

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

LÚCIO MOTA MARINHO JÚNIOR

**UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM ALIADA AOS CONCEITOS DO PMBOK®
NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**

PALMAS

2019

LÚCIO MOTA MARINHO JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM ALIADA AOS CONCEITOS DO PMBOK®
NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no Curso
Superior de Engenheiro Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Virley Lemos
Coorientador: Prof. Me. Washington
Gutemberg de Moura Luke

**PALMAS
2019**

MOTA, L.M

Utilização Da Tecnologia Bim Aliada Aos Conceitos Do PMBOK® No Desenvolvimento De Projetos Para A Construção Civil. / Lúcio Mota Marinho Junior. – Palmas, 2019. 105 f.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Virley Lemos de Souza

1.BIM 2. PMBOK 3. Restrição Tripla 4. Interoperabilidade. Utilização Da Tecnologia Bim Aliada Aos Conceitos Do PMBOK® No Desenvolvimento De Projetos Para A Construção Civil.

FOLHA DE APROVAÇÃO

LÚCIO MOTA MARINHO JUNIOR

UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM ALIADA AOS CONCEITOS DO PMBOK® NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no Curso
Superior de Engenheiro Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Virley Lemos
Coorientador: Prof. Me. Washington
Gutemberg de Moura Luke

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Virley Lemos de Souza
Orientador

Prof. Me. Washington Gutemberg de Moura Luke
Coorientador

Eng. Lucas Cardoso de Arruda
Engenheiro Civil Especialista

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pela vida, por todas as bênçãos ao longo desses anos e por ter tornado possível a realização de mais um sonho e a conclusão de mais uma etapa na minha vida, sem ele nada teria sido possível.

A minha família, em especial meus pais Lúcio e Francinete por todo o cuidado comigo ao longo de todos esses anos, pelo exemplo de perseverança, fé e trabalho duro que me guiaram ao longo de toda a vida, ao meu Irmão Bruno Henrique pelo apoio, incentivo e por ter me ajudado em vários momentos ao longo do desenvolvimento desse trabalho, aos meus primos Arthur e Nathália e a todos os tios e tias que acompanharam de perto o período da graduação, em especial à minha tia e madrinha Lucinete que tanto me ajudou, apoiou, incentivou e esteve presente em todos os momentos.

Ao prof.Dr. Virley Lemos por ter aceitado o convite de orientar esse trabalho, por toda a disposição em auxiliar nos mínimos detalhes, por todo o cuidado nos atendimentos, revisões, por estar sempre presente, e por ser não apenas um exemplo profissional de altíssimo nível, mas também um exemplo de ser humano e cristão que me ensinou coisas que levarei por toda a vida.

Ao professor Washington Gutemberg de Moura Luke, por ter aceito o convite para ser o coorientador e por ter contribuído na escolha do tema, definição dos objetivos e por mesmo distante, sempre estar presente orientando, auxiliando e contribuindo para que o trabalho atingisse o objetivo.

Ao Engenheiro Civil Lucas Cardoso de Arruda, por aceitar participar da banca, por auxiliar com toda a sua bagagem profissional, e por ao longo do desenvolvimento do trabalho, ter sido não apenas um mentor e incentivador, mas também por ter se tornado um grande amigo.

A todos os meus colegas que compartilharam comigo os cinco anos de graduação, por terem estado sempre comigo nos bons e nos maus momentos, compartilhando alegrias, tristezas, conquistas e realizações: Aleff, Gustavo, Nicole, Jessievane, Greyci, Joyce, Jaryd, Luidson, Heron, Lucas Bastos e William lobo.

A minha namorada Ana Luiza Guerra que me acompanhou durante grande parte da graduação e tem sido uma grande incentivadora da minha caminhada profissional e alguém com quem tenho tido o prazer de dividir momentos inesquecíveis.

A todos os amigos e companheiros de caminhada cristã que sempre estiveram comigo nos bons e maus momentos da vida: Alessandra Malta, Pedro Medeiros, Samuel Rodrigues, Fernando Mendes, Israel Henrique, Bárbara Rodrigues e todos os outros que eu possa ter esquecido de citar.

Muito obrigado por todo o incentivo, cuidado, amor e carinho.

Amo vocês!

*“O Senhor é minha luz e minha salvação,
a quem temerei?
O Senhor é o protetor de minha vida,
de quem terei medo?”
(Salmos 27:1 – Bíblia Sagrada)*

RESUMO

O processo de industrialização da construção civil nos últimos anos tem levado ao uso cada vez mais constante de ferramentas computacionais inteligentes que possibilitem um trabalho mais ágil e que aconteça de forma integrada entre os diversos profissionais envolvidos na cadeia produtiva. A Tecnologia BIM (Building Information Modeling) se apresenta como uma importante ferramenta para contribuir no desenvolvimento de projetos para a construção civil auxiliando na compatibilização de projetos através da modelagem 3D, das análises de interferências, da modelagem paramétrica que auxilia na melhoria do fluxo de informações entre os profissionais ao longo de todo o fluxo de trabalho e da interoperabilidade.

O Guia PMBOK® é um importante conjunto de práticas no âmbito de gestão de projetos. Dentre das áreas de conhecimento abordadas, temos como base da elaboração de projetos para a construção civil o conceito de restrição tripla referente às definições de escopo, custos e prazos.

O objetivo desse trabalho foi utilizar o BIM como uma ferramenta de elaboração de projetos, aliado aos conceitos de gerenciamento de projetos do PMBOK® e a verificação das contribuições da união desses conceitos no que se refere às áreas de conhecimento definidas pelo triangulo de restrições: Escopo, Custo e Prazo.

Palavras Chaves: BIM, PMBOK, RESTRIÇÃO TRIPLA, INTEROPERABILIDADE.

ABSTRACT

The process of industrialization of civil construction in recent years has led to the increasingly constant use of intelligent computational tools that enable a more agile work that happens in an integrated way among the various professionals involved in the production chain. The BIM (Building Information Modeling) Technology presents itself as an important tool to contribute in the development of projects for the civil construction assisting in the compatibilization of projects through 3D modeling, interference analysis, parametric modeling that assists in the improvement of information flow between professionals throughout the workflow and interoperability. The PMBOK® Guide is an important set of practices within project management. Among the areas of knowledge approached, we have as basis of the elaboration of projects for the civil construction the concept of triple restriction regarding the definitions of scope, costs and deadlines. The objective of this work was to use BIM as a project elaboration tool, together with PMBOK® project management concepts and the verification of the contributions of the union of these concepts in the areas of knowledge defined by the triangle of constraints: Scope , Cost and Term.

Key Words: BIM, PMBOK, TRIPLE RESTRICTION, INTEROPERABILIDADE.

Lista de Siglas

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
BIM	Building Information Modeling / Modelagem da Informação da Construção
CAD	Computer Aided Design (Desenho por Auxílio de Computador)
IFTO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
MDIC	Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
PBM	Plano Brasil Maior
PMBOK®	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PMO	Project Management Office
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
LOD	Level of Development (Nível de Desenvolvimento)

Lista de Figuras

FIGURA 1 - VANTAGENS OFERECIDAS PELA TECNOLOGIA BIM	27
FIGURA 2 - PROJETO ESTRUTURAL.....	28
FIGURA 3 -PROJETOS MODELADOS EM SOFTWARE BIM	28
FIGURA 4 - PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS FEITO NO CAD 2D	38
FIGURA 5 -PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS FEITO NO BIM	38
FIGURA 6: O TRIÂNGULO DE RESTRIÇÕES	42
FIGURA 7 - O CONTEXTO DE INICIAÇÃO DE PROJETOS.....	45
FIGURA 8 - O CICLO DE VIDA DO PROJETO	46
FIGURA 9 - GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE O PROCESSO TRADICIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS (CAD) E O PROCESSO BIM	49
FIGURA 10 - O CICLO DE VIDA PROPOSTO PELO BIM PARA AS EDIFICAÇÕES.....	51
FIGURA 11 - EXEMPLIFICAÇÃO DOS DIFERENTES NÍVEIS DE LOD	53
FIGURA 12 - LOD 100 E LOD 200 COM SEUS RESPECTIVOS USOS AUTORIZADOS	54
FIGURA 13 - LOD 300 E LOD 400 COM SEUS RESPECTIVOS USOS AUTORIZADOS	55
FIGURA 14 - LOD 500 COM SEUS RESPECTIVOS USOS AUTORIZADOS.....	56
FIGURA 15 -Os 25 CASOS DE USOS BIM.....	57
FIGURA 16 - ANÁLISES DE INTERFERÊNCIAS ENTRE AS DISCIPLINAS DE ESTRUTURA, ARQUITETURA E INSTALAÇÕES	58
FIGURA 17 - FLUXOGRAMA GERAL DA PESQUISA.....	59
FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DA 1ª PARTE DO TRABALHO.....	61
FIGURA 19 - FLUXOGRAMA DA 2ª PARTE DO TRABALHO	65
FIGURA 20 - VISTA 3D DO PROJETO ARQUITETÔNICO.....	71
FIGURA 21 - ELEVAÇÕES NORTE, SUL, LESTE E OESTE.....	71
FIGURA 22 - PLANTA BAIXA DA EDIFICAÇÃO MODELADA	72
FIGURA 23 - VISTA 3D DA ESTRUTURA	74
FIGURA 24 - VISTA 3D DOS MODELOS DE ARQUITETURA E ESTRUTURA SOBREPOSTOS.....	75
FIGURA 25 - MODELO 3D DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	76
FIGURA 26 - QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	77
FIGURA 27 – MODELO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS	78
FIGURA 28 - DETALHE DA INCLINAÇÃO DOS TUBOS DE ESGOTO	79
FIGURA 29 - INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS E ESTRUTURA	80
FIGURA 30 - DETALHES DA INSTALAÇÃO DO BANHEIRO	81
FIGURA 31 - VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS NO REVIT	83
FIGURA 32 - VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS ENTRE ESTRUTURA E INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS.....	83
FIGURA 33 - INTERFERÊNCIAS ENTRE AS INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA E ELÉTRICA	84
FIGURA 34 - FLUXOGRAMA DE GERENCIAMENTO DE ESCOPO.....	85
FIGURA 35 - FLUXOGRAMA GERENCIAMENTO DE CUSTOS.....	88

FIGURA 36 - EXEMPLO DE QUANTIFICAÇÃO DE MATERIAIS COM CUSTO	90
FIGURA 37 - EXEMPLO DE USO DE CÓDIGOS SINAPI.....	91
FIGURA 38 - LEVANTAMENTO DE MATERIAL NO REVIT	92
FIGURA 39 - <i>FLUXOGRAMA DE GERENCIAMENTO DE CRONOGRAMA</i>	94
FIGURA 40 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DA ESTRUTURA	96
FIGURA 41 - <i>EXEMPLO DE CRONOGRAMA NO NAVISWORKS</i>	96
FIGURA 42 - EXEMPLO DE CRONOGRAMA NO NAVISWORKS	97

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Custos do serviço de Assentamento de piso cerâmico

Lista de Quadros

QUADRO 1 - DEFINIÇÕES DE BIM	26
QUADRO 2 - PRINCIPAIS SOFTWARES BIM DISPONÍVEIS NO MERCADO.....	34
QUADRO 3 - NÍVEIS DE MATURIDADE BIM	52
QUADRO 4 - NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO BIM	53
QUADRO 5 - APLICAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE ESCOPO EM AMBIENTE BIM	87
QUADRO 6 - APLICAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE CUSTOS NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS BIM.....	89
QUADRO 7 - APLICAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE CRONOGRAMA NO AMBIENTE BIM	95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 PROBLEMA DE PESQUISA	19
3 JUSTIFICATIVA	21
4 OBJETIVO.....	23
4.1 Objetivo Geral	23
4.2 Objetivos Específicos.....	23
5 REVISÃO DA LITERATURA.....	24
5.1 O Que é o BIM	24
5.2 A situação do BIM no Brasil	28
5.3 Projeto de Lei 6619/2016.....	30
5.4 Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018.....	30
5.5 Normas BIM	32
5.6 Guias BIM ABDI-MDIC.....	32
5.7 Guias BIM CBIC.....	33
5.8 Softwares BIM.....	33
5.9 O Conceito de Interoperabilidade	35
5.10 Softwares BIM X Softwares CAD 2D	37
5.11 PMI	39
5.12 GUIA PMBOK® 6ª edição.....	39
5.13 Extensão para Construção do Guia PMBOK®	41
5.14 O Conceito da restrição tripla	42
5.15 O conceito de Projeto	44
5.16 O Ciclo atual de elaboração de projetos	47
5.17 O Ciclo de elaboração de Projetos proposto pelo BIM X Ciclo de elaboração em CAD.....	48

5.17.1 Níveis de maturidade e níveis de Desenvolvimento	52
5.18 Casos de Uso do BIM	56
5.19 Compatibilização de Projetos na Construção Civil	58
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	59
6.1 Caracterização da Pesquisa	60
6.2 Primeira etapa.....	60
6.3 Segunda Parte do Trabalho	65
7 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS.....	69
7.1 Modelagem da edificação	70
7.1.1 Projeto de Arquitetura.....	70
7.1.2 Projeto Estrutural	73
7.1.3 Projeto de Instalações Elétricas.....	75
7.1.4 Projeto de Instalações Hidráulicas e Sanitárias.....	77
7.2 Análise de Interferências.....	82
7.3 Resultados da Análise do Gerenciamento de Escopo	85
7.4 Resultados da Análise do Gerenciamento de Custos.....	87
7.5 Resultados da Análise do Gerenciamento de Cronograma	93
7.6 Vantagens e Desvantagens da modelagem paramétrica na Construção Civil....	99
8 CONCLUSÕES.....	100
8.1 Recomendações para Trabalhos futuros	101
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	102

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vive um momento onde a busca por novas práticas e tecnologias constituem ferramentas de extrema importância para a continuação do desenvolvimento do setor.

Costa (2013, p. 14) afirma “ a evolução dos processos construtivos resultou em crescente industrialização da construção, contribuindo para a redução do tempo gasto na execução”. Cada vez mais, aspectos como redução de custos e de cronograma de execução têm sido estudados e novas ferramentas têm sido desenvolvidas para atender essas demandas crescentes no mercado.

Dentre os fatores que contribuem para essa industrialização na construção civil o uso de ferramentas computacionais se apresenta como um dos principais responsáveis no ganho de produtividade relacionada à elaboração de projetos de arquitetura e engenharia. Na medida em que se exige do setor e de seus profissionais uma maior produtividade em um menor espaço de tempo e que além disso a assertividade e confiabilidade não sejam prejudicadas se torna necessário buscar ferramentas que tornem isso possível.

Nesse contexto Magiag (2015, p. 1) afirma que a indústria da construção apresenta um interesse crescente na entrega de projetos integrados e no papel da Building Information Modeling (BIM) na promoção da integração entre os processos do projeto. O autor também afirma que: “a falta de integração acarreta sérios prejuízos como aumento dos custos, atrasos no cronograma e degradação da qualidade do projeto. ”

O crescimento de novas Tecnologias da Informação - T.I., e a inserção de meios eletrônicos e dados digitais nos diversos setores da Indústria da Construção, tem propiciado agilidade nos procedimentos e processos desde a concepção dos projetos, o gerenciamento, tornando-se um elemento estratégico para as corporações. (BETTS, 1999 apud JACOSKI e LAMBERTS, 2002, p. 1).

A tecnologia BIM (*building information modelling*) se apresenta como uma importante ferramenta na elaboração de projetos de engenharia e arquitetura pois possibilita uma maior visualização de todos os aspectos relacionados à projetos e sua compatibilização, bem como a integração entre os softwares disponíveis no

mercado para elaboração de projetos de arquitetura, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, estrutura, fundação e demais projetos pertinentes às edificações. Esses fatores contribuem para diminuir erros na execução, elevar o nível de detalhamento dos projetos e melhorar aspectos como planejamento, elaboração de cronogramas e orçamentação.

A tecnologia BIM abrange geometria, relações espaciais, informações geográficas, as quantidades e as propriedades construtivas de componentes (por exemplo, detalhes dos fabricantes). Ela pode ser utilizada para demonstrar todo o ciclo de vida da construção, incluindo os processos construtivos e fases de instalação. (MAGIAG, 2015, p. 2)

A tecnologia BIM traz uma série de vantagens que não podem ser ignoradas pelos profissionais que desejam se manter no mercado competitivo atuando de forma a suprir a demanda com qualidade técnica e profissionalismo.

Para que essas tecnologias consigam contribuir para o desenvolvimento do setor é necessário que sejam aliadas a metodologias e que se desenvolva padrões e métodos para realizar essas atividades da melhor forma possível.

O PMBOK® (Project Management Body of Knowledge ou guia para o conjunto de conhecimentos de gerenciamento de projetos) é um guia de autoria do PMI (Project management Institute) que tem por objetivo abranger os principais aspectos contidos no gerenciamento de projetos. O PMI define o conhecimento em gerenciamento de projetos como: “ um termo que descreve o conhecimento no âmbito da profissão de gerenciamento de projetos. [...] inclui práticas tradicionais comprovadas amplamente aplicadas, bem como práticas inovadoras que estão surgindo na profissão” (Guia PMBOK®, 2017, p.1).

Este guia PMBOK® é uma base sobre a qual as organizações podem criar metodologias, políticas, procedimentos, regras, ferramentas e técnicas e fases do ciclo de vida necessários para a prática do gerenciamento de projetos. (Guia PMBOK®, 2017, p.2)

O PMBOK® abrange 10 áreas de conhecimento na gestão de projetos, sendo elas: gerenciamento de Integração, gerenciamento de escopo, gerenciamento de tempo, gerenciamento de custos, gerenciamento de qualidade, gerenciamento de

recursos humanos, gerenciamento de comunicações, gerenciamento de riscos, gerenciamento de aquisições e gerenciamento de stakeholders (Conceito que pode ser definido como investidores ou partes interessadas).

Todas as áreas de conhecimento abrangidas pelo PMBOK® são relevantes no contexto da construção civil e apresentam uma série de técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas como base metodológica para o planejamento e execução de edificações, resultando em ganhos de produtividade e maior qualidade.

Esse trabalho apresenta em um estudo de caso de uma edificação residencial como a tecnologia BIM aliada ao conceito de gerenciamento de projetos fornecidos pelo PMBOK® 2017 podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos para a construção civil.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

Os erros originados na etapa de confecção do projeto são apontados por Maciel E Melhado (1996 apud COSTA,2013) como responsáveis por 60% das patologias na construção. Grande parte desses erros é ocasionada por incompatibilidade entre os projetos de diferentes segmentos.

Para o engenheiro Wilton Silva Catelani em artigo à revista Concreto & Construções o setor encontra dificuldades em lidar com um grande volume de dados e o envolvimento de uma grande quantidade de pessoas e organizações com objetivos variados dentro de um mesmo contexto.

Para Bock (2015) a indústria da construção civil encontra-se estagnada nos quesitos relacionados à produtividade em comparação com outras indústrias.

Todos os questionamentos relacionados à essa questão concluem que há na indústria da construção civil uma necessidade de inovação e mudanças para que o setor continue a se desenvolver.

A elaboração e compatibilização de projetos bem como seu planejamento e orçamentação são fases essenciais para garantir o sucesso de um empreendimento, evitando uma série de erros, retrabalhos e patologias de construção. A necessidade atual é de que se desenvolvam metodologias que possibilitem uma maior integração entre os diversos agentes envolvidos na cadeia produtiva para que haja diminuição de erros, diminuição de atrasos e desperdícios que resultam em perdas financeiras.

A cadeia produtiva da construção civil, por caracterizar-se como uma indústria fragmentada, [...] apresenta também sérias dificuldades de agregação da informação de todo o setor, devido a dispersão dos dados e a heterogeneidade dos agentes participantes. (JACOSKI e LAMBERTS, 2002, p. 1)

Para Costa (2013) essa dispersão de informações e a grande quantidade de agentes envolvidos na cadeia produtiva contribui para a falta de interoperabilidade, o que resulta em incompatibilidades na elaboração dos projetos e falhas de execução no canteiro. O modelo proposto pelo BIM visa além de

possibilitar uma modelagem paramétrica e tridimensional, possibilitar que os diferentes agentes trabalhem de forma conjunta em uma mesma plataforma.

A tecnologia BIM se apresenta como uma importante ferramenta na elaboração de projetos de construção civil. Os modelos baseados em desenhos 2D e softwares CAD são consagrados em meio a um grande número de profissionais, porém não se pode ignorar as vantagens que a tecnologia BIM e os modelos tridimensionais apresentam.

O processo atual de compatibilização nacional atravessa uma fase de inovação, passando de uma metodologia bidimensional para uma tridimensional mais completa. Esse processo é dificultado muitas vezes pelo desconhecimento dos profissionais, que se sentem mais confortáveis utilizando um método já conhecido e amplamente dominado pelos projetistas. (COSTA, 2013, p.15)

Existe então uma necessidade crescente de se desenvolver e aplicar novos modelos para aprimorar aquilo que é feito no setor da construção civil para que seja possível acompanhar as demandas do mercado e o desenvolvimento tecnológico. As definições de Escopo, Custo e Prazo são atividades de extrema importância para o sucesso de qualquer empreendimento.

Costa (2013) aponta a compatibilização de projetos como uma das mais eficientes alternativas para se resolver erros originados nas fases de desenvolvimento de projetos das edificações. O correto gerenciamento e integração dos vários projetos de uma obra irá minimizar conflitos e simplificar a execução. A partir disso toda a cadeia produtiva irá ganhar, o canteiro terá menos desperdício, a execução ficará facilitada e até mesmo a manutenção da edificação será beneficiada.

Desta forma o presente trabalho se propõe a analisar a seguinte questão: Como a tecnologia BIM pode ser utilizada em conjunto com a base metodológica fornecida pelo Guia PMBOK® 2017 na definição dos empreendimentos no que se refere às áreas de conhecimento: gerenciamento de escopo, gerenciamento de custos e gerenciamento de cronogramas? e como esses conceitos podem ser aplicados através de softwares para melhorar a definição dos empreendimentos em relação ao seu escopo, custo e prazo ?

3 JUSTIFICATIVA

A modernização da cadeia produtiva traz consigo o aumento da competitividade no setor e também o aumento da produtividade da indústria construtiva. ABDI (2017) afirma que incorporação de novas tecnologias, materiais e sistemas construtivos configura um caminho de mão única para todos os agentes envolvidos na construção, sejam eles públicos ou privados, o desenvolvimento do setor depende de que todos conjuguem esforços na mesma direção.

As metodologias de elaboração de projetos baseadas apenas em modelos CAD 2D são bastante limitadas no que se refere a consistência entre as informações. No CAD 2D as representações de projeto como cortes, fachadas ou elevações são apenas parte de um todo e não trazem consigo informações relevantes sobre materiais utilizados e propriedades construtivas dos elementos.

Outro problema comum do CAD 2D é a baixa eficiência na produção de desenhos. Essa baixa eficiência pode gerar erros e inconsistências que resultarão em retrabalhos e custos inesperados, em casos extremos também pode haver atrasos na execução da obra e até mesmo processos contra os projetistas. (EASTMAN, 2008).

Na representação tridimensional cada pequeno detalhe traz consigo uma série de informações relevantes para o projetista que também irão facilitar a interoperabilidade entre os diversos profissionais envolvidos em um projeto. “A metodologia BIM é capaz de agregar todo o processo de projeto, permitindo maior colaboração entre os projetistas, abrangendo todo o ciclo de vida do projeto. ” (COSTA, 2013, p. 15)

A tecnologia BIM já se consolidou na Europa, USA e Ásia como preferência no desenvolvimento de projetos e nos aplicativos voltados à gestão e controle de obras. Ela permite novas funcionalidades que elevam a novos níveis a confiabilidade dos projetos e processos de planejamento e controle de obras e do uso de edificações. (BAIA 2015, p. 3)

Os Softwares BIM trazem funcionalidades que agregam significativamente no processo de elaboração de projetos e nas definições de custos e cronogramas, contribuindo para que o processo de planejamento de obras seja mais rápido, dinâmico e eficiente.

A Justificativa da pesquisa é a necessidade da modernização da cadeia produtiva através da inserção de novas ferramentas e tecnologias que possibilitem ganhos de produtividade e assertividade, bem como um melhor detalhamento nas definições de escopo (projetos) Custos (orçamentação) e cronogramas (prazos). A tecnologia BIM produz resultados que não podem ser ignorados pelos profissionais que desejam apresentar ao mercado vantagens competitivas.

No que se refere a adoção do BIM no Brasil, BAIA (2015) já afirma que órgãos governamentais e agentes estratégicos como por exemplo o Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC), a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e a Autodesk®, já têm dedicado esforços ao incentivo da adoção da tecnologia no país. Nesse sentido já se estabeleceram acordos com a ABNT para a elaboração de diretrizes e normas técnicas. O BIM também já está inserido na agenda estratégica do plano Brasil Maior (PBM) como prioridade da política do governo federal para o setor da construção.

Baia (2015) ainda aponta a necessidade de que o BIM seja implementado por parte dos profissionais para que os softwares sejam testados e metodologias sejam desenvolvidas. Ainda é necessário muita pesquisa e muita aplicação prática para que o BIM seja difundido na cadeia da Construção Civil brasileira.

4 OBJETIVO

4.1 Objetivo Geral

Analisar através de um estudo de caso, como a base metodológica fornecida pelo Guia PMBOK® 2017 no que se refere às definições de escopo, custos e cronogramas podem ser utilizados de forma conjunta com os conceitos e softwares BIM na elaboração de projetos para a construção Civil.

4.2 Objetivos Específicos

- Modelagem dos projetos: Arquitetônico, Estrutural, Hidráulico, Sanitário e elétrico de uma edificação residencial utilizando o conceito de modelagem paramétrica proposto pelo BIM para a caracterização do Escopo, custos e cronogramas do empreendimento;
- Realizar a compatibilização dos projetos para identificar possíveis erros e inconsistências;
- Utilizar o Guia PMBOK® 2017 como base metodológica para análise das 3 áreas de conhecimento: escopo (modelagem da edificação), Custos (orçamentação) e prazo (cronograma).
- Analisar as vantagens que a modelagem paramétrica em um modelo tridimensional oferece para a construção demonstrando a importância da elaboração e compatibilização de projetos e o impacto benéfico dessas atividades.

5 REVISÃO DA LITERATURA

5.1 O Que é o BIM

De acordo com a definição do BIMDICTIONARY o BIM (Building information Modeling ou Modelagem da informação da Construção) é: “ [...] um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem aos múltiplos interessados de um empreendimento a colaborativamente projetar, construir e operar uma construção no espaço virtual”. Esse espaço virtual possibilita via uso de softwares o desenvolvimento de modelos tridimensionais das edificações, tornando possível uma melhor representação do grande número de informações que a indústria da construção civil necessita.

Magiag (2015, p. 2) define a tecnologia BIM como: “um processo integrado que amplia consideravelmente a compreensão do empreendimento e viabiliza a visibilidade dos resultados. ”

A indústria da construção civil apresenta um elevado nível de complexidade devido ao grande número de pessoas e documentações envolvidas em suas atividades. O BIM é uma ferramenta promissora para a arquitetura, engenharia e construção, permitindo uma construção virtual antes das atividades se iniciarem no campo. (CHOUGULE, 2015, P. 1, Tradução nossa).

