

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Departamento de Engenharia de Materiais e Construção**

Everaldo Vidigal Rodrigues

**BENEFÍCIOS DO BIM PARA PROJETOS E LIMITAÇÕES DE USO EM  
EMPRESAS DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO EM MINAS  
GERAIS**

Belo Horizonte  
2023

Everaldo Vidigal Rodrigues

**BENEFÍCIOS DO BIM PARA PROJETOS E LIMITAÇÕES DE USO EM  
EMPRESAS DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO EM MINAS  
GERAIS**

**Versão Final**

Monografia de especialização apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Construção Civil.

Orientadora: Dra. Danielle Meireles de Oliveira.

Belo Horizonte  
2023

R696b

Rodrigues, Everaldo Vidigal.

Benefícios do BIM para projetos e limitações de uso em empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção em Minas Gerais [recurso eletrônico] / Everaldo Vidigal Rodrigues. – 2023.

1 recurso online (45 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Danielle Meireles de Oliveira.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gestão e Tecnologia na Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Apêndices e anexos: f. 41-45.

Bibliografia: f. 39-40.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Modelagem de informação da construção.  
3. Limitações administrativas. 4. Projetos de engenharia. I. Oliveira, Danielle Meireles de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: EVERALDO VIDIGAL RODRIGUES

MATRÍCULA: 2020683517

### RESULTADO

Aos 02 dias do mês de março de 2023 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:  
"BENEFÍCIOS DO BIM PARA PROJETOS E LIMITAÇÕES DE USO EM EMPRESAS DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO EM MINAS GERAIS"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 85

CONCEITO: B

### BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Profª. Drª. Danielle Meireles de Oliveira

*Danielle Meireles*

Nome

Assinatura

Profª. Drª. Marys Lene Braga Almeida

*Marys Lene Braga Almeida*

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 02 de março de 2023

Antônio Neves  
de Carvalho  
Júnior

Assinado de forma digital  
por Antônio Neves de  
Carvalho Júnior  
Dados: 2023.03.03  
22:25:05 -03'00'

Coordenador do Curso

*À minha querida família, pelo apoio,  
incentivo, compreensão, carinho e  
dedicação.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela vida, sabedoria e saúde.

Agradeço a minha família por acreditar nos meus sonhos e me fornecer todo o apoio para alcançá-los, em especial, aos meus ilustres pais Pedro e Célia, que me ensinaram o valor dos estudos e que muito se esforçaram para que eu pudesse alcançar os meus objetivos.

Agradeço a minha querida esposa Maristela que com todo o seu amor e carinho sempre me incentiva a buscar o crescimento profissional.

Agradeço às minhas amáveis filhas Maria Gabriela, Ana Clara e Luísa Rafaela, que sempre me inspiram a superar obstáculos e a ser uma pessoa melhor.

Também agradeço ao meu grande irmão Jaider e família, que sempre acreditaram em mim e depositaram confiança em meu trabalho.

Também agradeço ao meu sogro Aloísio e família, pelas orações, pelo apoio com as crianças e pela força diante das adversidades que surgiram ao longo desta etapa de aprimoramento profissional.

Também agradeço à minha orientadora Danielle, que me forneceu todo o apoio necessário ao desenvolvimento e a conclusão deste trabalho.

Por final, agradeço às empresas e profissionais que contribuíram com esta pesquisa científica.

“Não adianta ter uma boa ideia: o importante é trabalhar nela. O sucesso não é apenas fruto de sorte, há muito trabalho árduo por trás de quem deu certo.”

(Augusto Cury, Nunca desista de seus sonhos, 2004)

## RESUMO

*O presente estudo visa esclarecer benefícios que o conceito BIM (Building Information Modeling) pode oferecer a projetos em relação ao tradicional método de elaboração, caracterizado pela utilização da ferramenta CAD (Computer Aided Design), ou Desenho Auxiliado por Computador, bem como identificar dificuldades, barreiras ou restrições à implementação do BIM. É partida da premissa de que o BIM tem sido uma importante ferramenta de trabalho face aos benefícios que seu uso pode proporcionar, empregada em diversos países, a qual tem ganhado força para aplicação no Brasil. Portanto, conhecer e divulgar seus benefícios pode ser promissor e de grande incentivo para acelerar sua aplicação em empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção (EAC). Para tanto, recorreu-se à pesquisa exploratória, à análise e ao tratamento de informações. Os procedimentos realizados permitiram identificar significativas vantagens do emprego do conceito BIM em projetos. De acordo com as empresas EAC consultadas, a colaboração entre múltiplas disciplinas e a eliminação de conflitos em projetos corresponderam a 85,7% de ocorrência. Outros benefícios apontados foram o aumento de qualidade, o aumento de produtividade e eficiência, bem como a visualização 3D antecipada e precisa do projeto, os quais corresponderam 77,1%, 74,3% e 71,4%, respectivamente. Adicionalmente, as limitações à implantação do BIM foram relacionadas a necessidade de investimento e capacitação (71,4%), assim como devido a indisponibilidade de profissionais capacitados em BIM (65,7%). Os resultados consolidam a necessidade de incentivo ao emprego de tal conceito tecnológico, de modo a acelerar a aplicação, despertar interesses e reduzir obstáculos para sua implantação.*

**Palavras-chave:** BIM. Benefícios. Implantação. Limitações. Projetos.

## ABSTRACT

*The present study aims to clarify the benefits that the BIM (Building Information Modeling) concept can offer to projects in relation to the traditional method of elaboration, characterized by the use of the CAD (Computer Aided Design) tool, as well as to identify difficulties, barriers or restrictions to the implementation of BIM. It starts from the premise that BIM has been an important work tool due to the benefits that its use can provide, applied in several countries, which has gained strength for application in Brazil. Therefore, knowing and publicizing its benefits can be promising and a great incentive to accelerate its application in Engineering, Architecture and Construction (EAC) companies. For this purpose, exploratory research, analysis and information processing were used. The procedures carried out allowed identifying significant advantages of using the BIM concept in projects. According to the EAC companies consulted, collaboration between multiple disciplines and the elimination of conflicts in projects corresponded to 85.7% of occurrences. Other benefits pointed out were the increase in quality, the increase in productivity and efficiency, as well as the anticipated and accurate 3D visualization of the project, which corresponded to 77.1%, 74.3% and 71.4%, respectively. Additionally, limitations to the implementation of BIM were related to the need for investment and training (71.4%), as well as due to the unavailability of professionals trained in BIM (65.7%). The results consolidate the need to encourage the use of such technological concept, in order to accelerate its application, awaken interest and reduce obstacles to its implementation.*

**Keywords:** BIM. Benefits. Implantation. Limitations. Projects.

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<b>3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
3.1- DEFINIÇÕES SOBRE O BIM.....	12
3.2- NÍVEIS DE MATURIDADE DO BIM .....	14
3.3- MODELAGEM ND.....	16
3.4- BENEFÍCIOS DO BIM.....	18
3.5- OBSTÁCULOS AO USO DO BIM .....	25
<b>4. MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	<b>29</b>
4.1- METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DOS DADOS.....	29
4.2- COLETA DE DADOS.....	29
<b>5- RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
5.1- ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	36
<b>6- CONCLUSÕES</b> .....	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>39</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE BIM (PARTE 1/2)</b> .....	<b>41</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE BIM (PARTE 2/2)</b> .....	<b>42</b>
<b>APÊNDICE B – SÍNTESE DE RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO SOBRE BIM (PARTE 1/2)</b> .....	<b>43</b>
<b>APÊNDICE B – SÍNTESE DE RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO SOBRE BIM (PARTE 2/2)</b> .....	<b>44</b>
<b>ANEXO A – LEVANTAMENTO SIENGE (2020) SOBRE ADOÇÃO DA METODOLOGIA BIM POR ESTADO BRASILEIRO</b> .....	<b>45</b>

## 1- INTRODUÇÃO

Este trabalho visa apresentar benefícios que o conceito BIM (*Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção) pode oferecer a projetos em relação ao tradicional método de elaboração via Desenho Auxiliado por Computador (CAD - *Computer Aided Design*). Acredita-se que o conceito BIM ofereça significativas vantagens, sobretudo, relacionadas à produtividade, checagem automática de interferências, apresentação de projeto, automatização de levantamento de quantitativos, interação entre responsáveis, controle e consolidação de informações.

O BIM tem sido uma relevante ferramenta de trabalho face aos benefícios que seu uso pode proporcionar, empregada em diversos países, a qual tem ganhado força para aplicação no Brasil. Portanto, conhecer profundamente e divulgar os benefícios dessa tecnologia pode ser um meio promissor e de grande incentivo para acelerar sua aplicação em empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção, intrínsecas ao desenvolvimento sustentável e a economia do país.

De acordo com Eastman *et al.* (2014), o exemplo mais antigo documentado sobre o conceito BIM foi um protótipo de trabalho publicado no extinto *Jornal AIA* por Chuck Eastman em 1975. Tendo em vista que o BIM no Brasil surgiu no início dos anos 2000, o presente estudo mostra-se importante em virtude de o conceito BIM, apesar de existir a longo tempo e de estar cada vez mais presente no mercado mundial, se encontrar em estágio inicial de implementação no país.

