

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

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES  
UTILIZANDO MÉTODOS TRADICIONAIS E BIM**

**LAURA NASCIMENTO FREITAS**

**ORIENTADOR: LEONARDO DA S. P. INOJOSA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 EM ENGENHARIA CIVIL**

**BRASÍLIA / DF: DEZEMBRO/2019**

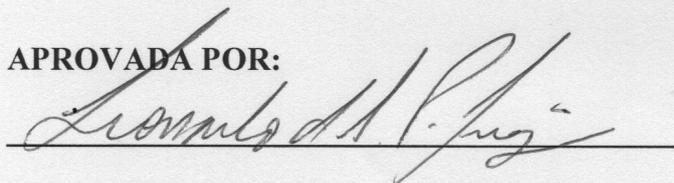
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES  
UTILIZANDO MÉTODOS TRADICIONAIS E BIM

Laura Nascimento Freitas

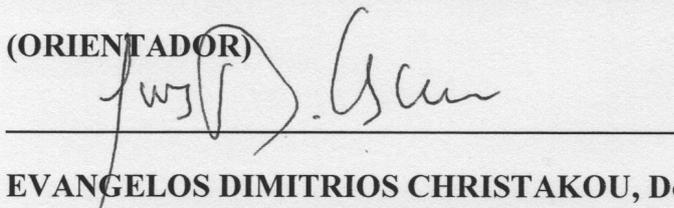
MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:



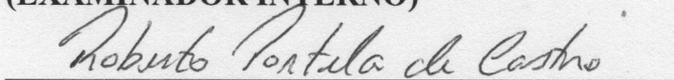
LEONARDO DA SILVEIRA PIRILLO INOJOSA, Mestre - UnB

(ORIENTADOR)



EVANGELOS DIMITRIOS CHRISTAKOU, Doutor - UnB

(EXAMINADOR INTERNO)



ROBERTO PORTELA DE CASTRO, Especialista

(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 11 de dezembro de 2019.

## FICHA CATALOGRÁFICA

FREITAS, LAURA NASCIMENTO

Análise Comparativa entre Projetos de Edificações Utilizando Métodos Tradicionais e BIM [Distrito Federal] 2019.

93 p. (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- |               |                                 |
|---------------|---------------------------------|
| 1. BIM        | 2. Projeto de Edificações       |
| 3. CAD        | 4. Fluxogramas de projeto       |
| I. ENC/FT/UnB | II. Inojosa, L. S. P. (orient.) |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FREITAS, L.N. (2019). Análise Comparativa entre Projetos de Edificações Utilizando Métodos Tradicionais e BIM. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 93 p.

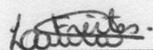
## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Laura Nascimento Freitas

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise Comparativa entre Projetos de Edificações Utilizando Métodos Tradicionais e BIM

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2019

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



Laura Nascimento Freitas

SHIN Qi. 16 Conj. 02 Casa 10.

71430220 – Brasília/DF - Brasil

## **RESUMO**

A presente pesquisa propõe uma análise comparativa entre dois processos de elaboração de projetos de edificações: o tradicional e o BIM. Busca exemplificar os benefícios da metodologia BIM e comprovar os desafios para sua implementação. Foi feita uma revisão da literatura sobre conceitos de BIM e CAD, e realizou-se o estudo sobre os fluxogramas de projeto em ambos os processos. A metodologia utilizada foi dividida em três etapas: estudo de caso de uma empresa construtora cujos projetos foram realizados de forma tradicional utilizando ferramentas CAD, desenvolvimento de uma modelagem BIM dos mesmos projetos e comparação dos dois processos. O estudo de caso foi feito por meio de questionários realizados com os profissionais de uma empresa construtora envolvidos nos processos de: elaboração dos projetos, compatibilização dos mesmos e controle de execução da obra. Foram modelados os projetos arquitetônico e estrutural com o software Autodesk Revit, a partir das plantas disponibilizadas pela empresa, e realizou-se ainda a sua compatibilização em um modelo federado. Por fim, compararam-se as respostas dos questionários com os benefícios da metodologia BIM, ilustrando-os com exemplos gerados a partir da modelagem 3D. O estudo permitiu constatar as vantagens do processo de elaboração de projetos em BIM e sua influência nas demais etapas da construção, sendo uma boa referência aos estudantes e profissionais que busquem ampliar seus conhecimentos sobre BIM e realizar pesquisas nessa área.

Palavras-chave: BIM, CAD, fluxogramas de projeto, projetos de edificações.

## **ABSTRACT**

This research applied a comparative analysis between two building project creation processes: the traditional and the BIM. It seeks to exemplify the benefits of the BIM methodology and to prove the challenges for its implementation. A literature review on the concepts of BIM and CAD was made, and a study on design flowcharts in both processes was performed. The methodology used was divided into three stages: case study of a construction company, whose projects were traditionally executed using CAD tools, development of a BIM modeling of the same projects and comparison of two processes. The case study was carried out through questionnaires made with company professionals involved in the processes of: project creation, project compatibility and project execution control. Architectural and structural designs were modeled with the Autodesk Revit software, based on the plans available by the company, and executed with compatibility in the federated model. Finally, compare them as questionnaires answers with benefits of the BIM methodology, illustrating them with examples generated from 3D modeling. The study showed that the advantages of the BIM project design process and its influence on the other stages of construction are advantages, being a good reference for students and professionals who seek to broaden their knowledge about BIM and conduct research in this area.

Keywords: BIM, CAD, project flowcharts, building projects.



5.3 - COMPARAÇÃO DAS ANÁLISES FEITAS PELO MÉTODO TRADICIONAL E PELA METODOLOGIA BIM .....	62
<b>6 - ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>63</b>
6.1 - ESTUDO DE CASO.....	63
6.2 - ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS .....	63
6.3 - ELABORAÇÃO DO MODELO BIM.....	65
6.4 - ANÁLISE DOS DADOS.....	67
<b>7 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
ANEXO A – FLUXOGRAMAS DE PROJETO BÁSICO JÁ EXISTENTES.....	87
APÊNDICE A – FLUXOGRAMAS DE PROJETO BÁSICO ELABORADOS .....	90
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIOS.....	93

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Gráfico comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM. (Fonte: CBIC, 2016).....	18
Figura 3.2 - Comparação do fluxo de informações entre os ‘stakeholders do projeto. FONTE: MACIEL et. al (2014, apud. MARTINS, 2018).....	19
Figura 3.3 - Visualização de modelo em CAD 3D, BIM e renderização. (FONTE: Martins, 2018).....	20
Figura 3.4 - Porcentagem referente a cada categoria de compatibilização. (FONTE: Flores, 2017).....	25
Figura 3.5 - Comparação entre ferramentas de visualização arquitetônica na detecção de incompatibilidades. (FONTE: Andrade, 2011, apud. Martins, 2018). ....	25
Figura 3.6 - Gráficos comparativos de tempo gasto no desenvolvimento do projeto (a) e de custo entre os ‘softwares’ (b). (FONTE: Neto, Taveira e Moreau 2017).....	26
Figura 3.7 - BIM no ciclo de vida das edificações. (FONTE: GDP, apud. ABDI, 2017)...	29
Figura 3.8 - Figura 3.8 - Figura 3.8 – Principais benefícios do uso de BIM para as empresas de construção apontados por empreiteiros. (FONTE: adaptado de McGraw&Hill, 2014, apud. Carvalho, 2016). ....	33
Figura 3.9 - Mapa com os países cujas iniciativas BIM são mais evidentes e notáveis.....	34
Figura 3.10 – Retorno sobre investimento positivo. (FONTE: Flores, 2017 - adaptado de McGraw&Hill, 2014) .....	39
Figura 3.11 – Tempo de utilização do BIM (em anos). (FONTE: Flores, 2017 - adaptado de McGraw&Hill, 2014) .....	39
Figura 3.12 – Nível de utilização do BIM. (FONTE: Flores, 2017 - adaptado de McGraw&Hill, 2014) .....	40
Figura 3.13 – Implementação do BIM em nível Alto/Muito Alto. (FONTE: Flores, 2017 - adaptado de McGraw&Hill, 2014) .....	40
Figura 3.14 – Gráfico com respostas para a pergunta: “Em sua estimativa, qual a porcentagem de firmas/organizações que usam o BIM em qualquer de seus projetos atualmente?”. (FONTE: Breder, Lima e Ribeiro, 2016). ....	42
Figura 3.15 – Gráfico com respostas para a pergunta: “Que tipo de assistência você gostaria de receber se sua firma fosse adotar o BIM nos próximos seis meses ou um ano?”. (FONTE: Breder, Lima e Ribeiro, 2016).....	42

Figura 3.16 - Gráfico com respostas para a pergunta: “Por qual motivo a sua empresa optou por utilizar o BIM?”. (FONTE: Barreto, et al., 2016). .....	43
Figura 3.17 - Gráfico com respostas para a pergunta: “A partir da utilização do BIM nos projetos da empresa, notou-se alguma mudança quanto à satisfação do cliente?”. (FONTE: Barreto, et al., 2016). .....	43
Figura 3.18 - Gráfico com respostas para a pergunta: “A implantação do BIM foi viável financeiramente para a empresa?”. (FONTE: Barreto, et al., 2016). .....	44
Figura 3.19 - Gráfico com respostas para a pergunta: “Por que sua empresa optou por não utilizar o BIM?”. (FONTE: Barreto, et al., 2016). .....	44
Figura 3.20 – Softwares BIM .....	49
Figura 4.1 – Fluxograma de Projeto Básico no Método Tradicional. (FONTE: IFC, 2018). .....	55
Figura 4.2 – Fluxograma de Projeto Básico - Método Tradicional (CAD 2D) - resumido. (FONTE: autor, adaptado de IFC, 2018).....	56
Figura 4.3 – Fluxograma de Projeto Básico (Anteprojeto) na Metodologia BIM. (FONTE: ABDI, 2017). .....	57
Figura 4.4 - Fluxograma de Projeto Básico - Método BIM - resumido. (FONTE: autor, adaptado de ABDI, 2017). .....	58
Figura 5.1 - Layout dos pavimentos inferior (a) e superior (b). (FONTE: acervo da empresa). .....	59
Figura 5.2 - Diagrama esquemático que resume a análise do processo tradicional. (FONTE: acervo da autora). .....	60
Figura 5.3 - Diagrama esquemático que resume o processo da modelagem BIM (FONTE: acervo da autora). .....	61
Figura 5.4 - Diagrama esquemático que resume a análise do projeto feito pela metodologia BIM. (FONTE: acervo da autora).....	61
Figura 6.1 - Resumo dos questionários realizados. (FONTE: acervo da autora). .....	64
Figura 6.2 – Modelo arquitetônico gerado no Revit. (FONTE: acervo da autora).....	66
Figura 6.3 – Modelo arquitetônico gerado no Revit. (FONTE: acervo da autora).....	66
Figura 6.4 – Modelo federado gerado no Revit. (FONTE: acervo da autora).....	67
Figura 6.5 - Organização dos dados sobre responsáveis por cada atividade. (FONTE: acervo da autora). .....	68
Figura 6.6 – Exemplo de alteração de paredes no software AutodeskRevit. (FONTE: acervo da autora) .....	70

Figura 6.7 - Exemplo de atualização da tabela de esquadrias no software AutodeskRevit. (FONTE: acervo da autora). .....	71
Figura 6.8 - Exemplo de colocação do nome e área dos ambientes no software AutodeskRevit. (FONTE: acervo da autora). .....	71
Figura 6.9 - Exemplo de identificação de esquadrias no software AutodeskRevit. (FONTE: acervo da autora). .....	72
Figura 6.10 - Exemplo caixa de corte no software AutodeskRevit. (FONTE: acervo da autora). .....	72
Figura 6.11 – Corte AA gerado no AutoCAD (a) e corte AA gerado no Revit (b). (FONTE: acervo da autora). .....	72
Figura 6.12 – Exemplo do nível de detalhamento gerado pelo Revit. (FONTE: acervo da autora). .....	73
Figura 6.13 – Exemplo de interferência entre projetos estrutural e arquitetônico. (FONTE: acervo da autora). .....	74
Figura 6.14 – Exemplos de interferência detectada pelo Revit (a) e interferência observada no AutoCAD (b). (FONTE: acervo da autora). .....	75
Figura 6.15 – Exemplos de interferência entre escada e laje estrutural. (FONTE: acervo da autora). .....	75
Figura 6.16 – Exemplos de relatório de interferência gerado pelo Revit. (FONTE: acervo da autora). .....	76
Figura 6.17 – Planta de piso no AutoCAD (a), planta de piso no Revit (b) e levantamento de quantitativos no Revit (c). (FONTE: acervo da autora). .....	78
Figura 6.18 – Atualização da planilha orçamentária a partir de mudanças no modelo do Revit. (FONTE: acervo da autora). .....	79

## LISTA DE ABREVIACÕES

- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.
- AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção
- AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura.
- BCA - *Building Construction Authority.*
- BDS - *Building Description System.*
- BIM - *Building Information Modelling.*
- CAD - *Computer Aided Design.*
- CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção.
- CE-BIM - Comitê Estratégico de Implementação de BIM.
- CEUNIH - Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.
- COBie - Construction operations Building Information Exchange.
- COBIM - *National Common BIM Requirements.*
- CTR - *Cathodic Ray Tube.*
- DB - *Design-Build.*
- DDB - *Design-Bid-Build.*
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- FGV – Fundação Getúlio Vargas.
- GSA - *General Services Administration.*
- IFC - *International Foundation Class.*
- IFC – Instituto Federal Catarinense.
- LOD – *Level of Development.*
- MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços.

MIT - *Massachusetts Institute of Technology.*

NBIMS - *National BIM Standard-United States*

PC - *Personal Computer.*

PIB – *Produto Interno Bruto.*

RGD - *Dutch Ministry of the Interior.*

ROI - *Return on Investment.*

SAGE - *Semi Automatic Ground Environment.*

Sinaeco - *Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva.*

TCPO - *Tabela de Composições de Preços para Orçamentos.*

## 1 - INTRODUÇÃO

A fase de elaboração de projetos de edificações é imprescindível para o bom entendimento do empreendimento por parte de todos os profissionais envolvidos ao longo do seu ciclo de vida.

Os profissionais da construção civil são cobrados no mercado de trabalho, devido à demanda de obras e aos curtos prazos a elas estabelecidos; no entanto, é comum verificar altas taxas de retrabalhos nos canteiros de obra, causando transtornos. Este problema pode ser atribuído principalmente à dificuldade de compreensão e interpretação do projeto proposto, à falta de profissionais capacitados na análise de interferência de projetos ou ainda à negligência na execução dos projetos no canteiro de obras (MARTINS, 2018).

Ao longo dos anos, a maneira de se desenvolver projetos na área da construção civil foi evoluindo, principalmente a partir da introdução das tecnologias digitais no processo construtivo. Com a plataforma *Computer Aided Design* (CAD), os projetos que antes eram inteiramente manuais passaram a ser desenvolvidos no computador (BARRETO, et al. 2016). Isso permitiu alguns ganhos na produtividade, pois tornou-se possível realizar os projetos em um tempo mais curto.

Atualmente, a Modelagem da Informação da Construção (BIM) surge como uma boa alternativa para elaboração de projetos. Consiste na utilização de modelos virtuais da construção consistentes, com uma base de dados sólida e com todas as informações necessárias para alimentar as tarefas das equipes, em colaboração e integração multidisciplinar, por todo o ciclo de vida do empreendimento (NBIMS, 2015, apud. CARMO, ALMEIDA e SOUZA, 2019).

Pode-se afirmar que o principal atrativo do uso de BIM não está somente na fase de projeto e desenho propriamente dita, mas na quantidade e qualidade de informações disponíveis por todo o ciclo de vida de uma edificação. Logo, são geradas economias substanciais em todas as etapas, que permitem rápidas análises e estudos de alternativas tais como programação e estimativa de custos, listas de materiais acuradas, detecção antecipada de interferências e melhor gestão de recursos (MIGILINSKAS et al., 2013, apud. CARMO, ALMEIDA e SOUZA, 2019).

As experiências internacionais vêm confirmando a forte tendência de adoção da tecnologia. E no Brasil, surge uma perspectiva positiva para ampliação da adoção do BIM, com a

publicação do Decreto nº 9.983 de 22 de agosto de 2019 (BRASIL, 2019), o qual instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*, e que busca promover condições para investimento e difusão desta modelagem no país.

Com essa tendência de crescimento do uso do BIM, este trabalho visa comparar objetivamente as principais diferenças entre o modelo tradicional na elaboração de projetos de edificações, e o modelo feito em BIM.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - OBJETIVO GERAL**

O objetivo principal é a análise comparativa entre projetos de edifícios realizados com CAD 2D e com uso da metodologia BIM, para que se possam identificar possíveis diferenças relevantes entre os dois métodos, empregados em um único projeto de edificação.

### **2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterização dos métodos tradicional com CAD 2D e BIM na elaboração de projetos de edifícios.
- Elaboração dos fluxogramas resumidos de projeto básico de cada um dos métodos.
- Elaboração do projeto básico de residência com uso de ferramentas BIM.
- Análise comparativa dos projetos e processos de elaboração dos mesmos em relação aos documentos originais adquiridos e o modelo BIM elaborado.

## 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 - HISTÓRICO

Em 1955 surge o primeiro sistema gráfico da força aérea norte-americana, o SAGE (Semi Automatic Ground Environment) desenvolvido no Lincoln Laboratory do MIT, que processava dados de radar e demais informações sobre locais de objetos e exibia-os em uma tela CTR. No mesmo laboratório, sete (7) anos depois, é desenvolvido por Ivan E. Sutherland o sistema Sketchpad, o primeiro programa a utilizar uma interface gráfica completa. Nos anos seguintes, *softwares* e máquinas auxiliares em desenho são denominadas CAD (Computer Aided Design – Projeto Assistido por Computador) por Douglas Taylor Ross, e no ano de 1965 o primeiro CAD é comercializado. Em 5 anos, as grandes empresas dos setores automobilístico e aeroespacial adotam os sistemas CAD, e uma delas, a Chrysler, com seu próprio programa Chrysler CAD/CAM, informa o aumento em 3:1 da produtividade em comparação com desenhos a mão.

Nos EUA, em 1973, já era desenvolvido o estudo de sólidos por Ian Braid (Universidade de Cambridge), Bruce Baumgart (Universidade de Stanford) e Ari Requicha e Herb Voelcker (Universidade de Rochester); o estudo passou a ser denominado “*Solid Modeling*” (modelamento sólido), a primeira geração de ferramentas para modelagem 3D.

De acordo com Jerry Lairerin (apud. MENEZES, 2011), em 1975 o Prof. Charles Eastman, uma das grandes referências na história do BIM, desenvolve o BDS (*Building Description System*), que já utilizava os conceitos de BIM: “definir elementos de forma interativa derivando seções, planos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos...” (Eastman, 1975).

John Walker fundou a AutoDesk em 1982, com a ideia de produzir um programa CAD para PC. É lançado, então, o AutoCAD, inicialmente criado para engenheiros mecânicos, mas que rapidamente abrangeu diversas outras áreas.

Em 1986, é documentada a primeira utilização do termo “*Building Modeling*”, em que Robert Aish descreve o que hoje se conhece como BIM e a tecnologia para implementá-lo. No ano seguinte, é lançado o *ArchiCAD*, um dos pioneiros nos conceitos de BIM, baseado em trocas de arquivos. No mesmo ano, foi feito o primeiro filme em que se utilizou computação gráfica (MENEZES, 2011).

No ano de 1995, o formato de arquivo IFC (International Foundation Class) é desenvolvido para permitir o fluxo de dados entre plataformas, sendo um arquivo compatível com diferentes programas BIM. No mesmo ano, grandes empresas do mercado formam o *Building Smart*, uma aliança da Indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) para Interoperabilidade. Depois de cinco (5) anos, é lançado o Revit 1.0 pela Revit Corporation, com ferramentas básicas; e dois (2) anos depois é comprado pela AutoDesk.

Em 2005 ocorre a primeira conferência em BIM, a First Industry-Academic Conference, que amplia a divulgação da plataforma BIM nos EUA, difundindo-a na indústria e na academia. Em 2011 ocorre a primeira edição do seminário internacional sobre Arquitetura Digital: BIM, sustentabilidade e inovação, promovida pela AsBEA, no Brasil.

Atualmente, a tecnologia BIM está em progressiva difusão no mundo, o que será abordado no item 3.5 deste trabalho.

## **3.2 - CAD X BIM**

### **3.2.1 - COMPARAÇÃO ENTRE PROCESSO TRADICIONAL E PROCESSO BIM**

De acordo com a Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v. 1, (CBIC, 2016), geralmente a coordenação dos projetos é feita pelo autor do projeto arquitetônico, por um arquiteto ou engenheiro específico da construtora, por um profissional externo, contratado para realizar a coordenação.

Não é comum que o autor do projeto arquitetônico acompanhe a execução da obra, e muitas vezes ele não conhece as soluções construtivas adotadas pela construtora.

Quando a coordenação é realizada pelo arquiteto ou engenheiro da construtora, estes conhecem bem os processos construtivos e a cultura construtiva da empresa, porém acabam por promover uma grande sobreposição com a atividade realizada pelo arquiteto autor do projeto, tendendo a privilegiar a facilidade de construção em detrimento da solução arquitetônica.

Caso a coordenação seja responsabilidade de um profissional externo, é possível que apresente bom nível técnico, mas também limitações para dominar os processos construtivos definidos e praticados pela construtora, porque desconhece sua cultura construtiva. Como esse profissional, em geral, não participa da fase de concepção do projeto, sua eficácia na realização da coordenação fica comprometida.

O uso do BIM acelera os processos de decisões que precisam ser tomadas, não apenas relativas aos detalhes construtivos e especificações de um determinado projeto, como também sobre os métodos construtivos a serem utilizados. Porém, sua viabilização não é fácil, considerando a maneira como é estruturada a maioria das empresas incorporadoras e construtoras no Brasil.

Não há registros formais do conhecimento técnico mais detalhado e aprofundado sobre os métodos construtivos utilizados pelas construtoras, sendo ele registrado apenas na experiência e na memória de alguns poucos gerentes técnicos responsáveis pela produção propriamente dita, e é difícil seu envolvimento nas fases de discussão de projetos e especificações em tarefas que podem exigir um maior tempo de dedicação, visto que está sempre tendo que resolver uma série de interferências que envolvem tomadas de decisões nem sempre simples.

A figura do gerente BIM, responsável pela compatibilização dos projetos e seu gerenciamento, se mostra como uma adequação ao processo BIM de um uma atividade que já é realizada por gerentes de projetos, porém com uma exigência a mais de conhecimento dos processos construtivos e outros aspectos que a metodologia BIM implica.

Na Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v. 1, (CBIC, 2016), é apresentado o gráfico (Figura 3.1) conhecido como curva de MacLeamy, o qual representa a comparação entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos, baseado apenas em documentos e desenhos (CAD), e o desenvolvimento utilizando a plataforma BIM, considerando a variação da capacidade de influenciar os custos e a qualidade de um dado empreendimento no decorrer das diversas fases do projeto (tempo) (CBIC, 2016).

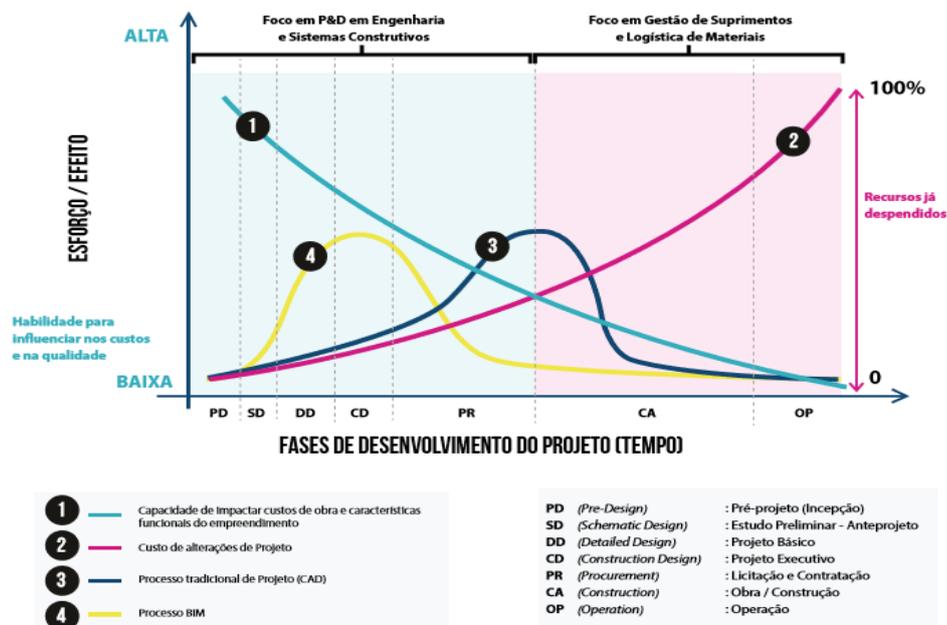


Figura 3.1 - Gráfico comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM. (Fonte: CBIC, 2016).

A análise e reflexão sobre esse gráfico chama atenção para alguns pontos importantes:

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

Antes do início das obras (parte esquerda do gráfico, com o fundo azul), estão as grandes e mais significativas oportunidades para obter reduções de custos e definir racionalizações.

