

## APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA BIM EM PROJETOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Ruymar Lana de Souza, M. Sc.<sup>(1)</sup>  
Ernani Carlos de Araujo, D. Sc.<sup>(1)</sup>  
Geraldo Donizetti de Paula, D. Sc.<sup>(1)</sup>

(1) Programa de Pós-Graduação em Construção Metálica, Mestrado Profissional em Construção Metálica (MECOM), Departamento de Engenharia Civil – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

### Resumo

A tecnologia BIM, ou *Building Information Modeling*, é uma referência na ruptura de paradigmas na construção contemporânea. Com o acelerado desenvolvimento de novas tecnologias da informação e da comunicação e sua utilização no processo de projeto, é inegável o impacto de tal inovação no setor da construção industrializada. Nesse contexto, este trabalho visa realizar uma análise dos elementos que compõem a tecnologia BIM e sua relação com os projetos teóricos mais relevantes da Engenharia Simultânea, quando aplicado em uma empresa de projetos, fabricação e montagem de estruturas metálicas. Para a análise foi realizada uma pesquisa de campo nessa empresa de grande porte, com sede em Belo Horizonte, MG, onde foi feita uma pesquisa documental sobre o processo de projeto. Os resultados obtidos indicam que o conhecimento sobre BIM torna-se imprescindível por parte das empresas, profissionais e estudantes, impactando na organização de toda a Cadeia Produtiva da Indústria da Construção (CPIC), bem como nas estruturas e atividades de ensino, pesquisa e extensão relacionados aos cursos da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

**Palavras Chave:** BIM, Engenharia Simultânea, Processo de Projeto, Estruturas Metálicas.

**Key words:** BIM, Engenharia Simultânea, Processo de Projeto, Estruturas Metálicas, Aço

### 1 INTRODUÇÃO

Em um contexto de inovação tecnológica, da ampliação do acesso e uso de equipamentos e ferramentas computacionais e de comunicação, de maior exigência por parte do mercado e dos consumidores, onde ainda reina a fragmentação, e, diante da necessidade de se melhorar os métodos de trabalho, é que surgiu o *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção. Essa tecnologia vem proporcionar mecanismos de integração dos diversos projetos e é capaz de englobar todo o ciclo vida de um projeto de construção, desde a sua concepção arquitetônica até a execução das obras, bem como da sua gestão nos demais aspectos, sejam eles administrativos, financeiros, ambientais, logísticos etc (1,2,5,6,7).

O BIM assume o papel central dentro das Tecnologias de Informação e Comunicação voltadas para o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Os

conceitos, metodologias, equipamentos e ferramentas tecnológicas de informática e de comunicação, que compõem o BIM, são amplamente difundidos junto aos profissionais liberais, empresas de construção de todos os portes, escritórios de projetos e em outros campos do conhecimento, assim como vem sendo objeto de estudos no meio acadêmico. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise dos elementos que compõem a tecnologia BIM e sua relação com os projetos teóricos mais relevantes da Engenharia Simultânea, quando aplicadas a projetos de estruturas metálicas. Para a análise foi realizado um estudo de caso em uma empresa de grande porte, com sede em Belo Horizonte, MG, especializada em construção metálica, onde foi feita uma pesquisa documental sobre o processo de projeto, tendo-se detectado implementações do BIM na cadeia produtiva.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