Acredita-se que o emprego de ferramentas de trabalho que elevem a produtividade, qualidade e eficiência em projetos de Engenharia, Arquitetura e Construção possa favorecer o nível de desenvolvimento da nação. Portanto, identificar e difundir os benefícios do BIM voltados para projetos poderá ser de grande valia para aprimorar técnicas e processos existentes, levando conscientização ao meio técnico e científico quanto ao uso de novas tecnologias. Somado a isso, entende-se que diagnosticar dificuldades, barreiras ou restrições pode levar à elaboração de soluções que visem favorecer grandemente o processo de implementação e emprego do conceito BIM.

A metodologia proposta para o trabalho abrange: revisão bibliográfica sobre o tema, pesquisa exploratória sobre benefícios do BIM para projetos, assim como

identificação de obstáculos à implementação de tal tecnologia, tabulação e análise dos resultados.

Para tanto, foi realizada uma pesquisa descritiva voltada para empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção (EAC), a qual permitiu levantar a necessidade de especial atenção por parte de autoridades que almejam maior alcance e disseminação do BIM, de modo a permitir foco em viabilidade de recursos e capacitação que favoreçam acesso ao BIM a maior número de empresas no ramo.

Dessa forma, serão apresentados os resultados de pesquisa dos benefícios do conceito BIM aplicáveis a projetos, de modo a incentivar a aceleração de sua aplicação, despertar interesses e reduzir obstáculos para implantação.

O presente trabalho foi estruturado da seguinte forma: são apresentados os objetivos da pesquisa, geral e específicos. Em seguida é feita uma revisão bibliográfica sobre o tema, abrangendo definições sobre o BIM, benefícios voltados a projetos e obstáculos à implantação. Consequente é esclarecida a pesquisa feita a empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção com apresentação dos resultados. Por final, os resultados são discutidos e apresentadas conclusões.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho consiste em pesquisar benefícios do conceito BIM referentes a projetos, de modo a incentivar a aceleração de sua aplicação, despertar interesses e reduzir obstáculos para implantação em Minas Gerais, sobretudo, na capital Belo Horizonte.

### **2.1- Objetivos específicos**

São objetivos específicos deste trabalho:

- identificar os benefícios do BIM aplicáveis a projetos;
- identificar fatores que dificultam a implementação do BIM em empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção;
- verificar a familiaridade das empresas EAC com a tecnologia BIM;
- verificar quais programas de computador tais empresas têm utilizado para projeto;
- consolidar benefícios do BIM para projetos.

### 3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentadas definições sobre o BIM segundo a bibliografia científica, relacionadas à Engenharia, Arquitetura e Construção (EAC). Em seguida são apresentados os níveis de maturidade do BIM que permitem avaliar o grau de efetividade da implantação da tecnologia em empresas. Consequente é apresentado o conceito de Modelagem nD, seguido dos benefícios e respectivos obstáculos ao uso do BIM.

#### 3.1- Definições sobre o BIM

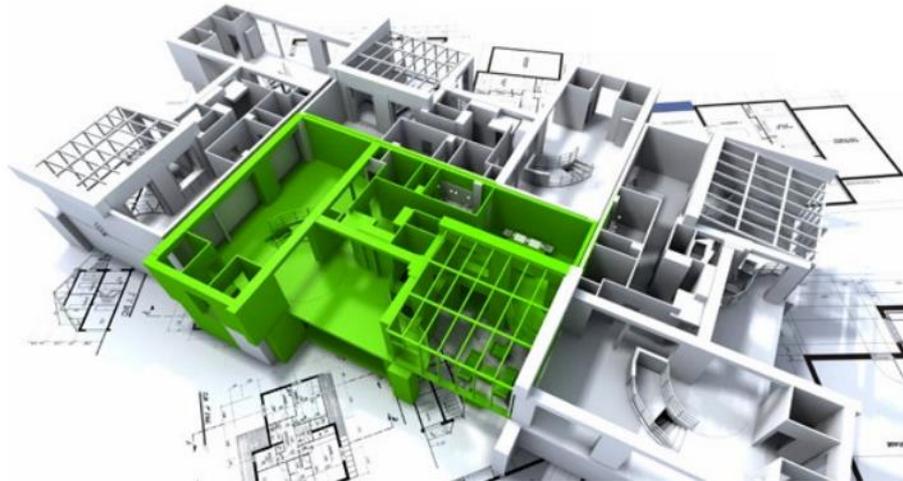
De acordo com Ruschel *et al.* (2013), o BIM pode ser definido como um processo de manutenção de um repositório de informações relevantes a um edifício ou construção, ao longo das diferentes fases do ciclo de vida do projeto.

Segundo Eastman *et al.* (2014), a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling*) trata de um dos promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à Engenharia, Arquitetura e Construção, no qual um modelo virtual preciso de edificação é construído de forma digital. Quando completo, tal modelo contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção.

Complementar ao descrito, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2016) define o BIM como o conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida. Uma única plataforma de informações que pode atender todo o ciclo de vida de um objeto construído.

Consonante a Rodrigues *et al.* (2017) o BIM é entendido como modelo digital elaborado a partir de um arquivo padrão compartilhado entre equipes cujos elementos possuem dados inteligentes que auxiliam no desenvolvimento de um projeto e no ciclo de vida de uma construção, objetivando melhoria nos processos e resultados. A Figura 1 exibe a modelagem de uma construção elaborada por meio do BIM.

**Figura 1: Visão 3D de um modelo de edificações em BIM**



Fonte: CBIC (2016).

O BIM tem sido uma relevante ferramenta de trabalho empregada em diversos países e tem ganhado força para aplicação no Brasil, em especial, a partir de agosto de 2019, quando entrou em vigor o Decreto Nº 9.983, o qual dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil - Estratégia BIM BR, com o objetivo de políticas públicas para incentivar a difusão do BIM no país. Tal legislação instituiu o Comitê Gestor da Estratégia do BIM, órgão deliberativo com a função de implementar a Estratégia BIM BR e gerenciar suas ações, composto por importantes representantes dos órgãos do Governo Federal.

Comparado ao Desenho Auxiliado por Computador (*Computer Aided Design - CAD*) a tecnologia BIM tem fornecido importantes melhorias para a Engenharia, Arquitetura e Construção (EAC). Segundo o CBIC (2016), projetos desenvolvidos em CAD não permitiam a correta visualização e a perfeita compreensão do que estava sendo projetado. O 'leitor' das informações precisava usar sua imaginação para construir, apenas mentalmente, as imagens tridimensionais de uma edificação ou instalação projetada, combinando as informações documentadas e fragmentadas em diferentes desenhos. Por outro lado, a modelagem 3D possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferências geoespaciais entre objetos. As soluções BIM trabalham como gestores de bancos de dados, de forma que qualquer alteração ou revisão realizada em qualquer parte de um modelo será automaticamente considerada em todas as demais formas de visualização da

correspondente massa de dados e informações, sejam tabelas, relatórios ou desenhos ou documentos, gerados a partir do modelo.

### **3.2- Níveis de maturidade do BIM**

Visando estabelecer uma escala de avanço e efetividade de empresas com o uso do BIM, Succar (2009) traduziu uma matriz de níveis de maturidade, segundo a qual, em um estágio preliminar à adoção da metodologia BIM, todo o fluxo de trabalho é fundamentado em papel e documentação 2D. Neste processo, acontecem perdas ou inconsistências nas informações contidas nos projetos devidas a erros humanos de controle e uso de arquivos. Quando introduzido o BIM em uma empresa, existem três estágios de implantação:

Estágio 1: a modelagem 3D é introduzida, porém limita-se a orientada para o desenvolvimento de um modelo 3D e de vistas ortogonais para desenhos de construção. A edificação é modelada com foco apenas na utilização do desenho paramétrico para extrair vistas de cortes, plantas e elevações de maneira mais rápida do modelo. Há um avanço no trabalho de geração de desenhos 2D por permitir atualização automática dos desenhos quando algo é alterado no projeto. Entretanto, a modelagem completamente baseada na extração de vistas e imagens não se preocupa com a informação contida nos componentes do modelo;

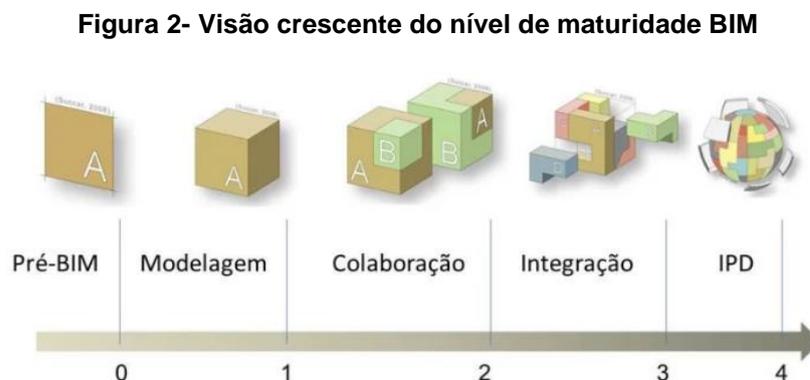
Estágio 2: diversas informações passam a ser associadas aos modelos tridimensionais. Os modelos passam a agregar mais duas dimensões: tempo (4D) e custo (5D), até aproximar-se do terceiro estágio de maturidade de utilização do BIM (dimensões nD de informação). Nesse estágio, cada disciplina da construção trabalha em seu modelo BIM isoladamente desenvolvendo a modelagem da informação, entretanto já acontece certa colaboração na concessão e troca de modelos para compatibilização e solução de projetos;

Estágio 3: incorpora o conceito de Modelagem nD e de interdisciplinaridade na construção para permitir a colaboração plena entre as várias disciplinas

envolvidas em um projeto, em um ambiente colaborativo computacional que pode ser acessado em tempo real por todas as equipes envolvidas no mesmo. O modelo da edificação incorpora dados de todas as disciplinas de forma simultânea em uma compilação de informação que vai desde a conceituação inicial do projeto até a abrangência de todo o seu ciclo de vida. Para isso, é necessário que tecnologias de computação em nuvem evoluam para possibilitar que inúmeros integrantes da construção, independentemente da sua localização geográfica, possam trabalhar simultaneamente em modelos BIM. A computação em nuvem permite que dados e recursos de processamento da computação, incluindo aplicativos BIM, sejam acessados e utilizados via internet, permitindo que colaboradores acessem um mesmo arquivo de projeto simultaneamente de computadores e localidades diferentes.

