

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização em Construção Civil

Luanna Rodrigues Mariano

**APLICAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO CONCEITO BIM
PELOS PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
EM MINAS GERAIS**

**Belo Horizonte,
2017**

LUANNA RODRIGUES MARIANO

**APLICAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO CONCEITO BIM
PELOS PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
EM MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em Construção Civil do departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Danielle Meireles de Oliveira

**Belo Horizonte,
2017**

RESUMO

O setor da construção civil tem exigido melhorias em seus processos, de forma que, a partir da adoção de novas tecnologias, seja possível tornar as empresas de construção mais competitivas. Sendo a Modelagem da Informação da Construção (em inglês, Building Information Modeling - BIM) uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, seu uso em um empreendimento contribui para uma construção sustentável, ao auxiliar na redução de desperdícios e na otimização do uso de materiais, além melhorar a coordenação de projetos. Apesar dos seus benefícios, o conceito BIM ainda tem sido pouco utilizado pelos profissionais do setor. Esse estudo tem por objetivo identificar, dentre os profissionais de engenharia e arquitetura, o nível de conhecimento que possuem sobre as funcionalidades e aplicabilidades do conceito BIM. Para isso, foi feito um questionário considerando as definições do conceito BIM, sua aplicação e benefícios em cada etapa do ciclo de vida da edificação e como tem sido utilizado pelos profissionais envolvidos no processo de construção. Foi visto que poucos engenheiros e arquitetos conhecem ou já tiveram contato com uma ferramenta BIM, e que a falta de capacitação, dificuldades de comunicação, ausência de compatibilização de projetos e a resistência cultural dos profissionais são os maiores problemas enfrentados pelos profissionais. Sendo assim, a implementação do BIM nos processos representa uma boa opção para reduzir esses empecilhos. Para tanto é necessário que sejam realizados investimento em softwares e cursos de treinamento para que profissionais tornem-se aptos a absorverem a demanda de um mercado cada vez mais exigente.

Palavras-chave: BIM. Coordenação de projetos. Ciclo de vida da edificação.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
CAPÍTULO 1: MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO - BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	7
1.1 MODELAGEM PARAMÉTRICA	8
1.2 INTEROPERABILIDADE	9
CAPÍTULO 2: BIM NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO	12
2.1 BENEFÍCIOS NO PLANEJAMENTO E PRÉ-CONSTRUÇÃO.....	13
2.2 BENEFÍCIOS NO PROJETO	14
2.3 BENEFÍCIOS À CONSTRUÇÃO E À FABRICAÇÃO	15
2.4 BENEFÍCIOS NA OPERAÇÃO	16
CAPÍTULO 3: CARACTERIZAÇÃO DO MODELO ATUAL E ADOÇÃO DOS SISTEMAS BIM	18
CAPÍTULO 4: USO DO BIM PELOS PROFISSIONAIS DE ENGENHARIA E ARQUITETURA	21
4.1 RELATO DA PESQUISA.....	21
4.2 METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DOS DADOS.....	21
4.3 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE DOS DADOS.....	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
APÊNDICES	33

INTRODUÇÃO

Com o modelo atual de construção, a incidência de erros e omissões de informações frequentes nos projetos em papel resulta em custos imprevistos e atrasos. Além disso, esse modelo despande um tempo considerável na fase de projeto para que sejam geradas informações de sua viabilidade e sua exequibilidade.

Visto isso, o setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) têm exigido cada vez mais melhorias dos seus processos, resultando na necessidade de expandir e explorar tecnologias que favoreçam as empresas de construção, tornando-as mais competitivas e diminuindo os erros em projetos e na construção.

Nesse contexto, a utilização da Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling* - BIM) vem ganhando força como uma possível solução (FONTES, 2014). O BIM é definido como sendo "uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção" (EASTMAN *et al.*, 2013, p. 13). Com o BIM, o projeto de uma edificação é elaborado em uma plataforma digital, que contém toda a geometria e informações para suportar sua construção, fabricação e fornecimento de insumos do empreendimento, permitindo o acompanhamento durante todo seu ciclo de vida (EASTMAN *et al.*, 2013).

Seu uso em um empreendimento contribui para uma construção sustentável, pois auxilia na redução de desperdícios e na otimização do uso de materiais. O gerenciamento das documentações técnicas da edificação também é facilitado, mantendo um sistema de informação e comunicação entre empresas e profissionais projetistas, proprietários, incorporadores, construtores e quaisquer outros agentes envolvidos no processo (STEHLLING, 2012).

De acordo com Crespo e Ruschel (2007), os benefícios da utilização de uma plataforma BIM consistem basicamente em:

- Visualizações 3D, que permitem que os clientes vejam a preservação histórica e o contexto local com respeito para novos projetos;
- Redução de erros e omissões através da coordenação 3D;

- Visualização e otimização das fases do projeto e sequência da construção com auxílio dos modelos 4D (3D + Prazo) e 5D (4D + Custo);
- Cálculo automático de espaços e áreas relevantes;
- Simulações dos modelos para análise de desempenho.

Apesar de em vários países o BIM já ser utilizado, no Brasil ainda são poucos os profissionais que compreendem e dominam suas aplicações e benefícios, o que contribui para o atraso tecnológico do setor da construção civil.

A indústria internacional apresenta forte tendência de adoção da tecnologia, que tem grande potencial para ser aplicada no desenvolvimento de projetos da indústria de AEC, melhorando a produtividade e proporcionando aumento da qualidade. Alguns escritórios de projeto brasileiros, ao acompanharem essa tendência, se motivaram diante das inúmeras possibilidades e facilidades apresentadas pela tecnologia BIM (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009). Porém, no mercado brasileiro, a falta de investimentos em *softwares*, de capacitação dos projetistas e resistências culturais dos profissionais dificultam sua difusão no mercado da construção (PRATES, 2010).

Contudo, a substituição do CAD 2D ou 3D por uma plataforma BIM envolve mais do que aquisição de *software*, treinamento e atualização de *hardware*, isso porque, para que seja implementado de forma eficiente, mudanças são necessárias em quase todos os aspectos do negócio das empresas, resultando na reestruturação e reinvenção dos seus processos (EASTMAN *et al.*, 2013). Além disso, deve ser realizada uma nova forma de organização do trabalho e de um novo modo de pensar o processo de projeto, com uma visão totalmente integrada (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

Visto isso, este trabalho apresentará uma análise de como o BIM tem sido aplicado na construção civil. Em seguida, identificará, dentre os profissionais de engenharia e arquitetura, o nível de conhecimento que possuem sobre as funcionalidades e aplicabilidades do conceito BIM. Dessa forma, será possível evidenciar as dificuldades enfrentadas que impactam na implementação dessa tecnologia.

CAPÍTULO 1: MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO - BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Para Coelho e Novaes (2008), a Modelagem da Informação da Construção – *Building Information Modeling* (BIM) representa uma evolução dos sistemas CAD, pois permite o gerenciamento da informação no ciclo de vida completo de um empreendimento de construção, através do banco de dados de um projeto, integrado à modelagem tridimensional.

O conjunto de informações padronizadas nos desenhos construtivos assegura a coordenação das informações que vão sendo imputadas pelos diversos participantes do empreendimento, o que garante a qualidade e integridade do modelo (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

Assim, os projetos executados e construídos com o uso desse processo, tornam as informações e desenhos mais aperfeiçoados, inteligentes, especificados, consistentes e coordenados (EASTMAN *et al.*, 2013). Segundo Silva (2013), ele permite que um programa tenha capacidade muito maior de apresentar um objeto e de simular um propósito de concepção automática.

