

## Revisão Sistemática: Conceituação do *Building Information Modeling* (BIM) no Gerenciamento de Obras

Daniel Marcos Dal Pozzo<sup>1</sup>, Priscilla Ramallo<sup>1</sup>, Denise Martinhago<sup>3</sup>, Paulo Cesar Tonin<sup>4</sup>, Everton Coimbra de Araújo<sup>5</sup>

**Resumo:** O *Building Information Modeling* (BIM) é um modelo digital de caráter técnico, elaborado por uma equipe multidisciplinar com dados fundamentais para a construção e ciclo de vida dos empreendimentos. Estas informações devem ser acessadas e fomentadas por diversas equipes e incluem especificações construtivas, planejamentos, cronogramas, valores, operacionalização, manutenção e entre outras. A partir da elaboração dos modelos digitais é possível realizar simulações computacionais para realizar a análise das etapas construtivas, com isso, detectar precocemente as possíveis falhas, atrasos e despesas que podem ocorrer durante o processo de construtivo. Este estudo busca demonstrar as práticas correntes do conceito BIM, por meio de uma revisão sistemática das publicações relacionadas ao BIM e ao gerenciamento de obras. Após a definição da *string* de busca e lançamento nas bases de pesquisa, foram selecionados artigos que abordavam o tema. A pesquisa estabeleceu a base conceitual da metodologia BIM e forneceu uma visão ampla das tecnologias aliadas a esta ferramenta.

**Palavras-chave:** *Building Information Modeling*, gerenciamento de obras, BIM 4D

## Systematic review: Building Information Modeling (BIM) conceptuation in construction management

**Abstract:** The Building Information Modeling (BIM) is a digital model of technical character, elaborated by a multidisciplinary team with fundamental data for the construction and life cycle of the enterprises. This information must be accessed and fostered by several teams and includes construction specifications, planning, schedules, values, operationalization, maintenance and among others. From the elaboration of digital models it is possible to perform computer simulations to perform the analysis of the construction stages, thus early detecting possible failures, delays and expenses that may occur during the construction process. This study seeks to demonstrate the current practices of the BIM concept, through a systematic review of publications related to BIM and the management of works. After defining the search string and launching it in the research bases, articles addressing the theme were selected. The research established the conceptual basis of the BIM methodology and provided a broad view of the technologies allied to this tool.

**Key-words:** Building Information Modeling, Civil Works Management, BIM 4D

### 1. Introdução

A Modelagem da Informação da Construção, do Inglês, *Building Information Modeling* (BIM), é o novo conceito quando se trata de projetos para construções. Diferente do desenho usual em 2D, uma mera representação planificada do que será construído, a modelagem com o conceito BIM trabalha com modelos 3D de fácil assimilação fiéis ao produto final.

O setor da construção civil apresenta dificuldades e conflitos relacionados a mão de obra pouco qualificada, atividades em ambiente de risco, falta de conscientização e baixa observância das normas da construção, que são reflexo da falta de tecnologias, práticas avançadas, ferramentas de gerenciamento. Todas estas falhas dificultam a eficiência e análise do processo dinâmico de construção.

A construção é um procedimento abrangente e de longa duração, que se difere em cada etapa e apresenta grande número de atividades. Frequentemente as tarefas são realizadas por trabalhadores de diferentes profissões, usando diferentes máquinas de construção, o que pode gerar conflitos e comprometer a qualidade, segurança e prazo da obra (ZHANG; HU, 2011). O que temos visto nos últimos anos são construtoras de todo o Brasil procurando, na tecnologia e na revisão dos seus processos, diversas formas de melhorar seu produto e desempenho.

Trata-se de um arranjo baseado em modelagem 3D, projetado para integrar e digitalizar informações completas do edifício, de modo a expressar todos seus componentes e relacionamentos. O conceito já existe a cerca de 50 anos, com o desenvolvimento do Método dos Elementos Finitos (MEF). O conceito de BIM também foi adotado pela maioria dos *softwares* de CAD comercial, incluindo a *Autodesk Revit*, a interface do *Bentley Architecture*, *Graphisoft ArchiCAD* (ZHANG; HU, 2011), *SAP 2000*, *Tekla*, *Cype Cad* e Plataforma *Eberick*.

O BIM fornece uma plataforma *online* para os usuários, permitindo-lhes trabalhar de forma integrada em todo o ciclo de vida do processo de entrega do edifício (ZHANG, et al. 2019). Por outro lado, para a plataforma ser eficiente é necessário que os modelos digitais estejam sempre com as informações atualizadas, conforme a evolução das fases construtivas da obra.

Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática referente ao uso do conceito BIM implantado para o gerenciamento da construção civil e de implantação de projetos de engenharia. Neste sentido, argumenta-se a respeito dos seguintes questionamentos: (i) O que é *Building Information Modeling* (BIM); (ii) Quais são as tecnologias envolvidas com o BIM; (iii) Como o BIM está sendo empregado no gerenciamento projetos e construções civis.