Além disso, mais do que a entrega normal do projeto, no estágio 3 existe: informações de inteligência de negócios; princípios de construção enxuta; e princípios de sustentabilidade. Assim, o investimento em tecnologia é extremamente alto no estágio 3.

A Figura 2 apresenta os estágios de implantação do BIM desde a fase pré-BIM até os níveis posteriores.



**Fonte:** Sienge (2020).

Complementar aos estágios de maturidade citados, de acordo com o *American Institute of Architects (AIA)*, a *Integrated Project Delivery - IPD* (Entrega

Integrada de Projeto) é uma abordagem de desenvolvimento de empreendimentos que integra pessoas, sistemas, estruturas de negócios e práticas profissionais em um processo que aproveita colaborativamente os talentos e percepções de todos os participantes para otimizar resultados do empreendimento, aumentar o valor para o cliente, reduzir o desperdício e maximizar a eficiência em todas as etapas do projeto, fabricação e construção. Como vantagens do IPD têm-se:

- incentivar a participação, a colaboração e a busca por melhores soluções;
- permitir que decisões do proprietário possam privilegiar decisões qualitativas e quantitativas;
- agilizar a entrega do empreendimento, otimizando as etapas de desenvolvimento desde os projetos até os serviços e obras de construção;
- permitir ao proprietário gerir melhor os custos do empreendimento, aferindo estimativas durante todo o processo de elaboração dos projetos executivos;
- incentivar a diminuição e melhor gestão dos riscos, a inovação e a busca por melhor produtividade;
- reduzir o potencial de geração de mudanças de pedidos ou solicitações de pagamentos extras.

### **3.3- Modelagem nD**

A Modelagem nD (*nD Modelling*) caracteriza-se por extensão do modelo de informação de uma construção com a incorporação das informações de projeto durante o ciclo de vida de um empreendimento.

Biblus (2018) afirma que para modelagens geométricas possibilitadas pelos *softwares* BIM são suficientes três dimensões. Todavia, para representar os demais âmbitos da informação, é necessária uma abordagem que englobem outras dimensões, criando um verdadeiro sistema de classificação. As dimensões BIM dizem respeito aos diferentes níveis de informação de um modelo BIM:

- 3D - Modelagem tridimensional;
- 4D - Planejamento (análise do tempo);
- 5D - Orçamento (análise dos custos);
- 6D - Sustentabilidade (social, econômica e ambiental);

7D - Gerenciamento dos ativos;

Além das 7 dimensões mencionadas, há um debate aberto sobre três “novas dimensões do BIM”:

8D - Segurança na fase de projeto e construção da obra;

9D - Construção enxuta;

10D - Industrialização da construção.

Na Figura 3 são sintetizadas as dimensões 3 a 10 relacionadas ao BIM.

**Figura 3: Dimensões do BIM**



**Fonte:** Biblus (2018).

De acordo com Miranda e Matos (2015), o conceito BIM 4D antecipa a fase de planejamento, a detecção de interferências entre os diversos serviços, bem como entre os serviços e os elementos do canteiro. Com isso, é possível um planejamento melhor da obra, aumentando as chances de ser concluída no prazo previsto. Empregando ferramentas especializadas 4D, pode-se comparar os modelos virtuais

da execução real e prevista, de forma a avaliar o cumprimento do cronograma e efetuar replanejamentos para assegurar o prazo da obra.

Azevedo (2009) verifica que a principal vantagem da modelagem 5D é o aumento da precisão durante a construção, com menos desperdício de tempo e de materiais, reduzindo também alterações durante a execução das obras. Podem-se controlar tanto as atividades críticas que se sobrepõem durante a execução, compreender através de imagem virtual o projeto final, criando-se uma maior conciliação entre as disciplinas.

Segundo Biblus (2018), o BIM 6D é associado à eficiência energética e ao desenvolvimento sustentável de um edifício novo ou existente, trata de sustentabilidade ambiental, no que diz respeito à reprodução e manutenção dos recursos naturais; econômica, concebida como a capacidade de criar rendimento e emprego; social, ou seja, a capacidade de criar bem-estar. O BIM 7D trata do gerenciamento e da manutenção do edifício ao longo de seu ciclo de vida, para favorecer o levantamento de rastreamento de dados referentes a componentes, especificações técnicas, manuais de manutenção, garantias, entre outros. O BIM 8D acrescenta informações relacionadas à segurança ao modelo geométrico, visando prever riscos no processo de construção e identificar atividades a serem implementadas para melhorar a segurança no trabalho e prevenir acidentes. O BIM 9D permite otimizar e racionalizar as etapas de construção de um projeto. É uma abordagem que permite o gerenciamento eficiente dos recursos e envolve o monitoramento do uso de matérias-primas a fim de minimizar a incidência de resíduos. Através do monitoramento constante desses recursos, podem ser criadas estratégias para efetivamente converter o que seria desperdício, fragmentos de material ou peças ímpares em algo que agregue valor ao todo. Por sua vez, o BIM 10D visa industrializar e tornar o setor da construção mais produtivo graças às novas tecnologias e à integração de dados físicos, comerciais, ambientais e outros.

### **3.4- Benefícios do BIM**

De acordo com Eastman *et al.* (2014), são benefícios do BIM relacionados a projetos:

1. conceito, viabilidade e benefícios no projeto: o BIM favorece a percepção quanto à possibilidade de construção dentro de um orçamento e cronograma.
2. aumento de qualidade e desempenho da construção: o modelo esquemático antes de um detalhado permite avaliação cuidadosa do esquema proposto para determinar se ele cumpre os requisitos funcionais e de sustentabilidade.
3. visualização antecipada e mais precisa de um projeto: o modelo 3D projetado diretamente, em vez de ser gerado a partir de múltiplas vistas 2D, pode ser usado para visualizar o projeto em qualquer etapa do processo.
4. correções automáticas quando mudanças são feitas no projeto: geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto, o que reduz significativamente a quantidade de tempo e o número de erros associados à geração de desenhos para as disciplinas de projeto.
5. colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto: a tecnologia BIM facilita o trabalho simultâneo de múltiplas disciplinas de projeto, nos quais o controle de modificações passa ser bem gerenciado, abrevia o tempo de projeto e reduz significativamente erros de projeto e omissões.
6. verificação facilitada das intenções de projeto: o BIM proporciona visualizações 3D antecipadamente e quantifica as áreas dos espaços e materiais, permitindo estimativas de custos mais cedo mais precisas.
7. extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto: em qualquer etapa de projeto, a tecnologia BIM pode extrair uma lista precisa de quantitativos e de espaços que pode ser utilizada para estimar o custo.
8. incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade: o BIM permite vincular modelo da construção a ferramentas de análise energética de modo a permitir avaliação do uso de energia durante fases do projeto.

Complementar a tais recursos, o CBIC (2016) apresenta uma relação de benefícios do BIM para a indústria da construção, cuja síntese se encontra a seguir:

1. visualização em 3D do que está sendo projetado.

2. ensaio da obra no computador: o caso de uso chamado “Planejamento ou Sequenciamento 4D” permite que se estudem todas as etapas e atividades previstas para a execução de uma obra. Com a plataforma BIM, pode-se realizar a Construção Virtual, que permite ensaiar uma obra no computador, antes do início da construção real, no endereço da obra.
3. extração automática das quantidades de um projeto: garante consistência, precisão e agilidade de acesso às informações das quantidades, que poderão ser divididas e organizadas de acordo com as fases definidas no planejamento e na programação de execução dos serviços. Algumas soluções possibilitam que os objetos constituintes de um modelo BIM sejam associados com as atividades de um cronograma, permitindo que o controle da execução da obra também seja realizado com base nos modelos.
4. realização de simulações e ensaios virtuais: simulações do comportamento e do desempenho de edifícios e instalações ou partes e sistemas componentes são funcionalidades novas, que não podiam ser executadas antes, com a utilização de processos baseados apenas em documentos.
5. identificação automática de interferências: os *softwares* BIM localizam automaticamente as interferências (geométricas e funcionais) entre os objetos que compõem um modelo. Esta funcionalidade é conhecida como “*clash detection*”. Os relatórios das interferências localizadas em um modelo BIM podem ser extraídos automaticamente e compartilhados com as equipes responsáveis por cada uma das diferentes disciplinas.
6. geração de documentos mais consistentes e íntegros: no BIM os objetos são paramétricos e inteligentes, contêm informações sobre si próprios, sobre o seu relacionamento com outros objetos, e também com o seu entorno ou ambiente no qual estão inseridos.
7. capacitação de empresas para executarem construções complexas: o BIM pode ajudar nos casos em que a complexidade trata de logística, ao se requerer o cumprimento de prazos desafiadores ou mesmo a coordenação simultânea de diversas frentes de obras.