Nessas fases do desenvolvimento do projeto, o foco dos esforços deve estar nas atividades de concepção, pesquisas e desenvolvimentos de sistemas, de soluções construtivas e de engenharia. Após o início das obras (parte direita do gráfico, com o fundo rosa), numa situação ideal, a maioria das especificações e decisões sobre os métodos construtivos a serem utilizados já terá sido tomada e estaria congelada. Portanto, o foco dos esforços deverá migrar para a gestão de suprimentos de materiais e dos demais recursos logísticos (CBIC, 2016).

De acordo com Andrade (2012, apud. MARTINS, 2018), os recursos, associados à tecnologia BIM, podem trazer ganhos a todas as etapas de um projeto, ligando os diferentes

atores envolvidos em uma construção para trabalhar em um mesmo modelo digital, diminuindo assim a ocorrência de conflitos entre as diversas disciplinas e trazendo um ganho de produtividade, com a redução do retrabalho e do tempo de ajustes nos diversos projetos que compõem o empreendimento.

A Figura 3.2 mostra um esquema de troca de informações entre os atores e instituições responsáveis pela obra em uma construção civil; nota-se uma complexidade maior na troca de informações quando se utiliza um projeto com o modelo CAD; essa relação pode dificultar as resoluções para a obra, determinando obstáculos para o processo da construção.



Figura 3.2 - Comparação do fluxo de informações entre os 'stakeholders do projeto. FONTE: MACIEL et. al (2014, apud. MARTINS, 2018)

Conforme Santos (2014, apud. MARTINS, 2018), com o surgimento do BIM houve uma mudança de paradigma, pois a edificação deixa de ser referenciada apenas por linhas em uma representação simbólica da tridimensionalidade; o projeto passa a utilizar ferramentas de modelagem 3D orientadas a objetos, em que cada elemento construtivo do modelo possui suas informações especificadas e parametrizadas, com poder de relacioná-las a outros objetos. Um modelo da edificação em 3D possui dados que contribuem para as análises e simulações do projeto que, de outra forma, poderia ser desfavorável, tanto em tempo quanto em custo-benefício, inviabilizando o estudo de outras alternativas possíveis para o modelo. A figura 3.3 a seguir mostra a diferença de visualização nas interfaces CAD 3D e BIM.

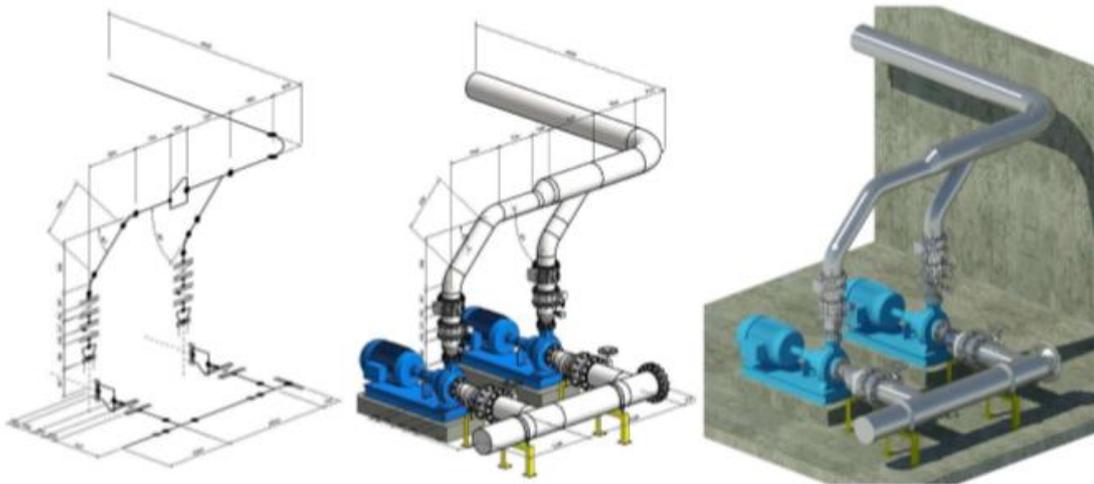


Figura 3.3 - Visualização de modelo em CAD 3D, BIM e renderização. (FONTE: Martins, 2018)

### 3.2.2 - O ATUAL MODELO DE NEGÓCIOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

De acordo com Eastman et al. (2014) o modelo atual de implementação de um empreendimento na indústria da construção civil é fragmentado, com uma comunicação deficiente, o que resulta em custos imprevistos, atrasos e eventuais litígios judiciais entre os diversos participantes, por conta de erros e omissões nos documentos físicos. Algumas soluções para atenuar esses problemas foram criadas, como o contrato para projeto e construção (design-build), o uso de tecnologia de ‘tempo real’ e a implementação de ferramentas de CAD 3D. No entanto, esses métodos não são tão eficientes na redução da gravidade e frequência de conflitos gerados por documentos impressos.

Um dos grandes problemas advindos da comunicação baseada em documentos impressos, durante a fase de projeto, é o tempo e o gasto necessários para gerar informações válidas à avaliação da proposta de projeto, com estimativa de custo, análise de uso de energia, detalhes estruturais etc. Tais análises são feitas no fim da fase de projeto, ou seja, quando já é tarde para fazer modificações significativas, o que leva a tratar as inconsistências tardiamente, comprometendo o projeto original.

Segundo dados Hendrickson (2003, apud. Eastman et al., 2014), a partir de dados compilados por Maged Abdelsayed da Tardif, Murray & Associates, empresa de construção canadense, o número de pessoas envolvidas e a quantidade de informações geradas é muito grande no modelo de implementação de uma edificação, e, atualmente, pouca coisa mudou em relação a isso.

Nos EUA, há duas formas principais de contratação: Projeto-Concorrência-Construção (*Design-Bid-Build* - DBB) e Projeto & Construção (*Design-Build* – DB).

#### Projeto-Concorrência-Construção (*Design-Bid-Build* - DBB)

O DBB traz como vantagens as licitações mais competitivas para alcançar o menor preço ao proprietário e menor pressão política ao selecionar um empreiteiro. Na primeira etapa, o cliente contrata um arquiteto, que desenvolve diversos requisitos da construção (o programa) e estabelece os objetivos de projeto do empreendimento. Ele passa pelas fases de projeto preliminar, desenvolvimento do projeto e documentação contratual, e os documentos finais devem cumprir o programa e satisfazer aos códigos de obras e de zoneamento. Empregados e consultores são contratados para dar assistência aos projetos de componentes estruturais, ar condicionado, hidráulica e esgoto; tais projetos são registrados em desenhos, que devem ser coordenados para refletir todas as modificações na medida em que elas ocorrem. O conjunto final de desenhos e especificações deve conter detalhes suficientes para facilitar as licitações da construção, porém, devido à responsabilidade por erros, o arquiteto pode incluir poucos detalhes nos desenhos ou inserir nota indicando que as dimensões são imprecisas. Isso leva a disputas com a construtora, à medida que erros e omissões são detectados e realocam-se responsabilidades e custos extras.

Na segunda etapa, cada construtora deve receber um conjunto de desenhos e especificações utilizados para o levantamento de quantidades independente, o qual é usado para determinar a estimativa de custo, juntamente com os orçamentos dos subempreiteiros. As construtoras e subempreiteiros geralmente gastam quase 1% dos custos estimados na preparação de orçamentos. A construtora vencedora é a que apresenta o menor preço responsável, incluindo o trabalho a ser feito pela construtora e pelos subempreiteiros selecionados. Em geral o empreiteiro precisa refazer alguns projetos para refletir melhor o processo construtivo e as fases do trabalho, gerando desenhos chamados de planos de arranjo geral. Os subempreiteiros e fabricantes de componentes sob medida devem produzir seus próprios desenhos detalhados, para obter melhor precisão. Os desenhos detalhados também precisam de ser precisos e completos, pois são usados para a fabricação em si.

Inconsistências, imprecisão e incertezas no projeto tornam difícil a fabricação de materiais fora do canteiro de obra, resultando em muitos processos dentro do canteiro, o que encarece, aumenta o tempo de construção e aumenta a propensão a erros que não existiriam caso o

trabalho fosse feito em fábrica, onde os custos são mais baixos e é maior o controle de qualidade.

Durante a fase de construção, são frequentes as modificações feitas nos projetos, como resultado de erros e omissões não previamente conhecidos, condições não previstas em canteiro, mudanças na disponibilidade de materiais, questões sobre projeto, novos requisitos do cliente e novas tecnologias. Tais modificações requerem um procedimento que envolve uma Solicitação de Informação (sobre a causa, responsabilidades, implicações de tempo e custos e possíveis soluções), a qual deve ser respondida pelo arquiteto. Após isso, emite-se uma Ordem de Modificação, e todas as partes implicadas são notificadas sobre a mudança. Tais modificações em geral levam a disputas judiciais, aumentando custos e tempo.

Quando a construtora propõe um orçamento abaixo do custo estimado, para ganhar o serviço, surgem problemas, pois ela abusa dos processos de modificação para recuperar perdas geradas no orçamento original.

O processo DBB implica que a compra de todos os materiais seja retida até que se aprove o orçamento, o que torna o processo mais lento quando comparado ao DB.

Por fim, o comissionamento se dá após finalização da construção, envolvendo o teste dos sistemas prediais para verificação de seu funcionamento. Para reunir todas as modificações conforme foram construídas, são produzidos contratos finais e desenhos, que são entregues ao proprietário juntamente com os manuais dos equipamentos instalados.

É necessário que o proprietário transmita todas as informações relevantes às equipes de gerenciamento de facilidades encarregada pela manutenção e operação do empreendimento, o que demanda uma grande quantidade de trabalho, visto que toda a informação fornecida é em 2D.

A abordagem DBB consome muito tempo, é propensa a erros e elevados custos, não sendo, portanto, a mais expedita e eficiente para a economia de custos de projeto e construção (Eastman et al., 2014).

#### Projeto & Construção (*Design-Build* – DB).

Seu objetivo é simplificar a administração de tarefas ao proprietário (Beard et al. 2005), consolidando a responsabilidade pelo projeto e pela construção em uma única entidade contratada.

O proprietário contrata diretamente a equipe de DB para desenvolver o programa bem definido da edificação e o projeto preliminar, e, em seguida, o empreiteiro DB estima o custo total e o tempo necessário para construir a edificação. Após implementação de todas as modificações pedidas pelo proprietário, aprovam-se as plantas e estabelece-se o custo estimado final. Ressalta-se que, uma vez que o modelo DB permite modificações no projeto nas fases iniciais, o custo e o tempo para incorporar tais modificações também são reduzidos. O empreiteiro DB estabelece contratos com projetistas especializados e subempreiteiros, e então a construção tem início. Eventuais modificações no projeto tornam-se responsabilidade do empreiteiro DB, assim como erros e omissões.

Faz-se desnecessário o detalhamento completo dos desenhos para todas as partes da edificação antes de iniciar a construção das fundações, por exemplo; e com tais simplificações, a consequência é uma edificação com término antecipado, menos complicações legais e redução do custo total. No entanto, há menor flexibilidade para modificações posteriores à aprovação do projeto inicial por parte do proprietário (Eastman et al., 2014).

### **3.2.3 - ESTUDOS COMPARATIVOS ANTERIORES**

Alder (2006, apud. SANTOS, ANTUNES e BALBINOT, 2014) comparou o tempo e a precisão de levantamentos de quantitativos utilizando as ferramentas CAD 2D e software BIM. Por meio de um estudo com diversos participantes extraindo quantitativos de um projeto por meio dos dois métodos, foi possível avaliar que a tecnologia BIM é mais rápida e mais precisa.

Andrade (2012, apud. SANTOS, ANTUNES e BALBINOT, 2014) estudou a contribuição de sistemas BIM ao processo de orçamentação de obras públicas. É feita uma análise comparativa entre os processos de CAD tradicional e utilizando a tecnologia BIM. Conclui-se que a modelagem de informações na construção permite um maior controle sobre o projeto desenvolvido, além de apresentar uma exatidão considerável, com relação ao método convencional.

Segundo um estudo realizado por Santos, Antunes & Balbinot (2014), engenheiros civis do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná – PPGCEC, UFPR, sobre a comparação entre o método tradicional e a tecnologia BIM em relação ao levantamento de quantitativos de obras, publicado na revista ibero-americana de engenharia industrial, constatou-se que o método tradicional manual de

levantamento de quantitativos permite uma propagação de erros que resulta em valores superiores quando comparado aos valores extraídos de projeto realizado em BIM. O estudo apresenta ainda uma análise qualitativa dos métodos: o levantamento feito de manual (por levantamento direto do arquivo em CAD 2D, com base em TCPO e registros em planilhas) apresenta maior facilidade de uso; no entanto, a tecnologia BIM (uso do software Revit e do *Quantity Takeoff*) apresenta melhor precisão, grau de detalhe e rapidez do levantamento.

Como o estudo foi feito há mais de 5 anos, e as ferramentas BIM vêm se desenvolvendo cada vez mais, hoje a extração de quantitativos e orçamentação estão ainda mais aperfeiçoadas, inclusive com desenvolvimento de softwares voltados para isso, podendo ser feita uma nova pesquisa em relação a estes aspectos.

Um estudo da comparação das incompatibilidades de um projeto residencial elaborado em CAD 2D com a modelagem BIM 3D foi feito por Matheus Dalmedico Flores, em seu trabalho de conclusão de curso para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Catarina, em 2017. Realizou-se a compatibilização entre projetos em 2D feita por análise a olho nu, e a compatibilização pelo uso do *software* AutodeskRevit. O autor classificou as incompatibilidades em quatro categorias: incoerência, inconsistência, desalinhamento e interferência. Como apresentado na Figura 3.4, a conclusão foi a de que 81% das compatibilizações feitas entre os diferentes projetos do empreendimento foram detectadas (quando feito o modelo 3D em BIM) e poderiam ser evitadas com emprego do software AutodeskRevit, dado que este atua na redução das incoerências, dos desalinhamentos e das interferências, e os erros de inconsistências se deram por falta de informações.

### Compatibilizações entre projetos

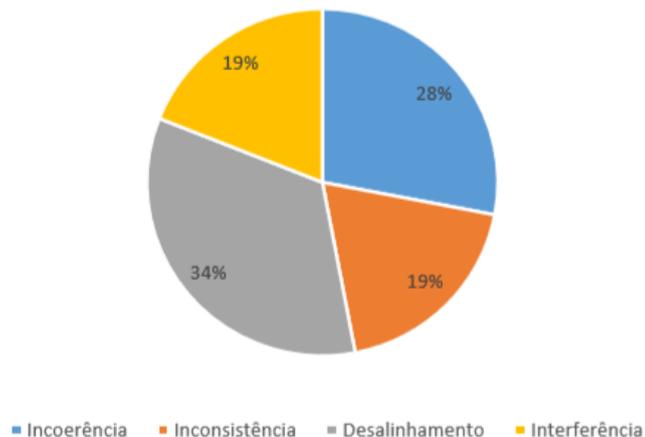


Figura 3.4 - Porcentagem referente a cada categoria de compatibilização. (FONTE: Flores, 2017)

A Figura 3.5 mostra a diferença na visualização geométrica e dos arquivos que podem ser acessados pelas duas ferramentas CAD e BIM para realizar análise de interferências.

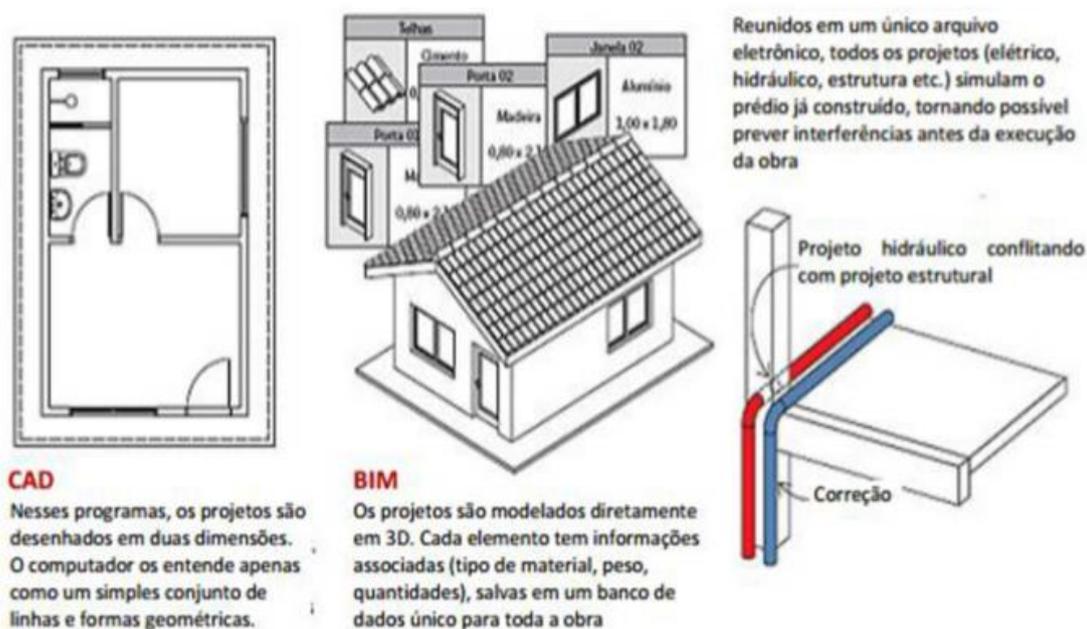


Figura 3.5 - Comparação entre ferramentas de visualização arquitetônica na detecção de incompatibilidades. (FONTE: Andrade, 2011, apud. Martins, 2018).

Neto, Taveira e Moreau (2017), do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix – CEUNIH, em Belo Horizonte, realizaram um estudo comparativo sobre projeto de edificação desenvolvido nas plataformas CAD e BIM, publicado na revista ibero-americana de gerenciamento de projetos. Constatou-se que o tempo gasto para elaboração do projeto em

BIM é aproximadamente 20% maior que sua realização em AutoCAD. Em relação ao custo, o *software* Revit apresentou-se 81% mais caro em relação ao AutoCAD. As Figura 3.6.a e 3.6.b mostram, respectivamente, os gráficos comparativos de tempo e custo empregados para elaboração de projetos com o *software* AutoCAD e com o AutodeskRevit. A conclusão foi a de que, apesar de apresentar funções e características de alto nível, a plataforma BIM necessita de um grande investimento em equipamentos e *softwares*, treinamentos dos profissionais, interligação com todas as partes envolvidas no projeto e um tempo maior de elaboração do projeto. No entanto, a longo prazo a plataforma BIM tende a trazer um retorno positivo às empresas.

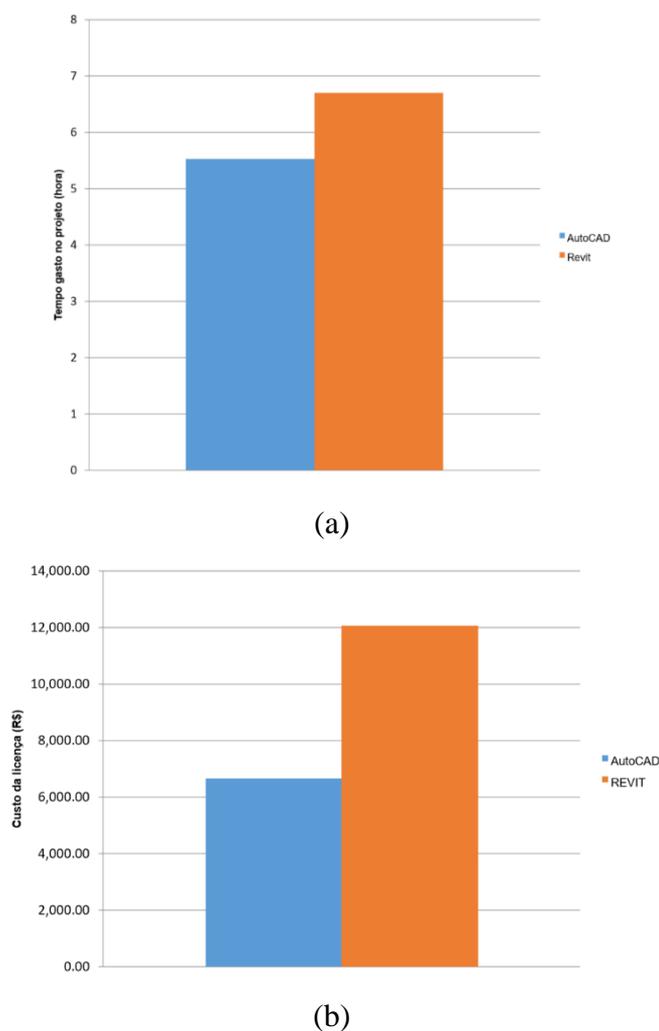


Figura 3.6 - Gráficos comparativos de tempo gasto no desenvolvimento do projeto (a) e de custo entre os 'softwares' (b). (FONTE: Neto, Taveira e Moreau 2017).

Por fim, na Universidade Federal de Uberlândia, na dissertação de mestrado de Martins (2018), foi feita uma pesquisa com usuários do ramo da indústria AEC mostrando que a maioria deles fica mais satisfeita de forma geral com a interface BIM 3D, em relação ao

CAD 2D; porém, apenas 13% afirmaram ter experiência com o sistema 3D, enquanto que 80% dos usuários têm experiência com o CAD 2D; no quesito de melhor compreensão e visualização do projeto, a modelagem em BIM tem 65% de aceitação.

### 3.3 - O QUE É BIM

Segundo a *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS, 2007, apud. Santos, Antunes e Balbinot, 2014), o BIM pode ser entendido em três níveis de abstração: como um produto, como uma ferramenta e como um processo. Como um produto, a BIM diz respeito ao modelo da edificação, uma entrega do processo de projeto criada a partir de ferramentas de tecnologia da informação. Como ferramenta, a BIM faz alusão aos *softwares* que criam, agregam e extraem informações do modelo da edificação. BIM pode ser entendido também como um processo colaborativo, de forma que podem ser obtidas as informações necessárias às atividades desenvolvidas durante todo o ciclo de vida da edificação.

De acordo com o Guia 1 – Processo de Projeto BIM, da Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC (2017), *Building Information Modeling* é um conceito que existe há mais de trinta anos, e que apesar de não ser uma ideia tão nova, pode ser considerado como um processo recente, se comparado aos conhecimentos em engenharia civil, o qual só foi viável com a evolução da tecnologia e se disseminou após o aumento da oferta de computadores com boa capacidade de processamento e preços viáveis para o mercado da construção civil. Portanto, o acesso à ferramenta por parte da indústria da construção civil é recente, e embora o termo BIM seja relativamente novo, não é uma tecnologia tão nova, visto que diversas indústrias já vêm utilizando soluções similares, em virtude de complexidades logísticas.

Na década de 80 havia *softwares* que produziam modelos 3D com informações, mas foi apenas no início do século XXI que eles se popularizaram, e, a partir de 2005, é que foram estabelecidas as condições de difusão e pôde-se considerar a referência básica do BIM como se estrutura atualmente.

“BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar, e analisar modelos de edificações”, de acordo com Eastman, C. et al., opus cit. O conceito BIM pode significar “*Building Information Modeling*”, em que se considera o processo de criação e gerenciamento das características de um empreendimento por meio de sistemas de representação digital; ou pode também se referir ao modelo, “*Building Information Model*”, desenvolvido em um processo BIM, ou seja, o produto que auxilia nas tomadas de decisões durante todo o ciclo de vida da construção.

São características de um modelo BIM:

- Os elementos da edificação são representados por objetos digitais com possibilidade de serem associados a gráficos computacionais, dados, atributos e regras paramétricas, incluindo dados descritivos necessários para análises e processos de projeto.
- Os elementos possuem dados consistentes e coordenados, viabilizando a representação de possíveis alterações em todas as vistas do componente.

A tecnologia BIM não se limita a *softwares* e computadores, fundamentando-se principalmente em três dimensões: tecnologia, pessoas e processos (ABDI, 2017).

Em relação à tecnologia, refere-se à infraestrutura necessária para sua implantação: operação, programas, equipamentos, conexão com internet, segurança e armazenamento de arquivos e treinamento adequado dos usuários.

Quando se trata de pessoas é necessário que haja profissionais com experiência e preparo para utilização dos recursos, capacidade de trabalho em equipe (interna e externamente), flexibilidade quanto a eventuais mudanças e que procurem se manter atualizados sobre a tecnologia; esse elemento é importante, pois uma comunicação eficiente (corretamente encaminhada e com adequado nível de informação e detalhes) viabiliza melhora nas tomadas de decisões, qualificando a concepção e desenvolvimento do projeto, o que se apresenta como solução mitigadora de imprevistos na obra ou na manutenção do empreendimento.

Os processos compreendem o plano de trabalho a ser executado, contemplando o fluxo de trabalho, cronogramas, métodos de comunicação, definição de funções, sistema de concentração de dados, arquivos e informações, e especificações de uso do modelo em todos os ciclos de vida. A Figura 3.7 ilustra o uso do BIM em todos os ciclos de vida de uma edificação.



Figura 3.7 - BIM no ciclo de vida das edificações. (FONTE: GDP, apud. ABDI, 2017).