## 2. Material e Métodos

O estudo foi realizado com base em um mapeamento sistemático (*Mapping Study*), a fim de obter a visão das publicações que abrangem o conceito BIM. A pesquisa foi elaborada com base na metodologia abordada por Paula et al. (2017). Foram selecionadas as seguintes bases de dados: Portal de Periódicos *Capes*, *Scopus*, *Web of Science*, *Scielo* e *Science Direct*.

Para a busca de conteúdo foram adotadas combinações de palavras-chave como *string*, que caracteriza diretamente o tema, sem o uso de preposições e artigos. A *string* foi utilizada nas fontes de busca em português e inglês, nos seguintes termos: “Gerenciamento + BIM” e “*Management* + BIM”. As buscas foram realizadas no mês de agosto de 2019.

Dentre os artigos pesquisados foram selecionados alguns de modo qualitativo usando o método *snowball sampling*, uma técnica de amostragem não probabilística onde os objetos selecionados acabam por indicar novos objetos participantes.

## 3. Resultados Obtidos

Os resultados da busca foram apresentados na Tabela 01, a qual correlaciona a fonte pesquisada e a quantidade de artigos localizada. O assunto de abordagem geralmente é publicado na forma de capítulos de livros, principalmente no Brasil, por isso foram encontradas muitas poucas fontes em português. O maior volume de resultados foi obtido

nas bases internacionais do *Scopus* e *Science Direct*, entre eles encontram-se muitos trabalhos elaborados na China e Estados Unidos.

RESULTADOS ENCONTRADOS NOS BUSCADORES		
Expressão Chave: Management + BIM (Gerenciamento + BIM)		
Base de dados	Português	Inglês
PORTAL PERIODICOS	21	480
WEB OF SCIENCE	0	34
SCOPUS	0	3470
SCIELO	5	16
SCIENCE DIRECT	0	2537

Tabela 01 – Relação de resultados encontrados nos buscadores.

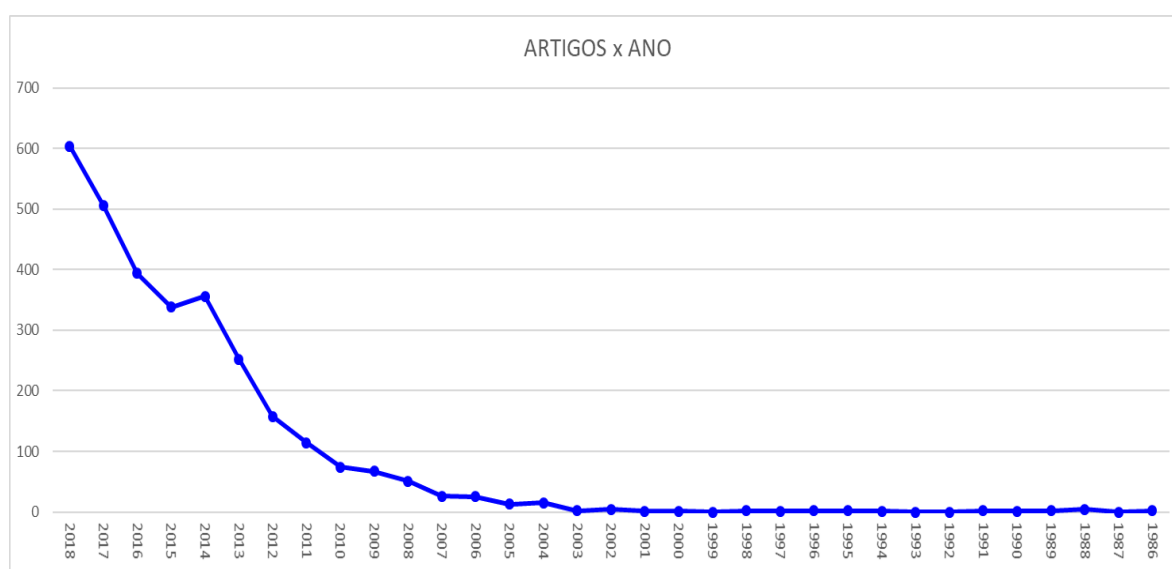


Figura 01 – Histograma das publicações sobre gerenciamento e BIM de 1986 a 2018.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1, as buscas com o termo em português encontraram poucos resultados nas bases de dados nacionais (Portal Periódicos *Capes* e *Scielo*), alguns dos resultados apresentados nos buscadores foram traduções dos títulos de publicações internacionais, portando, apareceram tanto no inglês como no português. Os buscadores internacionais, não encontraram resultados com os termos em português.

A taxa de publicações tende em seguir o desenvolvimento tecnológico do país na área computacional e da construção civil. Os Estados Unidos dominam a lista de publicações, seguidos pela China e Reino Unido, isto se deve ao fato da popularização da inovação que o BIM tem trazido, possibilitando edifícios mais altos e obras mais complexas. (ZHANG et al., 2019), dados confirmados pela análise da Figura 02.