8. viabilização e intensificação do uso da industrialização: no BIM a coordenação geométrica de componentes pode ser verificada automaticamente por *softwares*, eliminando potenciais erros e interferências.

9. complemento do uso de outras tecnologias: o uso de '*laser scanning*' tem sido cada vez mais comum e frequente, e as técnicas de captura da realidade estarão presentes em diversas etapas de uma construção. Nuvens de pontos geradas pelos escaneamentos a laser são lidas e trabalhadas por *softwares* BIM, para a identificação e separação dos seus subsistemas constituintes e, a partir daí, para permitir que sejam projetadas modificações ou ampliações.

10. preparo das empresas para um cenário futuro: em países onde a adoção BIM já é mais madura e abrangente, uma pesquisa realizada em 2013 pela *McGraw Hill Constructions* apontou como um dos principais benefícios percebidos por empresas a melhoria das suas imagens no mercado, como evidência concreta de liderança e inovação. No Brasil, algumas das principais iniciativas têm sido tomadas por bancos e agências públicas, como o Banco do Brasil, a Caixa Econômica Federal e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT).

11. análises de construtibilidade: em construções complexas e partes de edificações podem existir regiões com grande concentração de diferentes subsistemas. Para essas partes não basta que se resolvam os conflitos físicos (coordenação geométrica), é preciso também estudar a sequência da montagem por, em geral, ser vital para viabilizar a construção. Esta é a definição de 'construtibilidade'. Existe uma sequência ótima de montagem para qualquer conjunto de instalações ou edificação. Combinando recursos BIM, como a construção virtual (*Virtual Design & Construction*), a identificação automática de interferências (*clash detection*) e o planejamento 4D, podem-se realizar simulações e análises da construtibilidade com alto nível de confiança e precisão.

12. desenvolvimento de maquetes eletrônicas: a partir dos modelos BIM de uma edificação é possível gerar imagens renderizadas com alta qualidade e definição. Por meio de recursos de sombreamento, iluminação, inserção em contexto são criadas maquetes eletrônicas que podem ser utilizadas tanto no

estande de vendas de um empreendimento quanto em seu material publicitário e promocional.

13. registro e controle visual de diferentes versões dos modelos: Especialmente nos casos de projetos complexos ou em que diferentes equipes desenvolvem simultaneamente um mesmo projeto, a identificação e o controle das diferentes versões dos documentos podem ser bastante confusos e desafiadores. No entanto, a maioria das soluções BIM oferece recursos que possibilitam a identificação fácil e intuitiva das diferentes versões de um modelo, utilizando um código de cores para identificar partes e componentes que tenham sido modificadas, incluídas ou excluídas.

14. verificação das condições de acesso para manutenção e *Human Factor Engineering* (HFE): recursos BIM podem viabilizar a coordenação de projetos sob a ótica da garantia de acesso para futuras atividades de manutenção, este recurso é denominado HFE. Levam-se em conta a escala e as medidas do ser humano, que precisará acessar áreas das instalações e, numa condição ideal, realizar tarefas com condições mínimas de segurança, evitando a agressão a sua saúde e a sua integridade física.

15. coordenação e controle de contratados: soluções BIM possibilitam o agrupamento de componentes de um modelo, para o qual se podem definir atributos comuns, por exemplo, o nome de uma empresa. A lista de atividades, considerando suas precedências e inter-relações de dependência e prioridade, quantidades e durações, podem então ser programadas e controladas, com a facilidade da visualização no modelo, dos componentes que correspondem a cada uma delas.

16. rastreamento e controle de componentes: pode-se utilizar um modelo BIM para rastrear e controlar componentes de uma edificação ou instalação em construção. Uma vez que diferentes atributos tenham sido associados aos componentes, a solução BIM possibilita a visualização de apenas um dos grupos e a extração de relatórios organizados, por exemplo, por datas. As informações podem ser utilizadas para a gestão ativa de todo o processo de pré-fabricação, armazenamento, montagem, controle de qualidade e liberação de medições para pagamento.

17. fabricação digital: informações de componentes de um modelo BIM podem ser extraídas e utilizadas diretamente em equipamentos de fabricação automática – máquinas com controle numérico computadorizado (CNC).

Além dos benefícios citados, é grande a quantidade de dados que podem ser adicionados em um projeto. Além da geometria podem ser incluídas informações sobre o cronograma de atividades, relações de custo, gerenciamento de instalações e manutenção. O uso do BIM torna possível que todos os dados relativos ao projeto sejam combinados em um único banco de dados, caracterizando a modelagem nD (SAKAMORI, 2015).

LOPES (2017) buscou apresentar perspectivas para uma metodologia de implantação de BIM compatível com a indústria da construção civil nacional. Os resultados são uma compilação de reais ganhos e impasses da adoção de BIM particularmente no Brasil e perspectivas para uma metodologia nacional de implantação de BIM pautada em pessoas, processos e tecnologia. Os benefícios ou ganhos foram sintetizados com relação ao alcance global e nacional, a saber:

#### **a) Ganhos globais na adoção do BIM**

1. estudos de viabilidade podem ser realizados com maior assertividade;
2. análises inúmeras de *performance* e desempenho podem ser realizadas a qualquer momento do desenvolvimento dos modelos;
3. visualização 3D durante qualquer fase do processo;
4. maior acurácia no desenvolvimento de desenhos 2D;
5. redução de erros e duplicações;
6. desenvolvimento colaborativo de projetos entre as diversas disciplinas envolvidas;
7. compatibilização de interferências a qualquer momento;
8. quantitativos, tabelas e levantamentos de custos podem ser extraídos dos modelos BIM a qualquer momento;
9. maior facilidade para o alcance de sustentabilidade na construção;
10. construção pensada em todo o seu ciclo de vida;
11. planejamento de execução de obra mais preciso (4D);
12. redução de tempos e custos.

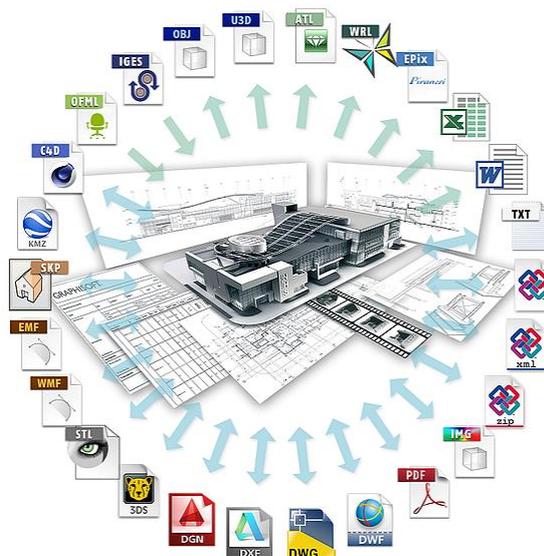
## **b) Ganhos nacionais na adoção de BIM**

1. possibilidade de visualização e geração de desenhos com diferentes graus de complexidade;
2. maior compreensão das instalações prediais e soluções antecipadas de interferências;
3. redução de revisões de projetos em função de compatibilizações tardias;
4. redução de soluções autônomas no canteiro de obras por erros de projeto;
5. Diminuição no tempo gasto e de erros humanos para levantamento de materiais;
6. redução significativa do tempo gasto em desenhos isométricos em projetos;
7. novos desenhos e ilustrações 3D podem ser incorporados aos projetos a partir de extração automática dos modelos BIM;
8. utilização modelo BIM para desenvolvimento da obra.

Adicionalmente, a tecnologia BIM oferece a interoperabilidade, a qual, segundo Sakamori (2015), pode ser definida como a capacidade de dois ou mais sistemas trocar informações e utilizar as informações que foram trocadas. Tal recurso elimina a necessidade de reproduzir dados previamente criados e facilita o fluxo de informações e automação de processos (Eastman *et al.*, 2008).

A interoperabilidade é um recurso que permite que *softwares* de diferentes fabricantes possam trocar informações entre si usando uma linguagem comum e aberta (Figura 4). Rodrigues *et al.* (2017, p. 228) afirmam que a interoperabilidade “permite, inevitavelmente, que os envolvidos projetem de forma compatibilizada, eliminando interferências indesejadas no projeto, como uma tubulação passando em uma viga.”

**Figura 4: Arquivos para interoperabilidade BIM**



Fonte: DARÓS (2019).

