

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído

César Augusto de Lima Entringer

**PANORAMA BIM NO CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL: BELO HORIZONTE E
REGIÃO METROPOLITANA**

Belo Horizonte,
2020

César Augusto de Lima Entringer

**PANORAMA BIM NO CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL: BELO HORIZONTE E
REGIÃO METROPOLITANA**

Monografia de especialização apresentada ao Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído 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(a): Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte,
2020

E61p

Entringer, César Augusto de Lima.

Panorama BIM no cenário da construção civil [recurso eletrônico] :
Belo Horizonte e Região Metropolitana / César Augusto de Lima
Entringer. – 2020.

1 recurso online (53 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Danielle Meireles de Oliveira.

“Monografia apresentada ao Curso de Especialização em
Produção e Gestão do Ambiente Construído da Escola de
Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais”.

Anexos: f. 50-53.

Bibliografia: f. 47-49.

1. Construção civil. 2. Modelagem. 3. Modelagem de informação da
construção. 4. Belo Horizonte, Região Metropolitana de (MG). I. Oliveira,
Danielle Meireles de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola
de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: CÉSAR AUGUSTO DE LIMA ENTRINGER

MATRÍCULA: 2017720440

RESULTADO

Aos 05 dias do mês de março de 2020 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

"PANORAMA BIM NO CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL: BELO HORIZONTE E REGIÃO METROPOLITANA"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 8,0

CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Danielle Meireles de Oliveira

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Marys Lene Braga Almeida

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA NA ÁREA DE "SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUIDO"

Belo Horizonte, 05 de março de 2020

Coordenador do Curso
Prof. Antonio Neves
de Carvalho Júnior
Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.” Provérbios 16:3

Gratifico ao Senhor mais um sonho conquistado, sem Ele para me sustentar e dar forças nada disso seria possível e estaria margeando a mediocridade.

Aos meus pais, pelo incessante incentivo, apoio e dedicação e por proporcionar o melhor dos ambientes para que este trabalho fosse realizado. Agradeço pela educação que se propuseram a me fornecer, sempre com ética e humildade. À Luiza Aragão, por sempre acreditar no meu potencial, me impulsionar a ser pelo menos 1% melhor a cada dia e estar comigo nos melhores e piores momentos. Aos familiares e amigos próximos que compreenderam meu esforço ao longo destes anos.

Sou eternamente grato a todos os professores e funcionários da UFMG, principalmente do Departamento de Materiais de Construção por todo aprendizado compartilhado. À professora Danielle Meireles de Oliveira, pela prontidão em me orientar e auxiliar na elaboração deste trabalho.

Também não poderia esquecer todos os profissionais que fazem parte do setor da arquitetura, engenharia e construção civil. Que possamos transformar a sociedade com nossos serviços.

RESUMO

Avaliar o desenvolvimento da metodologia *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, nas empresas atuantes no mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é um dos meios de garantir que os avanços prossigam. A forma como as empresas lidam com a tecnologia impacta significativamente em sua difusão e implementação. Diante deste contexto, este trabalho busca levantar o grau de maturidade BIM das empresas do setor AEC, que atuam em Belo Horizonte/MG e região metropolitana, permitindo associar e comparar seus avanços com outras companhias. Outra vertente de análise está relacionada aos fatores dificultadores para a implementação, verificar quais são os pontos críticos do mercado para analisar se as decisões estratégicas para uso do BIM estão realmente surgindo efeito. Além destes dois fatores, apresentam-se os métodos que melhoram a abrangência e utilização das tecnologias BIM nas empresas do setor AEC. A pesquisa teve como abordagem um levantamento descritivo quantitativo, que permitiu elaborar uma explanação sucinta da metodologia e avaliar sua inserção no mercado brasileiro. Com a elaboração de um questionário e verificação das respostas foi possível avaliar o grau de maturidade das empresas em relação à adoção do BIM, no nível de conhecimento, aplicações e principais dificuldades. Foi possível concluir que a maioria absoluta das empresas possui conhecimento na metodologia, porém este fator não se reflete em seu uso. Apesar de conhecerem, a implementação ainda é um aspecto insatisfatório mediante o grau de maturidade que elas consideram atingir. Muitas empresas citam ter o conhecimento, porém não aplicam e não fazem uso dos benefícios do BIM por completo. Como principal dificultador para este cenário foi apontada a falta de parceiros de trabalho que já estejam atuando com a metodologia em seus projetos, para assim, facilitar um intercâmbio de informações e conhecimentos práticos. Além disso, observou-se que o fator primordial para que esta mudança ocorra é o treinamento e capacitação das pessoas para atuarem em um mercado que depende da industrialização dos processos de construção civil.

Palavras-chave: construção civil; bim; engenharia.

ABSTRACT

Assessing the development of the Building Information Modelling (BIM) methodology in companies operating in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) market is one way of ensuring that progress continues. The way companies deal with technology has a significant impact on its diffusion and implementation. Given this context, this study seeks to assess the level of BIM maturity of companies in the AEC sector operating in Belo Horizonte/MG and the metropolitan region, allowing them to associate and compare their progress with other companies. Another aspect of the analysis is related to the factors hindering implementation, checking which are the critical points in the market in order to analyse whether the strategic decisions to use BIM are really taking effect. In addition to these two factors, the methods that improve the scope and use of BIM technologies in companies in the AEC sector are presented. The research approach was a quantitative descriptive survey, which enabled a brief explanation of the methodology to be drawn up and its inclusion in the Brazilian market to be assessed. By drawing up a questionnaire and checking the responses, it was possible to assess the level of maturity of the companies in relation to the adoption of BIM, in terms of knowledge, applications and the main difficulties. It was possible to conclude that the absolute majority of companies have knowledge of the methodology, but this factor is not reflected in its use. Despite their knowledge, implementation is still unsatisfactory in terms of the level of maturity they consider they have reached. Many companies say they are aware of BIM, but do not apply it or make full use of its benefits. The main obstacle to this scenario was the lack of working partners who are already using the methodology in their projects, in order to facilitate an exchange of information and practical knowledge. In addition, it was noted that the key factor for this change to occur is the training and qualification of people to work in a market that depends on the industrialisation of construction processes.

Keywords: construction; bim; engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Ciclo de vida BIM nas edificações	13
Figura 02- Exemplo de estudo preliminar	16
Figura 03- Análise de esforços estruturais suportados pelas lajes. Imagem gerada por software BIM	17
Figura 04- 25 usos de BIM	19
Figura 05- Processo tradicional de trocas de informação x Processo BIM de troca de informações	20
Figura 06- Possíveis tipos de extensões de arquivos em um modelo BIM	23
Figura 07- Análise e projeto realizado pelo software Autodesk Revit	24
Figura 08- Análise e projeto realizado pelo software Autodesk Navisworks	25
Figura 09- Exemplo de troca de informações IFC no pacote QiBuilder	26
Figura 10- Área de trabalho do ArchiCAD versão 19	27
Figura 11- Organograma Regional CBIM	32
Figura 12- Exemplos de cadernos e guias BIM	33

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 01- Nível de desempenho com e sem manutenção	18
Gráfico 02- Número de artigos publicados por ano no Brasil	28
Gráfico 03- Resultado da 2ª pergunta do questionário elaborado	36
Gráfico 04- Resultado da 3ª pergunta do questionário elaborado	37
Gráfico 05- Resultado da 4ª pergunta do questionário elaborado	38
Gráfico 06- Resultado da 5ª pergunta do questionário elaborado	39
Gráfico 07- Resultado da 6ª pergunta do questionário elaborado	40
Gráfico 08- Resultado da 7ª pergunta do questionário elaborado	41
Gráfico 09- Resultado da 8ª pergunta do questionário elaborado	42
Gráfico 10- Resultado da 9ª pergunta do questionário elaborado	43
Gráfico 11- Resultado da 10ª pergunta do questionário elaborado	44
Gráfico 12- Resultado da 11ª pergunta do questionário elaborado	45

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 01- Número de empregados por porte no setor da construção civil – Brasil – por porte no 2010-2015	30
Tabela 01- Número de estabelecimentos por porte no setor da construção civil – Minas Gerais – 2010-2015	30

SUMÁRIO

1 Introdução.....	11
2 Capítulo 1: O BIM.....	13
2.1. Surgimento do BIM.....	14
2.2. Usos do BIM.....	14
2.3. Benefícios e dificuldades do uso do BIM.....	20
2.4. Softwares BIM.....	23
3 Capítulo 2: Panorama BIM no Brasil.....	28
3.1. Análise das empresas do setor AEC.....	29
3.2. Iniciativas públicas – Decreto BIM.....	31
4 Capítulo 3: Grau de maturidade BIM.....	34
4.1 Metodologia de obtenção dos dados.....	34
4.2 Resultados obtidos e análise dos dados.....	35
5 Conclusões.....	46
Referências Bibliográficas.....	48
Apêndice A – Perguntas do Questionário.....	51

1 INTRODUÇÃO

A metodologia *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, surgiu como fator contribuinte para aumento da produtividade do mercado da construção civil. Com enfoque no setor da arquitetura, engenharia e construção, a análise do grau de maturidade que estas empresas têm com a implantação do BIM se faz necessária. Identificar o atual panorama da implantação BIM no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e conhecer quais as maiores dificuldades enfrentadas na adoção dessa metodologia são os obstáculos. Avaliar o ponto presente permite entender como o mercado está se comportando e traçar medidas para auxiliar a difusão da metodologia. Em primeiro plano, acredita-se que haja uma implantação lenta e segmentada entre as empresas, faltando iniciativas internas para continuidade deste processo. Além da morosa inserção do BIM, outro fator que pode afetar este mercado é a baixa digitalização do setor e falta de avanços tecnológicos, corroborada pela resistência ao uso dessa metodologia.

O intuito do trabalho é analisar como as empresas do setor AEC estão lidando com a metodologia BIM, aplicado ao cenário de Belo Horizonte/MG e região metropolitana, além de levantar o grau de maturidade das empresas em termos da adoção da metodologia, analisar os fatores que dificultam a implementação nas empresas e apresentar métodos que melhorem a abrangência e utilização das tecnologias BIM nas empresas do setor AEC. Devido à recente difusão e aplicação do BIM no Brasil, este trabalho fundamenta a importância em pesquisas voltadas para se estabelecer a situação atual do mercado frente a esta tecnologia. Tendo como característica a segmentação do mercado e a baixa industrialização do setor, o estudo busca esclarecer como estão sendo realizados os avanços no uso do BIM. O resultado permitirá traçar medidas que auxiliem a tomada de decisões, com pontos mais assertivos e práticos para o mercado.

A monografia se classifica com levantamento descritivo quantitativo, com as seguintes etapas: revisão bibliográfica, elaboração de um questionário, divulgação

para empresas do setor AEC que atuam na região do estudo, análise das repostas recebidas, avaliação do grau de maturidade das empresas, avaliação dos principais dificultadores para adoção BIM e a indicação das principais formas de abrangência e adoção da metodologia conforme respostas do mercado.

Primeiramente o estudo aborda a temática BIM, com o seu significado e história até hoje, aponta suas características principais como usos, benefícios e empecilhos e principais ferramentas de trabalho no campo das tecnologias.

Em seguida contextualiza o uso da metodologia no Brasil, dados e particularidades das empresas do setor AEC na região e aponta medidas que estão sendo lançadas para difundir a implantação do BIM.

Por fim traz os resultados obtidos no questionário, interpreta e analisa de forma a justificá-los. Em seguida faz as considerações finais em relação a todo o trabalho.

2 CAPÍTULO 1 - O BIM

O conceito BIM, sigla de *Building Information Modeling*, é hoje amplamente utilizado no processo construtivo da arquitetura, engenharia e construção. Segundo Eastman et al. (2008) BIM pode ser definido como conjunto de processos e métodos de construção virtual, capaz de gerar modelos 3D com objetos que contenham informação, paramétricos e permitam que as modificações em um local sejam refletidas para todo o modelo.