Jacoski E Lamberts (2002, p. 1) afirmam que: “a integração de projetos de construção civil e a transferência das informações, são temas imprescindíveis às discussões de melhoria dos processos junto à cadeia produtiva do setor. ”

O BIM possibilita que todos os envolvidos em um projeto possam trabalhar de forma conjunta o que resulta em ganhos de produtividade e diminuição de erros. O BIM é um sistema integrado onde todos os profissionais envolvidos em um empreendimento podem trabalhar de forma conjunta para contribuir com o sucesso da construção.

A BIM pressupõe que quando o arquiteto modela o edifício virtual, utilizando ferramentas tridimensionais [...] toda a informação necessária à representação gráfica [...], à análise construtiva, à quantificação de trabalhos e tempos de mão-de-obra, desde a fase inicial do

empreendimento até a sua conclusão [...] se encontra no modelo. (MAGIAG,2015, p.2).

Mesmo com todas as vantagens que a tecnologia BIM oferece a sua implantação no Brasil ainda enfrenta algumas barreiras, principalmente a necessidade de adequação dos profissionais que utilizam modelos CAD 2D e a disseminação do uso dos softwares que possibilitam implementar os conceitos do BIM nos projetos de engenharia e arquitetura na indústria da Construção Civil.

A implantação de sistemas integrados, uma realidade já adaptada pelo mercado internacional, representa uma mudança estrutural e técnica do processo de projeto. Porém, embora haja pesquisas avançadas sobre o assunto, o BIM e mesmo o CAD tridimensional ainda são pouco utilizados na indústria da construção civil no Brasil. (COSTA, 2013, p.13).

O conceito fundamental da tecnologia BIM é a parametrização das informações. No CAD o que se tinha era um conjunto de linhas e formas geométricas que representavam os elementos da construção.

No BIM é dada uma significação maior para as linhas e formas geométricas de modo que não temos mais linhas que representam elementos construtivos e sim os próprios elementos definidos a partir de propriedades e parâmetros.

Essa parametrização possibilita um ganho de produtividade considerável a partir do momento que o conceito é absorvido pelo profissional e aplicado na elaboração do projeto na plataforma. Um exemplo disso é o quadro de esquadrias do projeto arquitetônico. Quando o projeto é feito no CAD o projetista precisa de alguma forma documentar as esquadrias que ele propõe no projeto, seja através de notas ou uma planilha eletrônica fora da plataforma CAD. Quando o conceito da parametrização é incluído os objetos que caracterizam as janelas já são automaticamente salvos na própria plataforma de modo que quando o projetista finaliza a sua proposta de solução para um determinado projeto toda aquela solução já está documentada e acessível.

“Quando bem adotado, o BIM facilita um projeto e processos de construção mais integrados, que resultam numa melhor qualidade das edificações e num menor custo, bem como na redução da duração do projeto” (BAIA, 2015, p.2)

O ganho de produtividade em levantamentos e quantificação de materiais é considerável e influencia por exemplo a fase de orçamentação. Todo o processo relacionado ao suprimento de insumos e aquisição de materiais é facilitado pois o canteiro de obras já irá receber um projeto com todos os quantitativos de materiais e insumos necessários para a execução da obra.

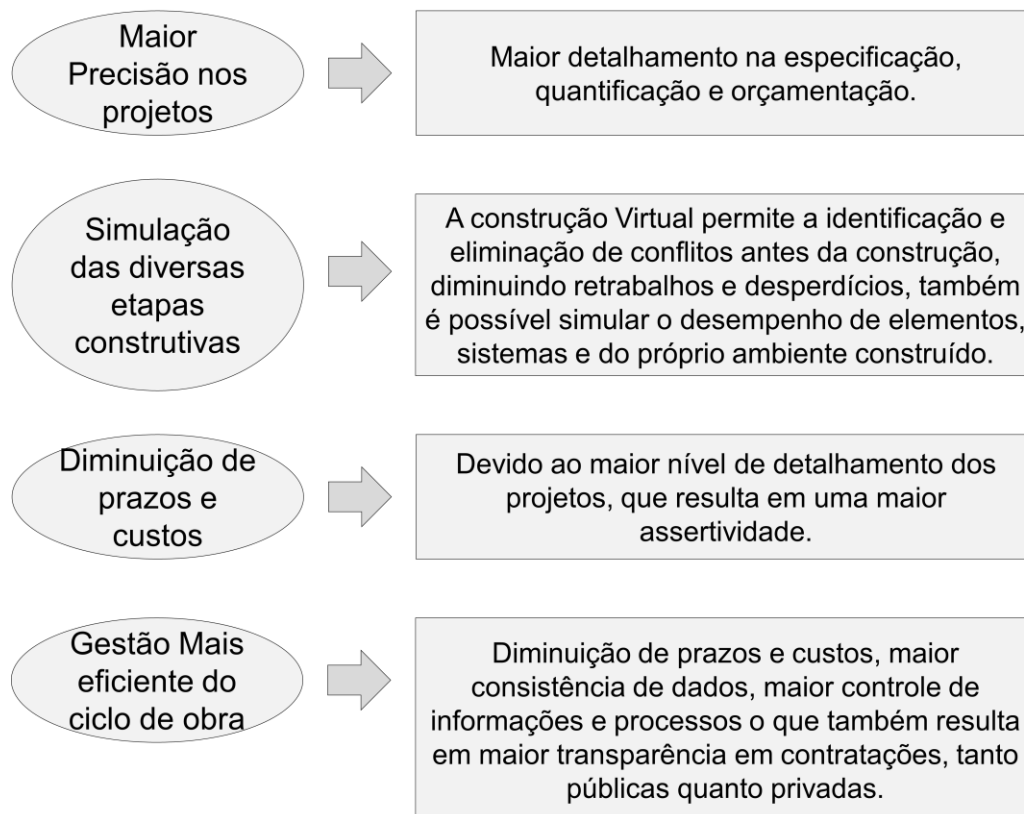
O quadro 1 a seguir traz as definições de alguns dos principais autores sobre o tema:

Quadro 1 - Definições de BIM

ESTMAN, 2014	BIM descreve um conjunto de ferramentas, processos e tecnologias que são facilitadas pela documentação digital e legível pelo computador de uma edificação, seu desempenho, seu planejamento, sua construção e, posteriormente, sua operação.
SUCCAR, 2009	BIM é uma série de tecnologias, processos e políticas que possibilitam que os diversos envolvidos no processo projetem, construam e utilizem um empreendimento de forma colaborativa.
National BIM standart – United States (NBIMS), 2015	BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção. BIM é um conjunto de informações do empreendimento desde a concepção inicial até a demolição, com colaboração integrada das diversas partes do projeto (construtor, arquitetos, engenheiros, proprietário, etc.).
ERNSTROM, 2006	BIM é o desenvolvimento e uso de um modelo de programa de computador para simular a construção e operação de um empreendimento. BIM usa um conceito inteligente e paramétrico de uma representação digital de uma construção onde podemos gerar informação que possa ser utilizada para tomar decisões e melhorar o processo de construção.

Fonte: Adaptado de PAIVA (2016)

A figura 1 a seguir traz um resumo das principais vantagens oferecidas pela tecnologia BIM.

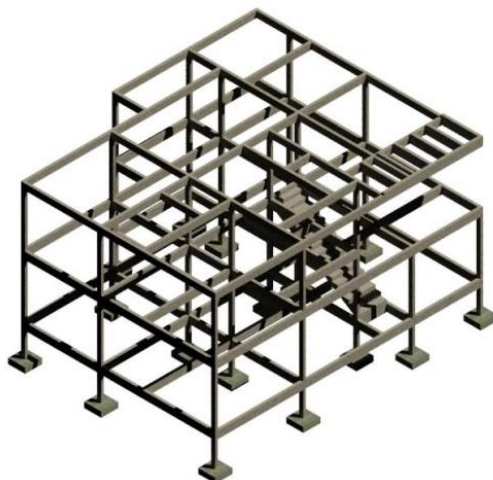
Figura 1 - Vantagens oferecidas pela tecnologia BIM

Embora os softwares BIM tragam uma série de vantagens ao processo de elaboração de projetos, definição de custos e cronogramas a metodologia ainda está em fase de implantação e desenvolvimento em diversos países. ABDI (2017) aponta a necessidade fundamental da participação das entidades governamentais enquanto agentes reguladores da demanda por projetos e empreendimentos de construção nas mais diversas áreas que agreguem a tecnologia BIM em seu desenvolvimento.

[...] mais do que uma inovação para o mercado, a disseminação do BIM deve se constituir como uma estratégia de governo para alavancar a industrialização do setor da construção e, com isso, obter resultados significativos em termos de produtividade, sustentabilidade, controle, transparência e otimização da alocação de gastos públicos com obras. (ABDI, 2017, p. 7)

Na figura 2 a seguir é demonstrado um modelo estrutural desenvolvido de forma tridimensional aplicando o conceito do BIM:

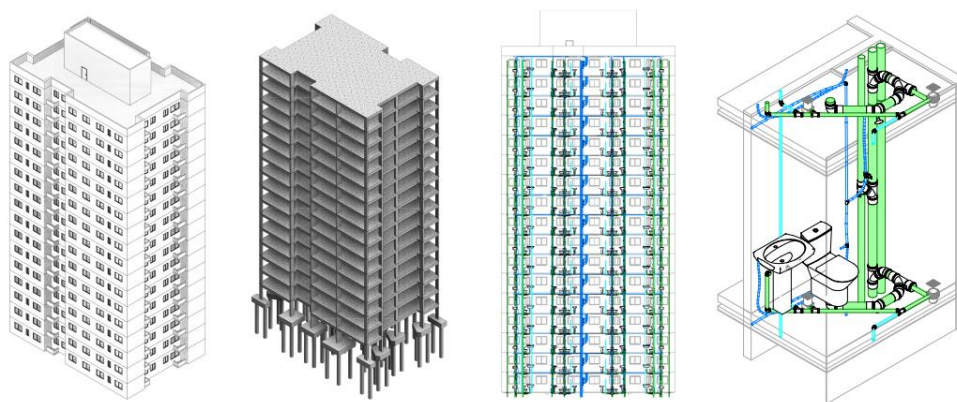
Figura 2 - Projeto Estrutural



Fonte: MARSICO (2017)

Na figura 3 é demonstrado o resultado da modelagem de projetos de arquitetura, estrutura e instalações de forma tridimensional.

Figura 3 -Projetos modelados em software BIM



Fonte: PAIVA (2016)

5.2 A situação do BIM no Brasil

A implementação do BIM no Brasil tem ocorrido de maneira gradativa. Já é possível encontrar publicações de profissionais que tem utilizado a metodologia e provado que ela realmente tem potencial para trazer uma série de vantagens competitivas aos profissionais que a utilizam.

Em artigo à revista Concreto & Construções KAIZUKA E CELEBRONI diretores da França & Associados Projetos Estruturais comentam sobre a

implantação da tecnologia BIM em seu escritório: “O Processo BIM foi incorporado por nós de maneira irreversível, devido aos seus inúmeros benefícios. Entre os principais destacam-se: a facilidade de detecção de interferências entre as disciplinas e o entendimento da estrutura como um todo”.

Sobre as vantagens da implementação do BIM, os autores ainda afirmam que o BIM trouxe uma nova forma de desenvolver projetos onde o modelo de cálculo passou a ser integrado aos desenhos: “No processo que tínhamos até então, os desenhos 2D eram desconectados do modelo estrutural, o que gerava retrabalho e possibilidade de erros nas revisões do projeto. ”

Para os autores, a tecnologia BIM se tornou parte importante do desenvolvimento de seus projetos uma vez que ela torna possível que ao final de todas as modelagens seja possível obter informações precisas e suficientes para planejamento, orçamentação, fabricação, montagem e construção.

Como meio de incentivar a disseminação e implementação da tecnologia BIM no Brasil comissões têm sido montadas por entidades governamentais com objetivo de incentivar através de elaboração de leis e também o desenvolvimento de normas técnicas.

O Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) vêm desenvolvendo algumas parcerias formais com atores estratégicos para a expansão do uso do BIM no país. Já foram estabelecidos Acordos e Convênios com a ABNT e Exército Brasileiro, para a elaboração de Normas Técnicas de BIM aprovadas e publicadas pela ABNT, além de workshops, em busca de informações que pudessem subsidiar o planejamento e execução de ações para a modernização e industrialização do Setor da Construção Civil no Brasil, em consonância com as diretrizes do Plano Brasil Maior (PBM).

O Plano Brasil Maior, lançado em 02 de agosto de 2011, é um programa do governo federal brasileiro para aumentar a competitividade da indústria nacional, sob o lema "Inovar para Competir. Competir para crescer". Ele traça uma nova política industrial, tecnológica, de serviços e de comércio exterior do governo federal (ABDI, 2011).

Baia (2015) também aponta a necessidade de que em complemento às ações de normalização aplicada ao BIM, tem-se agora o desafio de implantar e

difundir a criação e operacionalização de um sistema ou plataforma de gestão das bibliotecas dos componentes da construção (Bibliotecas virtuais BIM).

Para Baia (2015) ainda é necessário muita pesquisa e análise de conhecimentos para a adoção do BIM no Brasil, há a necessidade de aplicações práticas de uso e criação de diretrizes dessa aplicação. Além disso, o uso dos softwares é importante para identificar os gargalos da real aplicação da tecnologia no setor.

5.3 Projeto de Lei 6619/2016

A elaboração do Projeto de Lei 6.619/2016 faz parte de uma série de estratégias que tem sido implementada com o objetivo de disseminar a utilização da tecnologia BIM no País. O texto traz alterações no § 1º do art. 7º da Lei nº 8.666/93 e estabelece a obrigatoriedade do uso do BIM na confecção de projetos de obras e serviços contratados pela administração pública. O projeto é de autoria do deputado Julio Lopes (PP/RJ) e defende o uso do BIM pela racionalidade que o sistema pode proporcionar na execução de obras por parte da administração pública. Segundo notícia do site do Confea publicada no dia 21 de maio de 2018 o projeto está na comissão de Finanças e tributação aguardando deliberação.

5.4 Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018

Lançado pelo Governo Federal no dia 16 de maio de 2018 como uma estratégia para promover a inovação na indústria da construção civil. O decreto institui a estratégia BIM BR, que tem como objetivo: “Promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no País.” (MDIC, 2018)

Para o gerenciamento dessa estratégia foi criado o comitê gestor (CG-BIM), composto por representantes de nove ministérios, sendo eles:

- Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços;
- Casa Civil da Presidência da República;
- Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações;
- Ministério das Cidades;

- Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão;
- Ministério da Defesa;
- Secretaria-geral da Presidência da República;
- Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil; e
- Ministério da Saúde.

Conforme o artigo 2º, os objetivos específicos do decreto são:

- I - difundir o BIM e seus benefícios;
- II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - estimular a capacitação em BIM;
- V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
- IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

A definição de uma estratégia nacional busca garantir institucionalidade ao tema e harmonizar as ações de agentes públicos e privados na disseminação deste modelo no território brasileiro. Dessa forma, espera-se ganhos em economicidade e qualidade nas obras brasileiras, inclusive as públicas, e um substancial aumento da produtividade da construção civil, tornando-a mais competitiva e eficiente. (MDIC, 2018, p.1).

O ponto principal é que quanto mais houver incentivo por parte das entidades governamentais responsável por fomentar a tecnologia BIM na Construção Civil, maior será o incentivo para que se desenvolvam estudos relacionados com o fim de contribuir para a expansão do uso da tecnologia no país.

5.5 Normas BIM

No ano de 2009 o ministério do Desenvolvimento, Indústria e comércio exterior (MDIC) criou a comissão de Estudos Especial de Modelagem de Informação da Construção, ABNT/CEE-134. O objetivo da criação da comissão é o desenvolvimento de normas técnicas brasileiras sobre o BIM.

Em artigo à revista Concreto & Construções CATELANI e SANTOS (2016) trazem os principais objetivos de trabalho da comissão: Tradução da Norma ISO 12006-2, Desenvolvimento de um sistema de classificação para a construção e desenvolvimento de diretrizes para a criação de componentes BIM. A seguir, as normas já desenvolvidas e disponibilizadas pela ABNT:

- **ABNT NBR 15965-1: 2011** - Sistema de Classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura.
- **ABNT NBR 15965-2:2012** - Sistema de classificação da informação da construção. Parte 2: Características dos objetos da construção.
- **ABNT NBR 15965-3:2014** - Sistema de classificação da informação da construção. Parte 3: Processos da construção.
- **ABNT NBR 15965-7:2015** - Sistema de classificação da informação da construção. Parte 7: Informação da construção.
- **ABNT NBR ISO 12006-2:2018** - Construção de edificação - Organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação.

5.6 Guias BIM ABDI-MDIC

A Coletânea de Guias BIM ABDI-MDIC foi desenvolvida em parceria por essas duas entidades, conforme definição do MDIC (2017) o objetivo da coletânea é disponibilizar informações que possam orientar os profissionais no processo de modelagem das informações, no que se diz respeito às práticas de planejar, projetar, especificar, quantificar, orçar, contratar, fiscalizar e aceitar obras públicas e privadas realizadas através de aplicações BIM.

A coletânea também faz parte das ações necessárias para impulsionar a utilização da tecnologia BIM no País.

Os guias disponibilizados estão divididos em seis volumes, sendo eles:

- **Guia 1** – O processo de projeto BIM;
- **Guia 2** – Classificação da informação no BIM;
- **Guia 3** – BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção;
- **Guia 4** – Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia;
- **Guia 5** – Avaliação de desempenho energético em projetos BIM;
- **Guia 6** – A implantação de projetos BIM;

5.7 Guias BIM CBIC

Desenvolvida pela câmara brasileira da indústria da construção, a coletânea de Guias BIM CBIC traz diretrizes voltadas à implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, tratando principalmente à respeito dos fluxos de trabalho correspondentes ao segmento das edificações e também com relação aos casos de uso mais frequentes.

Os cinco volumes da coletânea estão dispostos da seguinte forma:

- **Volume 1** – Fundamentos BIM
- **Volume 2** – Implementação BIM
- **Volume 3** – Colaboração e Integração BIM
- **Volume 4** – Fluxos de trabalho BIM
- **Volume 5** – Formas de Contratação BIM

A CBIC também disponibilizou um Guia intitulado “Os 10 motivos para evoluir para o BIM”. Toda a coletânea está disponível para download no site da CBIC.

5.8 Softwares BIM

Para Baia (2015) a aplicação do conceito BIM está ligada à utilização de um software. Os softwares são necessários para geração dos modelos 3D e

detalhamento dos componentes da edificação (Projetos e especificações de materiais).

Os conceitos de BIM e softwares BIM têm sido tratados de forma errônea por parte de alguns profissionais. A tecnologia BIM não pode ser resumida ao uso de um software, ela é um conceito que deve ser aplicado na modelagem via software. Os diversos softwares disponíveis (Scia Engineer, Allplan, Revit, Bentley Architecture, Archicad, VectorWorks, Tekla Structures, Cype, TecnoMETAL etc.) são apenas ferramentas que possibilitam a aplicação dos conceitos de modelagem paramétrica das informações da construção, desenvolvimento de modelos tridimensionais e a possibilidade de integração das diversas disciplinas e profissionais envolvidos em um projeto.

As maiores dificuldades com relação à implementação dos softwares é a resistência que alguns profissionais apresentam em se atualizar e implantar novas tecnologias em seus escritórios, além dessa dificuldade, aqueles que tem o desejo de aprender novos softwares acabam por vezes encontrando dificuldades como o preço elevado de cursos, preço elevado dos softwares e a necessidade de computadores mais potentes.

O Quadro 2 a seguir traz a relação dos principais softwares BIM disponíveis no mercado.

Quadro 2 - Principais Softwares BIM Disponíveis no Mercado

ARQUITETURA	Revit Architecture
	ArchiCAD
	Vectorworks Architect
	Bentley Architecture
	Digital Project
ESTRUTURA	Tekla Structures
	Revit Structure
	CAD/TQS
	Bentley Structural
	Allplan
	StruCAD
	ProSteel 3D
	CYPECAD
ÉLETRICA/HIDRÁULICA	Revit MEP
	AutoCAD MEP
	ArchiCAD MEP
	Bentley (Building Electrical Systems/ Mechanical System)
	MagiCAD
GERENCIAMENTO DE PROJETOS	Navisworks

Fonte: Adaptado de COSTA (2013)

5.9 O Conceito de Interoperabilidade

Jacoski E Lamberts (2002,p. 1) afirmam que: “A discussão a respeito do modelo que consiga integrar as etapas de projeto, passa necessariamente pela solução de problemas da falta de interoperabilidade entre as ferramentas.”

As duas principais características que diferenciam um modelo de construção com relação à aplicação do conceito BIM são a modelagem paramétrica tridimensional e a interoperabilidade, que possibilita a participação conjunta de todos os agentes envolvidos no processo de construção.

A interoperabilidade entre os envolvidos no projeto de uma edificação é essencial para o sucesso da aplicação dos conceitos da tecnologia BIM. É necessário que todos os profissionais envolvidos entendam a importância de trabalhar de maneira integrada e os benefícios que essa integração traz, uma vez que não é possível que apenas uma aplicação suporte todas as informações que são necessárias para a criação de um modelo virtual de construção.

Para cada segmento de projeto, existem ferramentas específicas que geram modelos com formatos de arquivo proprietários fechados, que permitem exportação em formatos neutros para outros aplicativos. A interoperabilidade trabalha com a criação de normas para que esse processo de importação/ exportação ocorra de maneira a não gerar perda de informações. (COSTA,2013, p.40).

Baia (2015) define a interoperabilidade como a necessidade de compartilhamento de dados entre as aplicações permitindo a contribuição dos múltiplos agentes que contribuirão para o trabalho a ser desenvolvido. O objetivo é eliminar a necessidade de se replicar dados de entrada e facilitar o fluxo de trabalho entre diferentes softwares e profissionais.

Para Costa (2013) o conceito traz a possibilidade de que os fornecedores de softwares de pequeno e grande porte possam competir no mercado de maneira independente e ainda assim trabalhem de forma integrada no desenvolvimento dos modelos.

Para possibilitar isso de forma prática foram desenvolvidos alguns formatos de arquivo para realização da troca de informações. Dentre esses formatos o mais importante e difundido é o IFC (*Industry Foundation Classes*). “O IFC foi

projetado para tratar todas as informações da construção, [...] da viabilidade ao planejamento, por meio do projeto (incluindo análise e simulação), construção, até a ocupação e operação” (BAIA,2015, p.27).

“Em que pese essas limitações, o formato IFC está sendo adotado com padrão para troca de dados, tanto no setor público quanto privado. Ele está continuamente em evolução e novas extensões são lançadas a cada dois anos, disponibilizadas as firmas de softwares BIM, que desenvolvem implementações de tradutores das extensões do modelo IFC, os quais são submetidos à certificação. Desta forma, espera-se que essas limitações desapareçam à medida que novas versões do IFC sejam definidos e implementados. ” (BAIA, 2015, p.27).

A interoperabilidade sempre foi um problema na cadeia produtiva da construção civil. Amorim (1995) aponta a necessidade da definição clara dos objetivos e metas dos empreendimentos e da transmissão correta dessas informações para um gerenciamento eficaz.

Parte da solução do problema da interoperabilidade é também a adequação dos profissionais às novas tecnologias. Um software BIM, como por exemplo o Autodesk® Revit possibilita que os projetos sejam desenvolvidos de maneira integrada, porém para que isso ocorra os profissionais precisam dominar o software e ter mais interação de modo que o processo seja menos fragmentado.

No que se refere à interoperabilidade, a tecnologia BIM possibilita a criação de modelos integrados em diferentes níveis de desenvolvimento e detalhamento de acordo com usos e propósitos aos quais se destinam. Uma das boas práticas no desenvolvimento integrado é a criação de um modelo denominado “Federado ” ou modelo “compartilhado” para facilitar a troca de informações.

Para CBIC (2016) esse tipo de modelo se baseia em um encadeamento lógico que possibilite o trabalho integrado e colaborativo dos profissionais envolvidos de forma que o esforço de um dos agentes, pode ser completamente aproveitado por outro participante que atuará em fases subsequentes do empreendimento ou edificação.

O estabelecimento desse tipo de modelo, embora seja possível, ainda enfrenta dificuldades, como por exemplo a falta de interoperabilidade entre softwares

que desenvolvem modelos proprietários e a adequação de todos os agentes envolvidos na construção.

5.10 Softwares BIM X Softwares CAD 2D

Chougule E Konnur (2015) em seu trabalho sobre o uso da tecnologia BIM na indústria da construção civil reforçam a ideia de que a representação oferecida pelo modelo CAD 2D é demasiadamente simplista. O que se tem no modelo 2D é apenas um conjunto de elementos gráficos, como linhas, círculos e arcos. Em cada vista, corte ou elevação as modificações de projeto demandam uma grande quantidade de esforço e é um processo muito suscetível a erros.

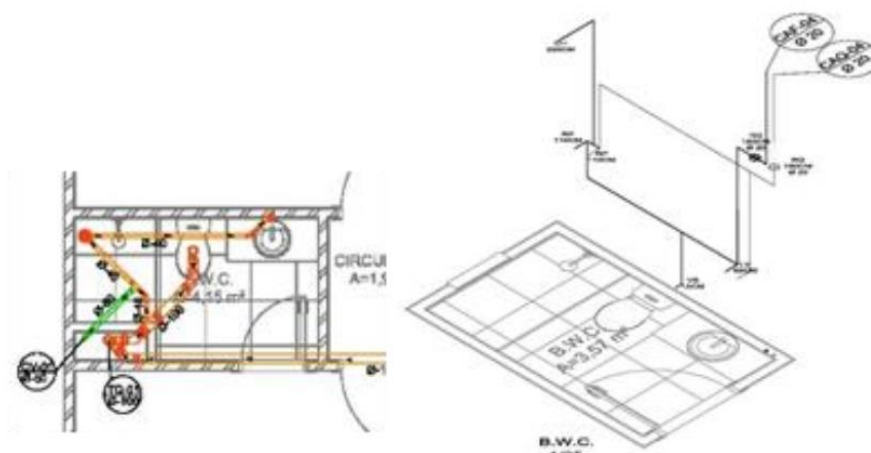
Baia (2015) traz algumas desvantagens do sistema baseado em programas CAD 2D. uma mudança de porta por exemplo, pode significar a necessidade de se refazer várias plantas de um projeto, não é comum também que os projetos de instalações entrem em conflito com os projetos de estruturas. A equipe de orçamentação e planejamento fica na tarefa de imaginar o modelo 3D para pensar no planejamento das etapas construtivas. A tecnologia BIM traz modelos com dados mais precisos e com mais suporte para as atividades de construção.

O BIM representa seus elementos como elementos construtivos como por exemplo: paredes, portas, janelas, vigas, pilares etc. o modelo de construção oferecido pelo BIM se atualiza de forma integral a cada modificação o que aumenta a produtividade e diminui consideravelmente a ocorrência de erros que possam comprometer os projetos e a execução.

A modelagem BIM proporciona um grande aumento de produtividade na geração da documentação 2D dos projetos e há fidelização entre os modelos virtuais tridimensionais e a documentação 2D. “Todas as atualizações ou revisões do modelo são transmitidas de forma automática para todas as plantas relacionadas, agregando confiabilidade e produtividade ao processo.” (KAIZUKA E CELEBRONI, 2017, p. 48).

As figuras 4 e 5 a seguir demonstram um comparativo entre um projeto de instalações hidráulicas feito no CAD 2D e no BIM.