“BIM é a representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação, servindo como um recurso compartilhado de informações relativas a todo o edifício, o que proporciona uma base confiável para todas as decisões necessárias no seu ciclo de vida” (NBIMS, 2008, tradução livre, p.1).

De forma a atingir uma implementação integrada, um modelo BIM apresenta modelagem 3D, geração automática de desenhos, componentes inteligentes parametrizados, banco de dados relacional, otimização de tempo nos processos de construção e interoperabilidade. Além disso, são compostos por objetos associados a uma representação gráfica, atributos de dados e regras paramétricas (STEHLLING, 2012, p. 44).

Witcovski (2011) afirma que, devido ao modelo apresentar tecnologia digital paramétrica e permuta de informações entre aplicativos e usuários, torna-se possível

a redução de resíduos e custos, melhoria da segurança do resultado e aperfeiçoamento do desempenho no planejamento, concepção e construção.

1.1 Modelagem Paramétrica

A modelagem em uma tecnologia BIM é orientada por objetos, ou seja, seus objetos possuem definições geométricas, dados e regras associadas. As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em um modelo de construção ou quando modificações são feitas em objetos associados. Além disso, os objetos podem ser definidos e gerenciados em qualquer número de níveis hierárquicos. Uma parede, por exemplo, se redimensionará automaticamente para se juntar ao teto ou telhado, e se o peso de um dos seus componentes mudar, o peso de toda parede também deverá mudar (EASTMAN *et al.*, 2013).

Marcos (2009), completa que, objetos paramétricos, podem ser também referências diretas a produtos desenvolvidos por fabricantes, como janelas, peças pré-fabricadas, acessórios, etc. Estes objetos e suas atualizações podem ser obtidos *online* e futuramente ajustarem o seu comportamento, de modo automático, aos aspectos do projeto. Por exemplo, objetos representando peças estruturais, que se configuram automaticamente de acordo com os vãos e tipos de apoios definidos.

Faria (2007), exemplifica que nos *softwares* BIM, como desenho é mais "inteligente", o projetista, ao desenhar uma parede, deve atribuir-lhe propriedades (tipo de blocos, dimensões, tipo de revestimento, fabricantes etc.), que são salvas no banco de dados. A partir dele, é gerada automaticamente a legenda do desenho. A Figura 1 apresenta a parametrização de uma alvenaria.

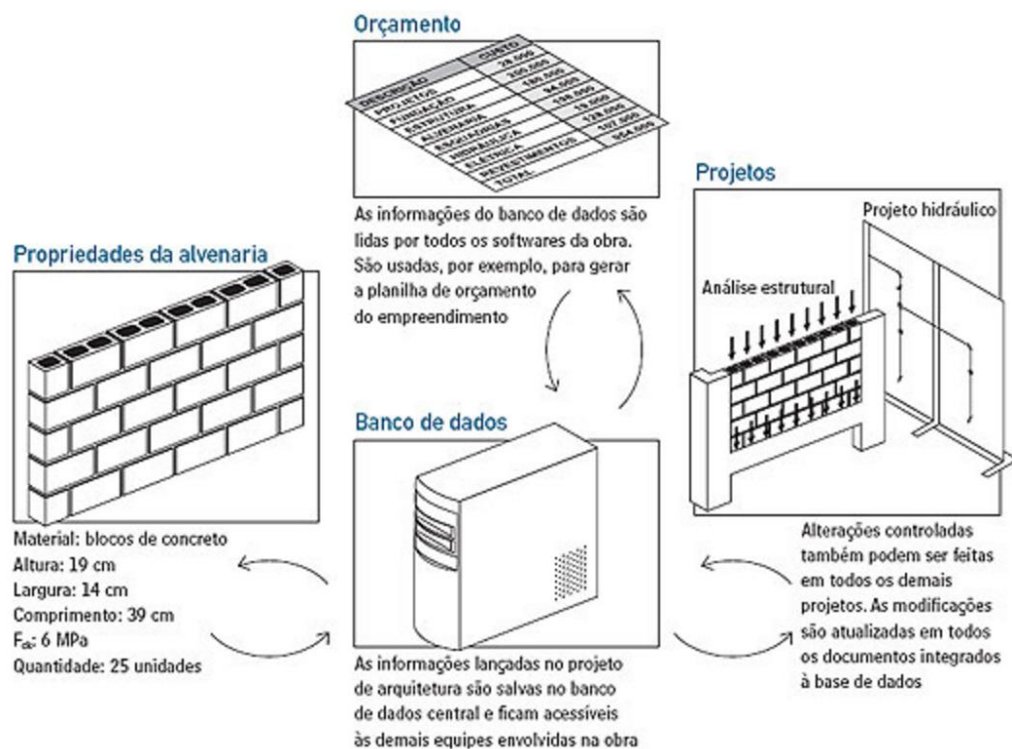


Figura 1: Parametrização de uma alvenaria.
Fonte: FARIA (2007).

1.2 Interoperabilidade

A capacidade de compartilhar dados e informações entre aplicações no processo de projeto, de modo que o fluxo decorra sem erros e automatizado, é definida como interoperabilidade (EASTMAN *et al.*, 2013). O BIM possibilita que vários programas possam produzir e comunicar dados de um projeto entre diferentes setores que fazem parte de todo o ciclo de vida da construção (MONTEIRO; MARTINS, 2011).

A interoperabilidade proporcionada pelo BIM aponta para a necessidade de revisão do processo de projeto e sua gestão na construção civil. A colaboração entre os membros das equipes de projeto deve girar em torno de um modelo baseado nas informações necessárias para o planejamento e construção de um edifício. Dessa forma, a integração dos profissionais durante as fases de orçamento e concepção de projetos, de planejamento e de construção contribui para a formação de um modelo consistente da edificação (COELHO; NOVAES, 2008).

Atualmente avanços significativos nas plataformas CAD ocorreram contribuindo para a melhoria dos projetos. A entidade americana de pesquisadores

IAI (*International Alliance for Interoperability*) tem se empenhado para inserir no desenho informações textuais, através de um modelo de distribuição de dados que descrevam as especificações dos objetos da construção e os conceitos abstratos como espaços, organização, etc, dando suporte à estrutura de dados de sistemas de modelo orientado ao objeto (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

Nesse contexto, o IAI representa uma coleção de classes designada pelo termo *Industry Foundation Classes (IFC)*, que é uma orientação padronizada internacionalmente para que se possam substituir informações de atividades que englobam toda a construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Os arquivos IFC utilizam a linguagem XML – *Extended Markup Language*, cujo objetivo fundamental é a descrição de dados, sendo extremamente importante para o armazenamento, recuperação e transmissão de informações, uma vez que permite a troca de documentos de programas distintos usando sintaxe e estrutura comuns (JACOSKI, 2003). Desse modo, o modelo pode ser utilizado como referência para estudos de outras especialidades como viabilidade econômica, construtibilidade, etc, conforme esquematizado na Figura 2.