Para que seja possível atingir os objetivos, é imprescindível que sejam implementados novos processos, cujas etapas sejam otimizadas em sua entidade correspondente, incluindo projetistas, incorporadora, construtora, gerenciadora de projetos e da obra e administradora da manutenção. Trata-se de uma reestruturação estratégica da logística de trabalho, a qual deve ser documentada corretamente nos procedimentos por meio de descritivos, fluxogramas e demais documentos cabíveis.

É importante ressaltar que existem muitos termos que erroneamente são confundidos com BIM, por isso a importância de saber distinguir o que não se caracteriza como um conceito BIM. Na Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v. 1, (CBIC, 2016), apontam-se alguns conceitos que não são BIM, apresentados a seguir.

Um modelo BIM necessariamente é 3D; no entanto, nem tudo que for 3D será BIM. Soluções apenas com modelagem e visualização 3D de um empreendimento, com objetos que não estejam associados a outras informações além de sua geometria não são consideradas como soluções BIM; modelos BIM, além de serem 3D, devem conter atributos de seus componentes.

Não são modelos BIM os modelos 3D sem consistência com dados produzidos por modelo de múltiplas referências 2D, como desenhos ou documentos, ou seja, modelos que não

ofereçam possibilidade de extração e atualização automática de quantitativos, ou não realizem simulações e análises.

Não são consideradas soluções BIM as soluções 3D que não utilizem objetos paramétricos e inteligentes, nos quais as frequentes modificações no projeto sejam muito trabalhosas e não garantam criação de vistas consistentes. São soluções que demandam muito tempo, e mais vulneráveis a inconsistências, visto que dependem da atenção do usuário, pois não permitem alterações automáticas, ou seja, mudanças feitas em uma vista não são atualizadas de imediato no modelo e nas demais vistas. Objetos inteligentes são aqueles que, além de conterem informações relevantes sobre eles mesmos, envolvem ainda dados sobre sua relação com demais objetos e componentes do modelo.

Soluções BIM devem atuar como gestores de bancos de dados integrados. O BIM oferece, além do modelo 3D que permite a visualização do conjunto de dados e informações constituintes do empreendimento, outras formas de visualizar e organizar esses mesmos dados, por meio de tabelas, listas, planilhas, relatórios, documentos etc. E qualquer alteração nas informações reflete-se imediatamente nas demais formas de visualização.

### **3.4 - BENEFÍCIOS DO BIM**

Atualmente ainda há resistências à implantação da plataforma BIM, seja pelo argumento de que algumas empresas não usam a plataforma porque as outras disciplinas ainda não a usam, seja pelo fato de faltarem recursos para investimento em tecnologia e treinamento, entre outros. A verdade é que o uso do BIM como plataforma de trabalho traz diversos benefícios. De acordo com a Cartilha “10 Motivos para Evoluir para o BIM” (CBIC, 2016), é possível listar as seguintes vantagens:

- Visualização em 3D do projeto

Projetos em 3D permitem a visualização exata e melhor compreensão do que está sendo projetado, ao contrário de projetos desenvolvidos em *softwares* 2D, que apenas realizam representações em plantas, cortes, vistas e desenhos em perspectiva, exigindo do usuário imaginação para construir as imagens do empreendimento. Além da visualização, as soluções em 3D permitem detecção automática de interferências espaciais entre objetos, garantindo correto entendimento e eficácia no processo de comunicação e alinhamento entre

os envolvidos na construção, o que reduz o desgaste e a quantidade de problemas na fase de execução.

- Ensaio da obra no computador

As condições de cada obra são distintas, ainda que se trate do mesmo projeto, e o BIM pode minimizar a incidência e o impacto de mudanças relativas ao projeto e planejamento realizadas durante a obra. Com o uso do BIM é possível estudar detalhadamente as etapas e atividades para a execução da obra, ou seja, além de modelar a edificação ou instalação, pode-se modelar o seu processo construtivo, definindo-se inclusive a sequência de atividades (que pode inclusive ser demonstrada explicitamente por animações criadas por alguns *softwares*).

Esses recursos tratam de um Planejamento BIM 4D, que permite:

- Uma economia e redução de discontinuidades na execução da obra, melhorando a qualidade do seu planejamento;
- Identificação prévia de conflitos e problemas na fase de construção, os quais podem ser analisados e solucionados antecipadamente, minimizando os imprevistos inerentes à execução da obra;
- Racionalizar o uso dos recursos críticos, reduzir incertezas e riscos e execução;
- Aproximar a execução da obra ao orçamento e planejamento e tornar eficaz o cumprimento de prazos;
- Disponibilidade de informações mais claras à equipe de projeto, levando a tomadas de decisões mais adequadas.

- Extração dos quantitativos de um projeto automaticamente

A obtenção de todas as quantidades de serviços e componentes de maneira automática garante consistência, precisão e agilidade de acesso às informações de quantitativo, as quais podem ser organizadas de acordo com as fases de planejamento e execução dos serviços.

- Realização de simulações e ensaios virtuais

A simulação do comportamento e desempenho do empreendimento é uma funcionalidade recente, somente possível por conta dos modelos BIM, e tem recebido muitos investimentos por parte dos desenvolvedores de *softwares*. Alguns exemplos de simulações com o uso de

modelos BIM são: análises estruturais, análises energéticas, estudos térmicos e termodinâmicos, estudos de ventilação natural, estudos de níveis de emissão de CO<sub>2</sub>, estudos luminotécnicos, estudos de insolação e sombreamento, entre outros.

- Identificação de interferências automaticamente

Funcionalidade conhecida como '*clash detection*', possibilita localizar automaticamente interferências entre objetos componentes do modelo e ainda classificar as mesmas como leves, moderadas ou críticas (de acordo com o grau de dificuldade de sua respectiva solução). Há ainda a detecção de interferências funcionais, que impedem o funcionamento adequado do sistema.

A modelagem BIM gera relatórios de interferências localizadas, que podem ser extraídos automaticamente e compartilhados com as equipes responsáveis por cada processo. É possível, em algumas soluções BIM, programar e inserir regras de verificação, que analisam a consistência de determinadas especificações.

- Geração de documentos mais consistentes e íntegros

Objetos são paramétricos e inteligentes, o que significa que possuem informações sobre si mesmos, sobre sua relação com os demais objetos e com o ambiente em que se encontra. Como os elementos estão associados, alterações em um objeto resultam em modificação dos demais objetos relacionados. Logo, essas reações a eventuais mudanças garantem consistência e integridade das soluções projetadas, não dependendo de elementos humanos (passíveis de erros) para promover a integridade dos documentos relacionados.

- Capacitação para execução de construções complexas

Com o aumento da complexidade das construções (em sua forma, componentes e soluções tecnológicas), tornaram-se desafiadoras as técnicas de construção e os problemas de coordenação espacial, planejamento das obras e viabilização da montagem. Portanto, o BIM mostra-se uma ferramenta eficaz para ajudar nos casos de complexidade relacionada às formas, aos subsistemas construtivos e à logística.

- Viabilização e Intensificação do uso da industrialização

Os *softwares* BIM podem verificar automaticamente a coordenação geométrica de componentes, evitando muitos erros e interferências, gerados por imprevistos e imprecisões comuns com o uso de componentes pré-fabricados (que antes exigiam retrabalhos e muitos

gastos adicionais). As etapas de montagem podem ser simuladas previamente em computador, pelo uso de processos de ‘Projeto e Construção Virtual’, aumentando a confiabilidade e previsibilidade dos projetos.

- Complemento do uso de outras tecnologias

É possível o uso de nuvens de pontos geradas por escaneamentos a laser, que podem ser lidas e trabalhadas por *softwares* BIM para identificação e organização dos seus subsistemas constituintes, a fim de possibilitar que mudanças sejam projetadas. O uso do *laser scanning* torna-se mais frequente à medida que se reduzem os custos de equipamentos e serviços, e as técnicas de captura da realidade são mais comuns em diversas etapas do empreendimento. A realidade capturada pode ser comparada e combinada com modelos BIM, para fins de análise dos desvios e realização de simulações.

- Preparo das empresas para um cenário futuro

Como será apresentado no item 3.5 deste trabalho, a adoção de projetos desenvolvidos com a plataforma BIM tem se tornado uma tendência em diversas partes do mundo, e em um futuro próximo, pode-se tornar condição obrigatória para atuação na indústria da construção civil.

De maneira geral, é relevante perceber as vantagens que os usuários retiram da metodologia BIM. Na Figura 3.8 apresentam-se os benefícios do uso de BIM considerados mais importantes para as empresas de construção, de acordo com McGraw&Hill, 2014, apud. CARVALHO, 2016).



Figura 3.8 - Figura 3.8 - Figura 3.8 – Principais benefícios do uso de BIM para as empresas de construção apontados por empreiteiros. (FONTE: adaptado de McGraw&Hill, 2014, apud. Carvalho, 2016).

É importante ressaltar que os benefícios do BIM não garantem a melhoria da qualidade dos projetos, visto que esta sempre dependerá da qualificação dos profissionais responsáveis pela sua elaboração, independentemente do método que se utilize. O BIM não evita erros, mas permite que estes sejam detectados de maneira automática, e esta facilidade pode ser um fator que auxilie na correção dos erros.

### 3.5 - USO DO BIM NO MUNDO

Nas últimas décadas, as iniciativas de implementação da plataforma BIM vêm crescendo pelo mundo, algumas com abrangência de política estratégica nacional, em que todas as obras públicas devem ser desenvolvidas com uso da plataforma BIM. Alguns casos serão relatados neste trabalho para fins de análise da relevância da aplicação do BIM, dado que é uma tecnologia em expansão em diversos lugares do mundo. No mapa abaixo (Figura 3.9), são identificados os principais países onde as iniciativas BIM são mais evidentes e notáveis, de acordo com a CBIC, 2016.



Figura 3.9 - Mapa com os países cujas iniciativas BIM são mais evidentes e notáveis.

- Estados Unidos

Foi criado pela GSA (*General Services Administration*), em 2003, o programa nacional “3D-4D-BIM PROGRAM”, cujos objetivos eram: estabelecer políticas para exigir adoção do BIM nos principais projetos e linhas de negócios; dar suporte especializado e recursos para incorporação das tecnologias 3D, 4D e BIM; orientar o uso de dados do BIM no gerenciamento de ativos e instalações; avaliar a prontidão do setor e a maturidade tecnológica; desenvolver solicitação e linguagem contratual para serviços 3D-4D-BIM;

firmar parcerias com fornecedores BIM, agências federais, associações profissionais, organizações e instituições acadêmicas e de pesquisa; publicar uma série de guias BIM.

Em 2006, a GSA decretou o uso do BIM como sendo obrigatório para projetos novos de edifícios públicos custeados por ela. Em 2010, o estado de Wisconsin foi o primeiro a exigir BIM em todos os projetos públicos. De acordo com a *Smart Market Report* de 2012, o uso do BIM nos EUA foi de 40% para 71% em quatro (4) anos.

- Reino Unido

Foi criada, em 2011, a Estratégia de Construção do Governo do Reino Unido, cujo objetivo era incentivar o uso da plataforma BIM em obras públicas e privadas, além de reduzir o custo de projetos de construção em 20% e diminuir a emissão de carbono. O documento exigia o uso do BIM Nível 2 (modelagem e interoperabilidade) até 2016, e hoje sua obrigatoriedade já é uma realidade no país.

Em 2012, surge a Estratégia de Pousos Suaves do Governo (GSL), para auxiliar na transição entre a fase conceitual de projeto e construção e a fase de operação, a qual recomendava que a solução BIM combinasse: elementos de impulso (para orientação, treinamento, materiais e processos comuns para adoção de novas práticas) e elementos de estímulo (pela exigência de práticas BIM para garantia de entrega digital consistente de modelos 3D).

Foi definido, ainda, que se utilizasse o COBie (*Construction operations Building Information Exchange*) como estrutura de dados fornecedora de informações consistentes e estruturadas de bens úteis ao proprietário e aos operadores no processo de tomada de decisão.

O documento mais recente é o ‘*Constructions 2025*’, uma iniciativa conjunta do governo e indústria para: reduzir os gastos iniciais com edificações e manutenção em 33%; reduzir em 50% a emissão de gases do efeito estufa nos ambientes urbanos; reduzir em 50% o tempo médio entre projeto conceitual e a realização de novos edifícios. O documento define que de 2016 a 2025 a Inglaterra deve atingir o nível de maturidade BIM Nível 3 (colaboração integrada).

- França

Em 2014, a publicação de relatório técnico *Actions pour la relance de la construction de logement* (Ações para o renascimento da construção de habitações). objetivava otimizar o setor de habitação incentivando a inovação com construção digital e tecnologia BIM. O

projeto de desenvolvimento previa a construção de 500 mil casas com o uso do BIM até 2017, e a partir do mesmo ano, o BIM foi definido para toda a França. A estratégia francesa de digitalização do setor de construção divulgou um roteiro oficial de padronização francesa, com o objetivo de melhorar a qualidade dos dados trocados e os prazos, efetivar os processos de compartilhamento de dados, reduzir erros e conflitos e reduzir custos gerais do processo.

- Alemanha

Em 2015, um grupo de tarefas BIM, o *Digital Building Platform*, foi criado para desenvolver uma estratégia nacional de BIM. O objetivo é que até 2020 todos os projetos de transportes na Alemanha sejam feitos em BIM, obrigatoriamente. A dificuldade do país é que ele possui um sistema federal com 16 estados autônomos, com autoridades locais, o que torna complicado o mandato nacional do BIM.

- Singapura

Em 2008, a *Building Construction Authority* – BCA29 implementou o Sistema de aprovação de projetos mais rápido do mundo (com prazo de aprovação de 26 dias), em que os projetistas apenas submetiam os projetos para aprovação por meio de portal eletrônico em modelo com informações necessárias para aprovação. Em 2011, incluíram-se os projetos de instalações hidráulicas, elétricas e de ar condicionado.

- Noruega

Inicialmente, a empresa estatal Statsbygg optou pelo uso do BIM em todo o ciclo de vida de suas edificações. No ano de 2007 todos os projetos federais ou aqueles feitos com no mínimo 50% dos recursos públicos deveriam ser feitos em BIM, e três (3) anos depois seu uso se tornou obrigatório em todos os projetos públicos.

- Dinamarca

Empresas estatais já exigem que seus projetos sejam feitos em BIM, e as universidades já estão ensinando o processo.

- Finlândia

Sendo a pioneira na utilização da plataforma BIM em obras de engenharia, a Finlândia realiza projetos com esta ferramenta desde 2001. Em 2007, foi determinado que qualquer

*software* de projeto deveria passar pela Certificação da *Industry Foundation Class (IFC)*, um formato de arquivo usado em *softwares* que permite o compartilhamento de modelos entre equipes de trabalho e a colaboração enquanto trabalham de forma independente.

A empresa estatal gestora de edificações, *Senate Properties*, é líder em projetos realizados com a plataforma BIM no país. E em 2012 foi lançado o manual “National Common BIM Requirements”, o COBIM.

O país é reconhecido como líder mundial em avanços na área de implementação de tecnologias BIM no setor da construção.

- Holanda

Projetos públicos são obrigatórios em BIM desde 2012. O *Dutch Ministry of the Interior (RGD)* obriga o uso do BIM para manutenção de projetos grandes, e utiliza como guia o documento RVB BIM Norm Version 1.1, de 2013.

- Coreia do Sul

As estatísticas apontam que seis em cada dez projetos na indústria usam a tecnologia BIM em algum nível dos seus trabalhos, e apenas 13% dos sul-coreanos utilizam BIM em mais do que 60% dos seus trabalhos, medida de classificação usada pelo estudo para a classificação do nível de implementação avançado. Os arquitetos são os que mais utilizam a tecnologia (74%), seguidos dos empreiteiros, com 65%, e apenas 38% dos engenheiros já adotaram BIM para os seus projetos.

A partir de 2016 os projetos superiores a 50 milhões de dólares deveriam ser feitos em BIM para todas as edificações do *Public Procurement Service*, órgão governamental.

- China

Em 2012, quando apenas 15% das empresas havia implementado o BIM, foi criada a China BIM Union, cujo objetivo era a criação de normas BIM para promover a implementação de BIM e investigações para a indústria nacional, as quais deveriam estar disponíveis em 2016. A partir de 2017, o uso de BIM seria obrigatório em grandes projetos governamentais, promovendo a difusão do BIM na indústria local.

- Índia

Uma das indústrias de construção que mais cresce no mundo, com grandes projetos em Mumbai. Aproximadamente 68% do uso do BIM são de projetos residenciais, de acordo com estudo da RICS.

- Comunidade Europeia

Em 2016, quatorze (14) países da Comunidade Europeia reuniram-se oficialmente e formaram o Grupo de Trabalho "EU BIM Task Group", visando fomentar a utilização de BIM na administração pública na Europa. O esforço conjunto contou com financiamento da Comissão Europeia para os anos de 2016 e 2017.

- Chile

Em 2016, o Chile estabeleceu, por meio de um acordo Público-Privado, o PlanBIM, envolvendo ministérios, entre eles o da Economia e de Habitações, e entidades como a Câmara Chilena de Construção e o Instituto de Construção do Chile. Prevendo o uso do poder indutor do estado para incentivar a disseminação do BIM na sociedade, a partir de 2020, os projetos para obras públicas deverão ser desenvolvidos por essa metodologia.

Um dos grandes desafios a serem superados é a ignorância a respeito do BIM na cadeia produtiva da construção local: apenas 41% das universidades têm formação em BIM; metade desse percentual é composta por faculdades de arquitetura. E, dos 871 mil profissionais da indústria da construção chilena, apenas 40% possuem informação sobre a metodologia.

- Visão Global

Segundo Carvalho (2016), apesar da atração que a tecnologia BIM provoca nos mercados, ela por si só não é suficiente para convencer as organizações a investirem no BIM, pois é importante analisar o retorno do investimento (ROI) que as empresas conseguem com a implementação do BIM. O ROI aumenta proporcionalmente com o nível de experiência e habilidade com a tecnologia BIM e com o compromisso de usar a metodologia na maior parte dos trabalhos.

De acordo com o *Smart Report*, estudo realizado em 2014 pela *McGraw&Hill Construction*, feito em uma amostra de dez (10) países (Alemanha, França, Estados Unidos, Canadá, Brasil, Coreia do Sul, Japão, Austrália, Nova Zelândia e Inglaterra), três quartos dos empreiteiros obtiveram um retorno positivo do investimento em BIM, sendo estimado entre 10% e 25% (CARVALHO, 2016). Dos dez países pesquisados, os que reportaram o maior

retorno do investimento foram: Japão, Alemanha e França; no Brasil, 85% dessas empresas declararam ROIs. Os resultados do ROI para cada país são apresentados na Figura 3.10. Dois terços dos incorporadores e construtores dessa amostragem de quase 180 construtores ou incorporadores vêm investindo agressivamente em seus processos de colaboração interna, treinamento em BIM e *softwares* BIM.

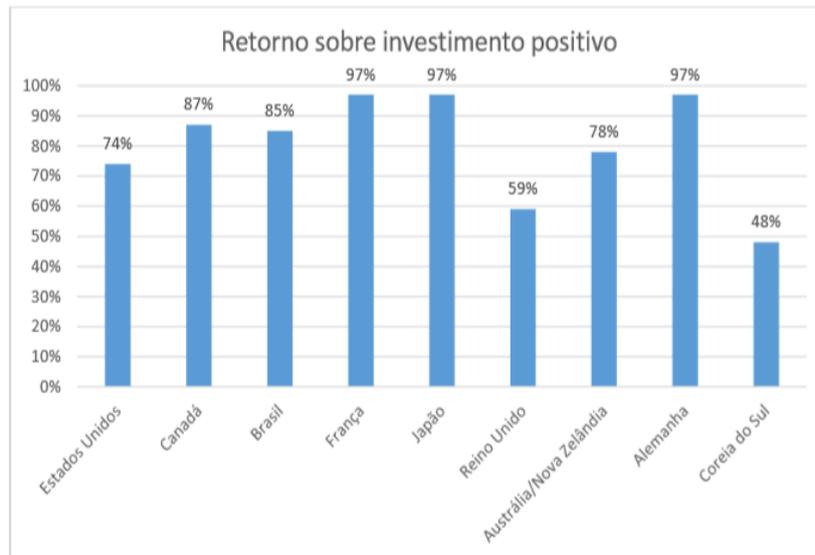


Figura 3.10 – Retorno sobre investimento positivo. (FONTE: Flores, 2017 - adaptado de McGraw&Hill, 2014)

O estudo levantou ainda o tempo de utilização (Figura 3.11), o nível e utilização (Figura 3.12) e a implementação em nível alto/muito alto (Figura 3.13) do BIM, nos diferentes países.

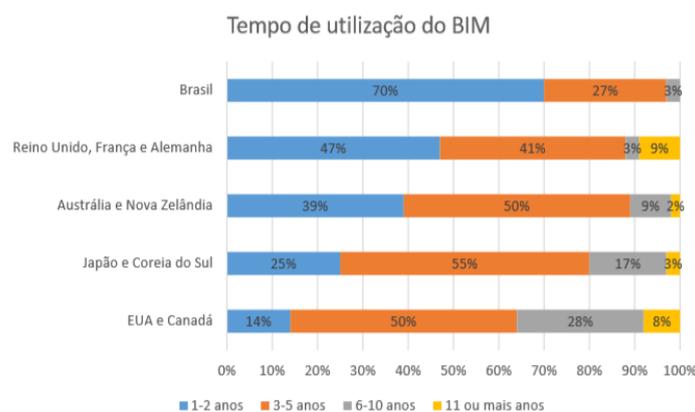


Figura 3.11 – Tempo de utilização do BIM (em anos). (FONTE: Flores, 2017 - adaptado de McGraw&Hill, 2014)

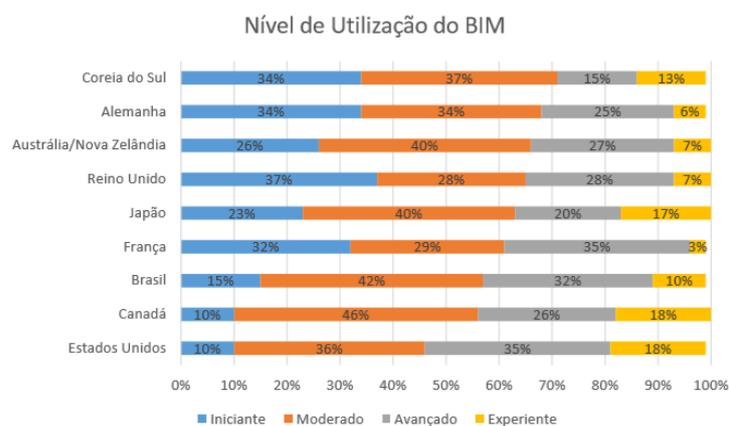


Figura 3.12 – Nível de utilização do BIM. (FONTE: Flores, 2017 - adaptado de McGraw&Hill, 2014)

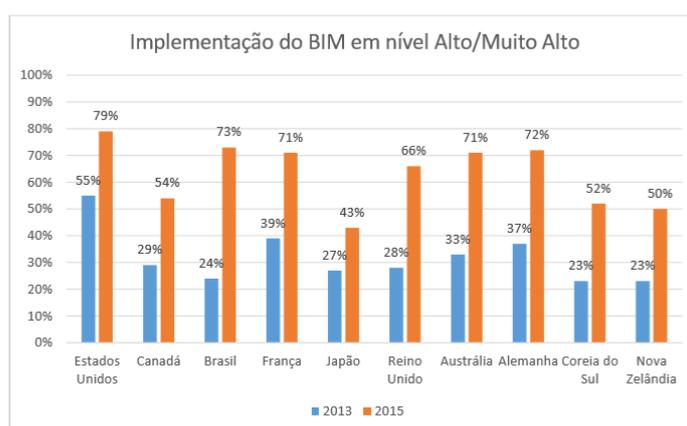


Figura 3.13 – Implementação do BIM em nível Alto/Muito Alto. (FONTE: Flores, 2017 - adaptado de McGraw&Hill, 2014)

### 3.6 - USO DO BIM NO BRASIL

A adoção da modelagem BIM no Brasil ainda se encontra em estágios iniciais, tanto no mercado da construção civil quanto nos cursos de formação profissional em nível tecnológico, de graduação ou pós-graduação (RUSCHELL; ANDRADE; MORAIS, 2013; ITO; SCHEER, 2017; apud. CHECCUCCI, 2019).

De acordo com Checcucci (2019), Brocardo e Scheer (2017) afirmam que algumas empresas começaram a adotar BIM no início dos anos 2000, mas que poucas conseguiram utilizar a modelagem no processo completo de projeto. No ano de 2013, o estágio de implementação do BIM era inicial, em que haviam experiências de utilização nos processos de projeto e construção de empreendimentos, mas não nos processos de operação, manutenção e requalificação ou demolição (Checcucci, 2019). Poucos anos depois, Mota e Ruschel (2016; 2017, apud. Checcucci, 2019) afirmaram que dentro do ciclo de vida da edificação, BIM era

adotado nas fases de projeto e construção, mas na fase de operação da edificação ainda estava no início.

A pesquisa sobre BIM no Brasil está mais avançada do que sua implantação nas empresas ligadas à Construção Civil (Machado, Ruschel e Scheer, 2017, apud. Checcucci, 2019), e, especificamente, em relação ao ensino, Ruschel, Andrade e Morais (2013, apud. Checcucci, 2019) identificaram que algumas universidades já tinham experiências de adoção de BIM. No entanto, estes autores avaliaram que a implantação estava sendo feita de forma gradual e pouco eficiente.