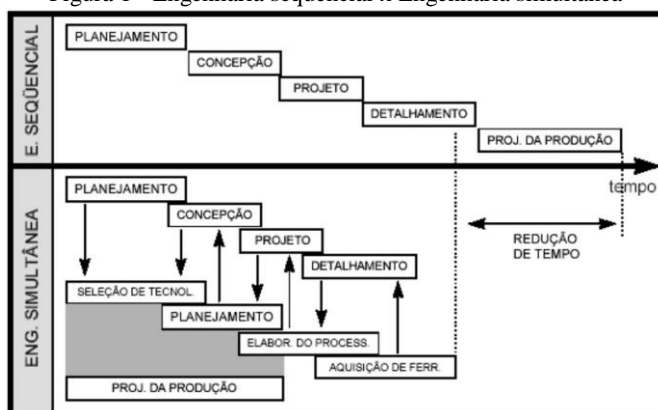
### **2.1 Engenharia Simultânea**

Em resposta aos diversos problemas relacionados ao processo de projeto nas indústrias em geral, surgiram, a partir dos anos 1980, novas propostas teóricas e práticas voltadas para o processo de desenvolvimento e projeto do produto, cujos objetivos maiores estavam direcionados para a melhoria da qualidade dos produtos, redução do desperdício e correção de erros, que estão na origem de retrabalho e patologias nas construções.

Segundo Fabrício (2002) os primeiros estudos sobre Engenharia Simultânea, tal como ela é entendida hoje, e a sua utilização sistemática por empresas ocidentais, remontam à segunda metade da década de 1980. Para ele, a denominação “*Concurrent Engineering*”, ou Engenharia Simultânea, foi proposta e caracterizada primeiramente pelo Institute for Defense Analysis (IDA) do governo norte americano, como sendo uma abordagem sistêmica que integra simultaneamente o projeto de um produto e seus processos relacionados, mobilizando os desenvolvedores (projetistas), e considerando todos os elementos do ciclo de vida de um projeto, da sua concepção até a disposição, incluindo controle da qualidade, custos, prazos e necessidades dos clientes (FABRÍCIO, 2002).

Para superar a fragmentação no processo de projeto sequencial, procurou-se integrar, na concepção do produto, todos os agentes envolvidos durante o ciclo de vida dos empreendimentos, tornando-se esse um dos princípios da Engenharia Simultânea. Melhado (1994) destacava a necessidade da simultaneidade entre a concepção e a produção, ressaltando a importância da formação de equipes multidisciplinares de projeto, duas premissas básicas da Engenharia Simultânea. Na Figura 1 compara-se o desenvolvimento do produto de forma tradicional (sequencial) e de forma simultânea, evidenciando a redução do tempo de entrega e a interatividade das etapas.

Figura 1 - Engenharia sequencial x Engenharia simultânea



Fonte: FABRICIO (2002)

A partir de análises do processo tradicional de projeto dos empreendimentos de construção no Brasil e das características da Engenharia Simultânea como filosofia de gestão de projeto, Fabrício (2002) identifica três principais transformações no processo de projeto como necessárias para viabilizar uma maior colaboração entre os agentes e integrar as etapas desse processo no ambiente da construção de edifícios, que são os eixos centrais para a implantação do Projeto Simultâneo: transformações na cultura dos agentes envolvidos visando extrapolar as limitações das mediações contratuais e criando uma nova disposição de cooperação técnica entre projetistas, construtores e promotores; apropriação de novas tecnologias de informática e telecomunicações como ferramentas que facilitam a comunicação virtual à distância e permitem um novo ambiente cognitivo e tecnológico para o processo de projeto; e, organização das atividades de projeto de forma a permitir a coordenação precoce e o desenvolvimento em paralelo das diferentes especialidades de projeto e desenvolvimento de produto.

## 2.2 O projeto de estruturas metálicas e a construção industrial flexível

No Brasil, o mercado de construção civil tem se tornado cada vez mais competitivo, o que traz novos desafios a essa indústria para que ela possa oferecer produtos com maior qualidade, maior rentabilidade por meio da otimização dos processos, de forma a reduzir custos em prazos mais curtos, e que seja economicamente mais acessível e atenda às expectativas de clientes cada vez mais exigentes. Com isso, tem aumentado significativamente o número de construções industrializadas, inserindo-se aí, a construção metálica, que é tradicionalmente menos utilizada na construção civil.

