

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CAMPUS MACAÉ

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MURILLO BIRCHLER XAVIER

**QUADRO COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS DE PROJETO DE  
CONSTRUÇÃO: CAD (*COMPUTER AIDED DESIGN*) E BIM (*BUILDING  
INFORMATION MODELING*)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MACAÉ - RJ

2017

QUADRO COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS DE PROJETO DE  
CONSTRUÇÃO: CAD (*COMPUTER AIDED DESIGN*) E BIM (*BUILDING  
INFORMATION MODELING*)

Murillo Birchler Xavier

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé como parte dos requisitos necessários à conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Bruno Barzellay  
Ferreira da Costa

Coorientador: Prof. Msc. Leandro Tomaz  
Knopp

Macaé – RJ

2017

**QUADRO COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS DE PROJETO DE  
CONSTRUÇÃO: CAD (*COMPUTER AIDED DESIGN*) E BIM (*BUILDING  
INFORMATION MODELING*)**

Murillo Birchler Xavier

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CAMPUS MACAÉ, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

---

Bruno Barzellay Ferreira da Costa  
Prof. Titular, UFRJ/Macaé (Orientador)

---

Leandro Tomaz Knopp  
Prof. Adjunto, UFRJ/Macaé (Coorientador)

---

Rafael Malheiro Ferreira  
Prof. Titular, UFRJ/Macaé

MACAÉ, RJ – BRASIL

JANEIRO de 2017

Xavier, Murillo Birchler

Quadro Comparativo Entre Metodologias de Projeto de Construção: CAD (*Computer Aided Design*) e BIM (*Building Information Modeling*) / Murillo Birchler Xavier. – Macaé: UFRJ / Engenharia Civil, 2017.

XIII, 77. il.; 29,7 cm.

Orientador: Prof. Msc. Bruno Barzellay Ferreira da Costa.

Coorientador: Prof. Msc. Leandro Tomaz Knopp.

Projeto de Graduação – UFRJ / Macaé / Curso de Engenharia Civil, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 73-77

1. Introdução. 2. Objetivos. 3. Justificativa 4. Metodologia de Pesquisa. 5. Histórico da Metodologia BIM. 6. Definição de Projeto. 7. Análise de Caso. 8. Análise dos Resultados.

I. Costa, B. B. F. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé, Curso de Engenharia Civil. III. Quadro Comparativo Entre Metodologias de Projeto de Construção: CAD (*Computer Aided Design*) e BIM (*Building Information Modeling*).

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre buscou alimentar os meus sonhos, tornando possível o cumprimento desta etapa da minha vida. Em especial à minha mãe Célia, minha avó Clara e minha irmã Amanda por todos esses anos de apoio, sem vocês nada seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, por todo o amor e incondicional apoio, nomeadamente à minha mãe Célia, por possibilitar que o sonho de me tornar engenheiro se realizasse, à minha avó Clara, por todo carinho, amizade e conselhos, e ao meu tio Robson e tia Adriana, por toda a inspiração e ajuda.

Agradeço à minha namorada Melissa, por ter me aguentado todo esse tempo, que ficando ao meu lado e apoiando minhas decisões, mesmo que em momentos difíceis.

A todos os meus amigos que encontrei ao longo deste curso, que sempre estavam presentes para ajudar, estudar, ou nos momentos de lazer, em especial Alessandro, Diego, Miguel, Renan e Zebral, sem vocês essa trajetória não teria o mesmo brilho.

A todos os meus amigos de Vitória, por mostrar que a verdade amizade não se perde, apesar da distância e o passar do tempo.

Aos meus orientadores Bruno Barzellay e Leandro Knopp, pela paciência e por todos os meses de desenvolvimento deste trabalho, mostrando grande dedicação, empenho e competência para que o mesmo pudesse ser concluído.

A todos os meus professores do ciclo básico da UFRJ Macaé, por proporcionarem o aprendizado de excelência que me permite conferir grau como engenheiro.

Obrigado.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil / UFRJ – Campus Macaé, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

**QUADRO COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS DE PROJETO DE CONSTRUÇÃO: CAD (COMPUTER AIDED DESIGN) E BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)**

Murillo Birchler Xavier

Janeiro / 2017

Orientador: Bruno Barzellay Ferreira da Costa

Ao longo do trabalho, serão apresentados aspectos referentes à aplicação da metodologia BIM na elaboração de projetos de infraestrutura civil, além de seu papel na integração entre as diversas disciplinas envolvidas, como os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, suas influências no gerenciamento e desenvolvimento do projeto, e será traçado um comparativo à metodologia comumente utilizada. Serão estudados projetos técnicos baseados tanto na metodologia convencional, quanto na metodologia BIM, utilizando, assim, *softwares* que suportam tais tecnologias. Ao fim, identificar possíveis incompatibilidades durante o processo de desenvolvimento e propor correções, traçar cronograma de elaboração do projeto e, finalmente, criar um quadro comparativo com análises, vantagens e desvantagens a respeito da utilização de ambas as metodologias, CAD e BIM.

Palavras chave: CAD, BIM, Computer Aided Design, Building Information Modeling, projeto de construção, gerenciamento de projeto, integração de dados, modelagem, compatibilização.

Abstract of Undergraduate Project presented to Curso de Engenharia Civil / UFRJ – Campus Macaé, as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Civil Engineer.

**COMPARATIVE TABLE BETWEEN METHODOLOGIES OF CONSTRUCTION PROJECT: CAD (*COMPUTER AIDED DESIGN*) E BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*)**

Murillo Birchler Xavier

January / 2017

Advisor: Bruno Barzellay Ferreira da Costa

Throughout the work, will be presented aspects concerning the application of BIM methodology in the development of infrastructure projects, and your importance in the integration of the various disciplines involved, such as architectural, structural and facilities projects, as well their influences on the project management and development, always doing a comparison to the methodology commonly used. It is also described the technical development project relying both on conventional methodology, as in BIM, thereby using software that supports these technologies. At the end, integrate all projects in a single one, identifying possible incompatibilities during the development process, propose corrections, tracing the project design schedule, and ultimately create a comparative table with analysis, advantages and disadvantages regarding the use of both methodologies, CAD and BIM.



Keywords: CAD, BIM, Computer Aided Design, Building Information Modeling, construction project, project management, data integration, modeling, compliance.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5.1 – DINÂMICA DA METODOLOGIA BIM.....	25
FIGURA 5.2 – CICLO DE VIDA DE UM EMPREENDIMENTO TÍPICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
FIGURA 5.3 – MODELOS BIM DESENVOLVIDOS PARA A GESTÃO DAS ETAPAS DO CICLO DE VIDA DO EMPREENDIMENTO.....	27
FIGURA 5.4 – ESTÁGIOS DE EVOLUÇÃO DO BIM.....	35

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DO BIM.....	28
TABELA 2 – TEMPO DE EXECUÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO (PRANCHA 01/04).....	55
TABELA 3 – TEMPO DE EXECUÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO (PRANCHA 03/04).....	56
TABELA 4 – TEMPO DE EXECUÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO (PRANCHA 04/04).....	57
TABELA 5 – TEMPO DE EXECUÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO (PRANCHAS 01/02 A 04/04).....	57
TABELA 6 – TEMPO DE EXECUÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL (PRANCHAS 01/02).....	59
TABELA 7 – TEMPO DE EXECUÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL (PRANCHAS 02/02).....	59
TABELA 8 – TEMPO DE EXECUÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL (PRANCHAS 01 E 02/02).....	59
TABELA 9 – TEMPO DE EXECUÇÃO DE PLANTA A PARTIR DE PAREDES DO TÉRREO.....	62
TABELA 10 – TEMPO DE EXECUÇÃO DAS ESQUADRIAS, NÍVEIS INTERMEDIÁRIOS E PISOS.....	62
TABELA 11 – TEMPO DE EXECUÇÃO DA PLANTA A PARTIR DE PAREDES DO PRIMEIRO PAVIMENTO.....	63

TABELA 12 – TEMPO DE EXECUÇÃO DA ESCADA E DO TELHADO.....	63
TABELA 13 – TEMPO DE EXECUÇÃO DE FORROS, LUMINÁRIAS E LOUÇAS SANITÁRIAS.....	64
TABELA 14 – TEMPO GASTO EM DIVERSAS ETAPAS DO PROJETO ESTRUTURAL.....	65
TABELA 15 – TEMPO GASTO NA COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS 2D E 3D.....	67
TABELA 16 – TEMPO UTILIZADO COM A METODOLOGIA CAD.....	70
TABELA 17 - TEMPO UTILIZADO COM A METODOLOGIA BIM.....	70
TABELA 18 – REDUÇÃO DO TEMPO NA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM EM COMPARAÇÃO A METODOLOGIA CAD.....	71

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 GERAL .....	15
2.2 ESPECÍFICOS .....	15
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>16</b>
<b>4. METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	<b>18</b>
4.1 MATERIAIS .....	19
<b>5. HISTÓRICO DA METODOLOGIA BIM</b> .....	<b>20</b>
5.1 O QUE NÃO É BIM .....	21
5.2 CONCEITUAÇÃO .....	22
<b>5.2.1 Ciclo de vida de um empreendimento típico da construção civil</b> .....	<b>24</b>
<b>5.2.2 Benefícios da metodologia BIM</b> .....	<b>27</b>
<b>5.2.3 Interoperabilidade e IFC</b> .....	<b>32</b>
<b>5.2.4 <i>Integrated Project Delivery</i> (IPD)</b> .....	<b>33</b>
5.3 IMPLANTAÇÃO .....	33
<b>5.3.1 Estágios</b> .....	<b>34</b>
<b>5.3.2 Gerações</b> .....	<b>35</b>
<b>5.3.3 Desafios e dificuldades na implantação</b> .....	<b>37</b>
5.4 O BIM NO BRASIL .....	38
<b>6. DEFINIÇÃO DE PROJETO</b> .....	<b>41</b>
6.1 ETAPAS DE PROJETO .....	42
6.2 COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO .....	45

6.3 CONTROLE .....	46
6.4 BIM NA INFRAESTRUTURA CIVIL .....	47
6.5 FERRAMENTAS .....	48
<b>6.5.1 Revit.....</b>	<b>49</b>
<b>7. ANÁLISE DE CASO .....</b>	<b>52</b>
7.1 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO EXPOSTIVO.....	52
7.2 METODOLOGIA CAD ( <i>COMPUTER AIDED DESIGN</i> ).....	53
<b>7.2.1 Desenvolvimento do projeto arquitetônico.....</b>	<b>54</b>
<b>7.2.2 Modelagem do projeto estrutural.....</b>	<b>57</b>
7.3 METODOLOGIA BIM ( <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> ).....	60
<b>7.3.1 Modelagem do projeto arquitetônico.....</b>	<b>60</b>
<b>7.3.2 Modelagem do projeto estrutural.....</b>	<b>64</b>
7.4 COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS ARQUITETÔNICOS E ESTRUTURAIS .....	65
<b>8. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
8.1 ESTUDO DE CASO .....	69
8.2 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	71
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>

## 1. INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

Analisando uma obra de construção civil, é facilmente perceptível que o fluxo de informações é um item extremamente essencial para o desenvolvimento físico financeiro da mesma. Tais informações devem ser confiáveis e estar disponíveis para que haja o correto funcionamento da obra.

Na prática atual, entretanto, é comum que as diversas partes de um determinado projeto estejam em separado, normalmente as disciplinas de arquitetura, estruturas, fundações e instalações, por exemplo, são desenvolvidas por equipes distintas.

Além do fato supracitado, junto ao advento dos computadores e sistemas CAD (*Computer Aided Design*) e à velocidade com que os projetos começaram a ser desenvolvidos, surgiram graves problemas de compatibilização. Junto aos problemas de compatibilização, os projetos deveriam sempre fornecer subsídios ao canteiro de obras, com desenhos, detalhes e especificações de qualidade, possibilitando, assim, manter um cronograma melhor definido e preciso, minimizando possíveis custos adicionais e atrasos.

O surgimento de uma nova tecnologia, BIM (*Building Information Modeling*), pôde oferecer uma plataforma com maior versatilidade, em que toda a integração do projeto possa ocorrer em único modelo central, onde cada equipe altera apenas seu escopo, portanto, não há necessidade de compatibilização entre diversos projetos distintos, diminuindo a possibilidade de atrasos no seu desenvolvimento.

O conceito utilizado na metodologia BIM também faz com que os componentes da equipe tenham acesso a informações mais rapidamente e com elevado grau de confiabilidade. Por ser uma ferramenta gráfica, o entendimento geral do projeto é intuitivo, tanto em relação à execução, quanto ao planejamento das atividades envolvidas.

A metodologia será destrinchada, dando foco à sua aplicação na construção civil, e abordada a partir do desenvolvimento de um pequeno projeto, servindo como material para um estudo de caso, que traça um quadro comparativo expondo vantagens, desvantagens e análises a respeito da tecnologia BIM em comparação à metodologia comumente utilizada.

## 2. OBJETIVOS

O trabalho tem como principal objetivo a apresentação de um estudo a respeito da metodologia BIM, como conceito, e a elaboração de projetos técnicos envolvidos na construção civil para uma edificação unifamiliar. Além de fornecer um estudo de caso visando comparar as etapas do projeto ao elaborá-lo utilizando a metodologia BIM como base, em relação ao mesmo projeto realizado com o uso da metodologia convencional.

### 2.1 GERAL

No trabalho em questão, é realizada uma análise a respeito dos aspectos referentes à tecnologia BIM, desde seu surgimento, contexto histórico à sua aplicação na elaboração de projetos de infraestrutura civil e seu papel na integração entre as diversas disciplinas envolvidas, tais como o projeto arquitetônico e estrutural.

### 2.2 ESPECÍFICOS

Exposição das etapas constituintes do processo construtivo de um projeto, com enfoque na área da construção civil no Brasil.

Contextualizar o histórico da tecnologia BIM, desde o seu surgimento à sua aplicação nos projetos de construção civil do país e do mundo, além da expectativa de sua utilização para o futuro.

Desenvolvimento de projetos técnicos utilizando tanto a metodologia convencional, quanto a tecnologia BIM fazendo uso de *softwares* que suportam tais tecnologias e integrar todos os projetos em um único arquivo.

Criar um quadro comparativo, realizando análises e citando vantagens e desvantagens na utilização de ambos os métodos, além de comparar suas influências no gerenciamento e desenvolvimento de projetos.

### 3. JUSTIFICATIVA

*Building Information Modeling*, em português Modelagem da Informação da Construção, ou simplesmente BIM, é um promissor desenvolvimento na indústria da engenharia e construção (EASTMAN, 2014).

Entre as vantagens da plataforma BIM, ante outros sistemas de gestão de projetos Justi, 2008, cita:

- Economia de tempo;
- Menos erros nos desenhos;
- Diminuição de custos;
- Maior produtividade;
- Maior qualidade de trabalho;
- Mais foco no projeto;
- Redução do retrabalho.

Somente na Inglaterra, são gastos cerca de 1 bilhão de Libras em correções de defeitos de construção causados por incoerências em projetos e instruções operacionais. Segundo o periódico britânico *The Guardian*, ineficiências, enganos e atrasos representam cerca de um terço dos gastos em construção nos EUA todos os anos (JUSTI, 2008).