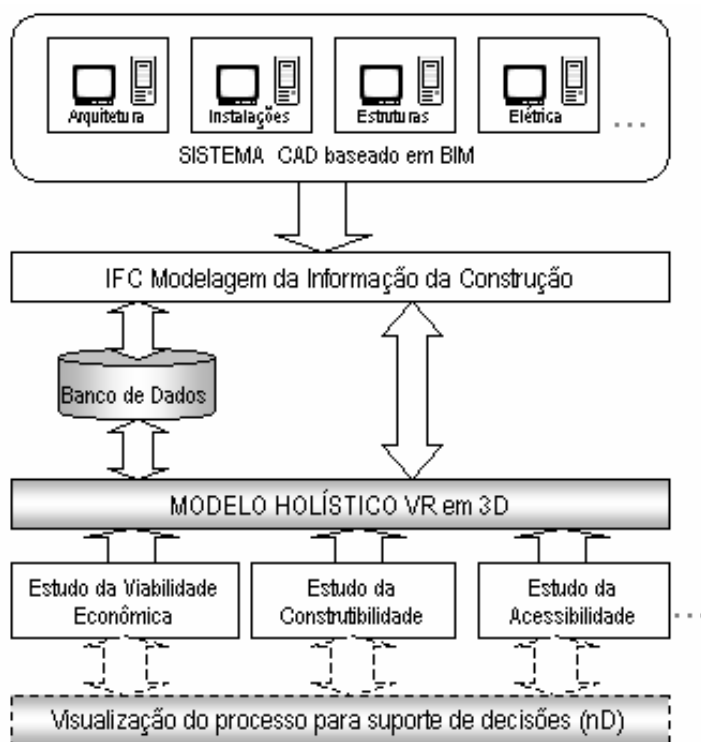


Figura 2: Dinâmica da interoperabilidade.
Fonte: CRESPO e RUSCHEL (2007).

“O IFC é padronização que pode proporcionar um mecanismo para a interoperabilidade entre aplicações com diferentes formatos internos. Essa abordagem oferece mais flexibilidade em troca de uma redução na interoperabilidade, especialmente se os vários programas utilizados em dado empreendimento não suportam os mesmos padrões de intercâmbio. Isso permite que objetos de uma aplicação BIM sejam exportados ou importados para/de outro software” (EASTMAN *et al.*, 2013, p. 15).

A criação do IFC foi dada para que os responsáveis pela construção interajam, possibilitando a inclusão de toda a informação existente em vários setores da construção mundial, incluindo as características de conteúdos disponíveis (MONTEIRO; MARTINS, 2011).

Stehling (2012) afirma que termo BIM tem sido usado como ferramenta de propaganda com um conceito generalizado, resultando na frustração de empreendedores que tentam implementá-lo, dado que seus esforços e expectativas são baseados em uma conceituação inadequada. BIM é uma tecnologia, e os *softwares* são apenas ferramentas. Para esclarecer esse equívoco, torna-se útil descrever algumas características de *softwares* que não podem ser considerados ferramentas BIM:

- Modelagem 3D e objetos sem atributos;
- Modelos sem ajustes para alterações;
- Modelos compostos por múltiplas referências a arquivos CAD 2D combinados para construção;
- Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista sem que sejam automaticamente ajustadas em outras vistas.

CAPÍTULO 2: BIM NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

De acordo com Eastman *et al.* (2013), o BIM pode dar suporte e desenvolver muitas práticas do setor da construção. Uma de suas características principais é a abrangência que permite incorporação e comunicação da intenção de projeto, desempenho da construção, construtibilidade, além de incluir aspectos sequenciais e financeiros de meios e métodos. A figura 3 esquematiza o ciclo de vida de um empreendimento com a utilização do BIM.

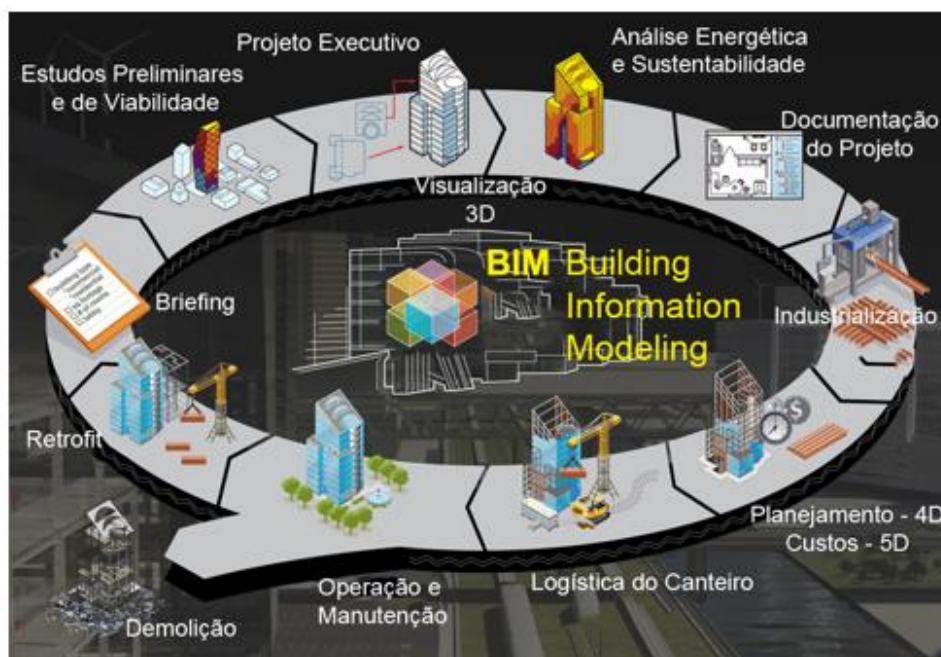


Figura 3: Ciclo de vida de uma edificação com o conceito BIM.
Fonte: LIMA (2011).

Os produtos gerados pelo BIM nas fases de planejamento, projeto (pré-construção), construção e operação (pós-construção) são apresentados na Figura 4.

PLANEJAMENTO	PROJETO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO
Estimativas de custos			
Modelamento de Edificações existentes			
Prototipagem			
Análise de volumetria			
Criação de Projetos			
Análises energéticas			
Análises estruturais			
Análises mecânicas, elétricas e tubulações			
Certificação de Sustentabilidade			
Conformidade com Normas Técnicas			
Análise Geográfica			
"as built" do modelo			
		Projeto do sistema construtivo	
		Fabricação Digital	
		Planejamento e controle 3D	
		"as built" do modelo	
			Planejamento e manutenção Preventiva
			Análise dos sistemas do edifício
			Gerenciamento de ativos
			Gerenciamento de espaços
			Planejamento de Emergências

Figura 4: Uso do BIM no ciclo de vida do projeto.
 Fonte: Adaptado de STEHLING (2012).

2.1 Benefícios no planejamento e pré-construção

De acordo com Monteiro e Martins (2011), na fase de pré-construção, o modelo BIM, em uma versão pouco detalhada, pode ser utilizado para os primeiros estudos de viabilidade e simulações do resultado da edificação concluída.

Segundo Eastman *et al.* (2013), a utilização de *softwares* baseados no processo BIM amplia a capacidade de associar informações do projeto a processos de negócio, como orçamentação, previsão de vendas e operação do edifício. Dessa forma, o investidor obtém maior economia e retorno financeiro devido à melhoria do processo do projeto, onde há o aumento do valor da informação em cada fase e redução do esforço necessário para produzi-la.

Os mesmos autores afirmam que o BIM dá mais segurança ao investidor, pois permite determinar se o empreendimento satisfaz seu orçamento previsto, ao fornecer um modelo de construção aproximado construído e vinculado a uma base de dados de custos.