Dentro destas pesquisas foram selecionados 15 artigos para a realização do estudo sistemático, os artigos selecionados estão apresentados na Tabela 02. Entre estes está 1 (um) artigo elaborado por pesquisadores brasileiros publicado na revista *Ambiente Construído*, e 16 (dezesesseis) artigos internacionais, sendo a maior incidência a *Automation in Construction* com 6 (seis) artigos escolhidos, esta revista é especializada em artigos sobre o tema central de estudo sendo a mais correlacionada na pesquisa. Os demais artigos, um total de 8 (oito)

foram obtidos de fontes diversas conforme a Tabela 2. Outra fonte muito pontuda foi a revista *Procedia Engineering*, porém por ser classificada com o *Qualis B1* na Modalidade Interdisciplinar, os artigos foram excluídos da seleção. A evolução dos periódicos pode ser acompanhada na Figura 03.

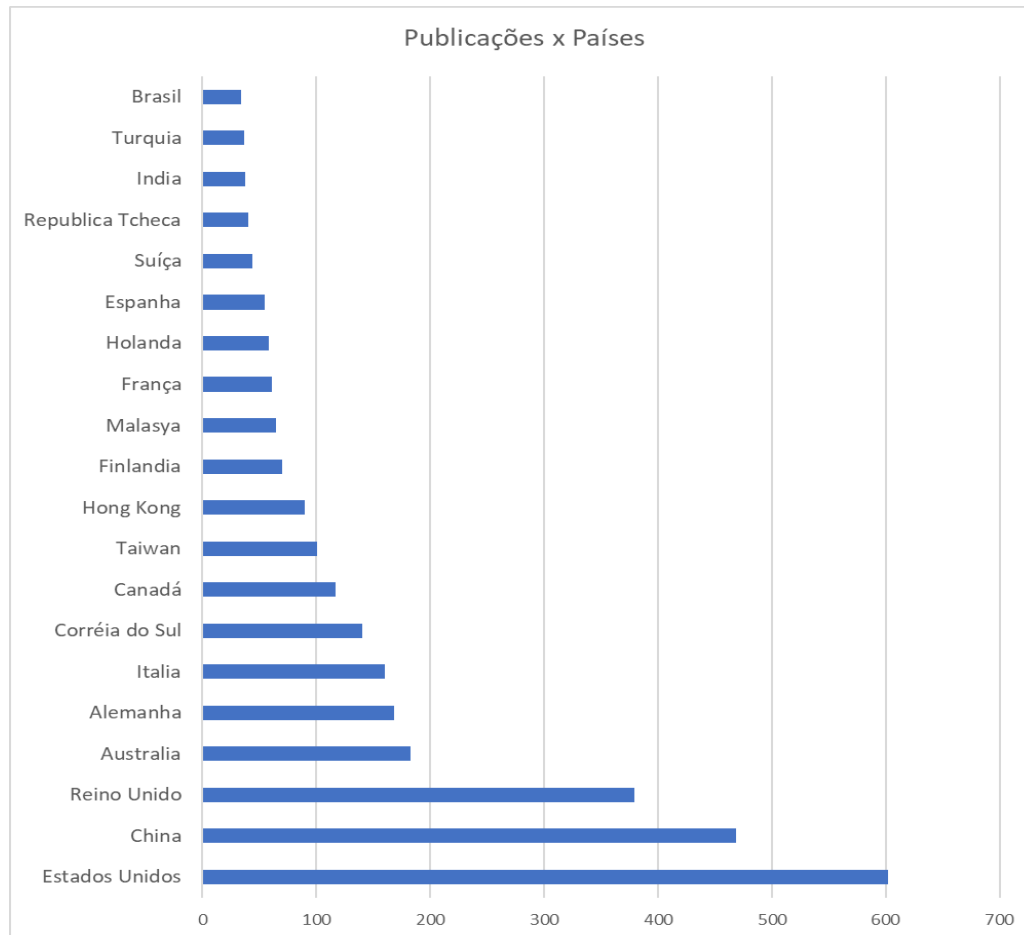


Figura 02 – Relação de publicações por países entre os anos de 1986 a 2018.

Com relação ao período de publicação dos artigos, embora a busca nas fontes de periódicos tenha localizado artigos desde o ano 2001, a seleção ficou restrita a artigos a partir do ano de 2010. sendo selecionados 5 (cinco) artigos do ano corrente deste estudo 2019, 4 (quatro) artigos dos anos 2018 e 2017, e 6 (seis) artigos do ano 2016 a 2010.

### 3.1 Conceitos Do Bim

Nos últimos 50 anos a produtividade na Indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) decaiu, enquanto a produtividade em empresas não relacionadas a atividades agrícolas, cresceu significativamente. A indústria AEC perdeu a oportunidade de se adaptar à revolução digital, no entanto, está em plena mutação. Os grandes investimentos de capital em soluções digitais e o estabelecimento de tecnologias em toda a cadeia de construção, são uma indicação clara das mudanças (HEIGERMOSER et al., 2019).