A tecnologia BIM, mesmo que utilizada em larga escala por grandes companhias de engenharia, não é comumente abordada e conhecida no meio acadêmico, o que justifica a importância de uma análise como a do presente trabalho.



As grades curriculares das escolas de engenharia civil do país raramente apresentam inovadores recursos e metodologias que, por sua vez, poderiam auxiliar na elaboração dos projetos de engenharia.

Para demonstrar com mais clareza as mudanças introduzidas pela metodologia BIM, será realizada uma comparação da tecnologia em questão com os atuais métodos de construção distinguindo-o, principalmente, dos projetos que são auxiliados por computador, *Computer Aided Design*, mais conhecido como CAD.

Abordar os conceitos básicos de uma nova e revolucionária metodologia, e compará-la com a que é a mais difundida hoje, mostrando suas características e possíveis vantagens, é uma maneira de auxiliar profissionais e estudantes, que queiram ter uma referência inicial para o entendimento de BIM, uma vez que há escassez de referências bibliográficas nacionais a respeito.

#### 4. METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa para elaboração do projeto é fundamentada em diversas revisões bibliográficas em artigos, trabalhos e livros relacionados aos temas pertinentes. Também foram utilizadas normas técnicas, relatórios e manuais de *softwares* relevantes, além de materiais cedidos por profissionais que se utilizam da metodologia BIM.

Após o embasamento teórico, para demonstrar as diversas contribuições à produtividade ligadas a metodologia BIM, foi realizado um modelo no *software* Autodesk Revit, utilizando um projeto já construído como base.

Os projetos iniciais são em meio digital e modelaram-se os projetos arquitetônico e estrutural. Esses projetos serão desenvolvidos duas vezes, a primeira fazendo uso da metodologia CAD, com auxílio do *software Autodesk AutoCad*, e a segunda utilizando BIM, com o auxílio do *software Autodesk Revit*.

Ao longo de ambos os desenvolvimentos são realizadas análises virtuais para familiarização da arquitetura e concepção estrutural, além de terem seu tempo e custo envolvidos salvos. Tais informações servirão para extrair as informações que se fazem necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

Uma vez elaborados os projetos de arquitetura e estrutural a serem utilizados, os mesmos serão compatibilizados e caso apresentem alguma discrepância, serão corrigidos e passarão novamente pelo processo de compatibilização, chegando, assim, aos dois projetos finais.

A partir de relatórios gerados, que explicitam o cronograma e custo relacionado a todas as etapas do projeto, além de dificuldades encontradas, será traçado um quadro comparativo a respeito do estudo de caso em questão, apresentando, então, possíveis vantagens e desvantagens na utilização de ambos os métodos estudados. Todos os desenhos produzidos para a elaboração do projeto são apresentados em anexos ao fim do trabalho.

O estudo, tais quais, sua demonstração, execução e resultados são obtidos e demonstrados ao longo dos capítulos adiante, de maneira que haja uma conceituação teórica prévia a respeito da metodologia BIM, indicando sua aplicação no cenário atual, seu surgimento, além de expectativas para o futuro.

Para cumprir os objetivos descritos nos capítulos anteriores, não se faz preciso um projeto executivo complexo, tampouco extremamente detalhado, motivo pelo qual diversas ferramentas oferecidas pelos *softwares* não serão abordadas, assim como alguns conceitos explicitados na contextualização teórica não serão aplicados.

O nível de detalhes, assim como os objetos de estudo, conceitos aplicados e ferramentas utilizadas são apresentados ao longo do presente trabalho. A gama de *softwares* utilizados no estudo também pode ser considerada como uma limitação do projeto em questão, pois diversos programas fazem uso das metodologias aplicadas e descritas no trabalho, porém serão utilizados apenas dois, Autodesk AutoCAD e Autodesk Revit.

#### 4.1 MATERIAIS

A lista a seguir expõe todos os *softwares* utilizados para o desenvolvimento do projeto.

- *Autodesk AutoCAD 2017 (N.52.0.0) – Versão acadêmica.*
- *Autodesk Revit 2017 and Autodesk Revit LT 2017 – Versão acadêmica.*

## 5. HISTÓRICO DA METODOLOGIA BIM

*Building Information Modeling* é um termo citado, primeiramente, por Charles M. “Chuck” Eastman, professor da *University Carnegie-Mellon*, em 1975 no *AIA Journal*, referindo-se a um sistema onde todo o projeto, incluindo cronogramas, orçamentos e planejamento, seria integrado e toda intervenção seria repassada à todas as outras vistas ou projetos dependentes, podendo o cliente, ter acesso a um banco de dados único.

Eastman (1975) teria conceituado BIM como sendo um modelo digital que representa um produto, que, por sua vez, seria o resultado do fluxo de informações do desenvolvimento do seu projeto”. Ou seja, os dados gerados ao longo do desenvolvimento do projeto devem representar seu produto, como de fato, seria construído na realidade.

A tecnologia BIM busca modelar o ciclo de vida de uma edificação apresentando funções que buscam proporcionar a base para novas capacidades da construção e modificações nos papéis. Se implementado de maneira correta, a metodologia BIM pode facilitar o processo de integralização do projeto e da construção, reduzindo seus custos e prazo de execução.

Segundo Martins (2012), a metodologia pode ser expressa como um meio de descrever a capacidade que um determinado *software* pode oferecer, dessa forma, o

BIM pode não apresentar uma definição exata. Porém no meio acadêmico há diversas definições para a metodologia.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção, CBIC, em sua coletânea de implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, define o *Building Information Modeling* como uma nova plataforma da tecnologia da informação aplicada à construção civil que oferece novas funcionalidades aos processos atuais de construção a partir da união de diversas políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia de gerenciamento para o processo de projetar e simular a execução de uma edificação ou instalação, baseando-se em objetos virtuais.

Resumindo, uma única plataforma de informações pode atender todo o ciclo de vida de um objeto construído. O AIA, *American Institute of Architects*, afirma que o BIM é uma tecnologia que se baseia em um modelo associado a um banco de dados de informações a respeito de um projeto qualquer.

Embora o acesso da indústria da construção civil à ferramenta e sua nomenclatura, *Building Information Modeling*, podem ser considerados recentes, o conceito e a tecnologia vem sendo utilizadas há vários anos em indústrias onde há uma maior complexidade logística exigindo, assim, um maior investimento na área de desenvolvimento dos projetos e especificações.

De maneira resumida, a Autodesk (2016) define BIM como um modelo 3D inteligente que engloba arquitetura, engenharia e profissionais da área de construção com um conceito e ferramentas que aumentam a eficiência do planejamento, do design, da construção e do gerenciamento de edifícios e infraestrutura civil.

Ao fim, é extremamente válido citar que BIM é aplicável a todo o ciclo de vida de qualquer empreendimento, partindo da concepção, passando pelo desenvolvimento do projeto, até a entrega e ocupação da obra em questão. Dessa forma, a metodologia pode ser aplicada na gestão da ocupação e no gerenciamento da manutenção da edificação.

É possível concluir, então, que BIM é uma metodologia extremamente abrangente, dificultando a sua total compreensão e conceituação, assim como das suas novas formas de realização de processos.

## 5.1 O QUE NÃO É BIM

Antes de conceituar os principais pontos da tecnologia BIM, é necessário traçar uma barreira entre o que pode ser enquadrado na metodologia e o que não pode, pois, à medida que sua relevância no mercado cresce, surgem iniciativas que receberam a nomenclatura de *BIM wash*, iniciativas falsas e oportunistas que oferecem *softwares* com processos semelhantes à tecnologia real, mas que não se enquadram nos conceitos, tampouco apresentam as mesmas vantagens.

Existem cinco pontos que, segundo a CBIC, nos ajudam a distinguir BIM do *BIM wash*. O primeiro ponto trás o cuidado que se deve ter ao utilizar softwares que apresentam soluções que permitem unicamente a modelagem e visualização 3D não podem ser considerados BIM, pois nem tudo que é 3D é BIM.

Existem *softwares* no mercado que emulam modelos tridimensionais a partir de referências bidimensionais, tal técnica não pode ser considerada tecnologia BIM. Alguns *softwares* são capazes de desenvolver modelos tridimensionais, porém não fazem uso de objetos paramétricos e inteligentes, fazendo com que também não se enquadrem na metodologia em questão.

*Softwares* BIM atualizam automaticamente todas as vistas e relatórios de um mesmo projeto em desenvolvimento quando ocorre alguma revisão ou alteração. Caso o programa não seja capaz de realizar tal feito, o mesmo pode ser considerado *BIM wash*.

Por fim, *softwares* que não possuem a capacidade de atuar como gestor de banco de dados integrados não são BIM. Nas soluções que utilizam a metodologia, há a possibilidade de visualizar os dados do projeto na forma de planilhas, além de permitir que quaisquer alterações nestas tabelas reflitam automaticamente em todas as outras formas de visualização.

## 5.2 CONCEITUAÇÃO

Os avanços da era digital, ou era da informação, surgida em meados da década de 1980, permitiram com que procedimentos alcançassem novos níveis de complexidade.

Hoje, um projeto, pode possuir uma variedade de componentes e de sistemas maior do que ocorria ao longo da Revolução Industrial e do Modernismo, logo, se faz necessária uma melhor precisão em seus processos para minimizar os erros de projeto e futuras incoerências.

Para auxiliar o controle dos dados digitais que compõem os projetos mais complexos, é necessária a expansão do uso de tecnologias de informação, racionalizando, assim, o processo de desenvolvimento de projetos, mediante ao uso de novos conceitos, tais como 4D, que relaciona o 3D com o tempo, e 5D, que relaciona o 3D com o tempo e custos, para programar sequências de atividades relativas à construção.

A metodologia BIM é relacionada por Tse (2005) a um conceito denominado, pela *University of Stanford*, como nD, pois além de utilizar representações em 2D e 3D, também pode apresentar informações de custo, fabricante, manutenção e materiais, o que visa economia de tempo e custos juntamente a sustentabilidade e viabilidade técnica.

De acordo com Coelho (2008), os sistemas baseados em tecnologia BIM, por utilizarem um ambiente de modelagem 3D, são considerados evoluções do sistema CAD. Pode-se dizer, inclusive, que BIM é CAD, pois toda tecnologia de design assistida por computador pode ser considerada CAD.

Porém, o BIM, para Eastman (2011) é uma maneira diferenciada para criar e desenvolver projetos, pois faz uso de compartilhamento de dados e ciclo de vida da construção, o que afeta todas as partes interessadas no processo de desenvolvimento.

A extração automática de gráficos e de documentos é um dos princípios dos *softwares* que usam a tecnologia BIM, a qual deve processar um arquivo mestre, onde se permite agregar informações que possuem diversas finalidades. Isso pode fazer com que o processo de produção de projetos seja maximizado, pois permite ao projetista um maior controle sobre o projeto, em comparação à processos manuais e ao finaliza-lo, tem acesso a um banco de dados com todas as geometrias e informações necessárias para execução da obra.

Para Ribeiro (2010) e Florio (2007) o BIM apresenta mudanças consideráveis no método de desenvolvimento do projeto, pois apresenta novas metodologias que

permitem que todos os elementos da construção estejam interligados, logo, qualquer alteração no modelo é automaticamente atualizada em todos os arquivos relacionados, tornando possível a gestão coordenada entre projetistas, gerentes de construção, arquiteto e técnicos.

Segundo Eastman (2011), empresas que fazem a integração entre projeto e construção são capazes de coordenar todas as fases do projeto e incorporar o conhecimento de construção desde o início e dessa forma, são beneficiadas. A mudança mais significativa que a companhia encontra quando incorpora a tecnologia BIM é o uso de um modelo de construção compartilhado, usado como base para todo o processo de trabalho e para colaboração. Porém, tal implantação exige tempo e educação, pois no processo ocorre uma alteração significativa no processo de trabalho. Um plano de implantação é imprescindível antes do início da conversão.

Nos *softwares* que fazem uso da metodologia BIM, a visualização espacial é completa e o processo construtivo essencial para a modelagem. Sendo um processo automático, o usuário define a vista pretendida para que o modelo possa gerar os elementos 3D, sejam eles plantas, alçados, cortes ou outros elementos constituintes do projeto.

Nota-se, ainda, que a modelação cumpre determinadas normas paramétricas, onde todas as vistas são atualizadas em tempo real, proporcionando consistência do modelo criado.

Segundo Martins (2013) pode-se dizer que a visualização BIM tem capacidade que permitem uma percepção global do modelo ao de todo o ciclo de vida do edifício, muito mais próximo do produto final, além de possibilitar inspeções visuais, que podem comprovar manualmente erros de altimetria, de ligação, omissão ou sobreposição entre elementos.

A tecnologia BIM utiliza ferramentas de documentação de informação, as quais permitem que haja captura de todos os dados simultaneamente com a sua criação. Dessa forma, os mesmos são guardados e disponibilizados em qualquer altura do projeto, o facilita o recolhimento de informações de todos os elementos constituintes do empreendimento.

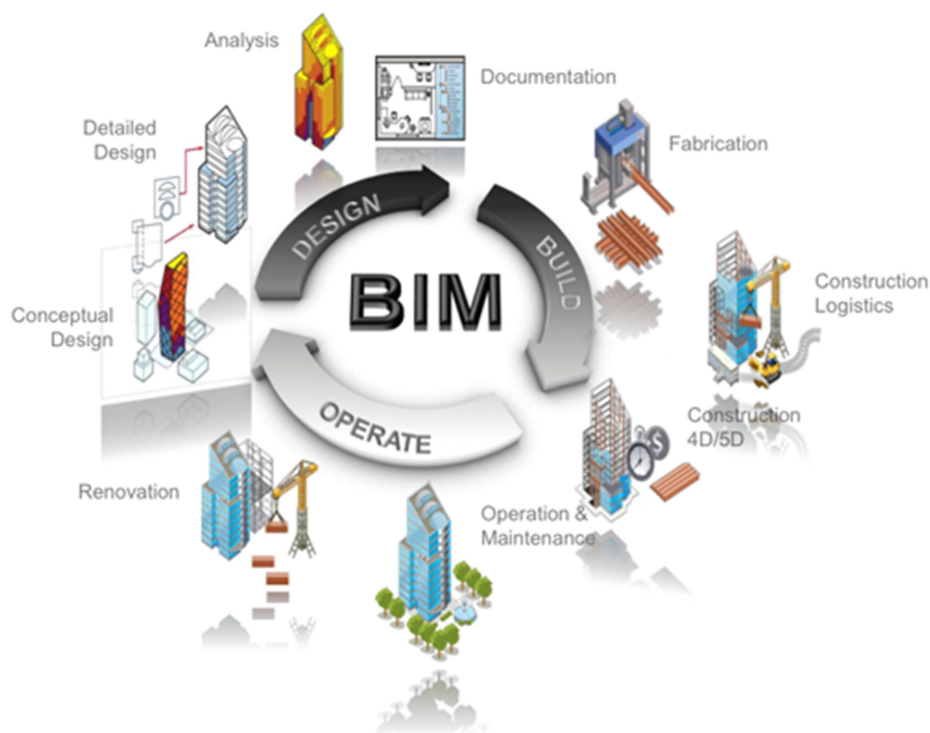


O BIM também impõe o desenvolvimento de novas formas de colaboração, produção e compartilhamento de informação.