“Desenvolver um modelo esquemático antes de gerar o modelo detalhado da construção permite uma avaliação mais cuidadosa do esquema proposto para determinar se ele cumpre os requisitos funcionais e de sustentabilidade da construção. Avaliações de alternativas de projeto feitas mais cedo usando ferramentas de

análise/simulação incrementam a qualidade da construção como um todo” (EASTMAN *et al.*, 2013, p.16).

2.2 Benefícios no projeto

Monteiro e Martins (2011) ressaltam que é na fase de projeto que o BIM é mais utilizado por ser a etapa em que o modelo passa por maior detalhamento. Dessa forma, as funções BIM dão apoio em testes com soluções inovadoras, coordenação de projetos, produção documental e simulação do modelo do empreendimento.

Com o BIM, é possível a visualização do projeto em qualquer etapa do processo com dimensões consistentes e precisas em todas as vistas. Assim, Eastman *et al.* (2013) constatam que a quantidade de tempo e número de erros são reduzidos na geração de desenhos de construção para as disciplinas do projeto. Outro benefício está relacionado à realização de mudanças no projeto, que se dá de forma automática reduzindo a necessidade de gerenciamento das correções por parte do usuário. Quando são necessárias modificações no projeto, desenhos completamente consistentes são gerados tão logo as modificações sejam feitas (EASTMAN *et al.*, 2013).

De acordo com Hergunsel (2011), o uso do BIM permite que a equipe chegue a soluções para um problema antes que este cause impactos de alto custo no empreendimento. A cooperação e coordenação da equipe de projeto permite uma troca maior de informação entre as disciplinas. Eastman *et al.* (2013) completam que o trabalho com um ou mais modelos 3D coordenados permite que o controle de modificações seja mais bem gerenciado. E ainda permite que problemas sejam identificados antecipadamente e melhorias contínuas aplicadas. De acordo com os mesmos autores, o BIM proporciona a verificação facilitada das intenções de projeto definidas quantitativamente e qualitativamente, com avaliações automáticas. Em qualquer etapa do projeto, é possível extrair uma lista de quantitativos e utilizá-la na estimativa de custos.

“Nas fases mais iniciais de um projeto, as estimativas de custos são baseadas principalmente no custo unitário por metro quadrado. À medida que o projeto avança, quantitativos mais detalhados estão

disponíveis e podem ser utilizados para estimativas de custos mais precisas e detalhadas” (EASTMAN *et al.*, 2013, p.18).

É possível que todos os participantes sejam conscientizados das implicações dos custos referentes a um dado projeto antes que este avance para o nível de detalhamento solicitado para a licitação. Ao final do projeto, a ferramenta permite que as estimativas dos custos finais sejam precisas, baseadas nos quantitativos para cada objeto contido no modelo. Eles também afirmam que, quanto à análise energética, a capacidade de vincular o modelo da construção a ferramentas permite que seja feita uma avaliação do uso de energia durante fases preliminares do projeto melhorando a qualidade da construção (EASTMAN *et al.*, 2013).

2.3 Benefícios à construção e à fabricação

Conforme Monteiro e Martins (2011), na fase de construção, o BIM é utilizado para detecção de erros e omissões, coordenação de projetos, orçamentação, planejamento e gerenciamento da obra.

Eastman *et al.* (2013) apontam que com o BIM é possível simular o processo de construção e exibir a aparência da construção e do canteiro em qualquer ponto no tempo. Essa simulação gráfica permite que haja maior compreensão sobre o planejamento de execução da construção e indica fontes de potenciais problemas dando tempo para a aplicação de melhorias.

A detecção de interferências é feita antes do início da obra, dado que os sistemas das disciplinas são colocados juntos e comparados. É realizada a verificação sistemática e visual das interfaces com múltiplos sistemas. Dessa forma, a relação entre os projetistas e empreiteiros é aperfeiçoada, e os erros de omissão são significativamente reduzidos. Isso torna mais rápido o processo de construção, reduz os custos e proporciona um processo mais tranquilo para toda a equipe do empreendimento (EASTMAN *et al.*, 2013).

Hergunsel (2011) enfatiza a importância do planejamento e do monitoramento na construção, sendo que o responsável pela execução pode usar várias ferramentas baseadas em BIM com objetivo de melhorar a qualidade do processo de controle. O BIM auxilia no aumento da utilização do site, na coordenação do espaço,

e na consolidação das informações sobre o empreendimento, gerando uma representação visual para a utilização do local de execução da obra.

Quando uma mudança é sugerida pela equipe de execução no projeto, esta pode ser incluída automaticamente. As modificações são solucionadas com rapidez, pois podem ser compartilhadas, visualizadas, estimadas e resolvidas sem o uso de transações demoradas feitas em papel (EASTMAN *et al.*, 2013).

Segundo Eastman *et al.* (2013), o BIM também permite a transferência de modelos de projetos como base para componentes fabricados. Dentro do modelo detalhado, estará contida a representação precisa do objeto para fabricação e construção. Com os componentes definidos em 3D, é facilitada sua fabricação automática utilizando máquinas de controle numérico. Essa tecnologia facilita a fabricação fora do canteiro, redução dos custos e do tempo de construção.

Outro aspecto levantado por Eastman *et al.* (2013), é a influência de um projeto em BIM no controle de desperdício de esforços e redução da necessidade de estoques de materiais. O modelo completo define quantidades precisas dos materiais e objetos facilitando a sua requisição aos fornecedores e subempreiteiros.

2.4 Benefícios na operação

Segundo Eastman *et al.* (2013), com a construção em uso e concluída, a tecnologia BIM pode apropriar uma concepção de uso de forma ordenada, escrita e detalhada para os proprietários possibilitando uma avaliação antecipada dos equipamentos mecânicos, sistemas de controle e outras aquisições. Dessa maneira, verifica se as designações dos sistemas estão de acordo com o seu funcionamento e propicia uma coordenação e operação das construções.

Eastman *et al.* (2013) também afirmam que a junção dos sistemas funcionais e a coordenação colaboram para que qualquer alteração realizada na fase de construção seja um guia para esclarecer como os sistemas foram construídos bem como a indicação do local onde foram instalados. Assim, torna-se possível gerenciar rapidamente alguma interferência na operação, proporcionando uma maior facilidade no gerenciamento.

Quando o projeto é desenvolvido em uma ferramenta BIM, o ganho na operação se torna mais eficiente e com uma capacidade funcional adequada. Na fase de operação “toda a informação recolhida no seguimento da construção pode

ser agrupada num modelo de apoio à gestão e manutenção do edifício” (MONTEIRO; MARTINS, 2001, p. 10).

Na etapa de pós-construção é preciso fazer manutenção, planejamento de possíveis danos que podem vir a ocorrer durante a operação dos edifícios. Para Hergunsel (2011), o processo BIM proporciona uma modelagem com indicações que podem auxiliar a manter o edifício em toda sua vida útil. Dessa maneira, se os sistemas de automação predial, responsáveis por controlar a utilização de sistemas mecânicos e elétricos, forem unidos ao modelo de registro, proporcionará uma programação de manutenção com sucesso.

