Para se trabalhar na etapa de extração de quantitativos no processo BIM, também foi necessário pré-estabelecer os requisitos mínimos a ser informados para a orçamentação. Esses pré-requisitos foram baseados no processo tradicional de levantamento de quantitativos em 2D, onde os aspectos de medição pelo SINAPI também foram considerados. (LIMA, 2018, p. 45).

Não estão contidos no orçamento, quantitativos referente aos projetos de Fundação, Estrutural e Instalações, sendo contabilizado restritamente o especificado na EAP - Estrutura Analítica de Projeto, composto por: paredes de alvenaria e drywall, contrapiso, piso cerâmico, esquadrias, portas, forro de gesso, revestimentos de parede e telhas.

Com o modelo 3D completo, depois de averiguar erros e inconsistência, foi realizado a extração dos quantitativos, exportando-os para planilha do Excel e depois para o Software Sigma Estimates. Segundo as definições descritas por Eastman et al (2008), onde descreve três métodos de extração de quantitativos, escolheu-se exportar quantitativos de objetos da edificação para um software de orçamentação, que no caso, é o Sigma Estimates. (LIMA, 2018, p. 47).

A orçamentação por meio do software Sigma Estimates, começou com a importação dos quantitativos gerados pelo Revit. É importante saber que, a extração, de acordo com Lima (2018, p. 50) pode ser de duas formas:

- Quantitativos (Schedule/Quantitative): maneira mais objetiva, onde não são contabilizados os elementos como o portal da porta por exemplo ou o vidro da janela. Contabiliza-se apenas quantos elementos existem, mas não seus materiais.
- Levantamento de Material (Material Take Off): são fornecidas informações como, área e volume dos diferentes materiais que constituem um Tipo pertencente a uma Família.

Caso filtremos a tabela dos quantitativos fornecidos pelo Revit, para que ele forneça apenas o quantitativo em m² de parede, de todas as paredes pertencentes a um Tipo específico, esse quantitativo final, virá multiplicado pela quantidade de camadas de materiais diferentes que aquela parede possui. Ou seja, uma parede de alvenaria, onde o projetista modelou contendo uma camada de blocos de concreto, duas camadas de argamassa cimentícia, e uma camada de revestimento cerâmico, a área indicada na planilha será quatro vezes maior que a área da parede de fato. Essa observação implica no momento de elaborar o orçamento em Excel, dado que, para a estimativa de custo, é apenas necessário a área em m² da parede, visto que o custo unitário para a parede de alvenaria é em função do m². (LIMA, 2018, p. 51).

O primeiro passo para extração de quantitativos do projeto, foi agrupar por materiais e depois por Tipo. Dessa forma, cada material igual aparecerá agrupado, em função do seu Tipo. Ou seja, camadas de alvenaria serão diretamente fornecidas em m², assim como as camadas de revestimento de gesso aplicadas nas Alvenarias, porém discriminadas em função do Tipo ao qual ela pertence. (LIMA, 2018, p. 51).

Os parâmetros mínimos de quantificação estão listados na FIG. 31. Na primeira coluna estão descritas as atividades (EAP), na segunda coluna, estão as informações que devem estar contidas nos campos de modelagem no Revit, elas são necessárias no momento de determinar a composição a ser utilizada para quantificar a atividade.

Quadro 3 – Parâmetros para modelagem segundo Tabela SINAPI e Caderno de aferições.

(continua)

CATEGORIA	INFORMAÇÕES NA MODELAGEM	OBSERVAÇÕES
Parede: Alvenaria	Especificar: Vedação ou Estrutural	Informações básicas
	Especificar: Cerâmico ou Concreto	
	Especificar: Tamanho do Bloco e tipo de preparo da argamassa	
	Especificar na identificação do “Tipo” se a área é menor que 5 m ² , entre 5 m ² e 10 m ² , ou se maior que 10 m ² e se contém vãos ou não	
Revestimento em Granito: Fachada	Dimensão da pedra utilizada	O revestimento em granito para parede será com as mesmas especificações de revestimento em granito para piso. Código SINAPI 84190. Essa composição não faz parte das composições de alvenaria.
	A pedra é quantificada em m ²	
	Modelar separado da parede	
Drywall	Face simples ou face dupla	Identificação da composição no SINAPI
	Especificar a estrutura: Metálica ou Madeira	
	Especificar: Guia simples ou Guia dupla	
	Especificar na Identificação do “Tipo” se a parede contém ou não vãos	
Soleiras	Devem ser modeladas como categoria piso (Floor), porém em família separada, sendo uma família Piso e outra Soleira	Essa separação possibilita a quantificação de forma adequada da soleira em m ² e do piso, também em m ² , porém separadamente.
	Não é necessário especificar o material	O SINAPI apresenta apenas dois tipos de composição para Soleira, sendo as duas em função do mesmo material.
	Especificar largura: 5 cm ou 15 cm	Foram especificadas larguras diferentes das contidas na Tabela SINAPI.
	Especificar a espessura do contrapiso no qual será assentada a soleira	Deve-se especificar a espessura do contrapiso, dado que este não está incluso na composição. Caso a camada de contrapiso seja modelada separadamente do piso e soleira, a informação não precisa estar presente.
	Inserir parâmetro de comprimento	Deve ser inserido esse parâmetro, pois o SINAPI precifica esse elemento em função do comprimento.

(continua)

CATEGORIA	INFORMAÇÕES NA MODELAGEM	OBSERVAÇÕES
Esquadrias: Janelas	Especificar material: Ferro/Aço, alumínio, madeira etc	Especificado pelo projetista. Influencia na escolha da composição.
	Especificar se com ou sem vidro	Especificado pelo projetista. Influencia na escolha da composição.
	Tipologia: número de folhas, de correr, basculante, etc	Especificado pelo projetista. Influencia na escolha da composição.
Forro	Tipo de Material do forro: Gesso Acartonado, Madeira, Fibra mineral, Drywall, em Réguas de PVC	Especificado pelo projetista. Influencia na escolha da composição.
	Especificar se está inclusa a estrutura de fixação	
Piso Revestimento Cerâmico Porcelanato	Especificar na identificação do "Tipo" se a área referente aquele piso é maior ou menor que 5 m ² ou se entre 5 e 10m ² (Para caso de piso cerâmico)	Identificado pelo projetista. Influencia na escolha da composição.
	Tipo de material utilizado: cerâmica, porcelanato e suas respectivas dimensões: 35x35cm, 45x45cm ou 60x60cm	
Contrapiso	Especificar espessura do contrapiso: 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm ou 6 cm	Especificado pelo projetista. Influencia na escolha da composição.
	Tipo de argamassa utilizada	A argamassa ser pronta ou auto adensável. Esse parâmetro pode ser adotado pelo orçamentista em função de aspectos como tempo e custo, não precisando ser especificada pelo projetista.
	Especificar: contrapiso aderido ou não aderido mesmo para espessuras que não possuam composição com as duas possibilidades.	Dado que a projetista apenas informou a espessura do contrapiso de 5 cm e 6 cm foi adotado não aderido, dado que essa é a única possibilidade para essa espessura. Para contrapiso de 4 cm em áreas em minoria, será adotada a mesma especificação que as demais para praticidade no aspecto construtivo.
	Especificar área molhada ou seca	Pode-se obter essa informação do projeto, porém, para automatização do processo de extração do quantitativo, é recomendável que seja especificado.
Revestimento em Gesso cola	Especificar se sarrafeado ou desempenado Sarrafeado: Melhor acabamento, espessuras maiores Desempenado: acompanha a superfície da parede, acabamento irregular. Espessuras menores.	Essa decisão é em função do acabamento estético que se deseja. No projeto, a projetista o deixou modelado, porém não informado, através da determinação da espessura da camada que foi de 0,5cm, sendo, portanto, desempenado. Para a automatização do processo, deve-se especificar na identificação do Tipo para que não seja necessário abrir cada elemento para verificar a espessura da camada.
	Identificar o intervalo em que a área de aplicação do gesso se encontra: Área maior que 10m ² , Área entre 5m ² e 10m ² ou Área menor que 5m ²	Identificado pelo projetista. Influencia na escolha da composição.

(conclusão)

CATEGORIA	INFORMAÇÕES NA MODELAGEM	OBSERVAÇÕES
Telhas	Tipo de telha: Telha ondulada de Fibrocimento, ou telha estrutural de fibrocimento, telha cerâmica, metálica, etc e sua espessura.	Possibilidades delimitada pelas opções do SINAPI
	Quantidade de Águas: 1, 2 águas, etc	Possibilidades delimitada pelas opções do SINAPI
	Inclinação da Telha	A inclinação do telhado varia a composição a ser utilizada.

Fonte: LIMA, 2018, p. 52-59. (Adaptado pela autora, 2019).

O segundo passo da análise, depois de agrupar os quantitativos por materiais e por tipos e aplicar filtros – ferramentas do software Revit que facilitam a visualização dos resultados, foi extrair as planilhas. A seguir, será apresentada a planilha, do apartamento Tipo (TAB. 4), geradas de maneira automática pelo Revit. As demais planilhas referentes ao Pilotis, Pavimento Tipo e Cobertura, não serão apresentadas neste estudo de caso, já que o objetivo é apenas entender o processo.

Tabela 4 – Quantitativos Apartamento Tipo (sem alteração)

Category	Family	Type	Material: Name	Material: Area	Count
Windows	Janela - Maxim-ar Simples1_Esp_Parede	80 x 61	.Aluminio Esquadrias	3 m ²	2
Windows	JANELA_CORRER_4F	JANELA_CORRER_4F	.Aluminio Esquadrias	6 m ²	2
Windows	J PORTA_CORRER_4F	JANELA_CORRER_4F	.Aluminio Esquadrias	3 m ²	1
Windows	JANELA_CORRER_4F	JANELA_CORRER_4F_200x100	.Aluminio Esquadrias	13 m ²	3
Floors	Floor	.Soleira + contrapiso (4cm)	.Argamassa Cimenticia	1 m ²	3
Walls	Basic Wall	.Avenaria Bloco + RAPP	.Argamassa Cimenticia	69 m ²	9
Floors	Floor	Porcelanato 60x60cm + Regularizacao (5cm)	.Argamassa Cimenticia	92 m ²	9
Floors	Floor	.Soleira + contrapiso (4cm)	.Contrapiso	1 m ²	3
Floors	Floor	Porcelanato 60x60cm + Regularizacao (5cm)	.Contrapiso	92 m ²	9
Walls	Basic Wall	.Drywall	.Gesso acartonado	18 m ²	4
Ceilings	Compound Ceiling	.Forro de Gesso	.GessoCola	52 m ²	3
Walls	Basic Wall	.Avenaria Bloco + RAPP	.GessoCola	69 m ²	9
Walls	Basic Wall	.Avenaria Bloco Concreto 9cm	.GessoCola	205 m ²	12
Walls	Basic Wall	.Drywall	.GessoCola	18 m ²	4
Floors	Floor	.Soleira + contrapiso (4cm)	.Granito	1 m ²	3
Walls	Basic Wall	.Avenaria Bloco + RAPP	.Granito	69 m ²	9
Doors	PORTA	Simple - 0,86 x 2,10	.Madeira	58 m ²	6
Walls	Basic Wall	.Avenaria Bloco + RAPP	.Parede Bloco Concreto	138 m ²	9
Walls	Basic Wall	.Avenaria Bloco Concreto 9cm	.Parede Bloco Concreto	205 m ²	12
Floors	Floor	Porcelanato 60x60cm + Regularizacao (5cm)	.Porcelanato 60x60cm	92 m ²	9
Windows	Janela - Maxim-ar Simples1_Esp_Parede	80 x 61	.Vidro Esquadrias	1 m ²	2
Windows	JANELA_CORRER_4F	JANELA_CORRER_4F	.Vidro Esquadrias	4 m ²	2
Windows	J PORTA_CORRER_4F	JANELA_CORRER_4F	.Vidro Esquadrias	7 m ²	1
Windows	JANELA_CORRER_4F	JANELA_CORRER_4F_200x100	.Vidro Esquadrias	12 m ²	3
Walls	Basic Wall	.Avenaria Bloco + RAPP	Air	69 m ²	9
Walls	Basic Wall	.Avenaria Bloco Concreto 9cm	Air	102 m ²	12
Floors	Floor	.Soleira + contrapiso (6cm)	Default Roof	1 m ²	6
Walls	Basic Wall	.Drywall	Default Wall	9 m ²	4
Floors	Floor	.Soleira + contrapiso (6cm)	Pedra	1 m ²	6

Fonte: LIMA, 2018, p. 60.