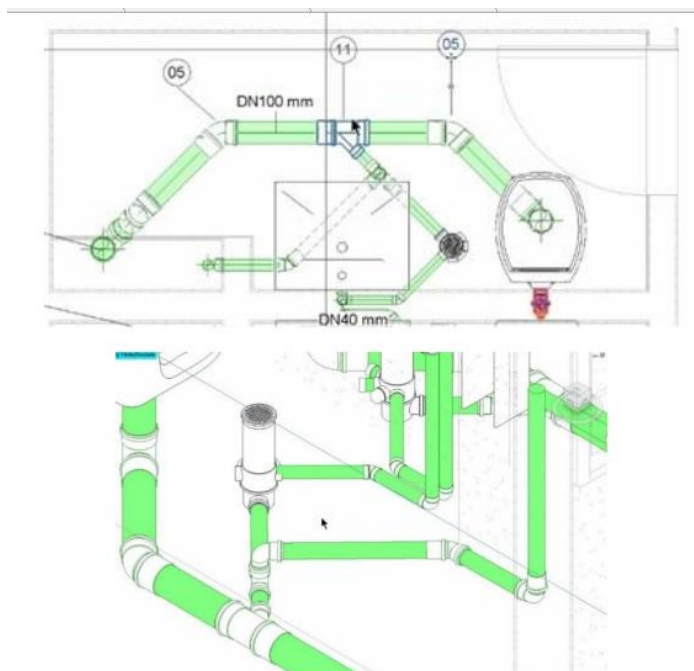
Figura 4 - Projeto de Instalações Hidráulicas feito no CAD 2D



Fonte: MARSICO (2017)

Na representação em CAD temos um conjunto de linhas que representam os elementos construtivos, quando aplica-se o conceito BIM esses elementos passam a receber informações que irão auxiliar em todo o fluxo de desenvolvimento, do projeto à execução, operação e manutenção do edifício. Outro ponto que fica claro ao se comparar o processo convencional com o fluxo proposto pelo BIM é a qualidade da representação gráfica dos elementos presentes no projeto. Uma vista de planta e uma perspectiva tridimensional são apresentadas na figura 5 a seguir.

Figura 5 -Projeto de Instalações Hidráulicas feito no BIM



Fonte: MARSICO (2017)

A modelagem tridimensional além de possibilitar maior visualização dos elementos também armazena suas informações, sendo esse o conceito de modelagem paramétrica. Esse tipo de metodologia possibilita que os usuários adicionem muito mais informações ao projeto.

Para Succar (2016, p.1 tradução nossa) “a adoção do BIM atualmente é a expressão de inovação para a indústria da construção civil”. Essa inovação é fundamental para que o setor continue a crescer e se desenvolver de forma benéfica e também para que cada vez mais os profissionais possam oferecer vantagens competitivas no mercado.

5.11 PMI

Para Antoneli E Santos (2015, p.1) o PMI é: “um fórum de excelência na área de gerência de projetos promovendo seu crescimento, divulgação, educação e valor nas organizações e praticantes. ”

O PMI é hoje a maior instituição à nível mundial no que se diz respeito à profissão de gerente de projetos. O instituto também mantém um programa de certificação profissional. O PMP (Project management Professional).

O PMI é uma entidade sem fins lucrativos que congrega profissionais que atuam no campo relacionado à Gerência de Projetos. Foi fundado em 1969 nos Estados Unidos e está presente hoje em todos os continentes através de Capítulos Seções Regionais e de Grupos de Interesse Específicos. (ANTONELI e SANTOS, 2005, p. 1)

O objetivo principal do PMI é desenvolver a profissão de gerente de projetos, trazendo valorização e reconhecimento da profissão bem como demonstrar o quão relevante o gerenciamento de projetos é para uma organização.

5.12 GUIA PMBOK® 6ª edição

O gerenciamento de projetos tem sido usado ao longo da história da humanidade nos mais diversos segmentos. Alguns exemplos de grandes projetos de engenharia que foram construídos são as pirâmides de Gizé, a grande muralha da

China, o Taj Mahal, o Canal do Panamá, dentre outros grandes projetos executados pela humanidade. (Guia PMBOK® 2017, p. 1).

Na execução desses processos existiram líderes que aplicaram seus conhecimentos através de práticas, princípios, processos, tecnologias e até mesmo conhecimento baseado no empirismo e experimentação. O ponto principal é que o desenvolvimento de projetos bem-sucedidos passa necessariamente pela necessidade de padrões, metodologias e procedimentos estabelecidos por aqueles que tem a função de liderar ou até mesmo por aqueles que sendo liderados também precisam ter o entendimento de como o gerenciamento funciona para poderem se adequar ao que está sendo feito.

Em meados do século XX, os gerentes de projeto começaram a buscar o reconhecimento do gerenciamento de projetos como profissão. Um aspecto desse trabalho envolveu obter um acordo sobre o conjunto de conhecimentos (BOK, sigla em inglês de “Body of Knowledge”) em gerenciamento de projetos. Esse conjunto de conhecimentos acabou ficando conhecido como conhecimento em gerenciamento de projetos. (Guia PMBOK® 2017, p. 1).

A primeira versão do guia foi publicada em 1987 como uma referência básica a nível de conhecimentos e práticas do gerenciamento de projetos. O guia se tornou um padrão mundial reconhecida pela ANSI (America National Standart Institute). O PMI também definiu as áreas de conhecimento em gerencia de projetos:

- 1)Gerenciamento da Integração;
- 2)Gerenciamento do Escopo;
- 3)Gerenciamento do Cronograma;
- 4)Gerenciamento dos Custos;
- 5)Gerenciamento da Qualidade;
- 6)Gerenciamento dos Recursos;
- 7)Gerenciamento das Comunicações;
- 8)Gerenciamento dos Riscos;
- 9)Gerenciamento das Aquisições;
- 10)Gerenciamento das Partes interessadas no Projeto (stakeholders);

As 10 áreas de conhecimento abrangidas pelo PMBOK® têm aplicações no desenvolvimento de metodologias em gerenciamento de projetos nos mais diversos ramos, seja no desenvolvimento de softwares, administração de empresas, desenvolvimento de métodos de trabalho e também têm ampla aplicação na indústria da construção civil. Os processos, práticas, ferramentas e métodos disponíveis no guia de gerenciamento de projetos podem ser utilizados nas mais diversas etapas de construção em diversos tipos de empreendimento.

O conteúdo disponível é muito rico e muito amplo, o que torna impossível analisar todas as contribuições possíveis do guia PMBOK® e dos conhecimentos em gerenciamento de projetos em um único trabalho. Por isso apresentaremos aqui o conceito de restrição tripla e utilização do Guia para definição de projeto no contexto da indústria da Construção Civil.

5.13 Extensão para Construção do Guia PMBOK®

A extensão para Construção Civil do Guia PMBOK® vai além das orientações gerais aplicadas aos mais diversos tipos de projeto e tem sua aplicabilidade voltada de forma específica para o mercado da Construção Civil.

Além de orientações sobre as áreas de Conhecimento tratadas no guia de forma específica para a Construção Civil a extensão ainda traz diretrizes a respeito de quatro áreas adicionais sendo elas:

- Gerenciamento de Recursos do Projeto;
- Integridade, Segurança e proteção do projeto e gerenciamento ambiental;
- Gerenciamento financeiro do Projeto (Além do Custo);
- Reinvindicações.

O Item de gerenciamento de recursos traz informações mais abrangentes relacionadas à todos os recursos necessários. A área de segurança e integridade também aborda aspectos de saúde física, bem-estar emocional, e questões relacionadas ao meio ambiente, o gerenciamento financeiro traz diretrizes sobre incorporação e monitoramento de fluxo de caixa, o gerenciamento de reinvindicações diz respeito a atrasos de cronogramas e disputas legais.

“A Extensão de Construção também inclui a discussão das tendências e os desenvolvimentos emergentes do setor de construção que afetam a aplicação do gerenciamento de projetos aos projetos de construção. ” (SOTILLE, 2017, p.1)

Sotille (2017) ainda chama atenção para uma seção totalmente dedicada ao BIM para auxílio no gerenciamento de todo o ciclo de vida das edificações na plataforma.

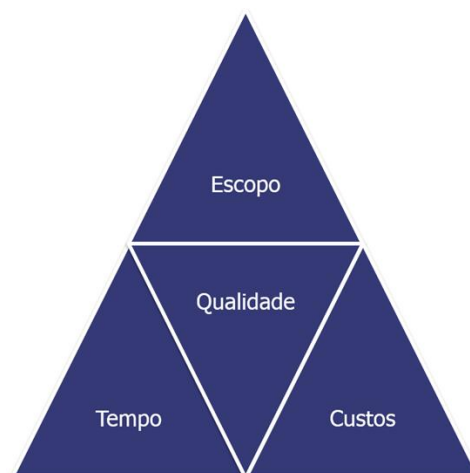
5.14 O Conceito da restrição tripla

Para a aplicação dos conhecimentos do Guia na construção civil utilizaremos o conceito de restrição tripla, definido a seguir:

“A restrição tripla é um conceito antigo atribuído ao pesquisador Martin Barnes (1969) que define restrições fundamentais que sustentam a entrega bem-sucedida de um projeto relacionando Custos, tempo e resultados. Algumas modificações têm sido feitas como por exemplo renomear os três termos como qualidade, escopo e performance ou custos, prazo e escopo”. (LANGSTON 2013, p. 79-80, tradução nossa).

O conceito diz que modificações em qualquer um dos três itens afetará os outros dois. Há ainda autores que incluem um quarto item, o gerenciamento de qualidade formando um quarteto de restrições.

Figura 6: O Triângulo de restrições



Fonte: MONTES (2018)

Neste trabalho não trabalharemos aspectos referentes à qualidade e consideraremos esta como um requisito intrínseco na elaboração de projetos.

A seguir algumas definições importantes sobre o gerenciamento de escopo, custo e prazos.

O escopo é definido pelo guia PMBOK® 2017 como a definição do produto ou projeto. O escopo de um produto, contará com os recursos e funções que o caracterizam e o escopo de um projeto trará a definição do trabalho a ser realizado para a entrega de um produto, serviço ou resultado.

Para LANGSTON (2013) o gerenciamento do escopo de um projeto inclui todos os processos necessários para assegurar que a entrega ou output do projeto contêm todo o trabalho que foi requerido, e apenas o trabalho que foi requerido para completar o projeto como designado.

O escopo é então o projeto em si. No contexto da construção civil o escopo é representado pelos projetos das diversas disciplinas que constituem os empreendimentos e edificações como um todo.

A partir da definição de escopo, passa-se à definição dos custos: “O gerenciamento dos custos do projeto deve considerar principalmente o custo dos recursos necessários para completar as atividades do projeto.” (Guia PMBOK®, 2017, p.674).

No contexto da cadeia produtiva da construção civil o gerenciamento de custos irá envolver as fases de orçamentação, elaboração e controle de cronograma físico-financeiro, contratação de serviços, mão de obra e tudo aquilo que será necessário para executar o que foi planejado com todas as especificações técnicas que garantirão solidez, habitabilidade e funcionalidade às edificações.

O ponto principal do gerenciamento de custos é garantir que se tenha recursos financeiros para executar o projeto, isso também implica o gerenciamento de decisões que possam impactar os custos ao longo da execução.

O terceiro item do triângulo de restrições é o gerenciamento de prazos ou cronogramas: “O Cronograma do projeto fornece um plano detalhado que representa como e quando o projeto vai entregar os produtos e serviços e resultados definidos em seu escopo” (Guia PMBOK®, 2017, p.674).

BAIA (2015) aponta como principais recursos para o planejamento:

- a) Especificações Técnicas
- b) Caderno de Encargos
- c) Memorial Descritivo
- d) Cronograma
- e) Rede de Atividades
- f) Cronograma de Gantt
- g) Cronograma de mão-de-obra
- h) Cronograma Físico Financeiro
- i) Tecnologia da informação na Construção Civil
- j) Softwares de Projeto
- k) Softwares de Gerenciamento
- l) Indicadores de Desempenho

Uma boa gestão e um bom planejamento partem da necessidade de peças técnicas que contenham as informações necessárias para que seja feito um planejamento detalhado do empreendimento.

Matos (2010) propõe os seguintes passos para a elaboração de um planejamento: identificação das atividades, definição das durações, definição da precedência, montagem do diagrama de rede, geração do cronograma de Gantt e cálculo de folgas.

O gerenciamento de prazos deve ser realizado objetivando a conclusão daquilo que foi projetado para o escopo com os recursos financeiros disponíveis. O gerenciamento de prazos também implica o gerenciamento das decisões de projeto que podem influenciar no cronograma.

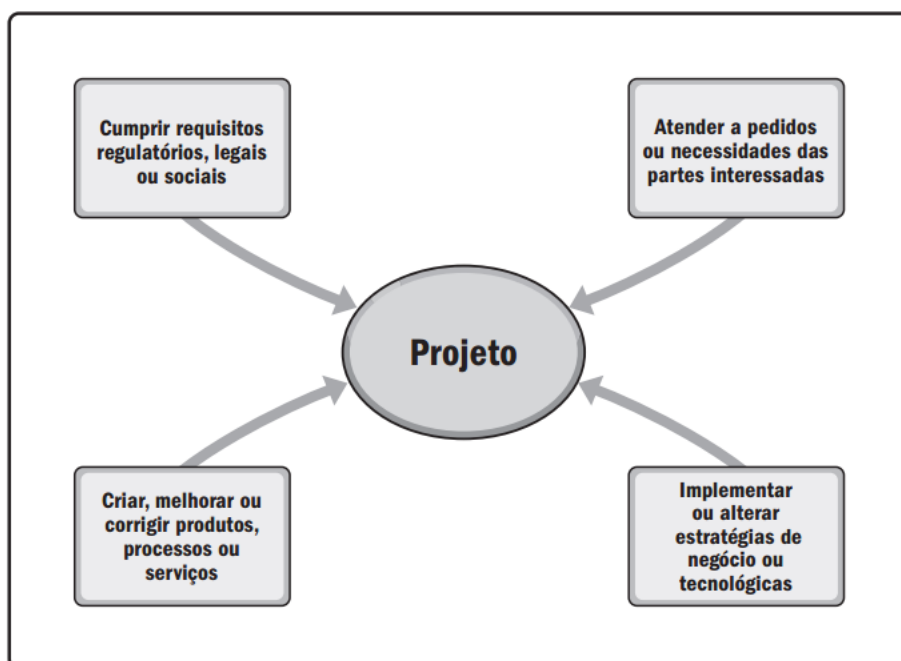
5.15 O conceito de Projeto

O Guia PMBOK® 2017 define um projeto como “ [...] um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. ” O guia ainda define: “Projetos são empreendidos em todos os níveis organizacionais. Um projeto pode envolver um único indivíduo ou um grupo [...] ou múltiplas unidades organizacionais de múltiplas organizações. ”

Os projetos são iniciados em resposta a fatores dentro de determinados contextos. Um projeto sempre atenderá uma demanda específica e os objetivos são cumpridos a partir de produção de entregas. Os fatores podem ser: concorrência, novas tecnologias, mudanças políticas, sociais, econômicas, mudanças de mercado solicitações de clientes, necessidades de melhorias em processos de negócios, considerações ambientais etc.

A figura 7 traz o contexto de elaboração de projetos proposto pelo PMBOK® 2017, onde é demonstrado quais os fatores que definem a necessidade de elaboração de um projeto.

Figura 7 - O Contexto de iniciação de projetos



Fonte: Guia PMBOK® 6ª Edição (2017, p.8)

A elaboração de projetos de Engenharia e arquitetura é uma atividade extremamente complexa, independentemente do tamanho da obra, existe uma série de cuidados e medidas que devem ser observadas pelos profissionais envolvidos para que o empreendimento alcance o sucesso.

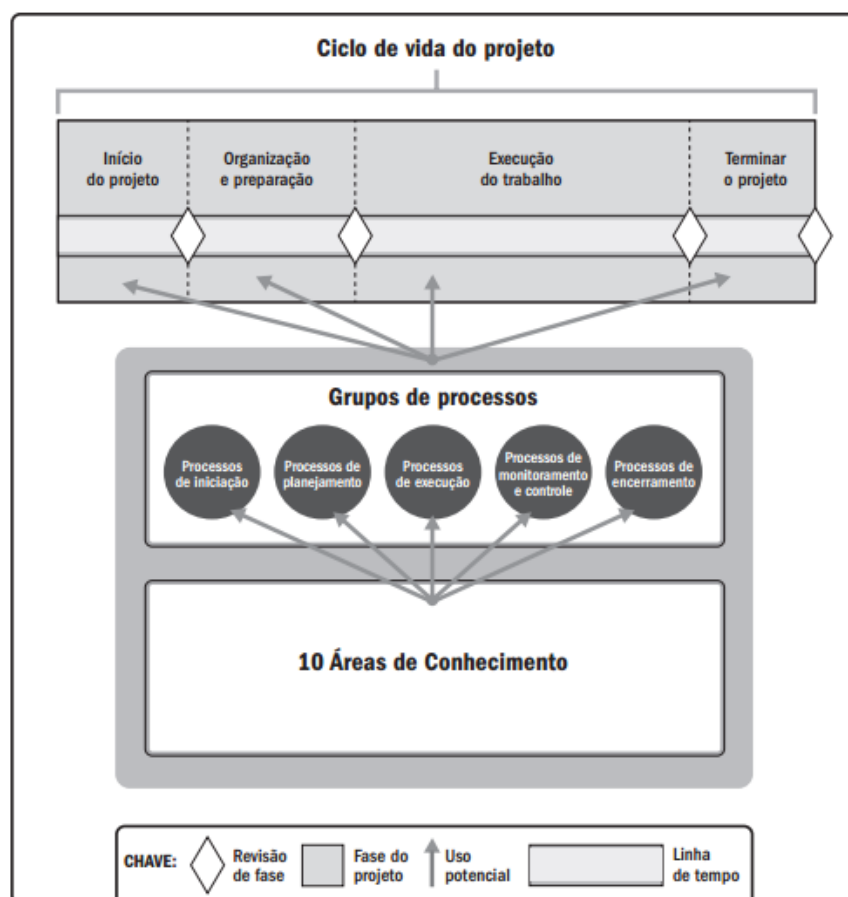
O gerenciamento correto de projetos é a chave fundamental para o sucesso das organizações. É através de um bom gerenciamento que os objetivos são cumpridos, os pacotes de entregas são liberados no prazo, os riscos são tratados em tempo hábil e as restrições do projeto (escopo, custo e prazo) são

tratadas. Projetos mal gerenciados resultarão em perda de prazos, retrabalhos excessivos, má qualidade das entregas e insatisfação das partes. (Guia PMBOK®, 2017).

Por vezes, no cenário brasileiro é observado que essa fase tão importante do empreendimento é desvalorizada, por uma série de motivos, dentre eles a necessidade de prazos e a pressa dos empreiteiros em iniciar as obras e obter lucros. Os projetos são tratados apenas como documentos que objetivam apenas a liberação da execução das obras por parte dos órgãos fiscalizadores.

Os projetos devem ter ciclos de vida bem definidos, e cada etapa deve ser gerenciada para que tudo saia como o planejado. O ciclo de vida de um projeto é demonstrado na figura 8 a seguir.

Figura 8 - O ciclo de vida do projeto



Fonte: Guia PMBOK® 6ª Edição (2017, p.18)

Pode-se observar o equilíbrio necessário em cada etapa do ciclo de vida do projeto, para que o objetivo seja alcançado cada etapa deve ser respeitada e deve

ser dado o devido tempo e a atenção necessária para a sua conclusão. No mercado brasileiro é possível identificar que as empresas dedicam mais tempo e esforço na fase de execução da obra do que das fases de projeto, planejamento e orçamentação (escopo, custo e prazo). Esse erro, embora seja comum é extremamente prejudicial.

Para Costa (2013) o processo de elaboração dos projetos é desvalorizado em muitos empreendimentos e o resultado da desvalorização dessa etapa é refletido na fase de execução, onde será necessário aumentar o prazo e custos adicionais serão gerados devido à erros e incompatibilidades entre projeto e execução.

No cenário mundial a autora também afirma que em países onde se observa uma maior valorização das etapas de projeto e compatibilização gasta-se um tempo maior nas fases de projeto, compatibilização, planejamento e orçamentação do que na execução propriamente dita. No Brasil, muitas obras são iniciadas antes mesmo da finalização dos projetos de Arquitetura o que resulta em execuções caóticas e uma série de erros que comprometem os empreendimentos.

Sobre os desafios da implementação do BIM no Brasil Kaizuka E Celebroni (2017) comentam sobre a necessidade do entendimento por parte dos contratantes de que os prazos no início do projeto devem ser maiores. A modelagem BIM permite que muitos dos detalhes construtivos possam ser pensados e resolvidos com antecedência em relação ao fluxo convencional, porém é necessário que seja empreendido um maior esforço na fase inicial do projeto, na modelagem e compatibilização. Os autores também reforçam a necessidade de que todas as disciplinas envolvidas utilizem o conceito do BIM para que o ganho seja ainda mais significativo.

5.16 O Ciclo atual de elaboração de projetos

Via de regra, o ciclo que se tem no Brasil na execução de obras é bastante fragmentado. Geralmente se inicia por alguns estudos de viabilidade, contratação de um profissional de arquitetura para elaboração de um projeto arquitetônico e tendo como referência principal esse projeto de arquitetura as outras disciplinas se desenvolvem (estruturas, instalações, fundações e outras).

Balem (2015) comenta sobre essa relação de hierarquia estabelecida entre os projetos e seu processo de elaboração. Essa separação e hierarquização

está enraizada na cultura construtiva Brasileira. O fato de que os projetos das diferentes disciplinas são elaborados por profissionais que trabalham de forma independente tornam a concepção dos projetos ainda mais fragmentada.

Além da falta de interoperabilidade BALEM (2015) também aponta a baixa qualidade dos projetos que resulta em retrabalhos e erros. A exigência de prazos curtos para a fase de projeto visando o início da etapa de execução acaba por ter sempre um efeito contrário e esse é um dos principais problemas na cadeia produtiva da construção civil. É perceptível a necessidade de aperfeiçoamento nesse ciclo de para que haja mais interação entre a concepção dos projetos e o canteiro de obras para otimizar todo o processo construtivo.

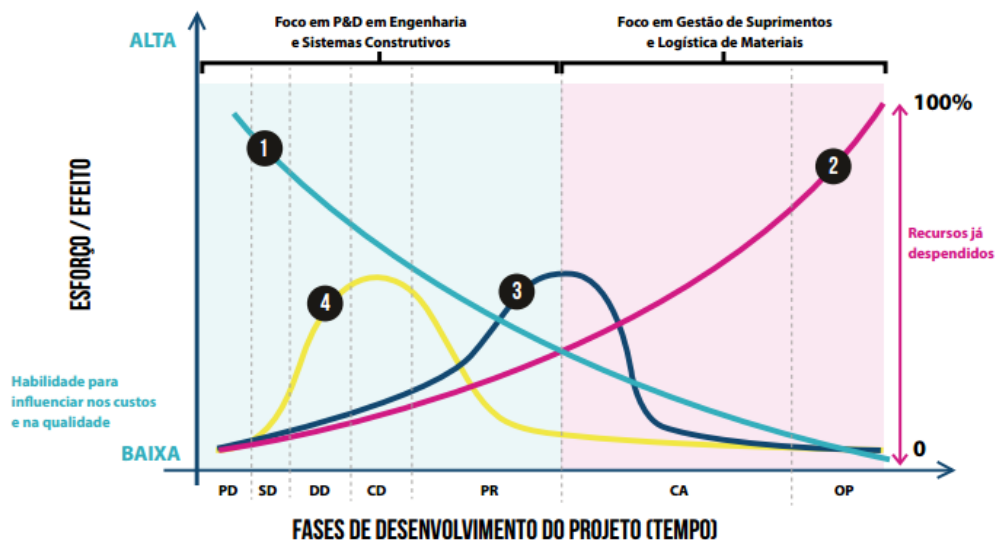
O maior investimento na fase de projetos apresenta vantagens significativas em relação às práticas convencionais, o projeto deve ser tratado como um documento legal necessário para aprovação e regularização junto aos órgãos fiscalizadores, mais seu papel não pode ser restrito à uma formalidade. O investimento de mais tempo nas fases iniciais tem um potencial significativo de redução de custos, prazos e aumento da qualidade.

5.17 O Ciclo de elaboração de Projetos proposto pelo BIM X Ciclo de elaboração em CAD

Uma das diferenças mais significativas entre o ciclo atual de elaboração de projetos e o ciclo proposto pela implantação da tecnologia BIM é o emprego de mais tempo e esforço nas fases iniciais do projeto, a modelagem 3D possibilita que a edificação seja construída de forma completa em um ambiente computacional, porém esse tipo de modelagem embora traga uma série de vantagens inquestionáveis necessita de mais tempo empregado no início do projeto.

Na figura 9 a seguir, é demonstrado um comparativo entre o processo de projeto BIM e o processo de projeto CAD.

Figura 9 - Gráfico comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM



Fonte: CBIC (2016)

O gráfico demonstra uma curva que exemplifica o esforço empregado ao longo das diferentes partes de desenvolvimento do projeto. No eixo das abscissas temos as seguintes fases de projeto:

- 1) PD (Pré- Design): Pré-Projeto
- 2) SD (Schematic Design): Estudo Preliminar – Anteprojeto
- 3) DD (Detailed Design): Projeto Básico
- 4) CD (Construction Design): Projeto Executivo
- 5) PR (Procurement): Licitação e contratação
- 6) CA (Construction): obra/Construção
- 7) OP (Operation): Operação

No eixo das ordenadas temos o esforço empreendido em cada uma das etapas. Com relação à capacidade de influenciar os custos e a qualidade de um empreendimento CBIC (2016) aponta os seguintes tópicos:

- 1) A capacidade para impactar custos de obra e características funcionais de um empreendimento diminui conforme o projeto evolui pelos estágios do seu ciclo de desenvolvimento.

- 2) Quanto mais adiantado o estágio do ciclo de desenvolvimento de um empreendimento, mais altos serão os custos das eventuais alterações de projetos e especificações.

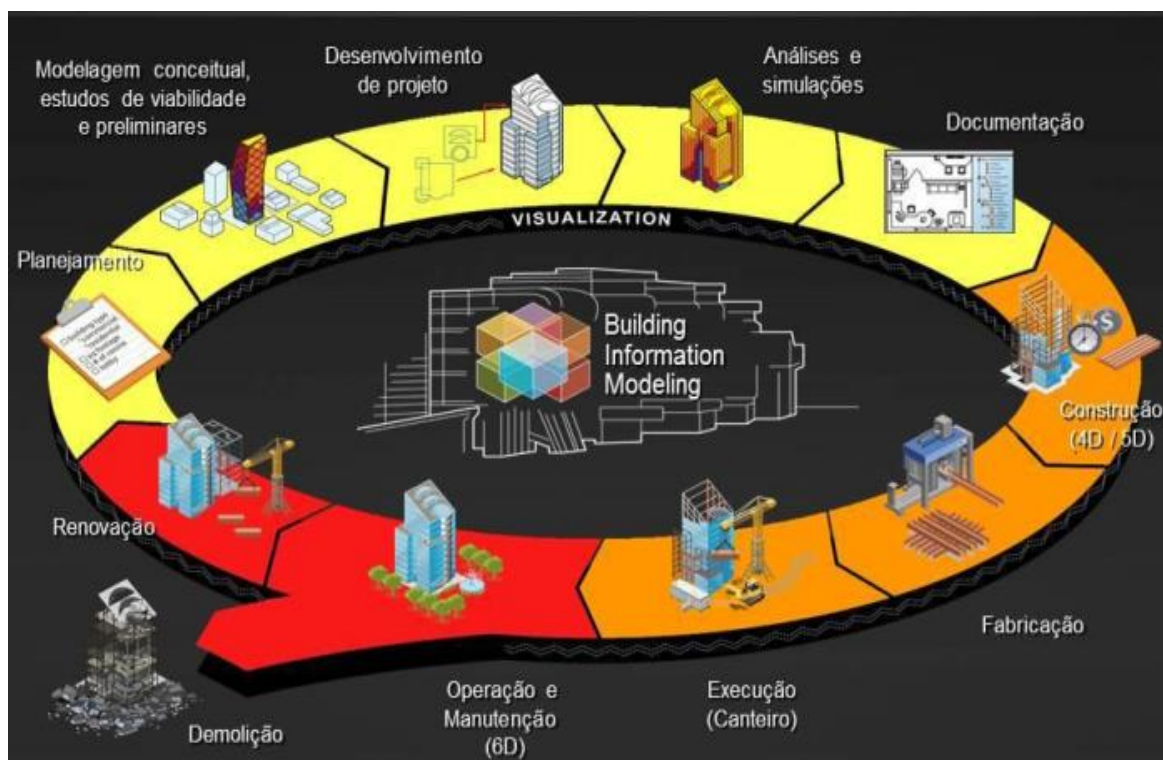
Na parte esquerda do gráfico, estão as etapas que apresentam as oportunidades mais significativas de redução de custos. Nessas etapas o foco do desenvolvimento está nas atividades de concepção, pesquisa e desenvolvimento de soluções.