Em setembro de 2018, foi realizado o I Encontro Nacional sobre Ensino de BIM, em Campinas, onde foram discutidas experiências de ensino e aprendizagem vivenciadas em diferentes partes do Brasil, na presença de professores, pesquisadores, instrutores e consultores (ENEBIM, 2018; CBIC, 2018, apud. Checcucci, 2019). Percebeu-se que muitas propostas de qualidade estão sendo realizadas para formação tanto em nível técnico, quanto de graduação e/ou pós-graduação. Neste evento científico, pode-se constatar que a maioria das experiências apresentadas:

- acontecem a partir de um esforço pessoal dos docentes envolvidos com o componente curricular, que se articulam com colegas para viabilizar as disciplinas;
- acontecem de forma pontual nos currículos dos cursos;
- continuam abrangendo as fases iniciais do ciclo de vida da edificação.

Também ficou clara a demanda por docentes capacitados em BIM para dar conta do desafio de formação existente no Brasil. No entanto, já existem muitas pesquisas de pós-graduação que encaminham questões ou propõem alternativas para auxiliar na adoção do BIM, tanto no ensino, quanto no mercado de trabalho (CHECCUCCI, 2019).

Com base em uma pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, (BREDE, LIMA, e RIBEIRO, 2016), sobre como está o mercado de trabalho das indústrias de AEC, realizada com profissionais da indústria AEC, foi concluído que:

- 72,5% dos profissionais já tinham ouvido falar em BIM;
- Grande parte dos entrevistados crê que há pequena adesão ao BIM no Brasil (Figura 3.14);
- A maioria dos profissionais destacaram a necessidade de treinamento para desenvolver o conhecimento e dominar o conceito (Figura 3.15);

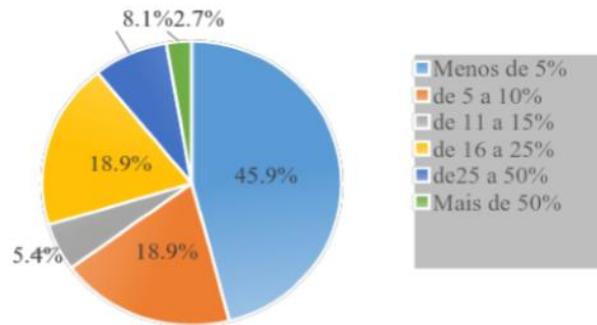


Figura 3.14 – Gráfico com respostas para a pergunta: “Em sua estimativa, qual a porcentagem de firmas/organizações que usam o BIM em qualquer de seus projetos atualmente?”. (FONTE: Breder, Lima e Ribeiro, 2016).

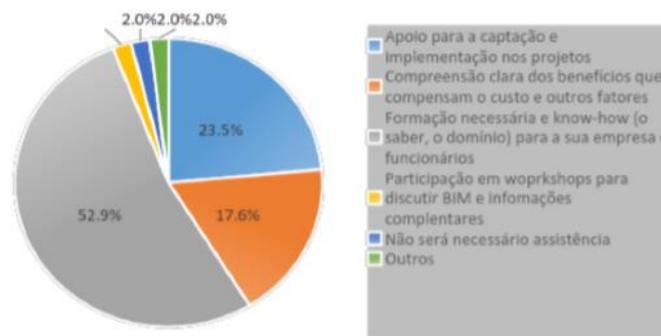


Figura 3.15 – Gráfico com respostas para a pergunta: “Que tipo de assistência você gostaria de receber se sua firma fosse adotar o BIM nos próximos seis meses ou um ano?”. (FONTE: Breder, Lima e Ribeiro, 2016).

Ainda na UFMG, (BARRETO, et al., 2016), foi feita outra pesquisa sobre o uso do BIM no cenário de arquitetura e construção civil brasileiro, por meio de entrevista destinadas a empresas de arquitetura e construção civil, resultando nas seguintes conclusões:

- 39% dos entrevistados já utilizaram a modelagem BIM, sendo a maioria deles profissionais de arquitetura.
- Grande parte das empresas afirma que a modelagem continua sendo usada após as fases de testes;
- A principal justificativa das empresas para o uso do BIM é o maior número de detalhes de informações geradas, em seguida, o tempo de trabalho e a facilidade para criar e alterar os projetos são as principais causas (Figura 3.16);
- Poucos afirmam que projetos feitos com BIM são mais bem aceitos pelo mercado, demonstrando que o conceito ainda não está bem implantado na indústria da AEC. Os

diversos benefícios proporcionados pela plataforma, se bem compreendidos e aproveitados, deveriam ser motivos suficientes para que o BIM fosse desejado e até mesmo exigido pelos profissionais e clientes. O resultado da pesquisa comprova, portanto, que o mercado ainda não compreende as vantagens oferecidas pela nova modelagem, o que a torna menos atrativa do que realmente deveria ser para as empresas;

- Na maioria dos casos, houve mudança em algum grau quanto à satisfação dos clientes após a utilização do BIM nos projetos (Figura 3.17);

- Quase todas as empresas avaliaram o custo dos *softwares* como a maior despesa relacionada à implantação do BIM, sendo citados ainda os custos com treinamento para funcionários e com atualização e manutenção de equipamentos adequados;

- Para muitas empresas a implantação do BIM trouxe lucro, porém algumas apresentaram prejuízos (Figura 3.18);

- Para empresas que optaram por não utilizar o BIM, a principal causa foi a falta de capacitação dos profissionais (Figura 3.19).

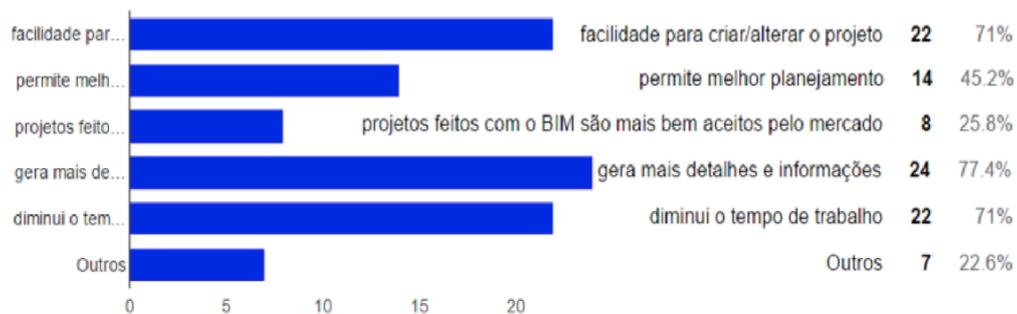


Figura 3.16 - Gráfico com respostas para a pergunta: “Por qual motivo a sua empresa optou por utilizar o BIM?”. (FONTE: Barreto, et al., 2016).



Figura 3.17 - Gráfico com respostas para a pergunta: “A partir da utilização do BIM nos projetos da empresa, notou-se alguma mudança quanto à satisfação do cliente?”. (FONTE: Barreto, et al., 2016).



Figura 3.18 - Gráfico com respostas para a pergunta: “A implantação do BIM foi viável financeiramente para a empresa?”. (FONTE: Barreto, et al., 2016).



Figura 3.19 - Gráfico com respostas para a pergunta: “Por que sua empresa optou por não utilizar o BIM?”. (FONTE: Barreto, et al., 2016).

Segundo Masotti (2014), apenas a PETROBRAS e a Secretaria de Planejamento de Santa Catarina demandavam BIM em suas licitações dentre as instituições públicas brasileiras, no ano de 2014. O Departamento de Obras Militares desenvolveu avanços tecnológicos focados em biblioteca de componentes, treinamento, processos e normatização.

A sondagem de inovação da FGV e ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2019) mostra que apenas 9,2% das empresas brasileiras adotaram o BIM (pesquisa feita com 700 empresas de construção), e a meta da ABDI é a que em 2028 este índice suba para 80%.

Segundo a coordenadora de Difusão Tecnológica da ABDI, Talita Daher, o BIM promove uma redução de custos totais com construção civil de até 10%. Para a subsecretária da Indústria da Secretaria de Produtividade, Emprego e Competitividade (SEPEC), do Ministério da Economia, o PIB da construção civil deve elevar-se em 28,9% quando implementada a metodologia BIM.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2018), em 2017 o Governo Federal criou o Comitê Estratégico de Implementação de BIM – CE-BIM, de caráter temporário e com a finalidade de propor a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM”, num claro movimento que indica estar motivado a adotá-lo, no âmbito federal. Tal

decreto determinou o envolvimento de sete Ministérios: Casa Civil, Ministério da Defesa, Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Ministério das Cidades, Secretaria Geral da Presidência da República e Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, este último, a quem caberia a presidência e liderança. Outros vários órgãos também participaram dos debates e dos trabalhos de desenvolvimento da estratégia Nacional para a adoção do BIM, sendo alguns deles: Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), Sebrae, ABDI, Infraero, Ministério dos Transportes (DNIT e SAC), Ministério da Saúde, Ministério do Planejamento e Banco Central.

Em março de 2018 foi criada pelo Governo Federal a Estratégia BIM BR, com o Decreto nº 9.377, o qual já foi atualizado pelo Decreto nº 9.983 em agosto de 2019, objetivando a promoção de um ambiente adequado ao investimento em Modelagem da Informação da Construção e sua difusão no Brasil.

A estratégia estipulou três datas principais para os níveis gradativos de exigibilidade do BIM no âmbito do Governo Federal: 2021, 2024 e 2028:

A partir de 2021 será exigido que a metodologia BIM seja aplicada em projetos de arquitetura e engenharia para obras públicas.

A segunda fase será em 2024, quando será exigido o BIM nos projetos e na execução de obras públicas.

E em 2028, o BIM será obrigatório em projetos, na execução das obras e pós-obra (gerenciamento e manutenção).

O documento da Estratégia BIM BR (MDIC, 2018) lista os seguintes resultados esperados a partir da disseminação do *Building Information Modeling* pelo Brasil:

- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil.
- Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas.
- Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação.
- Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil.

- Reduzir prazos para conclusão de obras.
- Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios.
- Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra.
- Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva.
- Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

O documento da Estratégia BIM BR ainda lista os seguintes indicadores e metas:

- Aumentar a produtividade das empresas em 10% (produção por trabalhador).
- Reduzir custos de produção das empresas em 9,7%.
- Aumentar em 10 vezes a adoção do BIM (hoje 5% do PIB da Construção Civil adota o BIM, a meta é de 50%).
- Elevar em 28,9% o PIB da Construção Civil até 2028 com a adoção do BIM (espera-se crescimento de 2,6% do PIB ano entre 2018 e 2028, atingindo um patamar de produção inédito).

Como parte da Estratégia BIM BR, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, em parceria com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) lançaram, em novembro de 2018 (durante o 2º Encontro BIM de Governos Latino-americanos), a Plataforma BIM BR, um portal com conteúdo dinâmico que abriga a Biblioteca Nacional BIM (BNBIM), com objetivo de ser um acervo das bibliotecas de objetos BIM no Brasil.

No mesmo mês, o Sinaeco (Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva) promoveu em São Paulo o Seminário Internacional BIM: uma Agenda para o Brasil. Segundo exposições de Talita Saito, do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e coordenadora do Comitê Gestor da Estratégia BIM-BR, uma obra feita integralmente em BIM custa cerca de 30% menos quando comparada a uma obra feita pelo método convencional.

Além disso, na palestra do professor-doutor Calvin Kam, da Universidade de Stanford, da Califórnia, EUA, que contribuiu diretamente para a implantação do programa de BIM do *General Services Administration* (GSA) dos Estados Unidos, citou-se a construção do edifício público federal Edith Green-Wendell Wyatt (2012), em que o uso do BIM reduziu

em 213 dias (de 359 para 146) o prazo para o desenvolvimento do projeto, de 12.800 para 6.300 e-mails, e de US\$ 524 mil para US\$ 197 mil, o equivalente a 2,6% do custo da construção, ante os 6,9% de custo pelo método convencional. Kam mostrou ainda que, em 2012, 70% da indústria da construção norte-americana utilizavam o BIM como instrumento de projeto, construção e operação de obras diversas.

Segundo a ABDI (2019), em maio de deste ano, ocorreu em Montevideu o 3º Encontro BIM de Governos Latino-Americanos, em que se discutiram temas como a padronização, capital humano, tecnologias e comunicação, com o objetivo de chegar a um plano de trabalho comum que resulte em ações concretas focadas na sensibilização, promoção e capacitação dos países da região em BIM.

Este grupo forma uma Rede BIM de governos latino-americanos cujos participantes são Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, México, Peru e Uruguai. O foco são discussões relacionadas à implementação do BIM em nível governamental.

Já existem normas que regulamentam o uso do BIM no Brasil:

- ABNT NBR ISSO 12.006-2: define uma estrutura e um conjunto de títulos recomendados de tabelas apoiados em definições, mas não o conteúdo detalhado destas tabelas. Ela se destina ao uso por organizações que desenvolvem e publicam sistemas de classificação e tabelas em âmbito nacional ou regional. Ela oficializa o termo ‘Modelagem da Informação da Construção’. É importante porque atribui um significado padronizado aos conteúdos dos objetos dentro de modelos BIM (campos e valores), agrega valor às informações do modelo, facilita a colaboração.
- ABNT NBR 15.9650-1:2011: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura.
- ABNT NBR 15.9650-2:2012: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 2: Características dos objetos da construção.
- ABNT NBR 15.9650-3:2014: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 3: Processos da construção.
- ABNT NBR 15.9650-7:2015: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 7: Informação da construção.

### 3.7 - SOFTWARES BIM

Segundo Eastman et al. (2014, apud. BRITO, 2017), existem muitos *softwares* que fornecem produtos com a funcionalidade BIM. Cada um deles é dotado de uma caracterização própria e capacidades distintas, dependendo do foco e em relação aos sistemas orientados ao projeto. Sendo assim, a escolha de um *software* adequado a sua finalidade pode afetar a produção, a interoperabilidade e as capacidades funcionais da organização de um projeto.

- Estudo de viabilidade: - Profiler
- Arquitetura: - ArchiCAD - AutodeskRevit - Gehry Digital Project - Vectorworks Architect (Nemetschek) - Bentley Architecture - DDS-CAD House Partner - AECOSim
- Estrutura: - TQS - Tekla Structures – CYPECAD - Bentley Structural - Allplan (Nemetschek) - StruCAD – Eberik -ScaleCAD - ProSteel 3D - Autodesk Revit Structure
- Sistemas - Building Services Mecanic, HVAC: - Carrier E20-II HVAC System Design - MagiCAD - Bentley Building Mechanical System - DDS HVAC - Vectorworks Architect - ADT Building Systems - Autodesk Revit MEP
- Elétrica: - Bentley Building Electrical System - DDS-CAD Electrical - Autodesk Revit MEP - Vectorworks Architect – QiElétrico
- Tubulação (piping): - Vectorworks - ProCAD 3D Smart - Quickpen Pipedesigner 3D - Autodesk Revit MEP
- Planejamento (Site Planning): - Autodesk Civil 3D - Bentley Power Civil - Eagle Point's Landscape & Irrigation Design
- Construção: - ArchiCAD Constructor and Estimator - DDS-CAD Building
- Materiais e Componentes: - ERP systems
- Gerenciamento: – Facility Management - Bentley Facilities - ArchiFM - FMDesktop - Ramby

Alguns programas BIM disponíveis no mercado são apresentados na Figura 3.20, que apresenta dados dos *softwares* obtidos a partir de informações disponibilizadas *online* pelos fabricantes, assim como por análises segundo Eastman et al. (2011).

EMPRESA	PRODUTO	COMENTÁRIOS
<i>Autodesk</i>	<i>Revit</i>	O Revit Architecture é o mais conhecido e atual líder de Mercado para o uso do BIM em projetos de arquitetura. Ele foi introduzido pela Autodesk em 2002, depois da aquisição do programa de uma <i>startup</i> . O Revit é uma família de produtos integrados que inclui entre outros <i>softwares</i> o Revit Architecture, Revit Structure e Revit MEP.
<i>Bentley</i>	<i>Bentley Systems</i>	A Bentley Systems oferece uma ampla gama de produtos relacionados para arquitetura, engenharia e construção. Alguns dos seus produtos BIM são:  AECOSim Building Designer, Bentley Map, Bentley Navigator, Bentley Pointools, Bentley Raceway and Cable Management, MicroStation, ProjectWise, RAM Concrete, e RAM Steel.
<i>Graphisoft</i>	<i>ArchiCAD</i>	O ArchiCAD é a mais antiga ferramenta BIM disponível no mercado. A Graphisoft começou a comercializar o ArchiCAD no início dos anos 80. Foi desenhado por arquitetos e para arquitetos, e ao longo dos anos tornou-se gradualmente mais refinado, proporcionando aos seus usuários melhor foco no projeto, gerenciamento, avaliação de alternativas de projeto, colaboração e coordenação.
<i>Gehry Technologies</i>	<i>Digital Project</i>	Desenvolvido pela Gehry Technologies, o Digital Project é um produto BIM de alta performance. Ele permite construir modelos BIM independente da complexidade geométrica, e é largamente utilizada por indústrias aeroespaciais e automobilísticas.
<i>Tekla</i>	<i>Tekla Structures</i>	A Tekla possui múltiplas divisões: edificações, construções, infraestrutura e energia. Os modelos criados com o software Tekla carregam informações precisas, confiáveis e detalhadas que são necessárias para implementação do BIM e na execução da construção.
<i>Beck Technology</i>	<i>DESTINI Profiler</i>	O DESTINI Profiler suporta definições rápidas do projeto conceitual de certos tipos de edifícios. Quando um modelo 3D é criado, o software dá um <i>feedback</i> instantâneo sobre os dados, tais como custo, energia, ciclo de vida e cronograma.

Figura 3.20 – Softwares BIM

### 3.8 - DESAFIOS PARA IMPLANTAÇÃO

Assim como qualquer mudança na maneira de trabalhar, o BIM gerou dificuldades iniciais aos profissionais, uma vez que a alteração da rotina necessária para adaptar ao processo de modelagem via BIM, a princípio, gera desconforto. A maioria das empresas já tem proficiência em AutoCAD, usando todas as ferramentas da forma mais eficiente possível. A transição de um *software* para outro exige muita dedicação com a reeducação dessa mão de obra. Muitos não estão dispostos a deixar de lado algo que eles já produzem com uma qualidade satisfatória para se qualificarem e aderirem à modelagem no BIM, (BARRETO, et al., 2016).

De acordo com MASOTTI (2014), empresas desenvolvedoras de *softwares* como Autodesk, Tekla, Bentley e outras promovem no mundo todo a adoção do BIM por meio de seminários,

cursos, distribuição de versões de avaliação dos *softwares* gratuitamente, parcerias com Universidades, no setor público e privado.

Grande parte das empresas ainda hesita em apostar em inovação e mudanças de processo, especialmente pela necessidade de investimento em *softwares*, estrutura e capacitação da equipe, além da mudança de cultura da empresa. Porém, investimentos em *softwares* e estrutura são um processo natural basicamente em qualquer setor, onde as tecnologias naturalmente avançam e os processos se tornam ultrapassados em poucos anos. É uma decisão interna da empresa a fim de não se defasar em relação ao avanço do mercado.

A capacitação é, além de interesse da empresa, necessidade do empregado. Apesar do BIM ainda não ser uma constante no ensino de nível superior no Brasil, diversas empresas oferecem cursos de capacitação no processo, além de existirem diversas bibliografias e vídeo-aulas a respeito disponíveis, a maioria em inglês.

A mudança de cultura talvez seja o maior desafio na implementação plena. Exige completo entendimento e cooperação de toda equipe e uma coordenação transparente e objetiva a fim de manter o foco e alcançar os objetivos traçados. É imprescindível também o comprometimento do proprietário ao prover suporte à equipe durante a fase de adaptação, onde a empresa passará invariavelmente por períodos de baixa produtividade.

Como conclusão, Masotti (2014) destaca três focos de trabalho como determinantes para o estabelecimento de um mercado “BIM Ready”, ou seja, pronto para demandar e oferecer a execução de projetos utilizando as ferramentas e a metodologia BIM:

- Setor público

Determinar um programa continuado de implementação, como política de Estado, estabelecendo padrões, normas, guias, regulação do trabalho e meios de troca de informação, com metas e prazos claros e realistas.

- Educação

Estabelecer o BIM como uma disciplina da graduação que introduza uma metodologia de integração entre todos os processos e as disciplinas de uma construção, seja de uma edificação, uma obra civil ou qualquer estrutura. Oferecer pós-graduação com foco na otimização de processos e no domínio dos *softwares* para formar gestores capacitados a implementar e gerenciar este processo em todos os ramos da indústria da construção.

## - Investimento Privado

Incentivar o investimento em processos, envolvendo não só a capacitação da equipe, mas estrutura tecnológica e mudança de cultura entre os parceiros (fornecedores, prestadores de serviço etc.), desencadeando uma reação em cadeia na indústria.

De acordo com uma consulta com colaboradores da Comissão Especial de Estudos CEE-134 da ABNT (na qual está sendo desenvolvida a 1ª Norma BIM brasileira), foram levantadas hipóteses de por que a adoção BIM não acontece mais rapidamente. A CBIC compilou e organizou as opiniões, relacionando-as de forma geral aos seguintes motivos:

- Inércia e a resistência às mudanças por parte das organizações e pessoas envolvidas;

Como o BIM ainda é pouco conhecido, existe uma resistência natural do ser humano àquilo que é desconhecido. Para que uma mudança aconteça de fato numa empresa ou organização, são necessários cinco componentes críticos: visão, capacitação, incentivos, recursos e o desenvolvimento de um plano de ação. A falta de um desses componentes conduz à confusão, à ansiedade, à resistência, à frustração ou a falsos inícios.

- Dificuldade de entendimento e compreensão do que é BIM e dos seus reais benefícios;

Não é muito fácil, tampouco simples, compreender o que é BIM e qual o seu significado, nem os potenciais benefícios que a adoção do BIM pode proporcionar. Os envolvidos num empreendimento, num primeiro momento, não conseguem enxergar que eles já pagam uma conta muito alta devido a erros, retrabalhos, atrasos, demandas e processos. Proprietários e investidores brasileiros ainda não se deram conta de que eles seriam os principais beneficiários da adoção BIM. Além disso, os bancos e demais agentes financiadores e seguradoras ainda não perceberam que a maior precisão garantida pelos processos BIM possibilita a prática de taxas mais baixas, em consequência da redução dos riscos dos empreendimentos.

- Questões culturais e particularidades do ambiente e do mercado brasileiro;

No Brasil, são consideradas barreiras culturais e particularidades do mercado brasileiro:

- Não se costuma valorizar o planejamento nos empreendimentos construtivos;
- Não há um número de profissionais suficientemente capacitados em BIM no mercado;
- Ainda se acredita e se aposta em soluções ‘rápidas e baratas’;

- O atual modelo de contratação de projetistas utilizado no Brasil que não permite que o BIM seja aplicado ainda na fase do desenvolvimento dos projetos.
- Nem todos os que atuam na indústria da construção civil no Brasil se interessam verdadeiramente por processos mais eficazes e transparentes, pois muitos se valem da indefinição de projetos para tirar proveito dela;
- As margens de lucro dos empreendimentos da construção civil no Brasil ainda são relativamente altas, e os erros e desperdícios, mesmo grandes, já estão incorporados aos orçamentos e, historicamente, acabaram aceitos pela indústria;
- O investimento para viabilizar a implementação BIM é desproporcional aos atuais valores de remuneração dos projetistas;
- Em geral, não há interesse pelo trabalho;
- Não está incorporada, na cultura da indústria da construção civil, a utilização da Tecnologia da Informação (TI);
- Alguns consideram BIM como um ‘modismo’ passageiro;
- Os modelos educacionais da maioria das universidades brasileiras dificultam mudanças nas grades curriculares, exigem processos longos, e muitos professores não são estimulados às inovações;
- Há o risco de perder profissionais após o investimento e o esforço do treinamento e da capacitação.
- A utilização do BIM acaba expondo mais explicitamente os eventuais erros cometidos pelos arquitetos e projetistas.
- O momento de crise, estagnação e incertezas na economia brasileira têm inibido iniciativas de inovação nas empresas.
- Especificidades e os aspectos intrínsecos da tecnologia BIM.
- A adoção BIM requer esforço, aprendizado e investimento.
- Não é simples nem fácil calcular e comprovar o retorno sobre o investimento (ROI) no BIM.

- É difícil mensurar alguns dos principais benefícios oferecidos pelo BIM, que é justamente o aumento da precisão dos projetos e do planejamento. O custo de um erro é mais fácil de ser percebido e avaliado que o valor dos 'acertos', porque 'acertos' não costumam chamar a atenção das pessoas.

## **4 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

De acordo com a ABNT 16.636/2017, projeto de edificação é a determinação e a representação dos ambientes e seus compartimentos, seus elementos, componentes e materiais da edificação, com a sua organização, agenciamento, definição estética e ordenamento do espaço construído para uso humano ou representativo, de cunho cultural ou monumental.

De acordo com Tzortzopoulos (1999, apud. Carvalho, 2003), há 7 etapas necessárias para o cumprimento do projeto, sendo elas: (i) planejamento e concepção do empreendimento; (ii) estudo preliminar; (iii) anteprojeto; (iv) projeto legal de arquitetura; (v) projeto executivo; (vi) acompanhamento de obra; (vii) acompanhamento de uso.