Entretanto, a maioria das informações obtida na tabela de quantitativos se torna impossível de associar a qualquer composição do SINAPI. Dessa maneira, após as devidas alterações solicitadas pela determinação dos parâmetros mínimos, obteve-se a TAB. 5 a seguir:

Tabela 5 – Quantitativos Apartamento Tipo (alterada)

Category	Family	Type	Material: Name	Count	Material: Area (m2)	Material: Volume (m3)
Windows	Janela - Maxim-ar Simples	80 x 60 cm	.Aluminio Esquadrias	2	2,51	0,03
Windows	JANELA CORRER 4F	Janela Aço Correr 4 Folhas 120 x 150 cm com Vidro	.Aluminio Esquadrias	5,00	15,05	0,15
Windows	J_PORTA CORRER 4F	Janela Correr 4 Folhas Com Vidros	.Aluminio Esquadrias	1,00	3,15	0,02
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco Concreto 14x19x39cm Área menor 6m2 sem vão	.Argamassa Cimenticia	5,00	23,01	0,35
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de concreto 14x19x39 A maior 6m2 sem vão	.Argamassa Cimenticia	1,00	12,51	0,19
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 14x19x39cm Área maior ou igual a 6m2 com vão	.Argamassa Cimenticia	2,00	32,75	0,49
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 14x19x39cm Área menor 6m2 com vão	.Argamassa Cimenticia	2,00	9,19	0,14
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área entre 5m2 e 10 m2	.Argamassa Cimenticia	3,00	24,20	0,12
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área maior 10m2	.Argamassa Cimenticia	3,00	56,99	0,28
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área menor 5m2	.Argamassa Cimenticia	3,00	11,25	0,06
Floors	Floor	Soleira Largura 15cm	.Argamassa Cimenticia	9,00	1,35	0,01
Floors	Floor	Soleira Largura 15cm	.Contrapiso Aderido 4cm	9,00	1,35	0,05
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área entre 5m2 e 10 m2	.Contrapiso Aderido 5cm	3,00	24,20	1,21
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área maior 10m2	.Contrapiso Aderido 5cm	3,00	56,99	2,85
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área menor 5m2	.Contrapiso Aderido 5cm	3,00	11,25	0,56
Walls	Basic Wall	Drywal Duas Faces Simples e Estrutura Metálica Guia Simples com vãos	.Gesso acartonado	1,00	1,22	0,13
Walls	Basic Wall	Drywal Duas Faces Simples e Estrutura Metálica Guia Simples Sem Vãos	.Gesso acartonado	3,00	7,75	0,85
Ceilings	Compound Ceiling	Forro de Gesso	.GessoCola	3,00	52,07	0,39
Walls	Basic Wall	Drywal Duas Faces Simples e Estrutura Metálica Guia Simples com vãos	.GessoCola	1,00	2,44	0,01
Walls	Basic Wall	Drywal Duas Faces Simples e Estrutura Metálica Guia Simples Sem Vãos	.GessoCola	3,00	15,49	0,08
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco Concreto 9cm Área menor 6m2 sem vão	.GessoCola	4,00	43,72	0,22
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 14x19x39cm Área menor 6m2 com vão	.GessoCola	2,00	9,19	0,05
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 9cm Área maior ou igual 6m2 com vão	.GessoCola	5,00	135,35	0,68
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de concreto 14x19x39 A maior 6m2 sem vão	.GessoCola	1,00	12,51	0,06
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 14x19x39cm Área maior ou igual a 6m2 com vão	.GessoCola	2,00	32,75	0,16
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco Concreto 9cm Área menor 6m2 com vão	.GessoCola	2,00	14,95	0,07
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco Concreto 14x19x39cm Área menor 6m2 sem vão	.GessoCola	5,00	23,01	0,12
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco Concreto 14x19x39cm Área menor 6m2 sem vão	.Granito	5,00	23,01	0,46
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de concreto 14x19x39 A maior 6m2 sem vão	.Granito	1,00	12,51	0,25
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 14x19x39cm Área maior ou igual a 6m2 com vão	.Granito	2,00	32,75	0,66
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 14x19x39cm Área menor 6m2 com vão	.Granito	2,00	9,19	0,18
Floors	Floor	Soleira Largura 15cm	.Granito	9,00	1,35	0,03
Doors	PORTA	Porta Madeira Simples - 80x210cm	.Madeira	6,00	58,34	0,75
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área entre 5m2 e 10 m2	.Porcelanato 60x60cm	3,00	24,20	0,24
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área maior 10m2	.Porcelanato 60x60cm	3,00	56,99	0,57
Floors	Floor	Piso Cerâmico 60x60cm Área menor 5m2	.Porcelanato 60x60cm	3,00	11,25	0,11
Windows	JANELA CORRER 4F	Janela Aço Correr 4 Folhas 120 x 150 cm com Vidro	.Vidro Esquadrias	5,00	10,72	0,04
Windows	J_PORTA CORRER 4F	Janela Correr 4 Folhas Com Vidros	.Vidro Esquadrias	1,00	7,23	0,03
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco Concreto 9cm Área menor 6m2 com vão	Alvenaria - Bloco de Concreto - 09cm	2,00	7,48	0,67
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco Concreto 9cm Área menor 6m2 sem vão	Alvenaria - Bloco de Concreto - 09cm	4,00	21,86	1,97
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 9cm Área maior ou igual 6m2 com vão	Alvenaria - Bloco de Concreto - 09cm	5,00	67,68	6,09
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco Concreto 14x19x39cm Área menor 6m2 sem vão	Alvenaria - Bloco de Concreto - 14cm	5,00	23,01	3,22
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de concreto 14x19x39 A maior 6m2 sem vão	Alvenaria - Bloco de Concreto - 14cm	1,00	12,51	1,75
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 14x19x39cm Área maior ou igual a 6m2 com vão	Alvenaria - Bloco de Concreto - 14cm	2,00	32,75	4,59
Walls	Basic Wall	Alvenaria Bloco de Concreto 14x19x39cm Área menor 6m2 com vão	Alvenaria - Bloco de Concreto - 14cm	2,00	9,19	1,29

Fonte: LIMA, 2018, p. 62.

Após as mudanças realizadas no modelo, foi extraído o quantitativo do Revit para planilha no Excel e em seguida para o Sigma Estimates.

Primeiramente, foi necessária a elaboração da Lista de Preços, por não existir uma Brasileira. Na compra do software é fornecido uma Base de dados nomeada RS Means Database, a qual contém uma Lista de Preços e uma Biblioteca de Composições. (LIMA, 2018, p. 51).

Em seguida, foram extraídos os resultados da orçamentação da cobertura, representados na TAB. 6, com e sem alteração, extraído do Software Sigma Estimates. Nesta Tabela estão descritas, os quantitativos lidos por meio do software de orçamentação.

Tabela 6 – Resultado dos quantitativos obtidos pelo software Sigma
Estimates – Cobertura

Category - Text	Unit	Quantity	Price/quantity	Total Cost
Composição				107.187,55
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 14X19X39CM (ESPESSURA 14CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/	M2	254,346	52,05	13.238,94
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 14X19X39CM (ESPESSURA 14CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M ² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	81,3963	56,14	4.569,33
PISO EM GRANITO BRANCO 50X50CM LEVIGADO ESPESSURA 2CM, ASSENTADO COM ARGAMASSA COLANTE DUPLA COLAGEM, COM REJUNTAMENTO EM CIMENTO BRANCO	M2	335,7423	221,10	74.233,63
TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MÁXIMA DE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_06/2016	M2	459,1372	32,99	15.145,65

Fonte: LIMA, 2018, p. 93.

Os resultados alcançados foram positivos e é relevante por mostrar que o orçamentista não precisa mais realizar o levantamento de quantitativos, mas revisar esses quantitativos extraídos, poupando assim, o tempo na conferência de desenhos bidimensionais para levantar os quantitativos. (LIMA, 2018, p. 97).

4.3 Modelagem inteligente (Revit BIM) no processo de levantamento de quantitativos para orçamento de um projeto industrial

Programas como o AutoCAD criam desenhos bidimensionais utilizando linhas, retângulos e círculos. A modelagem em BIM difere de desenhos CAD na medida em que, ao utilizar BIM, o usuário elabora um projeto usando componentes ao invés de apenas linhas. (EASTMAN ET AL., 2011).

O Revit é um software BIM (Building Information Modeling – Modelagem de Informações da Construção) que segundo Eastman: “integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, que gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão de insumos e ações em todas as fases da

construção”. Através das suas ferramentas é possível usar o processo para que seja feito modelos para planejar, projetar, construir e gerenciar edifícios e infraestruturas.

A tecnologia BIM permite que, a partir do momento em que o profissional projeta e define os materiais e seus respectivos custos, o programa vai quantificando-os, e mostrando o valor total monetário em uma tabela completa e pronta para ser impressa ou exportada. Para isso é necessário um algoritmo, incluso em templates de orçamento de obras.

O projeto escolhido para o estudo é um prédio residencial, planejado para ser construído na cidade de Salvador, com uma torre de 13 pavimentos tipo, um playground e 3 subsolos de garagem.

No projeto, foi feito a modelagem 3D (FIG. 28) e em seguida, para garantir a confiabilidade do modelo elaborado no Revit, através da ferramenta de detecção de conflitos, verificou-se a interferência entre elementos, que permitiu extinguir qualquer duplicidade ou inconsistência que possam interferir nos dados gerados.

Figura 28 – Modelo 3D gerado pelo Revit



Fonte: gpsustentavel, 2015

Com os modelos feitos e a caracterização paramétrica de seus objetos, foi possível realizar a elaboração de tabelas de quantitativos (TAB. 7) de materiais. Basicamente, o software Revit permite a quantificação dos materiais com base em seus componentes criados para representá-los, ou seja, a criação de tabelas baseia-

se na quantificação direta do elemento (ou material) escolhido para representar o objeto/componente.

Tabela 7 – Trecho da tabela de levantamento de material

<Levantamento de material de múltiplas categorias>			
A	B	C	D
Material: Nome	Material: Volume	Material: Area	Tipo
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	3,52 m³	35,15 m²	Laje - 10cm
Concreto	0,06 m³	0,56 m²	Laje - 10cm
Concreto	0,87 m³	8,69 m²	Laje - 10cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm

Fonte: gpusustentavel, 2015.

Uma vez gerada a tabela com os quantitativos, a mesma foi exportada para o Excel, através da opção Exportar → Relatórios → Tabelas.

O Revit não permite gerar a quantificação de serviços, como mão-de-obra e equipamentos, pois não apresenta a capacidade de fornecer ou permitir o cadastro destes. Desta forma, como na quantificação manual, o engenheiro orçamentista deve se basear em outras referências.

A TAB. 8 a seguir mostra um comparativo entre os quantitativos estruturais extraídos do modelo BIM e os quantitativos levantados manualmente, e a diferença relativa do segundo (manual) para o primeiro (BIM):

Tabela 8 - Quantitativos de concreto do modelo BIM, do levantamento manual e diferenças relativas.

	Quantitativos de Concreto				
	und.	QTDE BIM	QTDE Lev. Manual	Diferença	Diferença (%)
Pilares	m ³	223,33	223,54	0,00094	0,09%
Vigas	m ³	263,28	282,20	0,07184	7,18%
Lajes	m ³	708,10	716,55	0,01193	1,19%
Escadas	m ³	25,74	25,96	0,00848	0,85%
TOTAL	m ³	1.220,45	1.248,24	0,02277	2,28%

Fonte: GPSUSTENTAVEL, 2015.

Através de uma análise da TAB. 8, pode-se observar que a maioria dos quantitativos estruturais extraídos do modelo BIM pouco diferem em relação aos quantitativos levantados manualmente. Nos quesitos Pilares, Lajes e Escadas a diferença é da ordem de 1%, não constituindo assim nenhuma representatividade para qualquer circunstância.

No quesito vigas, pode-se observar certa discrepância entre os resultados obtidos, que pode ser atribuída a erros presentes no modelo. Para tentar encontrar a origem dessas discrepâncias, foi feita uma verificação das vigas modeladas, analisando suas dimensões, formas e possíveis diferenças com as plantas fornecidas em AutoCAD. Na análise das vigas do modelo, foi possível notar que certas vigas que possuem dimensão variável ao longo do seu comprimento no projeto original, no modelo em BIM foram representadas como tendo dimensões constantes em todo o comprimento, constituindo assim um erro de modelagem que influi diretamente nos quantitativos gerados pelo software.

Erros análogos foram encontrados em outras vigas do modelo, e repetidos em todos os pavimentos tipo, o que gerou um volume menor de concreto nas vigas representadas no modelo BIM, influenciando diretamente no total de concreto extraído do software, e resultando num levantamento de quantitativo de concreto no software abaixo do quantitativo obtido manualmente.

Com isso, é possível concluir que a origem dessas discrepâncias entre o levantamento manual estrutural e o levantamento através do modelo BIM se deu por conta de considerações construtivas reais divergentes das considerações adotadas na elaboração do modelo, e não por erro do software.

Observa-se então que por meio da tecnologia BIM pode-se obter uma nova maneira de levantar quantitativos de obras, tendo como principais vantagens sobre o método tradicional a precisão e a rapidez dos levantamentos, porém, a modelagem tem que ser minuciosa e muito bem detalhada, para que erros como esse não ocorram.

4.4 Estudo de caso realizado em 22/02/2017 por Carolina Araújo⁴

Para embasar os argumentos relatados e estudados neste trabalho de conclusão de curso, foi relatado um estudo de caso realizado pela mestra em arquitetura e urbanismo, palestrante, instrutora e consultora BIM Carolina Araújo, em quatro escritórios de arquitetura em diversas cidades como São Paulo, Campinas e Curitiba, enumerando e analisando os problemas, dificuldades e benefícios obtidos com a implantação da metodologia BIM e os softwares empregados, de forma especial o Revit.

Neste cenário, o estudo de caso levantou informações sobre a tipologia de projetos das empresas entrevistadas, planos iniciais sobre a implantação da metodologia BIM, capacitação das equipes de trabalho envolvida, alterações nos processos e procedimentos de projeto. (ARAÚJO, 2017).

Ao final das entrevistas e depois de analisados os dados, ficou visivelmente nítido as mudanças nos processos utilizados em cada escritório e foi realizado também uma análise comparativa de todas as informações obtidas. (ARAÚJO, 2017).

O método empregado para a realização deste estudo de caso foi através de entrevista formulada com os responsáveis por cada escritório em formato de questionário com 10 perguntas sobre as tecnologias existentes, programação inicial, meios de aquisição dos novos computadores, a forma como a plataforma BIM foi implantada, os percalços encontrados, metodologias de trabalho, alterações nos processos de projetos, normatização dos procedimentos de desenvolvimento de projetos, a maneira como foram feitos os treinamentos, as diretrizes para a escolha da equipe treinada e a escolha e aquisição dos softwares selecionados. (ARAÚJO, 2017).

⁴ Estudo realizado pela Arquiteta Carolina Araújo, atuante na área de Arquitetura e Construção há mais de 8 anos, compartilhando conhecimento e disseminando a plataforma BIM. É também fundadora do Portal Revit Architecture e BIM com Carolina Araújo.

Os seguintes escritórios foram pesquisados (TAB. 9):

Tabela 9 – Dados dos locais pesquisados

ESCRITÓRIO	CIDADE	TIPOLOGIA DE PROJETOS	MODO DE ENTREVISTAS	MÊS/ANO
NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS	CURITIBA	CASAS, APARTAMENTOS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA	VIA WEB	10/2015
CAROLINA RIGUETO ARQUITETURA BIM	CAMPINAS	PROJETOS PARA MERCADO IMOBILIARIO	PRESENCIAL	12/2015
CONTIER ARQUITETURA	SÃO PAULO	PROJETOS DE TODO PORTE	VIA WEB	02/2016
AFLALO & GASPERINI ARQUITETOS	SÃO PAULO	EDIFICIOS MULTIFUNCIONAIS	TELEFÔNICA	01/2016

Fonte: Carolina Araújo 22/02/2017. (Adaptado pela autora, 2019).