Ainda, conforme Silva (2017, p. 25):

o desenvolvimento de um projeto de edificações é um processo colaborativo que envolve um conjunto de especialistas de várias disciplinas e que precisam interagir na troca de informações. Para cada disciplina, a evolução tecnológica proveu *softwares* específicos às suas necessidades, que precisam interagir para a troca de dados, ainda que sejam produzidos por diferentes fabricantes, e com distinto formato proprietário. Nesse contexto, surge o conceito da interoperabilidade.

Al-Ashmori *et al.* (2020) investigaram a influência dos benefícios do BIM em relação às partes interessadas em construção da Malásia sobre a implementação da tecnologia. Os resultados revelaram que a difusão das empresas de construção da Malásia para a implementação do BIM é muito baixa. A partir da análise descritiva, sete benefícios foram identificados como significativos: aumento da produtividade e eficiência, avaliação do tempo e custo associados à mudança de projeto, eliminação de conflitos de projeto, melhoria da comunicação entre as partes e manutenção da comunicação sincronizada, integração de planejamento de construção, identificação de conflitos com base no tempo e monitoramento e rastreamento do progresso durante a construção.

### **3.5- Obstáculos ao uso do BIM**

Por tratar de nova tecnologia é natural haver obstáculos a serem superados para a adoção do BIM. Consonante a Ahuja, Anil e Mohammed (2017), a

incapacidade de identificar recursos BIM cruciais foi uma das principais barreiras à implementação do BIM e explica sua lenta adoção na Índia.

De acordo com CBIC (2017), são fatores que dificultam a implantação do BIM no Brasil:

1. inércia e resistência às mudanças: a migração BIM envolve mudança para as empresas e organizações, o que leva a exigir, além de esforço especial de planejamento e gestão, inspiração motivadora.
2. dificuldade de entendimento e compreensão da tecnologia e seus reais benefícios: uma impressão equivocada, mas bastante disseminada é que o BIM seria um 'substituto do CAD', quando é, na verdade, uma inovação tecnológica mais profunda, pois altera radicalmente todo o processo de projeto, desde a concepção até o gerenciamento do empreendimento.
3. barreiras culturais e particularidades do ambiente brasileiro: relacionados à falta de valorização do planejamento de empreendimentos; indisponibilidade de profissionais suficientemente capacitados em BIM no mercado brasileiro; crença em soluções 'rápidas e baratas'; necessidade de investimento, capacitação e remuneração; adoção de indefinição de projetos; erros e desperdícios incorporados aos orçamentos, historicamente, aceitos pela indústria; desinteresse por trabalho colaborativo; falta de incorporação na cultura da indústria da construção civil, a utilização da Tecnologia da Informação (TI); descrença na tecnologia; dificuldades em universidades brasileiras proverem mudanças nas grades curriculares; presença de personagens no mercado que denigrem iniciativas inovadoras e risco de perder profissionais após o investimento e o esforço do treinamento e da capacitação. Além disso, o momento de crise, estagnação e incertezas na economia brasileira tem inibido iniciativas de inovação nas empresas.
4. especificidades e aspectos intrínsecos ao BIM: necessidade de esforço, aprendizado e investimento; dificuldade em calcular e comprovar o retorno sobre o investimento (ROI) no BIM e dificuldade em mensurar os principais benefícios do BIM, o aumento da precisão dos projetos e do planejamento.

Consoante ao descrito, LOPES (2017) identificou impasses no que tange a adoção do BIM em âmbito global e nacional, quais sejam:

### **a) Impasses globais na adoção de BIM**

1. necessidade de gestão efetiva dos sistemas de colaboração interdisciplinar;
2. falta de dados em modelos para o planejamento de execução de obras ou extração de listas de materiais detalhadas;
3. novas demandas e resguardos contratuais precisam ser incorporados a fim de garantir os direitos e as responsabilidades dos envolvidos;
4. treinamento de pessoas para novos processos, novas ferramentas, tecnologias e fluxos de trabalho;
5. compreensão suficiente de BIM pelos responsáveis em implantá-lo;
6. compra de *softwares*, *hardware* e tecnologia;
7. definição dos responsáveis pelos dados do modelo e subcontratados.

### **b) Impasses nacionais na adoção de BIM**

1. custo das licenças de *softwares* BIM é mais alto que as licenças de *softwares* CAD;
2. *softwares* não estão adaptados aos padrões de cálculos e normas;
3. *softwares* não estão adaptados a representação gráfica comumente praticada no Brasil;
4. necessidade de intervenção de profissional de TI ou um *BIM Manager* experiente para adaptações nas plataformas;
5. necessidade de semi-automatismos ao invés de automatismos plenos;
6. treinamentos padrões de *software* não são suficientes tendo em vista adaptações específicas por cada empresa para superar limitações ao mercado brasileiro;
7. elevados custos com aquisição de *hardwares* para a plena operação da empresa em BIM;
8. falta de regulamentação e orientação acerca de mudanças nas contratações trazidas pelo uso do BIM no Brasil;

9. necessidade de incorporação do BIM nos cursos de arquitetura e engenharia para a formação de profissionais que compreendam BIM de maneira gerencial e prática.

## 4. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa contempla uma análise exploratória que visa identificar os benefícios do BIM e obstáculos à implementação da tecnologia, por meio da elaboração de um questionário voltado a empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção (EAC) que tenham sede em Minas Gerais, sobretudo, na capital Belo Horizonte.

Assim, as atividades desenvolvidas na pesquisa foram: (1) Revisão bibliográfica; (2) Definição de questionário; (3) Envio de questionário para empresas EAC; (4) Análise e tratamento das respostas recebidas; (5) Conclusões.

### 4.1- Metodologia de obtenção dos dados

A metodologia proposta para coleta de dados abrange pesquisa por questionário voltado para empresas EAC.

Analisaram-se os dados descritivamente, de forma qualitativa. Gráficos e quadros resultaram do questionário respondido. Da análise das respostas foi possível estabelecer características e visualizar suas principais ocorrências.

A premissa inicial da pesquisa foi enviar o questionário por meio de correio eletrônico, para ser respondido on-line por profissionais de empresas EAC com o intuito de se conhecer o estado de desenvolvimento da tecnologia BIM. Todavia, o número de profissionais que não se manifestou em responder ao questionário foi elevado. Optou-se, então, por ampliar a forma de coleta de informações por meio de correspondências eletrônicas individualizadas, ligações telefônicas e disponibilização do caminho de acesso ao questionário por aplicativo de mensagens.

### 4.2- Coleta de dados

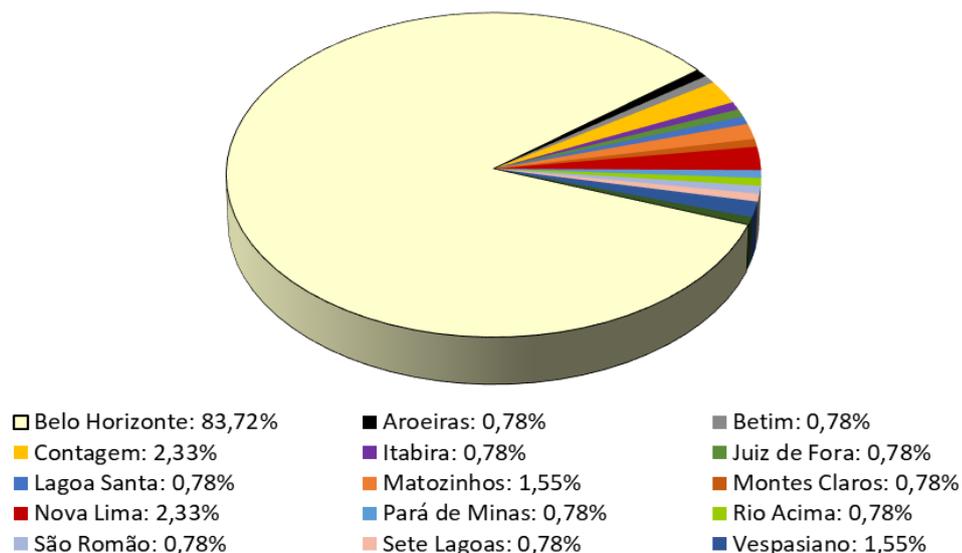
Para levantamento de dados foi elaborado o questionário apresentado no **Apêndice A**, por meio do aplicativo *Google Forms* (recurso de gerenciamento de pesquisas que permite o envio do questionário por correio eletrônico e o compartilhamento do endereço de acesso aos destinatários). O uso desse meio permitiu que as informações coletadas fossem transmitidas automaticamente ao autor.

O questionário foi planejado, com base no trabalho de Stehling (2012), para ser preenchido em três minutos. É composto por seis questões que associam dados sobre a área de atuação da empresa pesquisada acerca de conhecimento sobre BIM, programas de computador empregados, vantagens de uso da tecnologia e dificuldades enfrentadas no processo de implementação.

Com o intuito de minimizar eventual resistência ao preenchimento do questionário, para simplificar e promover agilidade na coleta de dados, não foi requerido o preenchimento do correio eletrônico de cada participante. Isso gerou a limitação de não permitir identificar quem tenha respondido à pesquisa, entretanto, foi uma forma de preservar a confidencialidade dos dados. Apesar de tal fato, a segunda pergunta do questionário possibilitou associar o ramo de atividade das empresas participantes a cada formulário respondido.