CAPÍTULO 3: CARACTERIZAÇÃO DO MODELO ATUAL E ADOÇÃO DOS SISTEMAS BIM

A construção civil apresenta grande relevância no cenário industrial brasileiro, tanto pela quantidade de recursos financeiros que movimenta e dos empregos que gera, como também pela quantidade de energia e recursos naturais que utiliza (MARCOS, 2009). Além disso, apresenta diversas características próprias, principalmente por ter em sua composição alto número de empreitadas, caracterizando-se como um setor de grande fragmentação, fato que dificulta a realização de uma análise geral e a elaboração de diagnósticos do seu desenvolvimento (JACOSKI; LAMBERT, 2002). Outra característica é a de que o domínio técnico sobre o projeto é de responsabilidade individual de cada profissional, sendo as empresas responsáveis pelos quesitos legais e comerciais, e não detentoras de uma tecnologia (FABRÍCIO, 2002).

No sistema de trabalho tradicional, a permuta das informações e comunicação entre os profissionais envolvidos é ineficiente. A dificuldade em alinhar informações em tempo hábil representa um obstáculo na consulta e distribuição de documentos necessários para a execução de determinada atividade (LÁZARO, 2010). De acordo com Souza e Abiko (1997), os conflitos na etapa de projetos repercutem amplamente no processo de construção e na qualidade do produto que será entregue, pois nessa fase é que serão identificadas, de acordo com a necessidade do cliente, as condições de desempenho, custos e de exposição da edificação. Para garantir a qualidade do projeto, é fundamental que a empresa trace diretrizes para seu desenvolvimento, coordenando e integrando cada etapa de sua elaboração e exercendo análise crítica ao findar do processo.

Ainda que haja o empenho de fabricantes de *softwares* e de organizações para a promoção do BIM, a maioria dos projetos de edificações é desenvolvida no método tradicional, com desenhos 2D e documentos de texto, tendo em vista que o setor de projetos, em geral, tem apresentando resistência à mudança em direção a esse novo modelo de informação (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009). Esses projetos elaborados no método tradicional são fracionados e dependentes de modelos baseados em papel, o que torna comum a presença de erros e omissões nos documentos e resulta em custos e atrasos não previstos (EASTMAN *et al.*, 2013).

Outra peculiaridade do método tradicional é o distanciamento dos construtores das atividades de projeto e dos projetistas da execução dos seus sistemas projetados, o que resulta na perda de conexão entre os participantes e aumento dos índices de desperdício na etapa construtiva (RODRIGUEZ, 2005). Esse problema é facilmente resolvido com a compatibilização dos projetos.

A compatibilização é ferramenta fundamental no processo de desenvolvimento dos projetos, detectando e eliminando problemas ainda na fase de concepção, reduzindo retrabalhos, o custo da construção e prazos de execução, qualificando o empreendimento e aumentando sua competitividade frente ao mercado (ÁVILA, 2011, p. 10).

A interoperabilidade de sistemas de elaboração dos projetos é que permitirá a implementação e o gerenciamento das relações entre os colaboradores, garantindo a integração no projeto, visto que a troca livre de informações entre todos os membros envolvidos por meio de diferentes aplicações e plataformas contribuirá para a compatibilização do projeto (MCGRAWHILL, 2007).

A incompatibilidade entre sistemas impossibilita que as informações sejam compartilhadas de forma rápida e precisa. "A adoção generalizada do BIM e o uso de um modelo digital abrangente ao longo do ciclo de vida de uma edificação seriam um passo na direção certa para eliminar tais custos resultantes de interoperabilidade de dados inadequada" (EASTMAN *et al.*, 2013, p.12).

Um modelo virtual elaborado em uma plataforma BIM é criado como uma referência, onde outros modelos poderão acessá-lo e direcionar as informações armazenadas para o responsável da disciplina. O projetista faz uso dessas informações extraídas criando um novo modelo específico sem alterar o modelo inicial, dessa forma a informação caminha dentro do ciclo de vida do produto da construção (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

Apesar dos seus benefícios no processo construtivo, ainda há vários desafios a serem enfrentados na implantação do BIM. Inicialmente, os projetistas devem ser capacitados para operarem as ferramentas, e em alguns casos, superar resistências culturais, especialmente dos profissionais mais experientes habituados aos métodos convencionais. Após a capacitação dos profissionais e a organização para a

implantação da nova tecnologia, é preciso investir em *softwares* potentes que gerenciem cada etapa da obra, o que eleva os custos, tornando o processo fora do alcance de pequenos escritórios (PRATES, 2010).

A mudança mais significativa que as companhias enfrentam quando implementam a tecnologia BIM é o uso de um modelo de construção compartilhado como base para todo o processo de trabalho e para colaboração. Essa transformação exigirá tempo e educação, como acontece para todas as mudanças significativas na tecnologia e nos processos de trabalho (EASTMAN *et al.*, 2013, p. 22).

As empresas apontam que a inexistência de bibliotecas virtuais para aquisição de itens prontos é outro problema:

“Nos Estados Unidos, onde o sistema já está mais difundido, é possível adquirir todas as especificações de peças sanitárias, ou de componentes elétricos, por exemplo, para aplicações em BIM, enquanto por aqui, é preciso programá-las. Simplesmente copiar do exterior não é uma solução, já que materiais e métodos podem diferir muito, mas montar uma rede de dados brasileira - o que por ora as poucas empresas pioneiras na utilização do sistema estão fazendo de forma individual. Nesse caso, com cada empresa fazendo sua própria programação, não seria difícil prever uma provável dificuldade de padronização para o futuro” (PRATES, 2010, p. 3).

Faria (2007) completa afirmando que os escritórios tendem a perder um pouco de produtividade durante o processo de aprendizagem, mas, após assimilarem a tecnologia, alcançam níveis melhores de produção.

De acordo com Eastman *et al.* (2013), para que a conversão do modelo tradicional para o BIM seja iniciada, é necessário um entendimento profundo e um plano para sua implantação. Muitos projetistas aplicam conceitos BIM em seus projetos, mas não utilizam as ferramentas em sua plenitude, além disso, grande parte dos profissionais da área ainda desconhecem as funcionalidades e aplicabilidades do BIM.

CAPÍTULO 4: USO DO BIM PELOS PROFISSIONAIS DE ENGENHARIA E ARQUITETURA

4.1 Relato da Pesquisa

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma pesquisa qualitativa descritiva, cujo objetivo principal foi descrever as características do grupo de indivíduos selecionados de uma amostra do universo pesquisado referente ao uso e implementação do BIM.

4.2 Metodologia de obtenção dos dados

O procedimento adotado nesta pesquisa foi um estudo de campo, e o instrumento utilizado para a coleta dos dados foi um questionário, apresentado no Apêndice A, que possibilitou a captação de informações necessárias para atingir o objetivo deste trabalho.

Essa pesquisa foi estruturada primeiramente na apresentação de uma revisão bibliográfica, considerando as definições do conceito BIM (*Building Information Modeling*), sua aplicação e benefícios em cada etapa do ciclo de vida da edificação e como tem sido utilizado pelos profissionais envolvidos no processo de construção.

Posteriormente, o questionário foi encaminhado para a lista de contatos do próprio autor, com abrangência de 44 profissionais, entre engenheiros e arquitetos, que atuam no estado de Minas Gerais. A proposta deste questionário foi de verificar o nível de conhecimento destes profissionais acerca do conceito BIM e avaliar os benefícios e dificuldades da sua implementação.