No lado direito do gráfico, temos o início da construção. Em uma situação ideal todas as decisões significativas já deveriam estar tomadas, e o foco do esforço será direcionado para a gestão de suprimentos, materiais e outros recursos logísticos.

As curvas 3 e 4 representam respectivamente o processo de projeto tradicional em CAD e o processo BIM. A curva 1 representa a capacidade de impactar os custos da obra e características funcionais do empreendimento, que acaba por ser muito mais significativa no início do projeto ao se tratar de reduções e racionalizações que podem ser pensadas na concepção do empreendimento. A curva 2 representa os custos de alterações dos projetos, que é muito mais significativo quando as alterações precisam ser realizadas após o início das obras.

Segundo Mazione (2015) a implementação do BIM em uma organização é um processo de trabalho que deve ser tratado de maneira estratégica. Na figura 10 a seguir, é exemplificado o ciclo de vida proposto pelo BIM para as edificações:

Figura 10 - O ciclo de vida proposto pelo BIM para as edificações



Fonte: Eastman, et. al (2008 apud BAIA 2015)

O BIM propõe uma nova metodologia para projetos que se constitui em um ciclo de desenvolvimento. A primeira fase se inicia com o planejamento a níveis preliminares, geralmente é nessa fase que é feito o estudo de viabilidade e os modelos aqui gerados são pouco detalhados. A partir disso dá-se início à fase de desenvolvimento do projeto propriamente dito com todas as informações que o modelo BIM proporciona que sejam adicionadas ao projeto. Após esse abastecimento com as informações relacionadas à materiais empregados, camadas de revestimento, acessórios e peças, modelagem estrutural, etc. toda essa informação que abastece o modelo gera a documentação necessária para a fase de orçamentação e definições de cronogramas. No BIM o modelo que inclui o planejamento é chamado 4D e o modelo que inclui os custos é chamado de modelo 5D. quando se adicionam ao modelo as informações relacionadas à preocupações com o meio ambiente tem-se um modelo 5D. A última fase do Ciclo de vida BIM é a reforma ou demolição da edificação, de modo a iniciar um novo ciclo de vida.

5.17.1 Níveis de maturidade e níveis de Desenvolvimento

O BIMDICTIONARY apresenta o conceito de Estágios BIM, como um conjunto de marcos que auxiliam na implementação do BIM em uma organização. Os estágios são definidos por Succar (2012) em: Modelagem baseada em objetos (Estágio BIM 1), colaboração baseada em modelo (estágio BIM 2) e integração baseada em rede (estágio BIM 3). Além dos 3 estágios já citados, o autor também aponta o Estágio zero, denominado Pré-BIM, e um quarto estágio denominado Pós-BIM. O quadro 3 a seguir contém as definições sobre os estágios BIM.

Quadro 3 - Níveis de Maturidade BIM

Estágio 0 Pré-BIM	Baseado em desenhos CAD 2D, sem integração entre os diferentes documentos gerados no processo de trabalho, como levantamentos quantitativos e especificações. As práticas de trabalho nesse estágio não são colaborativas e o processo de projeto é sequencial e assíncrono.
Estágio 1 Modelagem	Estágio inicial da implementação do BIM, baseado na modelagem individual das disciplinas com softwares, como Archicad, Revit, Tekla e outros. Geralmente é focado apenas no desenho com visualizações 3D e algumas tabelas simples de quantitativos.
Estágio 2 Colaboração	Dá-se início ao compartilhamento de informações entre as disciplinas através do formato de arquivo IFC. Nessa etapa já ocorre o intercâmbio entre as disciplinas e o uso do BIM 4D (Planejamento) e BIM 5D (Orçamentação).
Estágio 3 Integração	Os modelos são compartilhados e mantidos de forma colaborativa através de todo o ciclo de vida do edifício. Nessa etapa toda a edificação se desenvolve de maneira integrada e as análises possibilitadas pelos modelos são mais complexas.
Estágio 4 IPD	<i>Integrated Project delivery</i> ou entrega integrada de projeto é o mais alto estágio de desenvolvimento BIM. Nessa etapa as relações contratuais já se alteram e passam a se basear na colaboração efetiva de todos os agentes envolvidos em modelos totalmente integrados.

FONTE: Adaptado de SUCCAR (2012) e MAZIONE (2015)

Conforme CBIC (2016) o conceito de nível de desenvolvimento (*Level of Development*) foi inicialmente entendido com nível de detalhe (*Level Of Detail*), o que se referia basicamente à complexidade da representação gráfica. O conceito inicial foi ampliado e hoje, se refere ao nível de confiança que os usuários podem ter nas informações incorporadas em um modelo BIM. Em um modelo colaborativo onde diversos agentes estão envolvidos, é fundamental definir qual o nível de confiabilidade das informações compartilhadas nas diversas etapas de desenvolvimento.

Segundo CBIC (2016) a especificação clara de um nível de desenvolvimento tem como objetivo servir de referência nas contratações de

serviços de modelagem BIM realizados por terceiros. Normalmente o LOD é indicado por um nível que se inicia no LOD 100. O quadro 4 a seguir contém as definições de cada um dos níveis.

Quadro 4 - Níveis de Desenvolvimento BIM

LOD 100	Elementos de um modelo podem ser representados graficamente por um símbolo ou outra representação genérica. Informações relacionadas aos elementos do modelo (ex. custo/m2) podem ser derivadas de outros elementos.
LOD 200	Elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema genérico. Objeto ou montagem com tamanhos, formas, quantidades e orientações aproximadas. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.
LOD 300	Elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico; Objeto ou montagem com tamanhos, formas, quantidades e orientações também específicos. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.
LOD 350	Elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico; Objeto ou montagem com tamanhos, formas, quantidades, orientações e interfaces com outros sistemas também específicos. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.
LOD 450	Elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico. Objeto ou montagem com tamanhos, formas, quantidades, orientações com informações detalhadas sobre fabricação, montagem e instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.
LOD 500	As representações gráficas dos elementos de um modelo são verificadas em campo, em termos de tamanho, formas, localização, quantidades e orientações. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.

Fonte: adaptado de CBIC (2016)

Na figura 11 a seguir tem-se o exemplo dos diferentes tipos de classificação para uma luminária.

Figura 11 - Exemplificação dos diferentes níveis de LOD

LOD 100 Custos relacionados às lajes-pisos
LOD 200 Luminária genérica com tamanho, forma e localização aproximada
LOD 300 Luminária 2x4 troffer, com tamanho, forma e localização especificados
LOD 350 Luminária Lightolier DPA2G12LS232, com tamanho, forma e localização especificados
LOD 400 Luminária Lightolier DPA2G12LS232, com tamanho, forma e localização especificados (idem LOD 350) inclusive detalhes da montagem, em forro suspenso



Fonte: CBIC (2016)

A Associação Americana de arquitetos dos Estados Unidos (*American institute of Architects – AIA*), publicou um documento que define cinco níveis de LOD. A padronização proposta pela AIA define de forma clara quais os correspondentes usos autorizados de cada nível e seu nível de responsabilidade relacionado. As figuras 12,13 e 14 a seguir contém alguns exemplos do LOD.

Figura 12 - LOD 100 e LOD 200 com seus respectivos Usos Autorizados



Fonte: CBIC (2016)

O nível de desenvolvimento é um importante parâmetro para contratações de serviços BIM. A definição clara do nível de desenvolvimento necessário para cada aplicação é de fundamental importância em um fluxo de trabalho BIM. Desta forma, os profissionais podem otimizar o tempo gasto no desenvolvimento de um projeto. Um estudo preliminar de uma residência por exemplo, não necessita de um LOD muito alto pois nessa fase o profissional precisará apenas definir algumas formas geométricas, áreas, ocupação do terreno dentro outros parâmetros que são necessários nas fases mais iniciais e não necessitam de um nível muito alto de modelagem. Na figura 13 tem-se as definições dos níveis de desenvolvimento 300 e 400. Nesses níveis o objetivo da modelagem já é se aproximar de um projeto executivo real, cujo projeto precisa ser mais preciso e conter mais detalhes do que um simples estudo preliminar por exemplo.

Figura 13 - LOD 300 e LOD 400 com seus respectivos Usos Autorizados

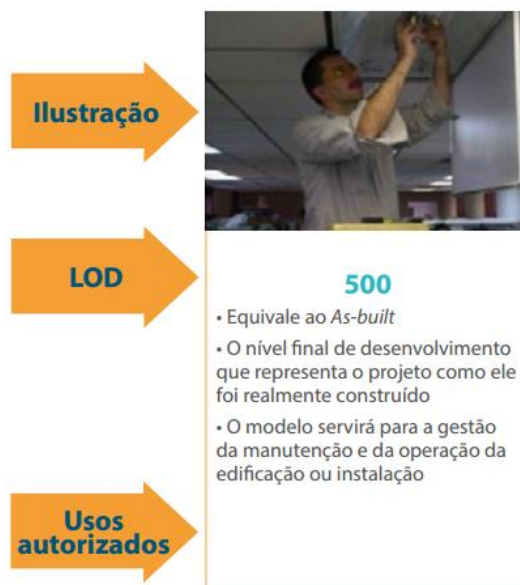


Fonte: CBIC (2016)

Como demonstrado, o nível de LOD 400 é o nível mais preciso que se tem em termos de projetos. Ele é fundamental quando o objetivo é de fato realizar a construção, levantando os quantitativos de materiais, e detalhando a construção de forma tridimensional.

A seguir na figura 14, tem-se a definição do LOD 500. Esse é até então o nível de desenvolvimento mais completo que se pode ter em uma modelagem, sendo equivalente ao As-Built da edificação.

Figura 14 - LOD 500 com seus respectivos Usos Autorizados



Fonte: CBIC (2016)

Esse tipo de modelo é usado no acompanhamento da vida útil das edificações, sendo uma ferramenta muito importante de gerenciamento do ciclo de vida das edificações.

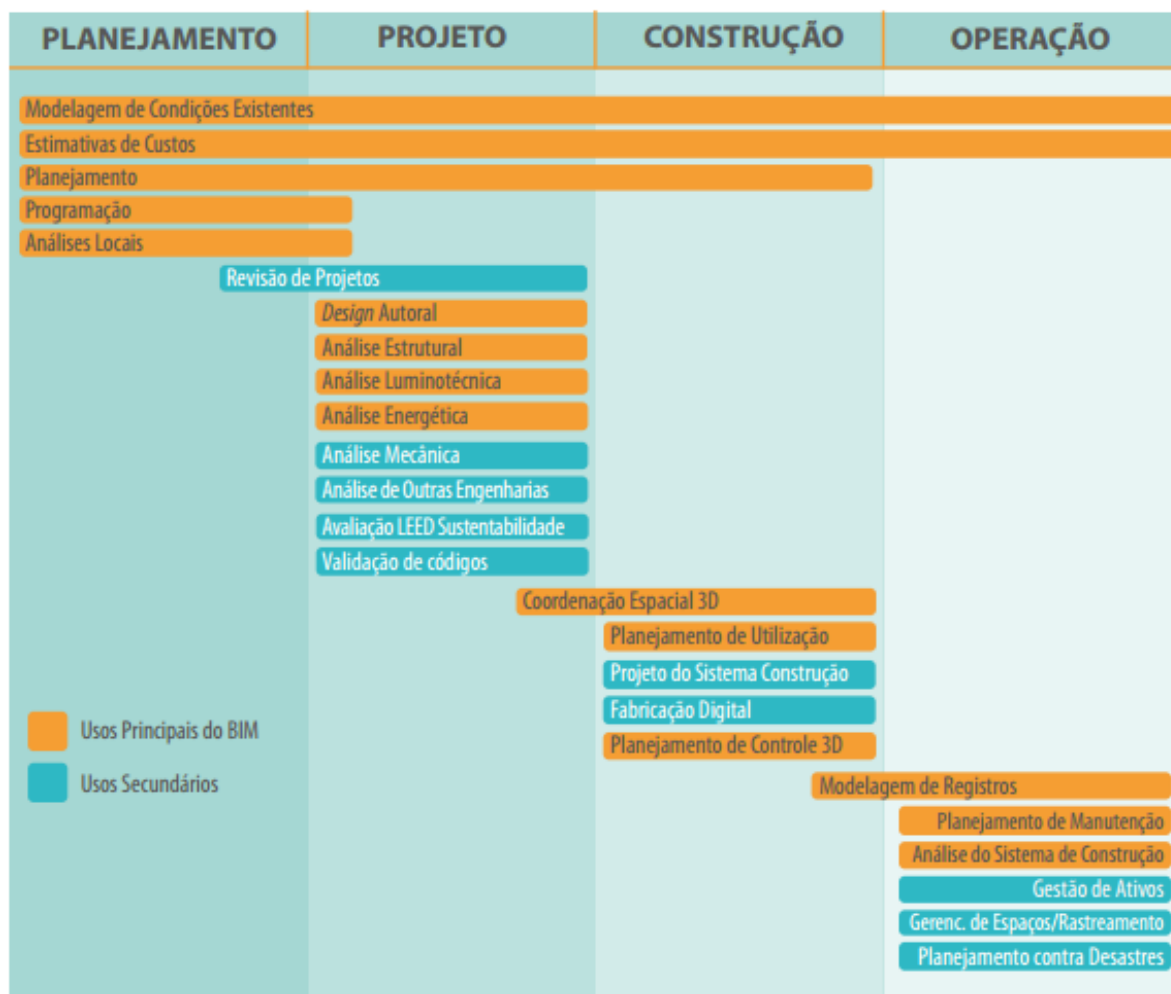
5.18 Casos de Uso do BIM

Em dezembro de 2009, a universidade da Pennsylvania¹ publicou um trabalho onde foram identificados vinte e cinco casos de uso para o BIM.

A Figura 15 a seguir contém a representação desses casos organizados de acordo com as fases do ciclo de vida do desenvolvimento de um projeto.

¹ Ralph Kreider, John Messner, and Craig Dubler, “**Determining the Frequency and Impact of Applying BIM for Different Purposes on Building Projects,**” in **Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction (AEC)** (Penn State University, University Park, PA, USA, 2010). ¹

Figura 15 -Os 25 casos de usos BIM



Fonte: CBIC (2016)

No Brasil, os usos mais comuns da tecnologia BIM, Conforme CBIC (2016) são:

- 1) Visualização do Projeto
- 2) Logística de canteiro
- 3) Visualização do planejamento
- 4) Levantamento de quantitativos
- 5) Estimativas de custos e orçamentação
- 6) Maquete eletrônica
- 7) Análise de Construtibilidade
- 8) Coordenação espacial

- 9) Coordenação de contratados
- 10) Rastreamento de componentes
- 11) Gestão de Ativos

5.19 Compatibilização de Projetos na Construção Civil

Um dos principais fatores que dificulta a elaboração dos projetos de forma integrada e sua compatibilização é a falta de comunicação entre os envolvidos. (MAGIAG, 2015, p.4) diz que :”A falta de retroalimentação de informações entre os engenheiros de produção e projetistas levam a repetição dos erros cometidos durante a execução de projetos.”

De acordo com Costa (2013) grande parte dos erros no processo de execução são causados por incompatibilidade de projetos e a compatibilização é essencial para a prevenção desses erros. Muitas vezes as empresas descartam essa fase por considerar perda de tempo ou gastos excessivos com um profissional e não percebem os ganhos que a compatibilização pode trazer na execução de um empreendimento.

Na figura 16 a seguir, tem-se um exemplo de compatibilização feito no software AutoDesk® NavisWorks.

Figura 16 - Análises de interferências entre as disciplinas de estrutura, arquitetura e instalações



Fonte: PAIVA (2016)

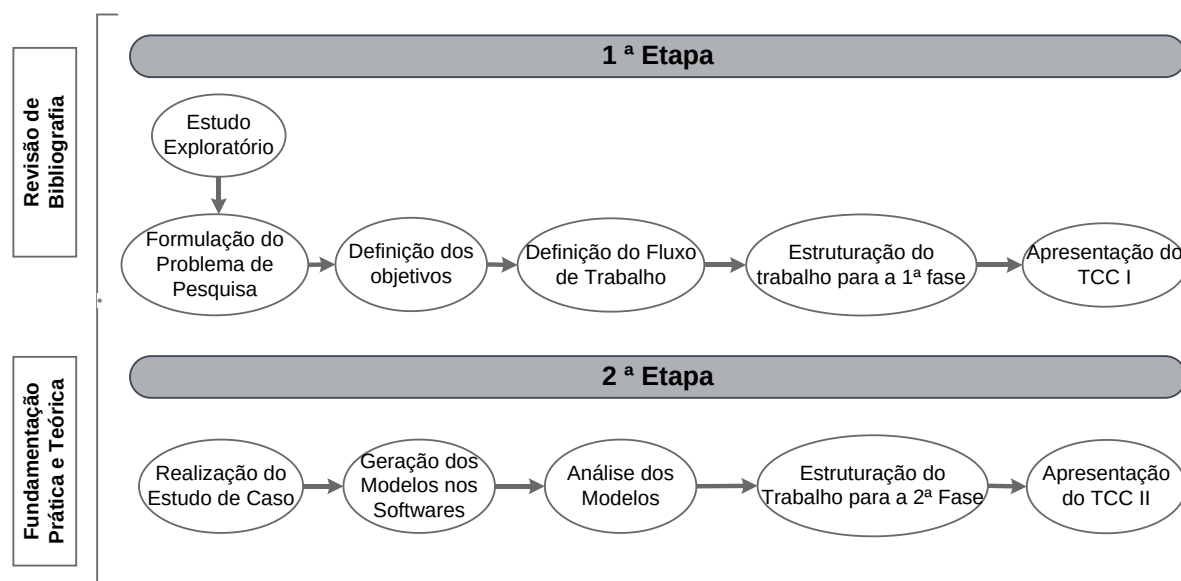
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Diante dos objetivos estabelecidos há a necessidade de organizar a metodologia de desenvolvimento do trabalho para analisar a utilização do conceito BIM, dos softwares BIM e da base metodológica fornecida pelo PMBOK® desenvolvimento de projetos para a construção civil.

A pesquisa consistirá na análise e modelagem dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações (Elétricas, Hidráulicas e Sanitárias) de uma edificação residencial, utilizando softwares que possibilitem a aplicação dos conceitos de Modelagem Paramétrica tridimensional e Interoperabilidade ente as diferentes disciplinas envolvidas.

Após a caracterização da pesquisa o seu desenvolvimento acontecerá em duas etapas, de acordo com o fluxo de pesquisa apresentado na figura 17.

Figura 17 - Fluxograma Geral da Pesquisa



A fundamentação prática e teórica e a revisão de bibliografia acontecem durante todo o desenvolvimento do trabalho. A primeira etapa consistirá na elaboração do pré-projeto do trabalho e apresentação do TCC I, enquanto a segunda etapa será de fato a realização do estudo de caso, estruturação do trabalho e apresentação do TCC II.

6.1 Caracterização da Pesquisa

Gil (2002) aponta a necessidade de se classificar as pesquisas científicas com base em algum critério, e indica como critérios usuais a classificação com base nos objetivos gerais do trabalho que resulta em três grandes grupos: pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas.

Desta forma, o trabalho é constituído por uma pesquisa exploratória. Gil (2002) define a pesquisa exploratória como aquela que tem objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, e que visa explicitar o problema pesquisado.

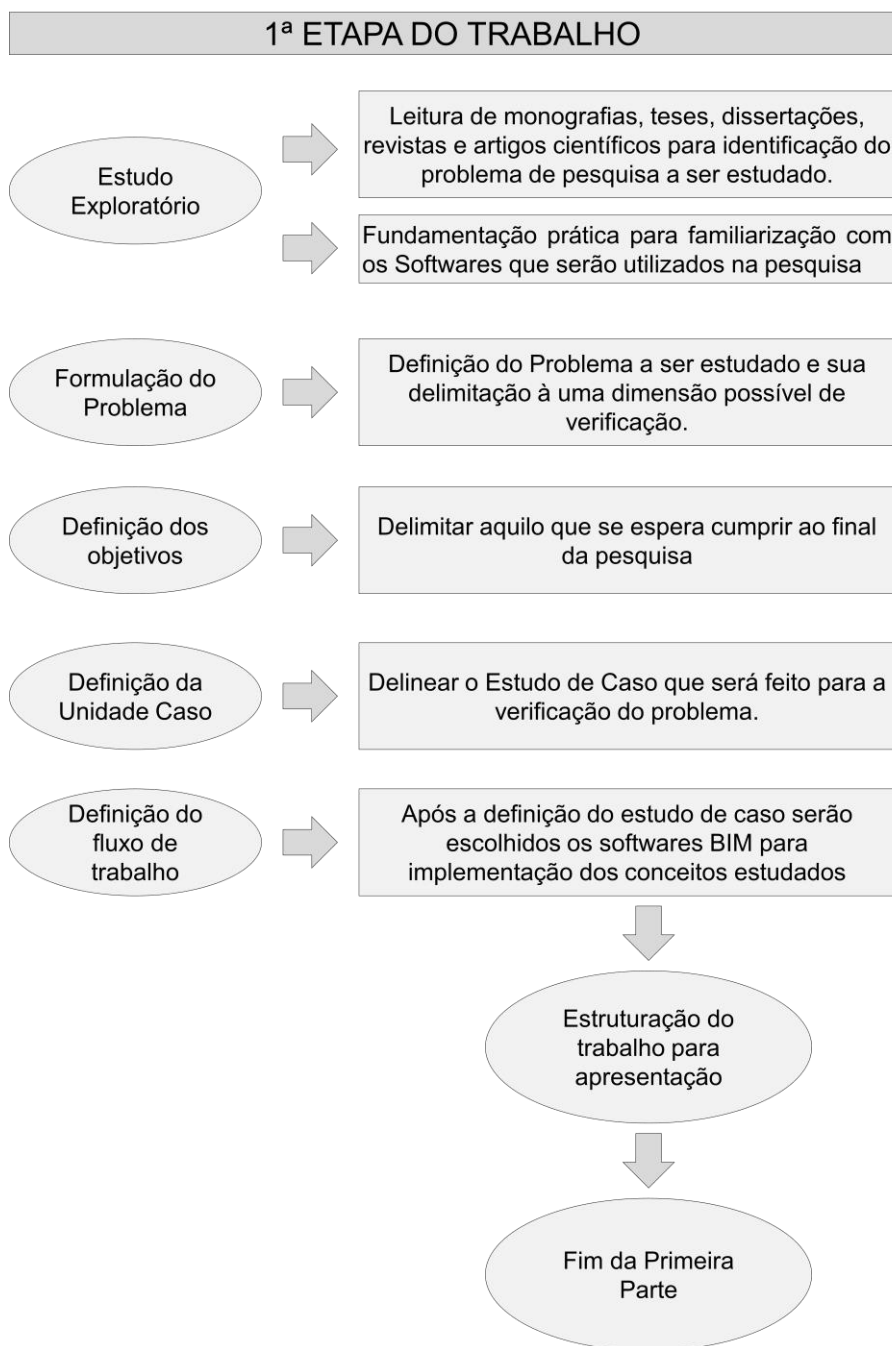
Uma pesquisa exploratória visa o aprimoramento de ideias com relação ao tema pesquisado incluindo levantamentos bibliográficos, entrevistas com pessoas que tiveram contato com o problema pesquisado e análise de exemplos na forma de estudo de caso. Os objetivos de uma pesquisa exploratória fazem com que seu planejamento seja mais dinâmico ou flexível, pois é necessário levar em conta os mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

Nessa pesquisa serão utilizados os levantamentos bibliográficos para aprofundamento no tema e a análise de um exemplo de aplicação na forma de um estudo de caso para exemplificar toda a base metodológica teórica que será revisada no desenvolver da pesquisa.

6.2 Primeira etapa

A primeira etapa da pesquisa consistirá de um estudo por parte do autor para se familiarizar ao tema e definir qual será a linha de pesquisa, bem como seus objetivos e metodologia. Esse estudo exploratório só será finalizado junto com toda a pesquisa com o objetivo de gerar uma base teórica consistente durante todo o desenvolvimento do trabalho. A partir das revisões de bibliografia ocorrerá o delineamento da pesquisa, a formulação de um problema de pesquisa e os objetivos serão definidos para responder de fato o problema identificado. A partir disso será feita a definição do estudo de caso, a estruturação e apresentação da primeira etapa do trabalho.

A primeira etapa do trabalho pode ser exemplificada através do fluxograma da figura 18 a seguir:

Figura 18 - Fluxograma da 1ª parte do Trabalho

- Estudo Exploratório sobre o tema

Nessa etapa serão lidos trabalhos acadêmicos tais como Trabalhos de Conclusão de Curso, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado, bem como artigos de revistas e sites especializados no tema. Concomitantemente aos estudos teóricos, também ocorrerá durante toda a execução do trabalho a fundamentação prática.

A etapa de estudo exploratório acontece durante toda a execução da pesquisa e só termina com a conclusão da pesquisa após a finalização do estudo de caso.

- Fundamentação Prática

A Fundamentação prática ocorrerá através do contato direto com os softwares que serão utilizados na pesquisa. Serão utilizados os manuais do BIM e os manuais dos softwares disponibilizados pelos seus fabricantes. O objetivo da fundamentação prática é aplicar o conceito proposto pelo BIM através da utilização dos softwares. Também serão utilizados apostilas e vídeo aulas disponibilizadas na internet bem como cursos voltados ao aprendizado dos softwares e suas particularidades.

Também ocorrerá através do contato com profissionais de engenharia que tem utilizado a tecnologia e colegas do curso que também estão estudando os softwares BIM.

Da mesma forma que a fundamentação teórica, a fundamentação prática só será considerada concluída ao final da pesquisa.

- Formulação do Problema de Pesquisa

O Problema de pesquisa é gerado através dos estudos de fundamentação por parte do autor em conjunto com os professores orientador e coorientador, a partir da formulação do problema é definido o tema da pesquisa.

- Definição do Tema da Pesquisa

Por ser tratar de um tema muito amplo será necessário direcionar a pesquisa de modo que ela cumpra seu objetivo.