Assim, o processo da construção tem se orientado por um novo paradigma, embasado na filosofia de produção de onde se origina, com seus conceitos, princípios, diretrizes e métodos, a Engenharia Simultânea e a Produção Enxuta, que primam pela busca da inovação, uso das tecnologias da informação e da comunicação, qualidade dos seus produtos, maior diálogo com o cliente e processos de gestão colaborativa e integrada.

Experimenta-se um grande avanço na industrialização da construção e, segundo Fabrício (2013), que ocorre a partir de novas práticas de gestão de projeto e produção e de inovações tecnológicas associadas à fabricação digital, e esse paradigma de produção industrial flexível e enxuta, baseado em novos procedimentos de gestão de produção e

novas tecnologias de automação, pode representar uma inovadora abordagem para a industrialização das construções.

### 2.2.1 O projeto de estrutura metálica

Dentre os sistemas de construções industrializadas, a estrutura metálica tem se destacado dos demais sistemas por possibilitar reduções no prazo para conclusão da obra (em relação ao concreto moldado *in loco*) e ser significativamente mais leve (em relação ao concreto pré-moldado), mostrando ter grande potencial de crescimento (BAUERMAN, 2002).

Para Teixeira (2007), a utilização da construção metálica na construção industrializada está associada a processos construtivos que exigem grande eficiência das etapas de planejamento e projeto. Dessa forma, as etapas de dimensionamento e detalhamento do processo de projeto devem assegurar as vantagens da construção metálica.

É importante também destacar o papel da tecnologia da informação no processo de projeto na construção industrializada, em especial em estrutura metálica, com o uso de avançados *softwares* que permitem a automatização do processo e uma maior integração entre os projetistas, mas que trazem, no entanto, desafios para a gestão do processo de projeto em estrutura metálica.

### 2.2.2 Gestão do processo de projeto e de produção em estrutura metálica segundo o paradigma da flexibilidade industrial

Mesmo com o crescimento observado na construção industrializada, segundo Martini; Starling e Andery (2016), ainda são relativamente poucos os trabalhos da literatura nacional que focam a gestão do processo de projeto de estruturas metálicas, pois a maioria se concentra em aspectos tecnológicos ou de parâmetros projetuais.

Segundo Fabrício (2013), com essa perspectiva, a industrialização da construção torna-se mais direcionada à gestão e integração dos processos, do que à reconfiguração tecnológica do produto e do sistema construtivo. E o conceito de industrialização flexível é focado no aprimoramento contínuo da organização da atividade produtiva e em novas formas de racionalização gerencial da produção.

Na industrialização flexível, é fundamental especificar e simular o desempenho do produto durante todo o seu ciclo de vida, destacando-se a importância da tecnologia BIM no gerenciamento de todo o projeto e seu ciclo de vida.

Dessa forma, para Fabrício (2013), com esse propósito, a tecnologia BIM busca desenvolver *softwares* de auxílio ao projeto, que permitam a construção de modelos paramétricos dos edifícios e o gerenciamento do ciclo de vida do empreendimento, desde as informações técnicas de projeto, especificações de materiais, componentes e técnicas de construção, até o gerenciamento do processo de uso e manutenção do edifício.

## 2.3 Modelagem da informação da construção

Os novos paradigmas que orientam a construção contemporânea são calcados na Produção Enxuta e na Engenharia Simultânea, que, por sua vez, dão suporte à industrialização flexível, apontam para profundas mudanças em todo o processo de projeto, em especial na construção industrializada, destacando-se as construções em estruturas metálicas.

Com o advento das inovações tecnológicas, das ferramentas computacionais e da comunicação, e diante da complexidade que envolve todo o processo de execução e gestão de um projeto, cada vez mais se torna necessária uma melhor organização de todo o processo construtivo. Para isso, tem-se por princípio ser fundamental especificar e simular o desempenho do produto durante todo o seu ciclo de vida, e a tecnologia BIM vem para atuar no gerenciamento de todo o processo do projeto e de produção, com o intuito de proporcionar uma maior integração do conjunto de informações que compõe o processo do projeto de construção.