Hilgenberg et al. (2012, p. 63) afirma que “BIM é um conceito que dispõe de ferramentas tecnológicas para organização e gerenciamento da informação”. Estimulado pelos grandes fabricantes de *softwares* e escritórios de projetos, a metodologia possui grandes avanços na concepção da construção. Ela agrega informações aos modelos construtivos, que são 3D (permitindo uma melhor visualização do todo), capazes de garantir a utilização desses dados antes, durante e depois da construção. Na Figura 1 apresenta-se o ciclo de utilização BIM durante as fases de uma construção.

Figura 1: Ciclo de vida BIM nas edificações



Fonte: ABDI/GPD (2017).

A necessidade de prever falhas e retrabalhos nas obras, antes mesmo da execução, fez com que a metodologia fosse amplamente estudada e aplicada às

obras de engenharia. Além do aumento da assertividade, o BIM pode proporcionar aumento da produtividade, distribuição compartilhada de informações e integração dos projetos em modelo único, conforme Hilgenberg et al. (2012)

2.1. Surgimento do BIM

Por representar uma metodologia, o BIM possui em suas origens diversas abordagens nominais. Gaspar e Ruschel (2017) citam que a definição mais antiga sobre a teoria da metodologia remete ao ano de 1974, quando Eastman aborda a temática com nome de *Computer-aided Architectural Design*.

O crescimento de vários setores da economia nacional, como por exemplo a indústria automobilística, trouxe consigo um avanço tecnológico de alto valor para a produtividade, controle tecnológico e segurança dos seus produtos. Contudo observa-se que a construção civil ainda possui restrições às mudanças de paradigmas e tecnologias, comparada a outros setores da economia.

No ano de 1992 surge o termo *Building Information Model*, na pesquisa de Nederveen e Tolman, de acordo com Gaspar e Ruschel (2017). Devido a amplitude da aplicação das características do BIM, até hoje é difícil sua descrição precisa e completa, e as aplicações que ele abrange aborda vários aspectos do setor AEC.

2.2. Usos do BIM

Mensurar os benefícios que o BIM é capaz de fornecer para o setor AEC é, de modo geral, fácil. Perceber suas aplicações diante vasto mercado, metodologias de trabalho e processos pode ser uma tarefa difícil. Identificar quais usos podem ser tomados como principais, ou até mesmo essenciais, exige capacidade analítica para abordar o agente do setor do qual trata-se. Quando se pensa em processo de projeto é possível indicar agentes específicos dentro da cadeia, como por exemplo os proprietários (clientes), os projetistas, os construtores e os usuários. Eastman et al. (2008, p. 96) afirmam que:

As empresas (profissionais de AEC) que prestam serviços para proprietários frequentemente apontam, a miopia dos clientes e suas constantes

solicitações de modificações, que impactam na qualidade do projeto e nos custos e prazos da construção.

Diante de tantas modificações na fase de projetos, os custos de retrabalho e compatibilizações tornam essas alterações inviáveis, sujeitas a erros humanos que acabam passando despercebido. É possível citar algumas aplicações para os proprietários como uso do BIM, segundo Eastman et al. (2008):

- confiabilidade de custos e gestão;
- tempo de lançamento;
- sustentabilidade;
- gestão de ativos.

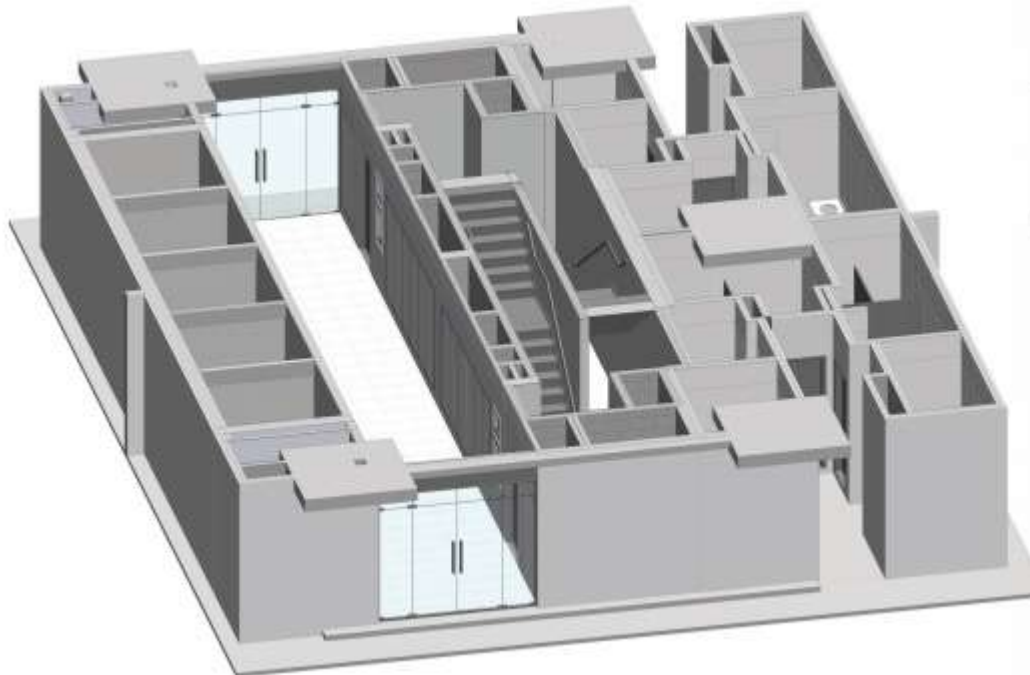
Com projetos modelados e orçados diretamente em *softwares* a precisão das informações atinge um alto nível, sendo capaz de aumentar a confiabilidade dos números, permitindo que os proprietários consigam estabelecer o fluxo de caixa ideal. O prazo de construção é simulado em computador antes de começar a mobilização para obra, fornecendo o tempo de lançamento exato para o sucesso do empreendimento. Além de manter todos os dados no momento da construção, os modelos BIM podem fundamentar a gestão de ativos, facilitando o controle e manutenção.

Segundo Ruschel, Andrade, Moraes (2013) a utilização de BIM no país se dá apenas em fases iniciais da obra com a elaboração do projeto e geração de tabelas quantitativas. Esses são considerados grandes fatores para o uso do BIM na fase de projeto, etapa em que é possível analisar grande quantidade de dados do empreendimento. Ao se começar a trabalhar com BIM, surgem na fase de projeto, muitos problemas que no processo tradicional de projeção só eram identificados na obra (STEHLING; ARANTES, 2014). Conforme Eastman et al. (2008), trata-se da abordagem de quatro usos para a fase de projeto, sendo:

- anteprojeto;
- projeto e análise de sistemas;
- nível de informação da construção;
- integração de projeto e construção.

A Figura 2 apresenta um exemplo da aplicação BIM na fase de projeto, podendo destacar sua fácil leitura de todo o contexto do esquema em três dimensões.

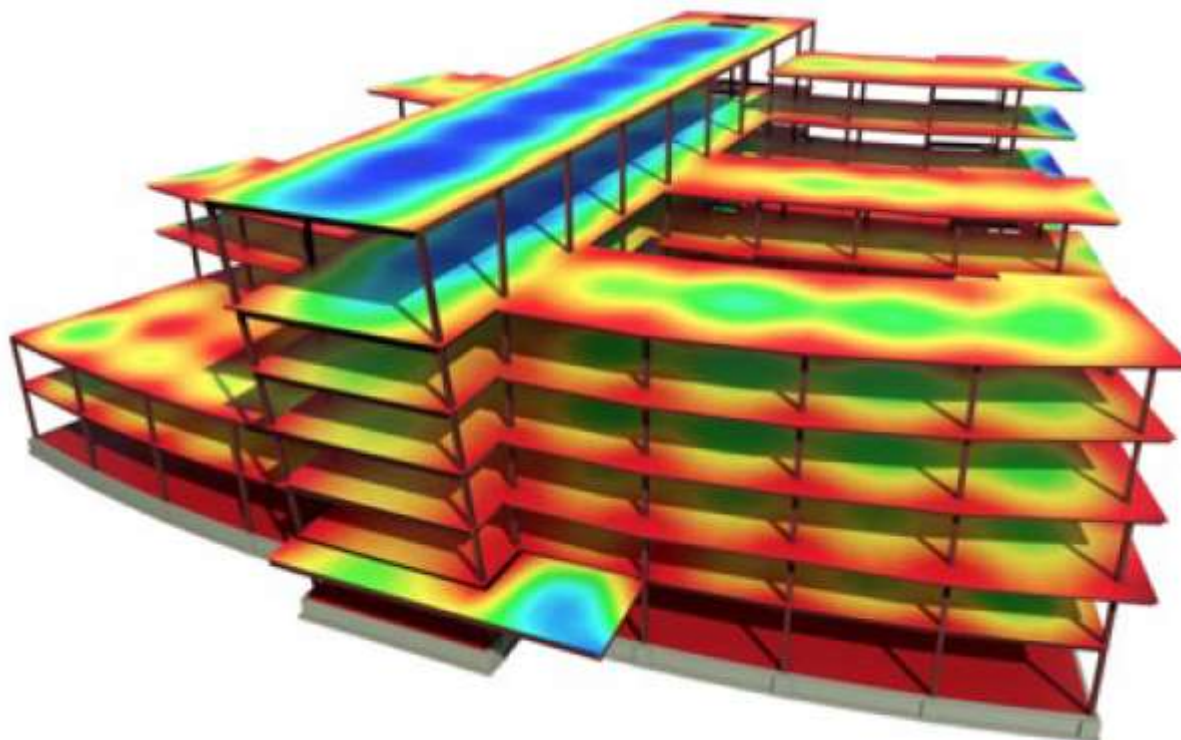
Figura 2: Exemplo de estudo preliminar



Fonte: ABDI/GPD (2017).

O projeto conceitual de um empreendimento exige análise de premissas básicas, como geometria, orçamento, capacidade construtiva do terreno, local de implantação e outros. Portanto, com a utilização do modelo para gerar e avaliar estas questões, é possível economizar tempo e garantir uma maior qualidade se comparado ao processo tradicional. As análises ambientais estão surgindo de modo mais abrangente devido as mudanças climáticas. Edifícios antes pensados apenas para ocupação estão sendo projetados, hoje em dia, para um equilíbrio energético capaz de manter-se por longos anos. A análise energética e dos sistemas de modo geral permite a simulação do empreendimento a diferentes impactos, além de garantir o desempenho para os usuários. A Figura 3 mostra uma análise de esforços estruturais realizada em *software* BIM.

Figura 3: Análise de esforços estruturais suportados pelas lajes. Imagem gerada por *software* BIM



Fonte: CBIC (2016).

Diante da afirmação de Barreto et al. (2016) de que as ferramentas BIM permitem a descoberta precoce de erros no projeto, evitando gastos desnecessários e poupando tempo no momento da construção, é possível prosseguir com os usos para a fase executiva do projeto. Essa fase é responsável por demandar grande parte do orçamento de um empreendimento em pouco tempo. Com todos os usos aplicados até agora, para proprietários e para projetos, a etapa de construção também se utiliza de recursos afim de otimizar seus processos. Segundo apontado por Eastman et al. (2008), têm-se os seguintes usos para a construção:

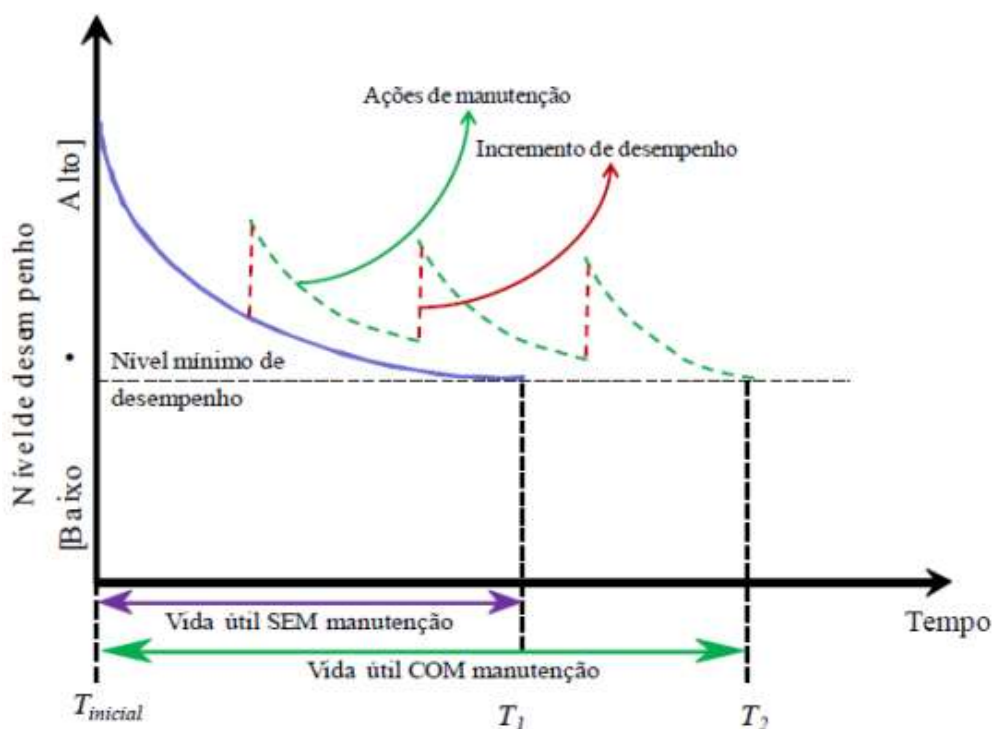
- acompanhamento de atividades de construção;
- escaneamento a laser;
- orientação automática de máquinas.