A análise e atualização dos processos de modelagem se faz sempre necessária ao longo do projeto, sendo assim, a partilha de informação do modelo entre todos os colaboradores permite com que o trabalho seja todo realizado em uma mesma plataforma, conseqüentemente reduzindo possíveis erros e omissões provenientes de má interpretação, otimizando, assim, a harmonia do modelo à medida com que haja o acréscimo de dados.

### 5.2.1 Ciclo de vida de um empreendimento típico da construção civil

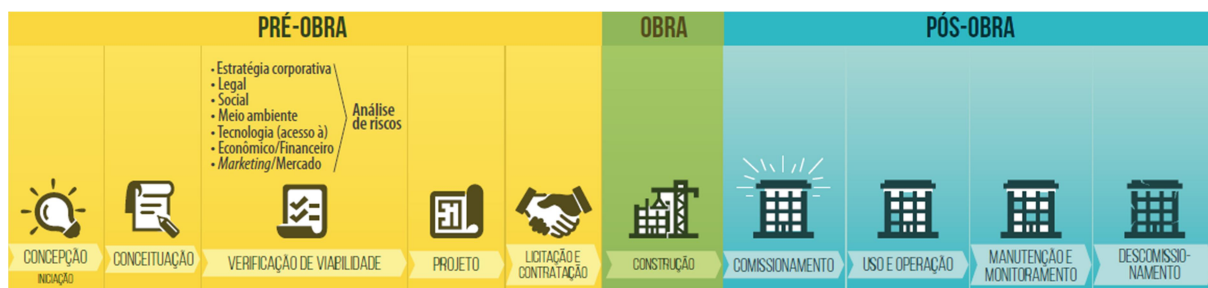
A Figura 5.1 demonstra a dinamicidade da metodologia BIM, onde é possível perceber que a mesma pode estar interligada em todas as etapas de um projeto, mesmo durante seu design, execução ou operação.



**Figura 5.1** – Dinâmica da metodologia BIM

**Fonte:** [www.channeltimes.com/story/pinnacle-embraces-autodesk-bim-solutions](http://www.channeltimes.com/story/pinnacle-embraces-autodesk-bim-solutions) (2016)

Ao traçar um paralelo com a Figura 5.2, abaixo, a qual traz uma



representação do ciclo de vida de um empreendimento típico da construção civil, é possível visualizar que a dinâmica da metodologia BIM, apresentado a cima, pode englobar os itens que compõem o ciclo de vida de uma construção.

**Figura 5.2** – Ciclo de vida de um empreendimento típico da construção civil

**Fonte:** Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1

Na etapa da pré-obra podem ser incluídas todas as atividades que precedem os serviços iniciais dos empreendimentos, abrange a concepção e a conceituação, assim como os estudos de viabilidade, da validação, análise de riscos, projetos, orçamentos e todo o processo de licitação.

A etapa de pós-obra é caracterizada pelas atividades relacionadas ao comissionamento do empreendimento concluído, ao seu uso, além da manutenção e o descomissionamento.

Toda edificação habitacional necessita estar de acordo com as exigências estabelecidas pela ABNT NBR 15575/2013, para isso, a vida útil do projeto deve ser estabelecida para diversos de seus subsistemas construtivos. O primeiro passo é definir as fases do ciclo de vida do empreendimento, porém, como o objetivo do presente trabalho é discutir a aplicação dos modelos da metodologia BIM, nem todas as fases são abordadas.

Na construção civil existem inúmeros formatos de contratação de negócios diferentes, porém para o desenvolvimento do trabalho será utilizado como base o apresentado na figura 5.2, acima. Cada disciplina envolvida no projeto desenvolve um modelo autoral com o objetivo de definir o empreendimento em si. Buscando uma solução equilibrada e consistente são usadas análises e simulações de desempenho entre tais modelos.

Os modelos autorais em BIM são normalmente desenvolvidos na fase de projeto, tendo todas as premissas e programa do empreendimento, desenvolvidas nas fases anteriores, como referência.

Ao utilizar ferramentas BIM ao desenvolver os conceitos do empreendimento ou sua viabilidade, os modelos já gerados podem ser as referências para o desenvolvimento dos projetos autorais, realizando, assim, trabalho colaborativo. O



## 5.2.2 Benefícios da metodologia BIM

Durante (2013) escreve que a característica que mais agrega vantagens aos modelos BIM, em comparação aos modelos comumente usados, é a parametricidade. Definindo parâmetros a um objeto qualquer, ao se alterar qualquer uma de suas características, a mudança se repete automaticamente em nos objetos semelhantes.

Este fato faz com que haja a possibilidade de se testar diversas alternativas e analisar seus efeitos na edificação em questão. Além de permitir a extração de informações simultaneamente.

No guia *BIM Handbook*, de Eastman *et al.* (2011), estão presentes os principais benefícios na utilização da metodologia. Tais benefícios são divididos em três etapas, pré, durante e pós construção. Na Tabela 1, abaixo, estão listados tais benefícios.

**Tabela 1** – Principais benefícios do BIM

Projeto	Pré-construção	Análise de viabilidade e <i>design</i> conceitual e estudos preliminares mais precisos e ricos.
		Melhora de performance e qualidade da construção através de simulações de diferentes alternativas.
		Viabilização da modalidade IPD.
		Colaboração entre projetistas ocorre mais cedo, evitando erros e omissões.
		Visualizações de <i>design</i> mais precisas e disponíveis mais cedo, durante o processo.
		Correções automáticas de detalhes.
		Geração automática de visualizações 2D.
		Fácil verificação dos requisitos e intenções do projeto.
		Extração de quantitativos e estimativas de custos mais precisas em qualquer estágio do projeto.
	Facilita análises, promovendo eficiência energética.	
Construção	Utilização do modelo como base para a manufatura dos componentes, possibilitando a automatização do	

Projeto		processo.
		Resposta rápida a mudanças de <i>design</i> na execução.
		Redução de retrabalhos.
		Sincronização do <i>design</i> com o planejamento de construção.
		Melhora da implementação de técnicas de <i>Lean Construction</i> .
	Pós-construção	As informações recolhidas podem ser entregues em um pacote com maior detalhamento.
		Promove melhor gestão e operação da edificação.
		Integração com sistemas automatizados de gestão e de operação de equipamentos.

**Fonte:** Autor

O BIM também permite o que pode ser chamado de rastreamento de informações, podendo encontrar e responsabilizar o agente responsável por cada decisão tomada ao longo do projeto.

A revista Construção Mercado (2011) publicou alguns resultados referentes a uma pesquisa, realizada em 2010 pelo instituto norte americano McGraw-Hill, onde diversos profissionais, que já trabalharam com BIM, citaram os aspectos positivos e negativos na utilização da metodologia segundo a experiência dos mesmos.

Segundo a pesquisa, 80% dos usuários afirmam terem reduzido erros e omissões na documentação. Dos entrevistados 71% também identificam redução de retrabalho, também 71% afirmam que o modelo ajuda a reduzir o ciclo de fluxos específicos de determinadas atividades, especialmente as de desenho.

A maioria dos profissionais, 62%, afirmaram que o BIM ajuda a empresa a oferecer novos serviços aos clientes, já 51% concordam que o conceito serve, também, como ferramenta de *marketing* para atrair novos clientes e melhorar a competitividade da companhia. Para finalizar, 49% citaram que o uso da tecnologia BIM aumenta o lucro dos negócios.

Em relação ao retorno dos investimentos, segundo a Construção Mercado (2011), os entrevistados afirmaram retornos de 25% ou maiores na adoção do BIM. Ainda a respeito da pesquisa há unanimidade de que a comunicação entre os

envolvidos no projeto se torna mais clara, tanto quando se tratava de difusão de conhecimento quanto na compreensão de suas responsabilidades e objetivos.

Catelani (2016), na sua Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, lista 19 benefícios na implementação da metodologia:

- A visualização em 3D do que está sendo projetado: possibilitando a visualização exata do que está sendo projetado, além de possuir funcionalidades que detectam, automaticamente, interferências geoespaciais entre os objetos.

- O ensaio da obra no computador: a modelagem de informações possibilita a geração automática de projetos e de documentos, minimizando incertezas, riscos, conflitos e problemas específicos da fase de construção, podendo os mesmos serem analisados e contornados previamente.

- Extração automática das quantidades de um projeto: garantindo consistência, precisão e agilidade de acesso às informações das quantidades, possibilitando que as mesmas sejam divididas e organizadas de acordo com as fases definidas no planejamento.

- A realização de simulações e ensaios virtuais: simulações do comportamento e do desempenho dos empreendimentos permite estudar suas funcionalidades antes da execução da obra.

- A identificação automática de interferências: *softwares* BIM localizam automaticamente interferências entre os objetos componentes do modelo, facilitando a compatibilização entre as disciplinas envolvidas.

- A geração de documentos mais consistentes e mais íntegros: por conter objetos paramétricos e inteligentes, caso haja alguma mudança no próprio objeto ou em algum outro interligado diretamente, o próprio percebe e interpreta a mudança, fazendo com que se adapte automaticamente.

- A capacitação das empresas para executarem construções mais complexas: o BIM pode ajudar nos casos em que a complexidade do edifício é aumentada pela adoção de formas, curvas, componentes móveis mais complicados, ou até mesmo por uma logística desafiadora.

- A viabilização e a intensificação da industrialização: no BIM, a coordenação geométrica de componentes pode ser verificada automaticamente por *softwares*, eliminando a maioria dos potenciais erros e interferências.

- O complemento do uso de outras tecnologias: as técnicas de captura de realidade estão cada vez mais presentes em diversas etapas de uma construção e os alguns *softwares* BIM podem auxiliar na identificação e separação dos subsistemas constituintes do ambiente.
- O preparo das empresas para um cenário futuro: é possível notar que em um futuro próximo, o BIM será condição mandatória em qualquer empresa que queira se manter competitiva no mercado.
- As análises de construtibilidade: em todo empreendimento existe uma sequência ótima de montagem para instalações, o BIM possui recursos que permitem a construção virtual para que seja alcançada a construtibilidade.
- O desenvolvimento de maquetes eletrônicas: a partir dos modelos BIM é possível a criação de imagens renderizadas com alta qualidade e definição.
- O registo e o controle visual de diferentes versões dos modelos: BIM oferece recursos que possibilitam a identificação fácil e intuitiva das diferentes versões de um modelo.
- A verificação das condições de acesso para manutenção e *Human factor engineering* – HFE: os *softwares* BIM viabilizam a coordenação de projetos, garantindo as condições de acesso para profissionais de manutenção.
- A coordenação e o controle de contratados: algumas soluções BIM permitem agrupar componentes de um modelo, para que se possa definir atributos em comum.
- O rastreamento e o controle de componentes: o BIM permite rastrear e controlar componentes de um empreendimento a partir da associação de atributos aos mesmos.
- Modelos BIM podem embasar processos de gestão de ativos: alguns *softwares* possuem funcionalidades que possibilitam a exportação automática do subgrupo de informações.
- Fabricação digital: informações de componentes de um modelo podem ser extraídas e utilizadas diretamente em equipamentos de fabricação automática.
- Verificações de locações e níveis da obra, baseadas em modelos BIM, podem ser realizadas por um único homem: com o uso de determinados equipamentos, uma única pessoa pode fazer e conferir locações e níveis do canteiro, avaliando eventuais distorções.

Para finalizar, a revista francesa *Téchne* (2011) publicou uma entrevista com Chuck Eastman, o BIM:

[...] é uma tecnologia facilitadora. Ele fornece informações digitais aplicáveis ao produto que está sendo projetado. Assim, ele abre a porta para muitas outras inovações – robótica, novas formas de construção, análise integrada, por todo o projeto, rastreamento da cadeia de fornecimento total com entrega a montagem *just-in-time*. As oportunidades são infinitas.

Ao abrir tantas novas possibilidades, o BIM pode se tornar a atividade projetual do futuro, logo, se destacarão no mercado, os projetistas com maior capacidade de inovação.

### **5.2.3 Interoperabilidade e IFC**

Martins (2013) define interoperabilidade como a capacidade de um sistema de se comunicar, de forma transparente, com outro sistema, seja ele igual ou diferente.

A tecnologia BIM tem como pressuposto a utilização de diversos sistemas de edição e de análise de modelo. Logo, a compatibilidade de um modelo em diferentes *softwares* se faz importante.

A viabilidade da interoperação se dá a partir de regras universais de formatação, sendo essa uma das maiores questões para o sucesso da plataforma BIM. Normalmente, os fabricantes de *softwares* utilizam formatos próprios para seus modelos, o que se faz interessante para a própria empresa apenas.

Manzione (2013) afirma que o sucesso da metodologia BIM está completamente ligado à interoperabilidade, e por isso o desenvolvimento de padrões de dados abertos é uma prioridade urgente para a indústria. Ele também comenta que a interoperabilidade permitiria o reuso de dados de projetos que já foram desenvolvidos, garantindo, assim, consistência entre cada modelo do empreendimento.

Com o objetivo de eliminar este problema, a fundação *buildingSMART* desenvolveu o *Industry Foundation Classes* – IFC. Addor, *et al* (2010) define IFC como um formato de arquivo, baseado na definição de classes, representando elementos, processos e aparências. É um formato não proprietário, de arquitetura



aberta, ou seja, de linguagem comum, que pode ser utilizada para a troca de informações entre diversos modelos de diferentes fabricantes.

O IFC, segundo Manzione (2013), permite que haja a criação de subconjunto de dados, com apenas os necessários para determinado domínio, através de um processo chamado de *Model View Definitions* (MVD). Tal processo permite que o modelo possa ser compartilhado de forma limitada, preservando a integridade do projeto e dando segurança em relação a direito autorais.

Os padrões do IFC estão em constante processo de desenvolvimento e conta com a colaboração de diversas instituições e profissionais, porém ainda há muita reclamação por parte dos usuários, por conta de perdas significativas de dados relevantes durante o processo de conversão a partir dos formatos proprietários.

#### **5.2.4 Integrated Project Delivery (IPD)**

O IPD é um conceito desenvolvido pelo *American Institute of Architects* (AIA) que fornece uma base para as mudanças contratuais necessárias para a implantação da metodologia BIM.

O AIA (2007) define IPD como uma abordagem de entrega do projeto que busca a integração de pessoas, sistemas, estruturas e práticas de negócio de uma maneira em que se possa aproveitar os talentos e conhecimentos, otimizando, assim, os resultados dos projetos e reduzir o desperdício.

Existem nove princípios, listados abaixo, que, segundo o AIA (2007), o IPD se baseia.

- Respeito e confiança mútuos;
- Compartilhamento de benefícios;
- Inovação colaborativa e tomada de decisão;
- Envolvimento antecipado dos participantes chave;
- Definição antecipada dos objetivos;
- Planejamento intensificado;
- Comunicação aberta;
- Tecnologia apropriada;
- Organização e liderança.