Para garantir a eficiência e veracidade das informações, os respondentes foram selecionados a partir do conhecimento do autor de sua formação, além de no questionário haver a opção de marcação da formação, sendo ou de engenheiro ou de arquiteto. O questionário foi elaborado em meio eletrônico no Google Formulários e, em seguida, encaminhado o *link* por e-mail, solicitando a colaboração na pesquisa, com exposição do assunto e com que objetivo estava sendo realizada.

Após informarem qual a sua formação, a primeira questão foi uma questão aberta, onde os respondentes ficaram livres para relatarem suas próprias

interpretações sobre o assunto. Esse tipo de questão é benéfica por não induzir a resposta dos colaboradores e permitir que seja feita uma avaliação mais abrangente, contudo ela também pode impactar na imparcialidade do entrevistador, uma vez que a sua interpretação será subjetiva (MATTAR, 1994).

Em seguida, foram acrescentadas outras questões, visando detectar quais os principais problemas enfrentados no setor da construção civil, quais seriam as vantagens da adoção um novo sistema de projeto e construção e as dificuldades de sua implementação. Estas foram questões de múltipla escolha, onde os respondentes puderam optar por uma ou mais alternativas.

4.3 Resultados obtidos e análise dos dados

Do total de 44 respondentes, 93,2% possuem a formação de engenheiros e 6,8% de arquitetos, todos atuantes no estado de Minas Gerais. Inicialmente, com o intuito de verificar de forma geral qual o entendimento destes profissionais sobre a tecnologia BIM, foi incluída uma questão aberta, para que pudessem definir livremente o que seria o BIM.

Apesar de haver respostas em branco e outras em que o respondente informou não saber do que se trata, grande parte definiu o conceito BIM, como sendo uma plataforma/*software* onde um modelo digital integrado é gerado, com a colaboração de todos os profissionais envolvidos durante a elaboração do projeto, otimizando o processo de compatibilização. A ideia de que BIM é uma plataforma ou *software* é muito comum entre os profissionais, isso porque eles associam suas funcionalidades aos *softwares* disponíveis no mercado. Porém, é importante ressaltar que o BIM é um conceito cuja principal característica é a integração e permuta das informações durante todo o ciclo de vida da edificação, não só na etapa de projetos. Pensar em BIM implica, desde a fase de concepção e incorporação de um empreendimento até sua operação e utilização pelo usuário, a integração das informações em um banco de dados único, com todo histórico e informações de sua implantação. As ferramentas para a utilização do BIM são os *softwares*, que possibilitam, dentre outros benefícios, o desenvolvimento do pré-projeto, com estudos de viabilidade e análise dos impactos; a elaboração do projeto, com visualização de incompatibilidades entre disciplinas, levantamento automático de quantitativos e custos; a construção, com programação de aquisição de materiais e

acompanhamento do cronograma com simulações virtuais; e na operação, para a programação das atividades preventivas e corretivas de manutenção da edificação.

A próxima questão abordava qual contato o profissional já havia tido com a tecnologia BIM, cujos resultados estão apresentados no Gráfico 1. Dos respondentes, 86,4% nunca tiveram contato com uma plataforma BIM, ou seja, apesar da maioria destes já ter lido sobre o assunto (50%), não manusearam ou aplicaram esse conceito no seu dia-a-dia. Apenas 4,5% realizaram algum curso ou treinamento para especialização em BIM. Essa característica evidencia o atraso dos profissionais brasileiros na busca por especialização e aprimoramento em BIM. No contexto atual, sendo a construção civil o setor caracterizado por atraso de tecnologias e desperdícios de materiais, a crescente preocupação com sustentabilidade, eficiência energética e construção enxuta resulta em uma maior exigência dos usuários nos quesitos de qualidade das edificações. O aumento da qualidade só poderá ser alcançado com investimento na melhoria dos processos convencionais, e isso se inicia na capacitação dos profissionais.

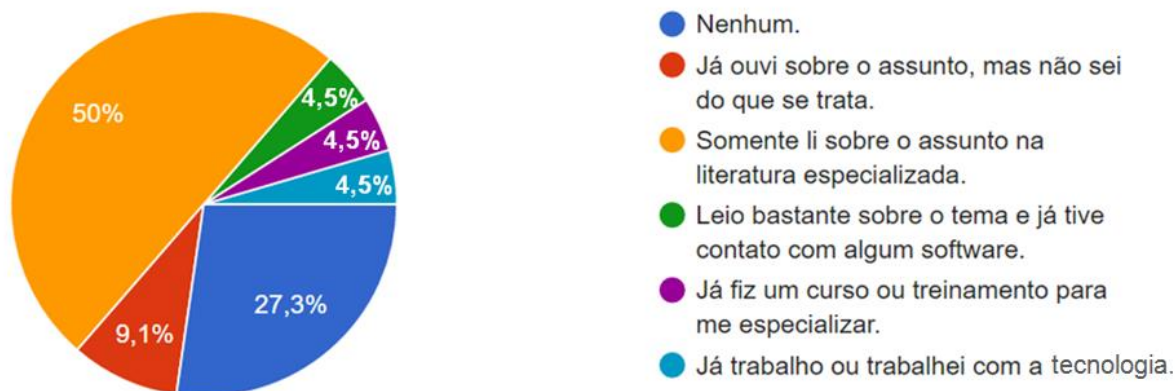


Gráfico 1: Contato dos profissionais com a tecnologia BIM.

Fonte: Autor.

Além dos problemas para a capacitação dos profissionais, o setor da construção civil apresenta vários empecilhos que resultam na baixa eficiência dos seus processos. Sendo assim, os respondentes foram questionados sobre quais os principais problemas enfrentados durante o ciclo de vida de uma edificação (planejamento, projeto, construção e operação) e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Principais problemas enfrentados na construção civil

Fator de Escolha	%
Deficiências na comunicação entre os profissionais	84,1
Alto índice de desperdícios e retrabalho	75
Deficiências nos mecanismos de gerenciamento da informação e gestão de projetos.	72,7
Erros de orçamento e levantamento de quantitativos.	54,5
Elevado número de empresas envolvidas.	36,4
Baixa produtividade da mão de obra.	27,3

Fonte: Autor.

Os respondentes identificaram a dificuldade de comunicação entre os profissionais como sendo o maior problema enfrentado durante o ciclo de vida de um empreendimento. O método tradicional de trabalho, onde cada profissional contratado desenvolve o seu projeto individualmente e em plataformas distintas, dificulta o processo de compatibilização das disciplinas. A falta de integração entre os profissionais, associada às deficiências nos mecanismos de gerenciamento da informação e gestão de projetos, resulta no alto índice de desperdícios e retrabalhos. Por apresentarem essa correlação, esses foram os três itens com maiores percentuais. Outro problema identificado é quanto aos erros de orçamento e levantamento de quantitativos, que ocorre devido ao processo de orçamentação ser feito manualmente, com o levantamento de serviços e materiais feito em plantas 2D e imputados em planilhas, sendo assim, a quantificação de insumos é apoiada na experiência do orçamentista. Além disso, por ser uma atividade muito manual, a incidência de erros tende a ocorrer com maior frequência, pois informações podem se perder no processo. Os dois itens considerados menos relevantes foram o elevado número de empresas envolvidas, representadas pelos empreiteiros, e baixa produtividade da mão de obra.

A utilização de plataformas BIM durante as etapas de concepção do empreendimento permite a redução ou eliminação de problemas tão característicos da construção civil, se o conceito for implementado de forma correta e integrada, abrangendo todas suas funcionalidades.