<i>Nome</i>	<i>Autores</i>	<i>Jornal</i>	<i>Qualis</i>
<b>PORTAL PERIODICOS</b>			
Developing as-built BIM model process management system for general contractors: a case study.	Lin, Lee e Yang (2015)	JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT	A1
<b>WEB OF SCIENCE</b>			
Combined 3d building surveying techniques terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for bim data management purposes	Mill, Alt e Lias (2013)	JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT	A1
<b>SCOPUS</b>			
An Empirical Study on the Acceptance of 4D BIM in EPC Projects in China	Gong et al. (2019)	SUSTAINABILITY (BASEL)	B1
Investigating the Constraints to Building Information Modeling (BIM) Applications for Sustainable Building Projects: A Case of China	Zhang et al. (2019)	SUSTAINABILITY (BASEL)	B1
Design and development of BIM models to support operations and maintenance	Heaton, Parlikad e Schooling (2019)	COMPUTERS IN INDUSTRY	A2
<b>SCIENCE DIRECT</b>			
BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 1. Principles and methodologies	Zhang e Hu (2011)	AUTOMATION IN CONSTRUCTION	A1
Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned	Peterson et al. (2011)	AUTOMATION IN CONSTRUCTION	A1
A BIM-based construction quality management model and its applications	Chen e Luo (2014)	AUTOMATION IN CONSTRUCTION	A1
Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM-lean practice for design error management	Hattab e Hamzeh (2015)	AUTOMATION IN CONSTRUCTION	A1
Developing owner information requirements for BIM-enabled project delivery and asset management	Cavka, Staub-french e Poirier (2017)	AUTOMATION IN CONSTRUCTION	A1
Construction quality management based on a collaborative system using BIM and indoor positioning	Ma et al. (2018)	AUTOMATION IN CONSTRUCTION	A1
Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment	Akinade et al. (2018)	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	A1
BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management	Heigermoser et al. (2019)	AUTOMATION IN CONSTRUCTION	A1
<b>SCIELO</b>			
Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção	Biotto, Formoso e Isatto (2015)	AMBIENTE CONSTRUÍDO (ONLINE)	B1
Método para elaboração de orçamento operacional utilizando um software de autoria BIM.	Fenato et al. (2018)	AMBIENTE CONSTRUÍDO (ONLINE)	B1

Tabela 02 – Relação de artigos selecionados.

O desenvolvimento do BIM fornece a possibilidade para simular o planejamento, projeto, construção e operação das edificações. Os dados gerados estão na forma de um modelo representativo digital do edifício com amplas informações paramentadas e inteligentes a respeito da construção, fornecendo aos mais diversos usuários as mais variadas informações úteis para o desenvolvimento do projeto, tomada de decisões, e minimizar os prazos de entrega (MILL; ALT; LIAS, 2013).

O BIM apresenta as vantagens de melhorar a qualidade da informação, reduzindo os custos de construção, integrando os colaboradores e a gestão de informações, contribuindo para o desenvolvimento sustentável dos projetos de engenharia, e como consequência acelerando o processo de construção (ZHANG, et al. 2019). Sua implementação foi introduzida há quase 20 anos para fornecer um local de armazenamento de informações precisas e dados relevantes

representados em modelos computacionais em três dimensões (3D), e para que estas informações fossem atualizadas, compartilhadas e recuperadas quando necessárias (LIN; LEE; YANG, 2015).

A capacidade do BIM na integração e fornecimento de informações da construção pode melhorar a comunicação entre as diferentes especialidades, por exemplo, projeto de arquitetura, mecânica, elétrica e hidráulica (MEP), e o gerenciamento da construção (GONG, *et al.* 2019). O nível de detalhes adotados no uso do BIM, está ligado ao nível de detalhamento do plano de execução do modelo computacional. A decisão acerca do nível adequado de detalhe deve levar em conta os objetivos dos usuários do modelo, as respostas que se espera que ele forneça e os impactos e benefícios esperados a partir de sua utilização (BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2015).

A transição da representação gráfica 2D à representação digital de uma instalação que contém elementos geométricos e informações não-geométricas do projeto em um formato estruturado, oferece muitos benefícios aos proprietários das edificações durante o seu ciclo de uso. Após a conclusão das construções, os proprietários devem receber o projeto final e os produtos digitais. Entregas BIM claramente definidas entre os parceiros do projeto é um fator importante que contribui para o aumento dos benefícios do BIM. É portanto necessário elaborar processos em BIM com as informações que também possam ser úteis para o uso dos proprietários das edificações, a fim de que estes possam estabelecer uma eficiência posterior das operações e das manutenção das edificações (CAVKA; STAUB-FRENCH; POIRIER, 2017).