As entrevistas e respostas realizadas na data de 22/02/2017 e mostradas a seguir, foram de autoria exclusiva da Arquiteta Carolina Araújo.

- 1. Quais os objetivos principais da empresa ao adotar a tecnologia BIM? (Instrumentos para o planejamento da empresa, missão, objetivos e expectativas com o sistema BIM).**

AFLALO & GASPERINI: A empresa já havia ouvido falar da tecnologia BIM, que mudaria as relações de desenvolvimento de projeto e documentação e as representações de projeto para a obra. Com isso, entendido o conceito de BIM, os objetivos foram alterar a forma de desenvolver os projetos.

CAROLINA RIGHETTO: Nós acreditamos que podemos melhorar a arquitetura por meio do BIM. O objetivo principal da nossa empresa é levar essa tecnologia e seus valores agregados para o mercado em geral. Assim, começamos a

melhorar a metodologia dos projetos, o planejamento de obra, os quantitativos, os orçamentos e a gestão de obra. Tudo isso dentro do BIM!

CONTIER ARQUITETURA: O momento de transição traz oportunidades de cooperação. O objetivo é não impor padrões, e sim disponibilizar informações para o mercado, linkar com bases de dados, com a expectativa de que o sistema deve ser aberto para irmos mais rapidamente ao 5D.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: Os maiores objetivos são estar em tempo real no campo da obra, mesmo estando no escritório, e controlar custos, quantificar os materiais juntamente com o orçamento etc.

2. Qual foi o software utilizado para elaborar os projetos em BIM? Como foi reconhecer a necessidade de adquirir hardwares e softwares?

AFLALO & GASPERINI: O software foi o Revit. Como o escritório tem bastante contato com a Autodesk, a própria Autodesk indicou o Revit, por ser o mais utilizado para projetos em geral e com mais ferramentas para a modelagem da construção, informando também as configurações mínimas de hardwares para o desenvolvimento de projetos em Revit.

CAROLINA RIGHETTO: Os softwares que usamos são da Autodesk, pois eles disponibilizam mais material didático para o público em geral e conversam muito bem com outros formatos de arquivo existentes no mercado. As máquinas, conseqüentemente, têm que atender a alguns requisitos mínimos para uma melhor performance no trabalho.

CONTIER ARQUITETURA: Entre outros pioneirismos, o escritório foi a primeira empresa no Brasil a adotar a plataforma de projeto Revit, em 2002. Também usamos a plataforma de colaboração ProjectWise, da Bentley, com tecnologia de ponta.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: O software foi o Revit, que conhecemos em palestras e workshops. Nesses eventos, me convenci de que é válido apostar nas tecnologias e novidades que existem à nossa disposição.

3. Como foi a escolha do primeiro projeto a ser desenvolvido em BIM? Quais foram as maiores dificuldades encontradas no desenvolvimento desse projeto?

AFLALO & GASPERINI: Foram dois os primeiros projetos em Revit, em 2009: o primeiro com tipologia mais simples, projeto de edifício de escritórios com plantas sem muitas variações, e o segundo de múltiplo uso, com três edificações, sendo duas de escritórios e uma residencial. As dificuldades nesses projetos eram relativas a hardware, questões de ferramentas específicas de construção e o próprio entendimento de BIM e do software.

CAROLINA RIGHETTO: O escritório já nasceu BIM, mas não no estágio em que estamos hoje. Sempre brinco que podemos tratar a implantação de BIM como o desenvolvimento de uma pessoa. Primeiro nascemos, depois engatinhamos, depois aprendemos a caminhar e então começamos a correr. Se o escritório quiser implantar BIM e sair correndo como um adulto, a chance de cair no meio do caminho é alta.

CONTIER ARQUITETURA: Edifício B32, da Faria Lima Prime Properties, primeiro empreendimento privado no Brasil de grande porte e alta complexidade que teve todos os projetos executivos desenvolvidos em BIM. Certamente representou um desafio extra para o projeto executivo e, se não fosse em BIM, o processo acarretaria imprecisões, erros de quantidade e outros problemas, e também não teríamos 160 plantas e 470 folhas A0 no mesmo cronograma. Nesse contrato, pela primeira vez se exigiu compatibilização em BIM dos projetos de arquitetura com mais de 20 projetos de outras disciplinas.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: O primeiro projeto foi a construção de um edifício faixa 1 financiado pela Caixa Econômica Federal.

Como o escritório tem parceria com a Caixa para desenvolver projetos do Programa Minha Casa Minha Vida, escolhemos esse edifício como projeto piloto. A maior dificuldade foi que não tínhamos prática em executar projetos no Revit, o qual implicou muito tempo perdido até chegarmos a conhecer as ferramentas.

4. A empresa buscou suporte externo (centros de treinamento e consultoria) para implantar o sistema BIM na empresa? Se sim, como foi definida a equipe a ser treinada? A empresa mantém a equipe atualizada, buscando novos cursos, palestras e eventos na área?

AFLALO & GASPERINI: Primeiramente, foi definida uma equipe de quatro pessoas com um coordenador para fazer um curso de Revit de 40 horas oferecido pela própria Autodesk. Depois, não houve suporte externo nem consultoria, e a equipe inicial foi treinando outras pessoas no escritório. O escritório participa sempre de palestras com equipes voláteis, não sendo as quatro pessoas que iniciaram o curso de Revit; hoje, essas pessoas participam de outras equipes de projeto.

CAROLINA RIGHETTO: Há uma série de parceiros com quem trocamos informações o tempo todo. Sem eles, o crescimento contínuo não seria possível. A informação tem que circular para ser efetiva e validada. As palestras e os eventos que frequentamos são ótimos lugares para essa troca de informação qualificada.

CONTIER ARQUITETURA: A equipe e o fluxo de trabalho foram redesenhados para acomodar o uso simultâneo do modelo virtual pelos diversos agentes, bem como para otimizar as revisões decorrentes desse processo.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: Sim. A equipe foi composta por seis projetistas que usavam AutoCAD. Sempre que surgem novos cursos, o escritório busca consultoria para passar o treinamento para essa mesma equipe e, sempre que há eventos ou workshop, o escritório cobre os custos das inscrições e investe para que pelo menos dois projetistas compareçam a esses

eventos. Este ano, por exemplo, dois projetistas foram ao evento da Autodesk University.

5. Como era a equipe de projeto antes da implantação do BIM? Como eram cumpridas as etapas de projeto no modo tradicional? A composição da equipe de projeto mudou depois da implantação do BIM?

AFLALO & GASPERINI: As equipes sempre foram escolhidas de acordo com a complexidade de cada projeto, mudando sua composição também de acordo com o projeto. As etapas de projeto no modo tradicional eram realizadas no AutoCAD, no qual era difícil visualizar e compatibilizar os projetos.

CAROLINA RIGHETTO: Quando um membro novo entra para a nossa equipe, ele precisa acreditar na nossa motivação e estar alinhado com nossos valores. BIM é algo que se aprende com o uso contínuo. Vontade, garra e persistência já têm de estar dentro da pessoa, junto com a vontade de sempre fazer o melhor.

CONTIER ARQUITETURA: Em projetos complementares, por exemplo, a saída seria treinar engenheiros. E não há engenheiros disponíveis. Isso permite compreender por que o segmento está tão atrasado.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: O BIM é uma ferramenta antiga, mas está chegando agora ao Brasil – poucos profissionais dominam a ferramenta. Portanto, contratamos profissionais com experiência em AutoCAD e os qualificamos para trabalhar com BIM.

6. Ao desenvolver projetos em BIM, procuraram profissionais qualificados no sistema BIM?

AFLALO & GASPERINI: Como dissemos antes, houve a equipe inicial de quatro pessoas sem nenhum conhecimento em BIM; hoje, o conhecimento em Revit é requisito mínimo no escritório para a contratação de arquitetos ou outros profissionais.

CAROLINA RIGHETTO: Quando comecei a montar minha equipe, sempre procurei pessoas que tivessem muita vontade de fazer o que amam. Os pré-requisitos básicos eram saber o mínimo de Revit, mas não só isso. Para entrar na minha equipe, tem de ter muita força de vontade e garra para fazer o melhor e se superar a cada projeto!

CONTIER ARQUITETURA: Em projetos complementares, por exemplo, a saída seria treinar engenheiros. E não há engenheiros disponíveis. Isso permite compreender por que o segmento está tão atrasado.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: O BIM é uma ferramenta antiga, mas está chegando agora ao Brasil – poucos profissionais dominam a ferramenta. Portanto, contratamos profissionais com experiência em AutoCAD e os qualificamos para trabalhar com BIM.

7. Com a adoção da plataforma BIM, como foram as etapas de projeto em BIM? (Estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto executivo, entre outros.)

AFLALO & GASPERINI: As etapas de projeto não mudaram, pois são padrão do escritório em todos os projetos. O que mudou foi que, com o BIM, o escritório exigiu que os profissionais terceirizados para o desenvolvimento de projetos complementares também fizessem seus projetos em BIM, o que hoje ainda não ocorre satisfatoriamente, pois eles não dominam totalmente a ferramenta.

CAROLINA RIGHETTO: Desde o início do estudo de massa e viabilidade, conseguimos ter uma visão mais concreta de como será o projeto. Finalizadas essas etapas, partimos para a seguinte de maneira bem definida e aumentando o LOD (level of development) até a quantificação final.

CONTIER ARQUITETURA: Começamos a usar o Revit em 2002, de forma pioneira. Meus clientes nunca souberam que projetávamos em BIM. Como a licitação da sede da Petrobras em Santos exigia que as informações fossem

extraídas de um único modelo, todas as etapas do projeto foram desenvolvidas em BIM. Atualmente, gerencio 28 disciplinas na plataforma. Isso deve mudar o panorama do mercado, já que estamos falando de uma empresa de porte passando a contratar apenas em BIM.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: Estamos totalmente integrados ao BIM. Hoje na empresa, fazemos todos os projetos 100% BIM.

8. **Ao desenvolver projetos em BIM, foram elaborados templates e bibliotecas de famílias exclusivas para o escritório? Foram adaptadas as simbologias bidimensionais conforme o padrão do escritório? (Cotas, símbolo de norte, corte, elevações, entre outros).**

AFLALO & GASPERINI: Sim, uma equipe específica desenvolveu templates e bibliotecas. Todas as simbologias bidimensionais do escritório foram importadas para o Revit.

CAROLINA RIGHETTO: Desenvolvemos templates e famílias que atendam à nossa arquitetura e à nossa representação gráfica, para manter um padrão arquitetônico que facilite cada dia mais nossa produção e nosso desenvolvimento dos projetos.

CONTIER ARQUITETURA: O Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior me contratou para criar um grupo de famílias para projetos de empreendimentos do MCMV dentro das normas de coordenação modular. As famílias estão disponíveis gratuitamente, mas eu fui pago para isso. A biblioteca segue junto com o modelo do edifício. Não há como travar essa informação.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: Sim, adaptamos algumas simbologias usadas no escritório.

9. **Quais foram as principais dificuldades encontradas na adoção da tecnologia BIM?**

AFLALO & GASPERINI: A principal dificuldade é que nem todos os profissionais de projetos complementares trabalham com o Revit, o que demanda mais tempo para compatibilizar projetos. A maioria dos profissionais de complementares exportam o modelo BIM para outros softwares, desenvolvem seus projetos e nós importamos para o Revit as informações desses projetos, para que o arquivo se torne modelo único.

CAROLINA RIGHETTO: A principal dificuldade foi a barreira cultural do cliente, que usa o método tradicional CAD e funciona. Assim, ele dificilmente vê ou entende por que deve optar pela metodologia BIM.

CONTIER ARQUITETURA: As maiores dificuldades foram a modelagem em 4D e 5D e de clash detection. O 5D exige acoplar o modelo à base para extrair custos, etapa para a qual as empresas não estão preparadas. Em vez de usar o BIM para fazer o plano de ataque à obra, apenas giram o modelo, sem vinculá-lo a um software de gerenciamento.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: A maior dificuldade é implantar algo novo em um escritório que estava acostumado com o AutoCAD, mas nossos resultados surpreenderam até quem dizia que não ia dar certo e que não conseguiria aprender a lidar com a ferramenta. Hoje, repito, aqui é 100% BIM.

10. Quais são as reflexões sobre as tendências do BIM para o futuro?

AFLALO & GASPERINI: É inevitável usar BIM, no melhor sentido. A ideia é que não só o escritório e arquitetos se beneficiem do modelo BIM, mas também o cliente, a construtora, a obra. A ideia é que todos entrem no esquema do uso do BIM.

CAROLINA RIGHETTO: BIM é presente e futuro, não tem mais como voltar. E quem não se adaptar vai ficar para trás. Se renovar sempre, sem deixar de fazer o que ama: esse é o segredo!

CONTIER ARQUITETURA: Rastreabilidade e confiabilidade da informação, consistência do projeto e menos retrabalho. É vantajoso para os clientes que querem, de fato, extrair informações do modelo.

NOVA TTS GERENCIAMENTO E PROJETOS: Posso dizer que no Brasil todas as construtoras e escritórios vão se adaptar ao BIM. Tenho certeza de que ele vai crescer muito aqui no Brasil e afirmo: quem não estiver qualificado vai sair do mercado. Hoje, as empresas não querem só um cadista, e sim um modelador BIM, aquele que conhece o passo a passo de obra, modela, sabe mais a fundo o que é uma construção.