Gil (2002) ressalta a importância de que o problema pesquisado seja reduzido à uma dimensão que torne possível a sua análise em uma dimensão viável. Desta forma a definição do tema parte da necessidade de delimitar o problema de pesquisa e definir seus objetivos. Desta forma será feito um estudo de Caso para modelagem de um empreendimento utilizando softwares que possibilitem a aplicação dos conceitos da tecnologia BIM em conjunto com as bases metodologias

fornecidas pelo Guia PMBOK® 2017 na definição do empreendimento a partir do triângulo de restrições: Escopo, Custo e Prazo.

- Caracterização do Estudo de Caso

Gil (2002) apresenta as seguintes etapas para a execução de um estudo de caso:

- a) Formulação do Problema
- b) Definição da unidade caso
- c) Definição do número de casos
- d) Elaboração de um Protocolo
- e) Avaliação e análise dos dados
- f) Preparação de um relatório

O estudo de caso seguirá as etapas propostas por GIL (2002), a partir do problema de pesquisa a unidade caso será uma edificação residencial de aproximadamente 100m² de área, construída na cidade de Palmas.

- Definição do Fluxo de Trabalho

Os projetos das disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações hidrossanitárias serão compatibilizados em um software BIM, para essa pesquisa serão utilizados inicialmente os softwares: Autodesk® Revit Architecture para a modelagem do projeto arquitetônico, Autodesk® Revit Structure para modelagem do projeto estrutural, Autodesk® Revit MEP para as instalações elétricas e hidrossanitárias e o Autodesk® NavisWorks para análise da interação entre os projetos e sua compatibilização, as planilhas de quantitativos de materiais e serviços gerados pelos softwares BIM serão utilizadas em conjunto com os softwares: Microsoft® Excel (para verificar as contribuições no processo de orçamentação) e o software Microsoft® MsProject (para auxílio no desenvolvimento de um planejamento 4D).

Na análise de custos, a princípio será estudada a contribuição dos softwares BIM na estimativa dos custos diretos da construção, não englobando desta forma, os custos indiretos, sociais dentre outros.

A Modelagem Tridimensional 3D é caracterizada pelos desenhos dos projetos através de uma modelagem paramétrica. Ao agregarmos informações do cronograma temos um modelo 4D e ao adicionarmos informações referentes aos custos teremos um modelo 5D.

Os softwares serão utilizados para aplicação e visualização prática dos conceitos propostos pela tecnologia BIM no que diz respeito à modelagem paramétrica das informações da construção e como esta ferramenta é essencial para prever erros de execução e solucioná-los na fase de planejamento antes da execução, demonstrando a importância da elaboração de bons projetos e sua correta compatibilização.

O PMBOK® será utilizado como uma ferramenta de suporte no desenvolvimento da pesquisa para análise as áreas de conhecimento: Gerenciamento de Escopo (Modelagem dos projetos), Gerenciamento de Custos (através da orçamentação) e Gerenciamento de Cronogramas (através de um exemplo de planejamento para a execução da obra).

O gerenciamento de escopo será feito através da modelagem tridimensional das disciplinas, o gerenciamento de custos será feito através da verificação das contribuições do conceito e softwares BIM na orçamentação, e o gerenciamento de cronograma será feito a partir da análise das contribuições do conceito e softwares BIM no planejamento da obra. Espera-se que seja possível verificar as contribuições da modelagem paramétrica fornecida pelo BIM em cada uma dessas etapas.

- Estruturação do trabalho para a primeira fase

A estruturação do trabalho na primeira fase integra os levantamentos bibliográficos e as impressões do pesquisador, por meio do auxílio do professor orientador e coorientador, são definidos o problema de pesquisa, sua caracterização, sua justificativa, objetivos e metodologia de execução. A disposição dos tópicos e a formatação seguiram o recomendado pelo regulamento e diretrizes da instituição de ensino a qual será apresentado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFTO) – campus Palmas.

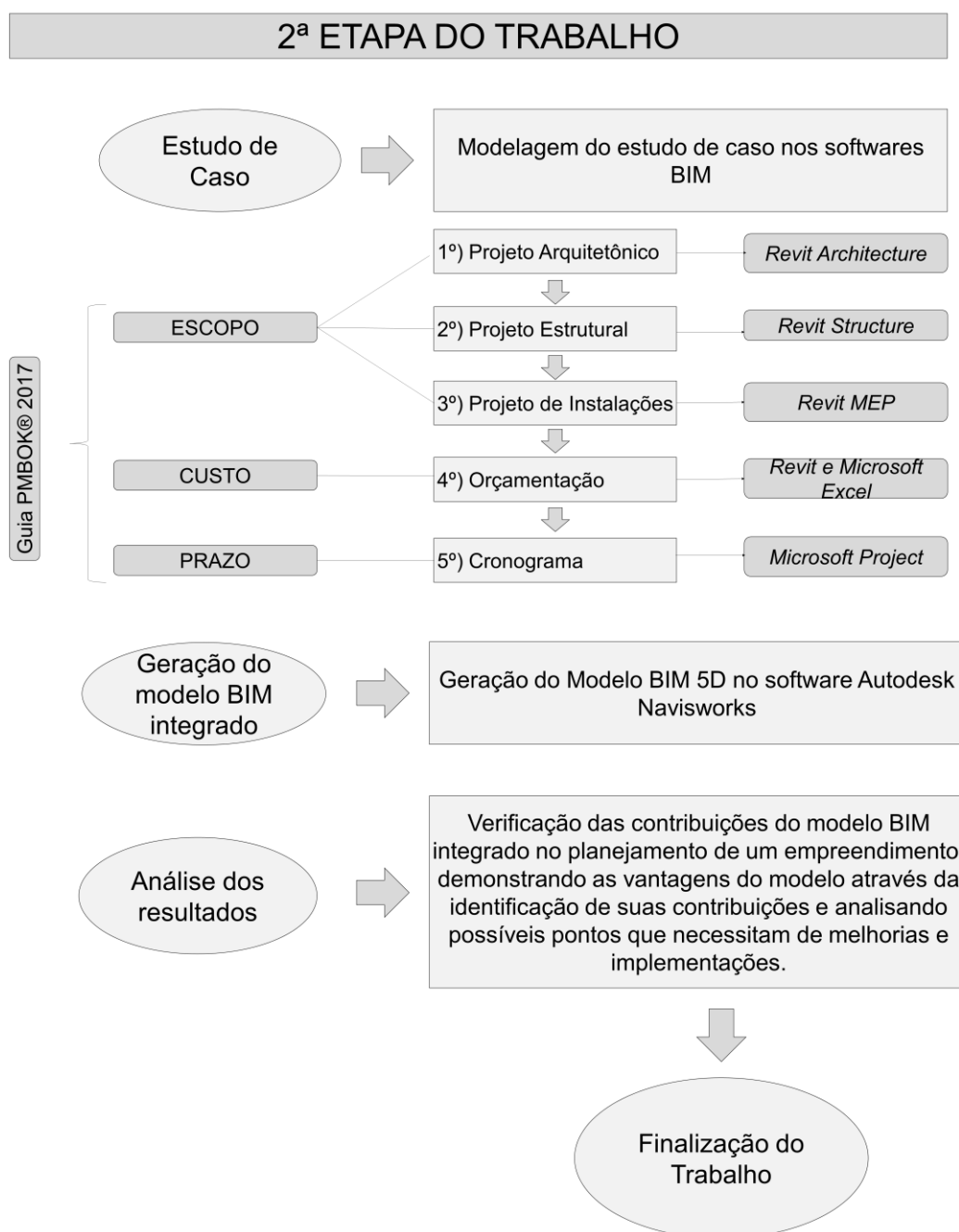
- Apresentação e Defesa do TCC I

A defesa do TCC I segue o regulamento e as diretrizes da instituição de ensino a qual será apresentada, IFTO – Campus Palmas.

6.3 Segunda Parte do Trabalho

As principais atividades da 2ª etapa são apresentadas no fluxograma da figura 19 a seguir.

Figura 19 - Fluxograma da 2ª parte do trabalho



A partir da fundamentação prática e teórica, identificação do problema de pesquisa a ser investigado e definição dos objetivos, será feito um estudo de caso para demonstrar a utilização dos Softwares e conceitos BIM na modelagem aliadas às ferramentas do PMBOK® no que se refere às definições de escopo, custo e prazo.

- Estudo de Caso

A definição do estudo de caso partiu da necessidade de um empreendimento no qual fosse possível demonstrar as vantagens da modelagem paramétrica tridimensional. Para tanto foi escolhida a modelagem de uma edificação residencial unifamiliar onde a princípio, serão tratadas as disciplinas de: arquitetura, estrutura, instalações hidráulicas e sanitárias.

Será feito o levantamento de toda a documentação gráfica e descritiva sobre o estudo de caso para que seja feita a modelagem no software BIM.

- Definição do Escopo do Estudo de Caso

O escopo do empreendimento é definido a partir dos seus projetos das disciplinas envolvidas. Toda a modelagem será feita nos softwares BIM para verificação das suas vantagens e contribuições na modelagem e compatibilização. Na definição do escopo será utilizado o conceito de modelagem paramétrica tridimensional, e para aplicar esse conceito serão utilizados os softwares da AutoDesk®: Revit Architecture, Revit Structure e Revit MEP.

A área de conhecimento: Gerenciamento de Escopo do Guia PMBOK® 2017 também será utilizada nessa fase de forma a fornecer uma base teórica para definição do escopo.

- Análise e Compatibilização dos projetos

Após a modelagem dos projetos que definirão o escopo do estudo de caso, serão analisadas as incompatibilidades e interferências entre as disciplinas no modelo tridimensional. Essas possíveis incompatibilidades serão tratadas de modo que os erros sejam corrigidos ainda na fase de definição do escopo.

A compatibilização consistirá na sobreposição dos projetos modelados no software AutoDesk® NavisWorks, as possíveis inconsistências serão adicionadas em um relatório anexo. Serão verificadas falhas de posicionamento de elementos construtivos tais como: paredes, vigas, pilares, esquadrias e interferências entre a estrutura e as instalações.

- Definição do Cronograma de execução do Estudo de Caso

A princípio será utilizado o software Microsoft® Project para definição do cronograma de parte da edificação em conjunto com o software Autodesk® NavisWorks para geração de um exemplo de modelagem 4D. Será utilizado como base metodológica o Guia PMBOK® 2017 na área de conhecimento: Gerenciamento de Cronogramas.

- Definição de Custos do Estudo de caso

A definição de Custos será feita a partir da extração de quantitativos de materiais para exemplificar o fluxo de trabalho BIM. Será utilizado o serviço de assentamento de piso cerâmico a fim de exemplificar o fluxo de trabalho. O Objetivo não é realizar a orçamentação de toda a edificação, e sim demonstrar como o processo pode ser feito utilizando o conceito do BIM e quais as vantagens de sua utilização.

Serão utilizados os quantitativos oferecidos pelos softwares e esses quantitativos serão aplicados nas composições de custos. Será analisada a eficiência da utilização desses dados em conjunto com o software Microsoft Excel para a elaboração do orçamento da obra. Todas as planilhas de materiais utilizadas nos exemplos e suas respectivas quantidades serão fornecidas pelo software BIM.

Após a finalização dos modelos serão apresentadas as conclusões referentes à contribuição dos conceitos da tecnologia BIM, dos softwares BIM e das metodologias fornecidas pelo Guia PMBOK® 2017 na cadeia produtiva da construção civil no que se diz respeito ao planejamento de obras, nas definições de escopo, custos e prazos.

Para os exemplos referentes à orçamentação também serão utilizadas como referência as composições da tabela SINAPI CAIXA.

- Apresentação do resultado e conclusões

Os Resultados serão apresentados e analisados no decorrer do trabalho seguidos pela conclusão referente ao uso da tecnologia BIM no desenvolvimento de projetos para a construção civil. O trabalho seguirá então para a fase de estruturação e preparação para a defesa do TCC II.

- Estruturação do Trabalho

Todos os projetos serão apresentados dentro da estrutura do trabalho para demonstrar os principais pontos analisados durante o estudo de caso.

- Apresentação e Defesa do TCC II

A defesa do TCC II tem como objetivo a aprovação do mesmo para a conclusão do curso de engenharia civil, na qual será julgado o trabalho escrito como um todo e sua apresentação. A defesa e aprovação seguem o regulamento e diretrizes da instituição de ensino a qual ela será apresentada, IFTO – campus Palmas.

7 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Para proporcionar uma base metodológica durante toda a execução do trabalho foi inicialmente feita a leitura do Guia PMBOK® 2017 com foco específico para as três áreas de conhecimento delimitadas pelo triângulo de restrições: Escopo, Custo e Prazo.

Não sendo possível abordar de forma completa todos os aspectos do guia devido à complexidade e volume das informações o resultado da análise do guia é apresentado na forma de fluxogramas com o objetivo de constituir uma ferramenta mais didática que possa servir como consulta durante o processo de gerenciamento de projetos.²

A partir da leitura foram elaborados 03 (três) Fluxogramas. Cada um deles abordou os principais aspectos e fases que o gerenciamento de cada área de conhecimento deve ter e é seguido por uma breve explanação, logo após os comentários relacionados aos fluxogramas foram também elaborados quadros resumo para demonstrar a aplicação dos conceitos na construção civil.

Importante ressaltar a seguinte definição do guia PMBOK® 2017: “(...) uma base sobre a qual as organizações podem criar metodologias, políticas, procedimentos, regras, ferramentas e técnicas (...)” (Guia PMBOK®, 2017, p.2). Os resultados aqui obtidos e os fluxogramas gerados têm o objetivo de servir como base metodológica para uso dentro do contexto abordado.

No que se refere ao desenvolvimento do Escopo do projeto num ambiente BIM, a principal contribuição observada foi a elaboração de modelos tridimensionais integrados que possibilitam uma melhor visualização gráfica da edificação e auxiliam no processo de coordenação e compatibilização das disciplinas. Esses resultados são apresentados nas seções 7.1 e 7.2.

No que se refere à análise de custos, temos como principal contribuição observada a extração precisa de quantitativos dos modelos, que serão importantes para a fase de orçamentação. São apresentadas algumas possibilidades, como por exemplo o fato de que ao longo do desenvolvimento do projeto já é possível que o

² O Contexto de desenvolvimento de projetos abordado nesse trabalho se refere àquele que acontece na Engenharia Civil no desenvolvimento específico de cada disciplina (Arquitetura, estrutura, hidráulica, etc) seguido pelas fases de planejamento, orçamentação e por fim a execução e gerenciamento.

projetista faça especificações de materiais, adicione custos específicos ou até mesmo insira códigos de composição de planilhas como as planilhas do SINAPI Caixa. Na seção 7.4 foram demonstradas algumas dessas possibilidades com o objetivo de auxiliar profissionais no desenvolvimento de fluxos de trabalho.

Na análise referente ao Gerenciamento de Cronograma do projeto, foi possível verificar a utilização do planejamento 4D através do software Autodesk® *NavisWorks*. Os resultados dessa análise são apresentados na seção 7.5.

7.1 Modelagem da edificação

Tendo em consideração o primeiro objetivo específico do foi realizada a modelagem da edificação em ambiente BIM. A modelagem se baseou nos projetos já existentes de uma edificação que foram desenvolvidos utilizando o processo convencional baseado em CAD 2D. O Objetivo do trabalho não foi realizar novamente o dimensionamento das disciplinas nem tampouco corrigi-las, mas sim demonstrar como o fluxo de projeto proposto pelo BIM pode ser implementado no desenvolvimento de uma edificação a partir das definições de escopo, custo e prazo, considerando essas definições como primordiais em qualquer atividade de Engenharia. Os modelos desenvolvidos são apresentados a seguir.

7.1.1 Projeto de Arquitetura

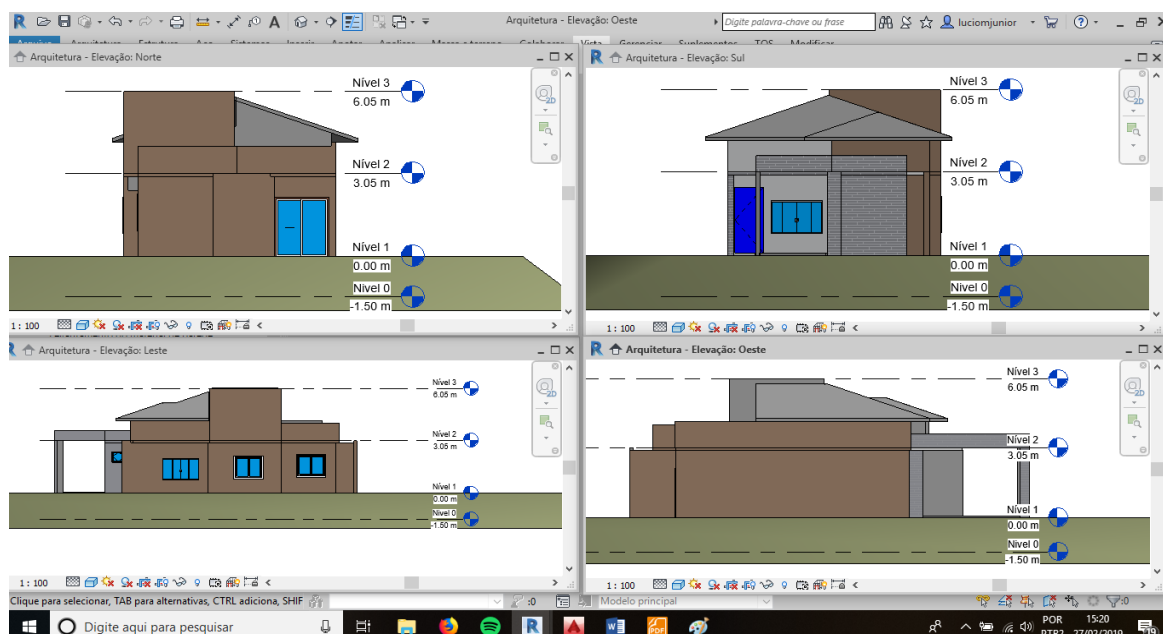
O projeto de arquitetura utilizado como modelo para este trabalho é de uma edificação térrea com aproximadamente 100m² de área construída. O Sistema construtivo utilizado foi o concreto armado com alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. Parte da cobertura foi feita com telhas de fibrocimento embutidas na platibanda e parte foi feita em telhas de concreto. O modelo tridimensional é apresentado na figura 20, seguido pelas elevações apresentadas na figura 21 e pela planta baixa apresentada na figura 22.

Figura 20 - Vista 3D do Projeto Arquitetônico



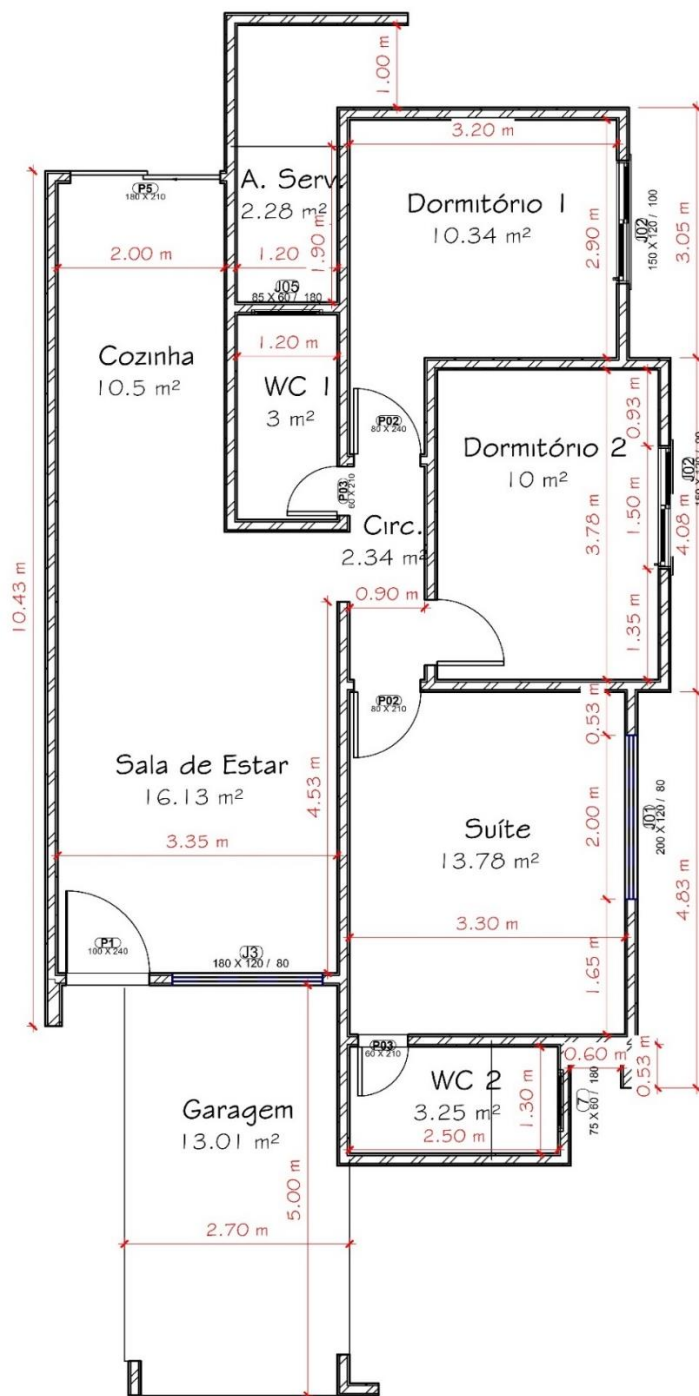
O modelo tridimensional produz uma representação gráfica muito mais consistente e muito mais próxima da realidade, além de poder ser entendida até mesmo por pessoas que não tenham um nível avançado de conhecimento técnico. Na figura 21 a seguir são demonstradas as elevações da edificação.

Figura 21 - Elevações Norte, Sul, Leste e Oeste



A planta baixa da edificação é apresentada na figura 22 a seguir. É importante ressaltar que todo o elemento geométrico presente na planta contém algum nível de informação, como por exemplo as áreas de pisos, paredes e esquadrias.

Figura 22 - Planta baixa da edificação modelada



O Uso de ferramentas BIM possibilita que os projetistas de arquitetura façam detalhamentos mais eficazes em seus projetos, bem como uma melhor especificação de materiais como esquadrias, tintas, pisos, bancadas dentre outros.

Na seção 7.4 é demonstrado como a especificação de materiais que pode ser feito durante o projeto. Além dessa especificação de materiais, é possível já nesse momento que o projetista adicione informações relacionadas aos custos.

A tomada de decisão é feita de acordo com a especificidade de cada projeto e com o fluxo de trabalho estabelecido entre os profissionais.

No que se refere à disciplina de arquitetura tem-se como resultado um detalhamento mais preciso da edificação e de suas características construtivas que resultam em uma melhor apresentação do projeto para toda a equipe que estará envolvida em sua construção.

Com um detalhamento mais eficaz da arquitetura os profissionais envolvidos nas fases subsequentes do desenvolvimento da edificação também terão condições de desenvolver projetos melhores. Ressalta-se aqui a importância da interoperabilidade entre as disciplinas e entre os profissionais envolvidos. O Objetivo principal de se utilizar uma ferramenta BIM é possibilitar o trabalho conjunto de diversos profissionais com um fluxo adequado de informações que evite retrabalhos excessivos que impedem o correto andamento da edificação. Esse fluxo de trabalho deve ser estabelecido no início do projeto, sendo possível a realização de alterações durante o seu desenvolvimento, porém de forma controlada.

7.1.2 Projeto Estrutural

A estrutura da edificação foi concebida em um sistema reticulado de concreto armado com fundações em Sapata isolada. Na figura 23 é demonstrada uma vista 3D da estrutura onde é possível identificar os elementos de fundação, baldrame, e superestrutura que foram modelados no Autodesk® Revit. Nas figuras 24 e 25 tem-se vistas de coordenação entre os modelos de estrutura e a arquitetura onde é possível verificar as interações entre as duas disciplinas. A Seção 7.2 tratará da análise de interferências entre as disciplinas.

A utilização desse tipo de vista é muito importante no desenvolvimento do projeto pois auxilia na compatibilização desde as fases iniciais, no pré-lançamento

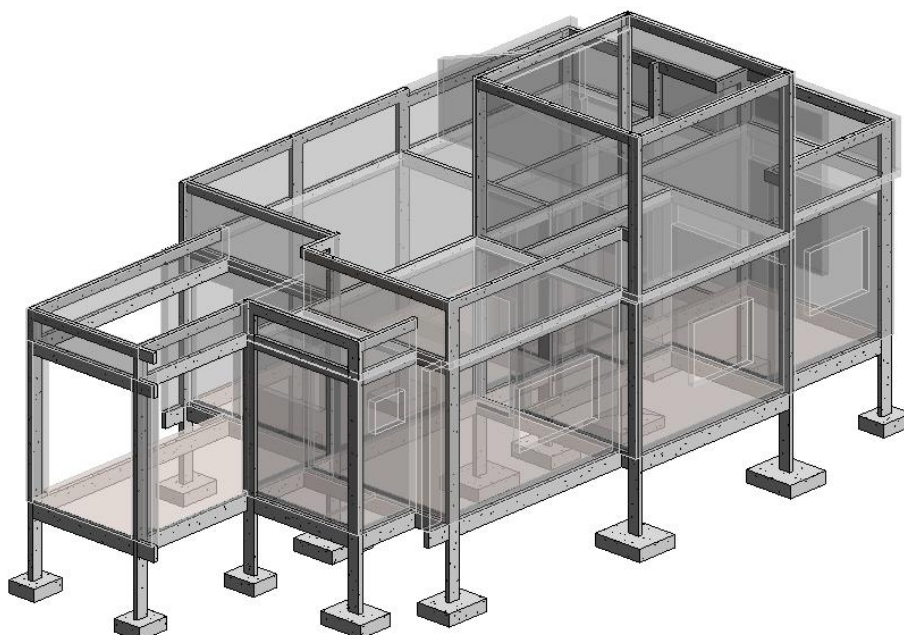
e pré-dimensionamento da estrutura até a sua concepção final, evitando interferências, retrabalhos e problemas na fase de execução da estrutura.