### 3.2 Correlação do BIM no Gerenciamento de Obras

A integração entre os programas de BIM e de gerenciamento, é possível devido ao fato de os *softwares* de BIM gerar um arquivo no formato *Industry Foundation Classes* (IFC), este arquivo é composto por vários meta-arquivos de dados, com informações a respeito da geometria, materiais, texturas, localização, tipo de elemento, propriedades técnicas entre outros. (MA *et al.*, 2018). O modelo de uma perspectiva IFC tem três tipos de entidades fundamentais conhecidas como objetos, propriedades e relações. Objetos paramétricos em BIM podem ter atributos geométricas ou não geométricas com informação funcional, semântica ou topológica (CAVKA; STAUB-FRENCH; POIRIER, 2017). Os arquivos IFC que criados, podem ser importados para os cronogramas de construção, usando os arquivos de linguagem em formato extensível de marcação (XML) exportados por *MS Project* (HEIGERMOSER *et al.*, 2019).

Existem diversos modos de aplicação do BIM, para controle e gerenciamento de projetos. A cada diferente aplicação damos o nome de Dimensões (D), em consequência podemos dizer BIM  $nD$ . Temos o conceito do BIM 4D relacionado ao planejamento de obras, o BIM 5D relacionado a gestão de custos, o BIM 6D relacionado a operação e manutenção e assim sucessivamente, conforme o aumento da funcionalidade do modelo computacional.

Uma das realizações do BIM é a ampliação da compreensão do plano de construção através de visualizações 4D. O 4D BIM está sendo evoluído para lidar com a exigência da consideração de tempo e espaço e as relações das atividades de construção (GONG *et al.*, 2019). As informações básicas fornecem para um visualizador e criador, as representações geométricas em 3D. As informações em 4D suporta simulação e gestão da construção. O objetivo é enriquecer as informações básicas dos projetos para diferentes objetivos e aplicações.

Existem 4 níveis de um modelo 4D, o primeiro nível é uma simples combinação de modelo 3D e programações. O segundo as atividades de construção e recursos (trabalho, material, máquinas), e pode ser importado para o nível máximo do modelo. O terceiro nível é uma extensão de entidades do projeto, que também são conectados com programação. No quarto nível, a informação estrutural para análise mecânica e a geração de um modelo estrutural, com dimensões e as condições de carga de cálculos mecânicos de acordo com as atividades de construção, em qualquer ponto de tempo (ZHANG; HU, 2011).

O uso de tecnologia BIM em projetos construtivos tem o potencial de melhorar não só o processo de construção, mas também o processo de controle de qualidade, alterando a forma como os participantes do projeto interagem uns com os outros. No estudo de caso analisado por Chen e Luo (2014), utilizando um modelo computacional em BIM para auxiliar na inspeção, controle, monitoramento e gestão de uma construção civil, observou-se que o BIM é benéfico na preparação de cronogramas, estimativas, rastreamento, gerenciamento de mudanças e logística. As tomadas de decisões são mais assertivas, devido à, viável, comunicação viável e aberta, bem como a troca de dados após a fácil verificação dos requisitos de concepção e o desempenho. O uso de BIM fornece o aumento da qualidade total do projeto com a redução dos erros por meio da melhoria da eficiência, precisão, avaliações e comunicações. Em consequência há uma melhor coordenação entre os documentos e toda a equipe, minimizando os conflitos. Toda essa melhoria é refletida em custos mais baixos e prazos mais curtos.

De acordo com Akinade et al. (2018), o uso do BIM na fase de projetos é fundamental para redução de resíduos na construção. Porém de interação entre os programas em BIM e os gerenciadores de resíduos de obra. O volume de resíduos gerados em uma obra, é influenciado pela tomada decisões inadequadas de design, o que leva a alterações de projeto. Além de alterações de design, outras fontes de resíduos incluem: a falta de familiaridade com as alternativas de materiais; a falta de conhecimento sobre o tamanho do padrão dos materiais e coordenação; erros no caderno de encargos e desenhos. Os mecanismos de tomada de decisões eficazes são necessários durante as fases de concepção de a fim de minimizar o impacto de alterações na estrutura, por isso o BIM entra como uma ferramenta de análise assertiva para o projeto, ainda em sua fase conceitual. Os resultados destacam as potencialidades atuais do BIM na condução de processo de sem resíduos, na elaboração de um projeto eficaz e proporcionando uma base para o desenvolvimento de ferramentas de gestão de resíduos de obras baseados em BIM. (AKINADE et al., 2018).