5 DIAGNÓSTICO DO SÍTIO E REGIÃO

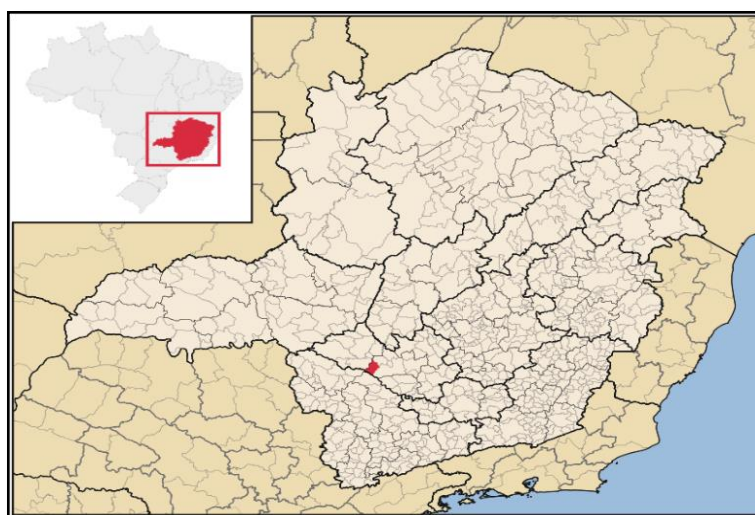
Neste capítulo será abordado o contexto histórico e atual da cidade de Pimenta/MG, com foco na área onde será inserido o projeto. Será realizado um levantamento de dados e informação da área de estudo, assim como seu entorno que será de extrema importância para a realização do trabalho.

5.1 Breve Histórico da cidade de Pimenta/MG

A cidade de Pimenta está localizada no interior de Minas Gerais, à aproximadamente 230 km da capital mineira, Belo Horizonte, ligadas pela rodovia MG-050. A cidade encontra-se na região Centro Oeste do estado mineiro, é banhada pela represa de Furnas e delimitada ao fundo pela Serra de Piumhi, que faz parte de uma ramificação da Serra da Canastra. Esta serra é cortada pelo Rio Grande formando um braço d'água que fica no distrito de Santo Hilário, pertencente ao município de Pimenta. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA, 2016).

A FIG. 29 indica a localização da cidade de Pimenta em Minas Gerais.

Figura 29 – Mapa de localização de Pimenta em Minas Gerais e no Brasil.



Fonte: WIKIPÉDIA, 2006.

De acordo com IBGE⁵ (2018) a cidade possui uma área territorial total de 414,969 km² e uma população de aproximadamente 8.631 pessoas. Por pertencer à

⁵ Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pimenta/panorama>. Acesso em 15 de maio de 2019.

região Sudeste, o clima é Tropical de Altitude, com temperatura média anual variando entre 21 a 23 graus e um regime pluviométrico satisfatório.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Pimenta (2016), pouco se sabe sobre a real história da sede municipal de Pimenta, pois no ano de 1957 houve um incêndio no Cartório de Registro Civil que apagou grande parte da memória documental do município. Estima-se que a cidade surgiu no ano de 1970, quando foi construído um rancho para o pouso de viajantes com a intenção de atrair o comércio entre fazendeiros da região.

O nome Pimenta tem duas versões. Para uns, vem do fato da existência de muitas moitas de pés de pimenta nas proximidades do primitivo rancho. A versão mais aceita é a que liga o nome à família de Manoel Pimenta, que chegou por volta de 1800 e do qual eram descendentes Francisco Hipólito e João Gomes, carpinteiros da antiga igreja matriz. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA, 2016).

No ano de 1827, a família Rufino concedeu terras na região do rancho em devoção a Nossa Senhora. Em 1841, por ordem do Tenente Coronel Antônio Gonçalves de Melo, foi erguido nas terras cedidas, à capela de Nossa Senhora do Rosário (FIG. 30). Após a criação da capela e desenvolvimento populacional, surgiu um aglomerado chamado Estiva que depois passou a se chamar Estiva de Nossa Senhora do Rosário (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA, 2016).

Figura 30 – Capela de Nossa Senhora do Rosário em Pimenta



Fonte: RECANTO DAS LETRAS, 2017.

No ano de 1839 o arraial desligou-se de Itapecerica para integrar-se a Piumhi que se elevou a cidade em 1842. No ano de 1856 o aglomerado Estiva foi elevado a um arraial, com o definitivo nome de Pimenta. No ano de 1901, o arraial de Pimenta passou a pertencer a Formiga, mas voltou a pertencer a Piumhi em 1911. No ano de

1939, o arraial de Pimenta foi elevado à vila, e em 1942, com a elevação de Pains a município, a Villa Pimenta (FIG. 31) passa a pertencer ao mesmo. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA, 2016).

Figura 31 – Villa Pimenta



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA, 2016.

Uma personalidade importante na história de Pimenta foi o Pe. José Espíndola Bittencourt (FIG. 32), chegado em 1901, foi um grande batalhador em prol da emancipação da vila. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA, 2016)

Figura 32 – Padre José Espíndola



Fonte: RECANTO DAS LETRAS, 2017.

Pela Lei 336 Pimenta foi emancipada no dia 27 de dezembro do ano de 1948, tendo seu primeiro prefeito o Sr. João Pedro Machado.

5.2 Perfil socioeconômico da cidade de Pimenta/MG

Segundo o IBGE (2018), a economia de Pimenta – Minas Gerais, possui como principais setores econômicos, a agropecuária, serviços e o turismo, devido ao fato de ser banhada pelo Lago de Furnas (FIG. 33).

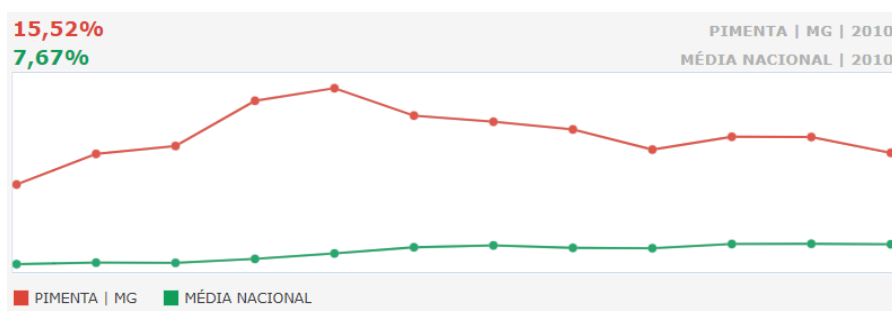
Figura 33 – Vista aérea da cidade de Pimenta.



Fonte: ALAGO, 2014.

Do ponto de vista econômico, segundo pesquisas elaboradas a partir dos dados disponibilizados pelo Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2010) (FIG. 34), que por sua vez, utiliza fontes do IBGE, a cidade de Pimenta é caracterizada como cidade agrária com grande produção de café, milho, soja, tomate, entre outras culturas. A pecuária também assume papel fundamental na economia da cidade com grande produção de carne e laticínios. (DEEPASK, 2010).

Figura 34 – Percentual da área territorial com plantação



Fonte: DEEPASK, 2010.

O setor de serviços emprega a maior parte da população pimentense e também é responsável pela movimentação da renda no município. Já o setor industrial ainda é muito reduzido e pouco explorado, porém nos últimos anos tem crescido timidamente. (DEEPASK, 2010).

O turismo é um dos pontos fortes da cidade. Conhecida por sua hospitalidade o município recebe um grande número de turistas atraídos pelas belezas naturais, como o Lago de Furnas, serras e cachoeiras.

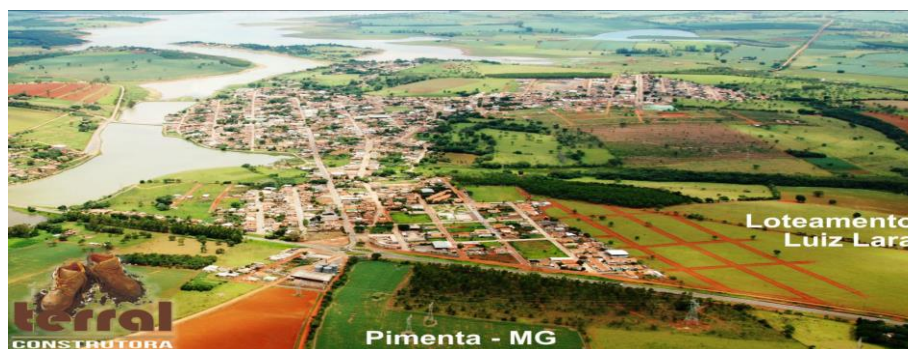
O distrito de Pimenta, Santo Hilário é um pequeno povoado com menos de 150 habitantes, fica às margens do lago de Furnas. O distrito tem um ar bem interiorano, mesclado a uma agitada vida típica de cidades do litoral, graças as águas do Lago de Furnas, suas paisagens e cachoeiras paradisíacas. É um dos lugares mais procurados de Minas pelos Turistas e um dos mais belos pontos turísticos do Estado. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA, 2007).

A cidade conta com apenas duas lojas de materiais de construção civil e vários escritórios de engenharia, arquitetura e de construtoras. Se tratando de Light Steel Framing, a região é escassa, motivado pelo desconhecimento da população. As empresas mais próximas situam-se em Oliveira, Betim e Belo Horizonte. O sistema Light Steel Framing é novidade no mercado da construção civil do município de Pimenta – MG e o trabalho busca promover uma disseminação racionalizada deste sistema construtivo no cenário atual.

5.3 Estudo da área de projeto e seu entorno

O terreno escolhido para a locação do projeto residencial, está localizado na cidade de Pimenta – MG, situado no Loteamento Luiz Lara, na Rua Dona Celina. A FIG. 35 a seguir, traz uma imagem aérea da cidade de Pimenta, com o loteamento em fase de construção a direita.

Figura 35 – Vista aérea Loteamento Luiz Lara



Fonte: TERRAL CONSTRUTORA E LOTEADORA, 2012

O loteamento foi aprovado em 2013 e conta com uma área privilegiada, entre a Rodovia MG-050 e o centro, perto de escola, posto de saúde, e praça de lazer, conforme FIG. 36.

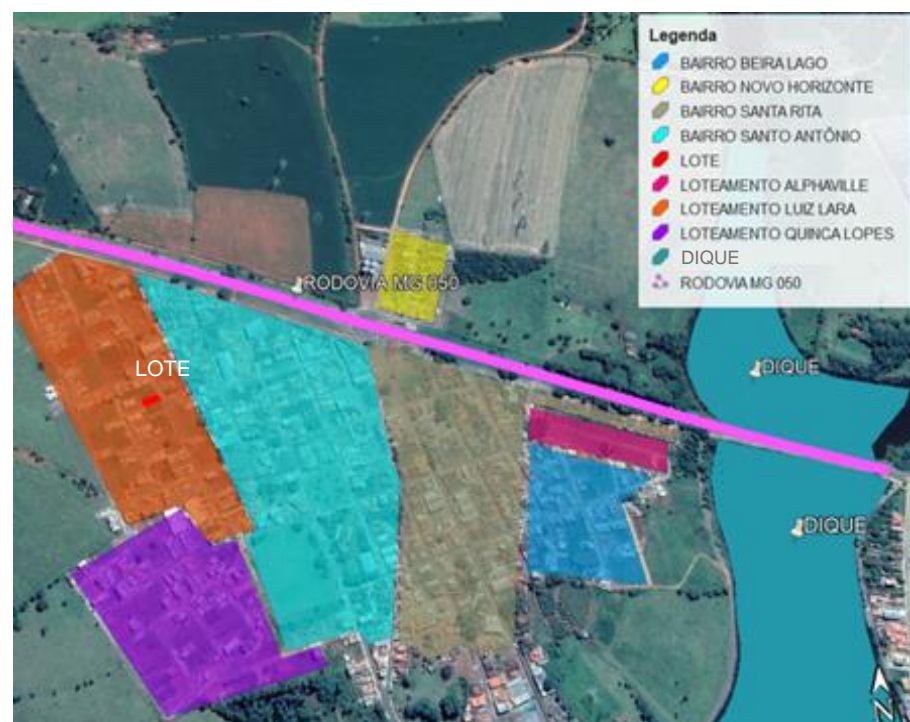
Figura 36 – Localização do terreno



Fonte: GOOGLE EARTH, 2019. (Adaptado pela autora, 2019).

É um bairro preferencialmente residencial, porém, na faixa marginal a rodovia, existe algumas indústrias de pequeno porte e depósitos de maquinário agrícola. A FIG. 37, a seguir, mostra os bairros que fazem fronteira com o loteamento.

Figura 37 – Entorno do Terreno



Fonte: GOOGLE EARTH, 2019. (Adaptado pela autora, 2019).

O lote conta com uma área de 299 m², sendo 11,5 m de frente e 26,0 m de fundo. Na FIG. 38, apresenta-se a imagens do terreno.

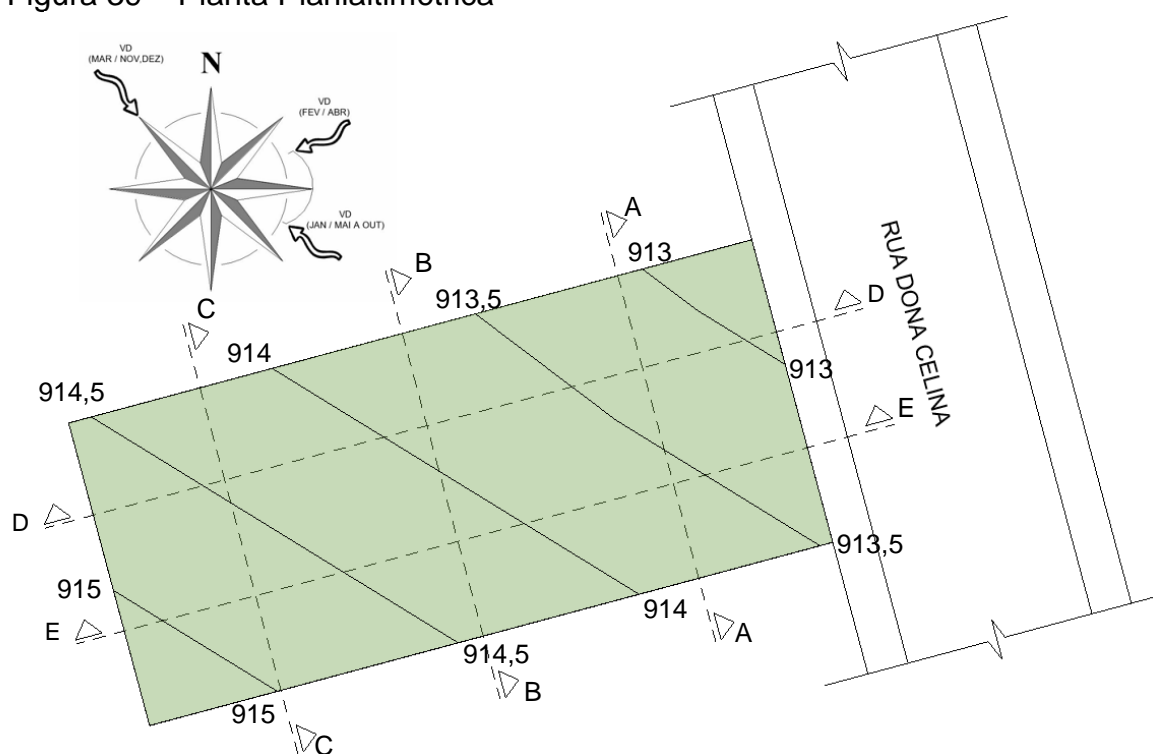
Figura 38 – Lote escolhido



Fonte: A autora, 2019.