Figura 23 - Vista 3D da Estrutura



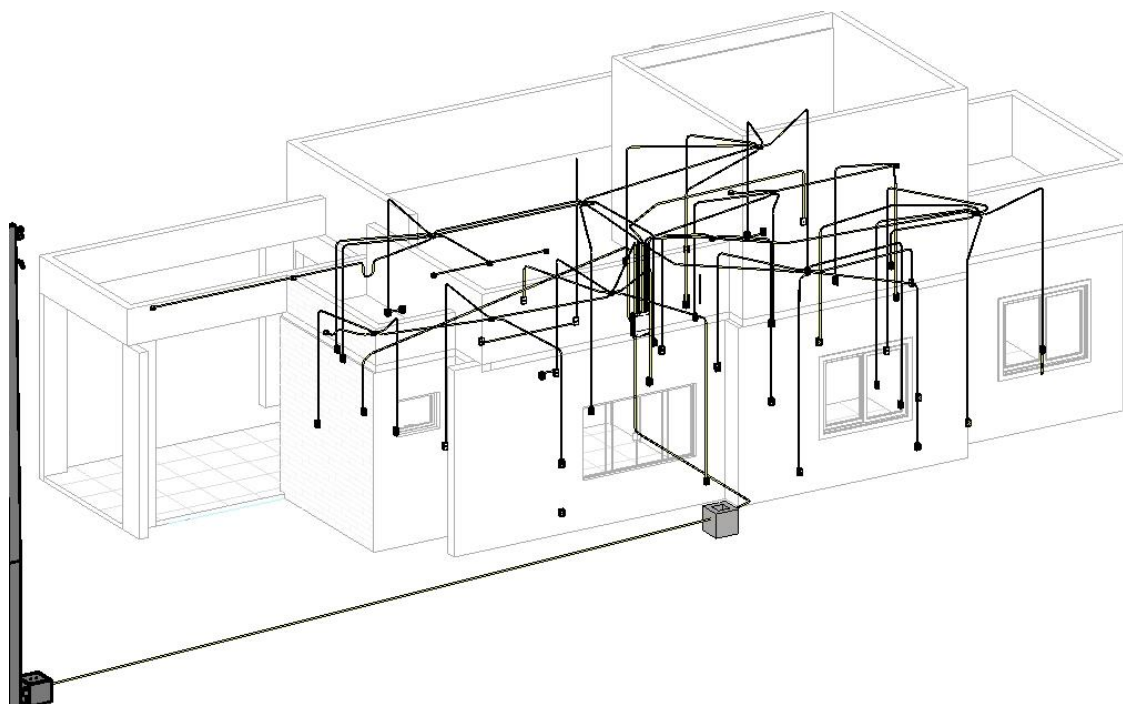
Na figura 24 a seguir é demonstrada a opção de “Parâmetros de Visualização” disponibilizadas pelo *Revit* para que o usuário configure a visualização dos modelos, principalmente nas vistas de coordenação, que são as vistas onde as diversas disciplinas podem ser sobrepostas e analisadas. É possível definir cores, transparências e sobreposições dos mais diversos tipos, de acordo com a necessidade do usuário e de acordo com as disciplinas que estão sendo analisadas.

Figura 24 - Vista 3D dos modelos de Arquitetura e Estrutura Sobrepostos

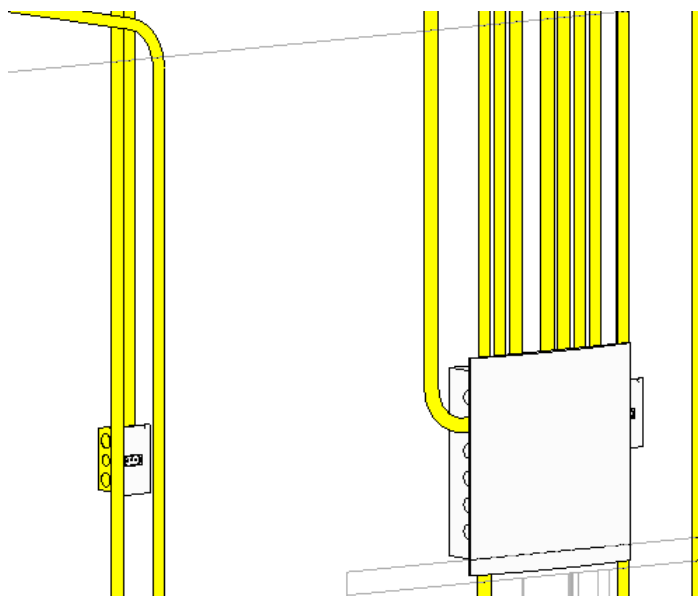


7.1.3 Projeto de Instalações Elétricas

Assim como os demais projetos, as instalações elétricas da edificação também foram modeladas no *Revit* utilizando o módulo específico para o desenvolvimento de projetos de instalações (*Revit MEP*). A seguir, na figura 25 tem-se uma vista tridimensional do projeto elétrico já compatibilizado com a estrutura. Na seção 7.4 é demonstrado como pode ser feita a extração de quantitativos de material e como essa extração é precisa dentro do ambiente fornecido pelo Software.

Figura 25 - Modelo 3D das Instalações Elétricas

Com relação aos projetos de instalações de forma geral, considerando as instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias, e demais instalações que podem ser modeladas dentro do ambiente computacional fornecido pelos softwares BIM foram identificadas vantagens em relação ao processo convencional de projetos elaborados no CAD 2D. A modelagem tridimensional possibilita uma visualização precisa dos projetos e das interações que não é possível de acontecer no processo convencional. Desta forma o BIM também é apresentado como uma ferramenta didática, tanto para profissionais que já atuam no mercado, quanto para estudantes que estão iniciando seus estudos dentro da Engenharia Civil. A título de exemplo é demonstrado na figura 27 o detalhe da ligação entre o quadro de Distribuição geral da edificação e os eletrodutos que conduzem a fiação para o restante da edificação. Em um processo convencional não é possível ter noção de como funciona essa ligação, de quantos eletrodutos podem sair da parte superior do quadro, do lado direito, esquerdo etc. Desta forma identificamos mais um exemplo de como a modelagem tridimensional pode ser precisa e auxiliar no desenvolvimento de projetos que visam facilitar a execução.

Figura 26 - Quadro de Distribuição

Assim como o projeto de estruturas o projeto de instalações elétricas pode ser compatibilizado com as demais disciplinas desde o início de sua concepção. Desta forma o fluxo de trabalho acontece de maneira mais interativa e evita retrabalhos, revisões e alterações do projeto.

A comunicação entre os profissionais envolvidos também acontece de forma mais interativa. É comum que os projetos de instalações exijam a necessidade de shaft's horizontais e verticais na estrutura, com a modelagem 3D é possível prever essas passagens e evitar que elas sejam feitas de maneira inadequada no canteiro de obras comprometendo o desempenho e a durabilidade das instalações e da edificação.

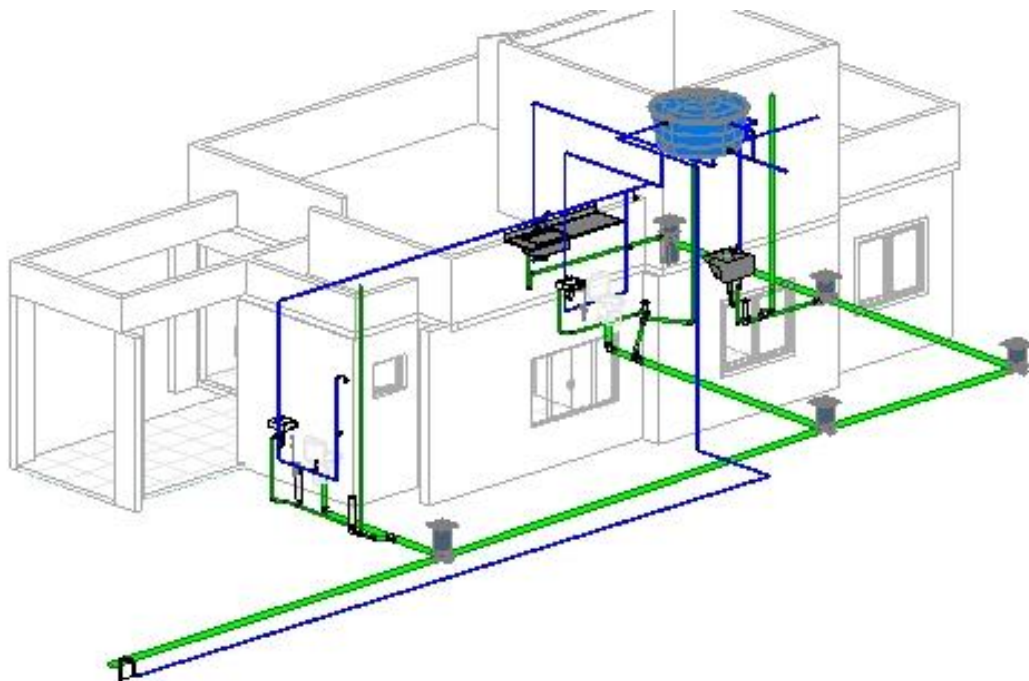
7.1.4 Projeto de Instalações Hidráulicas e Sanitárias

Com a relação aos projetos de instalações hidráulicas e Sanitárias, temos como principal vantagem o esforço conjunto de diversos fabricantes brasileiros para o desenvolvimento de famílias que possam ser utilizadas pelos projetistas. E que facilitam o fluxo de projeto dessas disciplinas. Na medida em que mais fabricantes se dispuserem a somar esforços nessa direção, teremos uma maior utilização dos softwares e do conceito BIM.

Neste trabalho foram utilizadas famílias da Tigre®, Deca® e Docol® para a modelagem das peças sanitárias bem como de tubos e conexões.

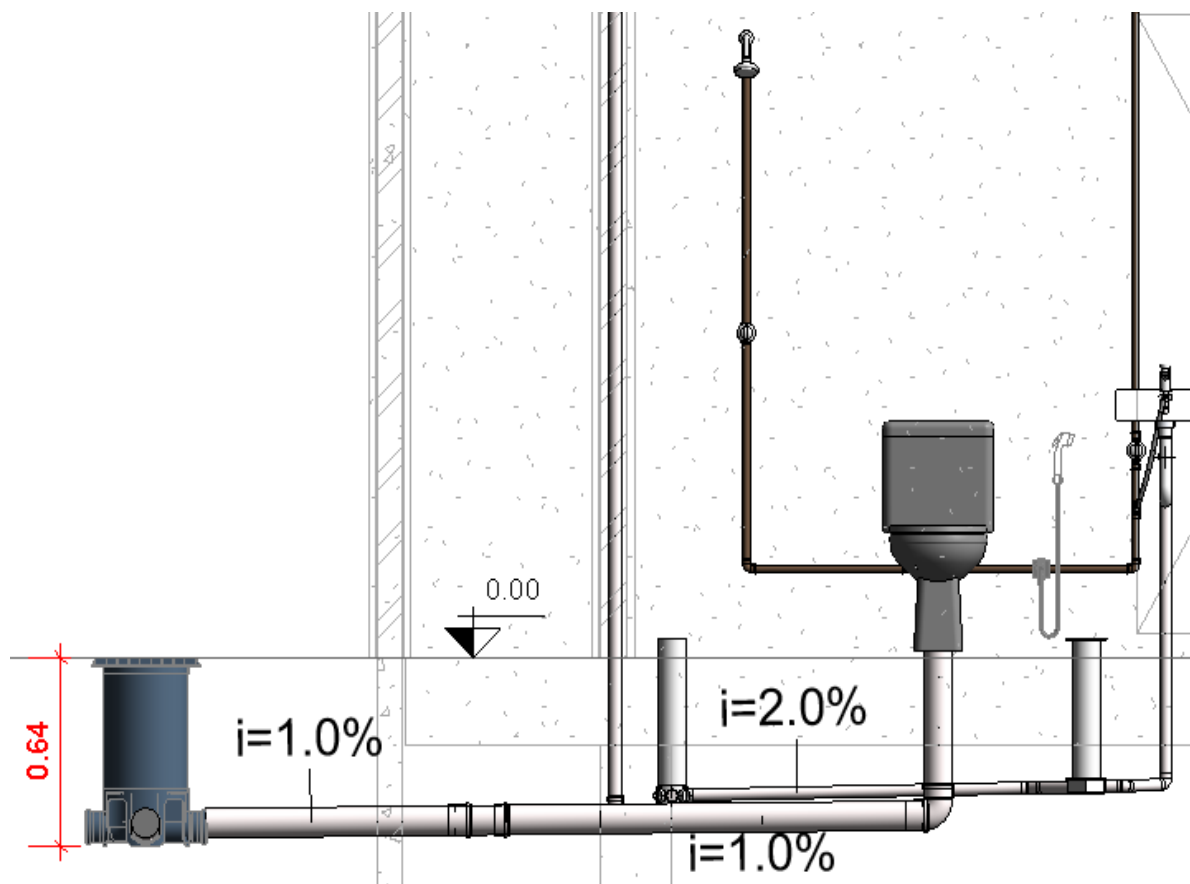
O modelo tridimensional das instalações hidráulicas e sanitárias é apresentado na figura 27.

Figura 27 – Modelo de Instalações Hidráulicas e Sanitárias



Assim como nas instalações elétricas podemos perceber que quando visamos a correta execução (desenvolvimento de projetos executivos) a modelagem tridimensional nos auxilia na correta visualização das interferências entre as disciplinas e também nas interferências entre uma disciplina específica com relação a ela mesma. Um ponto muito importante quando falamos de projetos de instalações sanitárias é a instalação dos tubos e dos componentes respeitando as inclinações exigidas pela norma. A execução desses elementos respeitando as inclinações estabelecidas pela norma é o que garantirá o correto funcionamento do sistema, evitando que os usuários tenham problemas relacionado ao mal cheiro proveniente das tubulações ou até mesmo entupimento das tubulações.

O Corte apresentado na figura 28 exemplifica o detalhamento de uma conexão entre o vaso sanitário, o ralo do banheiro e a caixa de passagem respeitando a inclinação de 1% prevista na NBR 8160/1999 para a tubulação de 100mm de diâmetro e a inclinação de 2% para tubulações com diâmetro menor ou igual a 75mm.

Figura 28 - Detalhe da inclinação dos tubos de esgoto

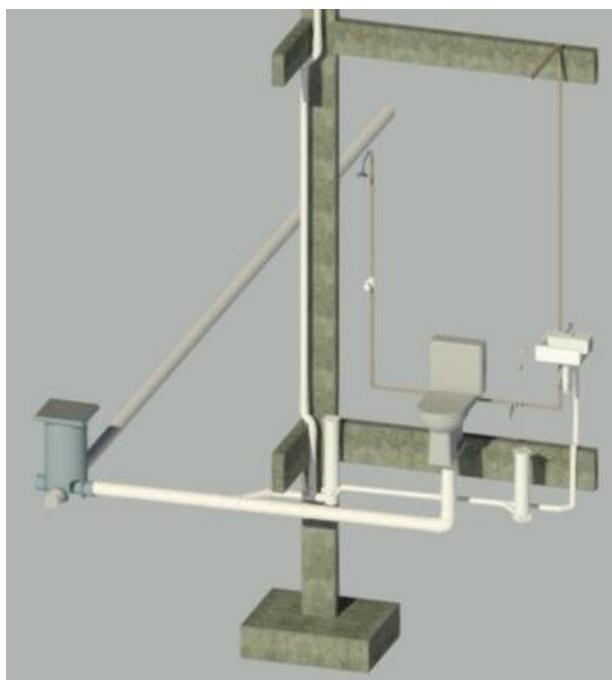
Um aspecto importante relacionado aos componentes das instalações hidráulicas e sanitárias é o levantamento de quantitativos de tubos e conexões para a fase de orçamentação. A grande vantagem de se modelar no ambiente BIM é que ao longo da modelagem o projetista pode prever de forma precisa o caminho que as tubulações irão percorrer na edificação e ao final do traçado as tubulações já é possível obter o quantitativo em metros dos tubos, e também das conexões utilizadas. As tabelas de quantitativos extraídas do software no processo de modelagem serão demonstradas na seção 7.3.

Outro aspecto importante que pode ser identificado na figura 28 é a possibilidade de se verificar a interferência entre as instalações de água fria e o esgoto sanitário. No projeto original utilizado como base para a modelagem a prumada de água fria que serviu de alimentação para todo o banheiro coincidia com a tubulação de esgoto da pia. Isso acontece porque no processo convencional o processo de compatibilização é mais trabalhoso e muitos erros e inconsistências

acabam por passar despercebidos pelo projetista e também por outros profissionais envolvidos.

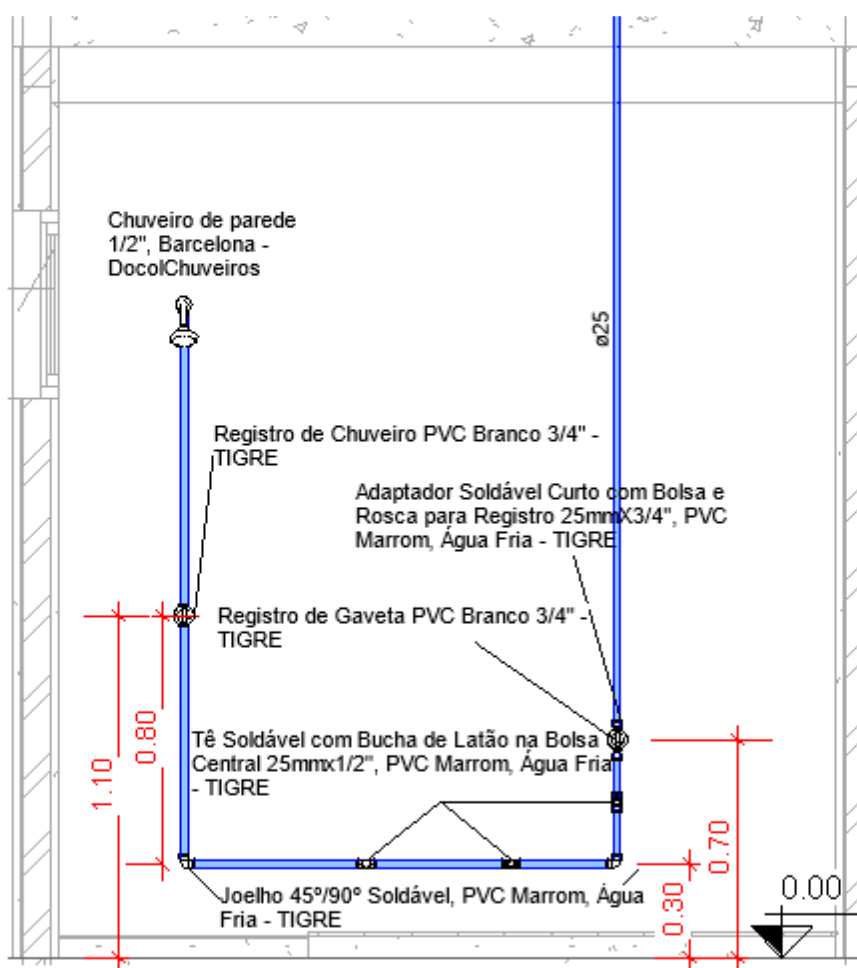
Na figura 29 a seguir é demonstrado o processo de compatibilização entre as instalações hidráulicas, sanitárias e a estrutura. A imagem foi renderizada a fim de demonstrar uma das diversas opções de visualização e apresentação dos modelos.

Figura 29 - Instalações Hidrossanitárias e Estrutura



Além do processo de compatibilização e da visualização tridimensional, também foi possível identificar a possibilidade de uso da ferramenta no desenvolvimento de detalhamentos. A figura 30 a seguir traz o exemplo do detalhamento das instalações do banheiro demonstrado na figura 30, onde os componentes já trazem consigo informações relacionadas ao diâmetro das tubulações, tipos de conexões e fabricante dos componentes.

Figura 30 - Detalhes da Instalação do Banheiro



A análise de interferências é uma ferramenta poderosa fornecida pelos softwares BIM e os resultados dessa análise no trabalho serão demonstrados na sessão 7.2 a seguir.

7.2 Análise de Interferências

Considerando o segundo objetivo específico do trabalho foi realizada a compatibilização entre os modelos das disciplinas desenvolvidas na etapa anterior.

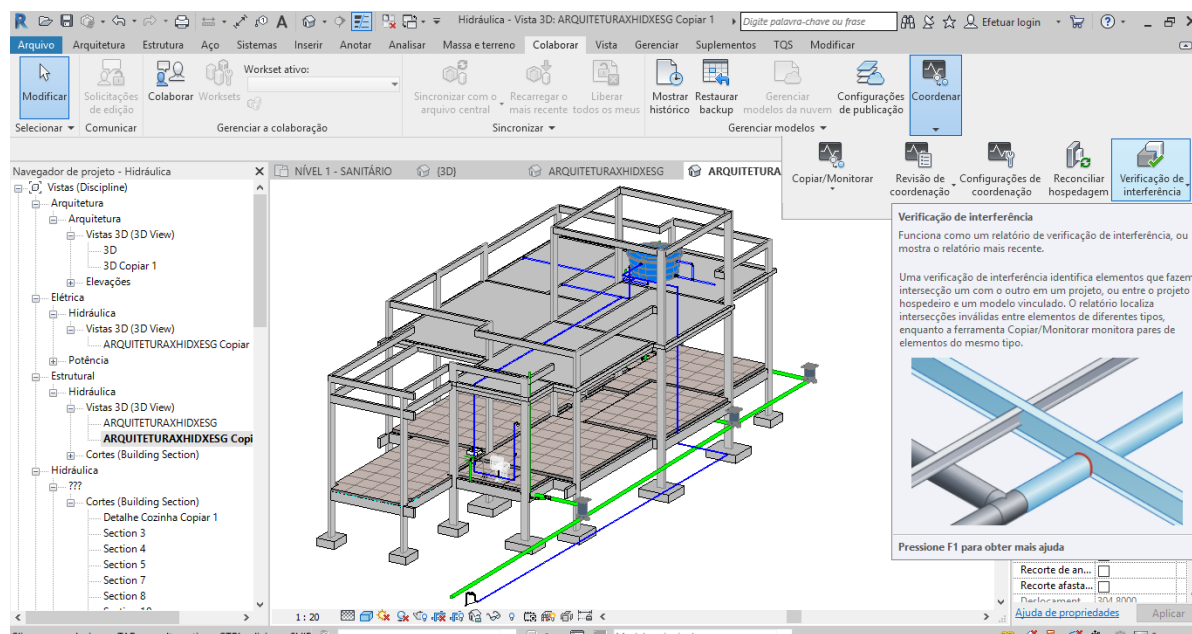
A seguir são apresentadas algumas interferências entre os modelos desenvolvidos que foram encontradas no decorrer da modelagem. Foi utilizada a ferramenta Clash Detection (Verificação de interferências), disponibilizada pelo software Autodesk® Revit que auxilia no processo de compatibilização.

O Processo de compatibilização ocorreu ao longo de toda a modelagem ora através da identificação visual durante o fluxo de projeto ora através da utilização da verificação de interferências fornecidas pelo programa. A ferramenta de Verificação de interferências é importante pois auxilia o projetista naquilo que pode não ser identificado em uma análise tradicional e contribui ainda mais para a diminuição de erros e retrabalhos.

O processo foi realizado analisando as disciplinas da seguinte forma: interferências entre arquitetura e estrutura, estrutura e hidráulica, hidráulica e elétrica e assim por diante, sendo esse o fluxo convencional oferecido pelo software.

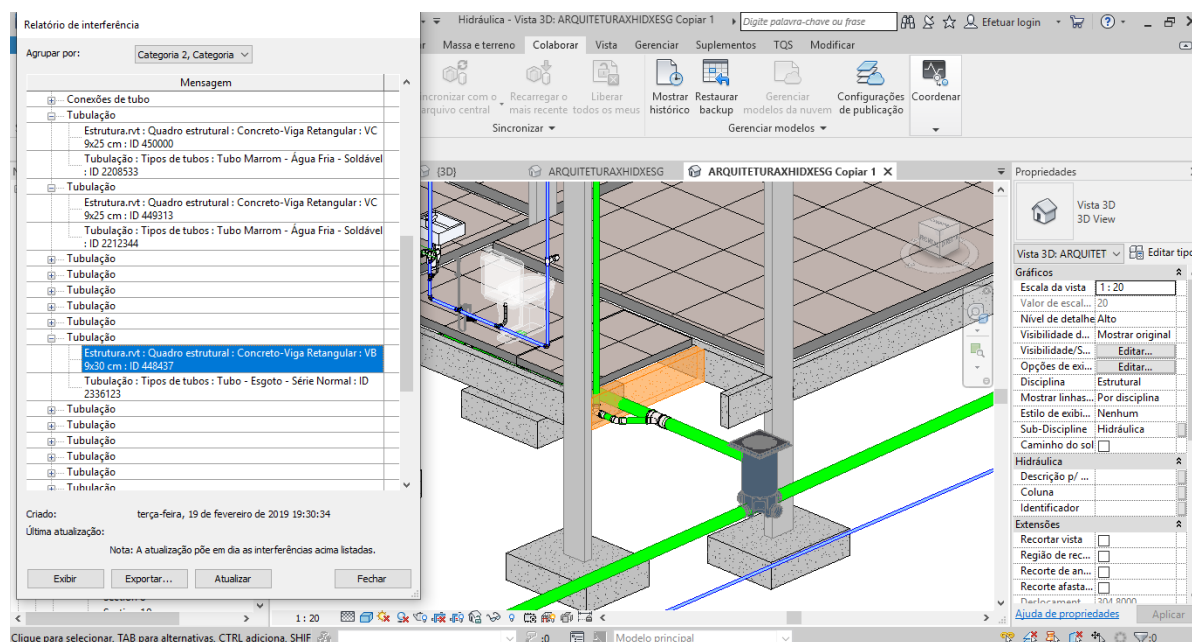
A utilização do comando dentro do ambiente do software é exemplificada na figura 31. A título de exemplo, foi executada uma verificação entre a estrutura e as instalações hidrossanitárias e entre as instalações hidrossanitárias e as instalações elétricas. Embora tenham sido encontradas mais interferências entre as disciplinas elas não são demonstradas em sua totalidade, os exemplos a seguir servem apenas como a demonstração da ferramenta e de como a verificação pode ser realizada no ambiente fornecido pelo software.

Figura 31 - Verificação de interferências no Revit



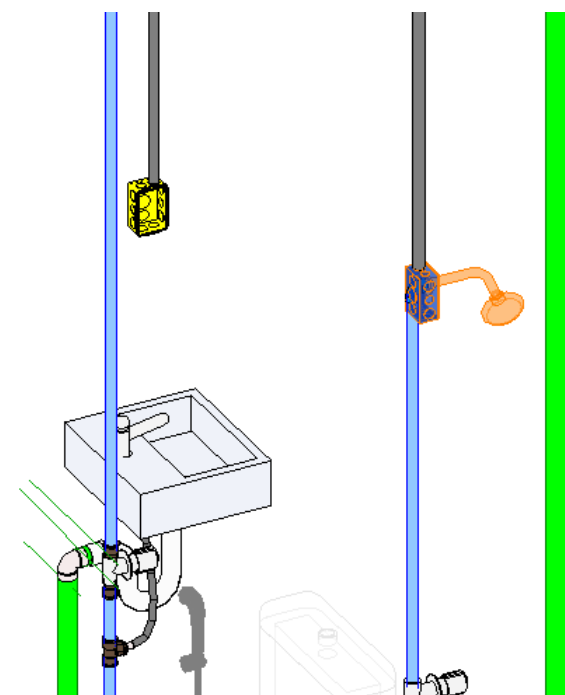
No caso da figura 32 pode-se observar que as tubulações de esgoto apresentaram interferências com a viga baldrame. Nesse caso o projetista de instalações sanitárias poderia optar por diminuir o nível das instalações para que elas estivessem posicionadas sob a viga baldrame ou entrar em contato com o projetista de estruturas e verificar a possibilidade de se prever um furo na viga baldrame para a passagem dessa tubulação.

Figura 32 - Verificação de Interferências entre Estrutura e Instalações Hidrossanitárias



Na figura 33 a seguir, é demonstrada outra análise realizada entre as disciplinas de hidráulica e elétrica. É possível identificar que o ponto de tomada e o ponto de fornecimento de água fria foram colocados exatamente no mesmo local, algo que pode ocorrer quando temos profissionais diferentes envolvidos no desenvolvimento das disciplinas de forma não integrada.