Dessa forma, colaboração e divulgação de boas ideias se tornam essenciais para o sucesso do empreendimento que, por sua vez, se traduzirá em benefícios para os colaboradores.

### 5.3 IMPLANTAÇÃO

Para que se possa substituir um ambiente de CAD 2D ou 3D por um sistema BIM, Eastman (2011) diz que é necessário haver, além da aquisição de *software*, treinamento e atualização de *hardware*, mudanças em praticamente todos os setores da companhia.

Por se contar de uma metodologia recente, *softwares* que suportam tal tecnologia e auxiliam o cumprimento do sistema, só começaram a ser produzidos em meados dos anos 2000.

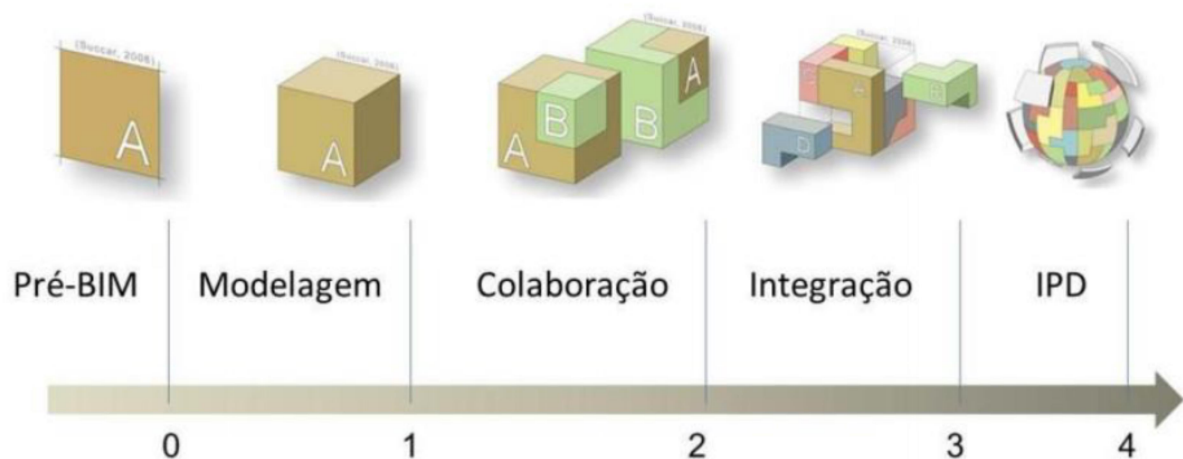
Até por volta do ano de 2005, o BIM era utilizada apenas na elaboração de projetos arquitetônicos, a partir daí a metodologia começou a ser usada, também, em projetos de grande porte, principalmente plantas industriais. O uso da tecnologia se fez útil pela complexidade dos projetos envolvidos, onde há a necessidade de integração entre projetos de arquitetura, estruturas e setores de engenharia mecânica, tubulação e suprimentos.

As barreiras culturais influenciam significativamente a baixa de BIM no Brasil. Autores apontam a falta de iniciativa e de treinamento e a relutância da indústria em querer modificar seus processos de trabalho como entre fatores de dificuldade para a implantação.

#### 5.3.1 Estágios

Em diversos estudos há a defesa de que a adoção do BIM deve ser dada em estágios, que se iniciam na transição 2D-CAD para o 3D-BIM ao uso do IPD.

Manzione (2013) descreve os estágios da adoção como representado na Figura 5.4, abaixo, listados em sequência.



**Figura 5.4** – Estágios de evolução do BIM

Fonte: Manzione (2013)

- BIM estágio zero – pré-BIM: neste estágio inicial, os desenhos ainda são feitos em CAD, com algumas visualizações em 3D, sem integração entre as informações e documentos gerados ao longo do desenvolvimento do projeto.

Aqui ainda existem problemas gerados pelo processo sequencial, dessa forma, aos poucos aumenta-se o investimento em tecnologia da informação e interoperabilidade.

- BIM estágio um – modelagem: no estágio um o uso da modelagem a partir de *softwares* começa a ser realizada, porém o mesmo ainda é dividido em diferentes disciplinas, sem um modelo integrado.

Há pouca mudança em aspectos culturais, pois o processo continua a ocorrer de forma não colaborativa, com troca de informações unidirecionais e de maneira assíncrona.

- BIM estágio dois: aqui surge a necessidade de uma delimitação de responsabilidades maior e mais precisa, o que exige mudanças contratuais.

- BIM estágio três – integração: Manzione (2013) afirma que nesse estágio o desenvolvimento do BIM está em sua plenitude, já existem modelos semanticamente ricos e que podem ser mantidos de forma colaborativa ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Aqui o uso da interoperabilidade é crítico para o bom funcionamento da metodologia.

- BIM estágio quatro – IPD: o estágio final do processo de implementação do BIM. Aqui são resolvidas as relações contratuais, as quais passam a ser baseadas na colaboração efetiva por todos os agentes envolvidos.

### 5.3.2 Gerações

Segundo Coelho e Novaes (2008), Tobin (2008) divide o desenvolvimento da tecnologia BIM em três gerações de adoção, 1.0, 2.0 e 3.0.

O BIM 1.0 se caracteriza por substituir o desenvolvimento de projetos 2D em CAD por modelos 3D parametrizados em um processo individualizado, restrito a projetistas.

Representa o surgimento dos *softwares* modeladores 3D, provenientes do próprio CAD que permitem em alguns casos objetos paramétricos.

Os principais benefícios adquiridos aqui são a capacidade de coordenação e rápida produção de documentos e a adição de informações aos objetos. Assim, por conta da substituição de modelos bidimensionais, passa-se a eliminar o trabalho de desenhar cortes e outras representações do empreendimento, pois os mesmos são gerados simultaneamente nos modelos tridimensionais.

Andrade e Ruschel (2009), afirmam que a geração BIM 1.0 representa a prática que a maioria dos escritórios que utilizam o BIM. A metodologia aparece mais como uma ferramenta do que como uma plataforma de desenvolvimento de projetos, pois a análise, síntese e avaliação ainda seguem o modelo tradicional, entretanto, os ciclos do processo de projeto tornam-se mais rápidos.

Para o Tobin (2008), o BIM 2.0 expande o processo ocorrido no BIM 1.0 a outros profissionais, envolvendo, assim, os projetos de arquitetura, estrutura e instalações. Também são associados ao sistema as informações de tempo, 4D, custos, 5D, dentre outros, nD. Logo, para um bom funcionamento, o BIM 2.0 necessita de total cooperação entre projetistas, consultores, empreendedores e construtores.

É nessa geração que há o surgimento de maiores complicações, dessa forma, é um momento difícil para conciliar as necessidades de diferentes profissionais de projeto na elaboração de um modelo central digital.

Outros profissionais começam a fazer uso dos benefícios do BIM para logística, por exemplo, o que faz com que seja uma fase em que a colaboração começa a ocorrer de fato e fatores como a interoperabilidade e compartilhamento do modelo se tornam essenciais.

Segundo Andrade e Ruschel (2009) há, no Brasil, uma comissão recém instalada da ABNT, apoiada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que visa estabelecer normas que garantam a padronização da classificação de componentes BIM. Buscando, assim, a contribuição para a consolidação dessa geração em questão.

No cenário internacional, embora não totalmente consolidada, é nessa era que estão muitos países e escritórios que já vem trabalhando com BIM a alguns anos.

A terceira geração do BIM, a 3.0, faz parte da era pós-interoperabilidade. Nela, o intercâmbio entre informações, provenientes dos diversos profissionais envolvidos, ocorre através de protocolos abertos, permitindo que tais profissionais possam desenvolver um modelo de dados, servindo de protótipo completo da construção do edifício.

Nesta geração todos os problemas de interoperabilidade foram vencidos, aqui o modelo virtual representará um protótipo do edifício, em que, todas as condições de uso poderão ser simuladas.

Vale salientar que essa geração representa uma ideologia, pois ela demonstra um cenário em que queremos chegar e não o que de fato temos hoje.

### **5.3.3 Desafios e dificuldades de implantação**

Segundo a revista Construção Mercado (2011) o processo de implantação do BIM no mercado está em desenvolvimento e portanto, precisa de diversas melhorias para que assim, possa, de fato, proporcionar avanços à construção civil brasileira.

De um lado, as questões tecnológicas e interesses comerciais dificultam a interação da cadeia produtiva, de outro, a criação de componentes e a qualificação de profissionais, itens primordiais para um melhor aproveitamento do potencial da ferramenta em questão.

Ao analisar as fases de implantação apresentadas mais acima, é possível notar que o processo para tal é longo e um conjunto de fatores se fazem necessários para se dar o próximo passo, partindo de conceitos que devem estar desenvolvidos à a necessidade de ferramentas mais desenvolvidas e que necessitam de mais recursos.

A primeira dificuldade encontrada é a financeira, visto que a implantação da metodologia é cara, todavia que o preço pelos *softwares* e seus pacotes é elevado, além disso há a queda de produtividade ao longo do período de adaptação. A tendência é que o investimento se pague e melhore a produtividade a longo prazo.

Outro problema inerente que os profissionais enfrentam é a necessidade de bibliotecas de objetos paramétricos, muitos escritórios desenvolvem as suas próprias, o que pode solucionar o problema parcialmente, ou temporariamente. Entretanto, a modelagem dos objetos é complicada, exigindo conhecimentos na área de ciências da computação.

Algumas fabricantes de materiais de construção vêm investindo em bibliotecas digitais parametrizadas, entretanto, fornecedores menores, muitas vezes, não tem recursos ou faturamento que permitam o investimento necessário, o que pode gerar uma elitização no mercado.

Outra questão relevante é a incompatibilidade, pois a conversão de arquivos em formato proprietário para IFC, normalmente, faz com que sejam perdidos dados significativos. Uma solução que vem sendo adotada para contornar tal problema é a utilização de *softwares* de *clash detection*, ou seja, programas especializados em detectar interferências e compatibilizar projetos, porém ainda assim há perda de dados.

A tecnologia utilizada em *cloud computing*, isto é, computação na nuvem, termo que exprime a forma de acesso e armazenagem remota de arquivos através da *internet*. Diversos autores concordam que seu uso é indispensável para o sucesso da metodologia BIM, porém a discussão a respeito das regras que devem reger o ambiente da computação na nuvem causa atritos. Muitas companhias temem que determinados segredos sejam revelados ou que possam perder dados e direitos sobre projetos desenvolvidos, visto que demais projetistas poderiam ter acesso ao mesmo arquivo.

Portanto, é necessário o aumento dos investimentos em tecnologias que tragam soluções para as dificuldades listadas acima neste capítulo. Isso, inclusive, deve acontecer, em alguns países algumas licitações de projetos já são exigidas em BIM. Impulsionando, então, a adoção generalizada da ferramenta e cria caminhos para que as grandes empresas comecem a exigir o mesmo, potencializando o uso da tecnologia.

#### 5.4 O BIM NO BRASIL

Segundo Manzione (2011) o BIM vem sendo implantado no Brasil com muitos equívocos e modismo. Existem iniciativas pioneiras da metodologia no país desde 2002 em alguns escritórios de arquitetura, porém a maioria dos profissionais vem trabalhando de maneira isolada em BIM, ou seja, com pouca integração com escritórios de estrutura e menos ainda com escritórios de instalações.

Essa dificuldade na implantação do BIM no Brasil não é inédita, o cenário internacional já enfrentou os mesmos problemas. A falta de cultura do trabalho em equipe multidisciplinar, a falta de bibliotecas de objetos e problemas de infraestrutura são as principais barreiras.

O que ocorre muito no país é o fato de muitos profissionais brasileiros acharem que BIM se resume a uma ferramenta de um *software* modelador e não um processo. Para que os reais benefícios da metodologia apareçam, encará-lo com um processo que requer muito trabalho de planejamento é essencial.

A cultura de trabalho colaborativo deve ser iniciada nas escolas de engenharia e arquitetura. Nos países onde o BIM já é difundido, o apoio das universidades forma um forte aliado, com o ensino e incentivo do uso da ferramenta em curso. A tendência é que o atraso em relação a esses países se perpetue enquanto não haja essa mudança cultural.

Outro item importantíssimo é a criação de bibliotecas nacionais, poucas empresas vêm investindo recursos nesse tipo de tecnologia, o que certamente trará vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes. Como a adoção do BIM em escritórios ainda é muito baixa, o mercado é desestimulado, gerando um ciclo vicioso.

Seguindo o mesmo caminho, os escritórios de estruturas precisam que *softwares* utilizados no exterior sejam adaptados para as normas brasileiras.

Graziano para a revista AU – Arquitetura e Urbanismo (2011) afirma que os escritórios de projeto estrutural precisam continuar com os sistemas que eles confiam e dominam tecnicamente, do contrário haveria perda de confiabilidade. Sendo assim uma questão de viabilidade e não de preferência.

Segundo Ceccato, também para a AU (2011), é fundamental que o governo tenha iniciativas para a criação de padrões nacionais para o BIM.

Outro problema encontrado no cenário nacional é a discussão gerada entre arquitetos e engenheiros sobre quem deve adotar antes o BIM. Alguns profissionais de arquitetura defendem que o investimento não vale a pena se o restante da cadeia produtiva não estiver fazendo também o uso de BIM e que enquanto isso não ocorrer não há ganhos significativos. Por outro lado, engenheiros afirmam que sem o modelo arquitetônico em BIM, a adoção por parte da engenharia é inútil, pois teriam que desenvolver em seus escritórios o modelo central.

Utilizando a classificação de adoção de Tobin (2008) descrita anteriormente, é possível afirmar que o BIM no Brasil ainda está na geração 1.0, ou seja, ainda está em processo de aprendizagem e adaptação.

A aceleração do processo de inclusão do BIM se faz importante para que o país não fique ainda mais defasado tecnologicamente em relação a outros países que já vem trabalhando com BIM a vários anos.



## **6. DEFINIÇÃO DE PROJETO**

O projeto de obras civis, segundo Durante (2013), pode ser definido como o processo onde a necessidade dos clientes, dados de entrada, são traduzidos em parâmetros que direcionam todo o seu desenvolvimento e que deve, ao final, apresentar um produto que solucione tais necessidades.

Um projeto pode ser definido, segundo a Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura, ABSEA (1992), como um conjunto de ações caracterizadas e quantificadas, necessárias para a concretização de um objetivo.

Petrucci Jr. (2003) define o processo de projeto como a reunião de diversas etapas envolvendo o mesmo empreendimento, partindo da fase de identificação da necessidade do negócio à a avaliação de satisfação do cliente.

Elaborar um projeto é determinar as prévias dos atributos funcionais, formais e técnicos de edificações que serão possivelmente construídas, pré-fabricadas, montadas e/ou ampliadas (NBR 13531:1995).

Peralta (2002) diz que um projeto consiste em um empreendimento que é organizado para que se alcance um objetivo específico. São atividades relacionadas seriadas direcionadas para uma única saída principal, gastando um tempo

significativo para sua realização. Além disso, o autor afirma que os custos com modificações e retrabalhos aumentam significativamente a medida que a obra avança, logo é indicada a inserção ao desenvolvimento de projetos uma fase de incorporação de investimentos, custos e tempo.