De acordo com a planialtimetria (FIG. 39), pode se afirmar que, o terreno está em acive, possuindo em toda sua extensão, dois metros de desnível.

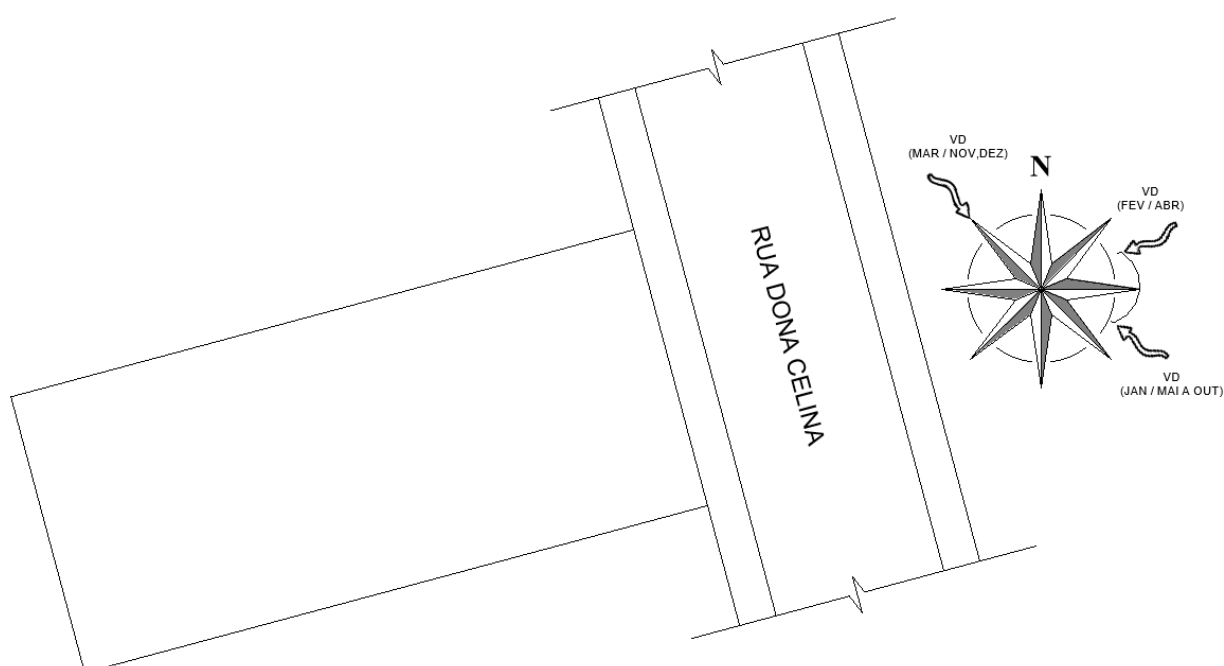
Figura 39 – Planta Planialtimétrica



Fonte: A autora, 2019.

Do ponto de vista da ventilação (FIG.40), o terreno recebe ventos advindos da face sudeste no mês de janeiro e nos meses de maio a outubro, conclui-se assim que nesta fachada haverá circulação de ar durante todo o inverno, e que deverá ser controlada por meio de dispositivos que possam barrar a ventilação quando indesejada e que permita adentrar quando for pertinente, no de mês de janeiro, por exemplo. A face nordeste do terreno recebera ventilação nos meses de fevereiro e abril. Já a face noroeste receberá ventilação nos meses de março, novembro e dezembro, meses de clima quente, porém as aberturas dessa face devem ser controladas, pois está fachada também é a que recebe forte insolação no período vespertino.

Figura 40 – Estudo do vento dominante

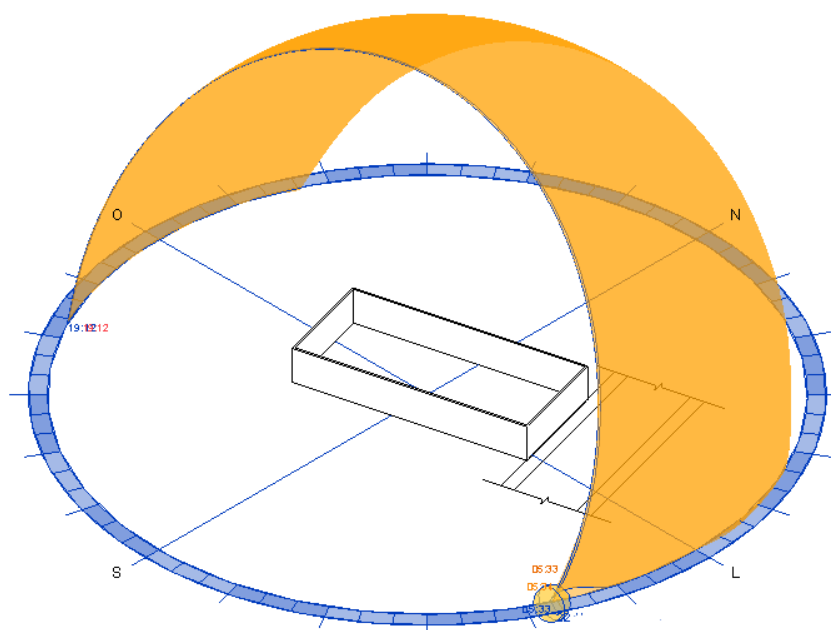


Fonte: A autora, 2019.

O estudo solar abaixo foi realizado utilizando o software Revit, onde sua precisão e confiabilidade é de 100%, pois utiliza o exato posicionamento do sol de acordo com as coordenadas geográficas da região estudada e as estações do ano.

A FIG. 41 apresenta o estudo solar no período de um ano, do nascer ao pôr do sol.

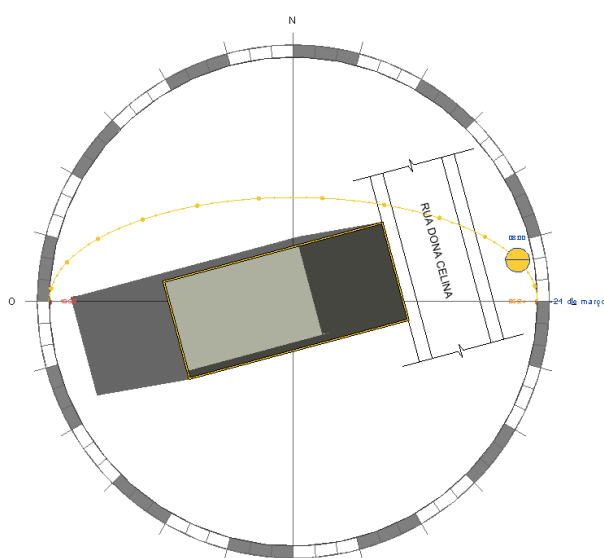
Figura 41 – Estudo solar anual



Fonte: A autora, 2019.

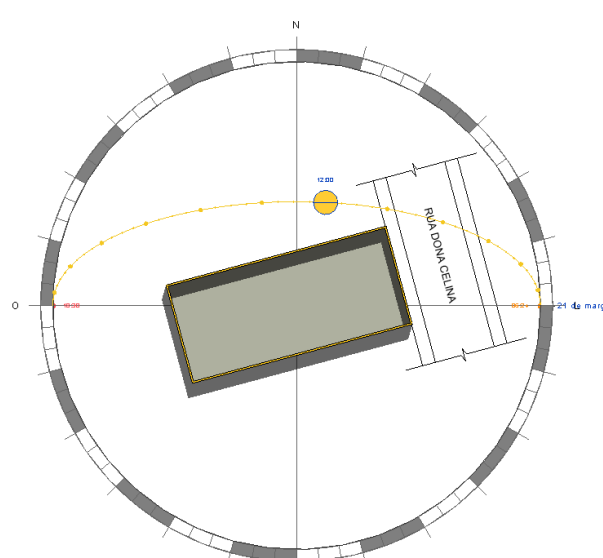
A seguir será apresentado o estudo solar no equinócio de outono, em 21/03, fenômeno natural que assinala o final do verão e a chegada da nova estação. O estudo foi feito em quatro horários distintos: 8 horas da manhã (FIG. 41), 12 horas (FIG. 42), 16 horas da tarde (FIG. 43) e 18 horas da tarde (FIG. 44).

Figura 42 – 8 Horas



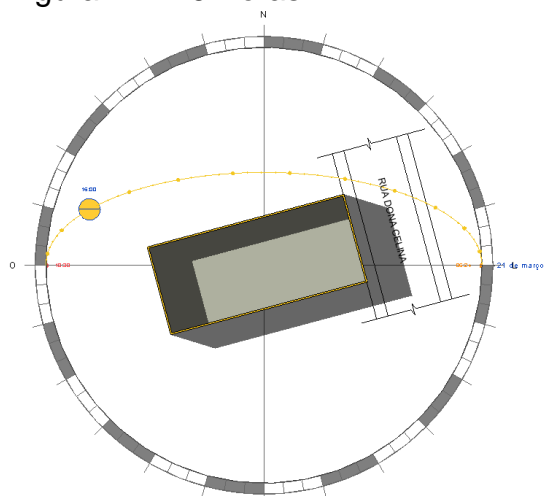
Fonte: A autora, 2019

Figura 43 - 12 Horas



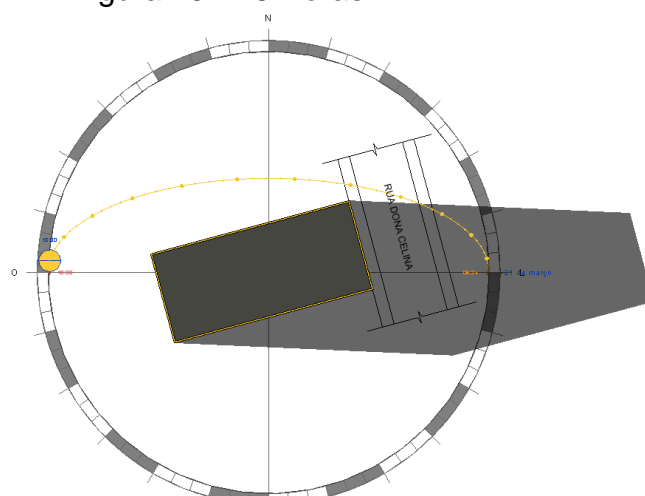
Fonte: A autora, 2019.

Figura 44 - 16 Horas



Fonte: A autora, 2019.

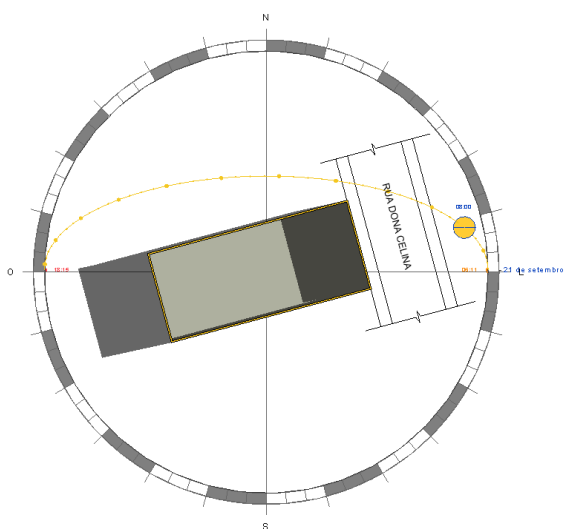
Figura 45 - 18 Horas



Fonte: A autora, 2019.

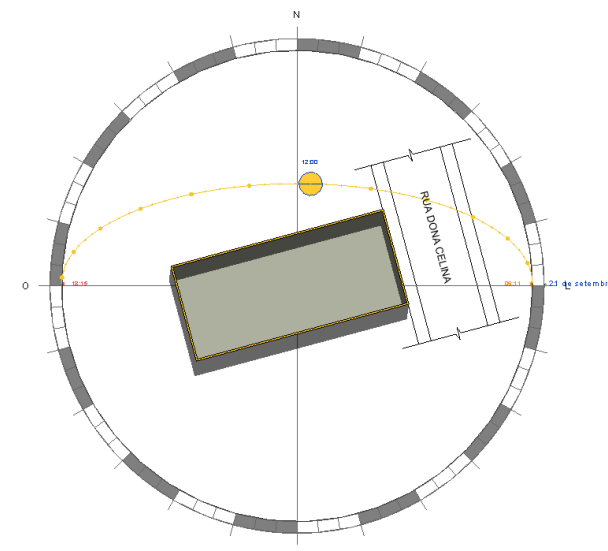
O equinócio de primavera representa o fim do inverno (estação anterior) e começo da primavera. No Brasil e em todo o Hemisfério Sul, este evento ocorre no mês de setembro, entre os dias 21 e 23. A seguir apresenta-se o estudo do dia 21/09.

Figura 46 - 8 Horas



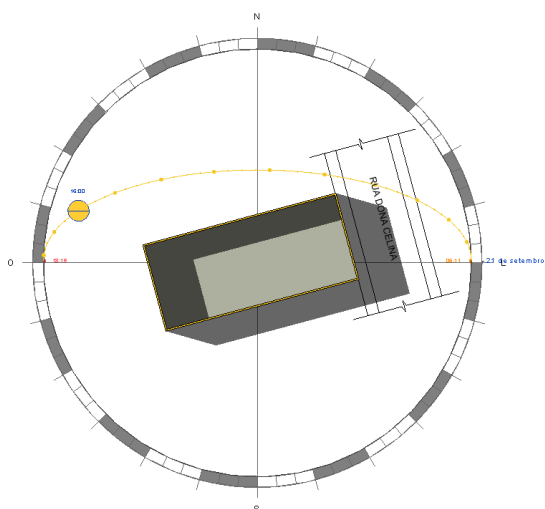
Fonte: A autora, 2019.