O fluxo do projeto se inicia com o planejamento estratégico do empreendedor, integrando o desenvolvimento do projeto às metas e estratégias do produto no mercado, e finaliza com a retroalimentação de informações para projetos futuros. Para cada etapa do fluxograma que termina, existe uma atividade de aprovação, liberando o desenvolvimento dos trabalhos para as próximas etapas (CARVALHO, 2003).

No presente trabalho será estudado o fluxograma de anteprojeto (ou de projeto básico), sendo comparados os fluxogramas de projeto básico feito por método tradicional em CAD 2D e feito pela metodologia BIM.

### **4.1 - FLUXOGRAMA DE PROJETO TRADICIONAL (CAD 2D)**

Segundo Netto, Carrion e Moreno (2004), a etapa de Projeto Básico destina-se à representação das informações técnicas e legais do empreendimento, caracterizando as dimensões da edificação e de suas instalações e obras de infraestrutura necessárias. Esta etapa abrange o detalhamento do escopo do estudo preliminar e contém elementos de projeto necessários para executar um orçamento estimativo visando a aprovação do projeto de arquitetura e a contratação das obras. A seguir apresenta-se a sequência de atividades principais:

- Projeto básico de arquitetura;
- Projeto básico de estruturas e fundações;
- Projeto básico de instalações hidráulicas e sanitárias;
- Projeto de instalações elétricas;
- Projeto básico de instalações complementares;

– Quantificação e Orçamento estimativo do Empreendimento.

De acordo com o Manual de Obras Públicas-Edificações da SEAP (Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio), é na fase de projeto básico que se demonstra a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental, possibilitando a avaliação do custo dos serviços, definição dos métodos construtivos e prazos de execução. Nessa fase são solucionadas as interferências entre os sistemas e componentes da edificação.

A função gerencial no processo de elaboração do projeto tem finalidade de assegurar a qualidade do projeto, garantindo soluções abrangentes, integradas e detalhadas, para que a execução ocorra de forma contínua, sem interrupções e imprevistos.

O maior desafio no projeto básico feito pela metodologia tradicional é justamente a compatibilização dos projetos, dada a grande quantidade de documentos gerados que devem ser analisados para identificação de incompatibilidades.

Na Figura 4.1 é apresentado um fluxograma de projeto básico elaborado no IFC (Instituto Federal Catarinense), pela Coordenação de Projetos de Obras, em 2018. O mesmo fluxograma é apresentado em tamanho maior no Anexo A deste trabalho.

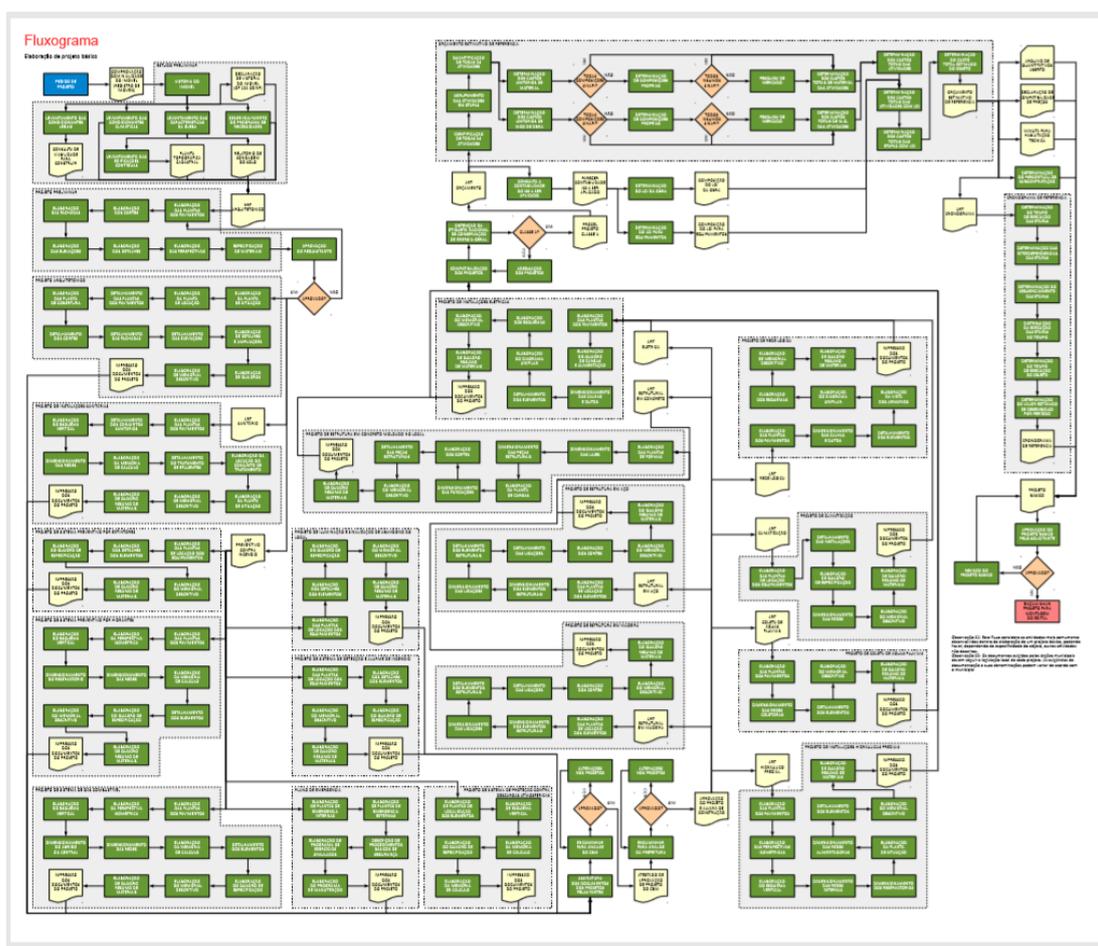


Figura 4.1 – Fluxograma de Projeto Básico no Método Tradicional. (FONTE: IFC, 2018).



## 4.2 - FLUXOGRAMA DE PROJETO BÁSICO BIM

Em um modelo BIM, o projeto básico corresponde ao nível de desenvolvimento LOD 300, em que o elemento do modelo é representado graficamente como um sistema objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também são anexadas ao elemento modelo.

No modelo BIM, o grande diferencial é que as informações representações geradas em cada projeto básico são compatibilizadas em um único modelo 3D, diminuindo os erros causados pela compatibilização manual feita pelo método tradicional.

No Anexo I da Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC (2017), são apresentados fluxogramas do processo de projeto BIM. A Figura 4.3 contém o fluxograma de projeto básico feito pela metodologia BIM. O mesmo fluxograma é apresentado em tamanho maior no Anexo A deste trabalho.

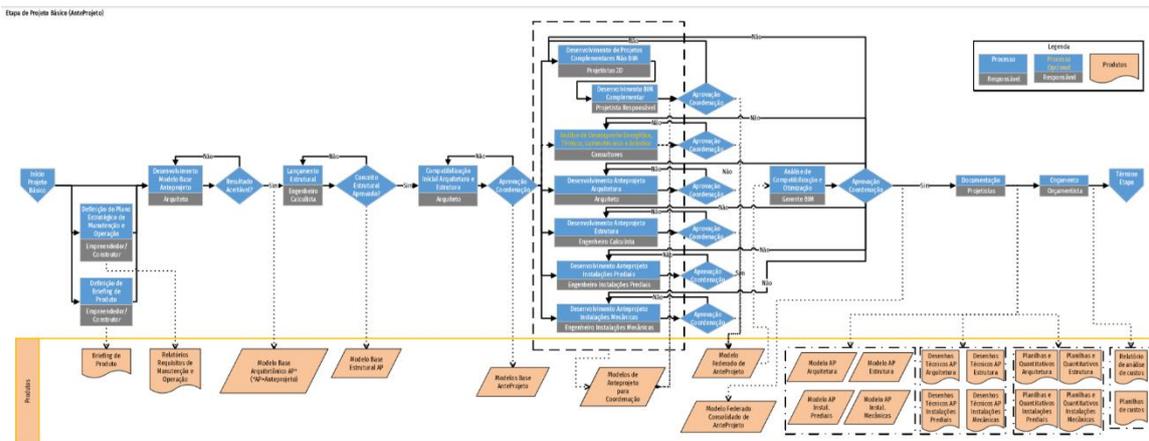


Figura 4.3 – Fluxograma de Projeto Básico (Anteprojeto) na Metodologia BIM. (FONTE: ABDI, 2017).

Para fins de comparação entre fluxogramas de projeto básico feitos pelo método tradicional e pelo método BIM, utilizar-se-á o fluxograma adaptado apresentado na Figura 4.4. O mesmo fluxograma é apresentado em tamanho maior no Apêndice A deste trabalho.



## 5 - METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho baseia-se em um estudo de caso focado na comparação qualitativa de um projeto básico realizado de forma tradicional, e realizado com ferramentas BIM.

A metodologia proposta para o desenvolvimento do projeto será composta por três etapas:

- 1 – Estudo de Caso: caracterização do projeto estudado e análise dos projetos em CAD 2D;
- 2 – Modelagem BIM: Elaboração do projeto com uso de ferramentas BIM e análise do mesmo;
- 3 – Comparação das análises feitas pelo método tradicional e pela metodologia BIM;

### 5.1 - ESTUDO DE CASO

#### 5.1.1 - CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO ESTUDADO

Foi escolhido o projeto de uma residência construída entre 2018 e 2019, localizada em Formosa-GO. O projeto é referente a uma residência unifamiliar de dois pavimentos, com área total de 204,47m<sup>2</sup>, composta por 3 suítes (sendo 2 com sacada), sala de estar, lavabo, área *gourmet*, banheiro, cozinha, lavanderia e garagem. A Figura 5.1 representa o *layout* dos pavimento inferior (a) e superior (b).

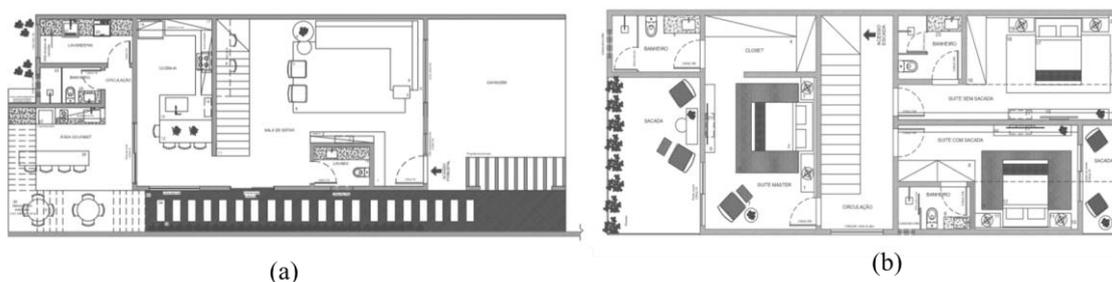


Figura 5.1 - Layout dos pavimentos inferior (a) e superior (b). (FONTE: acervo da empresa).

#### 5.1.2 - ANÁLISE DO PROJETO FEITO POR MÉTODO TRADICIONAL (CAD 2D)

Como o foco do trabalho é a comparação dos projetos realizados por duas metodologias distintas, não foi realizado novamente o projeto em 2D, visto que isso desviaria o objetivo da pesquisa.

Adquiriram-se os projetos da residência em formato CAD, realizados de maneira tradicional, e apresentados em sua última versão, prontos para serem executados em obra, compatibilizados entre si visualmente.

A análise dos projetos foi feita principalmente com base na avaliação com os profissionais envolvidos na elaboração dos projetos, compatibilização, e controle de execução da obra. E ao longo da execução da modelagem BIM, foi sendo feita uma análise visual dos projetos originais, visto que o projeto em BIM se baseou nas plantas fornecidas.

A proposta de análise envolveu os seguintes aspectos:

- O tempo de elaboração dos projetos;
- A precisão dos projetos;
- As interferências encontradas;
- A clareza quanto às informações disponibilizadas pelos projetos;

A figura 5.2 apresenta o diagrama esquemático que resume essa análise do processo tradicional em CAD 2D.

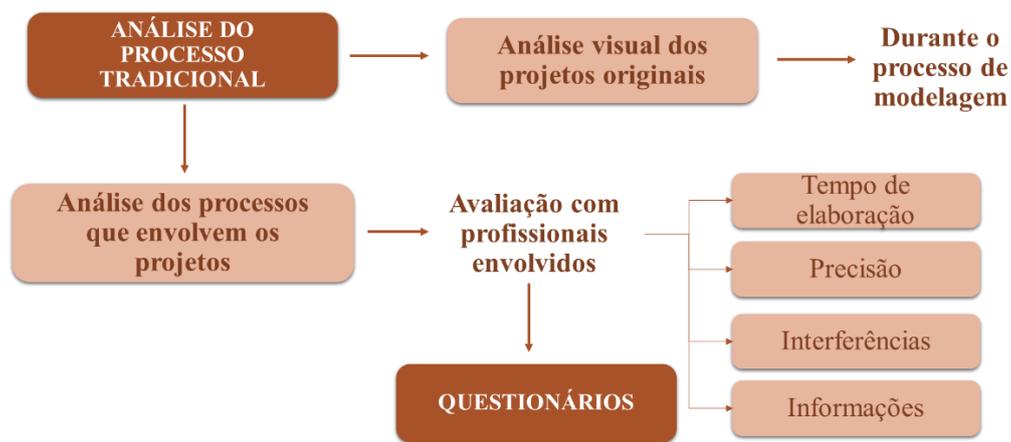


Figura 5.2 - Diagrama esquemático que resume a análise do processo tradicional. (FONTE: acervo da autora).

## 5.2 - MODELAGEM BIM

### 5.2.1 - EXECUÇÃO DO PROJETO COM A METODOLOGIA BIM

Pretendeu-se criar um modelo BIM para desenvolvimento do projeto básico da edificação, para fins de comparação com o projeto elaborado de maneira tradicional. Realizaram-se os projetos arquitetônico e de estruturas, sendo feita a posterior compatibilização entre as disciplinas. O *software* utilizado foi o Autodesk Revit.

A figura 5.3 apresenta o diagrama esquemático que resume o processo da modelagem BIM.

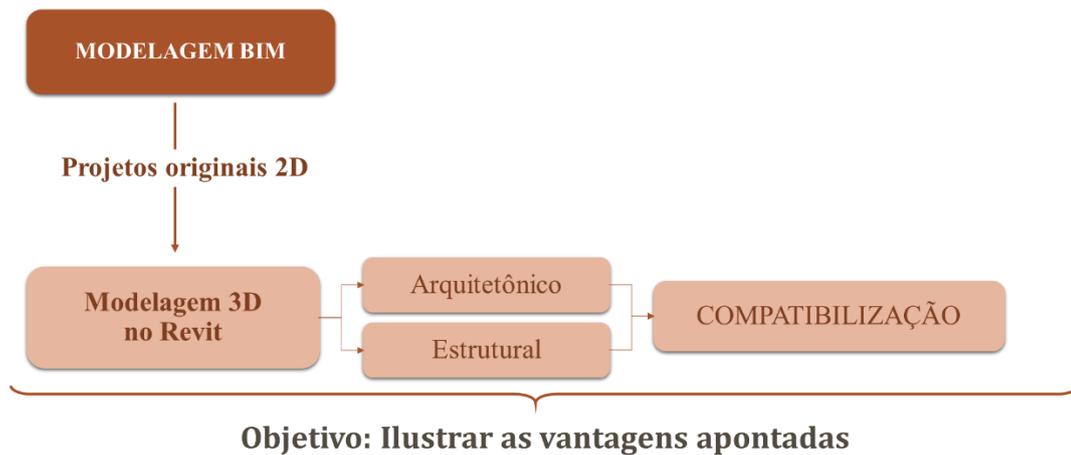


Figura 5.3 - Diagrama esquemático que resume o processo da modelagem BIM (FONTE: acervo da autora).

### 5.2.2 - ANÁLISE DO PROJETO FEITO PELA METODOLOGIA BIM

Depois de gerar o modelo federado 3D com a metodologia BIM, foram analisados os modelos e documentos gerados, bem como o processo de elaboração dos projetos.

Assim como feito nos projetos tradicionais, observaram-se os aspectos:

- O tempo de elaboração dos projetos;
- A precisão dos projetos;
- As interferências encontradas;
- A clareza quanto às informações disponibilizadas pelos projetos.

A figura 5.4 apresenta o diagrama esquemático que resume essa análise do projeto feito pela metodologia BIM.

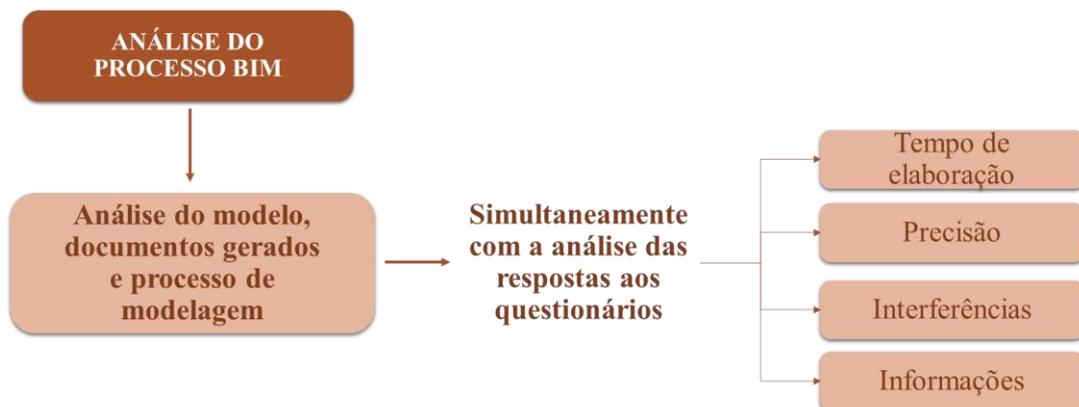


Figura 5.4 - Diagrama esquemático que resume a análise do projeto feito pela metodologia BIM. (FONTE: acervo da autora).

### **5.3 - COMPARAÇÃO DAS ANÁLISES FEITAS PELO MÉTODO TRADICIONAL E PELA METODOLOGIA BIM**

A comparação foi feita com base nas respostas dos profissionais envolvidos aos questionários aplicados, em relação aos benefícios dos projetos modelados em BIM. Essa comparação foi ilustrada com imagens de ambos os projetos e as respostas aos questionários foram interpretadas.

## **6 - ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 - ESTUDO DE CASO**

Para realizar a análise comparativa entre os métodos tradicional e BIM na elaboração de projetos, foi escolhida uma residência já existente, cujos processos de projeto, compatibilização e execução da obra foram analisados e comparados com as possibilidades que a metodologia BIM oferece. Tais possibilidades serão exemplificadas por meio da modelagem BIM desenvolvida a partir dos projetos da mesma residência.

A empresa que contribuiu com os projetos e com as entrevistas aos profissionais está presente no mercado desde 2012, com foco inicial na construção de casas populares em Planaltina-GO e mais recentemente em casas de alto padrão na região de Formosa-GO. A empresa conta com dois sócios, que realizam contratação de serviços por empreitada.

Escolheu-se uma residência de dois pavimentos localizada em Formosa-GO, já descrita no item 5.1 deste trabalho. A obra levou um total de 5 meses para ser concluída, e foram envolvidos 15 profissionais na execução da mesma.

A análise dos projetos originais foi feita por meio de entrevistas realizadas com os profissionais envolvidos nas etapas de construção (elaboração de projetos, compatibilização e execução da obra), visando principalmente concluir quais os impactos dos projetos nas etapas seguintes da construção.

Os projetos adquiridos foram o de arquitetura, de estruturas, de instalações elétricas e hidráulicas e o de interiores, sendo todos realizados com a metodologia tradicional. Eles foram utilizados como fonte de informações visuais e conceituais para elaboração da modelagem em BIM, a qual foi feita com a finalidade de ilustrar os benefícios que se podem obter na elaboração dos projetos e como eles influenciam nas demais etapas da construção.

### **6.2 - ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS**

Optou-se por realizar a análise do projeto em função da percepção dos profissionais envolvidos no processo de construção em relação aos projetos e na interferência da sua qualidade nas etapas seguintes de construção.

A análise do projeto se deu com base na avaliação feita com alguns profissionais envolvidos desde a fase de elaboração dos projetos até a execução da obra, a qual foi realizada por meio

de questionários. Não foi possível realizar a análise do memorial descritivo do projeto visto que este não foi disponibilizado, pois não foi realizado.

Foram elaborados quatro questionários: (i) sobre os responsáveis pelas atividades da construção; (ii) sobre o processo de elaboração dos projetos; (iii) sobre o processo de compatibilização dos projetos e (iv) sobre o controle de execução da obra. Tais questionários estão disponibilizados no Apêndice B. A figura 6.1 mostra o diagrama esquemático que resume os objetivos de cada questionário, bem como os profissionais a que eles se destinam.

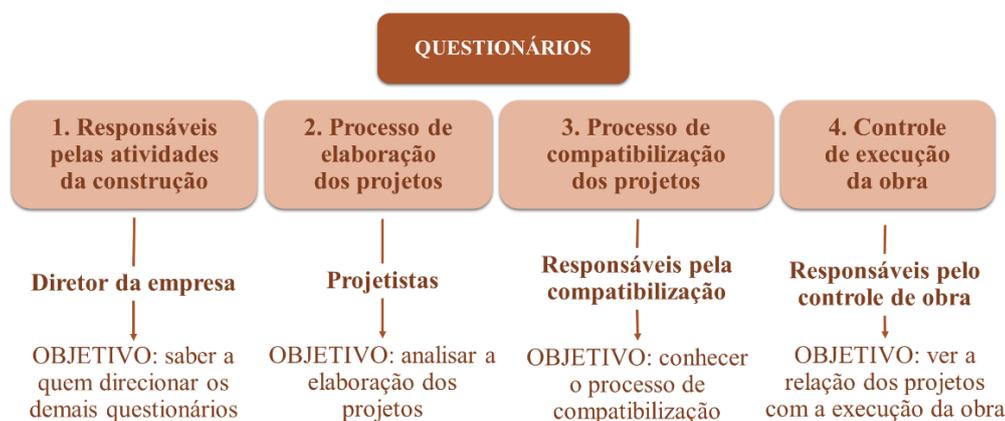


Figura 6.1 - Resumo dos questionários realizados. (FONTE: acervo da autora).

O primeiro questionário foi dirigido ao diretor da empresa, com o objetivo de obter informações sobre quais profissionais eram responsáveis por cada atividade (elaboração de projetos, compatibilização dos mesmos, e controle de execução da obra), a fim de direcionar os seguintes questionários para os respectivos encarregados.

O segundo questionário foi direcionado aos projetistas, para obtenção de informações sobre o processo de elaboração dos projetos. As perguntas envolviam informações sobre os softwares utilizados e seu tempo de uso por parte dos profissionais, tempo de produção dos projetos, custos com a sua elaboração, satisfação dos profissionais quanto aos softwares e possíveis melhorias, e sobre o envolvimento dos projetistas nas etapas subsequentes da obra.

O intuito do terceiro questionário foi reunir informações sobre o processo de compatibilização dos projetos. Questionou-se sobre a satisfação dos responsáveis em relação à visualização e informações dos projetos, como foi realizada a compatibilização dos mesmos, quanto tempo gastou-se nessa compatibilização, se houveram incompatibilidades e como elas foram corrigidas, em que aspectos a identificação e correção das

incompatibilidades poderia melhorar, e o envolvimento dos encarregados nas etapas seguintes da obra.

Por fim, no quarto questionário procurou-se identificar a relação dos projetos com a etapa de controle de execução da obra, analisando a influência da clareza visual e de informações dos projetos nas necessidades de correção em obra, e comparando informações extraídas dos projetos com as necessidades finais da obra. Essas comparações foram: extração de quantitativos *versus* demanda de materiais real da obra; orçamento *versus* gastos finais da obra; planejamento *versus* cronograma final de execução.

### **6.3 - ELABORAÇÃO DO MODELO BIM**

Decidiu-se realizar a modelagem do projeto com uso do BIM para fins de ilustração das melhorias no processo de projeto com o uso dessas ferramentas. A elaboração do projeto não foi realizada com o objetivo principal de comparar o projeto original (formato CAD) com o projeto em BIM.

Utilizou-se o software Autodesk Revit® 2020, devido à possibilidade de se modelar o projeto arquitetônico e o estrutural, e poder realizar a compatibilização dos mesmos no próprio software. Além disso, a ferramenta é compatível com o AutoCAD, facilitando a modelagem feita a partir dos projetos feitos de forma tradicional. Segundo Costa (2013), “o Revit é o software com interface BIM mais utilizado no mercado”, e por isso há muitos materiais disponíveis que auxiliam no aprendizado (cursos, tutoriais, videoaulas e apostilas). Ressalta-se que foi empregado um tempo grande na execução do projeto por conta da inexperiência no uso do software.

Inicialmente, realizou-se a modelagem arquitetônica, com a importação das plantas em formato CAD. A maior diferença no processo de projeto é a necessidade de se inserir uma grande quantidade de informações, para obtenção de um modelo mais consistente. Esse nível de detalhes faz com que se gaste menos tempo com os desenhos em si, focando-se principalmente nos parâmetros de cada elemento. O modelo arquitetônico final é apresentado na figura 6.2.