Dessa forma, é tido que o projeto faz parte de todo o processo de evolução do ser humano como um todo. Houve uma percepção por parte da sociedade de que é chegado um momento onde não se poderia mais aceitar viver em empreendimentos construídos com base apenas no conhecimento empírico, logo o projeto passou a ter uma representação, também, como garantia à segurança e confiança.

Especificamente em relação ao projeto de construção civil, Melhado (1994) o definiu como um serviço que faz parte do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características especificadas para uma obra.

Vale a lembrança de que a representação de tais características deve ser clara, sem ambiguidades, pois esse conjunto de informações será a base para a tomada de decisões. Segundo Bottega (2012) um grande volume de informações é sempre gerado de forma dispersa, o que resulta na dificuldade de compartilhar, de modo adequado, as informações fundamentais ao desenvolvimento do projeto.

Bottega (2012) conclui que o projeto deve ser um instrumento com intuito de evitar surpresas, e para isso, é necessário antecipar as configurações da obra, para evitar a possibilidade do inesperado e de suas consequências.

Oliveira (2004) afirma que o projeto é extremamente influente sobre o desempenho do empreendimento durante seu uso. Além disso, ele determina as probabilidades de ganhos financeiros durante a execução e apresenta um papel essencial na qualidade do edifício.

A partir das definições apresentadas acima pode-se concluir, então, que o ato de projetar vai além de desenhos técnicos, pois, ao se pensar em projeto, deve-se ter em mente que o mesmo vem a representar todo o planejamento e análises para a viabilidade do empreendimento.

Fica evidente que quanto mais dedicação nesta etapa, maior a probabilidade de prever possíveis problemas e dessa forma, de ganhos em diversos aspectos, principalmente financeiro e em qualidade.

## 6.1 ETAPAS DE PROJETO

Como parte do processo evolutivo conceitual de projeto, o mesmo, naturalmente, ganhou divisões e etapas, levando em conta o crescimento da complexidade dos empreendimentos, e da necessidade de especializações nas mais diversas disciplinas incluídas.

As inúmeras características que um empreendimento de construção civil pode apresentar faz com que cada processo tenha seus pontos peculiares, dificultando a padronização para sua coordenação.

Entretanto, em geral, foram conduzidos estudos que dividiram o processo de projeto em quatro divisões básicas, que podem ser usadas como base e assim, serem adaptadas às características de cada setor.

Petrucci Jr. (2003) divide o processo de desenvolvimento do produto nas seguintes fases:

- Fase conceitual: identificação de necessidades, estudo de viabilidade, procura de alternativas, preparação de propostas, desenvolvimento orçamentário, criação de cronogramas iniciais e nomeação da equipe de projeto;
- Fase de planejamento: envolve a programação de recursos humanos, materiais e financeiros, realização de estudos e análises, desenvolvimento de sistemas, utilização de protótipos, análise de resultados e obtenção de aprovação para a fase de execução;
- Fase de execução: cumprimento das atividades programadas e modificação dos planos conforme necessidade, monitoramento e controle das atividades;

- Fase final: encerramento das atividades do projeto, comissionamento, treinamento do pessoal operacional e realocação dos membros da equipe de projeto.

Com isso, Petrucci Jr. (2003) conclui que o projeto deve ser desenvolvido a partir da compreensão do problema inicial e do aprimoramento de ideias que busquem a solução para o mesmo. O autor também afirma que em diversos casos o desenvolvimento de produtos consiste apenas na detecção de necessidade dos clientes.

Diversos profissionais já desenvolveram estudos a respeito das etapas que constituem o desenvolvimento de um projeto. Há uma similaridade muito grande entre os resultados obtidos por eles com a norma reguladora 13531 – Elaboração de Projetos de Edificações -, onde tais etapas foram normalizadas, as poucas diferenças se dão devido ao tipo de empreendimento ou de suas dimensões.

Abaixo, estão expostas as nove etapas das atividades técnicas do projeto de edificação presentes na NBR 13531 e uma breve descrição a respeito de cada uma.

a) Levantamento: coleta das informações de referência que representam as condições preexistentes, de interesse para instruir a elaboração do projeto (NBR 13531, 1995);

b) Programa de necessidade: determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho a serem satisfeitas pela edificação (NBR 13531, 1995);

c) Estudo de viabilidade: elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para a concepção da edificação e de seus elementos (NBR 13531, 1995);

d) Estudo preliminar: concepção e representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir alternativas (NBR 13531, 1995);

e) Anteprojeto: concepção e representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e seus elementos, necessárias ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos (NBR 13531, 1995);

f) Projeto legal: representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação pelas autoridades competentes e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção (NBR 13531, 1995);

g) Projeto para execução: concepção e representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos e componentes, necessárias e suficientes à licitação e execução dos serviços de obra (NBR 13531, 1995);

h) Acompanhamento da obra; e

i) Acompanhamento do uso.

Outro item importantíssimo que faz parte do desenvolvimento do projeto é a compatibilização, que deve ocorrer entre determinadas etapas. Compatibilizar um projeto é o gerenciamento de vários projetos e sistemas para que estes, por serem dependentes entre si, não se interfiram.

Segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná, Sinduscon-PR, essa etapa se divide em três compatibilizações. A 1ª compatibilização deve ocorrer logo após o estudo preliminar, seguido pelo anteprojeto e a 2ª compatibilização, depois é realizado o projeto legal e em seguida a 3ª compatibilização.

Perucci (2003) ainda levanta o ponto que há muitos agentes que fazem parte das etapas descritas acima ao longo de toda a elaboração do projeto. Dada a dificuldade em se coordenar tantos profissionais, essa fase ainda se caracteriza pela ausência de procedimentos no controle de qualidade e gerenciamento de interface.

Percebe-se, então, que historicamente no Brasil, o processo de projeto não recebe a devida atenção, contudo, tal cenário vem se alterando, principalmente por conta das exigências cada vez de maiores de qualidade. É evidente que um produto de qualidade está interligado com um bom projeto.

## 6.2 COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO

O ato de compatibilizar projetos ainda não é uma prática difundida em todos os escritórios de engenharia civil, porém a não compatibilização de projetos pode acarretar em uma má qualidade de execução, retrabalhos e aumento no preço final da obra.

Segundo Tavares (2007) são raros os casos em que empresas de pequeno porte buscam compatibilizar seus projetos devido a fatores como financeiro, sensibilidade econômica do mercado e a inércia às alterações de processo.

A compatibilização pode ocorrer sobrepondo desenhos em 2D, modelagem 3D ou pela plataforma BIM.

Sperling (2002) chama a compatibilização em 2D de processo convencional, onde são gerados projetos bidimensionais independentes entre si, de onde saem informações para montagem e modelagem de um modelo em 3D. No processo se insere um projeto base e, em seguida, os outros projetos que fazem parte do desenvolvimento.

Ainda segundo o autor, apesar desse tipo de compatibilização mostrar com clareza onde há interferências e sobreposições, ela pode gerar falhas, correndo o risco de omitir determinadas informações.

Já a compatibilização feita a partir de modelagem em 3D apresenta mais detalhes, porém sua aplicação é limitada e demanda um tempo considerável, pois a modelagem ocorre elemento por elemento.

Buscando sanar possíveis incompatibilidades encontradas em projeto, a plataforma BIM começou a ser usada, já que a mesma tem a capacidade de integralizar os projetos e os projetistas, o que faz com que todos possam trabalhar já em cima de um projeto base.

Porém, a adoção de sistemas BIM necessita de uma certa revisão no processo de projeto e na gestão de construção do empreendimento. Florio (2005) diz que a aplicação da metodologia é positiva, aprimorando a obtenção das quantificações dos elementos componentes.

Em um grande empreendimento os projetos são normalmente realizados por diversos profissionais e sua compatibilização pelo gerente de projetos. O projeto arquitetônico é definido e distribuído para as outras disciplinas.

Todas as informações geradas pelos departamentos envolvidos alimentam submodelos, que por sua vez, se conectam ao modelo tridimensional base que tem como principal função agrupar todas as informações recebidas, além de servir como ferramenta de análise crítica do projeto.

Em empreendimentos de pequeno porte, todos os projetos podem ser elaborados pelo mesmo profissional, porém este processo não fica livre de possíveis interferências, necessitando, também, de compatibilização.

Segundo Ribeiro (2010) a importância da compatibilização se dá por mostrar dificuldade e entraves que podem ocorrer ao longo do desenvolvimento de projetos, logo, uma cultura organizacional dentro do escritório se faz necessária.

### 6.3 CONTROLE

Ao contrário do que ocorre quando o desenvolvimento de projetos acontece da maneira convencional, o sistema BIM permite que o profissional verificador visualize o mesmo em 3D, podendo realizar comentários no próprio modelo de maneira dinâmica, ou seja, sendo atualizado constantemente sem a necessidade de cópias em papel.

O status de avanço de projeto e a checagem de interferências interdisciplinares também podem ser controlados simultaneamente no modelo tridimensional. Também se faz necessária a realização de reuniões periódicas para que todos os responsáveis sejam informados a respeito do andamento do projeto e das interferências encontradas.

### 6.4 BIM NA INFRAESTRUTURA CIVIL

O setor de infraestrutura na execução de um projeto é um dos mais solicitados, pois ao mesmo tempo que é um dos primeiros a enviar informações ao executante da obra, também depende da maioria das informações provenientes de outros departamentos e disciplinas.

A integração direta, e necessária, entre os diversos departamentos e o setor de infraestrutura e os curtos prazos para o envio de informações, faz com que o uso da metodologia BIM seja interessante.

Traçando uma comparação entre o uso da metodologia convencional com o BIM é possível enxergar que ao fazer uso da primeira é necessário que haja uma ordem entre as atividades, dessa forma é preciso que uma termine para se dar início à próxima.

Já na metodologia BIM, pelo fato de ocorrer simultaneidade entre as atividades, não há necessidade de esperar o término de uma para o início de outra. Além disso, há auxílio no ganho de produtividade e confiabilidade entre os projetos, já que todas as disciplinas são automaticamente atualizadas mediante mudanças realizadas.

Em contrapartida, na metodologia convencional, uma modificação na elevação de um platô, por exemplo, acarreta na alteração de todas as cotas dos projetos de pavimentação e sistemas subterrâneos manualmente, causando retrabalho, aumento do tempo de desenvolvimento, além de abrir margem à novos erros de integração.

## 6.5 FERRAMENTAS

No mercado há diversas ferramentas que fazem uso dos conceitos detalhados anteriormente no presente trabalho, cada uma com suas particularidades e funcionalidades.

Existem ferramentas mais simples e outras mais potentes e robustas, atendendo diversos nichos. Abaixo são dados exemplos de *softwares* que utilizam a metodologia BIM, com uma breve descrição sobre cada um deles.

O *software* Autodesk Revit, utilizado no desenvolvimento do projeto do presente trabalho, terá um subcapítulo exclusivo para que se possa entender melhor a respeito do mesmo.

- Edificius:

Programa produzido pela *Acca Software*, seu diferencial se dá no modo com que o programa é cobrado, de modo que a modelagem é gratuita e as impressões físicas, pagas.



- Home Designer Suite:

Produzido pela *Chief Architect* e distribuído pela *Better Homes & Gardens*. É um programa que possui um fácil manuseio e boa versatilidade no uso do BIM, utilizado principalmente no ramo de arquitetura. Porém não tem como objetivo principal atingir o público técnico especializado, mas sim um usuário com pouca experiência que quer construir a própria casa.

- Tekla Structures:

*Software* voltado para as estruturas do empreendimento. Possui integração com diversos outros programas de análise estrutural.

- Vectorworks Architect:

Mais ligado a arquitetura, este *software* é um produto derivado do Vectorworks da *Nemetschek*, na sua versão original funciona com *software* de *design* gráfico não específico para engenharia civil. Possui diversas ferramentas de alto nível e desenvolvimento pensado na utilização de BIM. Talvez seu principal destaque seja o poder de processamento gráfico, possuindo efeitos visuais de alto padrão.

- ArchiCAD:

Desenvolvido pela *Graphisoft*, este *software* é bastante difundido e possui uma variedade de ferramentas muito grande.

### 6.5.1 Revit

O Revit é um *software* fabricado pela Autodesk e é considerado o programa mais utilizado que faz uso da plataforma BIM.

A escolha da utilização do Revit para o desenvolvimento do projeto executivo se dá principalmente pela robustez do programa, nas suas características e possibilidades proporcionadas por ele, além da familiaridade com o *software* AutoCAD, produzido pela mesma empresa e também utilizado no presente trabalho.

Criando um novo projeto, há a necessidade de carregar um *template*, onde estão localizadas algumas configurações e elementos básicos, tais como

simbologia, famílias e vistas básicas. A partir desse ponto, a interface se torna, basicamente, um canteiro de obras, onde vão sendo incluídos os elementos construtivos.

As famílias são pacotes com elementos virtuais que constituem o modelo construtivo. Segundo o manual fornecido pela fabricante, uma família é um grupo de elementos com um conjunto de propriedades, parâmetros, e um objeto gráfico relacionado.

Normalmente, junto a instalação do programa, diversos pacotes são instalados juntos, adaptados aos diversos países de atuação da Autodesk. Existem também diversas empresas especializadas na criação e distribuição de elementos e famílias.

Cada uma das famílias contém parâmetros próprios, relacionados ao seu funcionamento e aos materiais constituintes. Elas também podem se dividir em diversos tipos diferentes, compartilhando ou não características.

A categoria de *schedules* é uma ferramenta de cálculo e quantificação dentro do próprio programa, onde são criadas tabelas que podem ser definidas e programadas pelo usuário e extraídas quantificações de componentes presentes no projeto.

Dentro de *schedules* há a opção também de quantificar componentes separadamente por tipo de material. Também pode-se ter uma representação gráfica dos pilares, uma lista de pranchas emitidas, bloco de notas e uma listagem com os pontos de vistas salvos.

Cada uma das opções pode ter uma formatação própria alterada pelo usuário a qualquer momento, como inclusão e exclusão de itens, colunas e linhas.

Finalmente, há a possibilidade de exportação destes itens descritos.

O Revit também permite a realização de análises do modelo. Algumas gráficas, outras fazem uso de cálculos, listadas a seguir:

- Análise lumínica do modelo: o *software* simula a exposição à luz do sol e às luzes artificiais inseridas no projeto. Gerando uma imagem com graduação de cor de acordo com a luminosidade do ponto.

- Análise energética: com a leitura de parâmetros dos materiais, sistemas de ar condicionado e de aquecimento, o Revit consegue realizar a análise de aproveitamento energético do edifício.

- Análise estrutural: o Revit possui configurações e famílias específicas para a análise estrutural, podendo realizar análises estruturais preliminares estática a partir do próprio modelo 3D.

O programa permite inserir cargas em diversas configurações, gerando a representação gráfica dos esforços da estrutura.

- Análise de interferências: há inclusa no programa a ferramenta *Clash detection*, que usa o princípio básico de que dois corpos não podem ocupar o mesmo espaço físico. Ao fazer uso da ferramenta, o usuário decide a categoria de objetos que gostaria de comparar, e a partir daí pode localizar onde há interferências espaciais.