Figura 33 - Interferências entre as instalações de Água Fria e Elétrica

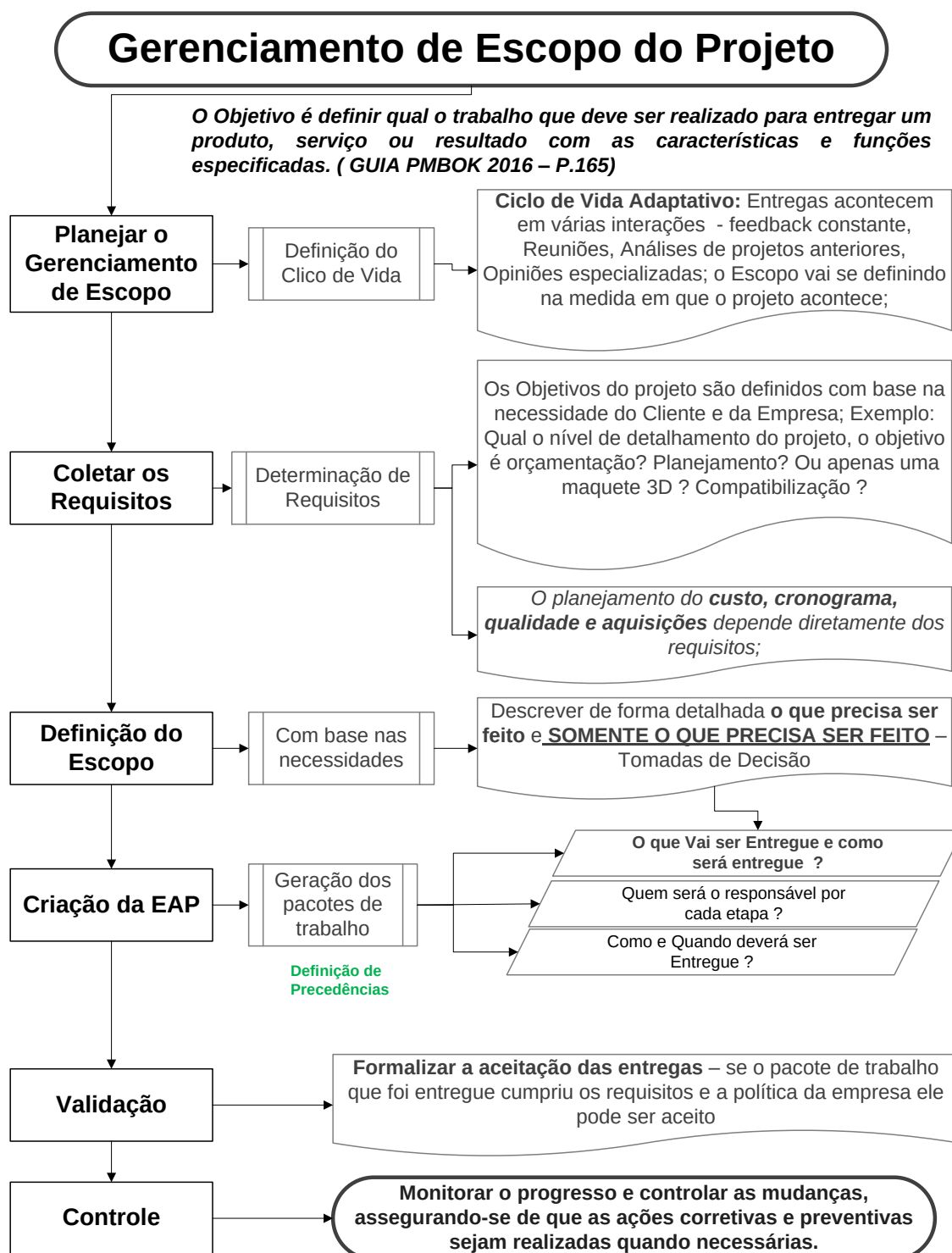


No que se refere à análise de interferências o fluxo de projeto proposto pelo BIM possibilita que uma série de erros sejam evitados já na etapa de concepção dos projetos. É necessário que haja esse entendimento por parte tanto dos projetistas quanto dos clientes no que se refere à importância de bons projetos de Engenharia e a necessidade de um bom gerenciamento de informações bem como a comunicação entre os projetistas das mais diversas disciplinas.

7.3 Resultados da Análise do Gerenciamento de Escopo

O Fluxograma da figura 34 contém a sequência de atividades gerais sugerida pelo Guia PMBOK® 2017 para o gerenciamento de escopo de um projeto.

Figura 34 - Fluxograma de Gerenciamento de Escopo



Fonte: Adaptado de PMBOK® 2017

Basicamente o processo de gerenciar o escopo é definir o que será feito com base nos requisitos específicos do projeto. Dentro da etapa de planejar o gerenciamento de escopo temos a definição do ciclo de vida do projeto, no contexto da elaboração de projetos de arquitetura e Engenharia temos como solução mais adequada o uso de ciclos de vida adaptativos, sendo esses caracterizados por entregas de pacotes de trabalho em várias interações. Podemos por exemplo considerar a divisão das disciplinas como pacotes de trabalho: Projeto de Arquitetura, Projeto de Estrutura, Projeto de instalações e assim por diante. No ciclo de vida adaptativo os pacotes de trabalho vão sendo entregues e as correções/ajustes acontecem de forma interativa e cíclica até a entrega final.

No que se refere à etapa de coleta de requisitos podemos aplicar o conceito de CASOS DE USO do BIM, de forma que um modelo BIM sempre é baseado em um caso de uso e é feito de forma específica para o uso ao qual se destina.

A definição do escopo é o que vai impedir que sejam realizados trabalhos desnecessários durante o desenvolvimento do trabalho. É necessário definir o que será feito e somente o que será feito, caso contrário a execução não cumprirá sua finalidade.

O Processo de criação da EAP se inicia na etapa de gerenciamento do escopo e se estende até a fase de gerenciamento de cronograma. Criar uma EAP é definir quais serão os pacotes de trabalho que farão parte do projeto como um todo. Na etapa de gerenciamento de cronograma esses pacotes de trabalho terão seus tempos de duração determinados.

O processo de validação consiste na aceitação desses pacotes de trabalho em conformidade com os requisitos pré-estabelecidos. A partir do momento que a modelagem cumpre os requisitos estabelecidos de acordo com o seu CASO DE USO ela poderá ser validada.

A etapa de controle consiste no acompanhamento do processo como um todo, identificando falhas e propondo ações corretivas como o objetivo de melhorar o processo.

A seguir tem-se um exemplo de aplicação do fluxograma de gerenciamento de escopo demonstrado na figura 34 no fluxo de trabalho desenvolvido dentro de um ambiente BIM.

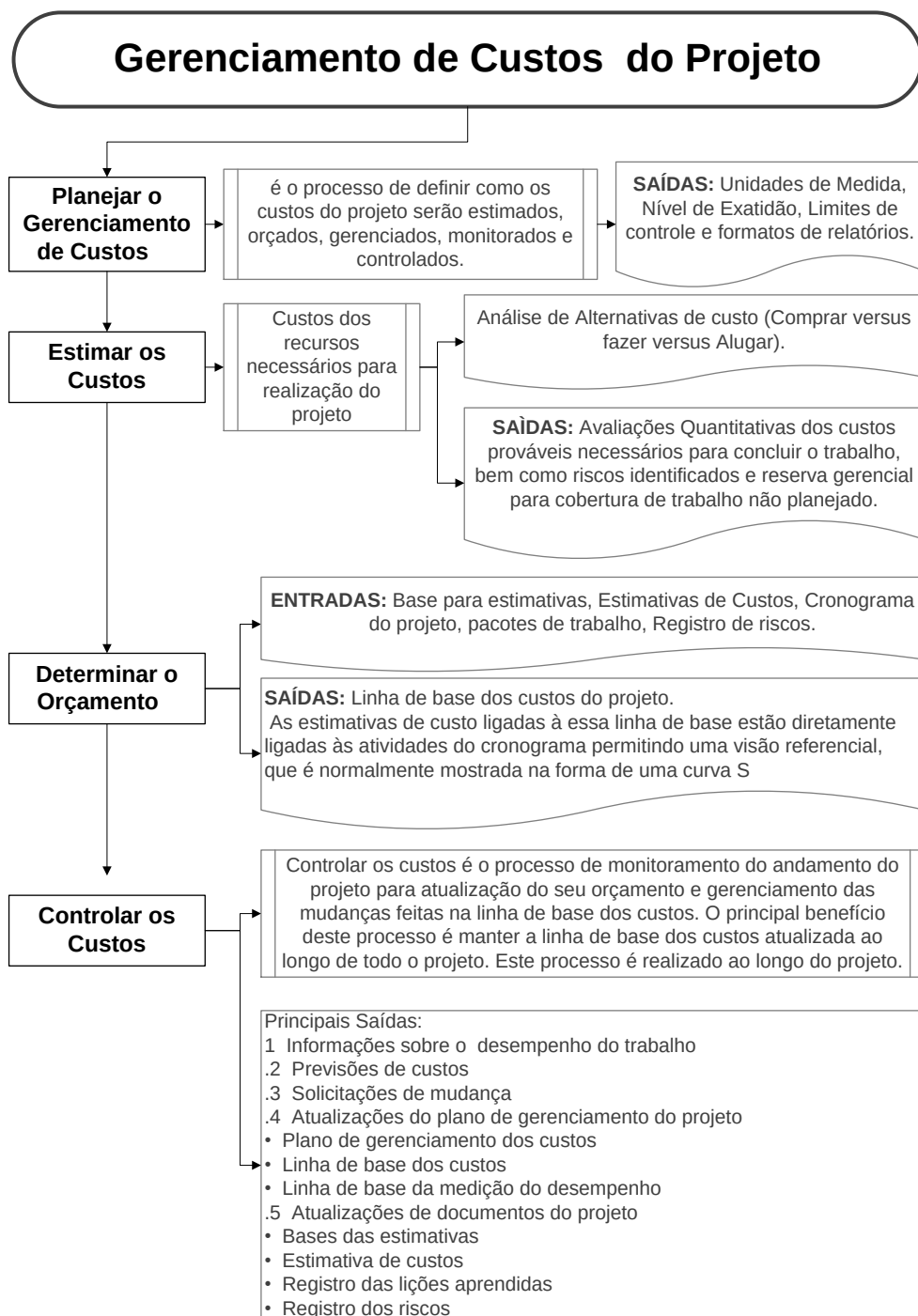
Quadro 5 - Aplicação do Gerenciamento de Escopo em Ambiente BIM

GUIA PMBOK®	EX. DE APLICAÇÃO
PLANEJAR O GERENCIAMENTO DE ESCOPO	Planejar o Gerenciamento de Escopo consiste na definição de um ciclo de vida para as atividades que serão desenvolvidas. Dentro do universo de ciclos de vida proposto pelo PMBOK® o que mais se adequa à construção Civil é o Ciclo Adaptativo.
COLETAR OS REQUISITOS	No contexto de Engenharia Civil os requisitos de qualquer projeto são as necessidades dos clientes e as referências normativas com relação à durabilidade e desempenho.
DEFINIÇÃO DO ESCOPO	Definir o que deverá ser feito para atender aos requisitos. Dentro do universo BIM a definição do escopo é a definição do Caso de Uso que será utilizado na modelagem (visualização 3D, análise de custos 4D e gerenciamento do cronograma 5D).
CRIAÇÃO DA EAP	O desenvolvimento de cada uma das disciplinas pode ser considerado como a definição dos pacotes de trabalho. Desta forma, cada disciplina constituirá um pacote.
VALIDAÇÃO	Para que a validação ocorra de forma correta é necessário verificar se todos os requisitos estabelecidos pelo cliente foram atendidos.
CONTROLE	Identificação de tudo o que poderia ter sido feito de melhor forma, tratando as dificuldades encontradas e propondo soluções.

7.4 Resultados da Análise do Gerenciamento de Custos

A partir da leitura do Guia PMBOK® 2017 foi elaborado, com relação à área de conhecimento gerenciamento de custos o fluxograma demonstrado na figura 35.

Figura 35 - Fluxograma Gerenciamento de Custos



Fonte: Adaptado de PMBOK® 2017

O Objetivo do gerenciamento de custos é melhorar a gestão do capital investido. Gerenciar custos é uma das principais atividades dos profissionais de engenharia civil. As ferramentas disponibilizadas pelo Guia PMBOK® constituem uma base metodológica que deve ser aplicada de forma específica por cada

profissional das mais diversas áreas. Um exemplo de aplicação do fluxograma da figura 36 é apresentado no quadro 6.

Quadro 6 - Aplicação do Gerenciamento de Custos no Desenvolvimento de Projetos BIM

GUIA PMBOK®	EX. DE APLICAÇÃO
PLANEJAR O GERENCIAMENTO DE CUSTOS	A principal saída dessa etapa é a definição clara das unidades de medida de cada serviço. Para isso é necessário que o projetista entre em contato com o orçamentista e entenda quais são as necessidades para que durante a modelagem, todo o processo seja feito de forma a facilitar a extração correta de quantitativos e evitar trabalhos desnecessários ou trabalhos excessivos.
ESTIMAR OS CUSTOS	Analisar detalhadamente tudo o que será necessário para a realização do trabalho, fazendo análise de alternativas e levantamentos dos serviços de acordo com as unidades de medida já estabelecidas. A grande vantagem do desenvolvimento no ambiente BIM é a estimativa mais precisa com relação aos materiais necessários para a construção.
DETERMINAR O ORÇAMENTO	Elaboração do Orçamento Analítico. Quanto mais precisa for a modelagem, mais precisa será a estimativa de custos e consequentemente mais precisa será a orçamentação. As estimativas de custo estão sempre ligadas às atividades do cronograma, sendo possível apresentar essa relação por meio de uma curva “S”.
CONTROLAR OS CUSTOS	Monitorar as atividades desenvolvidas e verificar a precisão das estimativas de custos e determinação do orçamento.

Ainda no que se refere aos custos do projeto, podemos dentro do contexto de projetos de Engenharia Civil analisar as contribuições da modelagem feita utilizando o Conceito BIM na fase de orçamentação das edificações através do levantamento preciso de quantitativos. A seguir, na figura 36 temos um exemplo simples de como os custos dos elementos podem ser analisados no decorrer da modelagem, para os exemplos a seguir foram utilizados o piso e os kits de porta pronta para a edificação:

Figura 36 - Exemplo de Quantificação de Materiais com Custo

The screenshot shows a software window titled 'Arquitetura - Ta...' with a search bar and various toolbars. The main area displays a table titled '<Levantamento de KIT'S PORTA PRONTA>'. The table has six columns: A (Contador), B (Tipo), C (Descrição), D (Custo), E (Fabricante), and F (URL). The data rows show four items of doors, with a total of 5 items and a total cost of 2695.00.

A	B	C	D	E	F
Contador	Tipo	Descrição	Custo	Fabricante	URL
1	P2 - Kit Porta Pronta - 80x210 - Direita	Portas dos Quartos	539.00	Pormade	https://www.pormadeonline.com.br/kit-porta-pronta-pormade-frizz
2	P2 - Kit Porta Pronta - 80x210 - Esquerda	Porta do Corredor	1078.00	Pormade	https://www.pormadeonline.com.br/kit-porta-pronta-pormade-frizz
1	P3 - Kit Porta Pronta - 60x210 - Direita	banheiro da Suite 1	539.00	Pormade	https://www.pormadeonline.com.br/kit-porta-pronta-pormade-frizz
1	P3 - Kit Porta Pronta - 60x210 - Esquerda	Banheiro Social	539.00	Pormade	https://www.pormadeonline.com.br/kit-porta-pronta-pormade-frizz
Total geral: 5			2695.00		

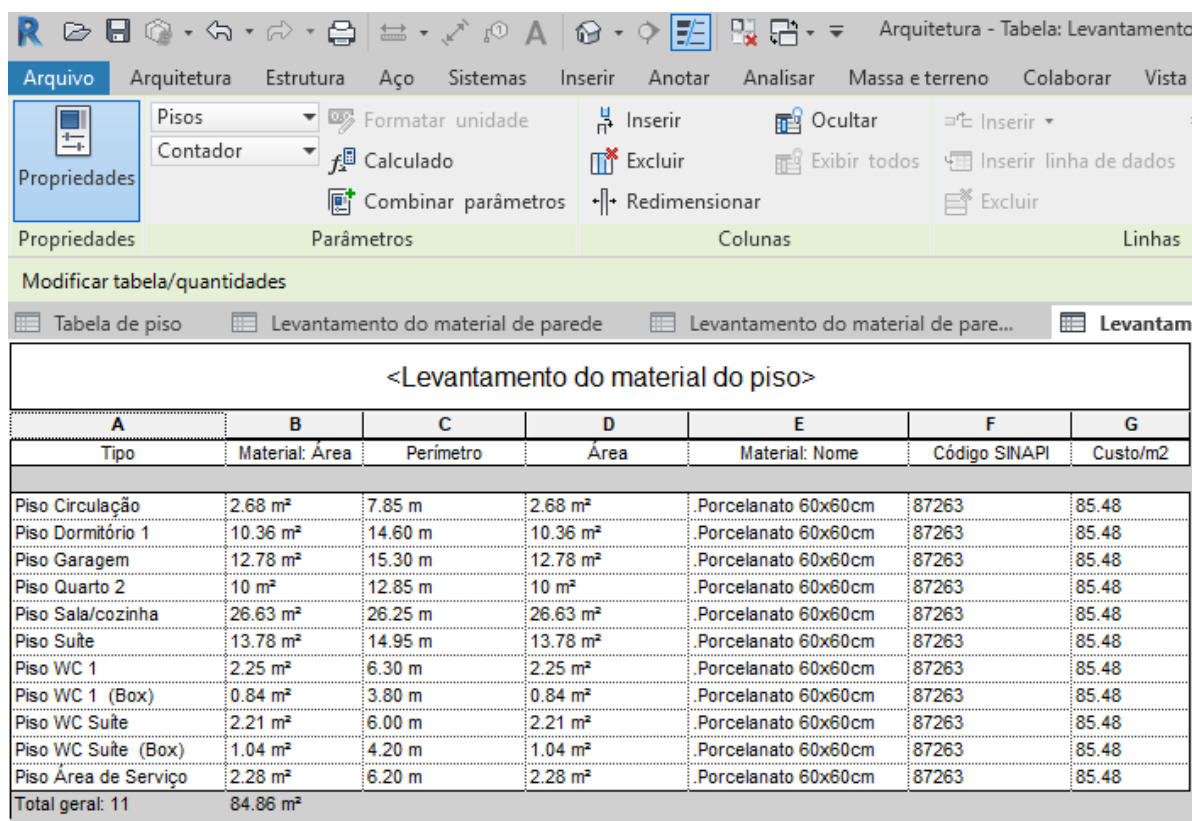
Na figura 36 são apresentadas as seguintes informações:

- Na coluna A temos um contador de elementos da família de Portas;
- Na coluna B temos a descrição do tipo de cada porta, suas dimensões, direção da abertura e a nomenclatura de cada uma dentro do projeto;
- Na coluna C temos uma descrição de qual o cômodo da casa que receberá cada uma das portas;
- Na coluna D temos o custo de cada um dos itens, e ao final o somatório do preço das portas;
- Na coluna E temos a informação do fabricante;
- Na coluna F temos um link do fabricante onde a porta pode ser visualizada, onde podem ser obtidas mais algumas informações do fabricante e realizada a compra.

Todas as tabelas de material geradas pelo software são paramétricas. É importante que o projetista entenda dessa parametrização e saiba utilizá-la a seu favor, de acordo com o nível de detalhe e informações requeridas por cada tipo de modelagem. Vale ressaltar que toda modelagem realizada em um software BIM parte da necessidade de um caso de uso e atende à uma necessidade específica.

No exemplo da figura 36 poderia ter sido adicionado por exemplo um código SINAPI caso o projeto estivesse sendo feito com o objetivo de participar por exemplo de uma licitação. Na figura 37 tem-se o exemplo da utilização de códigos SINAPI como parâmetros dos elementos:

Figura 37 - Exemplo de uso de Códigos SINAPI



The screenshot shows a software interface with a menu bar (Arquivo, Arquitetura, Estrutura, Aço, Sistemas, Inserir, Anotar, Analisar, Massa e terreno, Colaborar, Vista) and a toolbar. The 'Propriedades' (Properties) panel is active, showing 'Pisos' (Floors) and 'Contador' (Counter) tabs. The 'Parâmetros' (Parameters) section includes 'Formatar unidade' (Format unit), 'Calcular' (Calculate), and 'Combinar parâmetros' (Combine parameters). The 'Colunas' (Columns) section includes 'Inserir' (Insert), 'Excluir' (Delete), 'Redimensionar' (Resize), 'Ocultar' (Hide), 'Exibir todos' (Show all), 'Inserir linha de dados' (Insert data row), and 'Excluir' (Delete). The 'Linhas' (Rows) section is also visible. The main table is titled '<Levantamento do material do piso>' (Floor material takeoff) and has columns A through G: Tipo (Type), Material: Área (Material: Area), Perímetro (Perimeter), Área (Area), Material: Nome (Material: Name), Código SINAPI (SINAPI Code), and Custo/m2 (Cost/m2). The table lists various floor types and their corresponding material quantities and SINAPI codes.

A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Material: Área	Perímetro	Área	Material: Nome	Código SINAPI	Custo/m2
Piso Circulação	2.68 m²	7.85 m	2.68 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso Dormitório 1	10.36 m²	14.60 m	10.36 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso Garagem	12.78 m²	15.30 m	12.78 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso Quarto 2	10 m²	12.85 m	10 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso Sala/cozinha	26.63 m²	26.25 m	26.63 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso Suite	13.78 m²	14.95 m	13.78 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso WC 1	2.25 m²	6.30 m	2.25 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso WC 1 (Box)	0.84 m²	3.80 m	0.84 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso WC Suite	2.21 m²	6.00 m	2.21 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso WC Suite (Box)	1.04 m²	4.20 m	1.04 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Piso Área de Serviço	2.28 m²	6.20 m	2.28 m²	Porcelanato 60x60cm	87263	85.48
Total geral: 11	84.86 m²					

Essas informações poderiam ser exportadas para uma planilha eletrônica e enviadas para o profissional responsável pela orçamentação.

O gerenciamento dessas informações embora possa ser feito dentro do ambiente do software (como foi demonstrado na figura 37) geralmente é feito de forma externa. Muitas vezes o profissional responsável pela orçamentação não precisa receber todo o projeto modelado, para ele, muitas vezes bastará apenas uma planilha eletrônica com o quantitativo preciso dos materiais para que ele possa prosseguir com o trabalho.

No exemplo a seguir é demonstrado a extração de quantitativos dentro do ambiente BIM e a exportação desses quantitativos para alimentar uma ficha de

composição. Para o exemplo foi utilizado o serviço de assentamento de piso cerâmico. A tabela de quantitativos de piso é demonstrada na figura 38.

Figura 38 - Levantamento de Material no Revit

A	B	C
Tipo	Área	Perímetro
Piso Circulação	2.68 m²	7.85 m
Piso Dormitório 1	10.36 m²	14.60 m
Piso Garagem	12.78 m²	15.30 m
Piso Quarto 2	10 m²	12.85 m
Piso Sala/cozinha	26.63 m²	26.25 m
Piso Suite	13.78 m²	14.95 m
Piso WC 1	2.25 m²	6.30 m
Piso WC 1 (Box)	0.84 m²	3.80 m
Piso WC Suite	2.21 m²	6.00 m
Piso WC Suite (Box)	1.04 m²	4.20 m
Piso Área de Serviço	2.28 m²	6.20 m
Total geral: 11	84.86 m²	118.30 m

Os dados gerados, alimentaram a ficha de composição da tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Custos do serviço de Assentamento de piso cerâmico

Código SINAPI	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO PORCELANATO DE DIMENSÕES 60X60 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10 M². AF_06/2014					
87263	Medidas de Referência extraídas do Revit (m²)					84,86
	Rodapé Calculado com base no Perímetro (m²)					11,83
	TOTAL					96,69
	Componentes	Un	Consumo Segundo o SINAPI	Consumo TOTAL	Custo unitário segundo SINAPI (R\$)	Custo Total(R\$)/
	Rejunte colorido cimentício	Kg	0,14	13,54	R\$ 3,31	R\$ 44,81
	Argamassa colante tipo ACIII	Kg	8,62	833,47	R\$ 1,58	R\$ 1.316,88
	Piso porcelanato, borda reta, extra, formato maior que 2025 cm2	m²	1,07	103,46	R\$ 56,38	R\$ 5.832,98
	Azulejista ou ladrilhista com encargos complementares	h	0,44	42,54	R\$ 19,00	R\$ 808,33
	Servente com encargos complementares	h	0,2	19,34	R\$ 13,67	R\$ 264,35
	TOTAL					R\$ 8.267,34

Fonte: SINAPI (2019)

Através da obtenção dos dados extraídos do Revit foi possível alimentar a composição de custos demonstrada na tabela 1. Uma informação importante é que o rodapé foi calculado na ficha de composição, considerando uma altura de 10 centímetros e utilizando o perímetro fornecido pelo software. Seria possível modelar o rodapé no *Revit*, porém seria um processo muito mais trabalhoso do que simplesmente calculá-lo através do perímetro que já foi fornecido automaticamente pelo software.

Cabe a cada profissional, analisar a ferramenta e utilizá-la da forma que lhe for mais adequada e conveniente à sua necessidade.

7.5 Resultados da Análise do Gerenciamento de Cronograma

Inicialmente, retomamos à definição de Cronograma: “O Cronograma do projeto fornece um plano detalhado que representa como e quando o projeto vai entregar os produtos e serviços e resultados definidos em seu escopo” (Guia PMBOK®, 2017, p.674).

Elaborar um cronograma é basicamente definir como e quando as tarefas devem ser executadas para atender ao prazo estabelecido para aquilo que está sendo desenvolvido.