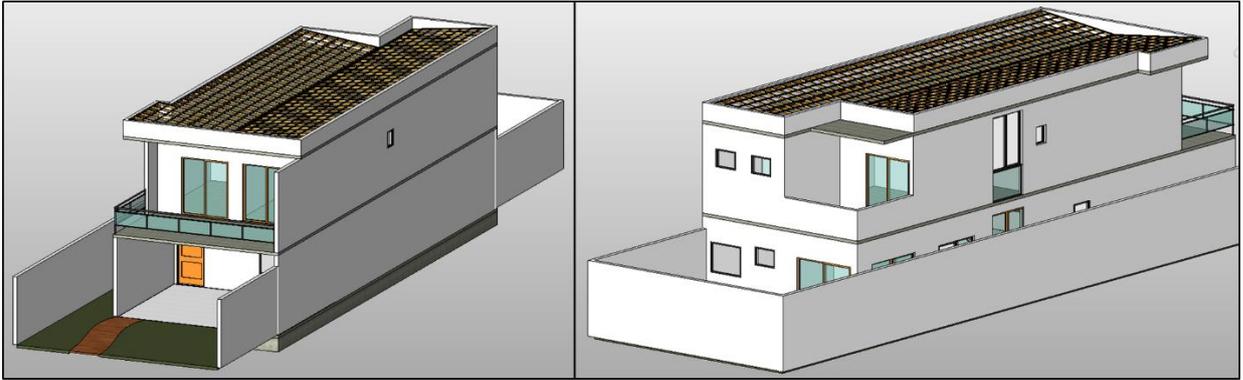


Figura 6.2 – Modelo arquitetônico gerado no Revit. (FONTE: acervo da autora).

Posteriormente, foi feita a modelagem estrutural, com base no dimensionamento já realizado no projeto original. Os principais elementos modelados foram: fundações, pilares, vigas, lajes, e suas respectivas armaduras. Isso foi feito a partir de modificações das famílias já existentes no *template* estrutural. O modelo estrutural apresenta-se na figura 6.3.



Figura 6.3 – Modelo estrutural gerado no Revit. (FONTE: acervo da autora).

Como a modelagem de cada um dos projetos da edificação foi realizada separadamente, tomando-se por base os projetos cedidos pela empresa, a interação desses modelos foi feita posteriormente em um arquivo único, onde foram realizadas as compatibilizações. Essa compilação se deu por meio dos “vínculos do Revit”, que eram atualizados sempre que se fazia uma modificação nos arquivos originais. Foi então gerado um relatório de incompatibilidades e feita uma análise dos erros encontrados. A figura 6.4 mostra o modelo final usado para compatibilização.

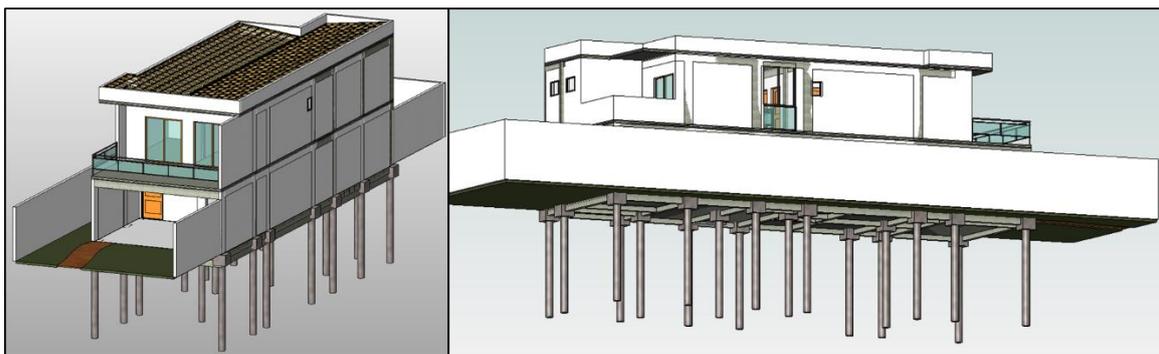


Figura 6.4 – Modelo federado gerado no Revit. (FONTE: acervo da autora).

#### 6.4 - ANÁLISE DOS DADOS

A partir da análise das respostas aos questionários relativos aos projetos feitos de forma tradicional, será feita a comparação com o processo de elaboração de projetos em BIM e sua influência nas etapas seguintes da obra. Os questionários completos e as respectivas respostas encontram-se no Apêndice B deste trabalho.

No questionário 1, realizado com o diretor da empresa, pelas três perguntas constatou-se que houveram três responsáveis pela elaboração dos projetos, dois responsáveis pela compatibilização e dois responsáveis pelo controle de execução da obra. De acordo com as respostas, denominou-se cada profissional para facilitar a referência a eles ao longo das análises deste estudo. Os profissionais envolvidos foram: Arquiteta 1, Engenheiro electricista, Arquiteta 2 e Gerente.

Na pergunta 2.1 do questionário 2, depreendeu-se que a Arquiteta 1 ficou responsável pela elaboração dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, e foi também responsável pela compatibilização dos mesmos, sendo ainda acionada na etapa de controle de execução da obra. O Engenheiro electricista ficou responsável por apenas alguns ajustes no projeto elétrico, não sendo envolvido em nenhuma outra etapa da construção. A Arquiteta 2 realizou apenas o projeto de design de interiores e também não foi envolvida nas demais etapas da construção. Indicou-se que o Gerente da empresa foi também responsável pela compatibilização dos projetos e pelo controle de execução da obra.

A figura 6.5 apresenta a organização dos dados sobre os responsáveis por cada atividade, levantados a partir das respostas do questionário 1 e da pergunta 2.1.

Atividade	Responsável
Projetos Arquitetônico, Estrutural e de Instalações	Arquiteta 1
Ajustes no projeto elétrico	Engenheiro eletricista
Projeto de interiores	Arquiteta 2
Compatibilização	Arquiteta 1 e Gerente
Controle de execução da obra	Arquiteta 1 e Gerente

Figura 6.5 - Organização dos dados sobre responsáveis por cada atividade. (FONTE: acervo da autora).

Sobre o processo de elaboração dos projetos questionado na pergunta 2.2, identificou-se o uso dos softwares Eberick (para o projeto estrutural) e AutoCAD (para os demais). Na pergunta 2.3, os profissionais indicaram uso dos softwares há pelo menos 5 anos, sendo a Arquiteta 1 experiente no uso dos softwares há 8 anos, considerando que domina as ferramentas. O Engenheiro eletricista indicou que utiliza os softwares há 10 anos.

Todos esses dados comprovam o que foi apresentado anteriormente em relação à pequena difusão do uso do BIM. Segundo Nunes e Leão (2018), no mercado atual da indústria AEC a prática mais comum de representação da edificação em projeto ainda é via desenho bidimensional–2D, prevalecendo a metodologia CAD. Porém, os autores afirmam que o mercado AEC já enfrenta uma renovação que demanda mudanças dos processos, tal como uma mudança de paradigma: alterando a documentação baseada em tecnologia bidimensional para o protótipo paramétrico e fluxo de trabalho colaborativo. De acordo com o Centro de Tecnologia de Edificações – CTE (2015), devido à necessidade de aumento da escala de negócios e às novas demandas dos clientes na construção, as empresas deverão remodelar e inovar no desenvolvimento de produtos e empreendimentos, o que implica novos sistemas construtivos e aplicação da inteligência da Tecnologia da Informação. Como citado no item 3.6 deste trabalho, o uso de ferramentas BIM começou a ganhar espaço nas fases de projeto e construção somente em 2013 e segundo Czmocho e Pękala, (2014), “o processo BIM vem ganhando espaço de forma rápida e ampla” (apud NUNES; LEÃO, 2018).

O tempo indicado para elaboração dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, de acordo com a pergunta 2.4, foi de 2 dias, porém inferiu-se, a partir da resposta da pergunta 2.5, que os projetos foram realizados por uma equipe, dificultando a real comparação com o tempo de elaboração do projeto em BIM, que foi feito apenas por uma pessoa. A modelagem BIM demandou 33 horas. Em relação ao tempo necessário para elaboração dos projetos em

CAD, as informações obtidas são duvidosas, pois ao mencionar o pagamento dos desenhistas na pergunta 2.5, fica subentendido que a Arquiteta 1 não realizou os projetos sozinha, sendo envolvidos também os desenhistas, o que gera insegurança relativa a possíveis comparações com tempo de elaboração do projeto em BIM. A impossibilidade de uma justa comparação em relação a esse aspecto veio ainda da elaboração do projeto com uso de BIM, que incluiu um elevado tempo de aprendizagem por parte da autora.

Optou-se por não utilizar o tempo de elaboração dos projetos como fator de comparação, dado que isto depende da capacitação, nível de conhecimento e domínio de cada profissional em relação às ferramentas. Segundo Nunes (2018), por ser um conceito relativamente novo, há certa carência de estudos que verifiquem o prazo de desenvolvimento e modificações de projetos e processos AEC que utilizam a modelagem BIM. Mas é fundamental que haja informações sobre esse aspecto para auxiliar as empresas na decisão de adotarem ou não a metodologia BIM, sendo um importante elemento para pesquisas futuras.

Outro aspecto levantado na pergunta 2.5, que não pôde ser utilizado para comparação, foi o custo com a elaboração dos projetos, visto que os projetistas não responderam a contento, não apresentaram valores concretos, e a modelagem BIM não acarretou em custos porque foram utilizadas as versões para estudante dos softwares.

Nas respostas à pergunta 2.6, os projetistas mostraram-se satisfeitos com as ferramentas em relação às necessidades para elaboração dos projetos. A Arquiteta 2 indicou que já está em busca de ferramentas mais modernas, devido à divulgação de suas vantagens sobre ferramentas tradicionais. Tal fato é identificado por Silva e Camparim (2016): “o Revit está em boa fase e vem ganhando muito espaço no mercado, se popularizando e ganhando notoriedade no desenvolvimento de projetos. Por todo dinamismo dado a projeção, esse software vem ganhando mais adeptos com o passar dos anos”.

Quando perguntados sobre os aspectos de melhoria das ferramentas tradicionais, na pergunta 2.7, destacaram-se: (i) necessidade de mais softwares brasileiros, ou seja, adequados às normas vigentes no país; (ii) qualificação em relação à apresentação; (iii) mais automatismo, indicando que há ferramentas mais adequadas para dimensionamento, ou seja, demonstra a necessidade do uso do BIM, pois este oferece automatismo na elaboração dos projetos; (iv) maior rapidez, a qual já pode ser obtida com ferramentas BIM, visto que muitos processos na elaboração de projetos podem ser agilizados.

Para ilustrar o automatismo, pode-se citar o processo de alteração das informações de um tipo de parede. Com o software Autodesk Revit é possível realizar alteração de uma informação relativa a um tipo de parede, que gera mudança automática em todas as paredes daquele tipo. Na figura 6.6, apresenta-se o exemplo de modificação da altura das paredes do tipo ‘Básica - 15cm’, por meio da ferramenta ‘Selecionar todas as instâncias visíveis na vista’, que auxilia na seleção de todas as paredes daquele tipo, alterando-se a restrição superior das mesmas.

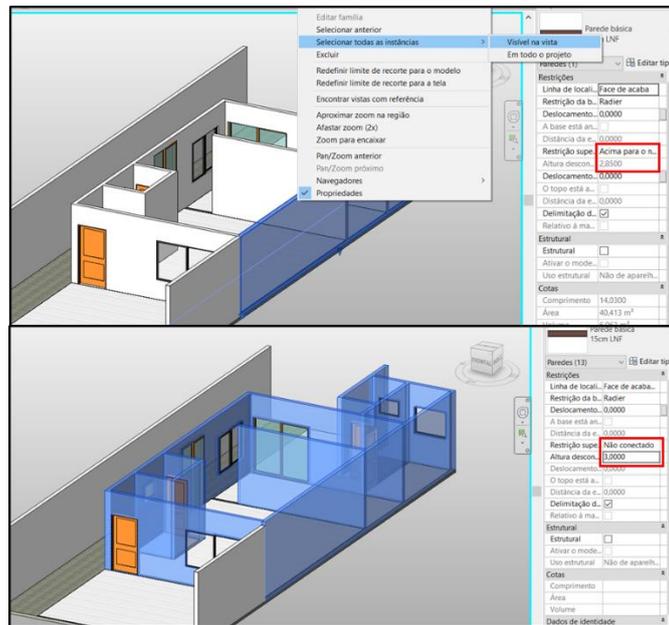


Figura 6.6 – Exemplo de alteração de paredes no software Autodesk Revit. (FONTE: acervo da autora)

Outro exemplo é a geração do quadro de esquadrias, que é obtido automaticamente com a criação de tabelas, sendo atualizado sempre que houver mudança nas esquadrias. A figura 6.7 mostra um exemplo de atualização da tabela de esquadrias a partir da exclusão de uma janela.

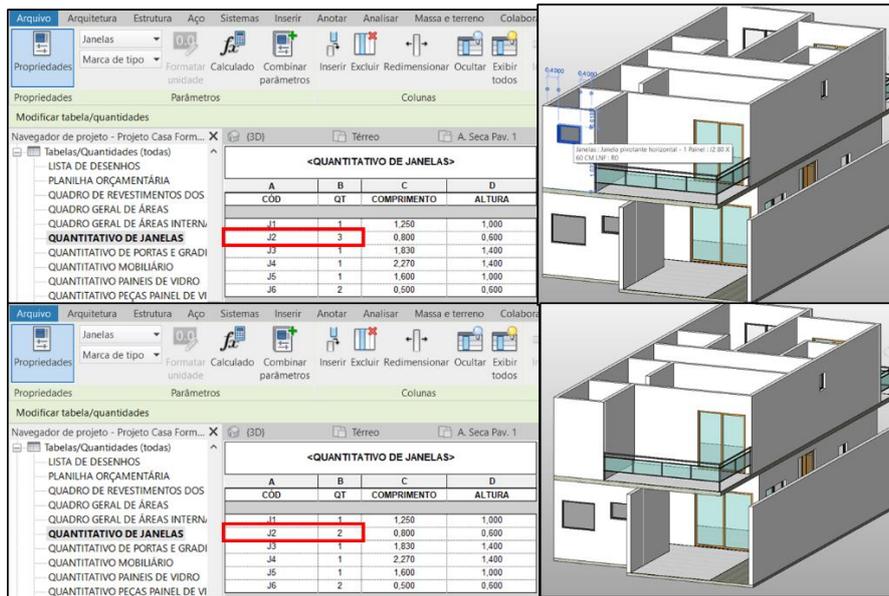


Figura 6.7 - Exemplo de atualização da tabela de esquadrias no software Autodesk Revit. (FONTE: acervo da autora).

Um exemplo da agilidade proporcionada pelo BIM é a nomeação e extração das áreas dos ambientes, que se dá com uso da ferramenta ‘Colocar ambientes automaticamente’. A seguir na figura 6.8, mostra-se o esquema de colocação do nome dos ambientes e de suas áreas no software Autodesk Revit. É mostrado também o processo de identificação das esquadrias, na figura 6.9.

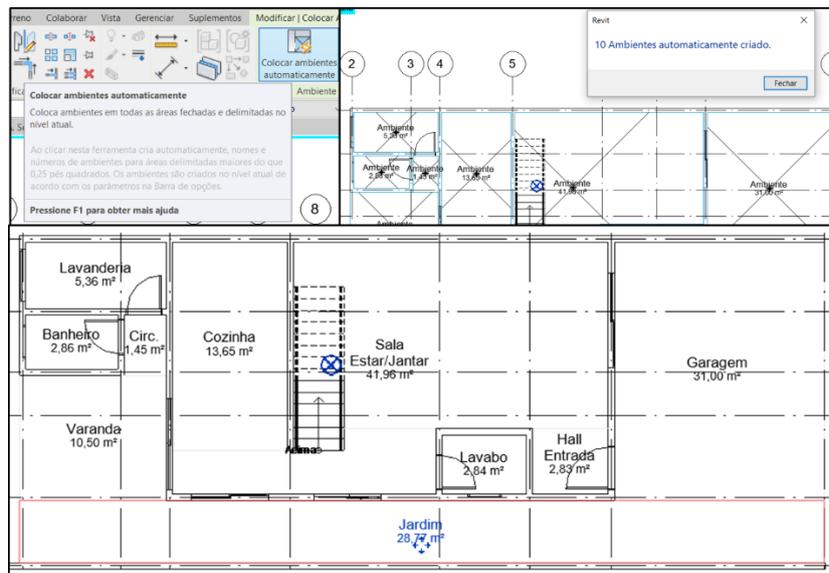


Figura 6.8 - Exemplo de colocação do nome e área dos ambientes no software Autodesk Revit. (FONTE: acervo da autora).

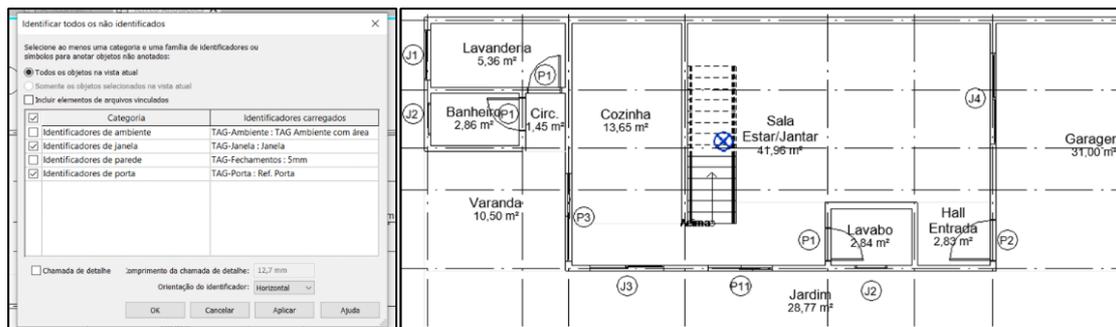


Figura 6.9 - Exemplo de identificação de esquadrias no software Autodesk Revit. (FONTE: acervo da autora).

Outro exemplo é a criação de cortes, muito mais ágil em relação ao processo de desenvolvimento de projeto tradicional. A ação pode ser realizada com alteração da caixa de corte, como exemplificado na figura 6.10.

A figura 6.11 mostra o corte AA feito no AutoCAD (a), e feito no Revit (b). É possível perceber que houve um erro no corte feito no AutoCAD, em que foi esquecida a janela da sala. No Revit esse erro não pode acontecer, pois o software mostra todos os elementos já existentes no modelo que permanecem na vista do corte.

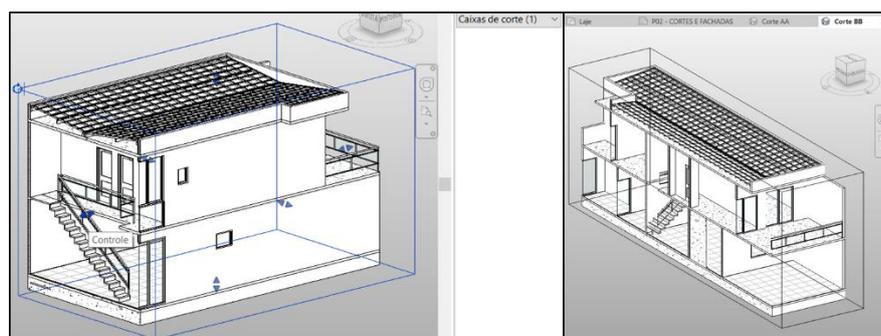


Figura 6.10 - Exemplo caixa de corte no software Autodesk Revit. (FONTE: acervo da autora).

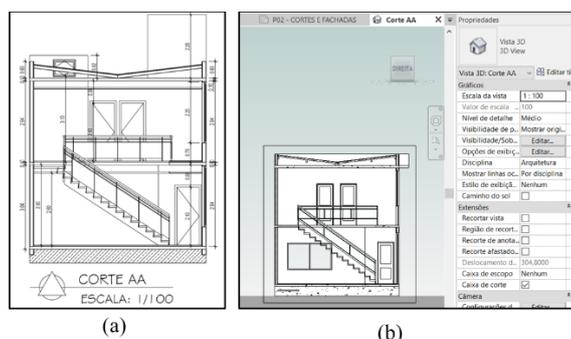


Figura 6.11 – Corte AA gerado no AutoCAD (a) e corte AA gerado no Revit (b). (FONTE: acervo da autora).

No questionário 3, em relação à compatibilização, a partir das respostas do Gerente pôde-se concluir que ele não foi responsável pela atividade, visto que apenas resolveu problemas de incompatibilidade em obra. A compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações ficou sob responsabilidade da Arquiteta 1 enquanto elaborava os mesmos.

Na pergunta 3.1 do terceiro questionário, os profissionais mostraram-se satisfeitos, a princípio, com a visualização dos projetos para realização da compatibilização, porém nas perguntas seguintes citam uma série de problemas relativos a isso. O Gerente indica que a visualização do projeto em 3D ajudaria muito, pois isso só foi oferecido pela Arquiteta 2 depois de iniciada a obra, mais para fins de venda do produto.

Em relação às informações dos projetos questionadas na pergunta 3.2, houve problemas com o seu tamanho (escala), o que dificultou a visualização e identificação de detalhes. Tal problema poderia ser evitado com o uso das ferramentas BIM, visto que a compatibilização dos projetos com essa metodologia gera um modelo centralizado em 3D que proporciona a redução das interferências entre projetos, bem como possibilita a visualização de todos os projetos em funcionamento antes de sua execução, facilitando nas tomadas de decisões (SILVA; CAMPARIM, 2016). A figura 6.12 mostra o nível de detalhamento que pode ser modelo no Revit em relação a uma parede.

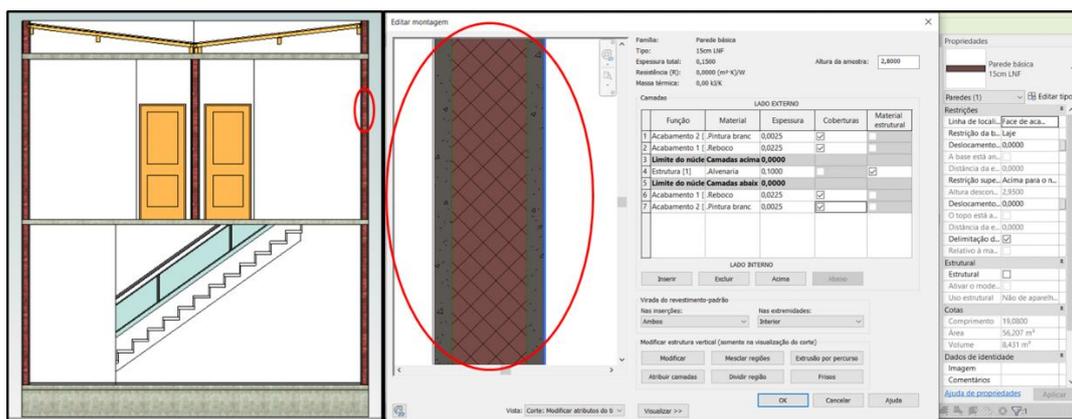


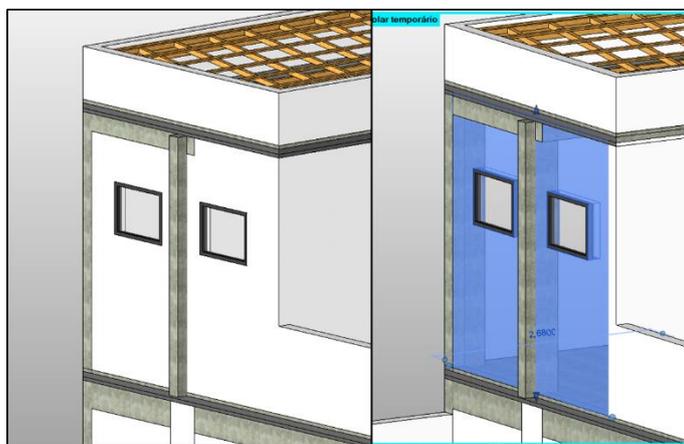
Figura 6.12 – Exemplo do nível de detalhamento gerado pelo Revit. (FONTE: acervo da autora).

Segundo a Arquiteta 1, em resposta à pergunta 3.3, a compatibilização foi realizada de forma sequencial, ou seja, inicialmente desenvolveu-se o projeto de arquitetura e depois foi feito o projeto estrutural, seguido do projeto de instalações elétricas e hidráulicas. Com a elaboração do projeto estrutural, foram realizadas alterações no projeto arquitetônico, e posteriormente ajustes no projeto de instalações. Ou seja, em função do projeto estrutural, houve alteração

do projeto arquitetônico, e ajustes no projeto de instalações. A compatibilização foi visual, feita de forma analógica, e teve como norteador o projeto de estruturas.

Dessa forma, pode-se concluir que os projetos não foram feitos de acordo com a metodologia tradicional (apresentada no item 4.1 deste trabalho sobre o fluxograma tradicional), onde depois que todos os projetos são finalizados é que se realiza a compatibilização, pois a atividade foi realizada à medida em que os projetos eram elaborados. Segundo Melhado (2005), “o processo de compatibilização é realizado através da sobreposição dos diferentes projetos, verificando-se possíveis interferências e problemas, devendo ser realizada após a finalização de cada etapa de projeto”.