A forma de promover tal integração se dá por meio do uso de plataformas (*softwares*), que interagem com os vários projetos e todas as suas informações e são capazes de agrupar todo o ciclo de uma construção, desde a sua concepção à gestão da sua execução, uso e operação. Um projeto de construção organizado em tais plataformas facilita também futuras operações de manutenção, reformas, demolições etc.

O conceito BIM é embasado, essencialmente, em uma metodologia de troca e compartilhamento de informações durante as diversas fases do ciclo de vida de uma edificação (estudos de viabilidade, desenvolvimento de projeto, construção, manutenção, demolição e reciclagem), podendo-se dizer que ele é a construção virtual dessa edificação, onde tudo pode ser definido antes da obra, desde os sistemas, materiais, procedimentos de gestão, cronogramas e outros. Sua aplicação permite verificar as possíveis interferências construtivas, os quantitativos de materiais, realizar simulações de soluções de logística de produção, assim como estudar as sequências construtivas.

Eastman et al. (2014) apud Maciel (2014) entendem o BIM com três aspectos diferenciados: uma ferramenta, por ser programa para tarefas próprias que produz um resultado específico; uma plataforma, que gera dados para usos múltiplos, podendo ter várias ferramentas embutidas e interfaces para outras ferramentas com variados níveis de integração; e ambiente, por ser capaz de gerar e armazenar instâncias de objetos para ferramentas e plataformas diferentes, gerenciando tudo com eficácia. Sintetizando, o BIM pode ser entendido em três níveis de abstração: produto, ferramenta e processo.

### 2.3.1 Modelo Computacional BIM

Para melhor compreensão do Modelo Computacional BIM, descreve-se o conceito de modelagem paramétrica e como ela ocorre. Tem-se, pois, que num modelo BIM a informação encontra-se interligada por relações paramétricas, o que permite realizar alterações em tempo real em todo o modelo, mantendo uma atualização permanente e evitando a propagação de erros. Qualquer alteração realizada no modelo é exposta automaticamente em todas as suas interfaces gráficas e também no restante da informação não gráfica. Desta forma, ao se usar um projeto único, garante-se também que qualquer interveniente no projeto trabalhe sempre com a informação mais atual.

Os objetos paramétricos, em geral, são construídos em vários *softwares*, o que exige a integração entre as diversas informações. De acordo com Garbini (2012), a adoção de uma plataforma de dados neutra permite fazer essa troca de informações, sem perda de dados, tornando dessa forma, a tecnologia BIM realmente eficiente e confiável.

Essa plataforma de dados neutra proporciona a compatibilidade entre os diversos *softwares*, assegurando aos vários intervenientes a interação em um modelo único, cujo processo é conhecido como interoperabilidade. Smith e Tardif (2009) apud Stehling (2012) explicam que operabilidade é a capacidade de uma ferramenta executar bem uma tarefa e interoperabilidade seria a capacidade das ferramentas trabalharem juntas dentro de um sistema, em busca de propiciar colaboração, coordenação e gerenciamento das

informações. A interoperabilidade possibilita, assim, a interação entre os diversos intervenientes de um processo de trabalho em BIM e assegura a compatibilidade do modelo único com várias plataformas digitais (*softwares*).

### 2.3.2 Processo colaborativo em BIM

O trabalho com a tecnologia BIM, por pressupor o uso de vários *softwares*, operados por diversos intervenientes e que se comunicam por meio de inúmeras interfaces, demanda a construção de um ambiente colaborativo, onde as informações são integradas na construção de um modelo único. Sem a colaboração é impossível trabalhar com o BIM, pois o seu desenvolvimento envolve, sempre, diferentes e diversos agentes e organizações.