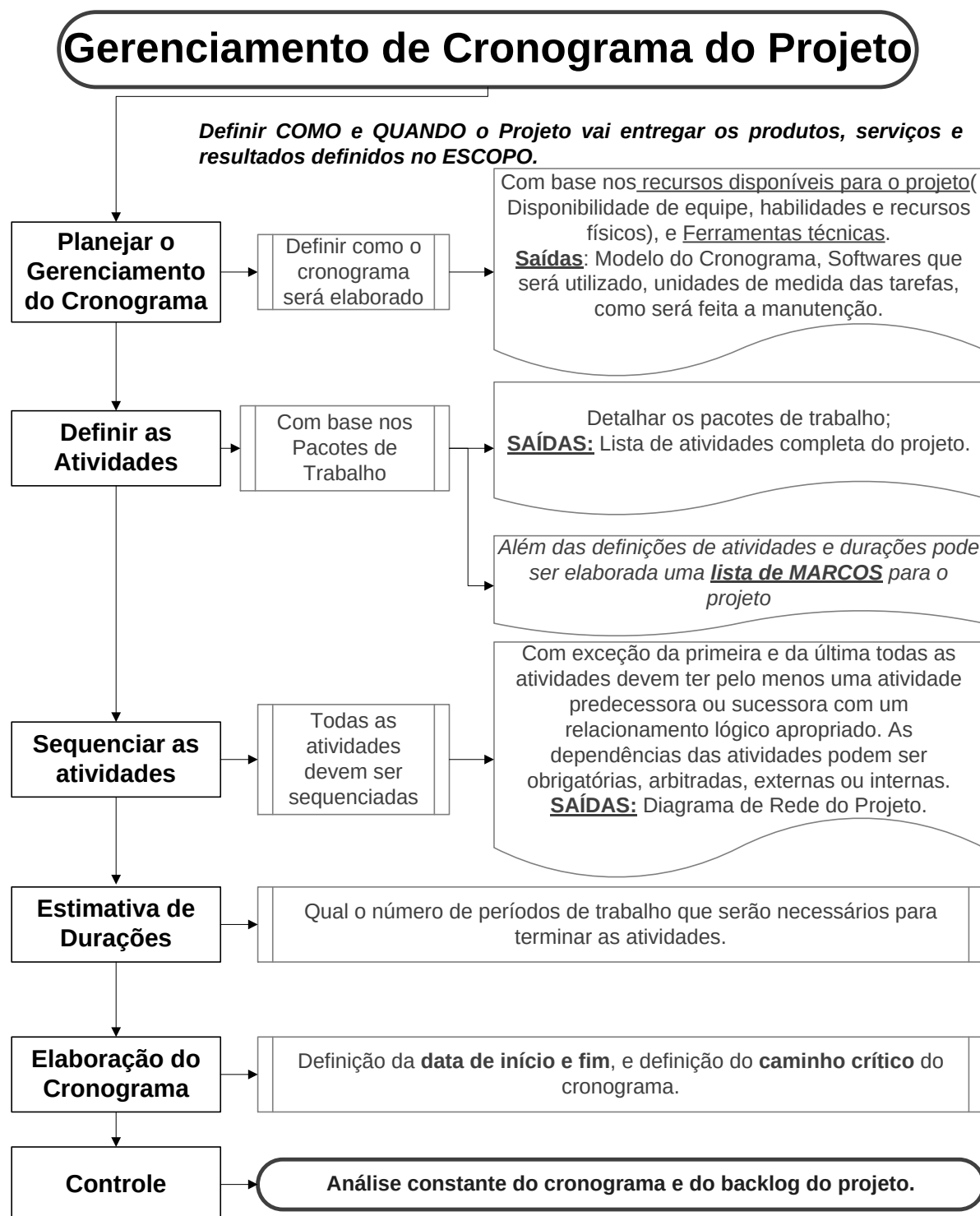
Inicialmente é necessário definir quais são os recursos disponíveis. Os Recursos podem ser: equipe, softwares, espaço físico, dinheiro, habilidades específicas necessárias para a realização dentre outros. Após a definição dos recursos volta-se aos pacotes de trabalho criados na etapa de gerenciamento de escopo. Esses pacotes de trabalho deverão ser relacionados às unidades de medida definidas no gerenciamento de custos para que sejam planejadas tanto a sua execução (Cronograma Físico) quanto os seus custos necessários (Cronograma Financeiro).

A parte principal do gerenciamento do cronograma é desenvolver o sequenciamento das atividades com base nas definições já estabelecidas de escopo e custos. Esse sequenciamento pode ser feito através de um diagrama de rede e é necessário também que se definam as precedências entre as atividades.

Além da estimativa da duração de cada uma das atividades, o cronograma deve conter de forma clara as datas de início e fim do projeto e a

definição de um caminho crítico. Esse caminho crítico é a sequência mais importante de atividades, onde uma atividade atrasada compromete todo o andamento do projeto. O Fluxograma de gerenciamento de Cronograma é apresentado na figura 39 a seguir.

Figura 39 - Fluxograma de Gerenciamento de Cronograma



Fonte: Adaptado de PMBOK® (2017)

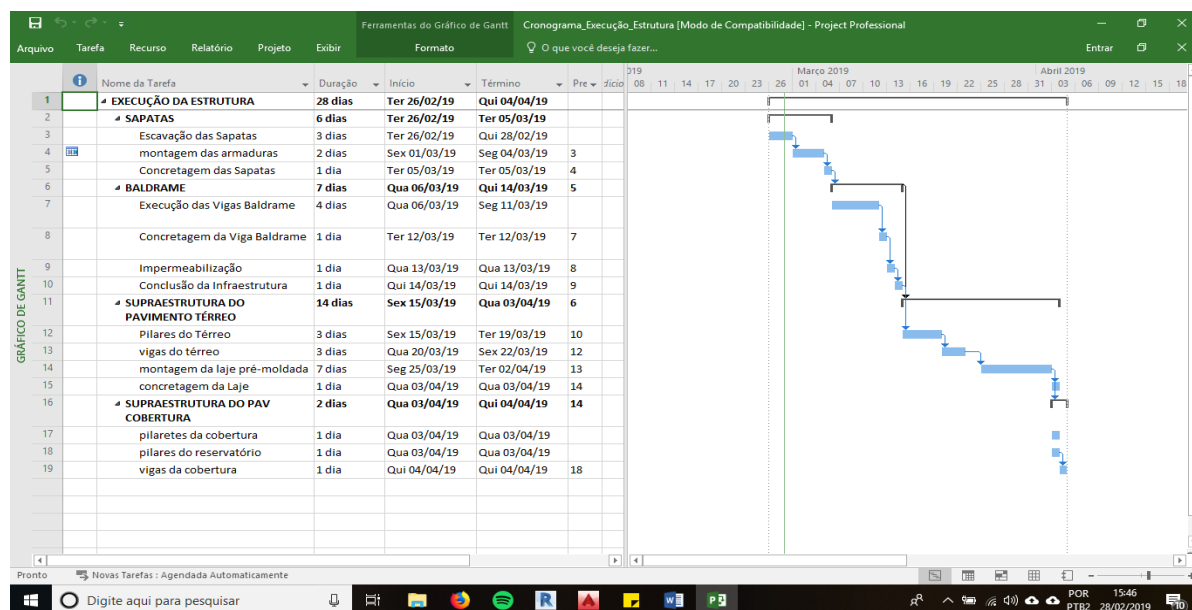
O Quadro 7 a seguir contém o exemplo da aplicação do gerenciamento de cronograma no ambiente BIM:

Quadro 7 - Aplicação do Gerenciamento de Cronograma no ambiente BIM

GUIA PMBOK®	EX. DE APLICAÇÃO
Planejar o gerenciamento do Cronograma	Definir qual será o modelo de cronograma a ser utilizado, como por exemplo o cronograma de Gantt desenvolvido no <i>Microsoft® Project</i> . No ambiente BIM esse cronograma pode ser adicionado à um software específico de coordenação de projetos como o NavisWorks para realizar a construção virtual do edifício e poder acompanhar todas as etapas da obra, associando cada um dos elementos modelados ao cronograma desenvolvido.
Definir as atividades	O principal objetivo dessa etapa é definir quais serão os pacotes de trabalho e a lista de Macros que conterà os pacotes mais importantes e as datas de entrega de cada um. Os pacotes podem ser distribuídos de forma Macro e serem desenvolvidos no cronograma de forma Micro sempre adicionando datas.
Sequenciar as atividades	O sequenciamento das atividades é importante para definir as atividades, suas predecessoras e sucessoras. Bem como as relações de dependência entre essas atividades para evitar conflitos.
Estimativa de Durações	É nessa fase que é feito o dimensionamento das equipes, de acordo com o prazo final do projeto. Além do dimensionamento das equipes pode ser feito um gerenciamento de aquisições de material.
Elaboração do Cronograma	Após definir as atividades e sequenciá-las, é preciso criar o cronograma, identificar seu caminho crítico e principalmente a data de início das atividades e a data final das atividades.
Controle	O controle acontece com base no acompanhamento do cronograma, das datas e do andamento das atividades.

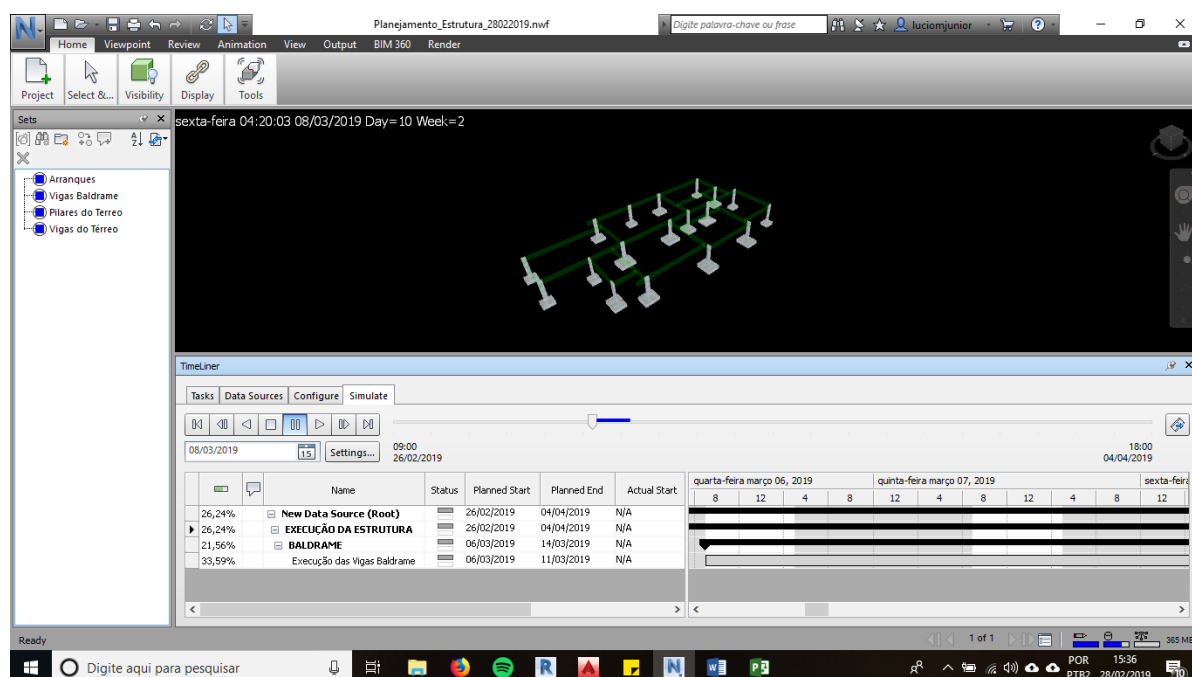
Para demonstrar a aplicação do uso de um cronograma no ambiente BIM, foi desenvolvido um cronograma básico de execução da estrutura no Microsoft® Project, apresentado na figura 40 apenas para exemplificar o uso conjunto dos softwares em um ambiente BIM.

Figura 40 - Cronograma de Execução da Estrutura



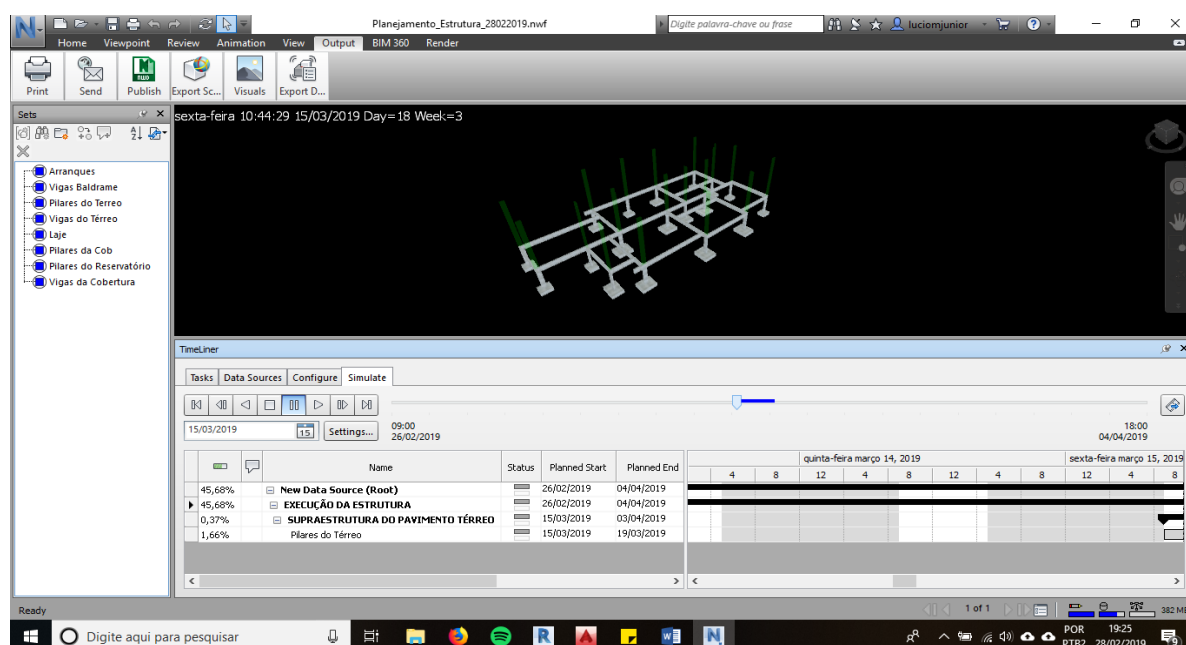
Esse cronograma foi importado no NavisWorks utilizando o comando TimeLiner, após a importação do cronograma é necessário associar cada um dos elementos modelados à alguma linha do cronograma para que o software possa mostrar graficamente a construção. Após isso também é possível criar pequenas animações para visualizar a execução e também acompanhar o desenvolvimento da obra através das datas. O processo é demonstrado na figura 41.

Figura 41 - Exemplo de Cronograma no NavisWorks



Pode-se perceber que em relação ao cronograma criado, que no dia oito de março de 2019 as sapatas já deveriam estar concretadas e a viga baldrame já estaria em fase de execução, a concretagem da viga baldrame deveria ser feita na terça-feira dia 12 de março e na figura 42 é demonstrado a situação da obra no dia 15 de março, onde o as vigas baldrame já deveriam ter sido executadas e a obra já estaria na fase de execução dos pilares.

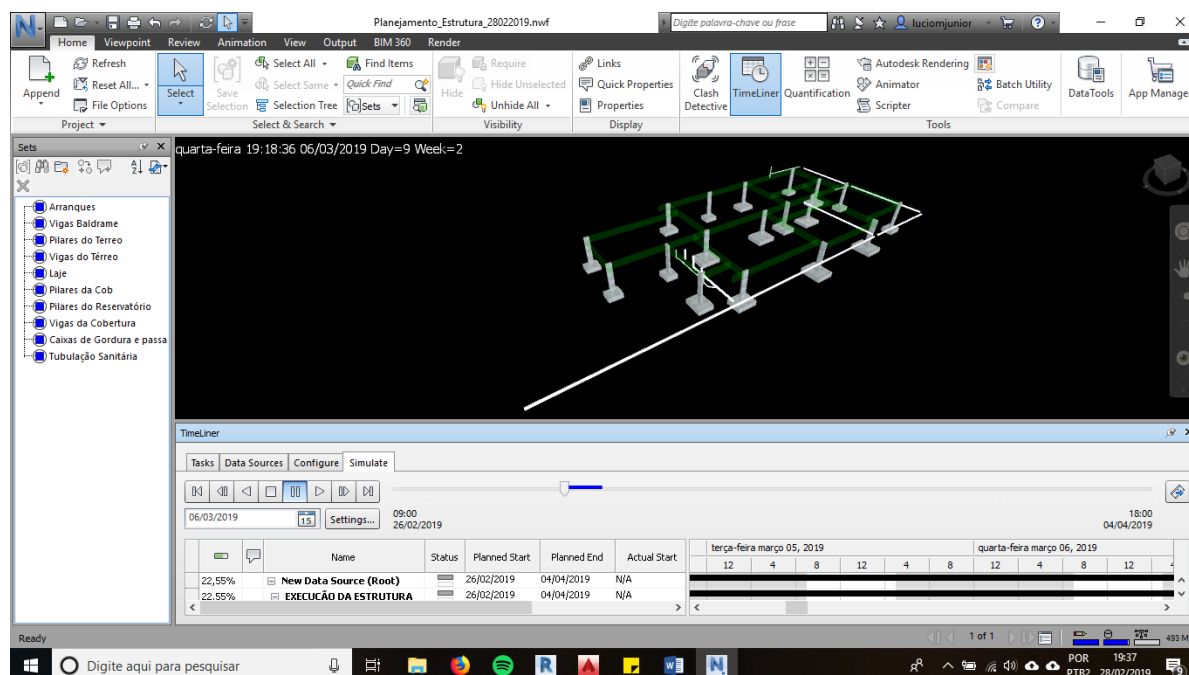
Figura 42- Exemplo de Cronograma no NavisWorks



O uso do cronograma de Gantt no NavisWorks possibilita uma melhor visualização dos serviços sendo executados, principalmente no que se refere às precedências entre as atividades e às atividades que podem acontecer de forma simultânea. Em uma análise mais complexa poderia ter sido adicionado o modelo de instalações hidráulicas e elétricas com ênfase nos elementos que deveriam ser executados junto com a infraestrutura.

É de extrema importância prever as interferências entre a estrutura e as instalações. Isso irá evitar danos tanto à estrutura quanto aos elementos das instalações. O ideal seria que a estrutura não tivesse furos, porém quando isso não é possível esses furos devem ser dimensionados e tratados com seriedade. No modelo tridimensional esse processo é facilitado e o planejamento da execução de instalações de esgoto junto com a estrutura é demonstrado na figura 43.

Figura 43 - Planejamento da Execução das instalações de Esgoto



A grande vantagem da utilização dessa ferramenta é poder acompanhar visualmente o planejamento. Ressalta-se aqui novamente a importância da utilização dos casos de uso para a modelagem. Uma modelagem cujo objetivo é alimentar um cronograma deve ser mais detalhada do que uma modelagem que objetiva alimentar um orçamento. O nível de modelagem necessário deve ser estabelecido pelos profissionais envolvidos de forma que se consiga utilizar a ferramenta sem inviabilizá-la. Quanto mais detalhes forem adicionados no modelo mais tempo será demandado, o que pode ocasionar transtornos e falta de entendimento no funcionamento das ferramentas BIM.

O modelo de planejamento não deve ser detalhado a ponto de inviabilizar o uso da ferramenta no que se refere aos prazos, mas sim de forma que se consiga um bom acompanhamento por parte dos responsáveis pela gestão.

7.6 Vantagens e Desvantagens da modelagem paramétrica na Construção Civil

No que se refere as vantagens podem ser citadas a melhor visualização dos modelos no ambiente tridimensional, a modelagem mais exata que resultará em informações mais detalhadas ao longo de todo o desenvolvimento do processo, resultando em projetos com informações mais detalhadas o que consequentemente garantirá uma execução mais assertiva e um melhor planejamento de cada uma das etapas.

A atividade de compatibilização de projetos se apresenta como uma significativa alternativa na diminuição de desperdício de material, diminuição de retrabalhos e melhoria do fluxo de trabalho. O planejamento 4D e 5D também são alternativas que devem ser exploradas pelos profissionais e utilizadas de forma a trazer vantagens competitivas e agregar valor para o setor.

A principal questão que deve ser levada em conta quando se fala de implementação de metodologias voltadas à aplicação do BIM está na necessidade de tempo para que os profissionais se desenvolvam e estabeleçam seus fluxos de trabalho.

O BIM é uma alternativa ao modelo atual de desenvolvimento de projetos, porém as principais desvantagens da sua utilização estão na necessidade de grandes investimentos na compra dos softwares e na capacitação de mão de obra para operá-los. Outro grande desafio é conscientizar os profissionais da necessidade de que seja gasto mais tempo nas etapas de projeto e planejamento e que o BIM exige um trabalho intelectual mais intenso nas etapas iniciais do projeto, o que acaba por demandar mais tempo para o desenvolvimento das atividades.

Enquanto não houver um correto entendimento da importância dos processos desenvolvidos com os benefícios trazidos pelo BIM e por ferramentas de gestão como o PMBOK® o tempo necessário para implementação sempre será tratado como uma desvantagem.

8 CONCLUSÕES

A utilização da tecnologia BIM é uma tendência mundial e apresenta grande potencial para o mercado brasileiro. Na configuração atual do mercado é notável a necessidade de ferramentas de gestão que sejam mais eficientes e que possam contribuir para que o setor continue a crescer.

Com relação ao uso das ferramentas apresentadas nesse trabalho, conclui-se que além de serem ferramentas extremamente didáticas e práticas, essas ferramentas também são diferenciais competitivos no mercado atual. O surgimento de diretrizes como o PL 6619/2016 e o Decreto nº 9.377 são instrumentos fomentadores da disseminação da tecnologia BIM, e na medida em que a necessidade de uso seja mais frequente e passe até mesmo para a condição de exigência, os profissionais que estiverem preparados serão aqueles que irão se sobressair no mercado.

A solução para o problema da falta de interoperabilidade na cadeia produtiva da construção civil não é uma tarefa fácil, porém o uso da tecnologia BIM aliado a ferramentas de gestão como por exemplo o GUIA PMBOK® 2017 apresentam-se como alternativas possíveis de serem usadas com um fim prático que objetiva realmente contribuir para as melhorias do setor. O grande número de profissionais das mais diversas áreas envolvidas em uma edificação sempre foi motivo de erros, retrabalhos, e até mesmo discussões entre profissionais.

No que se refere à análise do gerenciamento de escopo na construção Civil temos como princípio norteador as necessidades do cliente. Essas necessidades serão as informações que definirão o nível de complexidade da modelagem para atender esses objetivos. O fluxo de trabalho segue então com o desenvolvimento dos modelos 4D e 5D onde deverão ser feitos o planejamento e o orçamento da edificação baseados naquilo que foi definido no escopo observando-se também as diretrizes relacionadas ao gerenciamento de custos e prazos. Essa base metodológica é fundamental para o desenvolvimento de uma modelagem que irá de fato cumprir seus objetivos.

É importante ressaltar que dentre o grande número de opções apresentadas os profissionais que quiserem implementar o BIM e o Guia PMBOK® em seus trabalhos deverão atentar-se aos casos de uso já na etapa de definição de escopo de tudo aquilo que forem fazer e que as modelagens devem ser feitas até

um determinado ponto para atender determinadas necessidades sem inviabilizar seu próprio uso.

O objetivo desse trabalho foi demonstrar algumas opções de uso da tecnologia BIM e do Guia PMBOK® no desenvolvimento de projetos para a construção civil. Ressalta-se aqui a ampla definição da palavra projeto dentro do contexto geral e do contexto específico aqui desenvolvido.

O Guia PMBOK® apresenta-se como uma importante ferramenta de gestão de projetos enquanto a tecnologia BIM se apresenta como uma importante ferramenta de elaboração de projetos. Ter uma boa ferramenta de execução sem uma base metodológica adequada dificilmente resultará em algo valioso, por isso devemos utilizar as duas ferramentas em conjunto e desenvolvê-las em trabalhos práticos que realmente venham resolver problemas reais de engenharia.

No que se refere aos problemas explorados ao longo do trabalho foram apresentadas diversas opções de solução que podem ser implementadas, testadas, corrigidas e melhoradas pelos diversos profissionais envolvidos na cadeia produtiva. Os conceitos abordados nesse trabalho são muito amplos e necessitam de estudos específicos para o correto entendimento e aplicabilidade, porém se apresentam como soluções e alternativas reais aos problemas que a construção civil tem enfrentado ao longo dos anos.

8.1 Recomendações para Trabalhos futuros

Como Recomendações para trabalhos futuros, propõem-se:

- Realizar uma análise mais detalhada no que se refere às Contribuições do REVIT no desenvolvimento de projetos para processos licitatórios, utilizando por exemplo o SINAPI na modelagem para que sejam adicionadas informações referentes aos preços de insumos e composições ao longo do desenvolvimento do projeto;
- Analisar de forma individual a utilização de cada uma das áreas de conhecimento abordadas no trabalho (Gerenciamento de Escopo, Custos e Cronogramas) em conjunto com a Tecnologia BIM no desenvolvimento de atividades relacionadas à construção civil.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Relatório Semestral de Gestão**.2011.

AMORIM, S. R. L. **Tecnologia, organização e produtividade na construção**. Rio de Janeiro,1995, 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ANTONELI, Aline Cristina; SANTOS, Lígia Nonato dos. **O Guia PMBOK® como referência em Gerência de Projetos 2005 (Artigo)**.

BAIA, Denize Valéria Santos (2015). **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E. DM - 019A/15, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.Brasília-DF, 99 p.

BALEM, Amanda Forgiarini. **Vantagens da compatibilização de projetos na engenharia civil aliada ao uso da metodologia bim. 2015**. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em:<http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_AMANDAORGARINIBALEM.pdf>. Acesso em: 24 Jun. 2018.

BARROS, M. S. B. e CARDOSO, F. F. **Inovação: espiral ou carroucel de conhecimento ?**. Revista Conjuntura da construção, São Paulo, p. 10-11, Jun. 2011

BIMDICTIONARY, 2016. **Modelagem da informação construção**. Disponível em: <https://bimdictionary.com/pt/building-information-modelling/1/>. Acesso em 7 jun.2018.

BIMDICTIONARY. **Estágio BIM**. Disponível em:<<https://bimdictionary.com/pt/bim-stage/1/>>. Acesso em 24 jun.2018.

BOCK, T. **The future of construction automation: Technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics.** Automation in Construction. v.59, p.113-121, nov. 2015.

CATELANI, Wilton Silva; SANTOS, Eduardo Toledo. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construções**, São Paulo, v. 44, n. out/dez. 2016, p. 54-59, 2016.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Câmara Brasileira da Indústria da Construção.- Brasília. CBIC, 2016.124p.:il

CHOUGULE, N. S., and KONNUR, B. A. (2015). **A Review of Building Information Modeling (BIM) for Construction Industry.** International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE), Issue 4, Volume 2 (April 2015), 2349- 2163.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos.** 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

GIL, Antônio Carlos, 1946.**Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo Atlas, 2002.

JACOSKI, Claudio Alcides; LAMBERTS, Roberto. **A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil.** In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2002.

KAIZUKA, Reinaldo; CELEBRONI, Thais. Como o BIM favorece o desenvolvimento de projetos estruturais. **Concreto & Construções**, São Paulo, ano 85, p. 45-51, jan-mar 2017.

LANGSTON, Craig. **Development of generic key performance indicators for PMBOK® using a 3D Project integration model**. 2013. Construction Economics and Building Journal. Disponível em: <
<http://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/about>>. Acesso em 07. Jun 2018.

MAGIAG, Geovane. et al. **A Construtibilidade e sua relação como a Tecnologia de Building Information Modeling (BIM)**. PMBK, 2015. Disponível em: <https://pmkb.com.br/artigos/a-construtibilidade-e-sua-relacao-como-a-ecnologia-de-building-information-modeling-bim/>. Acesso em 29 Mai. 2018.

MARSICO, Matheus Lamas et al. **Aplicação de bim na compatibilização de projetos de edificações**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. v. 7, n. n. 17, p. 19-41, 2017. Disponível em: <
<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/v9n1702>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Pini, 2010

MAZIONE. Leonardo. **Estágios de evolução do BIM**. 2015. Disponível em: <
<http://www.coordenar.com.br/estagios-de-evolucao-do-bim/>> . Acesso em 24 Jun. 2018

MDIC. **Estratégia nacional de disseminação do bim - estratégia bim br**. 2018. Disponível em: <
<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim>>. Acesso em 30 Jul. 2018.

MDIC. **Guias BIM**. 2017. Disponível em <
<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>>. Acesso em 20 Jul. 2018

MONTES, Eduardo. Restrição Tripla em Projetos. 2018. Disponível em:<<https://escritóriodeprojetos.com.br/restrição-tripla>>. Acesso em 25 jun. 2018

PAIVA, Daniel Capistrano Sarinho. **Uso do Bim para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora**. 2016, 16 f. : il. Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil.

SABATTINI, E.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. EPUSP, São Paulo, 1989. (Tese de Doutorado).

SUCCAR, B, and KASSEN, M. Building information modeling: Point of Adoption. 2016. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/301815129_Building_Information_Modeling_Point_of_Adoption>. Acesso em 25 Jun. 2018.

SUCCAR, B, and SHER, W.. **Measuring BIM Performance: Five Metrics**. 2012. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/225088877_Measuring_BIM_Performance_Five_Metrics>. Acesso em 25 Jun. 2018.