O acompanhamento das atividades no momento de sua construção é feito de modo simultâneo, sempre comparando o modelo 3D projetado com o que está sendo executado. As dúvidas que possam surgir são rapidamente solucionadas com

consulta aos projetistas e aos critérios para elaboração, já que todas as informações estão relacionadas entre si e disponíveis em um único modelo. O aumento da eficiência e da produtividade também é observado, reduzindo o retrabalho de tarefas. O escaneamento a laser além de ser utilizado no uso e operação, como será visto posteriormente, pode ser aplicado na fase de construção para gerar medições precisas e também na orientação de máquinas, com tempo hábil e menor equipe de obra.

Meira e Padaratz (2002) avaliaram o custo de recuperação de uma estrutura de concreto não protegida, e afirmam que a parcela da recuperação sobre o custo de execução é de cerca de 40%. Diante deste fator identificamos a importância do correto uso e manutenção das edificações. A ABNT NBR 5674:2012 (Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão da manutenção) aprofunda nos termos relacionados à manutenibilidade dos sistemas empregados na construção, com o objetivo de preservar as características de projeto da edificação e inibir a perda precoce de desempenho decorrente da degradação. O Gráfico 1 mostra o quanto a manutenção adequada pode garantir o aumento de vida útil da edificação e consequentemente seu desempenho.

Gráfico 1: Nível de desempenho com e sem manutenção



Fonte: Possan e Demoliner (2013).

Segundo Eastman et al. (2008), estes são alguns dos usos do BIM aplicáveis para o uso e operação de edifícios:

- simulação da operação;
- gestão de facilidades e ativos.

A simulação da operação permite identificarmos os custos relacionados ao uso do edifício em diferentes perspectivas de tempo, analisando a situação a curto, médio e longo prazo. A gestão de facilidades garante que a ocorra de forma planejada e coordenada as manutenções preditivas, preventivas e corretivas de todos os sistemas, elementos ou componentes.

A Pennsylvania State University, referência em BIM na América do Norte, lançou em dezembro de 2009 um trabalho que identificou 25 diferentes usos para o BIM. Conforme apresentado na Figura 4, existem usos primários e secundários para o BIM, em diferentes etapas do empreendimento, beneficiando todos os agentes envolvidos. Além disso, é possível observar que alguns usos compartilham a mesma etapa, sendo comum tanto para o início, como meio e fim das etapas de projeto.

Figura 4: 25 usos de BIM



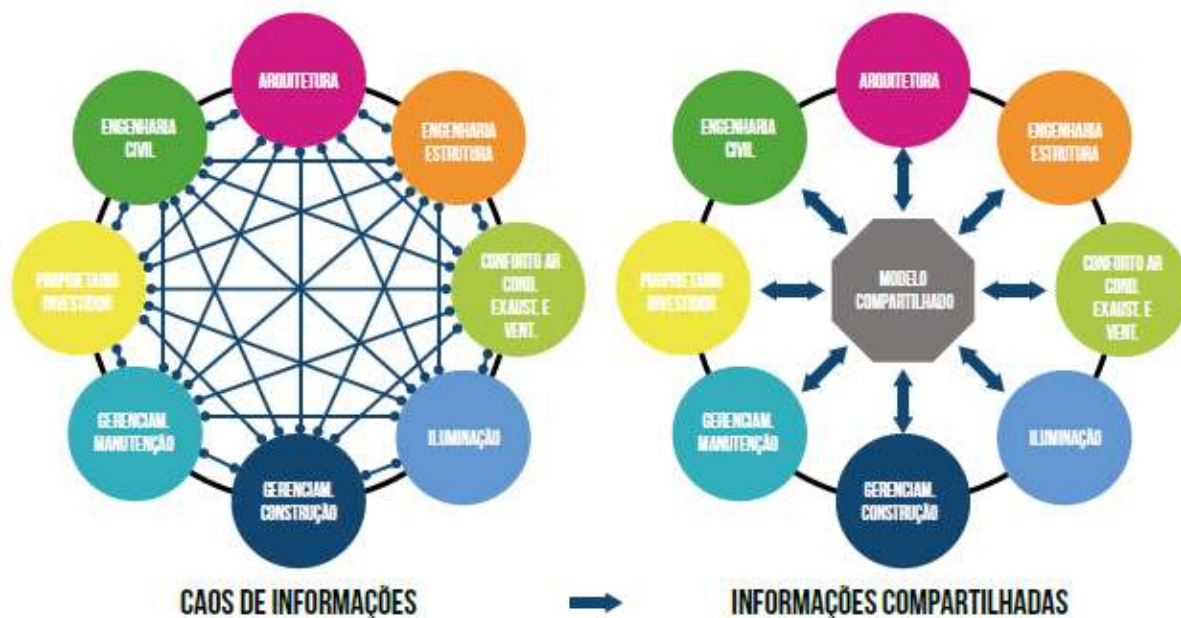
Fonte: CBIC (2016).

2.3. Benefícios e dificuldades do uso do BIM

De acordo com Eastman et al. (2008), os benefícios do BIM podem surgir na fase de pré-construção, de construção e de operação, atingindo os proprietários, projetistas e construtores e usuários da edificação. A viabilidade econômica, física e técnica são primordiais em projetos de construção, onde o valor investido é significativo, o prazo de execução é médio-longo e o impacto no ambiente é considerável. Poder visualizar o edifício pré-construído permite a avaliação do desempenho de seus sistemas, tornando o aumento da qualidade um fator resultante do cumprimento de requisitos funcionais e de sustentabilidade.

Percebe-se na ilustração da Figura 5(b) que as disciplinas interagem entre si por meio do modelo federado. No âmbito dos benefícios para o projeto, pode-se citar que a construção do modelo 3D diretamente dentro de um software permite a fidelidade e precisão das informações, reduzindo o volume de erros gerados a partir da união de vários desenhos 2D, por exemplo.

Figura 5: Processo tradicional de trocas de informação (a) x Processo BIM de troca de informações (b)



Fonte: CBIC (2016).

Quando aplicado o BIM como modelagem da informação da construção a colaboração entre as equipes que participam da fase projeto é altamente beneficiada pela capacidade de colaboração entre eles, permitindo que todo o contexto seja analisado de forma global.

Conforme citado por Eastman et al. (2008), em qualquer etapa do projeto é possível extrair uma lista de quantitativos para estimar o custo e é possível vincular o modelo de construção a ferramentas de análise energética, permitindo a avaliação do uso de energia durante fases mais preliminares do projeto.

John; Oliveira e Lima (2007) afirmam que a construção edifícios pode consumir até 75% dos recursos extraídos da natureza. John e Agopyan (2000) discutem que o setor da construção civil é certamente o maior gerador de resíduos de toda a sociedade. A fase que é obtida mais recursos em um curto espaço de tempo é a de construção, fabricação e montagem. O sincronismo das etapas, planejamento prévio e identificação dos pontos críticos é crucial para uma economia de materiais, de mão-de-obra e de tempo.

A identificação de erros é mais ágil com o uso de ferramentas BIM durante a execução da obra, no canteiro de obras, favorecendo as mudanças que poderão ocorrer nos projetos, com a visualização das interferências de forma prática e intuitiva. Eastman et al. (2008) citam que se o modelo é transferido para uma ferramenta BIM de fabricação, ele conterà uma representação precisa dos objetos.

Por permitir a aquisição de matéria prima de forma precisa para cada etapa de execução da obra, com o auxílio de ferramentas BIM é possível gerir de maneira eficiente o canteiro de obras. O armazenamento de materiais, além de demandar tempo, requer espaço muitas vezes estratégico para o empreendimento. Com a adoção de *softwares* de planejamento BIM pode-se ter uma melhora significativa na sincronização de compra de materiais e implementar técnicas de construção enxuta (*lean construction*).

Após as fases mais conhecidas de um projeto de arquitetura, engenharia e construção nós passamos à fase de uso e operação. O período de uso de um edifício residencial hoje em dia pode variar de 50 a 100 anos, sendo que sua concepção e construção varia entre 2 a 5 anos, em média. Neste sentido, observa-

se que em aproximadamente 95% da vida útil de um edifício ele está em uso e operação, consumindo recursos materiais e de pessoal para sua manutenção.

Um modelo de construção virtual fornece vários dados que, acompanhados de criteriosa análise, auxiliam na manutenção, gestão e operação do empreendimento. Com ele é fornecida uma lista de todos os materiais empregados no edifício, facilitando a troca e/ou substituição do item, valor pago à época de compra, fornecedores e especificidades. Além de dados para a manutenção é possível conciliar e integrar este modelo com *softwares* de *facilities management*, operando de forma facilitada as informações do modelo 3D do empreendimento.

Embora haja inúmeros benefícios e pontos de melhora com a adoção da metodologia, não é possível descartar as implicações que uma tecnologia tão disruptiva traz aos modelos de trabalho existentes na construção civil brasileira.

Segundo Hilgenberg et al. (2012), para que o uso do BIM seja difundido, o mercado precisa demonstrar maturidade organizacional e possuir metodologias de trabalho compatíveis. O atual modelo de trabalho do setor AEC, segmentado e com suas fases e agentes de execução dispersos, são fatores contribuintes para uma má gestão BIM. Com a aproximação das equipes de projeto, o modelo central de informações deve ser validado e verificado. A cultura organizacional da empresa deve permitir que o acesso à informação seja feito de modo simples, claro e direto.

Devido aos diferentes agentes envolvidos em um projeto (disciplina de arquitetura, estrutura, instalações, obra) o uso de *softwares* distintos também se faz importante. Analisar com precisão determinado fator requer programas específicos que muitas vezes são ineficientes para análises de outras disciplinas. Na Figura 6 apresenta-se algumas possíveis extensões de arquivos para um projeto em modelo BIM.

Figura 6: Possíveis tipos de extensões de arquivos em um modelo BIM



Fonte: Graphisoft (2020).

Diante de diversos *softwares*, a comunicação entre eles deve ser assertiva, de modo que não haja (ou seja mínima) a perda de informação do modelo, como informações construtivas, de design, ou informações dos dados, características, que devem garantir a segurança do modelo 3D. Por tanto a buildingSMART, organização internacional que estimula e melhora os mecanismos de troca de informações entre *softwares* criou o formato de dados IFC – *Industry Foudation Classes*.

O IFC permite a troca de informações entre *softwares* diferentes, que não possuam a mesma extensão. Ele transforma todos os dados compatíveis para serem lidos por outro aplicativo, garantindo a troca de informações segura, gerando interoperabilidade.

2.4. Softwares BIM

No momento em que se inicia a implementação da metodologia BIM logo surge a dúvida de quais tecnologias pode-se ter acesso. Isso gera uma busca de *softwares* capazes de executar os mais amplos recursos, como a modelagem, compatibilização, análises, orçamento, planejamento e manutenção são algumas das possibilidades encontradas no mercado. Porém a existência de um programa

que realize todas essas tarefas se torna tecnologicamente impossível, devido a capacidade de processamento de computadores e utilização de todas as ferramentas disponíveis pelos usuários. O processo de escolha de um *software* é necessário para definir a qualidade, o fluxo e o meio que as informações estarão disponíveis para os agentes do projeto. A seguir será abordado alguns dos principais *softwares* utilizados no mercado e apontar algumas características.