Segundo Venâncio (2015), a metodologia BIM pressupõe a existência de um sistema colaborativo entre os intervenientes no processo, que atinge o proprietário, a equipe de projeto, o construtor e fabricante, bem como o gestor da edificação ou proprietário. Para assegurar essa colaboração, é necessária a definição de regras e processos, bem como o planejamento e a busca de soluções que efetivem a interoperabilidade. O processo colaborativo pressupõe, portanto, uma nova forma das empresas de conduzirem os seus processos, o que implica numa visão sistêmica que exige mudanças culturais, comportamentais e outras formas de organização do trabalho.

A construção do ambiente colaborativo torna-se, assim, elemento chave para a implantação do BIM em sua totalidade e essa implantação em um ambiente colaborativo deve obedecer às diretrizes, regras e responsabilizações próprias da colaboração, assim como à normatização prevista nas legislações pertinentes.

## 3 APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM PROJETOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS – ESTUDO DE CASO

Tendo como referência a Engenharia Simultânea, este estudo de caso trata de processos de projeto de empreendimentos em estrutura metálica, e tem como objetivo identificar na sua gestão, aqueles elementos constitutivos da tecnologia BIM, tanto os conceituais quanto os instrumentais. Foram abordados os processos de projeto desenvolvidos por uma empresa de grande porte, especializada em estruturas metálicas, que atua no mercado nacional e internacional há mais de três décadas, com oferta de serviços de cálculo, detalhamento, fabricação e montagem de estruturas de aço para projetos industriais, pontes e edifícios de andares múltiplos.

A empresa é reconhecida por oferecer, na área de engenharia, soluções inovadoras a projetos de grande porte e alta complexidade em construções em aço, por possuir conhecimento avançado em cálculo e grande experiência na fabricação dos mais variados tipos de estruturas metálicas e por apresentar, na montagem, tecnologias que utilizam recursos de logística integrada, tendo em vista primar pela segurança estrutural, eficiência na redução dos custos e no atendimento aos clientes. Ela tem aplicado grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento e na aquisição de *softwares* e *hardwares* de última geração, tendo em vista o alcance de inovadoras soluções de engenharia nas diversas construções em aço, além de possuir um corpo técnico especializado e altamente capacitado em estruturas metálicas, e que ao lidar com variados projetos em aço, a empresa se destaca por desenvolver soluções sob medida para cada obra.

Para esse estudo, aborda-se, na sequência, o desenvolvimento de um processo de projeto de estrutura metálica, realizado pela empresa, que, embora considere que não utiliza o BIM, observam-se evidências de sua aplicação em todo o processo produtivo.

### 3.1 Do orçamento à contratação

Para atendimento às solicitações de orçamento da Diretoria Comercial, é designada uma equipe de engenharia com profissionais lotados na Gerência de Projetos e na Diretoria Técnica, tendo um engenheiro responsável pelo orçamento. A cada orçamento é necessário o atendimento dos fluxos das áreas Comercial (custos em geral e prazos) e Técnica (cálculo e detalhamento dos projetos).

No que se refere à área Técnica, no momento de elaboração do cálculo e detalhamento do projeto para efeito orçamentário, são utilizados *softwares* BIM que permitem que o referido modelo seja construído de forma paramétrica e que aconteça a interoperabilidade entre os dados de cada um desses *softwares*, para a elaboração do orçamento da construção.

Além das características próprias do modelo computacional, destaca-se o processo colaborativo como outro aspecto BIM presente na construção do orçamento, uma vez que as plataformas digitais são operadas por profissionais especializados, que compõem uma equipe coordenada por um engenheiro responsável. Com a conclusão da contratação, inicia-se o projeto de engenharia.

### 3.2 Do projeto de engenharia

No que se refere ao projeto de engenharia (cálculo e detalhamento), observa-se novamente a presença, na sua elaboração e gestão, dos principais pilares do BIM: o processo colaborativo e o modelo computacional. Em relação ao modelo computacional BIM e sua utilização no projeto de engenharia, destaca-se a utilização das plataformas comerciais e daquelas desenvolvidas pela própria empresa ou contratadas de terceiros.