A Autodesk possui um formato proprietário de armazenamento de arquivos, no entanto, para permitir a integração 3D com outros programas, é possível utilizar o formato livre IFC, o que poderia causar a perda de algumas informações específicas e exclusivas do Revit.

Além disso, há ferramentas de exportação gráfica, podendo-se criar imagens e vídeos para demonstrar o projeto.

As ferramentas de auxílio à quantificação oferecidas pelo *software* Autodesk Revit apresentam uma sensível redução no tempo gasto nos serviços. A sua principal vantagem se dá nas fases pré executiva e executiva da obra.

## **7. ANÁLISE DE CASO**

Visando demonstrar os conceitos expostos ao longo dos capítulos iniciais do trabalho em questão, adiante é exposto um modelo que aplica ambas metodologias estudadas, BIM e convencional, de maneira separada, para que, ao fim, possa ser definido um quadro comparativo entre seus conceitos.

### **7.1 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO EXPOSITIVO**

O projeto desenvolvido foi concebido utilizando-se os conceitos aprendidos nas disciplinas componentes da grade do curso de graduação em engenharia civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé.

Especificamente para a análise de caso, é utilizado como base, o projeto de uma edificação unifamiliar em alvenaria, já construída em loteamento localizado no município da Serra - ES, e cedido pela arquiteta Adriana Carlota Birchler, autora do projeto arquitetônico.

De posse dos projetos iniciais, em meio digital, é realizada uma análise visual de cada projeto para familiarização da arquitetura e concepção estrutural. Dessa análise são extraídas todas as informações necessárias para dar continuidade ao trabalho.

A partir dos conceitos e dos projetos descritos, todo o arquitetônico será redesenhado para que, assim, se tenha um melhor parâmetro comparativo entre o desenvolvimento utilizando a metodologia convencional.

Entre os projetos cedidos pela autora, não havia projeto estrutural, dessa forma, o mesmo foi desenhado a partir do zero seguindo instruções da projetista. As etapas de todo o projeto expositivo estão anexas ao trabalho em questão.

Após todo o desenvolvimento do projeto em CAD, foi dado início ao projeto da edificação em BIM, utilizando, como dito anteriormente, o *software* Revit, tanto para o projeto arquitetônico, quanto para a concepção estrutural.

A principal variável utilizada como meio de comparação entre as metodologias é o tempo, logo todas as etapas descritas a seguir serão devidamente cronometradas de maneira com que seja simulado o ambiente de trabalho do projetista. Não serão consideradas no tempo total final, pausas, assim como o tempo gasto na familiarização dos desenhos.

Ao fim, além da análise do tempo gasto na utilização de ambas as técnicas, será traçado todo um paralelo, apontando os pontos cruciais que podem fazer uma metodologia possivelmente melhor do que a outra.

## 7.2 METODOLOGIA CAD (COMPUTER AIDED DESIGN)

A metodologia CAD, *computer aided design*, surgiu ao buscar a substituição do lápis e papel, trazendo uma ferramenta de trabalho eficiente no tratamento dos projetos, seja na confecção do desenho ou na edição do mesmo.

O desenho auxiliado por computador não se limita a própria representação. O desenho digital pode conter diversas outras informações a respeito de um projeto ou de um empreendimento, no desenho digital, a representação possui uma versatilidade e potencialidade de uso e informação que o coloca em outra dimensão quando comparado ao desenho em lápis e papel.

Segundo Sainz e Valderrama (1992), por uma questão mercadológica, as primeiras aplicações ocorreram com programas gráficos não especializados desenvolvidos para o desenho técnico em geral e produção industrial.

A situação se alterou com a chegada dos computadores pessoais da IBM, representando uma abrupta queda nos custos de equipamentos, tornando a informática gráfica acessível ao trabalho de arquitetura. Assim, surgiu-se um novo e potencial mercado consumidor, formado por diversos profissionais da engenharia, arquitetura e gráfica.

O aparecimento de programas cada vez mais especializados na arquitetura, com grande diversidade de enfoques, acabaram por determinar ao usuário uma escolha antecipada de qual método de trabalho se adapta melhor a sua forma de projetar (SAINZ; VALDERRAMA, 1992).

Com o surgimento da computação gráfica possibilitada pelo desenvolvimento dos computadores, constituiu-se um novo ambiente onde a máquina passou a auxiliar o processo de desenvolvimento e criação de projetos ligados a representação geométrica espacial.

CAD (*Computer Aided Design*) ou desenho assistido por computador, é o termo específico para descrever o sistema dedicado a área de projetos de engenharia, arquitetura e design, que em geral possibilita a representação de entidades geométrica necessárias nos projetos. Assim, pode-se definir o sistema como os processos de projeto que se utilizam de técnicas gráficas computadorizadas e de *softwares* de apoio, para realizar a representação gráfica de elementos e a resolução de problemas associados ao projeto.

Os *softwares* CAD procuram aumentar a produtividade do desenvolvedor, o ajudando a visualizar o produto e seus componentes. Isso reduz o tempo requerido para sintetizar, analisar e documentar o projeto, além de facilitar a capacidade de encontrar erros de projeto.

Para a confecção do projeto expositivo na metodologia CAD foi utilizado o *software* Autodesk AutoCAD, um programa utilizado principalmente para a elaboração de desenhos técnicos bidimensionais e é amplamente utilizado nos ramos de arquitetura e engenharia civil, além de outras áreas

Vale salientar de na metodologia convencional, o AutoCAD gera desenhos bidimensionais, ou seja, desenha-se a partir de vistas para se gerar posteriormente um modelo 3D caso necessário, já em BIM, ocorre o inverso, desenha-se o modelo para posteriormente gerar as vistas, ou seja, a atualização é feita no modelo e o restante automatizado pelo próprio *software*.

### **7.2.1 Desenvolvimento do projeto arquitetônico**

O desenvolvimento do projeto arquitetônico foi realizado através do *software* Autodesk AutoCad e subdivido em quatro pranchas, das plantas baixas, da situação, da fachada e dos cortes.

Neste ponto do trabalho em questão todas as ações serão devidamente cronometradas para que se possa traçar um cronograma de atividades e assim, ao fim, compara-lo ao tempo utilizado para a realização das mesmas atividades, porém fazendo uso da metodologia BIM.

O primeiro passo é a criação dos *layers* (camadas) para que cada informação do desenho seja facilmente identificada. Após a criação de todas as camadas necessárias é iniciado o desenho da alvenaria da edificação, cômodo por cômodo, para o primeiro pavimento. Terminando, inicia-se o desenho do segundo pavimento em uma planta baixa distinta.

Com o término da alvenaria, todas as janelas e portas são incluídas no desenho e identificadas, juntamente com informações como tamanho e altura. Nesta etapa também são adicionados os blocos em diversos cômodos, dando uma aparência mais real ao projeto. A escala também é um dado fundamental da representação, a mesma deve ser previamente definida.

Deve-se, neste ponto, dimensionar e cotar todo o desenho, além de identificar os ambientes dos dois pavimentos. Todas as etapas descritas a cima estão

expostas, no formato de plantas, nos anexos 01 a 04, presentes ao final do presente trabalho.

Lembrando que a etapa criativa do desenho não foi levada em consideração na elaboração do cronograma. Entretanto, pequenas pausas ocorridas durante o desenvolvimento do projeto foram adicionadas ao tempo total, dessa forma, é tida uma avaliação do tempo mais fidedigna, próximo ao que ocorre no ambiente de trabalho.

A planta baixa é uma vista ortográfica seccional do tipo corte, feita em cada pavimento através de um plano projetante secante horizontal imaginário, posicionado de maneira a seccionar o maior número possível de elementos.

Na Tabela 2, abaixo, tem-se o tempo gasto em cada etapa que constitui a prancha 01/04 do projeto arquitetônico, “Planta Baixa”, presente no Anexo 01.

**Tabela 2 - Tempo de execução do projeto arquitetônico (Prancha 01/04)**

<b>Etapa</b>	<b>1º Pavimento</b>	<b>2º Pavimento</b>	<b>Total</b>
Alvenaria	1h18	0h56	2h14
Esquadrias + Blocos	0h37	0h37	1h14
Cotas + Texto	1h01	0h33	1h34
Escada	0h24	0h08	0h32
Prancha + Legendas	-	-	0h25
<b>Total</b>	<b>3h20</b>	<b>2h14</b>	<b>5h59</b>

**Fonte:** Autor

Ao término da Prancha 01/04 – Planta Baixa, é realizada a confecção da Prancha 02/04 – Planta de Situação, a qual levou, aproximadamente 56 minutos.

A planta de situação é a representação do de desenho projetivo constituído por uma vista principal superior esquemática, envolvendo o terreno onde a edificação será construída e a zona de entorno do lote em questão, com a finalidade de mostrar o formato, as dimensões e a localização do lote.

Nela não são representados todos os elementos e detalhes que seriam vistos pelo observador, porém somente aqueles que visam atender ao objetivo deste



desenho específico. Deve conter o contorno do desenho, contorno do quarteirão principal e trechos dos quarteirões adjacentes.

A Prancha 03/04 – Fachadas e Cobertura possui três desenhos, da fachada frontal, fachada fundos e cobertura. Na Tabela 3 tem-se o tempo gasto para a confecção de cada etapa da prancha.

**Tabela 3** - Tempo de execução do projeto arquitetônico (Prancha 03/04)

<b>Fachada Frontal</b>	0h50
<b>Fachada Fundos</b>	0h31
<b>Cobertura</b>	1h18
<b>Total</b>	<b>2h39</b>

Fonte: Autor

A planta de fachadas deve mostrar elementos gráficos do desenho arquitetônico constituídos por vistas ortográficas principais, ou eventualmente, auxiliares da edificação, elaborados com a finalidade de fornecer informações para a execução da edificação, bem como antecipar sua visualização externa.

A quarta e última prancha é a 04/04 – Cortes, presente no Anexo 4, nela estão representados os três cortes presentes nas plantas arquitetônicas. Na Tabela 4, é possível analisar o tempo levado para o desenho de cada corte separadamente.

**Tabela 4** - Tempo de execução do projeto arquitetônico (Prancha 04/04)

<b>Corte AA'</b>	1h11
<b>Corte BB'</b>	1h07
<b>Corte CC'</b>	1h22
<b>Total</b>	<b>3h40</b>

Fonte: Autor

Os cortes devem ser representações gráficas constituídos por visitas ortográficas seccionais do tipo corte, obtidas quando planos secantes e projetantes verticais são passadas dentro da edificação.

A Tabela 5, abaixo, demonstra o tempo gasto ao longo do desenho de todas as pranchas, 01/04 (“Planta baixa”), 02/04 (“Planta de situação”), 03/04 (“Fachadas e cobertura”) e 04/04 (“Cortes”), localizadas nos Anexos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

**Tabela 5** - Tempo de execução do projeto arquitetônico (Pranchas 01 a 04/04)

<b>Prancha 01/04</b>	<b>Prancha 02/04</b>	<b>Prancha 03/04</b>	<b>Prancha 04/04</b>	<b>Total</b>
5h59	0h56	2h39	3h40	<b>13h14</b>

Fonte: Autor

Tem-se, então, que o tempo total gasto para a confecção de todo o projeto arquitetônico fazendo uso do *software* Autodesk AutoCAD é de aproximadamente 13 horas e 14 minutos.

Vale lembrar que o tempo marcado não leva em consideração pausas ocorridas durante a execução do desenho, tampouco o tempo gasto ao longo do processo executivo. Entretanto, todos o tempo gasto com erros encontrados ao longo do desenho e redesenho foi incluído ao tempo final.

### **7.2.2 Modelagem do projeto estrutural**

Para a elaboração de um projeto estrutural, de modo adequado, o engenheiro necessita de certas informações antes de iniciar seu trabalho, tais quais o projeto arquitetônico da edificação, laudo de sondagem do terreno, levantamento topográfico, avaliação das características das edificações vizinhas, além do acesso ao planejamento previsto para execução da estrutura.

É de suma importância que se tenha em mãos o projeto arquitetônico definido para, assim, elaborar os complementares.

Normalmente, o projetista estrutural recebe o projeto final, já aprovado, para utilizar como base, dificultando, assim, qualquer mudança que possa ser julgada como necessária para adaptar o arquitetônico ao estrutural. Dessa forma, o lançamento das estruturas deve ser feito de maneira a interferir o mínimo possível na arquitetura.

No caso do trabalho em questão, o desenvolvimento do projeto estrutural partiu-se da concepção arquitetônica final, além de também utilizar como base os

projetos cedidos em meio digital pela autora, Adriana Carlota Birchler, e desenhados com o *software* Autodesk AutoCAD.

Infelizmente, existe no Brasil, uma cultura de não realizar sondagem do terreno para obras de pequeno porte, porém tal laudo pode representar uma economia para o contratante, pois o mesmo reduz incertezas no dimensionamento e claro, é um aspecto de segurança para a obra.

O loteamento, analisado para a construção da edificação unifamiliar em questão, segundo a autora do projeto, possui terreno com boa resistência, facilitando a escolha da fundação. A projetista decidiu por utilizar na fundação sapatas de 80x80x50 cm com pilaretes de 80 cm sob cada pilar.

Para o lançamento das estruturas da residência, em questão, foi-se adotado pilares retangulares de concreto com dimensões de 15x30 cm. Com exceção do poço de escada, onde localiza-se um pilar circular de diâmetro 25 cm.

No caso de lajes, há a necessidade de adotar alturas variáveis, porém todas pré-moldadas. Também são utilizadas cintas sob todas as paredes do térreo e vigas sob todas do primeiro e segundo pavimento.

Para o muro que circunda a edificação foram utilizados pilares executados na própria alvenaria e também pilares em concreto estrutural, todos com 15x20 cm, com exceção de um pilar mais robusto, de 15x40 cm.

O detalhamento do projeto estrutural está presente nos anexos 5 e 6, divididos em 2 pranchas, onde a primeira demonstra a fundação do empreendimento, com a localização e formas da fundação, sapatas, cintas e pilaretes, assim como suas respectivas armaduras.

Na segunda prancha são expostas as formas de vigas e pilares do pavimento térreo, além das formas de vigas, pilares as lajes de piso do pavimento superior.

Seguindo o mesmo princípio utilizado na confecção do projeto arquitetônico, todo o detalhamento do projeto estrutural está presente em anexos ao fim deste trabalho. Além disso, o tempo gasto é devidamente cronometrado.

A primeira etapa do projeto estrutural consiste na locação dos pilares, na localização das sapatas e das cintas. Além das cotas e o detalhamento das

estruturas. O tempo levado para a confecção desta etapa está na tabela 6, abaixo, enquanto a prancha pode ser localizada no anexo 5, ao final do trabalho.

**Tabela 6** – Tempo de execução do projeto estrutural (Prancha 01/02)

<b>Locação das estruturas de fundação</b>	<b>Detalhamento das estruturas de fundação</b>	<b>Prancha / Cotas / Legendas</b>	<b>Total</b>
0h30	0h53	0h10	<b>1h33</b>

**Fonte:** Autor

Na tabela 7, é demonstrado o tempo gasto na execução da segunda prancha da concepção estrutural da edificação, na mesma estão demonstradas as localizações dos pilares, vigas e lajes tanto do primeiro, quanto do segundo pavimento.