É essencial que os profissionais interessados na implantação da tecnologia BIM identifiquem as vantagens que sua utilização agregará ao processo construtivo, para que se sintam motivados a substituir os métodos convencionais de trabalho por um modelo totalmente novo. Na Tabela 2, estão as principais vantagens classificadas pelos respondentes.

Tabela 2: Vantagens da utilização do BIM

Fator de Escolha	%
Compatibilização de projetos com redução de erros.	88,6
Troca maior de informação entre as disciplinas e profissionais envolvidos.	72,7
Visualização de interferências antes da etapa de construção, possibilitando a criação de planos de ação.	68,2
Redução do tempo de execução (maior construtibilidade).	56,8
Simulação gráfica com representação visual do andamento da obra.	54,5
Flexibilidade para modificações e ajustes no projeto.	47,7
Maior visualização pelo cliente da previsão de vendas, custos e operação do edifício.	36,4
Geração automática de quantitativos e orçamentos.	36,4

Fonte: Autor.

A escolha da compatibilização de projetos com redução de erros como sendo a maior vantagem da utilização do conceito BIM reflete a deficiência que o modelo atual de projetos apresenta na compatibilização entre as disciplinas. Esse item seguido da troca de informações entre os profissionais caracteriza a principal premissa do conceito BIM: a colaboração. Quando os profissionais interagem na etapa de projeto, realizando a permuta de informações e agindo de forma colaborativa, as informações geradas são mais consistentes e coordenadas. Toda essa integração permite a visualização de interferências antes da etapa de construção, considerada a terceira vantagem mais relevante. As interferências ou incompatibilidades de projetos, quando visualizadas durante sua elaboração, não apresentam impacto significativo no custo final do empreendimento. Como consequência, ocorre a redução do tempo de execução da obra, exatamente devido ao investimento despendido na etapa de projetos com compatibilização. Paralisar as

atividades na obra por indefinições ou interferências não previstas ou retrabalhos comprometem diretamente o custo e prazo da obra previsto.

Na fase de execução, a simulação gráfica do andamento da obra, combinada ao planejamento, possibilita um acompanhamento mais efetivo das etapas construtivas, isso porque, a visualização dos desvios resulta na criação de planos de ação para recuperação de atrasos. As três vantagens com menor número de marcação foram: flexibilidade para modificações e ajustes, maior visualização pelo cliente e geração automática de quantitativos e orçamentos. Esse último, embora pouco marcado pelos respondentes, apresenta grande importância no processo de implementação do BIM. A geração de um orçamento consistente garante o provisionamento de gastos por parte dos investidores, e maior controle do gerente da obra da quantidade dos materiais que devem ser adquiridos.

Por fim, de forma a identificar o porquê do BIM ainda não ter sido difundido entre os profissionais, os respondentes foram questionados sobre as principais dificuldades para implantação do BIM na construção civil (Tabela 3).

Tabela 3: Principais dificuldades para a implantação do BIM no mercado da construção civil

Fator de Escolha	%
Resistência à mudança pelos profissionais habituados aos métodos convencionais.	72,7
Falta de mão de obra especializada.	56,8
Capacitação dos profissionais, com longo período de treinamento.	50
Custo elevado para aquisição de <i>softwares</i> .	50
Comprometimento de todos envolvidos (projetistas, construtores, fornecedores, etc.).	45,5
Incompatibilidade entre programas utilizados pelos projetistas.	38,6
Bibliotecas e parâmetros dos objetos não adaptados às normas brasileiras.	31,8
Falta de infraestrutura de TI.	25
Falta de tempo para implantação.	25

Fonte: Autor.

A resistência à mudança pelos profissionais habituados aos métodos convencionais foi identificada como sendo a maior dificuldade para a implementação do BIM. A maioria dos engenheiros e arquitetos estão habituados com os processos padronizados e que, apesar de deficientes, encontram-se enraizados em sua cultura.

Em seguida, foi definida a falta de mão de obra especializada como principal dificuldade, a qual está diretamente associada à necessidade de capacitação dos profissionais. O manuseio de ferramentas BIM deve ser feito por profissionais que dominam suas aplicações e funções, para que as informações sejam imputadas e extraídas de forma correta e útil. Apesar de despender de longo período de treinamento e aquisição de *softwares* com elevado custo, a necessidade de melhorias nos processos da construção civil tem se apresentado, a cada dia, mais urgente. O comprometimento de todos envolvidos (item marcado por 45,5% dos respondentes) é o que garante o sucesso da implantação do BIM. Como já discutido, a colaboração é chave principal da modelagem da informação. A partir dela, os demais itens marcados como menos relevantes, como incompatibilidade entre programas, ausência de bibliotecas e parâmetros, falta de infraestrutura de TI e tempo para implantação, podem ser solucionados, uma vez que todos os colaboradores estarão empenhados em desenvolver meios de obter êxito na implantação de ferramentas BIM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A iminente necessidade da implantação de tecnologias que insiram melhorias nos processos da construção civil faz como que a aplicação do conceito BIM seja fundamental, visto que internacionalmente o método de projetar e gerenciar projetos já utiliza dos benefícios da tecnologia da informação e *softwares*, os quais garantem confiabilidade nas informações e um banco de dados consistente e completo.

No Brasil, o conceito BIM ainda encontra dificuldades, uma vez que poucos profissionais compreendem e dominam suas aplicações e benefícios. Conforme evidenciado na pesquisa realizada, apenas 13,5% dos respondentes teve contato com um *software*, já trabalhou com a tecnologia ou já fez algum curso para se especializar no assunto. É um percentual muito pequeno diante do cenário atual, onde cada vez mais são necessários projetos consistentes, inteligentes e factíveis, de forma que resultem na redução de retrabalhos e desperdícios durante a construção, e na operação e uso sustentáveis de uma edificação. Conseqüentemente, o mercado necessita de profissionais preparados para absorverem essas demandas, o que só é possível com a capacitação dos mesmos.

Além da falta de capacitação, o setor da construção civil se depara com dificuldades na comunicação entre os profissionais. É muito comum que a contratação de projetos seja feita por disciplinas, o que envolve diferentes projetistas, normalmente de empresas distintas. Cada um projeta de forma independente, sem integrar as informações com as outras disciplinas que fazem interface, resultando no surgimento de problemas de compatibilização de projetos, que muitas vezes só são detectados na execução da atividade. Em plataformas BIM, os projetos podem ser elaborados simultaneamente e os projetistas trabalham com um mesmo banco de dados. Tendo como principal premissa a colaboração, todos os profissionais envolvidos trabalham de forma integrada, projetam juntos e discutem melhores soluções, realizando permuta das informações.

É essencial que os profissionais conheçam os benefícios do BIM e se sintam motivados a implantar esse conceito em seu cotidiano e a mudar os métodos convencionais de trabalho. Como custo e qualidade são dois parâmetros capazes de reinventar processos, o BIM apresenta como vantagens a compatibilização de projetos, com visualização de interferências antes da etapa de construção, redução

do tempo de execução ao melhorar a construtibilidade, acompanhamento da obra com simulação virtual, flexibilidade para modificações e ajustes no projeto, geração automática de planilhas de quantitativos e orçamentos, etc. Ou seja, o BIM pode ser aplicado nos processos que mais apresentam dificuldades para o controle de sua elaboração e que mais resultam em retrabalhos e desperdícios.