A engenharia elabora, então, de acordo com cada obra, o modelo da estrutura a ser executado no programa Tekla 3D (Graphisoft), que é verificado, aprovado e analisado criticamente pela equipe de cálculo, para assegurar que todas as informações necessárias para o detalhamento, suprimentos, produção e fornecimento do serviço estão de acordo com as especificações e projetos do cliente.

O processo de modelagem da estrutura ocorre simultaneamente com o cálculo da obra, em fases sequenciais, e utilizam-se instruções de trabalho específicas na comunicação entre os calculistas e projetistas para análise e aprovação, por onde ocorre todo o fluxo do trabalho da equipe de cálculo e da equipe de modelagem e detalhamento.

O processo de gestão da obra é inserido num sistema de gestão denominado Sistema Integrado de Gestão (SIG), em que toda a documentação e informações pertinentes ao processo da obra são armazenadas em pasta específica e compartilhadas.

Em relação ao uso de plataformas computacionais (*softwares*), ressalta-se a importância do Sistema Integrado de Engenharia e Projetos de Estruturas Metálicas (SIEPEM), que é o processo da engenharia responsável pelo desenvolvimento de ferramentas computacionais para a Gerência de Engenharia e a Gerência de Detalhamento, e consiste de programas e planilhas aplicados no cálculo estrutural e aplicativos para o detalhamento das estruturas metálicas.

Após o recebimento do modelo 3D aprovado pelo Engenheiro Calculista, a equipe de detalhamento gera e verifica / aprova os desenhos de fabricação das peças e diagramas de montagem. Após a conclusão dos cálculos estruturais, do detalhamento dos desenhos e do diagrama de montagem, os projetos são encaminhados à Diretoria Industrial, responsável pela fabricação das peças, e após fabricação são direcionadas à Gerência de Montagem.

### 3.3 Da fabricação

A fabricação das peças e complementos é feita em unidades fabris com uma linha moderna e completa de equipamentos automatizados CNC de ponta, que incorporam sofisticados recursos computacionais e de robótica, e o monitoramento do Processo e o Controle de Projetos Recebidos e Fabricação é realizado por meio do *software* Gestão Fabril / SCIA.

Comentado [RR1]: Explicitar o que é CNC.

A área de cálculo é interligada com a área de detalhamento e essa com a fábrica, via rede, por meio do Sistema Integrado de Engenharia e Produção de Estruturas Metálicas - SIEPEM, evitando-se interfaces e garantindo-se agilidade, precisão e qualidade ao processo.

### 3.4 Da montagem

Todo o processo de montagem das estruturas contratadas segue uma gestão sistematizada, cujo planejamento e detalhamento contam com a participação dos parceiros da obra na geração dos planos de montagem. As soluções e tecnologias aplicadas visam o alcance de um melhor aproveitamento dos recursos, logística integrada, melhores condições de trabalho, segurança e redução dos prazos de montagem. Todos os processos são gerenciados e acompanhados por uma equipe capacitada e treinada, tendo em vista assegurar que a estrutura seja montada com qualidade e segurança, conforme as normas técnicas vigentes.

Tem-se, pois, que a gestão do processo de projeto na montagem da obra envolve diversos recursos de logística, administração e gestão de pessoas, necessários aos cumprimentos dos prazos e ao alcance da qualidade desejada, num diálogo permanente com o processo de fabricação, e deste com a Engenharia, com o cliente, com os parceiros e os funcionários no canteiro de obra.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado no estudo de caso, o uso das plataformas digitais BIM se inicia na fase de orçamentação, quando são aplicadas no cálculo e detalhamento dos projetos para uma proposta técnica, cujo modelo é construído de forma paramétrica. Nesse momento, ocorre necessariamente o processo colaborativo e a interoperabilidade entre os sistemas. A partir da contratação, a utilização de conceitos e ferramentas BIM ocorre em todo o ciclo do processo de projeto (projetos, fabricação e montagem).