Segundo Stehling e Arantes (2014) nas empresas de projetos arquitetônicos residenciais e comerciais predomina o uso do *software* Autodesk Revit. Faz parte da sua família os produtos Revit Architecture, Revit Structure e o Revit MEP. Ela inclui interfaces para simulação de energia e análise de cargas, para análises estruturais, para projetos conceituais, além de exportar seus dados por formato IFC. A Figura 7 apresenta a análise de um projeto realizado pelo *software* Autodesk Revit.

Figura 7: Análise e projeto realizado pelo software Autodesk Revit



Fonte: Autodesk (2020).

Em pesquisa realizada por Stehling e Arantes (2014) várias empresas analisadas utilizam o *software* Navisworks para compatibilização dos modelos de projetos arquitetônicos residenciais e comerciais. Responsável pela análise de

projeto, o Navisworks é capaz instruir para uma melhor coordenação BIM. Sua característica preponderante é a simulação 4D (planejamento) e 5D (orçamento). Também é um programa da Autodesk e possui em suas extensões de compartilhamento o formato IFC. Na Figura 8 é possível verificar a análise de planejamento de um projeto realizado pelo *software* Autodesk Navisworks.

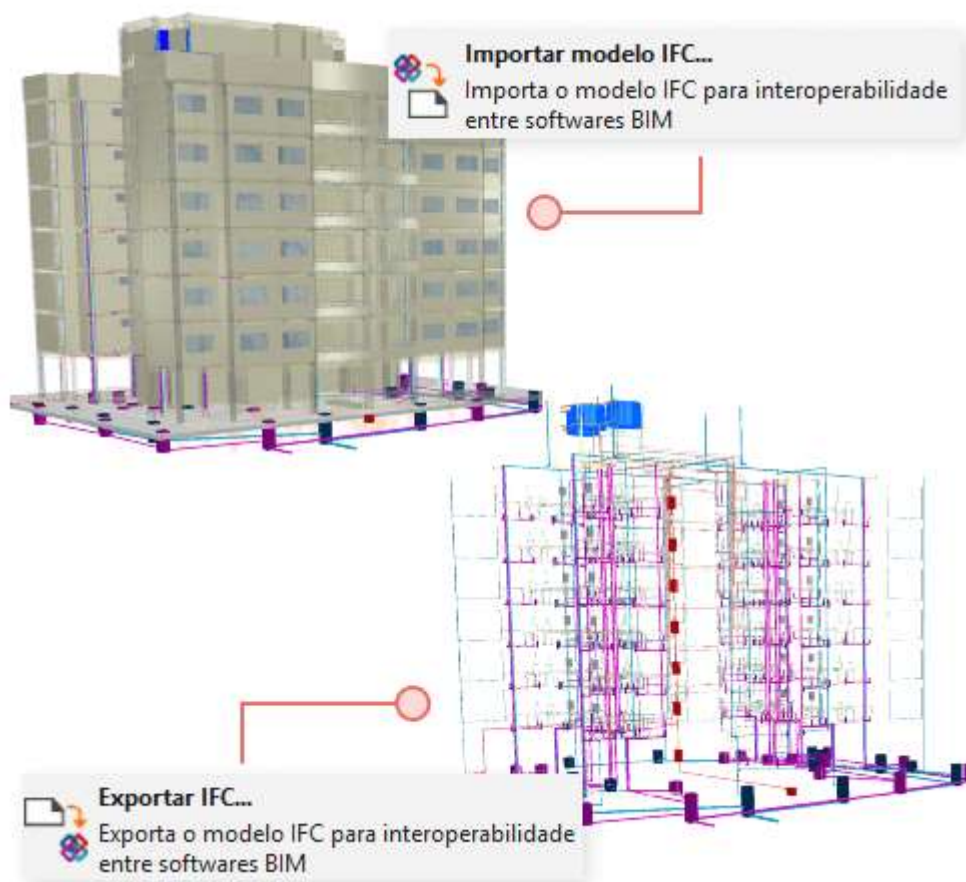
Figura 8: Análise e projeto realizado pelo software Autodesk Navisworks



Fonte: Autodesk (2020).

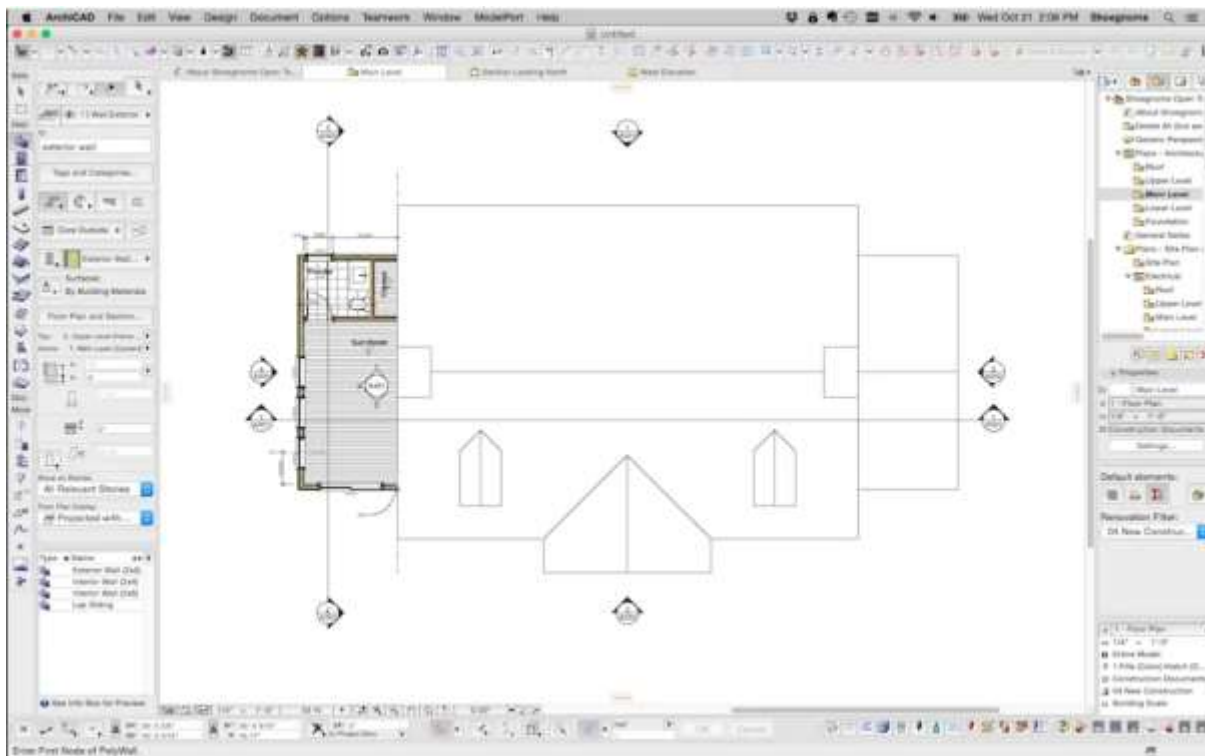
A inovação e desenvolvimento nacional também trouxe novidades para o mercado de tecnologias aplicadas à construção civil. A fabricante de *softwares* AltoQi possui alternativas aplicadas para a engenharia de estruturas e para as instalações prediais. O destaque é para o pacote QiBuilder que contempla o desenvolvimento de projetos hidrossanitários, elétricos, preventivo de incêndio, sistema de proteção de descargas atmosféricas, gás, cabeamento estruturado e alvenaria estrutural. Para cálculo de estruturas de concreto armado é utilizado o Eberick. Todas as versões possuem compatibilidade com formato IFC e conforme a Figura 9 a troca de informações ocorre com exportação e importação dos modelos.

Figura 9: Exemplo de troca de informações IFC no pacote QiBuilder



Fonte: AltoQi (2020).

Eastman et al. (2008) afirmam que o *software* ArchiCAD é a mais antiga ferramenta BIM de projeto de arquitetura continuamente no mercado, sendo comercializada desde o início dos anos 1980. Citado como concorrente direto por escritórios de arquitetura e construção, o ArchiCAD é amplamente utilizado como plataforma para modelagem 3D, com aplicações de interfaces diretas entre o ArchiFM, para gerenciamento de *facilities* e Maxon, para modelagem e animação de superfícies curvas (Eastman et al., 2008). A Figura 10 apresenta a área trabalho do *software* ArchiCAD versão 19.

Figura 10: Área de trabalho do ArchiCAD versão 19

Fonte: Shoegnome Architects (2015).

É extensa a gama de *softwares* disponíveis no mercado atual. Stehling e Arantes (2014) concluíram em pesquisa que existem dificuldades na comunicação de dados entre *softwares* e que as empresas de projetos industriais escolhem por meio de suas características, e não pelo que outras empresas adotam. É possível citar alguns outros *softwares* BIM usados pelo mercado brasileiro, como por exemplo o Solibri, Allplan, Vectworks (Nemetschek Company), Tekla BIMsight (Trimble), Synchro (Bentley), BIM 360 Build (Autodesk). Atentar-se para a interoperabilidade entre eles é a questão primordial no momento de escolha pelos usuários, além de curva de aprendizagem, valor da licença e possíveis atualizações as aplicações principais são de grande relevância.

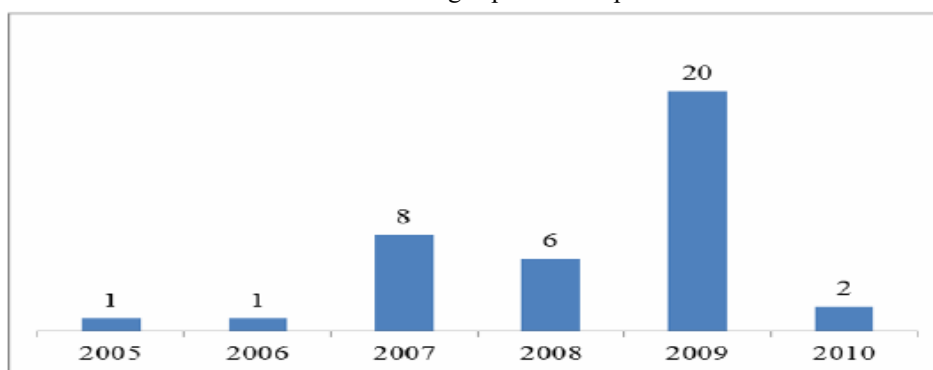
3 CAPÍTULO 2 - Panorama BIM no Brasil

Iniciada no Brasil por volta dos anos 2000, a tecnologia BIM se impulsionou devido a crescente em países vizinhos como Chile, por exemplo, e países desenvolvidos da Europa e América do Norte. Iniciada na disciplina de arquitetura, logo se teve a necessidade de inter-relacioná-la com as demais disciplinas do setor AEC.

O setor de AEC no Brasil constitui um mercado competitivo que busca o aprimoramento da qualidade, melhores índices de desempenho, maior eficiência, produtividade, redução de custos e de prazos de execução. Nos últimos anos vem consolidando um panorama de contínua alteração nos processos de trabalho, de surgimento de novas tecnologias, frente às exigências mundiais de qualidade e sustentabilidade das edificações. (CHECCUCCI, PEREIRA e AMORIM, 2011, p.1)

Com a intenção de se modernizar e introduzir tecnologias e padrões para o setor e diante a uma nova metodologia disruptiva, as pesquisas acadêmicas surgiram como forma de alavancar o processo de adaptação e implementação do BIM nas empresas e no currículo das universidades. Contudo, a publicação de artigos se revelou incipiente, tendo os números de 2005 a 2010 mostrados no Gráfico 2.

Gráfico 2: Número de artigos publicados por ano no Brasil



Fonte: CHECCUCCI, PEREIRA e AMORIM (2011).