Combinar práticas *Lean Construction* (produção enxuta) com BIM, produz um ambiente colaborativo que realmente minimiza os resíduos tangíveis e intangíveis em um projeto de construção (HEIGERMOSER et al., 2019)

Para Hattab e Hamzeh (2015), o BIM e o conceito *Lean* são práticas sinérgicas, ambas devem trabalhar em conjunto no intercâmbio de informações e na comunicação da equipe, minimizando a ocorrência e difusão de erros durante o projeto e reduzindo os impactos indesejáveis de um projeto defeituoso. A prática *Lean* está preocupada com a melhoria global, simultânea e contínua de todas as fases de um projeto. Ao entender os benefícios das interações BIM e *Lean*, os erros de projeto podem ser melhor resolvidos. Entretanto, aplicar o BIM sozinho como uma ferramenta e deixar de empregá-lo como um processo enxuto não gera a benefícios desejados. Erros produzidos durante a fase de projeto podem ter graves impactos sobre as fases subsequentes e no projeto global. Omissões ou erros de projeto que

são descobertos tarde ou durante a construção são responsáveis por cerca de um terço do valor do contrato. Eles também geram atrasos devido a retrabalho e as mudanças desnecessárias. Mais importante ainda, erros graves cometidos durante a fase de projeto, e que não são resolvidos podem resultar em falhas de construção catastróficas. Com base na configuração teórica, os resultados obtidos por Hattab e Hamzeh (2015), mostram que a BIM / *Lean* é mais eficaz na redução e contenção de erros, na comunicação em tempo contínuo e real, e na detecção de conflitos.

Para alcançar as metas economia de energia nas edificações, tem sido apresentado vários métodos e tecnologias com design sustentável, estrutura de gestão otimizada e uso de energia eficiente. O controle das operações de construção e o fornecimento de dados precisos, são boas maneiras de economizar energia no processo de construção. Logo, para estes casos, o BIM é uma tecnologia reconhecida e amplamente utilizada em edifícios sustentáveis, especialmente para a economia de energia, fluxos térmicos, padrões de iluminação e outras medidas de sustentabilidade. As características visuais da tecnologia BIM podem proporcionar uma economia de até 30% no consumo de energia. Também, a aplicação da tecnologia BIM desempenha um papel vital na redução de resíduos, o que é um aspecto importante de um projeto sustentável (ZHANG et al., 2019), sendo muito aplicado em obras que buscam o selo *LEED*.

Até agora BIM e *Last Planner System* (LPS) foram usados separadamente, no entanto, vários estudos realizados indicaram a existência de sinergias entre as práticas, que podem melhorar a produtividade e eficiência dos projetos de construção. O LPS é um sistema abrangente para a otimização do planejamento e da execução de trabalhos de construção. Ele inclui um processo de planejamento cooperativo, bem como uma análise de planejamento correto. Isto estabelece uma base sólida de confiança, garantindo os prazos do projeto. A ferramenta LPS à base de BIM é usada como uma ferramenta de gestão de obras, para a fase de construção de um projeto (HEIGERMOSER et al., 2019).

Quando tratamos de incluir a gestão de custos em uma modelagem 3D, estamos caracterizando um BIM 5D. Para esta análise a extração de quantitativos deve ser automatizada e atrelada a componentes que podem ser visualizados em 3D. Entretanto, existe a limitação deste processo causado pela deficiência das tecnologias ofertadas. Por exemplo, os programas de geração de projetos em 3D, apresentam dificuldades de caracterizar componentes estruturais, e por muitas vezes excluindo etapas construtivas como furos em laje, aberturas para portas e janelas, suportes, escoramentos, etc. Caso algum elemento não seja devidamente visualizado e compreendido podem não ser considerados de forma correta no orçamento e, portanto, gerar problemas durante a construção (FENATO et al., 2018)

A implementação do BIM pode tornar o processo construtivo mais enxuto, devido a exigência de colaboração de todos os profissionais envolvidos no projeto, tornando-se uma ferramenta essencial para o uso em construções *Lean*. Oferece também a oportunidade para uma melhor análise e controle de conflitos espaciais dependentes do tempo, através da simulação 4D do progresso da construção, o que resulta em uma execução mais eficiente. Especialmente no que diz respeito a grandes canteiros de obras onde vários contratados que trabalham simultaneamente em um projeto (HEIGERMOSER et al., 2019).



### 3.3 Exemplos de Aplicações de BIM

Cabe ao gerente de projeto identificar o formato do BIM, que melhor se adapte às necessidades do gestor de projetos e incluir essas necessidades de formato como requisitos. Estas definições servem para uma posterior gestão da operação e manutenção das edificações. (CAVKA; STAUB-FRENCH; POIRIER, 2017)

Na aplicação realizada por Mill, Alt e Lias (2013), foi aliado a um equipamento de laser de escaneamento terrestre (TLS), que realiza uma leitura através de uma medição topográfica, a partir de pontos e arestas de uma edificação, gerando um sistema de coordenadas posteriormente transferidas para um *software* que gerador do modelo BIM. O estudo se mostrou eficiente para aplicação em obras existentes, a fim de detectar anomalias na fachada do edifício e pontos onde seriam necessários a intervenção e restaurações. Foi possível também detectar pontos discrepantes e incompatibilidades com o projeto original. Houve uma certa dificuldade na transferência de dados, pois algumas informações como aberturas foram necessárias serem inseridas de forma manual.