Destaca-se a importância do uso de avançados recursos computacionais e a colaboração entre os intervenientes, em especial em construções metálicas, para se alcançar as vantagens citadas em busca de maior eficiência e eficácia em todo o processo de gestão.

No estudo de caso, isso se confirma com a organização da gestão do processo de projeto a partir do Sistema Integrado de Gestão (SIG) e do Sistema Integrado de Engenharia e Projetos de Estruturas Metálicas (SIEPEM), mostrando-se presente os dois pilares da metodologia BIM: o modelo computacional e o processo colaborativo; ambos possibilitando conduzir a gestão de todo o ciclo de vida de um projeto como Projeto Simultâneo.

Nessa empresa, em que a construção metálica industrializada está associada a processos construtivos que exigem grande eficiência das etapas de planejamento e projeto, verifica-se, ainda, como característica do Projeto Simultâneo, o uso de inovações



tecnológicas associadas à fabricação digital. Tais inovações, em especial as da tecnologia da informação e da comunicação, possibilitam que os projetos de engenharia sejam elaborados com avançados *softwares*, que permitem a automatização do processo e uma maior colaboração entre os projetistas e a integração destes com a unidade fabril.

Por fim, em relação aos conceitos da Engenharia Simultânea e do Projeto Simultâneo aplicados na construção industrializada em estruturas metálicas, verificados no estudo de caso, confirma-se a importância do foco no aprimoramento contínuo da organização da atividade produtiva, com uso de tecnologia de ponta (*softwares* e equipamentos), e em novas formas de racionalização gerencial da produção. Confirmando-se, assim, a importância da tecnologia BIM na gestão do ciclo de vida de um projeto.

“Se uma imagem vale mais do que mil palavras,  
um modelo vale mais do que mil imagens”  
Edward McCracken (former CEO – SGI)

## REFERÊNCIAS

- 1) BAUERMANN, M. **Uma investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos em aço**. - Ouro Preto: UFOP, 2002. xiv, 254p.
- 2) EASTMAN, C. M. et al. **Manual de BIM: um guia de Modelagem da Informação da Construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 484 p.
- 3) FABRÍCIO, M. M. **Projeto simultâneo da construção de edifícios**. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Engenharia - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- 4) FABRÍCIO, M. M. **Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos**. Pós V. 20 N. 33. São Paulo. 2013.
- 5) GARBINI, M. A. L. **Proposta de modelo para implantação e processo de projeto utilizando a tecnologia BIM**. Dissertação (Mestrado). Cuiabá, Mato Grosso. 2012.
- 6) MACIEL, M. A. C. **Dificuldades para a implantação de softwares integradores de projeto (BIM) por usuários da cidade de Aracaju / Sergipe**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Sergipe - São Cristóvão (SE). 2014.
- 7) MARTINI, R. J.; STARLING, C. M. D.; ANDERY, P. R. P. **Mapeamento e análise do processo de projeto de estruturas metálicas com foco na integração – estudos de casos múltiplos**. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção. São Paulo. 2016.
- 8) MELHADO, S. B. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese de Doutorado, Escola politécnica da universidade de São Paulo, 1994, 277p.
- 9) SMITH, D. K.; TARDIF, M. **Building Information Modeling: a Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2009. 186 p.

10) STEHLING, M. P. **A utilização de modelagem da informação da construção em empresas de arquitetura e engenharia de Belo Horizonte.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2012. 165 f.

11) TEIXEIRA, R. B. **Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2007.

12) VENÂNCIO, M. J. L. **Avaliação da implementação de BIM – Building Information Modeling em Portugal.** Dissertação (Mestrado). Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia. Portugal. 2015.