Os dados compilados mostram que embora tenha crescido ao longo dos anos, a difusão do paradigma BIM no Brasil ainda é pequena, sendo necessário ampliá-la de acordo com Checcucci, Pereira e Amorim (2013). A indústria da construção civil brasileira mostra que grande parte do setor ainda está com dificuldades quanto à adoção das técnicas BIM. De acordo com Checcucci, Pereira e

Amorim (2013), isso se dá pelas características da cadeia produtiva formada por grande número de empresas de pequeno porte, baixa qualificação da mão de obra e pela pequena pressão competitiva.

3.1. Análise das empresas do setor AEC

Um dos maiores desafios dos proprietários e incorporadores é definir o *target* e avaliar com precisão, quanto o futuro projeto irá custar desde a fase de projeto até a fase de uso e operação. Os acréscimos nos valores de contratos e aditivos de obras têm impondo às empresas a busca por financiamentos.

Segundo Carvalho e Agostini (2013), a opção de empréstimo para capitalização com dinheiro financiado pelos bancos, como a maioria das empresas construtoras e incorporadoras no Brasil fazem, gera um risco imenso aumentado pelo crescente dos juros e a alta qualidade de entrega imposta pelos contratantes. Esta equação no final acaba não se fechando, trazendo como resultado o endividamento das empresas.

O panorama das empresas em todo o Brasil tem se diferenciado ao longo dos últimos anos. Com a crise que afetou o país por volta dos anos 2014 a 2017 houve muitas empresas que acabaram dispensando seus funcionários para atingir a meta de gastos que o novo modelo estava apresentando. É possível identificar uma queda de aproximadamente 15% no número de empregados no setor da construção civil entre os anos de 2013 a 2015 no Brasil. Estes dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Número de empregados por porte no setor da construção civil – Brasil – por porte no 2010-2015

PORTE	CONSTRUÇÃO CIVIL											
	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %
Micro	450.051	19,10	526.425	20,50	556.414	21	583.494	22	616.786	23,59	593.154	26,03
Pequena	690.973	29,32	770.007	29,98	762.519	29	776.031	29	768.215	29,39	670.520	29,42
Total MPE	1.141.024	48	1.296.432	50	1.318.933	51	1.359.525	51	1.385.001	53	1.263.674	55
Média	700.103	29,70	711.922	27,72	721.545	28	729.325	27	685.295	26,21	579.444	25,42
Grande	515.731	21,88	559.939	21,80	564.656	22	601.496	22	543.865	20,80	436.050	19,13
TOTAL GERAL	2.356.858	100	2.568.293	100	2.605.134	100	2.690.346	100	2.614.161	100	2.279.168	100

Fonte: Sebrae/MG (2017).

Com esse novo cenário houve um grande crescimento de pequenas e médias empresas, alavancadas pela informalidade e pela baixa de impostos. O número de estabelecimentos de micro e pequeno porte, caracterizando a MPE (micro e pequena empresa), aumentou durante o ano de 2010 a 2015, como é possível ver na Tabela 2.

Tabela 2: Número de estabelecimentos por porte no setor da construção civil – Minas Gerais – 2010-2015

PORTE	CONSTRUÇÃO CIVIL											
	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %
Micro	24.320	90,86	27.994	91,41	30.801	92,33	34.774	93,05	36.573	93,71	37.425	94,83
Pequena	1.955	7,30	2.133	6,97	2.066	6,19	2.092	5,60	2.005	5,14	1.664	4,22
Total MPE	26.275	98,16	30.127	98,38	32.867	98,53	36.866	98,65	38.578	98,85	39.089	99,05
Média	434	1,62	426	1,39	415	1,24	440	1,18	387	0,99	323	0,82
Grande	58	0,22	70	0,23	76	0,23	66	0,18	63	0,16	52	0,13
TOTAL GERAL	26.767	100,00	30.623	100,00	33.358	100,00	37.372	100,00	39.028	100,00	39.464	100,00

Fonte: Sebrae/MG (2017).

Com base na Tabela 2 (Número de estabelecimentos por porte no setor da construção civil – Minas Gerais – 2010-2015), é possível identificar o número de 39.089 micro e pequenas empresas, contra 375 médias e grandes empresas, no ano de 2015. Uma diferença grande que mostra a segmentação que existe no setor AEC. A falta de uma estrutura sólida que interaja de forma significativa e represente uma força para este setor, pode vir a causar os vários problemas de produtividade, falha em comunicação e atrasos tecnológicos percebidos no mercado. CBIC (2016) apresenta algumas barreiras culturais e particularidades do ambiente brasileiro, é possível citar duas de grande relevância: nem todos que atuam na indústria da construção civil no Brasil se interessam verdadeiramente por processos mais eficazes e transparentes; a Tecnologia da Informação (TI) não está incorporada. Diante do exposto a implementação BIM se faz mais do que necessária, porém os desafios podem ser maiores devido as mesmas características.

3.2. Iniciativas públicas – Decreto BIM

Como forma de estimular e difundir a ideia, o Governo Brasileiro por meio do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), publicou o Decreto Nº 9.377, de 17 de maio de 2018 que estabelecia a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM-BR). Nela foi criado o Comitê Gestor (CG-BIM), composto por representantes de nove Ministérios, para gerenciamento da Estratégia BIM-BR e responsável por:

Implementar a Estratégia e gerenciar suas ações e desempenho, monitorando o seu progresso, verificando o cumprimento das metas e, caso necessário, promovendo as iniciativas de correção ou aprimoramento. A definição de uma estratégia nacional busca garantir institucionalidade ao tema e harmonizar as ações de agentes públicos e privados na disseminação deste modelo no território brasileiro. Dessa forma, espera-se ganhos em economicidade e qualidade nas obras brasileiras, inclusive públicas, e um substancial aumento da produtividade da construção civil, tornando-a mais competitiva e eficiente. (MDIC, 2018)

Conforme mencionado pelo CAU/BR (2018), entre as metas estipuladas pelo CG-BIM, está aumentar em 10 vezes a implantação do BIM, de forma que 50% do PIB (Produto Interno Bruto) da construção civil tenha adotado a metodologia até 2024. Além disso o CAU/BR (2018) cita que os prazos para exigências e implementação BIM foram divididos e escalonados em três etapas:

- a partir de 2021: a exigência se dará na elaboração de modelos para a arquitetura e engenharia, nas disciplinas de estrutura, hidráulica, AVAC e elétrica na detecção de interferências, na extração de quantitativos e na geração de documentação gráfica a partir desses modelos;

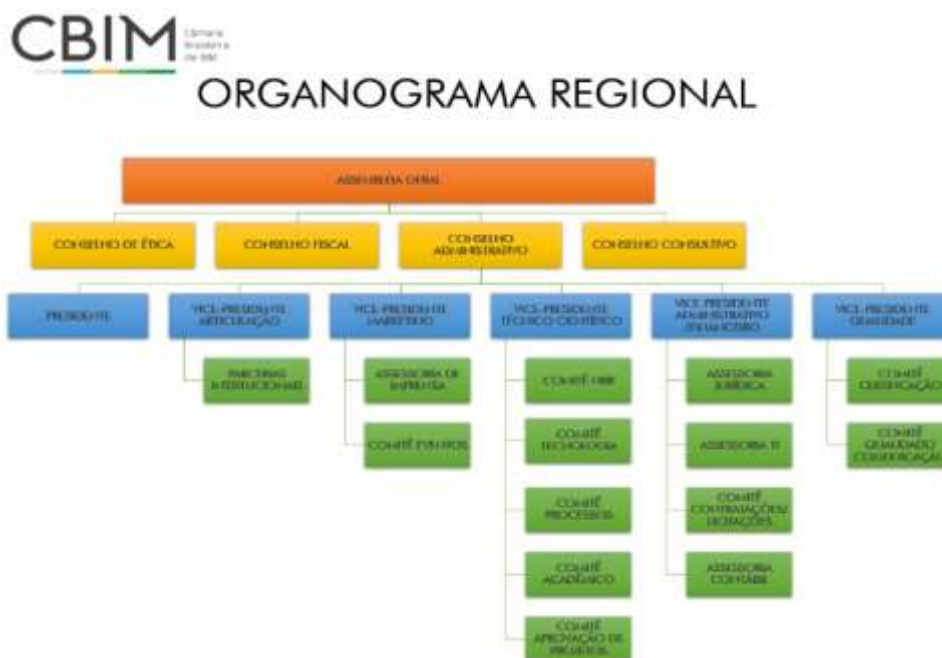
- a partir de 2024: os modelos deverão contemplar algumas etapas que envolvem a obra, como o planejamento da execução da obra, na orçamentação e na atualização dos modelos e de suas informações como construído (*as built*);

- a partir de 2028: passará a abranger todo o ciclo de vida da obra ao considerar atividades do pós-obra. Será aplicado no mínimo, nas construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de média ou grande relevância, nos usos previstos na primeira e na segunda fase e, além disso, nos serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento após sua conclusão.

No ano de 2019, após mudanças de governo e nos ministérios, houve a revogação do Decreto Nº 9.377, de 17 de maio de 2018 e foi instituído o Decreto Nº 9.983, de 23 de agosto de 2019, dispondo sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* e institui o Comitê Gestor da Estratégia do BIM. Esta mudança não trouxe grandes alterações no antigo decreto (Nº 9.377), apenas alterou alguns parâmetros de troca de informação, diminuição do número de ministérios envolvidos (devido à redução do atual governo) e estabeleceu estratégias de divulgação e disseminação do BIM pelo país.

Além da iniciativa federal, atualmente, existem núcleos estaduais que promovem o debate entre as cidades e em conjunto com o governo federal sobre os avanços da tecnologia BIM, conhecidos como Câmaras Brasileiras de BIM. Essas câmaras têm como objetivo integrar empresas, profissionais, instituições acadêmicas e toda a cadeia produtiva do setor AEC, visando disseminar a tecnologia BIM nos estados. Além disso, elas auxiliam na elaboração de políticas públicas, promovem ações para beneficiar as empresas na adoção das tecnologias e qualificam os profissionais para atuarem no setor. A Figura 11 apresenta o organograma regional da Câmara Brasileira de BIM.

Figura 11: Organograma Regional CBIM.



Fonte: CBIM/BR (2018).

Outros setores públicos também estão colhendo avanços nas tecnologias aplicadas, com cases de sucesso. Cita-se, como exemplo, o Exército Brasileiro, com o sistema OPUS, capaz de fornecer apoio à decisão que suporta as funcionalidades de planejamento, programação, acompanhamento, fiscalização e execução de obras e serviços de engenharia (DOM, 2020). O estado de Santa Catarina conta com o Caderno BIM, desenvolvido para normatizar e embasar as contratações públicas (licitações).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também conta com uma série de normativas a respeito da metodologia BIM, que fornecem orientações sobre a aplicação da modelagem da informação da construção. Por fim, porém não menos importante existem os cadernos de práticas BIM, documentos elaborados por entidades técnicas e governamentais que reúne, explica e detalha as práticas usuais e metodologias de implementação das tecnologias BIM. Entre eles podemos citar os cadernos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Apresenta-se na Figura 12 três exemplos de cadernos e guias BIM.

Figura 12: Exemplos de cadernos e guias BIM



Fonte: Adaptada pelo autor.

4 CAPÍTULO 3 - Grau de maturidade BIM

A análise dos avanços referentes ao processo de implementação BIM deve ser realizada de modo ativo, com frequência e foco, para que os resultados obtidos sejam comparados com as medidas propostas, para que este desenvolvimento ocorra de modo eficiente e eficaz. A fim de avaliar como o setor AEC está se adaptando e progredindo, a pesquisa se limitou às empresas que atuam na cidade de Belo Horizonte/MG e região metropolitana (aproximadamente 34 municípios). Esta pesquisa básica é classificada com a abordagem descritiva e quantitativa por meio de questionário.

4.1. Metodologia de obtenção dos dados

Os dados encontrados foram obtidos por meio de questionário elaborado na ferramenta Google Forms. Após realizar a formulação das perguntas do questionário, foi enviado um *link* para as empresas de arquitetura, engenharia e construção que atuam no mercado da região estudada. O contato e envio foi feito por meio de e-mail eletrônico e via aplicativo de mensagem instantânea e foi deixado como meio de comunicação endereço eletrônico e telefone, para reportarem algum erro ou dúvida. O enfoque da pesquisa foi as empresas de projetos, construtoras e fornecedores do setor da construção civil, por representarem a grande porção dos beneficiários da metodologia BIM.