A grande maioria dos gestores encontram dificuldade em sua gestão devido a falta de conhecimento e informação das obras. Segundo Perterson, et al. (2010), a gestão deve ser melhor trabalhada ainda durante a formação dos profissionais. Estima-se que o conceito BIM é o ideal para o estudo prático de gestão dentro das universidades. Essa implantação é possível devido a realismo que pode ser replicado com a prática BIM. Os dados avaliados nas disciplinas de gestão de obras, são obtidos de modo fácil e em um curto prazo por parte do estudante tornando-se adequado para trabalhar-se em uma disciplina de curta duração. As melhorias recentes do BIM, permitem aos educadores fornecerem aos seus alunos uma ferramenta de *software*, que oferece suporte e temas estruturados, com integração de escopo, tempo e custo, gerando facilmente um plano de projeto. As informações são facilmente levantadas em um *software* do tipo e podem transferidas para um *software* de planejamento como o *Gantt* ou *MS Project*.

No trabalho desenvolvido por Ma et al. (2018), o BIM foi aliado ao Sistema de Posicionamento Interno \_ *Indoor* (IPS), a partir da utilização de um algoritmo, no arquivo IFC que realizava a extração dos dados de posicionamento e elementos de inspeção, e exportava para um BIM *Server*, *software* que realizou a integração do modelo em 3D e o posicionamento dos elementos na planta real. Este sistema foi utilizado para fazer a fiscalização, verificação e aprovação de elementos construtivos de um edifício em Pequim (China). O sistema se mostrou eficiente na redução dos prazos de comunicação de projeto e em consequência houve uma melhora no método de tomada de decisões, e com isso a redução do prazo da obra.

No projeto de fornecimento de engenharia de construção, também conhecido como obras em *Turn Key* (chave na mão), o gerenciamento por parte do empreiteiro enfrenta muitos desafios para envolver e controlar as questões relativas a *design*, programação de compra e cronograma de construção. Apesar de muitos pesquisadores e profissionais concordarem que BIM 4D é a ferramenta mais recomendada para este tipo de projetos, ainda se encontra bastante resistência para o seu uso na prática (GONG et al., 2019).

Nas obras *Turn Key* a tecnologia BIM deve ser introduzida na fase inicial do projeto, nas etapas de desenho e planejamento. Combinando-se com o esquema de planejamento preliminar e local, um pré-projeto em 3D é estabelecido usando a tecnologia BIM, com o intuito de ajudar na comparação e seleção de esquemas de planejamento, através de simulações. Além disso, a visualização da simulação e análise dos resultados, fornecidas pelo BIM 4D, contribuem para

a otimização dos planos de construção, influenciando no planejamento do canteiro de obras, alocação de máquinas de construção e fornecimento de material e recursos, ou seja, com base em BIM 4D, o gestor de projeto pode otimizar o processo de construção e controlar o cronograma de obras (GONG, et al, 2019).

Em sua pesquisa Heaton, Parlikad e Schooling (2019) associaram o BIM com uma ferramenta de gestão de ativos, para interação com sistemas de manutenção e operação das edificações. O estudo abordava o uso do BIM em processos como apoio no desenvolvimento de um Modelo Ativo de Informação (AIM) e a integração com sistemas de gestão. A partir de uma modelagem BIM, extrai-se dados do projeto como: paredes, portas ou janelas. A estes dados, com o uso de uma plataforma própria, pode ser incluso informações a respeito da manutenção destes objetos. Aliado a isto, podemos utilizar o sistema de Internet das coisas (IoT), e analisar as informações em tempo real.

No Brasil observa-se poucas aplicações da metodologia BIM, sendo encontrados basicamente estudos acadêmicos sobre o assunto. O esforço envolvido na mudança e atualização dos modelos 4D faz com que a utilização deles tenha tradicionalmente se restringido aos estágios iniciais dos empreendimentos.

Nos estudos de casos realizados por Biotto, Formoso e Isatto (2015), com base no uso do BIM 4D na fase de planejamento, permitiu identificar diversas interferências nos canteiros de obras, causados por estoques excessivos de materiais que dificultavam a movimentação de equipamentos fundamentais para o andamento da obra e sequencias de execução incorretas, ainda na fase de planejamento de obras.

Embora 4D BIM seja capaz e útil em projetos, ainda não está claro como os sistemas e ferramentas podem ser individualmente aceitas e utilizadas na prática (Gong et al. 2019). A tecnologia é geralmente usada para projetos muito grandes e que envolvem grandes custos e investimentos em gestão da construção, mesmo ajudando as equipes de construção salvar custo de construção e consumo de energia. No entanto, continua a haver muitas restrições e fatores de risco no desenvolvimento e gestão de projetos de construção (ZHANG et al., 2019).

#### 4. Conclusão

Cada vez mais engenheiros civis e Arquitetos estão utilizando a modelagem computacional para melhorar a eficiência dos projetos e buscar soluções para os problemas decorrentes das construções. A análise dos trabalhos publicados, ilustra o avanço da prática nos últimos anos, consequência da complexidade dos edifícios e da evolução da área de construção civil.