Apesar de todos os benefícios e da evidente necessidade de melhoria do setor da construção civil, foi possível perceber que a maioria dos profissionais desconhece ou conhece muito pouco sobre o conceito BIM. Identificado pelos respondentes como sendo o maior empecilho para difusão de plataformas BIM no Brasil, a resistência a mudanças dos profissionais aos métodos convencionais é real, pois mudanças de hábitos requerem empenho e disposição para reinventar processos com objetivo de melhorá-los.

Para que o BIM seja efetivamente implementado e largamente utilizado pelos profissionais é necessário que as empresas invistam em *softwares* e no treinamento dos profissionais. Tendo em vista que o tempo de retorno não é imediato, quanto antes começarem a buscar *expertise* em plataformas BIM, mais rápido essas empresas disponibilizarão um produto mais competitivo para o mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Max; RUSCHEL, Regina. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, Vol. 4, No. 2, p. 76-111, 2010.

ÁVILA, Vinicius. **Compatibilização de projetos na construção civil: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. 84p. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, UFMG, 2011.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de informações para construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: WORKSHOP BRASILEIRO - GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., São Paulo, 2008.

CRESPO, C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, Porto Alegre: ANTAC, 2007.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1. Ed. Porto Alegre: Ed. Bookman Companhia ED, 2013. 500 p.

FABRÍCIO, Márcio. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 350 p. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FARIA, Renato. Construção Integrada. **Revista Técnica**, Ed. 127, out. 2007. 82 p. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/127/artigo286443-1.aspx>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

FONTES, Alexandre. **Proposta de Sistema de Gestão da Manutenção de Edifícios Suportado por Ferramentas BIM – Estudo de Caso**. Porto, 2014. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/71542>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

HERGUNSEL, Mehmet. **Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling**. Worcester, 2011. Originalmente apresentada como dissertação de doutorado. 95 p. Disponível em:

<https://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-042011-135239/unrestricted/MHergunsel_Thesis_BIM.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2016.

JACOSKI, Cláudio. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações – uma implementação com IFC/XML**. 218p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

JACOSKI, Cláudio; LAMBERTS, Roberto. **Vetores de virtualização da indústria da construção**: a integração da informação como elemento fundamental ao uso da TI. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Foz do Iguaçu, 2002.

LÁZARO, Pedro. **Gestão da informação na construção**: aplicação de ferramentas colaborativas no desenvolvimento de projectos de construção. Porto, 2010. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61375/1/000148846.pdf>>. Acesso em: 28 ago, 2016.

LIMA, Cláudia. **Curso de BIM**. 2011. Largura: 496 pixels. Altura: 339 pixels. 238 Kb. Formato PNG. Disponível em: < https://claudiacamposlima.files.wordpress.com/2011/09/tela_bim1.png>. Acesso em: 21 ago. 2016.

MARTINS, João; MONTEIRO, André. **Building Information Modeling (BIM)**: teoria e aplicação. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, Covilhã. **Anais eletrônicos...** Covilhã: UBI, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10216/69849>>. Acesso em: 21 ago. 2016.

MARCOS, Micheline. **Análise da Emissão de CO2 na Fase Pré-Operacional da Construção de Habitações de Interesse Social através da Utilização de uma Ferramenta CAD-BIM**. 130 p. Tese (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

MATTAR, Fauze Najib. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 1994.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. **Interoperability in the construction industry smartmarket report**. Nova Iorque, p. 4, 2007. **Relatório Anual...** Disponível em: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia077485.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

NBIMS. National BIM Standard - United States. **NBIMS-US™ Project**. In: National Institute of Building Sciences. Washington, DC, 2008. Disponível em: <<http://www.nationalbimstandard.org/about.php>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

PRATES, Vinícius. BIM avança no Brasil. **Revista Construção Mercado**, Ed. 112, nov. 2010. 154 p. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/112/artigo283816-1.aspx>>. Acesso em: 03 set. 2016.

RODRIGUEZ, Marco. **Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações**. 170p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SILVA, Jorge. **Princípios para o desenvolvimento de projetos com recurso a ferramentas BIM: avaliação de melhores práticas e proposta de regras de modelação para projetos de estruturas**. Porto, 2013. 105 p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10216/65497>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

SOUZA, Livia; AMORIM, Sérgio; LYRIO, Arnaldo. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário**. **Revistas USP - Gestão & Tecnologia de Projetos**. Vol. 4, nº 2. Nov. 2009.

SOUZA, Roberto; ABIKO, Alex. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. 47 p. São Paulo, 1997. Disponível em: <http://www.planoauditoria.com.br/site/download/120908_gestaoqualidade_poli_usp_btpcc190_1.pdf>. Acesso em: 03 set. 2016.

STEHLING, Miguel. **A utilização de modelagem da informação da construção em empresas de arquitetura e engenharia de belo horizonte**. 165 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

WITICOVSKI, Lilian. **Levantamento de quantitativos em projeto: Uma análise comparativa do fluxo de informações entre as Representações em 2D e o modelo de informações da Construção (BIM)**. 200 p. Dissertação (Pós-graduação em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário

1. Qual a sua formação? () Engenheiro () Arquiteto

2. No seu entendimento, o que seria o BIM?

3. Qual contato você já teve com a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*)?
() Nenhum.
() Já ouvi sobre o assunto, mas não sei do que se trata.
() Somente li sobre o assunto na literatura especializada.
() Leio bastante sobre o tema e já tive contato com algum *software*.
() Já fiz um curso ou treinamento para me especializar.
() Já trabalho ou trabalhei com a tecnologia.

4. Em sua opinião, quais os principais problemas enfrentados durante o ciclo de vida de uma edificação (planejamento, projeto, construção e operação)? (Mais de uma opção pode ser marcada).
() Elevado número de empresas envolvidas.
() Baixa produtividade da mão de obra.
() Deficiências na comunicação entre os profissionais.
() Erros de orçamento e levantamento de quantitativos.
() Deficiências nos mecanismos de gerenciamento da informação e gestão de projetos.
() Alto índice de desperdícios e retrabalho.

5. Quais seriam, em sua opinião, as vantagens da utilização do BIM? (Mais de uma opção pode ser marcada).
() Maior visualização pelo cliente da previsão de vendas, custos e operação do edifício.
() Compatibilização de projetos com redução de erros.
() Flexibilidade para modificações e ajustes no projeto.

- () Troca maior de informação entre as disciplinas e profissionais envolvidos.
- () Redução do tempo de execução (maior construtibilidade).
- () Geração automática de quantitativos e orçamentos.
- () Simulação gráfica com representação visual do andamento da obra.
- () Visualização de interferências antes da etapa de construção, possibilitando a criação de planos de ação.

6. Em sua opinião, quais as principais dificuldades para a implantação do BIM no mercado da construção civil? (Mais de uma opção pode ser marcada).

- () Capacitação dos profissionais, com longo período de treinamento.
- () Custo elevado para aquisição de softwares.
- () Incompatibilidade entre programas utilizados pelos projetistas.
- () Falta de infraestrutura de TI.
- () Bibliotecas e parâmetros dos objetos não adaptados às normas brasileiras.
- () Falta de mão de obra especializada.
- () Resistência a mudança pelos profissionais habituados aos métodos convencionais.
- () Comprometimento de todos envolvidos (projetistas, construtores, fornecedores, etc.).
- () Falta de tempo para implantação. Cada apêndice com uma letra e em página separada.