As empresas tiveram que cumprir alguns pré-requisitos para participarem da pesquisa, entre eles é que apenas uma pessoa (profissional) poderia responder em nome daquela organização, sendo necessário conhecer sobre os procedimentos, dúvidas e críticas de toda a equipe. Este pré-requisito foi solicitado para se ter uma amostra das empresas, e não dos profissionais do mercado. Outro pré-requisito solicitado foi o campo de atuação da empresa, a qual deveria atuar no município de Belo Horizonte/MG e região metropolitana, para que o campo amostral não fosse tão disperso e sim, concentrado nesta região. Para recebimento de respostas foi aguardado um período de 30 dias, contados a partir de 4 de dezembro de 2019.

O questionário elaborado possuía 11 (onze) questões, todas de múltipla escolha, para agilidade e aumento no número das respostas. As perguntas tiveram como objetivo a análise da empresa (nome (opcional), ramo de atuação e número de funcionários) e entendimento da empresa sobre a metodologia BIM, com enfoque no conhecimento, pretensão de uso, aplicações, dificuldades, *softwares* e formas de disseminação.

4.2. Resultados obtidos e análise dos dados

Foram obtidas o total de 26 respostas para o questionário. Cabe observar que este também é o número de empresas que responderam, pois foi vedada a resposta por mais de um e-mail cadastrado. A primeira pergunta apresentada visava a identificação da empresa que estava respondendo. Como o objetivo do trabalho não era focar nas características de cada companhia, e sim no panorama geral, esta pergunta teve caráter opcional, cabendo a empresa se identificar ou não. Para a pergunta nº1 foram obtidas o total de 14 respostas.

A segunda pergunta do questionário teve como objetivo identificar os principais ramos de atuação que as empresas participantes atuam. Para isso, foi fornecido as principais áreas que as empresas do setor AEC podem atuar. Havia a opção de marcarem mais de um ramo, pois existem empresas que são diversificadas e atuam com várias frentes de serviços. Como configurava uma pergunta obrigatória foram obtidas 26 respostas, número total de participantes da pesquisa.

É possível identificar no Gráfico 3 que o ramo de projetos (arquitetura, engenharia civil e outros) representa a maior parcela das respostas (aproximadamente 76% das empresas atuam no ramo), seguido pelo ramo de construção (fase executiva dos empreendimentos), reformas e pequenas obras. Apenas duas empresas também atuavam com incorporações de imóveis. Outros 5 ramos citados pelas empresas foram: gestão de energia, gerenciamento de obras de infraestrutura, consultoria BIM, ambiente controlado e execução de obras especiais.

Gráfico 3: Resultado da 2ª pergunta do questionário elaborado

Fonte: Elaborado pelo autor.

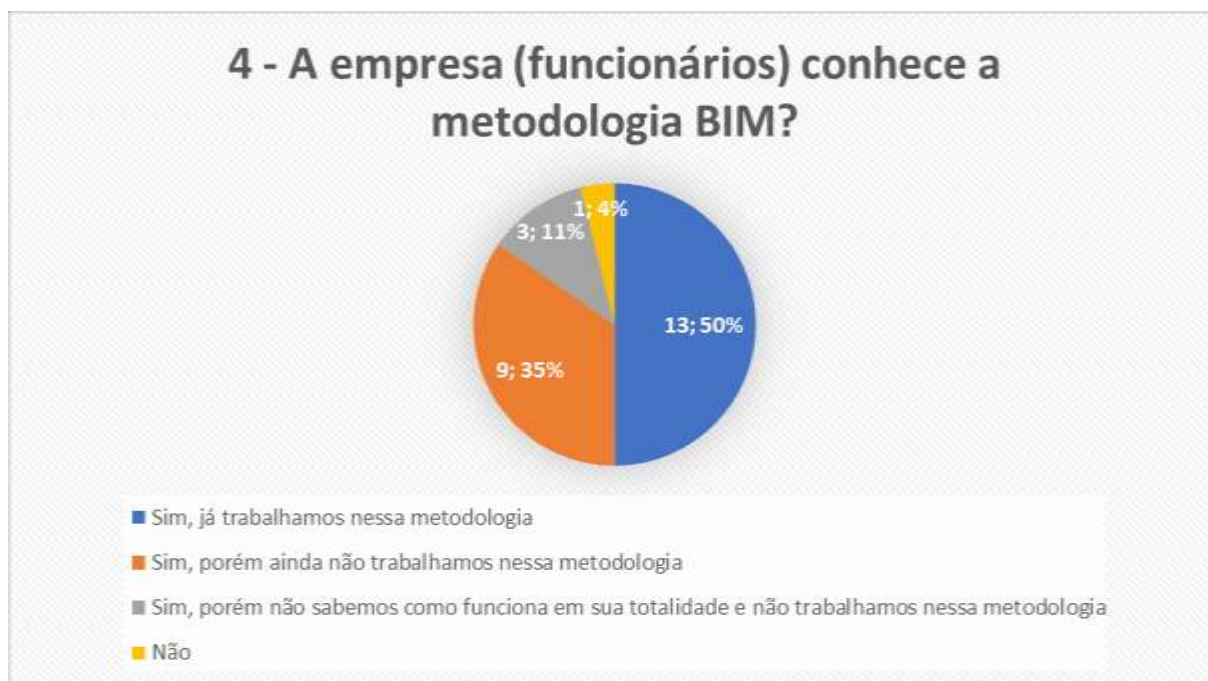
A 3ª pergunta teve como alvo entender a dimensão, em nível do número de colaboradores, das empresas participantes para, mais tarde, entender a dinâmica das respostas subsequentes. Confirmando o cenário atual de porte do setor AEC, 54% das empresas apresentam entre 1 a 5 funcionários. Essa maioria caracteriza o mercado segmentado e difundido entre pequenas empresas. As outras variações do número de funcionários permanecem praticamente igualitárias, três empresas apresentam entre 6 a 15 funcionários, apenas duas entre 16 a 50 funcionários, quatro entre 51 a 100 funcionários e três apresentam acima de 100 funcionários, de acordo com o Gráfico 4. O resultado obtido pode ter sido motivado pela forma de divulgação e rede de contatos do autor, porém reforça as teorias abordadas inicialmente.

Gráfico 4: Resultado da 3ª pergunta do questionário elaborado

Fonte: Elaborado pelo autor.

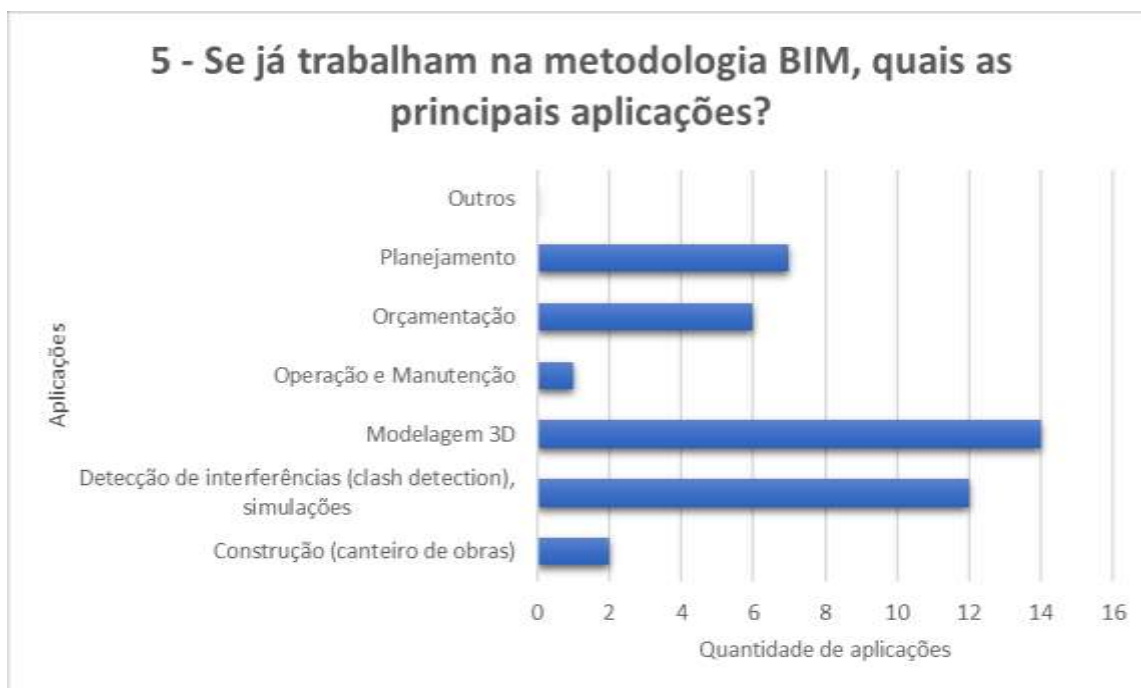
Para definir como está o panorama BIM nas empresas, a 4ª pergunta foi de fundamental importância para verificar se o conceito do *Building Information Modeling* já é de conhecimento das pessoas envolvidas. Com um número bem expressivo, 96% das empresas disseram já conhecer a metodologia, apesar de apenas metade das respostas (50% ou 13 respostas) já trabalharem nela. Apenas uma empresa respondeu não conhecer a metodologia, representando apenas 4% do total. Esta pergunta mostrou um dado otimista sobre a difusão do conhecimento BIM, e apesar de 46% das empresas não trabalharem efetivamente com a metodologia, elas já possuíam o conhecimento inicial, conforme Gráfico 5.

Gráfico 5: Resultado da 4ª pergunta do questionário elaborado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Apontar as principais áreas de atuação do BIM é mostrar em quais usos se adquire maiores conhecimentos com a experiência. Esta pergunta possui a opção de marcar mais de uma resposta, visto que muitas aplicações são feitas de modo sequencial e combinadas. Houve um total de 15 respostas para esta questão, visto que nem todas já trabalham com a metodologia. A modelagem 3D apresentou-se como a aplicação de maior repetição (93,3%), com um total de 14 usos, seguida pela detecção de interferências (80%), com 12 usos. Em terceiro lugar, posiciona-se o planejamento como área de aplicação do BIM (7 usos e 46,7% do total), seguido por orçamentação (6 usos e 40% do total de respostas), em quarto lugar, uso em canteiro de obra (2 usos e 13,3%), em quinto lugar, e operação e manutenção por último (1 uso e 6,7%), com apenas uma aplicação. Conforme visto durante a pesquisa, a modelagem 3D é a principal, e uma das primeiras aplicações de quem inicia o processo de implementação BIM nas empresas. Nenhuma resposta apresentou outras aplicações para uso do BIM, como é visto no Gráfico 6.

Gráfico 6: Resultado da 5ª pergunta do questionário elaborado

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para classificar o grau de maturidade BIM que as empresas se encontram, a pergunta número 6 teve o carácter de analisar como eles se consideram em termos de conhecimento e uso. Foi pedido que analisassem quanto ao conhecimento (pouco, médio e muito) e ao uso da capacidade (baixo, médio e alto) BIM. A classificação quanto ao conhecimento remete à pergunta nº4, e o uso recorre às aplicações do BIM, na 5ª pergunta do questionário. Ter apenas o conhecimento não é suficiente para que o grau de maturidade seja elevado, é preciso aplicar o conhecimento e ter seus processos bem definidos para elevarem o uso da capacidade do BIM. Esta pergunta permitia apenas uma única resposta por empresa, diante disso obteve-se 19 respostas no total.

Com 8 respostas, representando 42,1% do total, as empresas se enquadraram na média (conhecimento médio e médio uso). Logo em seguida, 6 respostas (31,6%) apresentaram empresas que se consideravam com pouco conhecimento e, conseqüentemente, baixo uso da capacidade do BIM. Apenas 2 empresas (10,5% do total) possuíam altos conhecimento e uso da capacidade BIM, fator que revela a dificuldade, ainda, de se difundir o conhecimento e aplicá-lo nas

empresas, objetivando usufruir os benefícios máximos. Três empresas mostradas no Gráfico 7 apresentaram ter médio conhecimento e baixo uso, sugerindo que talvez falte colocar em prática aquela sabedoria sobre a metodologia do *Building Information Modeling*. Todos os dados podem ser vistos no Gráfico 7.