Com o auxílio do software Revit, é possível vincular os diferentes projetos, de tal forma que eles se sobrepõem, permitindo uma visualização de todas as disciplinas ao mesmo tempo dentro do modelo federado. Só com essa sobreposição, já é possível identificar visualmente algumas interferências, como exemplificado na figura 6.13, em que um pilar estrutural está para fora da parede arquitetônica.



*Figura 6.13 – Exemplo de interferência entre projetos estrutural e arquitetônico. (FONTE: acervo da autora).*

Na pergunta 3.4, relativa ao tempo gasto na compatibilização, a Arquiteta 1 revelou que foram demandados 10 dias para realizá-la, porém cabe ressaltar que a compatibilização foi feita durante a elaboração dos projetos, o que mostra imprecisão na informação sobre tempo de elaboração dos projetos. Na compatibilização do modelo BIM, não é possível medir o tempo gasto, pois a atividade é feita de forma automatizada em relação ao processo visual.

Segundo respostas à pergunta 3.5, houve interferências entre os projetos, mas em pequena quantidade. Na compatibilização do modelo BIM, é possível sobrepor os projetos de maneira

automatizada, de tal forma que as incompatibilidades são detectadas pelo software, através de um relatório de interferências gerado após vinculação dos diferentes projetos. Podem-se citar alguns exemplos de incompatibilidades encontradas após a geração desse relatório no Revit. A figura 6.14 mostra a interferência entre um pilar estrutural e uma janela, a qual foi detectada pelo software (a), e pôde ser vista também com a sobreposição dos desenhos no AutoCAD (b). Como este erro, facilmente identificado pelo processo BIM, foi encontrado também no projeto original, infere-se que ele passou despercebido no método de compatibilização visual, analógico, apontando para a menor confiabilidade desse processo em relação à identificação de erros e interferências.



Figura 6.14 – Exemplo de interferência detectada pelo Revit (a) e interferência observada no AutoCAD (b). (FONTE: acervo da autora).

Outro exemplo de incompatibilidade encontrada foi a escada coincidindo com a laje estrutural, o que mostra a não realização do corte do piso estrutural para colocação da escada, como mostra a figura 6.15.

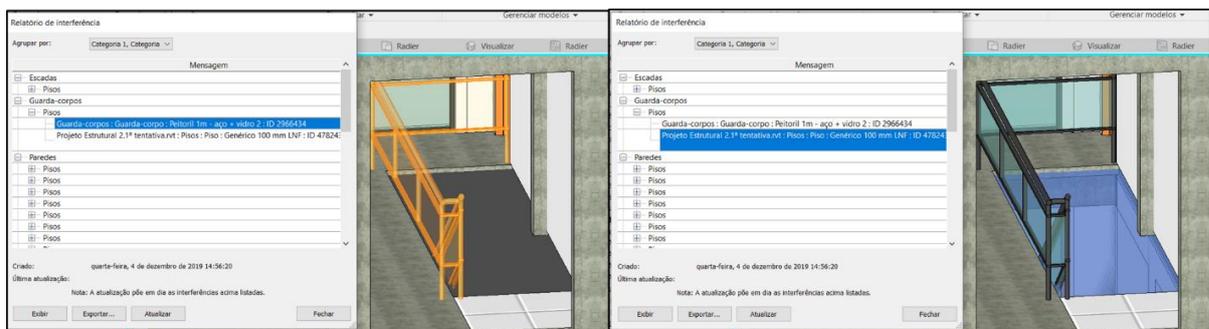


Figura 6.15 – Exemplo de interferência entre escada e laje estrutural. (FONTE: acervo da autora).

Com a pergunta 3.6, concluiu-se que a correção das interferências encontradas no processo tradicional foi feita após identificação das incompatibilidades na obra, ou seja, o fluxo

tradicional também não foi seguido, pois as interferências deveriam ser inicialmente corrigidas para então se executarem os projetos. Segundo o Gerente, as soluções para incompatibilidades foram encontradas juntamente com o mestre de obras, e a correção foi feita posteriormente nos projetos.

Como o projeto em BIM oferece relatório de interferências com mais agilidade, é possível corrigi-las antes dos projetos irem para obra. A correção das incompatibilidades encontradas pode ser realizada no modelo da disciplina (arquitetônico e estrutural), e é atualizada no modelo de compatibilização, devendo ser atualizado também, após esse processo, o relatório de erros. Tal relatório pode ser exportado em um arquivo no formato HTML, como mostra a figura 6.16.

Relatório de interferência	
Arquivo do relatório de interferência do projeto: C:\Users\laura\Documents\Laura\Cursos\Curso Revit\Projeto Casa Formosa Modelo Compatibilização.rvt	
Criado: terça-feira, 3 de dezembro de 2019 12:17:05	
Última atualização:	
A	B
1 Paredes : Parede básica : 15cm LNF : ID 2934978	Projeto Estrutural 2.1* tentativa.rvt : Pilares estruturais : Concreto-Retangular-Coluna : 150 x 400mm LNF : ID 464308
2 Paredes : Parede básica : 15cm LNF : ID 2933705	Projeto Estrutural 2.1* tentativa.rvt : Pilares estruturais : Concreto-Retangular-Coluna : 150 x 400mm LNF : ID 464673
3 Paredes : Parede básica : 15cm LNF : ID 2934612	Projeto Estrutural 2.1* tentativa.rvt : Pilares estruturais : Concreto-Retangular-Coluna : 150 x 400mm LNF : ID 464673
4 Paredes : Parede básica : 15cm LNF : ID 2933705	Projeto Estrutural 2.1* tentativa.rvt : Pilares estruturais : Concreto-Retangular-Coluna : 150 x 400mm LNF : ID 464932
5 Janelas : Janela pivotante horizontal - 1 Painel : J1 125 X 100 CM LNF - Marca P608 : ID 2936101	Projeto Estrutural 2.1* tentativa.rvt : Pilares estruturais : Concreto-Retangular-Coluna : 150 x 400mm LNF : ID 464932
6 Paredes : Parede básica : 15cm LNF : ID 2934978	Projeto Estrutural 2.1* tentativa.rvt : Pilares estruturais : Concreto-Retangular-Coluna : 150 x 400mm LNF : ID 465212
7 Paredes : Parede básica : 15cm LNF : ID 2934016	Projeto Estrutural 2.1* tentativa.rvt : Pilares estruturais : Concreto-Retangular-Coluna : 150 x 400mm LNF : ID 465647
8 Paredes : Parede básica : 15cm LNF : ID 2934612	Projeto Estrutural 2.1* tentativa.rvt : Pilares estruturais : Concreto-Retangular-Coluna : 150 x 400mm LNF : ID 466160

Figura 6.16 – Exemplo de relatório de interferência gerado pelo Revit. (FONTE: acervo da autora).

Ao serem questionadas as possíveis melhorias na identificação e correção de incompatibilidades, na pergunta 3.7, levantou-se a necessidade de se finalizar os projetos para então fazer a compatibilização, garantindo que esta seja feita antes do início da execução da obra, conforme fluxograma tradicional. Com o uso do BIM, pela agilidade de detecção de interferências, esse processo é ainda mais facilitado.

O Gerente explicitou que não acha necessário melhorias na identificação e correção das incompatibilidades, pois o tempo empregado na sua correção é pequeno, e não gostaria de ter mais gastos na obtenção de ferramentas que realizem essas compatibilizações, visto que a empresa se dedica à construção de um pequeno volume de casas.

Essa resposta comprova o que é apresentado na revisão bibliográfica (item 3.8), quando se fala dos desafios para implementação do BIM. De acordo com Eduardo Nardelli (apud. Baroni, 2011), “todos os agentes da cadeia da construção terão que se readequar, porque o

conceito será implantado de maneira integrada e atingirá inclusive aqueles profissionais que atuam nos canteiros. As pessoas que trabalham no marketing, por exemplo, também vão ter que aprender o novo jeito de empreender para divulgar o conceito e seus benefícios”. Como citado no item 3.8 deste trabalho, os envolvidos num empreendimento a princípio não se dão conta de que já têm grandes gastos com erros, retrabalhos e atrasos, e que seriam eles os principais beneficiados com a adoção do BIM.

No questionário 4, relativo ao processo de controle de execução da obra, os profissionais envolvidos foram perguntados sobre contribuição da qualidade visual e das informações para o bom entendimento dos projetos na obra. Na pergunta 4.2, o Gerente responde que o tamanho dos projetos atrapalhou a compreensão de certas informações para tomadas de decisão na execução das obras. Isso demonstra que o principal objetivo dos projetos ficou comprometido; segundo Durante (2013, apud. Nunes e Leão, 2018), “a eficácia do projeto é requisito fundamental para vantagens competitivas. A partir da qualidade deste se reduz dúvidas, erros e retrabalhos durante a execução. O projeto é a principal fonte para a equipe de execução e, por sua vez, um dos principais objetos responsáveis pela qualidade final da edificação”.

Sobre a necessidade de correções na obra em relação ao projeto (pergunta 4.3), houve contradição entre a resposta da Arquiteta 1 e a resposta do Gerente. Para a arquiteta não houveram necessidades de correções, porém, segundo o gerente, foram encontrados pelo menos três erros, ou seja, pode-se inferir que os erros detectados pelo gerente no momento de execução da obra não foram reportados à arquiteta, e foram resolvidos sem o seu envolvimento.

Com o uso do BIM, as chances de ocorrência de erros na obra relacionados a problemas no projeto são reduzidas, em virtude dessa metodologia permitir que haja uma simulação prévia da obra, sendo possível estudar detalhadamente as etapas e atividades para a execução da mesma, ou seja, pode-se modelar o processo construtivo, inclusive a sequência de atividades. Os recursos deste Planejamento BIM 4D foram apresentados no item 3.4 do presente trabalho.

Em relação à pergunta 4.4, não foi possível comparar a extração de quantitativos com a demanda de materiais da obra, visto que não se realizou uma extração de quantitativos a partir de informações do projeto. De acordo com a resposta do Gerente, os pedidos de materiais eram feitos de acordo com as demandas da obra. Um exemplo de uma extração de

quantitativos a partir do projeto de interiores incompatível com a demanda em obra foi o piso, que gerou necessidade de se comprar o dobro do estimado inicialmente.

Com o uso de ferramentas BIM, há a possibilidade de extração automatizada de quantitativos, e à medida em que se altera o modelo, as planilhas vão sendo automaticamente atualizadas. De acordo com o item 3.4 desta pesquisa, a metodologia BIM permite geração de documentos mais consistentes e íntegros.

Em relação ao piso, a figura 6.17 mostra a planta de piso gerada pelo AutoCAD (a), a planta de piso do Revit (b), e a extração de quantitativos gerada pelo Revit (c).

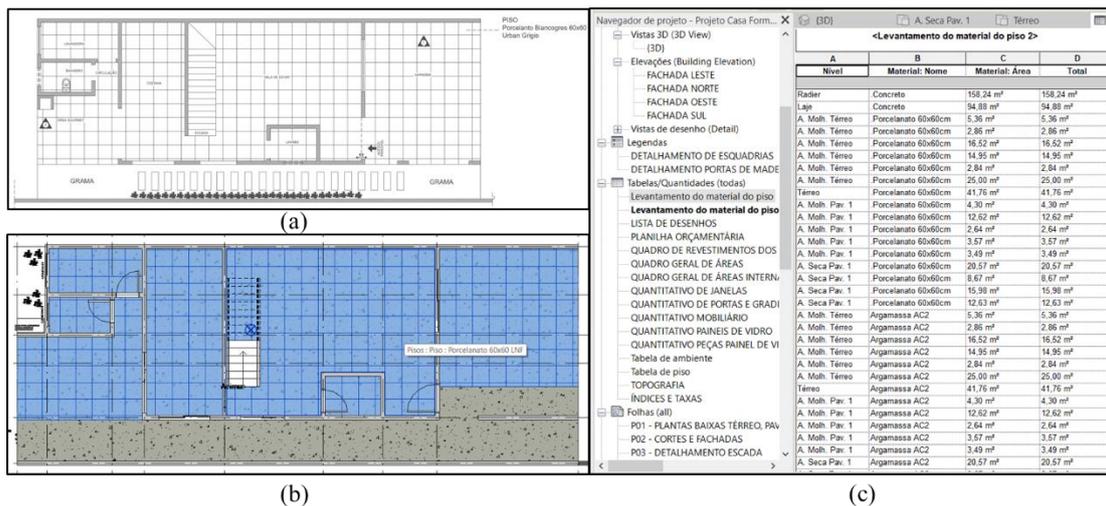


Figura 6.17 – Planta de piso no AutoCAD (a), planta de piso no Revit (b) e levantamento de quantitativos no Revit (c). (FONTE: acervo da autora).

Assim como a extração de quantitativos, também não foi realizada uma orçamentação a partir dos projetos para que esta fosse comparada com os gastos finais da obra. A partir da resposta do Gerente à pergunta 4.5, os gastos na obra foram ocorrendo de acordo com a disponibilidade financeira da empresa. E o que se gastou a mais foi comparado com previsões provavelmente feitas a partir de obras anteriores, ou seja, não houveram cálculos a partir dos projetos.

Outra possibilidade das ferramentas BIM é a extração de quantitativos e orçamentos a partir de informações que alimentam o modelo. Como mostra a figura 6.18, em que foi feita a mudança de uma parede por um guarda-corpo, e a planilha orçamentária foi automaticamente atualizada (de 547,29 m² de alvenaria, passou-se para 537,01 m², acarretando mudança no orçamento de menos R\$51,41).

<PLANILHA ORÇAMENTÁRIA>						
A TIPO	B QUANTIDADE		D UNITÁRIO	E PREÇO (R\$)		G Material: Comments
	ÁREA	VOLUME		TOTAL / m²	TOTAL / m³	
Alumínio	20,16 m²	0,23 m³	0,00	0,00	0,00	Enviar detalhamento das esquadrias para ter orçamento preciso
Alvenaria	547,29 m²	54,73 m³	50,00	27364,69	27364,47	Alvenaria
Concreto	486,60 m²	95,28 m³	0,00	0,00	0,00	Valor a ser alterado conforme o projeto estrutural
Deck madeira	5,72 m²	0,29 m³	0,00	0,00	0,00	Enviar detalhamento para orçamento preciso
Grama	105,21 m²	157,82 m³	0,00	0,00	0,00	Grama
Pintura branca	1094,59 m²	2,74 m³	70,00	76621,15	191,55	Pintura com tinta látex na cor branca
Porcelanato 60x60cm	138,89 m²	2,20 m³	0,00	0,00	0,00	Porcelanato Elizabeth 60x60cm linha Domus
Reboco	1094,59 m²	24,63 m³	30,00	32837,63	738,85	Reboco
Vidro jateado	18,61 m²	0,13 m³	0,00	0,00	0,00	
Vidro transparente	322,56 m²	0,33 m³	0,00	0,00	0,00	
Alumín. 1	0,27 m²	0,00 m³	0,00	0,00	0,00	
Argamassa AC2	111,41 m²	0,56 m³	0,00	0,00	0,00	
Cerejeira	68,86 m²	0,72 m³	0,00	0,00	0,00	
Concreto - Concreto moldado in loco	110,79 m²	8,79 m³	0,00	0,00	0,00	
Concreto, Moldado in loco, cinza	356,97 m²	17,28 m³	0,00	0,00	0,00	
Madeira - Bétula - Manchada sólida leve com baix	17,18 m²	0,21 m³	0,00	0,00	0,00	
Material pré-definido de piso	349,91 m²	34,99 m³	0,00	0,00	0,00	
Pintura - Sienna	19,01 m²	0,18 m³	0,00	0,00	0,00	
Pisos internos	2,85 m²	0,08 m³	0,00	0,00	0,00	
	4849,46 m²	401,17 m³		136823,47	3666,87	

<PLANILHA ORÇAMENTÁRIA>						
A TIPO	B QUANTIDADE		D UNITÁRIO	E PREÇO (R\$)		G Material: Comments
	ÁREA	VOLUME		TOTAL / m²	TOTAL / m³	
Alumínio	20,16 m²	0,23 m³	0,00	0,00	0,00	Enviar detalhamento das esquadrias para ter orçamento preciso
Alvenaria	537,01 m²	53,70 m³	50,00	26850,64	26850,06	Alvenaria
Concreto	486,60 m²	95,28 m³	0,00	0,00	0,00	Valor a ser alterado conforme o projeto estrutural
Deck madeira	5,72 m²	0,29 m³	0,00	0,00	0,00	Enviar detalhamento para orçamento preciso
Grama	105,21 m²	157,82 m³	0,00	0,00	0,00	Grama
Pintura branca	1074,03 m²	2,69 m³	70,00	75181,78	187,95	Pintura com tinta látex na cor branca
Porcelanato 60x60cm	138,89 m²	2,20 m³	0,00	0,00	0,00	Porcelanato Elizabeth 60x60cm linha Domus
Reboco	1074,03 m²	24,17 m³	30,00	32220,76	724,97	Reboco
Vidro jateado	18,61 m²	0,13 m³	0,00	0,00	0,00	
Vidro transparente	322,56 m²	0,33 m³	0,00	0,00	0,00	
Alumín. 1	0,27 m²	0,00 m³	0,00	0,00	0,00	
Argamassa AC2	111,41 m²	0,56 m³	0,00	0,00	0,00	
Cerejeira	68,86 m²	0,72 m³	0,00	0,00	0,00	
Concreto - Concreto moldado in loco	110,79 m²	8,79 m³	0,00	0,00	0,00	
Concreto, Moldado in loco, cinza	356,97 m²	17,28 m³	0,00	0,00	0,00	
Madeira - Bétula - Manchada sólida leve com baix	17,18 m²	0,21 m³	0,00	0,00	0,00	
Material pré-definido de piso	349,91 m²	34,99 m³	0,00	0,00	0,00	
Pintura - Sienna	19,01 m²	0,18 m³	0,00	0,00	0,00	
Pisos internos	2,85 m²	0,08 m³	0,00	0,00	0,00	
	4798,06 m²	399,63 m³		134253,18	3697,99	

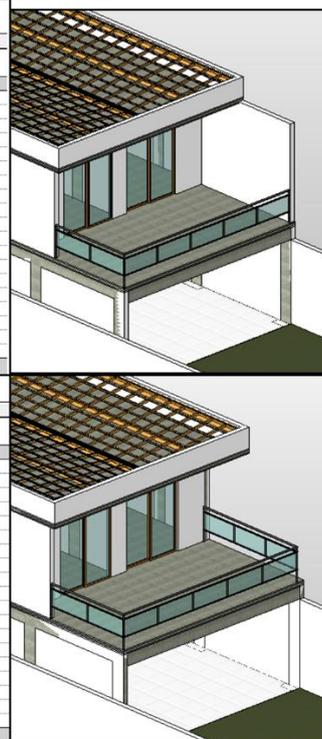


Figura 6.18 – Atualização da planilha orçamentária a partir de mudanças no modelo do Revit. (FONTE: acervo da autora).

Assim como a orçamentação, não foi realizado um planejamento da obra, e da mesma forma, se compara o cronograma de execução real da obra com previsões supostamente baseadas em construções anteriores. Relatou-se na resposta à pergunta 4.6 que houve atraso de dois meses para liberação de documentos pela prefeitura, além de atraso de um mês na execução da obra devido a problemas com sincronização das equipes de trabalho.

Esse erro poderia ser atenuado com o uso do BIM 4D, que permite identificação prévia de conflitos e problemas na fase de construção, podendo-se antecipar suas soluções e minimizar imprevistos inerentes à execução da obra; além de auxiliar no planejamento, tornando eficaz o cumprimento de prazos.

Na pergunta 4.7, quando questionados sobre os aspectos de aperfeiçoamento dos projetos para melhor obtenção da extração de quantitativos, orçamentação e planejamento, os profissionais indicaram que tudo poderia ser melhor, pois essas informações praticamente não foram obtidas a partir dos projetos, mas sim por meio de previsões baseadas em experiências anteriores. Provavelmente isso não tenha ocorrido inclusive por serem processos que demandam muito tempo no método tradicional e implicam gastos. Em resposta à pergunta 4.7.b, o Gerente aponta que o projeto não vem com a relação de

quantitativos para que seja feita a orçamentação. E na resposta da Arquiteta 1 à pergunta 4.7.c, compreende-se que o processo de projeto foi realizado paralelamente ao processo de execução, ou seja, as obras foram iniciadas antes da finalização do projeto executivo, ressaltando que essa metodologia só permite detectar muitas das incompatibilidades com a obra já em execução, geralmente quando as estruturas já estão executadas.

Tal fato explicita que o uso do BIM ajudaria a empresa a implantar processos que ainda nem são feitos, pois apresentaria facilidades que poderiam incentivar os profissionais envolvidos a terem uma melhor previsão nas quantidades, nos orçamentos e no planejamento, a fim de reduzir desperdícios de materiais, mão de obra e tempo, minimizar os custos e melhorar a qualidade da edificação.

## 7 - CONCLUSÕES

A finalidade do presente trabalho foi comparar o processo de elaboração de projetos de edificações feito com ferramentas BIM em relação ao uso da metodologia tradicional (com ferramentas CAD). Tal objetivo foi alcançado através da análise das percepções de profissionais que trabalham com projetos feitos de forma tradicional, e da ilustração de algumas vantagens do processo de projeto com BIM. Ambos contribuíram positivamente para os resultados encontrados, ao quais foram fundamentais para a constatação de ideias levantadas na literatura.

Foi possível avaliar a metodologia BIM como promissora na construção civil, visto que esta se mostrou uma boa alternativa para solução de alguns problemas encontrados nas tradicionais práticas de projeto, como a fragmentação, deficiência de informações e incompatibilidade interdisciplinar.

Em relação ao estudo de caso, observou-se que o uso do BIM é uma via de implementação de processos que a empresa ainda não adota, ou seja, a ferramenta em questão viabiliza geração de documentos mais consistentes (como a planilha orçamentária, tabela de quantitativos, cronograma de obra, relatório de interferências, entre outros), que hoje não são produzidos pela empresa, mas que fazem grande diferença nas etapas de construção.

Ao se comparar as respostas dos questionários com o modelo gerado, constataram-se principalmente os benefícios do BIM (item 3.4) e seus desafios para implementação (item 3.8), ou seja, o estudo de caso serviu para comprovar e ilustrar o que foi revisado na bibliografia.

Tais constatações são importantes para esclarecer aos profissionais da construção civil sobre a importância de se abrir espaço para essa nova ferramenta, que auxilia não somente na etapa de projeto, como também nos processos seguintes da construção. Ficou explícito que, hoje, os benefícios do BIM ainda não são conhecidos claramente, e ainda há grande resistência à sua adesão. No entanto, é necessário que isso mude, pois, o estudo mostra que em breve a metodologia BIM deverá ser obrigatoriamente aplicada em projetos de arquitetura e engenharia para obras públicas no Brasil.

Sugere-se que sejam realizados alguns estudos para contribuírem na comprovação prática de aspectos da metodologia BIM, como por exemplo a comparação do tempo de elaboração dos projetos feitos pelo mesmo profissional com a metodologia tradicional e BIM, com nível de

treinamento razoável em ambas. Outro estudo que poderia ser feito é o de como propagar os benefícios do BIM e algumas dicas práticas para sua implementação, nas universidades, empresas e órgãos públicos.

O trabalho teve grande relevância, pois foi fundamental para aprofundar os conhecimentos teóricos sobre projetos de edificações, desenvolver habilidades práticas na elaboração de projetos com ferramentas BIM, e tomar ciência do mercado atual através do contato com profissionais atuantes na área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI. *Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC - Guia 1 – Processo de Projeto BIM*. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017. 82 p.
- ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2019. Disponível em <<https://www.abdi.com.br/postagem/modelagem-bim-e-alternativa-para-reverter-cenario-atual-da-construcao-civil>>. Acesso em: 18 Junho 2019.
- ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2019. Disponível em <<https://www.abdi.com.br/postagem/30-encontro-bim-de-governos-latino-americanos-no-uruguai>>. Acesso em: 18 Junho 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ABNT NBR 16636-1:2017: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Parte 1: Diretrizes e terminologia: Referências. Rio de Janeiro, p. 19. 2017.
- BARONI, Larissa L. Os desafios para implementação do BIM no Brasil. *Revista Construção Mercado*. São Paulo: Pini, ed, v. 115, 2011.
- BARRETO, B. V., et al. *O BIM no cenário de arquitetura e construção civil brasileiro*. Artigo da graduandos em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- BRASIL. Decreto n. 9.983, de 22 de ago. de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling, Brasília,DF, ago 2019.
- BREDER, M. D., LIMA, N. B. V., RIBEIRO, S. E. C. *Conhecimento e estimativa do uso do BIM pelos profissionais atuantes das indústrias AEC no Brasil*. Artigo da graduandos em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- BRITO, A. N. *Avaliação da modelagem BIM 5D no orçamento de obras públicas*. 91 p. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.
- CARMO, C. S. T., ALMEIDA, G. Z. & SOUZA, L. L. *Gestão de projetos da construção civil com a metodologia BIM aplicada: Estudo de caso*. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(2): 107-119, 2019.

CARVALHO, P. M. P. *Análise estatística do estado de implementação da tecnologia BIM no setor da construção em Portugal*. 92 p. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em engenharia civil – especialização em construções, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2016.