Figura 47 - 12 Horas



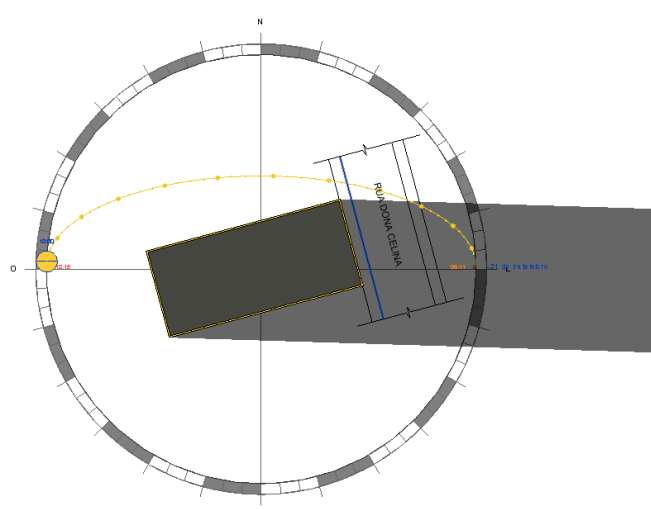
Fonte: A autora, 2019.

Figura 48 - 16 Horas



Fonte: A autora, 2019.

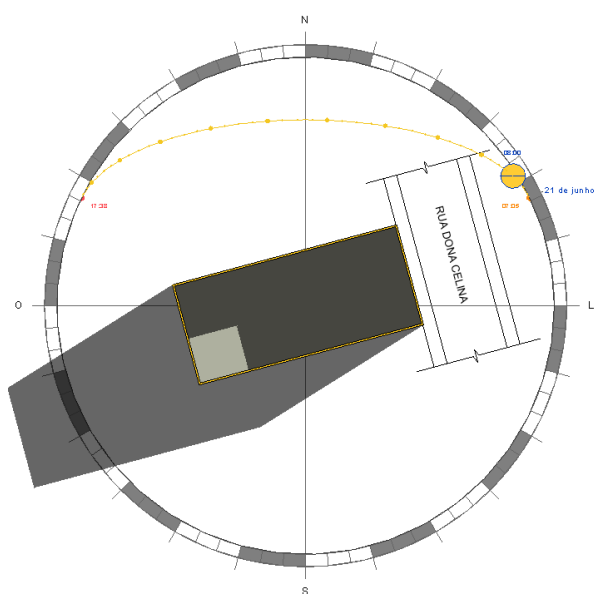
Figura 49 - 18 Horas



Fonte: A autora, 2019.

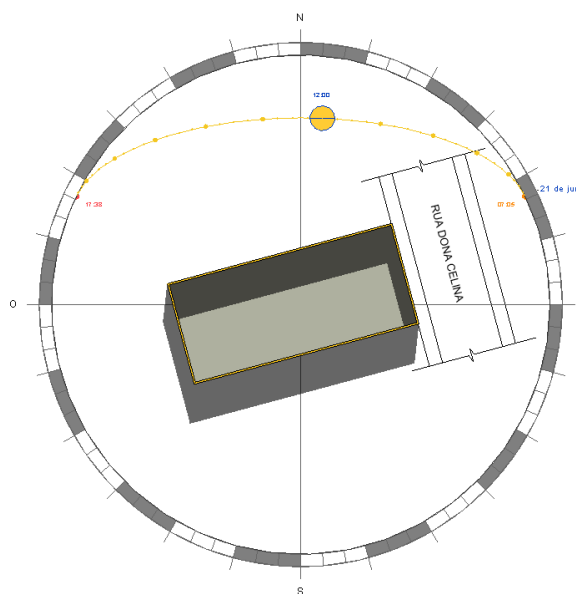
No solstício de inverno acontece o dia mais curto do ano e consequentemente a noite mais longa do ano, em termos de iluminação por parte do Sol e os estudos do dia 21 de junho serão apresentados a seguir.

Figura 50 - 8 Horas



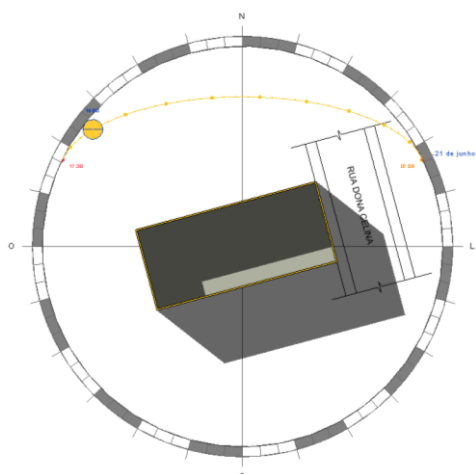
Fonte: A autora, 2019.

Figura 51 - 12 Horas



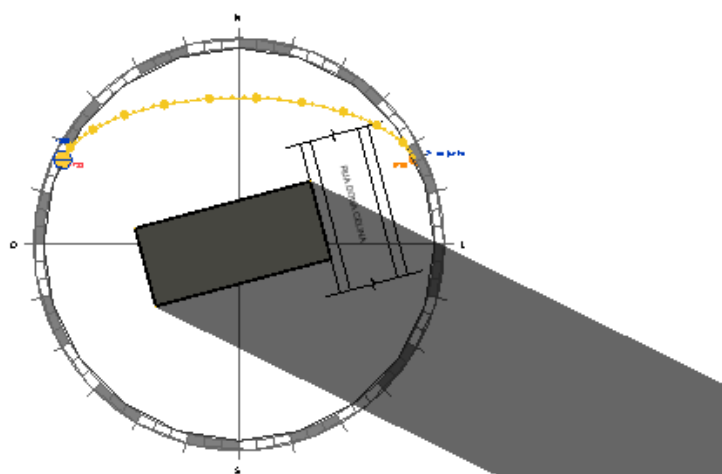
Fonte: A autora, 2019.

Figura 52 - 16 Horas



Fonte: A autora, 2019.

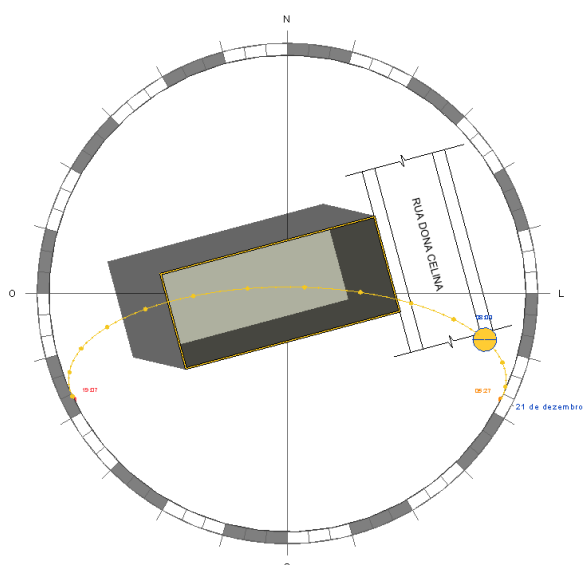
Figura 53 - 18 Horas



Fonte: A autora, 2019.

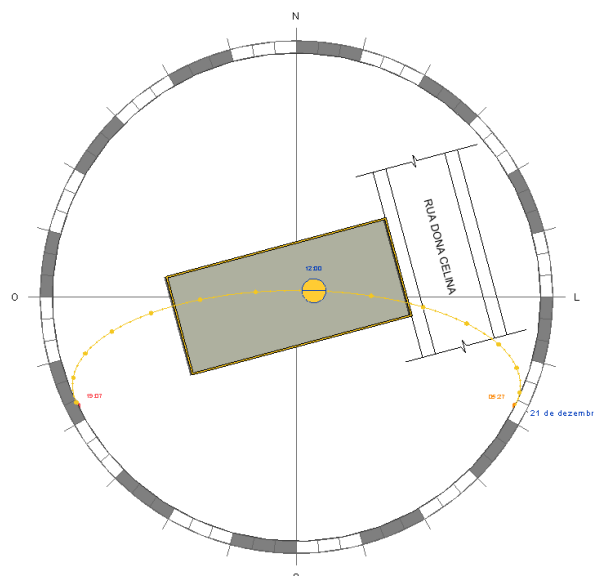
O solstício de Verão pode acontecer no dia 21 ou 22 de dezembro, dias em que a radiação solar incide de forma vertical sobre o Trópico de Capricórnio e que ocorre o dia mais longo do ano. As projeções das sombras nos distintos horários serão mostradas nas figuras abaixo.

Figura 54 - 8 Horas



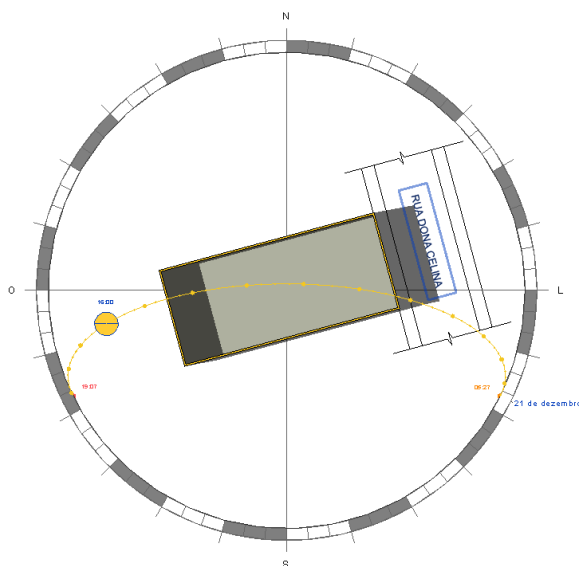
Fonte: A autora, 2019.

Figura 55 - 12 Horas



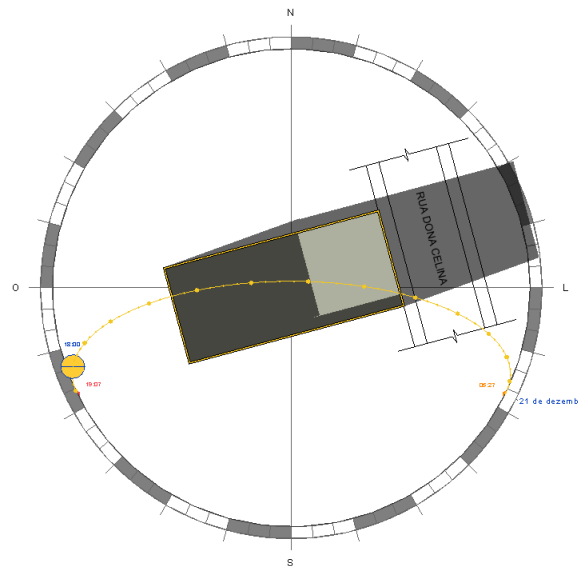
Fonte: A autora, 2019.

Figura 56 - 16 Horas



Fonte: A autora, 2019.

Figura 57 - 18 Horas



Fonte: A autora, 2019.

5.4 Estudo de mapas-síntese

Através de visitas ao local, análises aéreas por meio do Google Earth e mapas disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Pimenta, para entender melhor as dinâmicas do local onde será implantada o projeto residencial em Light Steel Framing, foi realizado um levantamento de dados do terreno e seu entorno, a fim de obter informações que serão de extrema importância para realização de um diagnóstico da área de trabalho por meio de mapas sínteses que auxiliarão na concepção e desenvolvimento do projeto proposto.

5.4.1 Mapa de hidrografia e de drenagem

Para nortear áreas com cursos d'água, nascentes, rios e também áreas com possíveis riscos de alagamento, foi feito o estudo da hidrografia do local.

De acordo com o Mapa de Hidrografia e Drenagem (FIG. 58), é possível notar que na região onde está localizado não há presença de cursos d'água naturais.

Figura 58 – Mapa hidrografia e drenagem



Fonte: Prefeitura Municipal de Pimenta (Adaptado pela Autora, 2019).

5.4.2 Mapa de cheios e vazios

Com base no Mapa de Cheios e Vazios (FIG. 59), o loteamento Luiz Lara ainda é pouco ocupado e conta com uma grande disponibilidade de lotes vagos.

Figura 59 – Mapa de cheios e vazios



Fonte: Prefeitura Municipal de Pimenta (Adaptado pela Autora, 2019).

5.4.3 Mapa de áreas verdes

De acordo com o Mapa de Áreas Verdes (FIG. 60), o loteamento Luiz Lara está localizado próximo a duas áreas rurais (ao lado esquerdo e a cima) que intercalam o uso da terra entre cultivo de hortaliças e pastagem para animais. A rodovia também é margeada por árvores e arbustos em todo trecho. O loteamento não possui parques e praças.

Figura 60 – Mapa de áreas verde



Fonte: Prefeitura Municipal de Pimenta (Adaptado pela Autora, 2019).

5.4.4 Mapa de uso do solo

Em relação ao mapeamento de uso do solo (FIG. 61), o loteamento Luiz Lara é predominantemente residencial possuindo poucos pontos de comércio e prestação de serviços. Há uma pequena parcela de galpões agrícolas, com a finalidade de armazenagem de produtos e maquinários e indústria de móveis, dispostos próximos às margens da rodovia, aproveitando a fácil saída e entrada de mercadorias. Há também a existência de um galpão de oficina mecânica.

Figura 61 – Mapa de uso do solo



Fonte: Prefeitura Municipal de Pimenta (Adaptado pela Autora, 2019).

5.4.5 Mapa de hierarquia viária

No diagnóstico deste mapa (FIG. 62) observa-se que a rua Dona Celina é uma via local. O loteamento possui pouca movimentação de automóveis e possui em média sete metros de largura e calçadas com um metro e meio.

Figura 62 – Mapa de hierarquia viária



Fonte: Prefeitura Municipal de Pimenta (Adaptado pela Autora, 2019).

5.4.6 Mapa de gabarito de altura de edificações

De acordo com o mapa de gabarito de altura de edificações (FIG. 63), o loteamento Luiz Lara possui em sua maioria, residências com um pavimento. Há também algumas residências de dois pavimentos.