Gráfico 7: Resultado da 6ª pergunta do questionário elaborado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para entender melhor as barreiras e dificuldades enfrentadas pelas empresas de AEC, foi elaborada a 7ª pergunta com caráter de identificar os gargalos que a metodologia apresenta para este setor. Esta questão poderia ser marcada mais de uma opção, caso necessário, e obtivemos um total de 26 respostas. A maior dificuldade apresentada pelas empresas foi que atualmente os parceiros de trabalho ainda não utilizam a metodologia BIM, fazendo com que seus processos de projeto sejam segmentados em duas partes, uma BIM e outra não BIM. Este fator foi sugerido por 15 empresas (aproximadamente 58% do total). Em segundo lugar, tem-se a falta de profissionais capacitados para utilizar as ferramentas, representando 13 casos (50% do total). Resultado que reflete também na falta de parceiros de trabalho, apontado como maior dificultador para adoção do BIM. Os altos investimentos em treinamento e *softwares* foi o terceiro maior dificultador, com 12 votos, percentual de aproximadamente 46%. Em quarto lugar, confirma-se a falta de conhecimento na metodologia BIM, com 10 respostas (38,46%), em quinto a falta de

exigência do mercado, com 7 respostas (apenas 26,92%) e por último foram citados outros 4 obstáculos: equipamentos capazes de suportar *softwares* de desenvolvimento da metodologia BIM, mudança de cultura de funcionários da empresa, falta de tempo para conciliar o andamento dos projetos atuais com a implementação da nova tecnologia e falta de praticidade e eficiência de ferramentas para elaboração de projetos pouco padronizados. Os dados do Gráfico 8 corroboram para criar medidas de melhoria, objetivando solucionar os problemas elencados para que mais empresas possam aderir ao processo de projeto na metodologia BIM.

Gráfico 8: Resultado da 7ª pergunta do questionário elaborado.

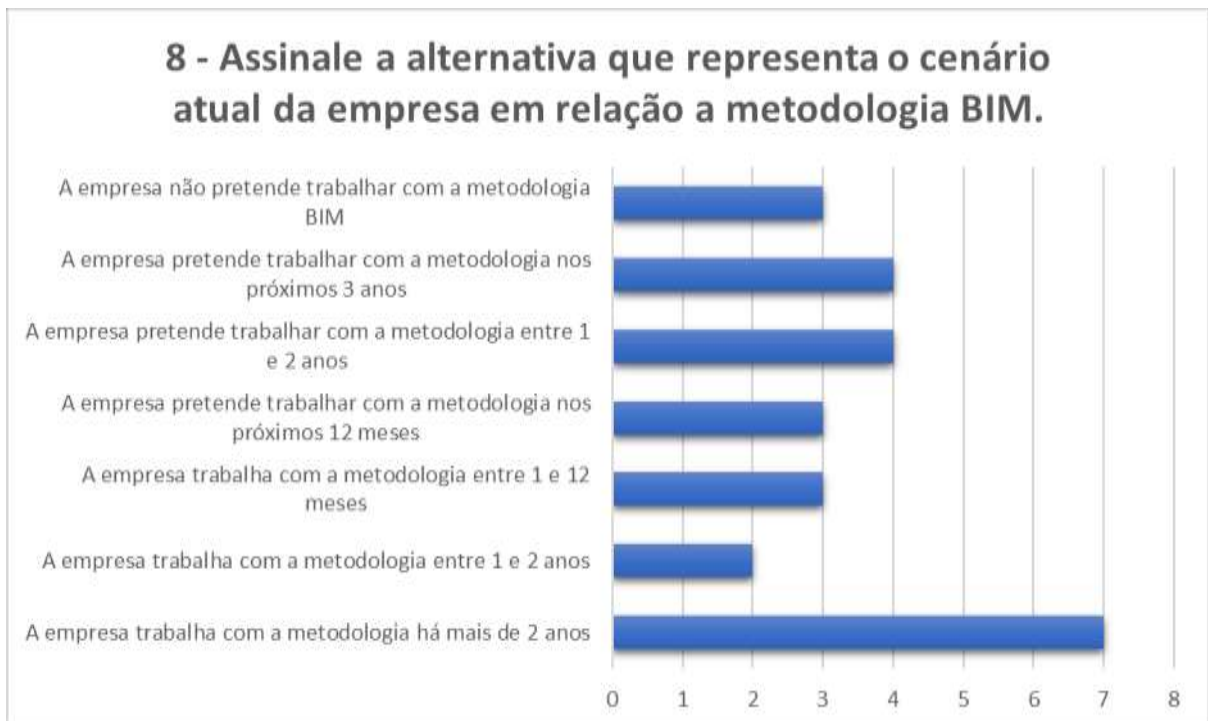


Fonte: Elaborado pelo autor.

Afim de estabelecer um panorama temporal de uso e pretensão para a metodologia BIM, foi elaborada a questão 8. A pergunta possuía apenas uma opção de resposta e obteve 26 respostas. É possível identificar que 7 (aproximadamente 27% do total) das empresas avaliadas já trabalham com a metodologia BIM há mais de 2 anos, fator que pode ter contribuído para as respostas da questão 6 (grau de maturidade das empresas). Representando aproximadamente 46% do total, 12 empresas já estão trabalhando com o BIM a pelo menos 1 mês. As intenções de trabalho com a metodologia representam 42,31% das respostas (11 empresas), seja em curto prazo (entre 1 e 12 meses) ou a longo prazo (2 a 3 anos). Diante deste

fator podemos analisar, pelo Gráfico 9, valores próximos entre as empresas já atuantes (aproximadamente 46%) e as que pretendem atuar (42,31%), contudo um dado que vai contra os esforços em difundir o BIM é o de empresas que não pretendem trabalhar com a metodologia. Cerca de 11,5% dos entrevistados disseram não se programar para uma implementação BIM, nem mesmo a longo prazo. Fator preocupante, visto a fragmentação do mercado e tendo como maior dificultador a falta de parceiros de trabalho no mesmo rumo tecnológico, como visto na questão 7.

Gráfico 9: Resultado da 8ª pergunta do questionário elaborado.



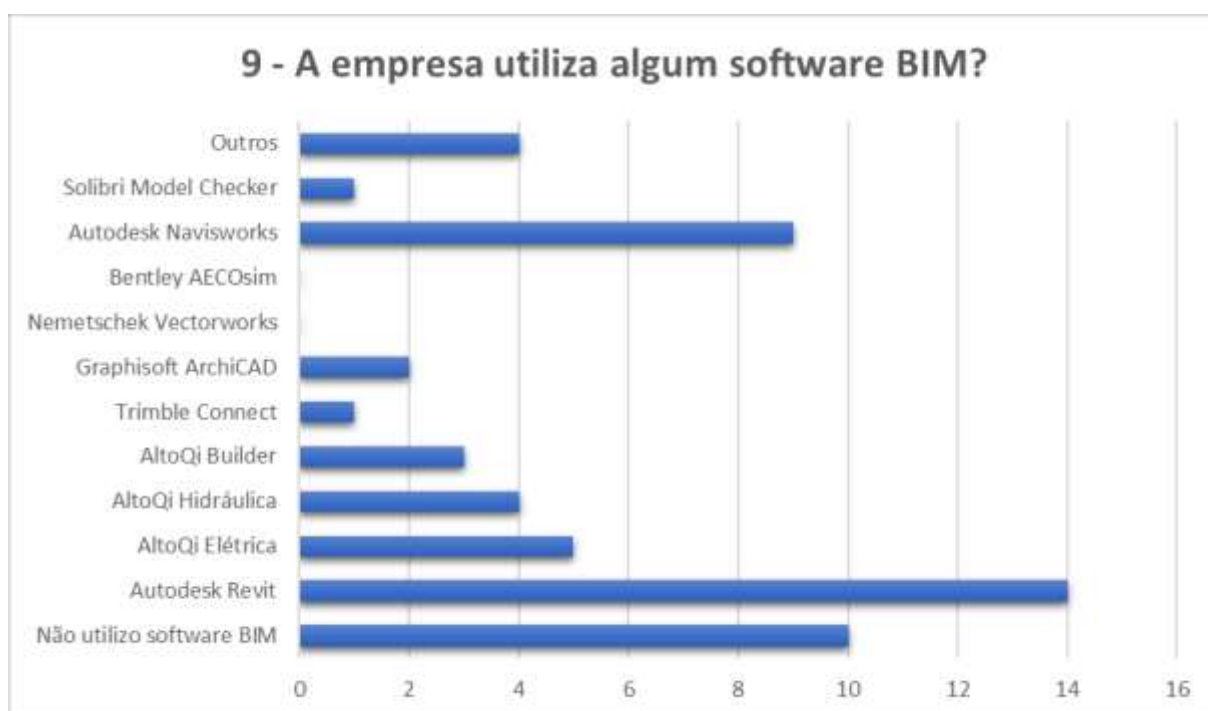
Fonte: Elaborado pelo autor.

A 9ª questão teve como objetivo identificar os *softwares* mais utilizados pelo mercado, de modo a conhecer as preferências para enquadrá-los de acordo com suas funções. Todas as empresas pesquisadas responderam esta pergunta e poderiam marcar mais de uma opção, caso fosse necessário. O líder, usado por 14 empresas (representando aproximadamente metade das respostas, 53,84%), foi o Autodesk Revit. Este resultado reforça a atitude do mercado AEC, como visto na questão 5, a principal utilização do BIM era para modelagem 3D, destaque do

software Revit. Em segundo lugar, encontra-se o Autodesk Navisworks, com 9 usos (34% do total). Os *softwares* AltoQi Elétrica, AltoQi Hidráulica e AltoQi Builder ficaram, respectivamente, com 5,4 e 3 usos. Um dado que surpreendeu foi que apenas duas empresas apontaram utilizar o Graphisoft ArchiCAD, que para muitos lidera o uso como *software* de modelagem, juntamente com o Revit. Solibri Model Checker e Trimble Connect tiveram apenas 1 uso cada e os *softwares* Nemetschek Vectorworks e Bentley AECOsím não obtiveram nenhum voto. Outros quatro *softwares* foram citados na pesquisa, são eles: Orçafascio, Tekla BIMsight, Cypecad e Synchro. Todos os dados podem ser analisados pelo Gráfico 10.

O total de 10 empresas disseram não utilizar nenhum tipo de *software* BIM, representando cerca de 38% do total. Este número apresenta o grande déficit do mercado atual, e justifica-se também devido às respostas da questão 7, em que os parceiros de trabalho ainda não empregam a tecnologia para elaboração dos projetos.

Gráfico 10: Resultado da 9ª pergunta do questionário elaborado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A maioria das empresas que responderam ao questionário afirmaram ter conhecimento em BIM, como visto na questão 6. O intuito da 10ª pergunta foi verificar se o Decreto Federal que dispõe a Estratégia Nacional de Disseminação BIM está, realmente, sendo um fator preponderante para a disseminação BIM, ou apenas uma legislação. Esta pergunta foi obrigatória a todos participantes e poderiam assinalar apenas uma opção. Responderam estar ciente do decreto 69% das empresas e apenas 31% disseram desconhecer o decreto federal, conforme Gráfico 11. Apesar de 8 empresas afirmarem não ter conhecimento sobre, é possível verificar que a estratégia de disseminação está surgindo efeito ao longo do tempo, visto que com o progresso dos estudos e análises, o texto base do decreto vai sendo divulgado. Este processo representa fator importante pois constitui mais um lado da exigência de tornar o uso do *Building Information Modeling* obrigatório no Brasil.

Gráfico 11: Resultado da 10ª pergunta do questionário elaborado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como forma de melhorar os dados obtidos na quarta, sexta e oitava questão, foi apresentado alguns possíveis dificultadores para a difusão e implementação BIM nas empresas. A questão número 11 poderia ser assinalada com apenas uma resposta e todas as 26 organizações responderam. É perceptível que, para 10

empresas, o fator primordial para a melhoria do uso do BIM é o treinamento e capacitação de profissionais para atuarem nas empresas, representando cerca de 38% do total de respostas. Para 6 empresas (aproximadamente 23%) a melhor forma de difundir e implementar seria que o mercado exigisse e também para outras 6 empresas o fator primordial seria a diminuição do custo de *softwares*. Apenas 4 empresas (cerca de 15%) citaram como principal explicar a importância da metodologia para diminuição de custos. Nenhuma empresa citou que a elaboração de leis que obriguem o uso irá contribuir para difundir e implementar o uso do BIM, conforme Gráfico 12.