**Tabela 7** – Tempo de execução do projeto estrutural (Prancha 02/02)

<b>Planta de forma 1º pavimento</b>	<b>Planta de forma 2º pavimento</b>	<b>Prancha / Cotas / Legendas</b>	<b>Total</b>
0h42	0h38	0h13	<b>1h33</b>

**Fonte:** Autor

Na tabela 8, é possível visualizar o tempo total gasto com a concepção estrutural, não levando em conta o tempo gasto com pausas ou familiarização com os projetos cedidos.

**Tabela 8** – Tempo de execução do projeto estrutural (Pranchas 01 e 02/02)

<b>Prancha 01/02</b>	<b>Prancha 02/02</b>	<b>Total</b>
1h33	1h33	<b>3h06</b>

**Fonte:** Autor

### 7.3 METODOLOGIA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

O primeiro passo para o desenvolvimento é a escolha de um *template* que seja um arquivo que possua pré-configurações e tipologias que permita iniciar um projeto de arquitetura e, a partir dele, criar novas famílias e tipologias e, conseqüentemente, um novo arquivo personalizado.

O *template* utilizado traz uma série de elementos já configurados que podem ser aproveitados, editados ou eliminados para a geração de um projeto, as principais famílias de sistema e de componente estão configuradas e carregadas para iniciar um projeto, como famílias, tipologias de paredes, pisos, portas, janelas e telhados.

Como padrão, deve-se escolher uma família e, em seguida, uma topologia existente, duplica-la para a criação de uma nova baseada na antiga. Dessa forma, criam-se novos tipos com características diferentes da categoria e família selecionada.

### **7.3.1 Modelagem do projeto arquitetônico**

Para a modelagem do projeto arquitetônico foi utilizado o *software Revit Architecture*. A mesma é iniciada com a configuração das unidades de medidas que serão utilizadas ao longo do projeto e da criação dos três níveis de projeto, térreo, 1º pavimento e telhado com suas respectivas cotas em utilizando como referência o nível do solo 0,00m.

O desenho da planta foi realizado a partir de paredes, dessa forma deve-se criar uma tipologia para a parede utilizada a partir da estrutura básica já disponível no *software*. A parede utilizada possui 15 centímetros e três camadas, sendo elas duas externas de acabamento e uma interna, que é a estrutura em si da parede.

Desde a abertura do programa até o determinado ponto de projeto fora gasto aproximadamente quinze minutos.

Antes da inserção das alvenarias deve-se definir a família de paredes a ser utilizada, para cada família há uma espessura correspondente, bem como especificação de materiais e fabricantes.

Após ter suas características definidas foi desenhado um croqui, no nível térreo, obedecendo o desenho da planta já definida, com altura desconectada e sem se preocupar com as medidas dos compartimentos, por enquanto.

Finalizando o desenho, iniciou-se as modificações dos espaços dos compartimentos internos, obedecendo as medidas de projeto e utilizando cotas temporárias, ao longo deste processo, conforme as paredes eram posicionadas em

seus devidos lugares, as cotas eram fixadas, impedindo que houvesse movimentações não desejadas enquanto outras medidas eram acertadas.

Após o desenho das paredes do primeiro pavimento, foi necessária separação parede por parede de cada cômodo para poder detalhar o material de acordo com cada parede com a ferramenta *Split Element*, que permite o desmembramento das mesmas.

Neste ponto do projeto, foram definidos os materiais de cada grupo de paredes, modificando, assim, suas propriedades, duplicando cada uma delas para que todas as outras não fossem modificadas com a mesma configuração.

Para executar o posicionamento das colunas, foram ocultadas todas as cotas já fixadas e selecionados os objetos necessários, utilizando os padrões e dimensões já definidos ao longo do projeto. Essas colunas iniciais servem apenas para efeito do projeto arquitetônico e apenas como base para o desenvolvimento do projeto estrutural.

Para finalizar a primeira etapa de desenho, foram alteradas as alturas de todas as paredes, as configurando para que as mesmas terminem no nível do primeiro pavimento, com exceção das paredes que possuem altura especial, como por exemplo, as bancadas da cozinha, indicadas no desenho.

O tempo utilizado para o desenvolvimento desta etapa e sub etapas está exposto na Tabela 9, abaixo.

**Tabela 9** – Tempo de execução da planta a partir de paredes do térreo

<b>Aplicação das paredes</b>	<b><i>Split Element</i></b>	<b>Materiais</b>	<b>Alocação das Colunas</b>	<b>Total</b>
0h27	0h10	0h12	0h16	<b>1h05</b>

Fonte: Autor

Agora, são incluídas as esquadrias no projeto. As portas e janelas foram configuradas a partir das famílias já existentes no *software*, as adaptando de acordo com o projeto base. Após este processo, as mesmas foram instaladas em seus devidos lugares e com as dimensões desejadas.

As simbologias das vistas em planta já estão criadas e as mesmas podem ser visualizadas a qualquer momento ao longo da execução do projeto, assim como pode-se alterar os nomes de cada uma das fachadas e cortes. Neste ponto também são criados outros níveis intermediários, tais quais os da escada.

Ainda no nível térreo, foram criados os pisos estruturais a partir do desenho de seus formatos. Uma vez o piso colocado, o mesmo foi configurado para o projeto em estudo, utilizando as espessuras já definidas no projeto base. Nesta etapa também é feita a rampa da garagem da residência.

Os pisos, por conta das diferenças de nível, tiveram alguns espaços que foram preenchidos com paredes de alturas necessárias apenas para tal cobertura.

**Tabela 10** – Tempo de execução das esquadrias, níveis intermediários e pisos

<b>Esquadrias do térreo</b>	<b>Níveis intermediários</b>	<b>Pisos</b>	<b>Total</b>
0h18	0h10	0h24	<b>0h52</b>

**Fonte:** Autor

Os cortes foram criados a partir do desenho arquitetônico base utilizado na confecção do projeto, houve também a necessidade de realizar quebras em alguns dos cortes.

Para a criação das paredes do primeiro pavimento foi importante a utilização de ferramentas que tornaram possível a obtenção de um apoio para a construção das paredes do piso superior, a fim de que estas estejam umas sobre as outras.

Com esta ferramenta é possível arrumar as quinas das paredes de acordo como elas deviam ficar, com este detalhamento da parede, foi possível preencher os espaços que a laje, delimitada pelo osso da alvenaria, deixa vazio entre uma parede e outra.

**Tabela 11** – Tempo de execução da planta a partir de paredes do primeiro pavimento

<b>Aplicação das paredes</b>	<b>Aplicação das lajes</b>	<b>Materiais</b>	<b>União dos elementos</b>	<b>Esquadrias 1º pavimento</b>	<b>Total</b>
0h34	0h29	0h11	0h08	0h18	<b>1h40</b>

**Fonte:** Autor

Para a criação da escada foi utilizada uma ferramenta específica para tal fim e a mesma configurada com base nos níveis referentes, selecionando onde começa e termina a escada, sendo que a quantidade de degraus foi calculada automaticamente pelo *software*. Também se fez necessária a confecção e configuração do corrimão, que utilizou como base uma família já existente. No nível telhado fora criada a estrutura a partir de uma ferramenta própria.

**Tabela 12** – Tempo de execução da escada e do telhado

<b>Escada</b>	<b>Telhado</b>	<b>Total</b>
0h53	0h37	<b>1h30</b>

**Fonte:** Autor

Cada cômodo recebeu um forro, com um espaçamento de 15 centímetros da laje, dentre as opções fornecidas pelo *software* fora utilizado o forro automático, já criando o mesmo através do perímetro do cômodo. Como o forro criado, foram instaladas as luminárias por motivos arquitetônicos, pois no projeto não serão trabalhadas as instalações elétricas. Nessa etapa também foram adicionadas as louças sanitárias, também para fins arquitetônicos, já que as instalações hidráulicas também não serão trabalhadas no presente trabalho.

**Tabela 13** – Tempo de execução de forros, luminárias e louças sanitárias

<b>Aplicação de forros</b>	<b>Instalação das luminárias</b>	<b>Instalação das louças</b>	<b>Total</b>
0h26	0h25	0h17	<b>1h08</b>

**Fonte:** Autor

Utilizando como base as tabelas 9 a 13, tem-se que o tempo total para desenvolvimento do projeto arquitetônico utilizando a metodologia BIM foi de 6h15.



### 7.3.2 Modelagem do projeto estrutural

O desenvolvimento do projeto estrutural a partir da plataforma BIM é realizado com o auxílio do *software* Revit Structure, extensão do Revit Architecture, seu foco se dá na modelagem de objetos paramétricos e na geração automática de pranchas, tabelas, documentos e quantitativos.

O programa também possui uma integração entre um modelo físico e um modelo analítico editável, facilitando a geração de análises, projetos e a exportação de informações de forma eficiente e simples.

A primeira fase do projeto é a criação dos diferentes níveis além dos criados já ao longo do desenvolvimento do projeto arquitetônico, como o da base e topo da fundação. Após este processo, é importante inserir novos *grids*, os *grids* servem para auxiliar o projetista na inserção de pilares, fundações e demais objetos, são, talvez, a principal ferramenta na locação da obra.

Agora é necessária a inserção dos pilares estruturais, no subitem 7.3.1 houve a aplicação dos pilares arquitetônicos, que possuem apenas função estética, agora os pilares possuem função estrutural, podendo ser analisados e, caso haja necessidade, exportado para outros programas de análise estrutural.

Deve-se então, definir o tipo de pilar, suas características, além do topo e base do mesmo, além disso poderia ser selecionado um pilar inclinado, que não é o caso do projeto estudado. Os pilares podem ser posicionados de maneira manual, porém é aconselhado o uso de um comando chamado de “*At Grids*”, que ao selecionar os *grids*, o próprio *software* adiciona um pilar em cada interseção selecionada.

O *software* Revit Structure oferece diversos tipos de fundação, no caso do presente trabalho, foi utilizado uma família que engloba a fundação pré-definida no projeto base.

**Tabela 14** – Tempo gasto em diversas etapas do projeto estrutural

<b>Inserção de novos níveis e dos <i>grids</i></b>	<b>Configuração e posicionamento dos pilares</b>	<b>Fundação</b>	<b>Total</b>
--	--	-----------------	--------------

0h22	0h27	0h25	<b>1h14</b>
------	------	------	-------------

Fonte: Autor

#### 7.4 COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS ARQUITETÔNICOS E ESTRUTURAL

Compatibilizar projetos é verificar se os componentes dos sistemas ocupam espaços não conflitantes entre si e, além disso, garantir que os dados compartilhados tenham consistência e confiabilidade até o final do projeto e pode ser definida como a atividade que torna os projetos compatíveis, estabelecendo soluções integradas entre as diversas áreas que tornam um empreendimento factível.

Um dos mais comuns problemas encontrados em edificações é a interferência entre projeto estrutural e os projetos arquitetônicos e de instalações. Esta interferência é proveniente de incompatibilidades de projetos ou de modificações no decorrer da construção, devido, principalmente, à falta de uma maior coordenação entre os diversos sistemas constitutivos envolvidos.

Fazem-se necessário a coordenação e compatibilização dos projetos, quanto mais projetos passarem por este processo, maior se torna o grau de acertabilidade da etapa construtiva e esclarecimento de informações passadas de um profissional a outro.

Na análise de incompatibilidades entre projetos, verificam-se as incoerências físicas e funcionais entre os projetos de arquitetura e estrutural, através de elementos conflitantes. As verificações realizadas entre projetos deram-se através da sobreposição digital das plantas baixas dos diversos projetos no plano 2D, com o auxílio do *software* AutoCAD. Considerou-se os elementos paredes, esquadrias, forros, pilares, vigas e lajes.

Nesta etapa do método, busca-se a verificação das incompatibilidades geradas entres os projetos por meio da sobreposição de representações 2D. A conferência é puramente visual, o que implica na influência direta do projetista.

No caso do trabalho em questão, foram retirados os *layers* que não se mostravam importante para facilitar a sobreposição com o projeto arquitetônico da

residência trabalhada. Foram encontradas pequenas incompatibilidades, principalmente em relação a posição de alguns pilares que não estavam localizados corretamente, também foram identificadas algumas incoerências no desenho em si.

A análise das incompatibilidades e suas respectivas correções levaram cerca de 33 minutos para serem feitas. Porém, vale salientar, de que o projeto ainda não está livre de possíveis falhas, já que a compatibilização fora realizada pelo mesmo projetista que desenhou as pranchas, podendo implicar na não identificação de algumas não conformidades.

Os modelos modelados em 3D tiveram suas inconformidades de projeto analisadas no *software* Revit, sobrepondo plantas e analisando o modelo tridimensional.

As visualizações em três dimensões presente no sistema BIM auxiliam a verificação de incompatibilidades e facilitam a análise de pontos diversos sobre o projeto e a busca por soluções.

Diversas questões de projeto que, tradicionalmente só seriam percebidas em etapas futuras ao projeto arquitetônico e estrutural, podem ser resolvidas pelo projetista logo nas fases iniciais, diminuindo retrabalhos por conta de alterações e ajustes de projeto.

Ao contrário dos convencionais desenhos CAD, onde o computador “entende” as paredes como um conjunto de linhas, *layers*, nos *softwares* BIM, ao desenhar uma parede, o projetista define suas propriedades e características, fazendo com que o programa “entenda” que a parede desenhada é a representação de uma parede real.

Toda mudança realizada no modelo tridimensional é automaticamente atualizada em todos os arquivos bidimensionais e vice-versa, dispensando revisões mais detalhadas.

O estudo das incompatibilidades em um modelo tridimensional se faz de maneira mais simples, pois ao longo da confecção do próprio projeto já é possível fazer a identificação de tais falhas, além disso algumas sobreposições já são alertadas pelo próprio *software* no momento em que o elemento é inserido no projeto.

As maiores incompatibilidades encontradas na análise foram as cotas, algumas distâncias não estavam sendo indicadas na planta, assim como as dimensões das portas e janelas, também foi identificado, quando comparado ao projeto base, o mau posicionamento de algumas esquadrias.

No projeto estrutural não foram encontrados problemas em relação ao posicionamento de pilares, sapatas e vigas, por conta da utilização de *grids* que serviram como guia no momento da elaboração do modelo e que tem como principal objetivo mitigar os erros já na confecção do desenho.

**Tabela 15** – Tempo gasto na compatibilização dos projetos 2D e 3D

Metodologia convencional – CAD 2D			Metodologia BIM – 3D		
Identificação	Correção	Total	Identificação	Correção	Total
0h13	0h20	<b>0h33</b>	0h11	0h10	<b>0h21</b>

Fonte: Autor

A partir da Tabela 15, acima, é possível analisar que o tempo levado para identificação de incompatibilidades em ambas metodologias são similares, porém o tempo para correções é reduzido em 50% quando se trata da metodologia 3D. Este fato se dá, principalmente, pela mudança simultânea que ocorre.