Figura 63 – Mapa de gabarito de altura de edificações



5.4.7 Mapa de mobiliários urbanos

Por fim, de acordo com o mapa (FIG. 64), o loteamento possui poucos recursos se tratando de mobiliários urbanos. De acordo com a análise e visitas ao local de estudo, conclui-se que não existem lixeiras e bancos. A cidade de Pimenta não possui transporte de uso coletivo, portanto não há pontos de ônibus. Ainda de acordo com as análises realizadas durante a visita pode-se notar que o loteamento possui poucas rampas acessíveis. A parte de iluminação possui uma boa distribuição.

Figura 64 – Mapa de mobiliários urbanos



Fonte: Prefeitura Municipal de Pimenta (Adaptado pela Autora, 2019).

6 PROPOSTA PROJETUAL

A proposta deste trabalho se refere ao desenvolvimento de um projeto residencial em Light Steel Framing, a ser construído na cidade de Pimenta – MG e sua respectiva modelagem, utilizando o software Revit, a fim de elaborar o orçamento completo da edificação.

O trabalho se iniciou com a concepção do fluxograma de processos para entender onde e como iríamos chegar ao resultado final. Depois disso, foi elaborado o perfil do cliente, programa de necessidades, fluxograma de setorização e conceito e partido arquitetônico, a fim de facilitar o desenvolvimento das plantas.

Para cada etapa do trabalho foram utilizados softwares específicos. A escolha dos softwares foram realizadas considerando dois aspectos: utilização dentro da orçamentação e interoperabilidade entre dados.

A princípio, foi feito a modelagem minuciosa em três dimensões, com o detalhamento do projeto arquitetônico. Esta modelagem 3D, foi de extrema importância para fornecer especificações parametrizadas de cada elemento do projeto para o software Navisworks, por isso, cada detalhe foi pensado de forma profunda, seguindo exatamente o processo construtivo e os materiais empregados foram parametrizados de acordo com o que exige o sistema construtivo. Automaticamente, foram geradas tabelas de quantificação de materiais, áreas e volumes de espaços. Essas tabelas serviram para a iniciação da orçamentação no Navisworks.

Depois disso o modelo foi exportado para o *software* Navisworks, que permitiu a revisão e gerenciamento de dados, detecção de interferências, para garantir a confiabilidade do modelo elaborado, que permitiu extinguir qualquer duplicidade ou inconsistência que possam interferir na precisão dos dados gerados.

No Navisworks, foram quantificados os materiais, interligando as quantificações com as tabelas, separadas por grupos, seguindo o modelo da planilha orçamentaria PFUI, da Caixa Econômica Federal. Foi feito um levantamento de custos dos materiais e serviços presentes na construção, para a região de Pimenta–MG, utilizando a tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e consultando também empresas que trabalham com o sistema construtivo LSF. A estrutura básica das etapas do orçamento segue a sequência de execução da obra.

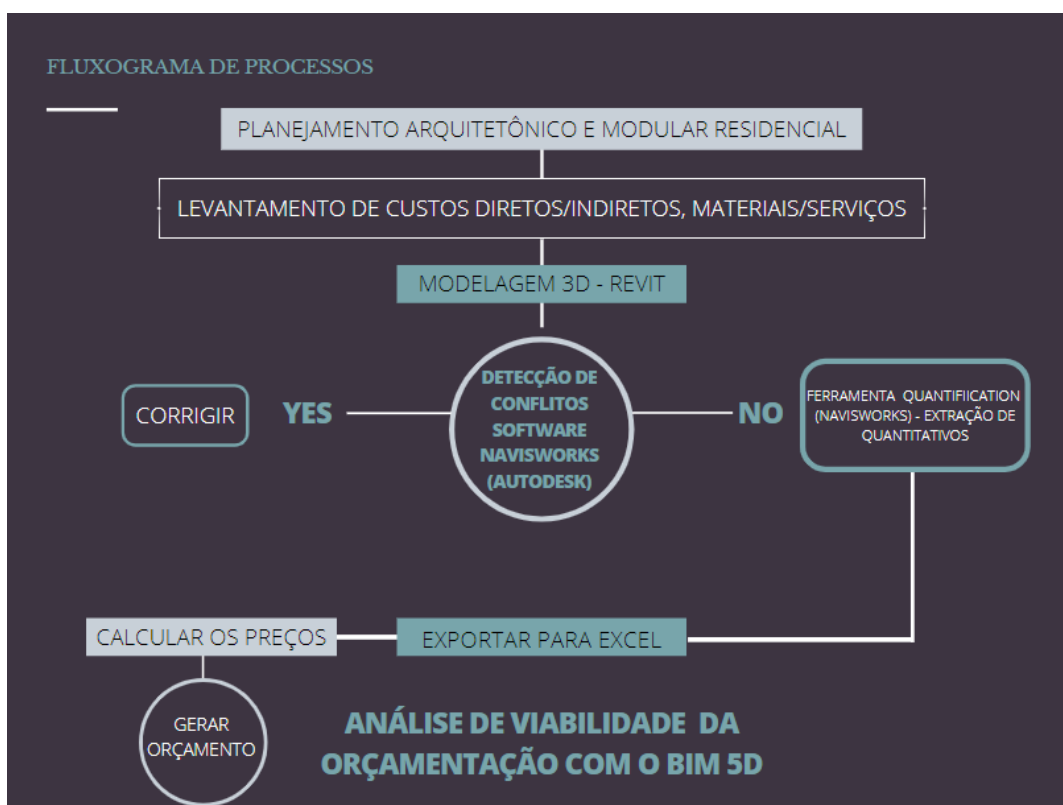
Por fim, o modelo foi exportado para o Excel (editor de planilhas) e unindo os custos diretos e indiretos, foi concluído o processo de orçamentação e encontrado o

valor total da obra, analisando a viabilidade econômica, social e tecnológica do BIM no levantamento de quantitativos e também do método construtivo Light Steel Framing.

6.1 Fluxograma de processos

Visando maior facilidade de compreensão das etapas e atividades desenvolvidas na pesquisa, elaborou-se um fluxograma esquemático (FIG. 65), que apresenta de forma clara e objetiva, as respectivas sequências de elaboração.

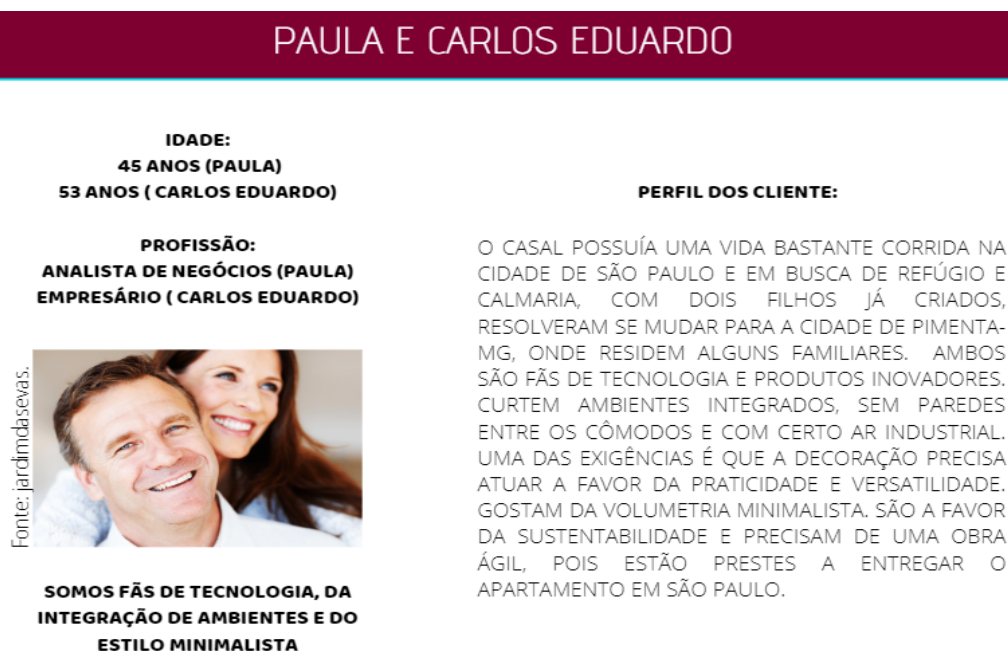
Figura 65 – Diagrama esquemático das atividades



Fonte: A autora, 2019.

6.2 Perfil do Cliente (Persona)

Figura 66 – Perfil do cliente



Fonte: A autora, 2019.

6.3 Programa de necessidades

- 01 SUITE
- 01 SALA DE ESTAR/JANTAR
- 01 COZINHA
- 01 BANHEIRO SOCIAL
- 01 ÁREA DE SERVIÇOS EXTERNA
- 01 HOME OFFICE
- GARAGEM PARA 02 CARROS

6.4 Fluxograma de setorização

Após a definição do perfil do cliente e o desenvolvimento do programa de necessidades, foi elaborado um fluxograma que atenda as exigências do casal (FIG. 67). No fluxograma é possível entender a dinâmica da edificação, analisando as melhores estratégias para a locação de cada bloco e a circulação entre eles.

Figura 67 – Setorização de ambientes



Fonte: A autora, 2019.

6.5 Conceito

O conceito do projeto parte da ideia de unir o simples e elementar do estilo minimalista ao estilo industrial. A integração entre os ambientes contribuirá com a praticidade, leveza e para alcançar maior iluminação natural e ventilação, dispensando o uso de equipamentos elétricos. Isso também está ligado a sustentabilidade, juntamente com a técnica construtiva utilizada, que permite maior racionalização de recursos naturais.

6.6 Partido arquitetônico

Com base no conceito mencionado acima, toma-se como partido de projeto o pé direito alto, planta sem paredes divisórias internas (com exceção do banheiro) e com ambientes conjugados em um só, remetendo a um loft urbano. A iluminação natural será garantida por grandes aberturas de janelas e portas, trazendo leveza ao ambiente. Esse partido arquitetônico relacionado a integração dos ambientes, traz a sensação de amplitude, tornando o espaço grande e único.

Como um quebra cabeça, o projeto é encaixado peça por peça, reduzindo o tempo de obra em 2/3 do tempo e a modulação garantida pelo projeto, tem como objetivo otimizar o uso dos materiais e os custos e mão-de-obra à medida que padronizam e permitem a multiplicidade dos componentes estruturais, de fechamento e de revestimento.

A fachada principal será desenvolvida com uma proposta de volumetria minimalista, utilizando o cimento queimado, aço cortem e cobogós para garantirem a privacidade dos moradores.

7 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Em 2014, um estudo da McGraw Hill analisou o uso do BIM em diversos países nos 5 continentes. Constatou-se que 75% dos construtores entrevistados afirmaram um Retorno sobre o Investimento (ROI) positivo com a utilização da tecnologia.

Através destas pesquisas, foi possível compreender, que o sistema de modelagem BIM, ao contrário dos desenhos CAD que eram limitados em informação, abre uma ampla gama de infinitas possibilidades, devido à imensa quantidade de informação que o sistema coleta.

No presente trabalho, vimos que o Revit não gera um orçamento, mas ele auxilia e fornece os quantitativos de forma rápida e precisa, diminuindo assim, os erros e omissões que causam custos imprevistos a obra. Sua ferramenta de detecção de conflito permite aos projetistas prever todos os erros presentes na modelagem, antes mesmo de serem executados, diminuindo as preocupações em obra.

Além disso, vimos que o sistema construtivo Light Steel Framing apresenta grandes vantagens técnicas e construtivas em relação aos métodos convencionais, porém ainda não é bem difundido na região, pela dificuldade de encontrar insumos e mão de obra especializada.

A fim de melhorar este quadro, esta pesquisa é uma alternativa para a implementação do BIM e da construção a seco na região de Pimenta-MG, podendo tornar a prática mais comum e reduzindo os custos e as barreiras culturais.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção**. v. 3, p. 63. Brasília, DF: ABDI, 2017. Disponível em: https://mutual.com.br/wp-content/uploads/2018/01/GUIA-BIM03_20171101_web.pdf. Acesso em: 18 mar. 2019.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção Industrializada: Conceitos e Etapas**. v. 1, p 205. Brasília, DF: ABDI, 2015. Disponível em: <http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/manual-construcao.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.
- AGENCIA ESTADO. Desperdício representa de 3% a 8% dos custos da construção. **Estadão**. São Paulo, 23 maio 2002. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,desperdicio-representa-de-3-a-8-dos-custos-da-construcao,20020523p30532>. Acesso em: 23 fev. 2019.
- ALAGO. **Encantadora, Pimenta irá fazer você voltar!**. 2014. Disponível em: <https://alago.org.br/municipios.asp>. Acesso em: 19 maio 2019.
- ALDER, Morgan A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to on-screen takeoff for a quantity takeoff on a conceptual estimate**. 2003. Dissertação. (Master of Science) – School of Technology Brigham Young University, Provo, 2006.
- AYRES, Robert U. Sustainability economics: Where do we stand?. **Ecological Economics**, Amsterdão, Países Baixos, v.67, n.2, p.281-310, 2008. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.397.3039&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.
- ARQUITETURA&AÇO. **Light Steel Framing**: aplicações do sistema construtivo. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA, v. 47, set./out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABDI disponibiliza novas normas no Catálogo da ABNT**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/noticias/6034-abdi-disponibiliza-novas-normas-no-catalogo-da-abnt>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR15965-1**: sistema de classificação da informação da construção – Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15253**: perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12006-2**: Construção de edificação – Organização de informação da construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BARONI, Larissa Leiros. As vantagens da plataforma BIM incluem todo o ciclo de vida do edifício. **Arquitetura e Urbanismo – aU**, São Paulo, ed. 208, jul. 2011. Disponível em: <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/vale-a-pena-migrar-224372-1.aspx>. Acesso em: 04 mar. 2019.

BATEMAN, B. W. **Light gauge steel verses conventional wood Framing in residential construction**. Texas: Department of construction Science of A&M University, College Station, 1998.

BELK, Abram. BIM um novo paradigma: vantagens, desvantagens e dificuldades. In: PALESTRA DO ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL, 12., 2009, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABECE, 2009. Disponível em: http://www.abece.com.br/web/download/pdf/enece2009/ABRAM_12_ENECE_3.pdf. Acesso em: 01 mar. 2019.