As empresas consultadas se restringiram às que tem sede ou filial no estado de Minas Gerais, tendo o maior número de envio do questionário para empresas localizadas no município de Belo Horizonte (83,72%) e o restante em outros municípios do estado (16,28%), a saber: Aroeiras, Betim, Contagem, Itabira, Juiz de fora, Lagoa Santa, Matozinhos, Montes Claros, Nova Lima, Pará de Minas, Rio Acima, São Romão, Sete Lagoas, Vespasiano e Viçosa (Figura 5).

**Figura 5: Percentual de empresas consultadas**



**Fonte:** Arquivo pessoal.

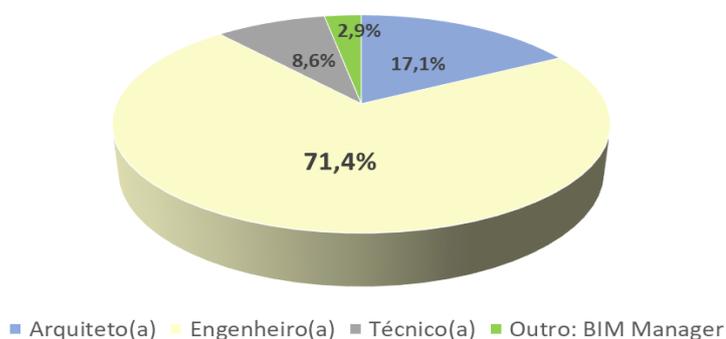
Inicialmente, o questionário foi enviado por correio eletrônico no qual foram consultadas empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção (EAC) do estado de Minas Gerais. Porém, diante da carência de número de questionário respondido foram necessários usos de correspondências eletrônicas individualizadas por destinatários, ligações telefônicas e aplicativo de mensagens, de modo a incentivar o preenchimento.

A coleta de dados iniciou-se em 09/11/22 e finalizou em 09/12/22. O questionário foi enviado para contatos de empresas de EAC e foram obtidas 35 respostas. Os resultados do questionário foram tratados e são apresentados no **Apêndice B**.

## 5- RESULTADOS

A questão 1 buscou identificar a qualificação do profissional da empresa pesquisada. De acordo com as informações recebidas, as empresas foram representadas por Arquitetos, Engenheiros, Técnicos e outros profissionais, entre eles um *BIM Manager*. Conforme Figura 6, o número de profissionais engenheiros que responderam o questionário foi de 71,4% entre o total de empresas consultadas.

**Figura 6: Percentual de profissionais consultados**



**Fonte:** Arquivo pessoal.

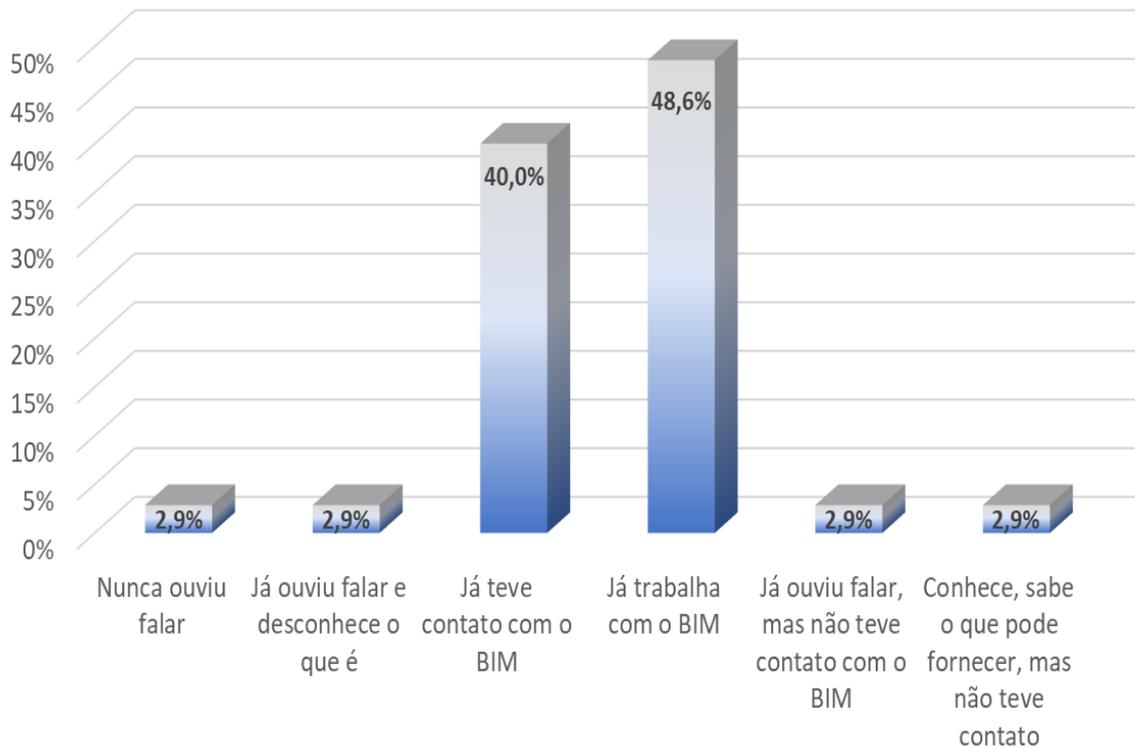
No que concerne a questão 2, sobre a área de atuação das empresas, a pesquisa contemplou diferentes áreas, listadas no **Quadro 1**, tendo a maior ocorrência empresas que atuam na área de projetos.

**Quadro 1:** Área de atuação das empresas que responderam ao questionário

1	Projetos e ensaios estruturais	19	Elaboração de projetos
2	Obras civis	20	Consultoria de projetos
3	Coordenadora de projetos	21	Construção civil
4	Técnico em edificações	22	Estruturas metálicas
5	Engenharia Geotécnica	23	Engenharia
6	Construção predial	24	BIM
7	Engenharia de projetos e consultoria em estruturas e fundações	25	Projetos industriais
8	Construção Civil	26	Coordenação de projetos
9	Planejamento	27	Construção Civil
10	Projetos Industriais e Mineração	28	Gerenciamento de projetos
11	Mobilidade Urbana	29	Projetos e obras
12	Projetos viários	30	BIM
13	Topografia/Infraestrutura	31	Projetos de Infraestrutura
14	Estudo e Projetos de Infraestrutura	32	Engenheiro Estruturas
15	Projetos de Infraestrutura	33	Logística e projetos
16	Projetos viários	34	Elaboração de projetos
17	Consultoria de projetos	35	Construção pesada
18	Desenvolvimento e gerenciamento de projetos		

A questão 3 tratou de familiaridade das empresas com o BIM. Conforme respostas recebidas, 40,0% das empresas “já tiveram contato com o BIM” e 48,6% “já trabalham com o BIM” (Figura 7).

**Figura 7: Familiaridade das empresas com o BIM**

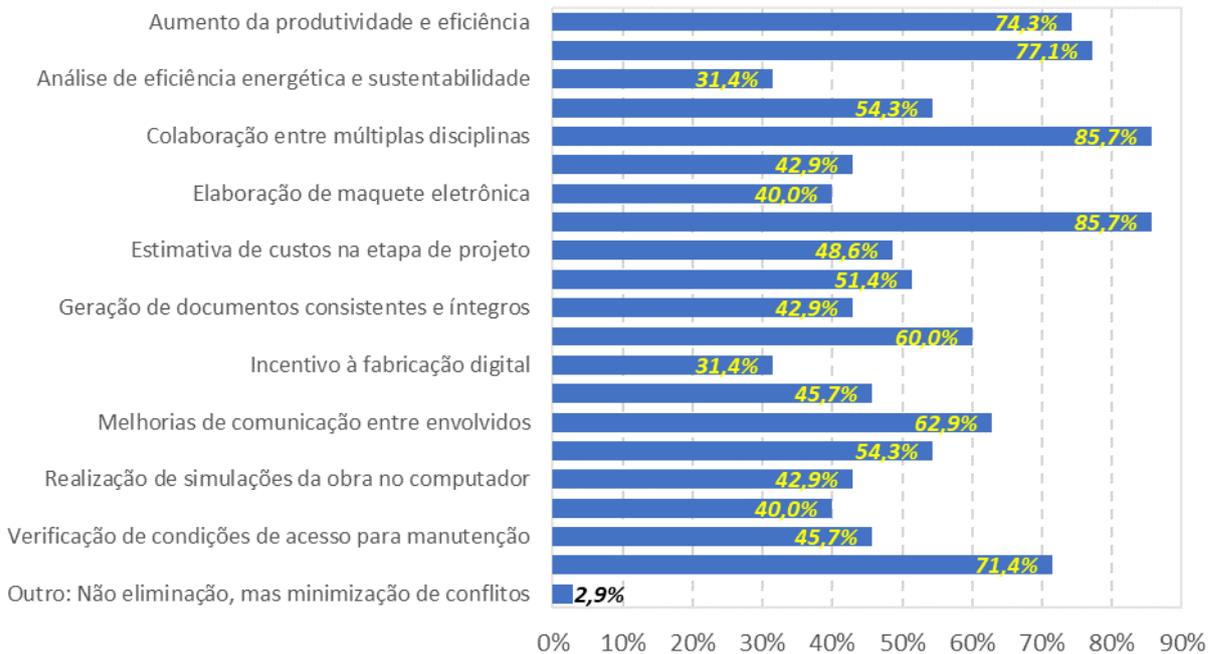


**Fonte:** Arquivo pessoal.

Complementar ao citado, no **Anexo A** é apresentado o resultado de uma pesquisa nacional realizada pelo Sienge (2020), programa de gestão especializado na indústria da construção civil da *Softplan*, empresa de tecnologia voltada para soluções em *softwares* para diversos segmentos. De acordo com tal pesquisa, no ano de 2020 o total de 38,4% das empresas já utilizavam a metodologia BIM, concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Em especial, no estado de Minas Gerais, de 64 empresas pesquisadas, 26 utilizavam o BIM, o que corresponde a 40,62%.