Ao realizar uma alteração qualquer em um dos modelos desenvolvidos no *software* Revit, a mudança é replicada para todos os outros, já no CAD, a mudança deve ser feita manualmente em todas as plantas envolvidas.

## 8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Atualmente, observa-se que a tecnologia da informação vinculada à engenharia civil está em evidente crescimento, e especula-se que a metodologia

BIM ganhará espaço no Brasil, da mesma maneira como vem ocorrendo em outros países. Analisando o seguimento da infraestrutura civil, é percebido que o setor segue a mesma tendência de aumento da utilização da metodologia BIM, no mercado pode-se encontrar diversos *softwares* específicos relacionados ao tema, como o Autodesk Revit.

Apesar da utilização da metodologia BIM no Brasil, ainda existem algumas adversidades a serem vencidas, onde talvez a principal seja a maturidade das ferramentas BIM, de forma que as mesmas ainda não trabalham com base em um mesmo formato global. Somente o uso mais intenso da metodologia e as consequentes reclamações dos usuários, farão com que os *softwares* evoluam em uma velocidade ideal.

A complexidade das atividades no setor da construção civil avança juntamente com a evolução da tecnologia, e para acompanhar tal desenvolvimento busca-se profissionais cada vez mais capacitados, pessoas que apresentam resultados eficientes às empresas, principalmente por conta do aumento evidente da competitividade do mercado da área.

Uma das alternativas para buscar se sobressair perante a competitividade do mercado é um eficaz processo construtivo, logo a prática da compatibilização de projetos tem um papel importante na busca dessa eficiência, precavendo gastos e desperdícios na fase de execução.

O presente trabalho demonstrou através de um estudo de caso em uma residência unifamiliar com a utilização do *software* Revit, a compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural no modelo bidimensional e tridimensional, além de comparar todo o processo envolvido com a metodologia chamada convencional, a partir da utilização do *software* AutoCAD em modelos bidimensionais.

A experiência de trabalhar com o Revit foi excelente, pois o mesmo se apresentou de forma simples e surpreendeu com a facilidade de comando, sua interface e, principalmente, com a sua engrenagem de parametrização, onde qualquer alteração acarreta em mudanças em todo o projeto. A cultura de se trabalhar com o AutoCAD nos limita a conhecer e a utilizar novos programas relacionados a etapa de desenvolvimento de um projeto.

Em contrapartida, o *software*, por ser extremamente versátil e completo, muitas vezes exige conhecimentos específicos sobre assuntos nem sempre cotidianos na vida de um profissional de engenharia civil, requerendo um treinamento para o programa que por muitas vezes pode ser extenso e gerador de custos financeiros e de mão de obra.

Também há o problema relacionado aos sistemas, por se tratar de um *software* altamente customizável e com vastas opções, por vezes a complexidade de especificar componentes no Revit é maior que realizar os cálculos e especificações manualmente. No caso de alguns componentes que exigem hospedeiros, que é o caso das esquadrias, podem surgir problemas relacionados, para a replicação desses objetos, o Revit não consegue identificar automaticamente o novo hospedeiro, fazendo com que a operação deva ser realizada manualmente.

Por último, há ainda algumas questões de *software*, como erros gerados aparentemente de maneira aleatória, e a própria necessidade de possuir um computador capaz de executar o programa, que requer especificações robustas e, conseqüentemente, alto custo de implantação de um programa com alto valor de mercado.

## 8.1 ESTUDO DE CASO

A partir da análise dos resultados emitidos no estudo de caso elaborado ao longo do presente trabalho e da modelagem do projeto é possível obter as seguintes conclusões:

- A precisão na expressão dos resultados emitidos pelo *software* Revit é fundamental na rapidez da compatibilização.
- Como o *software* reconhece cada elemento como um objeto com características e não somente como linhas, blocos ou massas, como o AutoCAD, torna sua análise automática confiável, pois a mesma verifica a posição de cada elemento individualmente, analisando se existe interferência com outro objeto.
- Apesar do Revit ser um *software* com muitos recursos, a plataforma do programa é agradável e intuitiva, ficando assim a cargo do operador do

sistema aplicar os parâmetros necessários para o correto funcionamento do programa e emissão dos relatórios.

- Os projetos, de uma maneira geral, necessitam de detalhes de execução, tal detalhamento pode ser visto com maior facilidade na modelagem tridimensional, ao comparar com o modelo 2D produzido pelo AutoCAD.
- A produtividade na confecção do projeto é melhorada em cerca de 50% quando se utiliza a metodologia BIM ao compara-la à metodologia CAD, como pode ser observado nas Tabelas 16, 17 e 18.

**Tabela 16** – Tempo utilizado com a metodologia CAD

<b>Metodologia convencional – CAD 2D</b>			
<b>Projeto arquitetônico</b>	<b>Projeto estrutural</b>	<b>Compatibilização</b>	<b>Total</b>
13h14	3h06	0h33	<b>16h53</b>

Fonte: Autor

**Tabela 17** – Tempo utilizado com a metodologia BIM

<b>Metodologia convencional – CAD 2D</b>			
<b>Projeto arquitetônico</b>	<b>Projeto estrutural</b>	<b>Compatibilização</b>	<b>Total</b>
6h15	1h14	0h21	<b>7h50</b>

Fonte: Autor

**Tabela 18** – Redução do tempo na utilização da metodologia BIM em comparação a metodologia CAD

	<b>Projeto</b>	<b>Projeto</b>	<b>Compatibilização</b>	<b>Total</b>

	<b>arquitetônico</b>	<b>estrutural</b>		
Tempo reduzido	6h59	1h52	0h12	<b>9h03</b>
	52,78%	60,21%	36,36%	<b>53,60%</b>

**Fonte:** Autor

- Melhora na produtividade e qualidade do projeto final apresentado.

Tendo analisado os dois métodos de detecção de incompatibilidades, é possível levantar algumas comparações entre eles. A detecção de incompatibilidades na representação tridimensional de modelagem paramétrica permite maior visibilidade dos projetos, pode-se observar ao redor e internamento do modelo digital em diversos ângulos, algo não possível no modelo 2D.

A modelagem no processo BIM, mostrou-se mais apropriada também para edições, pois ao se identificar incoerências no projeto, a alteração em uma das plantas é automaticamente replicada para todas as outras relacionadas.

O método de pesquisa possibilitou a avaliação comparativa da verificação das compatibilidades a partir da sobreposição das representações gráficas em 2D com o método análogo para a verificação das incompatibilidades na modelagem 3D. Os resultados mostraram similaridades nos elementos conflitantes.

## 8.2 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido no presente trabalho fornece uma base de comparação, e mesmo que não explore todas as capacidades do conceito BIM e da ferramenta Revit, pode-se dizer que a longo prazo os ganhos de produtividade compensam o investimento na compra de computadores, *softwares* e no treinamento de profissionais.

Conclui-se que a utilização da metodologia BIM, para todo o projeto, torna-se confiável, a partir do momento em que todos os departamentos e setores envolvidos no projeto estiverem, de fato, utilizando corretamente o fluxo de atividades ditado pela metodologia.



Para que este processo seja, de fato, utilizado de forma correta, recomenda-se que sejam criadas normas e procedimentos para a utilização da metodologia e para garantir o bom uso das mesmas, o departamento de qualidade precisa acompanhar o desenvolvimento do projeto. Dessa forma, provavelmente haverá ganhos de produtividade e qualidade no ciclo de vida do projeto.

Apesar desta significativa evolução, a forma de projetar em sistemas CAD pode ser considerada uma mudança de paradigma, visto que apenas as ferramentas de desenho foram transferidas para o computador diminuindo erros, tempo de dedicação e proporcionando maior facilidade para a aplicação de alterações necessárias, ou seja, a modelagem ficou mais eficiente, mas o resultado final manteve-se para fim de representação.

Há a tendência de que as ferramentas CAD ainda terão diversas utilizações pertinentes, como o caso de pequenas obras ou projetos de menor complexidade, mas deixarão de ser a principal ferramenta na elaboração e emissão de projetos na engenharia civil sendo sucedidas pelo BIM.

Resumindo, evoluir com o BIM significa maior precisão nos projetos, pois viabiliza a industrialização e a pré-fabricação, reduz interferências, erros e retrabalhos, além de reduzir também desperdícios e geração de resíduos. BIM também é considerado o potencial para o futuro, já que amplia as possibilidades de gerenciamento do projeto, da construção, do uso e da manutenção de edificações e instalações.

A metodologia também busca trazer melhor compreensão e entendimento, certificando que a edificação ou instalação correta está sendo criada, envolve proprietário e usuários nas fases iniciais dos empreendimentos, além de garantir a adequada compreensão e entendimento das premissas e requisitos.

Segundo o guia CBIC (2016), as vantagens são tamanhas que em um futuro próximo, migrar para o BIM deixará de ser uma opção e passará a ser condição compulsória, para atual na indústria da construção civil.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ADDOR, Miriam Roux A.; SANTOS, Eduardo Toledo. **Espaços interativos de coordenação de projetos em BIM**: uma comparação entre Brasil e EUA. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2013, Campinas; Porto Alegre: ANTAC, 2013.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). **Integrated Project Delivery: A Guide**. Version 1. AIA California Council, 2007, 62 f.

ANDRADE, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicados no Brasil e tendências**. In: IX WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, n. 4, 2009, São Paulo. São Paulo: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2009. P. 602-613.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531 – Elaboração de projetos de edificações: Atividades Técnicas**. Rio de Janeiro, 1995.

AU – ARQUITETURA E URBANISMO. São Paulo: Pini. v. 208, jul 2011.

BOTTEGA, Bruna Sara. **Avaliação dos efeitos do uso da tecnologia BIM sobre a coordenação de projetistas**. 2012. Trabalho de diplomação (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

CATELANI, Wilton S. **Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras** – Volume 1 Fundamentos BIM. 1ª Edição. Brasília: CBIC, 2016.

COELHO, Sérgio S.; NOVAES, Celso C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. Grupo de pesquisa aplicada em construção civil**. Pelotas, 2008. Disponível em <[http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO\\_2008.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf)>. Acesso dia 14 de out. 2016.

**CONSTRUÇÃO MERCADO**. São Paulo: Pini, 115, jan. 2011.

DURANTE, Fábio K. **O uso da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) para gerenciamento de projetos**. 2013. 118 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho *et al.* Porto Alegre: Bookman, 2014.

FARINHA, Marcel C. R. **Exemplo de compatibilização de projetos utilizando a plataforma BIM (*Building Information Modeling*)**. 2012. 115 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campos Mourão.

FEITOSA, Arthur. **Curso Revit Structure 2016 com instrutor certificado e certificado de conclusão de curso**. 2016. 28 f. Projeto ACG, João Pessoa.

FLORIO, Wilson. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura**. 2007. 10 f. III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, Porto Alegre: 2007. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/norie/tic2007/artigos/A1106.pdf>>. Acesso dia: 06 out. 2016.

JUSTI, Alexander R. **Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros: relato de uma experiência**. 2007. 08 f. Revista Gestão e Tecnologia de Projetos – Escola de Engenharia de São Carlos, Vol. 3, nº 01. São Carlos: 2008. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/jornal/index.php/gestaodeprojetos/article/viewFile/56/86>>. Acesso dia 06 de out. 2016.

JUSTI, Alexander R. **Tutorial de orientação para criação de uma casa de 2 andares no Revit Architecture 2015: Módulo Básico - tutorial**. Escola de Arquitetura e Engenharia: Centro de Treinamento Autodesk. São Carlos: 2015.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 389 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARTINS, João P. *et al.* **BIM: O que é?** 2012/13. 27 f. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto: 2013. Disponível em: <[http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12\\_13/files/REL\\_12MC08\\_01.PDF](http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_01.PDF)>. Acesso em 25 de nov. 2016.

MELHADO, Silvio Burratino. **Qualidade de projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NARAYAN, K. Lalit; RAO, K. Mallikarjuna; SACAR, M. M. M.. **Computer Aided Design and Manufacturing**. Nova Deli, 2008. Prentice-Hall of India Private Limited, 2008.

OKU, Roberto Y. M. **Elaboração de Projetos de infraestrutura utilizando metodologia BIM (*Building Information Modeling*)**. 2009. 47 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.

OLIVEIRA, Otávio. **Gestão do processo de projeto na construção de edifícios. Integração**. São Paulo, n. 38. 2004. Disponível em <[ftp://ftp.usjt.br/pub/revint/201\\_38.pdf](ftp://ftp.usjt.br/pub/revint/201_38.pdf)>. Acesso dia: 28 nov. 2016.

PERALTA, Antônio Carlos. **Um modelo do processo de projetos de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PETRUCCI JR., Roberto. **Modelo para gestão e compatibilidade de projetos e edificações usando engenharia simultânea e ISO 9001**. 2003. 98f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

RIBEIRO, Tollendal G. R. **Modelagem de informações de edificações aplicadas no processo de projetos de aeroportos**. 2010. 132f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

SAINZ, J; VALDERRAMA, F. **Infografía y Arquitectura: dibujo y proyecto asistido por ordenador**. Madrid: Ed. Nerea, 1992.

SINDUSCON-PR. **Diretrizes gerais para compatibilização de projetos**. Curitiba, SEBRAE/SINDUSCON, 1995.

SOUSA Jr., Almir M de; Maia, Clivia C. L. L.; Correio, Prisciliane R. P. de A. **Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: Uma abordagem teórica e estudo de caso**. 2014. p. 3236 – 3244. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Santa Maria. Revista Monografias Ambientais – REMOA. Santa Maria, 2014.

SPERLING, David M. 2002. 06 f. **O projeto arquitetônico, novas tecnologias de informação e o Museu Guggenheim de Bilbao**. Pesquisa e Inovação em Gestão do Processo de Projeto de Edifícios. São Paulo, 2007. Disponível em <<http://eesc.usp.br/sap/projetar/files/A038.pdf>>. Acesso dia: 15 de out. 2016.

TAVARES, Wandemberg Jr. POSSAMAIS, Osmar. 2007. 09 f. **Um modelo de compatibilização de projetos de edificações baseado na engenharia simultânea e FMEA**. Pesquisa e Inovação em Gestão do Processo de Projeto de Edifícios. São Paulo, 2007. Disponível em <<http://www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A026.pdf>>. Acesso dia: 15 de out. 2016.

**TÉCHNE**. São Paulo: Pini. v. 168, mar. 2011.

TSE, Tao-chiu K, *et al.* **The utilization of building information models in nD modeling: A study of data interfacing and adoption barriers**. 2005. 26 f. Journal

of Information Technology in Construction. Finlândia, 2005. Disponível em: <[http://www.itcon.org/cgi-bin/works/Show?2005\\_8](http://www.itcon.org/cgi-bin/works/Show?2005_8)>. Acesso dia 14 de out. 2016.

XAVIER, Sinval. 2011. 74 f. **Desenho arquitetônico**. Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia, Núcleo de Expressão Gráfica. Rio Grande, 2011. Disponível em: <[http://www.pelotas.com.br/sinval/Apostila\\_DA\\_V2-2012.pdf](http://www.pelotas.com.br/sinval/Apostila_DA_V2-2012.pdf)>. Acesso em dia 14 de dez. de 2016.