JOHN, Amy. **BIM 4D e 5D: uma extensão da modelagem 3D Revit**. 04 jan. 2018. Disponível em: <https://thebimhub.com/2018/01/04/4d-5d-bim-extension-3d-revit-modeling/#.XV8PBuhKhPY>. Acesso em: 02 abr. 2019.

BESSEN, Maria Carolina. **Modelagem inteligente (BIM) no processo de levantamento de quantitativos para orçamento de um projeto industrial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Infraestrutura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/177123/TCC_MariaCarolinaBesen_2017.pdf?sequence=1. Acesso em: 25 abr. 2019.

BRAGA, Paula Rodrigues. **Levantamento de quantitativos com uso da tecnologia BIM**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%20quantitativos%20Edf.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019.

BUILDIN CONSTRUÇÃO & INFORMAÇÃO; BIM NA PRÁTICA. Tecnologia BIM: guia completo. **buildin Construção & Informação**. Curitiba, PR, [2019?]. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/guia-completo-sobre-tecnologia-bim/>. Acesso em: 02 jun. 2019.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. PIB Brasil e Construção Civil. CBIC, 30 maio 2019. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em: 03 abr. 2019.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco et al. **Entendendo BIM: uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1. ed. Curitiba, PR: Tiago Francisco Campestrini, 2015. 115 p. E-book. Disponível em: http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf. Acesso em: 24 fev. 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Obras com sistema light steel frame. CBCA. 2018. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalmes.php?cod=7409>. Acesso em: 03 abr. 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Aço é solução durável e sustentável: Ecoeficiente em seu processo produtivo e 100% reciclável, material pode ser utilizado em qualquer tipo de obra, do projeto mais simples até o mais elaborado. **CBCA**. 2018. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca-detalmes.php?cod=101064>. Acesso em: 03 abr. 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Estatísticas. **CBCA**. 2018. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-estatisticas.php>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

CICHINELLI, Gisele. Obras com sistema light steel frame. **Construção estruturas metálicas LTDA**. Queimadas, PB, 20 jul. 2017. Disponível em: <https://construacopb.com.br/blog/inovacao/obras-com-sistema-light-steel-frame/>. Acesso em: 03 abr. 2019.

CONSULSTEEL. **Construcción com liviano**: Manual de Procedimiento. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

DECA. **Arquivos 2D e 3D para Projetos**. 2015. Disponível em: <https://www.deca.com.br/biblioteca/arquivos-2d-e-3d-para-projetos/>. Acesso em: 02 abr. 2019.

DEEPASK. **Agricultura**: Veja produção agrícola e área plantada por cidade do Brasil-Pimenta, MG. 2010. Disponível em: <http://www.deepask.com/goes?page=pimenta/MG-Agricultura:-Confira-a-producao-agricola-e-a-area-plantada-no-seu-municipio>. Acesso em: 19 maio 2019.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. p. 483. Porto Alegre: Bookrnan, 2014. Disponível em: https://stream2.docero.com.br/pdf_dummy/eyJpZC16IjYyNzYzNCIsIm5hbWUiOiJNQ-U5VQUwgQkINIC0gQ0hVQ0sgRUFTVE1BTiIsImV4dGVuc2lvcil6InBkZiIsImNoZWNr-c3VtX2IkljoiNTU2NTY3NSJ9?. Acesso em: 10 mar. 2019

FINESTRA. **Arquitetura, tecnologia e ecoeficiência**. São Luís, MA: Arco, v. 104, mai./jun. 2017.

FORGUES, Daniel et al. *Rethinking the Cost Estimating Process through 5D BIM: A case Study*. 2012. In: *Construction Research Congress, 2012, Canada*. **Anais** [...]. Canada: ©ASCE, 2012. p. 778- 785. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268589485_Rethinking_the_Cost_Estimating_Process_through_5D_BIM_A_Case_Study. Acesso em: 06 abr. 2019.

FULL ESTRUTURAS. **O sistema construtivo light steel Framing**: O Light Steel Framing ou sistema autoportante de construção a seco em aço é um sistema construtivo de utilização recente no Brasil. 2016. Disponível em:

<http://fulestruturas.com.br/o-sistema-construtivo-light-steel-framing/>. Acesso em: 12 mar. 2019.

GUEDES, Aline. **CONSTRUÇÃO SECA – WOOD FRAME**. Torres, RS, 15 abr. 2019. Disponível em: <http://alineguedesarquitetura.com.br/construcao-a-seca-wood-frame/>. Acesso em: 23 mar. 2019.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Noções de orçamento e planejamento de obras**. São Leopoldo: UNISINOS, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pimenta/panorama>. Acesso em 15 de maio de 2019.

JUSTI, Alexander Rodrigues. **Gestão & Tecnologia de Projetos: implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros: relato de uma experiência**. v. 3, n. 1, p. 140-152. São Paulo: Mônica Santos Salgado, 05 jun. 2008. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50931/55013>. Acesso em: 11 abr. 2019.

KAJIMA. Escolas de Hertfordshire, Luton e Reading. Londres, 2017. Disponível em: <https://www.kajima.co.uk/case-studies/hertfordshire-luton-and-reading-schools>. Acesso em: 01 jun. 2019.

KAMARDEEN, Imriyas. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design**. Austrália: Egbu, 2010. E-book. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.8274&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.

KIMURA, Alio Ernesto. Especialista afirma que, embora esteja em processo de difusão, o BIM ainda é pouco usado no país. Bruno Loturco. **Téchne**. São Paulo, ed. 245, ago. 2017. Disponível em: <https://techne.pini.com.br/2017/08/especialista-afirma-que-embora-esteja-em-processo-de-difusao-o-bim-ainda-e-pouco-usado-no-pais/>. Acesso em: 25 mar. 2019.

LANCELLOTTI, Ana Carolina de Oliveira. Possibilidades e dificuldades de uso do Light Steel Frame no Brasil. **Revista Especialize On-Line IPOGE**. Goiânia, ed. 11, v.1, jul. 2016. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n11-2016/possibilidades-e-dificuldades-de-uso-do-light-steel-frame-no-brasil/>. Acesso em: 02 abr. 2019.

LIMA, Camila Borges Moreira de. **Como elaborar orçamento utilizando processo BIM**. 2018. Monografia de Projeto Final (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2018. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/20797/1/2018_CamilaBorgesMoreiraDeLima_tcc.pdf. Acesso em: 01 jun. 2019.

LOSCHIAVO, Rafael. O que é Ecoeficiência e Sustentabilidade?. **Ecoeficientes - Escritório de arquitetura especializado em Sustentabilidade**. Disponível em: <http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-ecoeficiencia-e-sustentabilidade/>. Acesso em: 25 mar. 2019.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/publico/TESE_LEONARDO_MANZIONE.pdf. Acesso em: 11 abr. 2019.

MATOS, Fernando. **Aço é solução durável e sustentável**: Ecoeficiente em seu processo produtivo e 100% reciclável, material pode ser utilizado em qualquer tipo de obra, do projeto mais simples até o mais elaborado. **AECweb**. 2017. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/aco-e-solucao-duravel-e-sustentavel_17295_10_0. Acesso em: 03 abr. 2019.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: Editora PINI, 2006. E-book. Disponível em: <https://engcivil20142.files.wordpress.com/2017/08/como-preparar-orc3amentos-de-obras-aldo-dc3b3rea-mattos.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2019.

MITCHELL, David. **5D BIM: Creating Cost Certainty and Better Buildings**, RICS Cobra Conference, Las Vegas, 2012. Disponível em: https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC27547.pdf. Acesso em: 18 mar. 2019.

MOTTA, Silvio R. F; AGUILAR, Maria Teresa P. **Gestão & Tecnologia de Projetos: sustentabilidade e processos de projetos de edificações**. v. 4, n. 1, p. 88-123. São Paulo: Paulo Roberto Andery, 30 maio 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50953/55034>. Acesso em: 06 mar. 2019.

NAKAMURA, Juliana. Conheça 4 aplicações práticas de BIM: Integração na gestão de projetos – CCDI. **buildin Construção & Informação**. Curitiba, PR, 27 ago. 2018. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/conheca-4-aplicacoes-praticas-de-bim/>. Acesso em: 20 fev. 2019.

NAKAMURA, Juliana. Chapas versáteis: aplicação de chapas cimentícias em fachadas ganha força no Brasil com melhoria na qualidade dos produtos e disseminação de sistemas construtivos industrializados. **Téchne**. São Paulo, ed. 186, jun. 2012. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/186/artigo287984-2.aspx>. Acesso em: 27 maio 2019.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL BuildingSMART AUSTRALASIA. **National Building Information Modelling Initiative**. Vol. 1, *Strategy: A strategy for the focussed adoption of building information modelling and related digital technologies and processes for the Australian built environment sector*. Sydney: BuildingSMART AUSTRALASIA, 2012. E-book. Disponível em: https://buildingsmart.org.au/wp-content/uploads/2014/03/NationalBIMInitiativeReport_6June2012.pdf. Acesso em: 23 maio 2019.

PAR MAIS. Como fazer análise de viabilidade econômica e financeira. Par Mais. São Paulo, 18 abr. 2017. Disponível em: <https://www.parmais.com.br/blog/como-fazer-analise-de-viabilidade-economica-e-financeira/>. Acesso em: 27 mar. 2019.

PEREIRA, Caio. Custos Diretos e Indiretos: O que são e como determiná-los. **Escola Engenharia**, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/custos-diretos-e-indiretos/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

PETKOW, Marilize; ALMEIDA, Vera Luci. Ecoeficiência e o desenvolvimento sustentável - um estudo de caso em um hotel certificado pela ISO 14001. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 25, 2005, Porto Alegre, RS. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2005. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2005_Enegep1002_0605.pdf. Acesso em: 25 abr. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA. **Histórico do Município de Pimenta**. 2016. Disponível em: <http://www.pimenta.mg.gov.br/novo/index.php/perfil-de-pimenta>. Acesso em: 26 maio 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIMENTA. **Plano Diretor Participativo**. 2007. Disponível em: <http://www.pimenta.mg.gov.br/novo/leis/8.pdf>. Acesso em: 26 maio 2019.

RAVENSROFT, Tom. Estudo de caso: o BIM ajuda as escolas secundárias a cumprir o orçamento. **BIM+**. Londres, 8 maio 2017. Disponível em: <http://www.bimplus.co.uk/projects/case-study-bim-helps-secondary-schools-stick/>. Acesso em: 01 jun. 2019.

RECANTO DAS LETRAS. Biografia do fundador da E. E. de Pimenta: Padre José Espíndola Bittencourt. [S.l.], 11 maio 2017. **Recanto das Letras**. Disponível em: <https://www.recantodasletras.com.br/biografias/5995978>. Acesso em 15 maio 2019.

RODRIGUES, Francisco Carlos; CALDAS, Rodrigo Barreto. **Steel Framing: engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA, 2016. 224 p.

ROSSO, Silvana Maria. Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos. **Arquitetura e Urbanismo – aU**, São Paulo, ed. 208, jul. 2011. Disponível em: <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/bim-quem-e-quem-224333-1.aspx>. Acesso em: 12 mar. 2019.

ROTH, Caroline das Graças; GARCIAS, Carlos Mello. **Desenvolvimento em Questão: Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Rio Grande do Sul, Unijuí, v. 7, n. 13, p. 111-128, jan./jun. 2009. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169>. Acesso em: 13 mar. 2019.

SABOL, Louise. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling**. San Diego: IFMA World Workplace, 2008.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria. Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Steel Framing: arquitetura**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA, 2012. 151 p.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda et al. A utilização do BIM em projetos de construção civil. 2009. Artigo (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) –

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: http://stat.necat.incubadora.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/171/pdf_49. Acesso em: 29 mar. 2019.

SILVA, Jorge Luiz da; COMPARIM, Leonardo Luiz. **Estudo de caso: análise comparativa do orçamento e planejamento de uma residência unifamiliar utilizando as ferramentas AutoCAD e Revit.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, Paraná, 2016. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7662/1/PB_COECI_2016_1_01.pdf. Acesso em: 23 mar. 2019.

SMARTMARKET REPORT. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling.** Bedford, MA: McGraw Hill Construction, 2014. *E-book*. Disponível em: https://www.academia.edu/11605146/The_Business_Value_of_BIM_for_Construction_in_Major_Global_Markets_How_Contractors_Around_the_World_Are_Driving_Innovation_With_Building_Information_Modeling. Acesso em: 24 fev. 2019.

SMITH, Peter. *BIM & the 5D Project Cost Manager. In: IPMA WORLD CONGRESS, 27., 2007, Australia. Anais [...].* Australia: ELSEVIER, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275245640_BIM_the_5D_Project_Cost_Manager. Acesso em: 18 mar. 2019.

TERRAL CONSTRUTORA E LOTEADORA. Foto Aérea da Cidade de Pimenta com o Loteamento Luiz Lara em construção à direita. 2012. Disponível em: <https://www.facebook.com/terrapontocom/photos/a.313236705386076/313237032052710/?type=3&theater>. Acesso em: 01 jun. 2019.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** São Paulo: Editora PINI, 2006. 367 p.

VIVA DECORA PRO. **Dúvida entre ArchiCad ou Revit? Confira nossa análise e descubra qual software é melhor para suas necessidades.** 12 abr. 2018. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/tecnologia/archicad-ou-revit/>. Acesso em: 11 abr. 2019.

VIVA DECORA PRO. **O que é Revit? Entenda como o programa otimiza o tempo e cria projetos mais completos.** 13 maio 2019. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/tecnologia/revit/>. Acesso em: 11 abr. 2019.

WIKIPEDIA. Pimenta (Minas Gerais). 2006. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Pimenta_\(Minas_Gerais\)#/media/File:MinasGerais_Municip_Pimenta.sv](https://pt.wikipedia.org/wiki/Pimenta_(Minas_Gerais)#/media/File:MinasGerais_Municip_Pimenta.sv). Acesso em 15 de maio de 2019.

XAVIER, Ivan. **Orçamento, Planejamento e Custo de Obras.** São Paulo: FUPAM, 2008. *E-book*. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/wilsonaparecidogomes/18042010-190858>. Acesso em: 03 abr. 2019.