O *mapping study* trouxe as respostas para as questões objetivadas. A modelagem BIM é uma maquete digital da obra, uma ferramenta bastante útil para visualizar a obra como um todo, a fim de se evitar problemas na obra, desperdícios e proporcionar maior previsibilidade e redução de custos. Podem ser incluídas infinitas dimensões numa modelagem BIM.

Devido à extensa quantidade de disciplinas envolvidas num projeto de engenharia, a modelagem multidimensional permite que sejam analisados o impacto de diferentes aspectos na construção, de maneira ampla e efetiva buscando os erros ainda na fase de projetos das construções.

## 5. Referencial Teórico

AKINADE, Olugbenga O. et al. Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 180, p.375-385, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.022>.

BIOTTO, Clarissa Notariano; FORMOSO, Carlos Torres; ISATTO, Eduardo Luis. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.79-96, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000200015>.

CAPES/MEC, Portal Periódicos, 2019. **Busca Assunto**. Disponível em < <http://www-periodicos-capes-gov-br.ez48.periodicos.capes.gov.br/index.php?> > Acesso em: Agosto, 2019

CAVKA, Hasan Burak; STAUB-FRENCH, Sheryl; POIRIER, Erik A.. Developing owner information requirements for BIM-enabled project delivery and asset management. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 83, p.169-183, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.006>.

CHEN, Lijuan; LUO, Hanbin. A BIM-based construction quality management model and its applications. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 46, p.64-73, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>.

CLARIVATE ANALYTICS, Web of Science, 2019. **Principal Coleção do Web of Science**, Disponível em: < [http://apps-webofknowledge.ez48.periodicos.capes.gov.br/WOS\\_GeneralSearch\\_input.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&SID=6FIW3Qf8pUf53laBLzi&preferencesSaved=>](http://apps-webofknowledge.ez48.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=6FIW3Qf8pUf53laBLzi&preferencesSaved=>) > Acesso em: Agosto, 2019

ELSEVIER, Science Direct, 2019. **Search for peer-reviewed journals, articles, book chapters and open access content**. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/>> Acesso em: Agosto, 2019

ELSEVIER, Scopus, 2019. **Document Search**. Disponível em <<https://www.scopus.com/search/form.uri> > Acesso em: Agosto, 2019

FENATO, Thalmus Magnoni et al. Método para elaboração de orçamento operacional utilizando um software de autoria BIM. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.279-299, out. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400305>.

GONG, Pan et al. An Empirical Study on the Acceptance of 4D BIM in EPC Projects in China. **Sustainability**, [s.l.], v. 11, n. 5, p.1316-1335, 2 mar. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11051316>.

HATTAB, Malak AI; HAMZEH, Farook. Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM–lean practice for design error management. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 52, p.59-69, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.014>.

HEATON, James; PARLIKAD, Ajith Kumar; SCHOOLING, Jennifer. Design and development of BIM models to support operations and maintenance. **Computers In Industry**, [s.l.], v. 111, p.172-186, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2019.08.001>.

HEIGERMOSER, Daniel et al. BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 104, p.246-254, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>.

LIN, Yu-cheng; LEE, Hsin-yun; YANG, I-tung. DEVELOPING AS-BUILT BIM MODEL PROCESS MANAGEMENT SYSTEM FOR GENERAL CONTRACTORS: A CASE STUDY. **Journal Of Civil Engineering And Management**, [s.l.], v. 22, n. 5, p.608-621, 24 ago. 2015. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2014.914081>.

MA, Zhiliang et al. Construction quality management based on a collaborative system using BIM and indoor positioning. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 92, p.35-45, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.027>

MILL, Tarvo; ALT, Aivars; LIAS, Roode. COMBINED 3D BUILDING SURVEYING TECHNIQUES – TERRESTRIAL LASER SCANNING (TLS) AND TOTAL STATION SURVEYING FOR BIM DATA MANAGEMENT PURPOSES. **Journal Of Civil Engineering And Management**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.23-32, 24 out. 2013. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2013.795187>.

PAULA, Heber Martins de et al. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE REFERÊNCIAS DO USO DO BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s.l.], v. 13, n. 1, p.219-239, 24 mar. 2017. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i1.45014>.

PETERSON, Forest et al. Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 20, n. 2, p.115-125, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.009>.

SCIELO, Scientific Electronic Library Online, 2019. **Buscar Artigos**. Disponível em: <<https://scielo.org/pt/>> Acesso em: Agosto, 2019

ZHANG, J.p.; HU, Z.z.. BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 1. Principles and methodologies. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 20, n. 2, p.155-166, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.013>.

ZHANG, Lei et al. Investigating the Constraints to Building Information Modeling (BIM) Applications for Sustainable Building Projects: A Case of China. **Sustainability**, [s.l.], v. 11, n. 7, p.1896-1922, 29 mar. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11071896>