Ao se comparar o percentual de empresas que já utilizavam o BIM em 2020 em Minas Gerais (40,62%) com o percentual de empresas que já tiveram contato com o BIM (40,0%) ou já trabalham com o BIM em 2022 (48,6%), observa-se que a diferença obtida entre elas é de **-0,62%** e **7,98%**, respectivamente. Isso leva a inferir que a adoção do BIM no estado tem sido lenta entre 2020 e 2022, embora quase

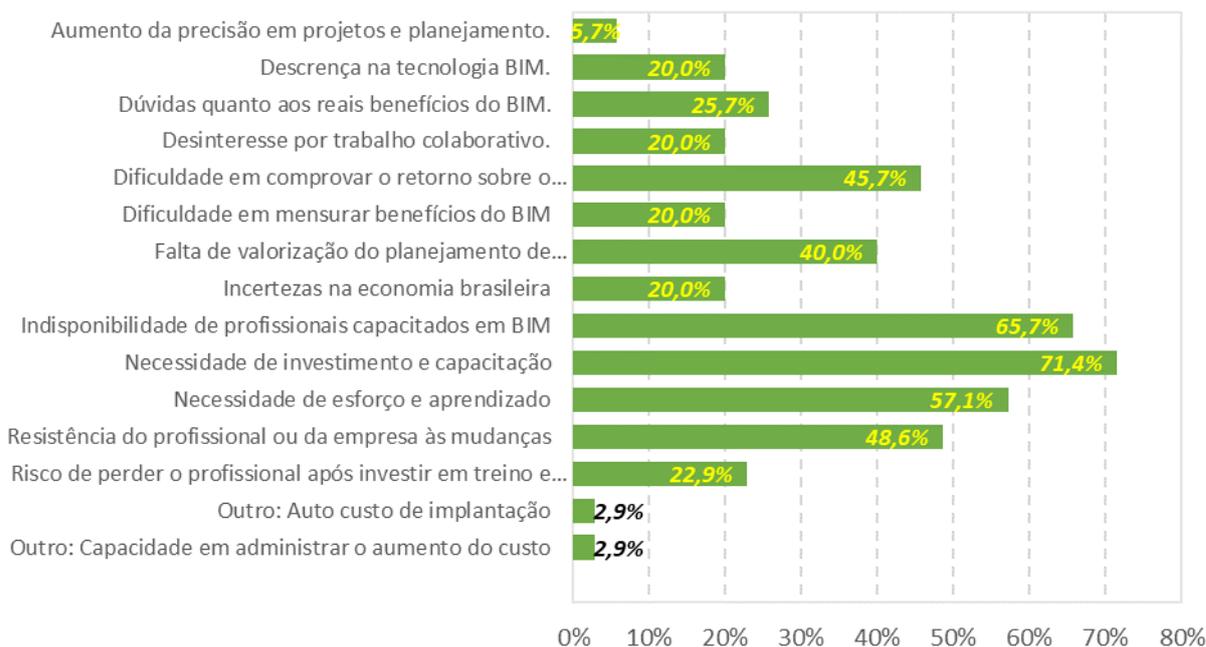


**Figura 8: Vantagens do BIM a projetos**

**Fonte:** Arquivo pessoal.

A questão 6 visou levantar as dificuldades em adotar o BIM. De acordo com as respostas constantes no **Apêndice B**, detalhadas na Figura 9, tais barreiras estão ligadas a “necessidade de investimento e capacitação”, assim como devido a “indisponibilidade de profissionais capacitados em BIM”, equivalentes a 71,4% e 65,7%, respectivamente. Entre outros motivos de maior ocorrência citados pelos participantes estão “necessidade de esforço e aprendizado”, “resistência do profissional ou da empresa às mudanças” e “dificuldade de comprovar o retorno sobre o investimento no BIM”, correspondentes a 57,1%, 48,6% e 45,7%, respectivamente.

**Figura 9: Dificuldades em adotar o BIM**



**Fonte:** Arquivo pessoal.

### 5.1- Análise dos resultados

Os resultados obtidos foram tratados e se encontram no **Apêndice B**. Segundo as informações apresentadas, a maioria dos profissionais que responderam a pesquisa foram engenheiros e a maioria das empresas consultadas correspondem às que exercem atividade na área de projetos.

A pesquisa identificou que, em geral, grande parte das empresas já tiveram contato com o BIM ou já trabalham com tal tecnologia, sendo *Revit* o programa de computador mais utilizado para se projetar, seguido por *AutoCAD* e *Civil 3D*, todos do fabricante *Autodesk*.

Também a pesquisa apontou que, de acordo com as empresas consultadas, as maiores vantagens de uso da tecnologia BIM estão relacionadas à colaboração entre múltiplas disciplinas e a eliminação de conflitos em projetos. Ainda foram apontados como pontos positivos o aumento de qualidade, da produtividade e eficiência, bem como a visualização 3D antecipada e precisa do projeto. Somado a isso, de acordo com Stehling (2012) a redução de erros de projeto foi o benefício mais significativo reportado e o quesito referente a simulações (tempo de construção, eficiência energética, conforto térmico, incêndios, entre outros) recebeu

baixa importância, o que é uma consequência da pouca interoperabilidade entre os *softwares*.

Por outro lado, as dificuldades das empresas em adotar o BIM estão relacionadas à necessidade de investimento e capacitação, bem como a indisponibilidade de profissionais capacitados em atuar com essa tecnologia. Nesse quesito, Stehling (2012) complementa que para a empresa tem sido melhor treinar do que pagar por profissional já treinado. Nesse caso, empresas criaram um sistema de treinamento permanente de projetistas na utilização dos *softwares*, concluindo que, embora percam muitos funcionários para um mercado de trabalho ávido por especialistas no BIM, o treinamento é um investimento menor do que buscar um profissional pronto no mercado.

Acrescenta-se que a indisponibilidade de profissionais capacitados em atuar com o BIM apontada pelas empresas EAC consultadas, pode ser atribuída a necessidade de implantação do BIM aos cursos de graduação e profissionalizantes. Muitas grades curriculares limitam-se ao CAD, ou apenas introduzem o aluno ao paradigma BIM, todavia, há necessidade de aprofundar o ensino da tecnologia BIM na formação de arquitetos, engenheiros e técnicos, visando modernização do meio técnico científico e consequente aprimoração das empresas EAC brasileiras.

## 6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos procedimentos anteriormente descritos foram identificadas significativas vantagens de emprego do conceito BIM em comparação ao tradicional método de desenvolvimento de projetos via CAD. De acordo com as empresas EAC consultadas, a colaboração entre múltiplas disciplinas e a eliminação de conflitos em projetos corresponderam a 85,7% de ocorrência. Outros benefícios apontados foram o aumento de qualidade, o aumento de produtividade e eficiência, bem como a visualização 3D antecipada e precisa do projeto, os quais corresponderam 77,1%, 74,3% e 71,4%, respectivamente.

Adicionalmente, foram identificadas as principais limitações à implantação do BIM, relacionadas a necessidade de investimento e capacitação (71,4%), assim como devido a indisponibilidade de profissionais capacitados em BIM (65,7%). Isso demonstra a necessidade de especial atenção por parte de autoridades que almejam maior alcance e disseminação do BIM, sobretudo, o Comitê Gestor da Estratégia do BIM, de modo a permitir foco em viabilidade de recursos e capacitação que favoreçam acesso ao BIM a maior número de empresas de Engenharia, Arquitetura e Construção.

Os resultados apresentados esclarecem também que a adoção do BIM no estado de Minas Gerais, principalmente, na capital Belo Horizonte, tem sido lenta, embora quase metade das empresas consultadas já utilizem tal tecnologia. Tal fato reforça a necessidade de ampliar a divulgação dos benefícios do emprego do BIM, de modo a favorecer a aceleração de sua implantação, despertar interesses e reduzir obstáculos.

Face aos benefícios apontados, o BIM tem se mostrado uma importante ferramenta de trabalho a qual tem ganhado força para aplicação no Brasil, portanto, como objetivo inicial deste trabalho, salienta-se que divulgar os seus benefícios pode ser promissor e de grande incentivo para acelerar sua aplicação em projetos e em obras, instrumentos singulares, essenciais e indispensáveis ao desenvolvimento do Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, R.; ANIL, S.; MOHAMMED, A. *Prioritizing BIM capabilities of an organization: an interpretive structural modeling analysis*. **Procedia Engineering**. Science Direct. v. 196, p.2-10, 2017.