CBIC. *10 Motivos para evoluir com o BIM*. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 28 p.

CBIC. *Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1: Fundamentos BIM*. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 124 p.

CBIC. *Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.2: Implementação BIM*. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 72 p.

CHECCUCCI, Érica de Sousa. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019008, fev. 2019.

CORDEIRO, R. H. N. *Sistematização do fluxo de informações no processo de projeto de edificações em empresas construtoras e incorporadoras*. 203 p. Dissertação submetida como requisito para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil na área de Construção Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

COSTA, Eveline Nunes. Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. 2013.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2018. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/bim-no-dnit-1/estrategia-bim-br>>. Acesso em: 18 Junho 2019.

EASTMAN, C. et al. *Manual de Bim: Um Guia prático de Modelagem da informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores*. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FLORES, M. D. *Comparação das incompatibilidades de um projeto residencial unifamiliar elaborado em CAD 2D com a sua modelagem em BIM 3D*. 99 p. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017.

IFC. Instituto Federal Catarinense, 2018. Disponível em: <<http://ifc.edu.br/2018/01/26/fluxos-de-processos-coordenacao-de-projetos-de-obras/>>.

Acesso em: 19 Junho 2019.

MARIA, M. M. *Tecnologia BIM na Arquitetura*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

MARTINS, L. F. *Análise da representação gráfica de projetos civis com CAD, BIM e RA para identificar interferências de trabalho em projetos complementares*. 132 p. Qualificação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

MASOTTI, L. F. C. *Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil*. 79 p. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2014.

MDIC. *Estratégia BIM BR – Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling – BIM*. República Federativa do Brasil: *Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços*, 2018. 36 p.

MELHADO, S. B. (coord.) *Coordenação de projetos de edificações*. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MENEZES, G. L. B. B. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. Artigo apresentado nos cadernos de arquitetura e urbanismo, v. 18, n. 22. IFRN (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte), Natal, 2011.

NETO, L. C., TAVEIRA, A. P., MOREAU, N. *Desenvolvimento de projeto de edificação – Um estudo comparativo nas plataformas CAD e BIM*. Iberoamerican Journal of Project Management, Belo Horizonte, MG, Brazil, ISSN 2346-9161. Vol.8, No.2, A.E.C., pp.31-48. 2017.

NETTO, A. C., CARRION, C. W., MORENO, M. C. *Modelo de gestão de qualidade na construção integrando o projeto e a análise de investimentos*. XI SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2004.

NUNES, G. H.; LEÃO, M. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM Comparative study of design tools-the traditional CAD and BIM modeling. *Revista de Engenharia*, n. 55, p. 47-61, 2018.

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

SANTOS, A. P. L., ANTUNES, C. E. e BALBINOT, G. B. *Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM*. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianopolis, SC, Brazil, v. 6, n. 12, p. 134155, 2014.

SEAP. Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio. *Manual de Obras Públicas-Edificações – Projeto*. Governo Federal. Disponível em <[http://www.comprasnet.gov.br/publicacoes/manuais/manual\\_projeto.pdf](http://www.comprasnet.gov.br/publicacoes/manuais/manual_projeto.pdf)>. Acesso em: 20 Junho 2019.

SILVA, Jorge Luiz da; COMPARIM, Leonardo Luis. Estudo de caso: análise comparativa de orçamento e planejamento de uma residência familiar utilizando as ferramentas AutoCad e Revit. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SINAECO. Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva, 2018. Disponível em <[sinaenco.com.br/noticias/era-bim-nos-empreendimentos-publicos/](http://sinaenco.com.br/noticias/era-bim-nos-empreendimentos-publicos/)>. Acesso em: 14 Junho 2019.

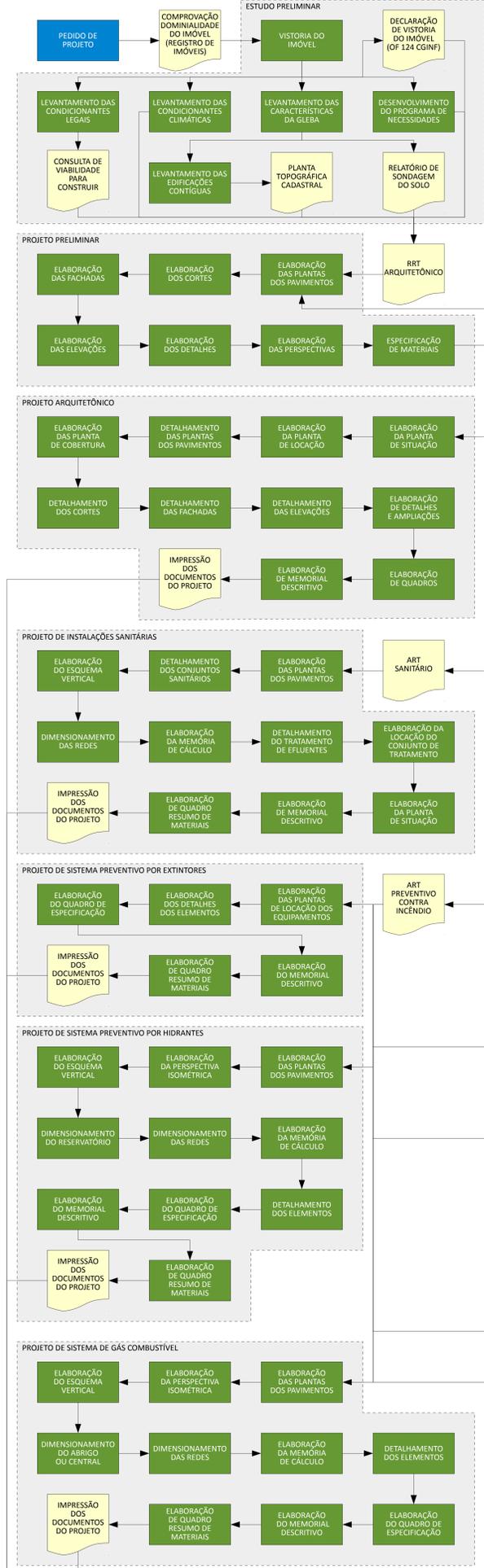
## **ANEXO A – FLUXOGRAMAS DE PROJETO BÁSICO JÁ EXISTENTES**

Para facilitar a visualização dos fluxogramas apresentados no item 4.2, o presente anexo se faz necessário, contendo dois documentos obtidos na literatura:

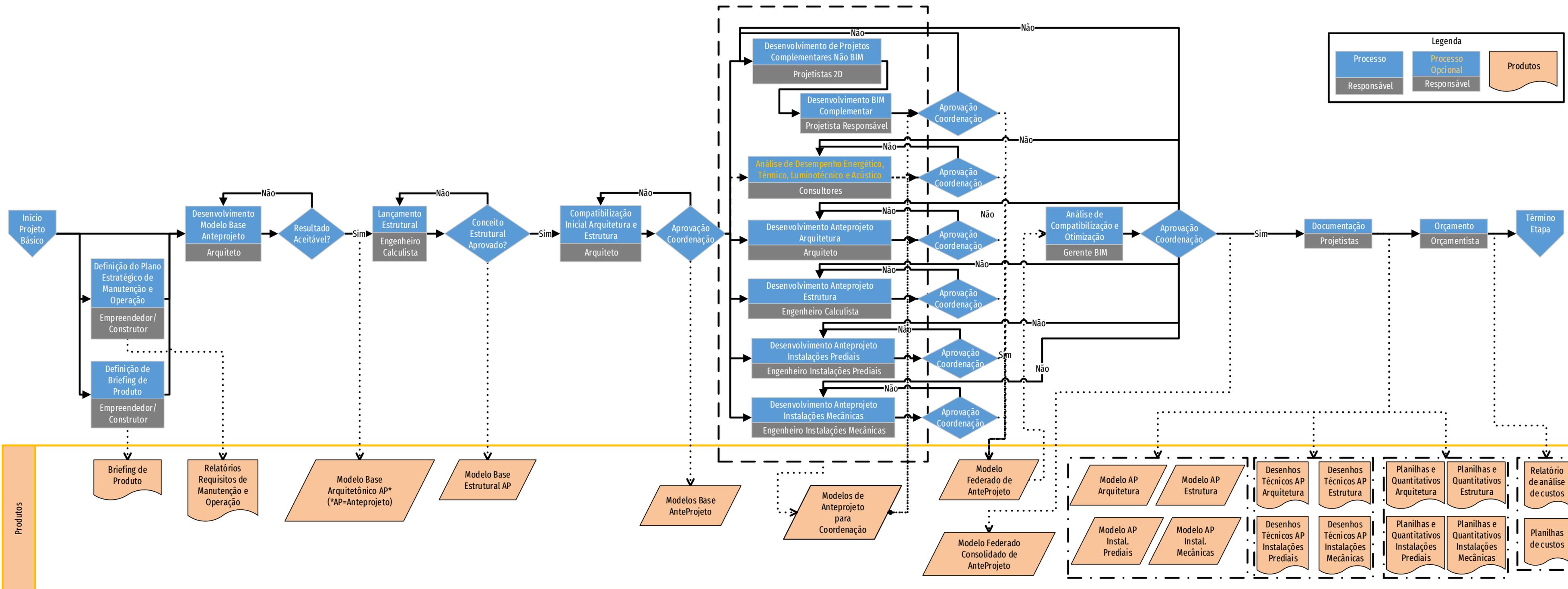
- Fluxograma de Projeto Básico no Método Tradicional. (FONTE: IFC, 2018).
- Fluxograma de Projeto Básico (Anteprojeto) na Metodologia BIM. (FONTE: ABDI, 2017).

# Fluxograma

Elaboração de projeto básico



Observação 01: Este fluxo considera as atividades mais comumente desenvolvidas dentro da elaboração de um projeto básico, podendo haver, dependendo da especificidade do objeto, outras atividades não descritas.  
Observação 02: Os documentos exigidos pelos órgãos municipais devem seguir a legislação local de cada projeto. As exigências de documentação e suas denominações podem variar de acordo com o município



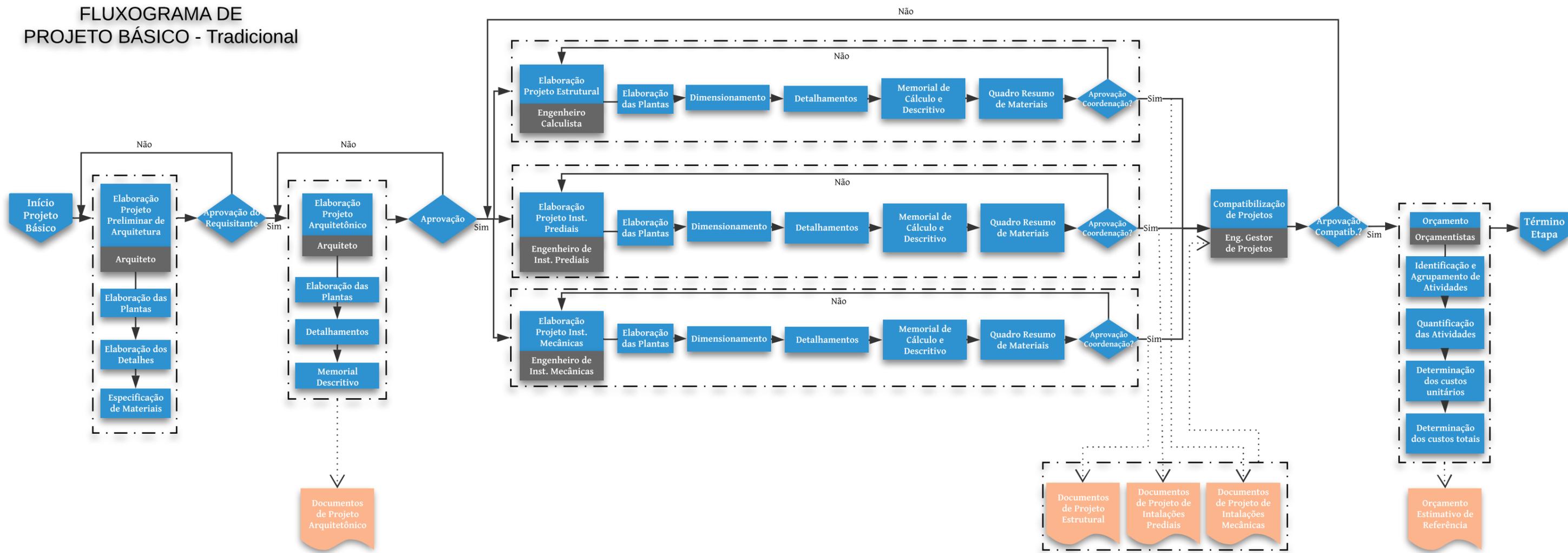
## **APÊNDICE A – FLUXOGRAMAS DE PROJETO BÁSICO ELABORADOS**

Para facilitar a visualização dos fluxogramas apresentados no item 4.2, o presente apêndice se faz necessário, contendo dois documentos gerados pelo autor:

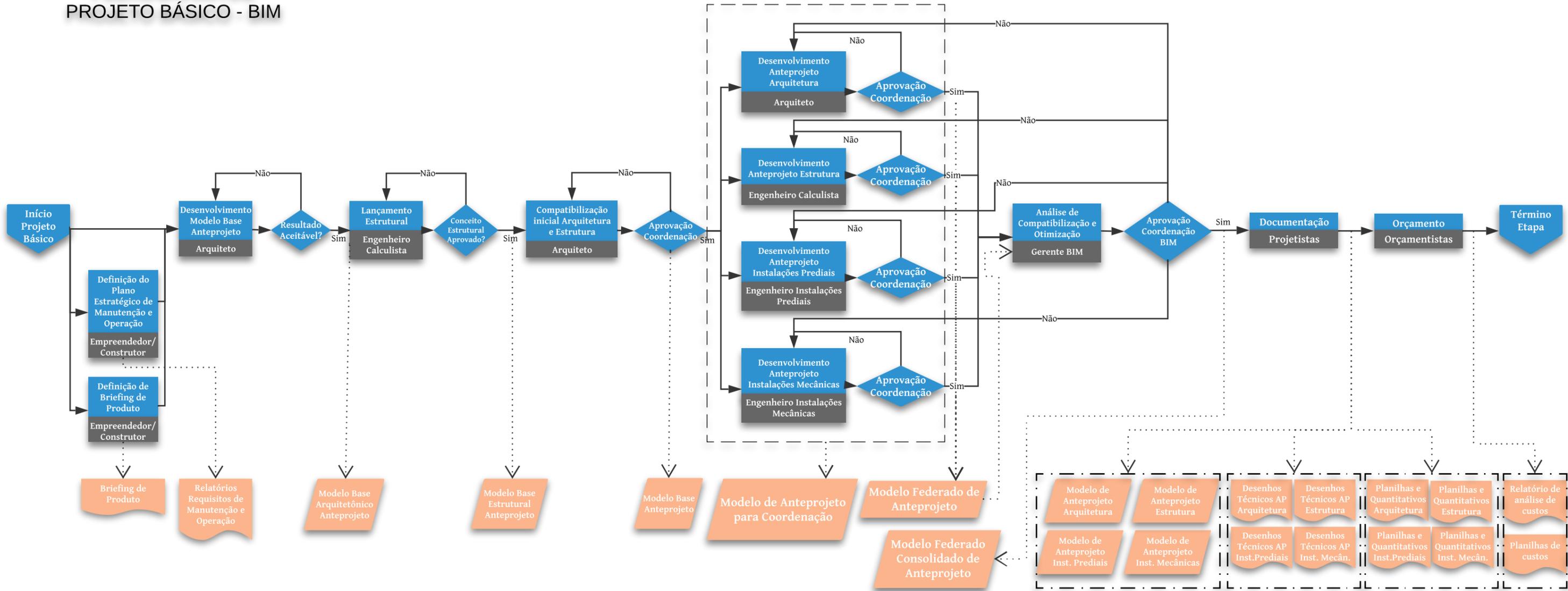
- Fluxograma de Projeto Básico - Método Tradicional - resumido. (FONTE: autor, adaptado de IFC, 2018).

- Fluxograma de Projeto Básico - Método BIM - resumido. (FONTE: autor, adaptado de ABDI, 2017).

# FLUXOGRAMA DE PROJETO BÁSICO - Tradicional



# FLUXOGRAMA DE PROJETO BÁSICO - BIM



## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIOS

O Apêndice B apresenta os questionários realizados com os profissionais para obtenção das análises necessárias.

### 1 - QUESTIONÁRIO GERAL

**Em relação à residência unifamiliar localizada em Formosa-GO:**

#### 1.1 - Quem foi o responsável pela elaboração dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, respectivamente?

Diretor: Arquiteta 1, Engenheiro eletricista 1 e Arquiteta 2 (interiores).

#### 1.2 - Quem foi o responsável pela compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações?

Diretor: Arquiteta 1 e Gerente.

#### 1.3 - Quem foi o responsável pelo controle de execução da obra?

Diretor: Arquiteta 1 e Gerente.

### 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE ELABORAÇÃO DOS PROJETOS

#### 2.1 - Qual projeto você realizou?

Arquiteta 1: Projetos de arquitetura, estrutural, elétrico e hidráulico.

Engenheiro eletricista 1: Ajustes no projeto elétrico.

Arquiteta 2: Projeto de interiores.

#### 2.2 - Quais ferramentas foram utilizadas para elaboração do projeto?

Arquiteta 1: Autocad e Eberick.

Engenheiro eletricista 1: Autocad.

Arquiteta 2: Autocad.

#### 2.3 - Há quanto tempo você usa tal (tais) ferramenta(s) para elaboração de projetos?

**Você considera que domina bem tal (tais) ferramenta(s)?**

Arquiteta 1: Há 8 anos. Considero que domino.

Engenheiro eletricista 1: Há 10 anos. Sim.

Arquiteta 2: Há 5 anos. Creio que posso aprimorar, mas tenho bom domínio.

#### 2.4 - Quanto tempo aproximadamente (em horas) foi necessário para a elaboração do projeto?

Arquiteta 1: Se estiver por conta somente deste projeto, 2 dias os projetos completos (arquitetura, elétrico, hidráulico e estrutural)

Engenheiro eletricista 1: como foram apenas ajustes, foi necessário apenas 1 dia.

Arquiteta 2: Demorei 1 semana. Estava realizando outros projetos simultaneamente.

**2.5 - Qual o seu custo com a elaboração do projeto?**

Arquiteta 1: Pagamentos dos desenhistas.

Engenheiro eletricista 1: Os ajustes não foram cobrados.

Arquiteta 2: as horas trabalhadas, inclusas no pró-labore, além do custo do softwre.

**2.6 - A(s) ferramenta(s) é(são) satisfatória(s) para as necessidades de elaboração do projeto?**

Arquiteta 1: Sim.

Engenheiro eletricista 1: Sim.

Arquiteta 2: Sim, mas já estou em busca de ferramentas mais modernas, que já ouvi dizer que são melhores.

**2.7 - Em que aspectos a(s) ferramenta(s) utilizada(s) poderia(m) melhorar para qualificar a elaboração do projeto?**

Arquiteta 1: mais softwares brasileiros e qualificação com apresentação com mais facilidade.

Engenheiro eletricista 1: mais automatismo. Há ferramentas melhores para dimensionamento.

Arquiteta 2: maior rapidez.

**2.8 - Você foi envolvido na coordenação dos projetos (arquitetônico, estrutural e de instalações)? Caso não tenha sido, foi procurado pelo responsável pela coordenação dos projetos?**

Arquiteta 1: Sim.

Engenheiro eletricista 1: Não.

Arquiteta 2: Não.

**2.9 - Você foi envolvido no controle de execução da obra? Caso não tenha sido, foi procurado pelo responsável pelo controle de execução da obra?**

Arquiteta 1: Sim.

Engenheiro eletricista 1: Não

Arquiteta 2: Fui procurada pelo gerente em relação a necessidades durante a obra.

**3 - QUESTIONÁRIO SOBRE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS**

**3.1 - Em relação à visualização dos projetos, você ficou satisfeito com os projetos apresentados?**

Arquiteta 1: Sim.

Gerente: Sim. Seria melhor se fosse apresentada a vista em 3D do projeto, pois esta só foi apresentada depois da renderização, para mostrarmos os clientes.

**3.2 - Em relação às informações contidas nos projetos, você ficou satisfeito com os projetos apresentados?**

Arquiteta 1: Sim.

Gerente: Algumas informações estavam confusas: problemas na especificação do assentamento de cerâmicas. O projeto não foi entregue em tamanho satisfatório para visualização adequada das informações.

**3.3 - Como foi feita a compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações?**

Arquiteta 1: Desenvolveu-se o projeto de arquitetura e passamos para o projeto estrutural, mas algumas alterações foram realizadas no arquitetônico. Posteriormente, foram feitos ajustes nas instalações hidráulicas e elétricas, por causa do estrutural.

Gerente: Foi feita de forma visual.

**3.4 - Quanto tempo foi gasto na compatibilização dos projetos?**

Arquiteta 1: 10 dias.

Gerente: A compatibilização foi feita ao longo da própria execução da obra.

**3.5 - Houveram interferências (incompatibilidades) encontradas entre os projetos? Em que quantidade?**

Arquiteta 1: Sim.

Gerente: Sim. Em pequena quantidade.

- Projeto de interiores com incompatibilidades em relação ao projeto elétrico (tomadas).

- Cano de águas pluviais não foi compatível com o projeto arquitetônico.

**3.6 - Foi realizada a correção das interferências? Caso tenha sido, você foi o responsável pelas correções? Caso tenha sido, quanto tempo foi necessário para realizá-las?**

Arquiteta 1: Foi realizada, pois precisamos alterar estrutural e com isso arquitetônico e instalações. Foi necessário 1 dia.

Gerente: Sim, porém depois de arrumadas na obra.

Não fui o responsável. As soluções foram encontradas juntamente com mestre de obras, e depois o projetista realizou as correções.

**3.7 - Em que aspectos a identificação e correção das incompatibilidades poderia ser melhor e mais fácil?**

Arquiteta 1: Primeiro penso que precisa finalizar o projeto arquitetônico; depois um prazo de 15 dias para estrutural e instalações e a partir daí iniciar a obras.

Gerente: Não precisa melhorar. O tempo gasto para correção é pequeno.

Não gostaria de pagar mais caro por um software que realize compatibilizações, considerando o volume de casas construídas (que é pequeno).

**3.8 - Você foi envolvido no controle de execução da obra? Caso não tenha sido, foi procurado pelo responsável pelo controle de execução da obra?**

Arquiteta 1: Sim

Gerente: Sim.

#### **4 - QUESTIONÁRIO SOBRE EXECUÇÃO DA OBRA**

**4.1 - Em relação à visualização dos projetos, você ficou satisfeito com os projetos apresentados?**

Arquiteta 1: Sim.

Gerente: Sim.

**4.2 - Em relação às informações contidas nos projetos, você ficou satisfeito com os projetos apresentados?**

Arquiteta 1: Sim.

Gerente: Como dito anteriormente, os projetos estavam em tamanho ruim para entendimento de algumas informações.

**4.3 - Foram necessárias muitas correções na obra em relação ao projeto (por falta de clareza quanto à visualização e informações de projeto)? Em que quantidade?**

Arquiteta 1: Não.

Gerente: Sim. Por volta de 3 erros.

**4.4 - A extração de quantitativos feita a partir do projeto foi compatível com a demanda de materiais real da obra?**

Arquiteta 1: Sim.

Gerente: Não houve incompatibilidades, pois o pedido de materiais era feito de acordo com as demandas na obra. Primeiro compra-se menos do que é necessário (calcula para baixo), e quando vai finalizando o serviço, vai pedindo aos poucos.

- Houve um erro de cálculo somente no piso, que faltou e foi necessário comprar o dobro.

**4.5 - A orçamentação feita a partir do projeto foi compatível com os gastos finais da obra?**

Arquiteta 1: Acredito que sim.

Gerente: Sim. Foi gastando-se de acordo com o que a empresa poderia gastar.

Só o ferro e o piso que estavam mais caros que o previsto.

**4.6 - O planejamento feito a partir do projeto foi compatível com o cronograma de execução da obra?**

Arquiteta 1: Não.

Gerente: Não. Houve atrasos devido à sincronização das equipes de trabalho e dependência de liberação da prefeitura (alvará e habite-se).

Houve atraso de 1 mês na execução da obra.

Houve atraso de 2 meses para a liberação de documentações por parte da prefeitura (demorou além do previsto, de acordo com experiências anteriores).

**4.7 - Em que aspectos os projetos poderiam melhorar para:**

**a) melhor extração de quantitativos?**

Arquiteta 1: sim e necessário pra uma boa obra e andamento da mesma

Gerente: O projeto não vem com a relação de quantitativos.

O engenheiro realiza a extração visualmente.

**b) melhor orçamentação?**

Arquiteta 1: orçamento detalhado pra que seja cumprido os prazos

Gerente: O projeto não vem com a relação de quantitativos para orçamentação.

O engenheiro realiza a extração visualmente, e liga nas lojas.

**c) melhor planejamento?**

Arquiteta 1: melhor planejamento quanto datas de entrega de projeto executivo para iniciar obra.

Gerente: Tudo.

**d) maior facilidade e precisão na execução da obra?**

Arquiteta 1: -

Gerente: Nesse aspecto o projeto é bom.