Gráfico 12: Resultado da 11ª pergunta do questionário elaborado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 CONCLUSÕES

Avaliar os avanços BIM realizados até hoje nas empresas de arquitetura, engenharia e construção exige analisar, além de dados, as características intrínsecas de cada companhia. A importância de se analisar o andamento da implantação da metodologia intra-organizacional sugere medidas para avaliar em que estágio de desenvolvimento tecnológico, aplicado à construção civil, encontra-se as empresas. Identificar os maiores dificultadores da implantação resulta em reconhecer e perceber que, não sendo tratados estes pontos, a continuidade e o impulso em adotar este novo modo de trabalho provavelmente não irá atingir a todos.

A análise das empresas atuantes em Belo Horizonte/MG e região permitiu conhecer como o *Building Information Modeling* está progredindo e chegando, cada vez mais, em novas organizações. O uso do BIM está sendo bastante difundido e discutido nas companhias de arquitetura, engenharia e construção. Para justificar esta afirmação há dados de que 96% das empresas pesquisadas já conhecem a metodologia BIM. Outro dado importante foi quanto ao uso, propriamente dito da metodologia, 46,15% dos entrevistados disseram já trabalhar com o BIM e 13 empresas já possuem, pelo menos, o conhecimento médio. Portanto, pode-se concluir que o grau de maturidade BIM das empresas do setor AEC na região estudada apresenta fator médio. Possuem conhecimento médio para alto, porém não aplicam todos os recursos disponíveis.

As principais dificuldades apresentadas pelas empresas na implementação do BIM são relacionadas às pessoas. A falta de parceiros de trabalho e de profissionais capacitados para atuarem nas empresas são os dois maiores dificultadores. Trabalhar na capacitação das equipes que estão frente a serviços, buscando genuinamente a formação deles, e não apenas a fidelização na empresa, pode gerar uma onda de parceiros de trabalho com conhecimento e conseqüentemente estimular o mercado. Trabalhar na mudança de paradigma e estimular o pensamento crítico das pessoas é uma tarefa difícil, porém com a introdução de

conceitos importantes na fase de formação destes profissionais auxilia na disseminação do BIM.

Na mesma linha de pensamento do objetivo citado anteriormente, as empresas sugerem que os principais métodos para abranger a utilização das tecnologias BIM nas empresas do setor AEC é trabalhar no treinamento e capacitação de profissionais, com 38% das escolhas. Em segundo lugar, encontram-se com a mesma porcentagem a exigência do mercado e a diminuição dos custos de *softwares*, com aproximadamente 23% cada. É possível inferir que existe relação entre as dificuldades e as formas de solucionar, basta haver aplicação dessas medidas em resposta às exigências do mercado. As características são evolutivas, ou seja, hoje se pode ter este panorama estabilizado na região de Belo Horizonte/MG, porém com o passar dos anos a tendência é estas questões serem resolvidas e surgirem problemas não mapeados neste estudo.

Sugere-se que outras pesquisas sobre o panorama BIM das empresas do setor AEC sejam realizadas em diferentes cidades do Brasil. Mapear as microrregiões possibilita entender a dinâmica local e aplicar métodos direcionados para a evolução do *Building Information Modeling*. Trabalhar com conceitos globais pode induzir ao erro de certas aplicações, porém os estudos de caso sobre implementações que deram certo pode vir a ser uma ótima opção de análise. Estimular o uso consciente e seguro das edificações é papel de todos do setor AEC, constituindo meio profissional e ético para os clientes finais. Com as eminentes preocupações com as questões climáticas e evolução das tecnologias disruptivas, aplicar conceitos que estimulem a economicidade, agilidade e sustentabilidade é também pensar em um futuro melhor. Aliar o BIM às práticas de arquitetura, engenharia e construção vai muito além da utilização de *softwares*, ela requer o entendimento e disseminação da metodologia a todos os profissionais da cadeia AEC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. GPD - Gerenciamento de Desenvolvimento de Projetos. **Guia 1 – Processo de Projeto BIM: Coletânea BIM ABDI-MDIC**. Brasília, DF. 2017. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/projetos/modernizacao-da-construcao>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

ALTOQI. **QiBuilder**. c2020. Página inicial. Disponível em: <<https://www.altoqi.com.br/qibuilder/#%3E>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

AUTODESK. **Products: Navisworks**. c2020. Página inicial. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

AUTODESK. **Products: Revit**. c2020. Página inicial. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

BARRETO, B. V.; SANCHES, J. L. G.; ALMEIDA, T. L. G.; RIBEIRO, S. E. C. O BIM no cenário de arquitetura e construção civil brasileiro. **Revista Construindo**. v. 8, n. 2, 2016.

CARVALHO, D.; AGOSTINI, R. O Dinheiro Acabou na WTorre. **Exame, Negócios: Reestruturação**, 2013, p. 87-90. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/revista-exame/o-dinheiro-acabou/#respond>>. Acesso em: 21 de jan. 2020.

CAU/BR – Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. **Governo estabelece metas e prazos para implementação do BIM**. Brasil, 2018. Disponível em: <<https://www.caubr.gov.br/governo-estabelece-metas-e-prazos-para-implementacao-do-bim/>>. Acesso em: 21 de jan. 2020.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadores**. Brasília, DF. 2016. Disponível em: <https://cbic.org.br/en_US/faca-o-download-da-coletanea-bim-no-site-da-cbic/>. Acesso em: 16 de dez. 2019.

CBIM/BR – Câmara Brasileira de BIM. **17ª Reunião da CBIM Nacional (Extraordinária)**. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://cbimbrasil.blogspot.com/2018/06/17-reuniao-da-cbim-nacional.html>>. Acesso em: 21 de jan. 2020.

CHECCUCCI, É. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. In: TIC 2011 - **Encontro Nacional De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção Civil**, 5., 2011, Salvador. Anais... Salvador: LCAD/PPGAU-UFBA, 2011. p. 1-20. 1 CD.

CHECCUCCI, É. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no BRASIL – TIC 2011. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, jan.-jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.4237/gtp.v8i1.232>.

DOM – Diretoria de Obras Militares do Exército Brasileiro. **BIMNET EB – a rede BIM do Exército Brasileiro**. Brasília: DOM, 2015. Disponível em: <<http://www.dom.eb.mil.br/opus/>>. Acesso em 21 de jan. 2020.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual do BIM: um guia de Modelagem da Informação da Construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Trad. Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Revisão técnica de Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GASPAR, J.A.M.; RUSCHEL, R.C. A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo, XXI **Congresso Internacional de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital**, Blucher Design Proceedings, v. 3, p. 423-430, 2017.

GRAPHISOFT. **User Manuals Interoperability: Help Center**. c2020. Página inicial. Disponível em: <<https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide/65714/>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

HILGENBERG, F.; DE ALMEIDA, B.; SCHEER, S.; AYRES, C. Uso De Bim Pelos Profissionais De Arquitetura Em Curitiba. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 7, n. 1, p. 62-72, 14 jun. 2012.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais**. Documento 2.4. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo: FINEP, 2007.

JOHN, Vanderley Moacyr; AGOPYAN, Vahan. **Reciclagem de resíduos da construção**. Anais.. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Cetesb, 2000.

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Estratégia Nacional de Disseminação do Bim - Estratégia BIM BR**. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim>>. Acesso em: 20 de jan. 2020.

MEIRA, G. R.; PADARATZ, Ivo J. Custos de recuperação e prevenção em estruturas de concreto armado: uma análise comparativa. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, IX, 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Porto Alegre: 2002, p. 1425-1432.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral**. Revista Técnico-Científica CREA-PR. v.1, 2013. p. 1-14.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Ambiente construído**. Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, Jun 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000200012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 jan. 2020.

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais. **Biblioteca Digital: Perfil dos Pequenos Negócios 2017**. MG. 2017. Disponível em: <<https://www.sebraemg.com.br/atendimento/bibliotecadigital/documento/Planilha/Perfil-dos-Pequenos-Negocios-2017>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

SHOEGNOME ARCHITECTS. **Shoegnome Work Environment for ARCHICAD 19**. 2015. Página inicial. Disponível em: <<http://www.shoegnome.com/2015/10/23/shoegnome-work-environment-for-archicad-19/>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

STEHLING, M. P.; ARANTES, E. M. **Análise do processo de implantação de BIM em empresas de projetos industriais e arquitetônicos em Belo Horizonte**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 5, n. 1, p. 35-44, 30 jun. 2014.

APÊNDICE A – Perguntas do Questionário

1 - Qual o nome da empresa? (opcional)

Texto de resposta curta

2 - Qual o ramo da empresa? Marque mais de uma opção, caso necessário. *

- Projetos (arquitetura, engenharia civil e outros)
- Construção (comerciais, residenciais e outros)
- Incorporação de imóveis
- Reformas e pequenas obras
- Outros...

3 - Quantos funcionários há na empresa?

- 1 a 5 funcionários
- 6 a 15 funcionários
- 16 a 50 funcionários
- 51 a 100 funcionários
- Acima de 100 funcionários

4 - A empresa (funcionários) conhece a metodologia BIM? *

- Sim, já trabalhamos nessa metodologia
- Sim, porém ainda não trabalhamos nessa metodologia
- Sim, porém não sabemos como funciona em sua totalidade e não trabalhamos nessa metodologia
- Não

5 - Se já trabalham com a metodologia BIM, quais as principais aplicações? Marque mais de uma opção, caso necessário.

- Construção (canteiro de obras)
- Detecção de interferências (clash detection), simulações
- Modelagem 3D
- Operação e Manutenção
- Orçamentação
- Planejamento
- Outros...

6 - Dentre as aplicações mencionadas anteriormente, qual o grau de maturidade que vocês consideram atingir?

- 1 (Pouco conhecimento e baixo uso da capacidade do BIM)
- 2 (Conhecimento médio e baixo uso da capacidade do BIM)
- 3 (Conhecimento médio e médio uso da capacidade do BIM)
- 4 (Conhecimento elevado e alto uso da capacidade do BIM)

7 - Quais as principais dificuldades enfrentadas em relação a adoção do BIM na empresa? Marque mais de uma opção, caso necessário. *

- Falta de conhecimento da metodologia BIM
- Falta de profissionais capacitados para utilizar as ferramentas
- O mercado ainda não exige o BIM
- Os investimentos em treinamento e software são altos
- Os parceiros de trabalho ainda não trabalham com a metodologia
- Outros...

8 - Assinale a alternativa que representa a cenário atual da empresa em relação a metodologia BIM: *

- A empresa trabalha com a metodologia há mais de 2 anos
- A empresa trabalha com a metodologia entre 1 e 2 anos
- A empresa trabalha com a metodologia entre 1 e 12 meses
- A empresa pretende trabalhar com a metodologia nos próximos 12 meses
- A empresa pretende trabalhar com a metodologia entre 1 e 2 anos
- A empresa pretende trabalhar com a metodologia nos próximos 3 anos
- A empresa não pretende trabalhar com a metodologia BIM

9 - A empresa utiliza algum software BIM? Marque mais de uma opção, caso necessário. *

- Não utilizo software BIM
- Autodesk Revit
- AltoQi Elétrica
- AltoQi Hidráulica
- AltoQi Builder
- Trimble Connect
- Graphisoft ArchiCAD
- Nemetschek Vectorworks
- Bentley AECOsims
- Autodesk Navisworks
- Solibri Model Checker
- Outros...

10 - A empresa conhece o decreto federal que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling e institui o comitê Gestor da Estratégia BIM? *

Sim

Não

11 - Para a empresa, qual a melhor forma de difundir e implementar a metodologia BIM nas empresas? *

Diminuição do custo de softwares

Elaboração de leis que obriguem o uso

Exigência do mercado

Explicar a importância da metodologia para diminuição de custos

Treinamento e capacitação de profissionais para atuar nas empresas