AL-ASHMORI, Y. Y. *et al.* *BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia*. **Ain Shams Engineering Journal**. Science Direct. v.11, n. 4, p.1013-1019, 2020.

AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM – Building Information Modeling na direção técnica de obras**, 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção). Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2009.

BIBLUS. **As dimensões do BIM: um jeito intuitivo de mapear os diferentes dados de informação em um projeto baseado em BIM**. 2018. Disponível em: <<https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>>. Acesso em 11 fev. 2023.

BRASIL. Secretaria Geral. **Decreto 9.983 de 22 de agosto de 2019**: Dispõe sobre a estratégia nacional de disseminação do *Building Information Modelling* e institui o comitê gestor da estratégia do *Building Information Modelling*. Diário Oficial da União, Brasília, Edição 163, Seção 1, p. 2, maio 2018. Atos do Poder Executivo. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2019.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Fundamentos BIM – v.1-5**: Coletânea Implantação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília, DF, 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **10 motivos para evoluir com o BIM**, 2.ed. Brasília, DF, 2017. 28p.

DARÓS, José. **O que é Interoperabilidade?** 2019. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/interoperabilidade>>. Acesso em: 29 jan. 2023.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre. Bookman, 2014. (483p.)

LOPES, R. F. **Perspectivas para o desenvolvimento de uma metodologia brasileira para o BIM: estudo de caso**. 2017. 123f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e urbanismo) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2017.

MIRANDA, A. C. O; MATOS, C. R. **Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas**. Revista TCU 133. p. 22-31, 2015

RODRIGUES, K. C. *et al.* **Mapeamento sistemático de referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil.** REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia, v.13, n.1, p.219-239, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5216/reec.v13i1.45014>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

RUSCHEL, R. C. *et al.* **O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil.** REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia, v.7, n.3, p. 36-54, 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/27487/15732>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM) - Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil.** 2015. 178f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2015.

SIENGE. **Mapeamento de Maturidade BIM Brasil.** 2020. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/relatorio-mapeamento-de-maturidade-bim/>>. Acesso em: 06 Dez. 2022.

SILVA, F.P.A. **Verificação automática dos requisitos de projetos da norma de desempenho pela plataforma BIM Solibri Model Checker.** 161f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Escola de Engenharia, UFMG. 2017.

STEHLING, M.P. **A utilização de modelagem da informação da construção em empresas de arquitetura e engenharia de Belo Horizonte.** 165f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Escola de Engenharia, UFMG. 2012.

SUCCAR, B. *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders.* **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

## APÊNDICE A – Questionário sobre BIM (parte 1/2)

### Questionário sobre BIM (*Building Information Modeling*) a empresas de Arquitetura e Engenharia

Pesquisa elaborada para o Programa de Pós-graduação do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG. Autor: Everaldo Vidigal Rodrigues. Orientação: Dra. Danielle Meireles de Oliveira.

Os dados coletados serão tratados de forma confidencial.

\*Obrigatório

1. **1- Qualificação profissional:** \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Arquiteto(a)
- Engenheiro(a)
- Técnico(a)
- Outro: \_\_\_\_\_

2. **2- Área de atuação da empresa:** \*

\_\_\_\_\_

3. **3- Qual a familiaridade da empresa com o BIM?** \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Nunca ouviu falar.
- Já ouviu falar, mas desconhece o que é.
- Já teve contato com o BIM.
- Já trabalha com o BIM.
- Outro: \_\_\_\_\_

4. **4- Quais softwares a empresa utiliza para projeto?** \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Active3D
- Allplan
- ArchiCAD
- DDS-CAD
- Digital Project
- DProfiler
- MicroStation
- Revit
- SketchUp
- Solibri
- Tekla Structures
- Vectorworks
- Outro: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE A – Questionário sobre BIM (parte 2/2)

### 5. 5- Em sua opinião, quais vantagens o BIM pode proporcionar para projetos? \*

Marque todas que se aplicam.

- Aumento da produtividade e eficiência.
- Aumento de qualidade.
- Análise de eficiência energética e sustentabilidade.
- Capacitação para construções complexas.
- Colaboração entre múltiplas disciplinas.
- Correções automáticas após mudanças no projeto.
- Elaboração de maquete eletrônica.
- Eliminação de conflitos em projetos.
- Estimativa de custos na etapa de projeto.
- Extração automática de quantidades.
- Geração de documentos consistentes e íntegros.
- Identificação de interferências geométricas e funcionais.
- Incentivo à fabricação digital.
- Interação entre cronograma, logística e manutenção.
- Melhorias de comunicação entre envolvidos.
- Preparo da empresa para um cenário futuro.
- Realização de simulações da obra no computador.
- Registro e controle visual de diferentes versões.
- Verificação de condições de acesso para manutenção.
- Visualização 3D antecipada e precisa do projeto.
- Outro: \_\_\_\_\_

### 6. 6- Em sua opinião, quais dificuldades existem em adotar o BIM? \*

Marque todas que se aplicam.

- Aumento da precisão em projetos e planejamento.
- Descrença na tecnologia BIM.
- Dúvidas quanto aos reais benefícios do BIM.
- Desinteresse por trabalho colaborativo.
- Dificuldade em comprovar o retorno sobre o investimento no BIM.
- Dificuldade em mensurar benefícios do BIM.
- Falta de valorização do planejamento de empreendimentos.
- Incertezas na economia brasileira.
- Indisponibilidade de profissionais capacitados em BIM.
- Necessidade de investimento e capacitação.
- Necessidade de esforço e aprendizado.
- Resistência do profissional ou da empresa às mudanças.
- Risco de perder o profissional após investir em treino e capacitação.
- Outro: \_\_\_\_\_



## APÊNDICE B – Síntese de respostas ao questionário sobre BIM (parte 2/2)

Questões	Empresas consultadas																																			% Respostas		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
<b>5- Em sua opinião, quais vantagens o BIM pode proporcionar para projetos?</b>																																						
Aumento da produtividade e eficiência.		x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	74,3%	
Aumento de qualidade.	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	77,1%	
Análise de eficiência energética e sustentabilidade.			x								x		x											x		x										31,4%		
Capacitação para construções complexas.			x					x	x			x	x		x	x		x	x		x			x		x		x	x				x	x	x	54,3%		
Colaboração entre múltiplas disciplinas.	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	85,7%		
Correções automáticas após mudanças no projeto.			x						x	x	x	x	x		x	x									x				x							42,9%		
Elaboração de maquete eletrônica.		x	x						x	x		x			x	x										x	x									40,0%		
Eliminação de conflitos em projetos.	x	x	x			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x						x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	85,7%		
Estimativa de custos na etapa de projeto.		x	x			x						x	x																								48,6%	
Extração automática de quantidades.			x						x		x	x	x		x	x									x	x										51,4%		
Geração de documentos consistentes e íntegros.			x								x	x			x																					42,9%		
Identificação de interferências geométricas e funcionais.			x					x		x		x	x		x	x																					60,0%	
Incentivo à fabricação digital.	x										x																										31,4%	
Interação entre cronograma, logística e manutenção.	x		x					x				x	x																								45,7%	
Melhorias de comunicação entre envolvidos.	x	x	x								x	x	x		x																						62,9%	
Preparo da empresa para um cenário futuro.		x	x					x			x	x	x		x																						54,3%	
Realização de simulações da obra no computador.	x		x								x	x			x																						42,9%	
Registro e controle visual de diferentes versões.											x	x			x																						40,0%	
Verificação de condições de acesso para manutenção.											x	x			x																						45,7%	
Visualização 3D antecipada e precisa do projeto.	x	x	x	x				x			x	x			x																						71,4%	
<b>Outro: Não eliminação de conflito, mas, minimização dos mesmos</b>																																						
<b>6- Em sua opinião, quais dificuldades existem em adotar o BIM?</b>																																						
Aumento da precisão em projetos e planejamento.								x																													5,7%	
Descrença na tecnologia BIM.	x																																				20,0%	
Dúvidas quanto aos reais benefícios do BIM.								x																														25,7%
Desinteresse por trabalho colaborativo.																																						20,0%
Dificuldade em comprovar o retorno sobre o investimento no BIM.	x																																					45,7%
Dificuldade em mensurar benefícios do BIM.																																						20,0%
Falta de valorização do planejamento de empreendimentos.	x																																					40,0%
Incertezas na economia brasileira.	x																																					20,0%
Indisponibilidade de profissionais capacitados em BIM.		x	x																																			65,7%
Necessidade de investimento e capacitação.		x	x																																			71,4%
Necessidade de esforço e aprendizado.		x	x	x																																		57,1%
Resistência do profissional ou da empresa às mudanças.																																						48,6%
Risco de perder o profissional após investir em treino e capacitação.																																						22,9%
<b>Outro: Resultado detalhado em tópico específico.</b>																																						

## ANEXO A – Levantamento Sienge (2020) sobre adoção da metodologia BIM por estado brasileiro

### ADOÇÃO DA METODOLOGIA BIM

Por Estado

