

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**ANALISE DA EFETIVIDADE DOS BENEFÍCIOS DO SISTEMA BIM E DOS
PRINCÍPIOS INTRÍNSECOS A CONSTRUÇÃO ENXUTA**

**ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE BENEFITS OF THE BIM SYSTEM
AND THE INTRINSIC PRINCIPLES OF LEAN CONSTRUCTION**

Marcos Lucas De Oliveira

RESUMO

A construção civil representa uma atividade de importância na vida da população e está presente em todos os lugares na forma de casas, prédios, estradas ou qualquer outra forma de infraestrutura. Atualmente, com os novos paradigmas climáticos, ecológicos e econômicos tornou-se imprescindível evoluir os métodos construtivos obsoletos e utilizar novos processos e tecnologias. Nesse contexto, o software *Building Information Modelling* e a metodologia *Lean Construction* são inseridos no setor como meio de aprimorar a efetividade de uma obra civil. O presente trabalho é de natureza descritiva e seu método é caracterizado como de cunho teórico. Como resultados tem-se a apresentação de um quadro de vantagem e desvantagens da aplicação correlata entre BIM e LC. Além disso, o estudo apresenta um comparativo das vantagens descritas na literatura e encontradas na prática de uma pequena obra. Conclui-se que a utilização conjunta de BIM e LC gera redução de retrabalhos na execução da obra.

Palavras-chave: Lean Construction, Building Information Modelling, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The construction industry represents an important activity in the life of the population and it is present everywhere in the form of houses, buildings, roads, or any other form of infrastructure. Nowadays, with the new climatic, ecological and economic paradigms, to evolve obsolete constructive methods using new processes and technologies have become essential. In this context, the Building Information Modeling software and the Lean Construction methodology are inserted into the industry as a means of improving the effectiveness of a civil work. The present work is descriptive in nature and its method is characterized as theoretical. As results, we present a table of advantages and disadvantages of the joint application between BIM and LC. In addition, the study presents a comparison of the advantages described in the literature and found in the practice of a small work. It is concluded that the combined use of BIM and LC generates reduction of rework in the execution of the civil works.

Keywords: Lean Construction, Building Information Modelling, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é considerada uma atividade produtiva e moduladora do entorno e da sociedade. Porém, por meio da utilização de técnicas obsoletas, em vista da ênfase na transformação da forma ou substância de um material, passa a negligenciar as demais atividades contidas na prestação de serviço gerando uma alta quantia de resíduos e conseqüentemente um alto impacto ambiental, como por exemplo, emissões de CO₂ (KOSKELA, 1992; NEVILLE e BROOKS, 2013).

Diante disso, ocorre a necessidade de busca por novos sistemas construtivos ou adaptações dos existentes com foco nos princípios atuais da sustentabilidade visando a melhor gestão dos recursos para o futuro. A sustentabilidade é um tema em voga no gerenciamento e planejamento na construção civil. Barba, Gomes e Lacerda (2015), argumentam que uma construção é classificada como sustentável quando compreende os três aspectos do desenvolvimento sustentável: (i) econômico, (ii) social e, (iii) ambiental.

No Brasil o setor recuou 7,7% no ano de 2015 e obteve uma retração de 5% no ano de 2016. No primeiro semestre deste ano, a construção civil perdeu 139,1 mil vagas de postos de trabalho e no segundo trimestre retraiu 2,2% em relação ao mesmo trimestre do ano passado. Dessa forma, o atual momento vem estimulando as construtoras a buscar por novas práticas e filosofias que primem pela redução de custos, melhorias dos processos operacionais e de gestão (SINDUSCON, 2016).

Dessa forma, aliados à aplicação das tecnologias atuais, os sistemas construtivos mais recentes seguem o conceito de baixo custo e impacto ambiental nas diferentes fases da construção. Esse, por sua vez, objetiva à redução de tempo, a otimização dos recursos e o uso eficiente dos materiais (GOMES e LACERDA, 2014). Nesse contexto, surge a técnica de Modelagem de Informações da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM) aliada a técnica de Construção Enxuta ou *Lean Construction* (LC). Essas são iniciativas que visam melhorar diferentes áreas da construção civil juntamente com a comunidade, procurando satisfazer as exigências dos clientes e os requisitos sustentáveis.

O desenvolvimento de ambos tem sido de grande importância na última década e vem ganhando força tanto entre profissionais da área quanto entre acadêmicos, em vista dos melhores resultados sobre custos e ganhos em eficiência encontrados quando as duas iniciativas são utilizadas em conjunto (MIETTINEN; PAAVOLA, 2014). A união das técnicas ocorre eficientemente porque a metodologia LC está baseada na utilização eficiente do material, na redução da quantidade de resíduos gerados pelas etapas da construção e na agregação de valor para o empreendedor. Já a técnica de BIM por tratar o conjunto de ferramentas, processos e tecnologias gera uma projeção facilita através da documentação digital, cujo resultado é uma modelagem das informações obtidas (EASTMAN et al., 2011). Isto é, redução das atividades que não agregam valor, tanto no planejamento do projeto como na execução.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é verificar como a relação de aplicação conjunta do LC e do BIM pode alterar os métodos tradicionais construtivos em obras civis em prol da sustentabilidade. A justificativa para a execução do estudo está vinculada ao fato de deixar mais palatável a relação das técnicas no meio acadêmico.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável tem como base três pilares que não se excluem mutuamente e que reforçam o compromisso das exigências ambientais, sociais e econômicas (PUSKAS; MOGA, 2015). O autor Oliveira et al. (2016), esclarece que a ICC é parte integrante

do desenvolvimento econômico e social de uma região, devido a relação emprego, empregador e cadeia de suprimento. No entender Marjaba e Chidiac (2016) os investimentos ambientais inseridos nas empresas da construção civil por meio de políticas, práticas, sistemas de gestão e relatórios de sustentabilidade, estão interligados com a finalidade de garanti-las competitivas no meio corporativo.

Fenker et al. (2015) descreve que a preocupação com o meio ambiente inicia no momento em que o homem percebe que a capacidade natural de regeneração dos recursos naturais passa a ser menor do que o nível de exploração desses recursos, e que a geração de resíduos é maior do que a natureza consegue absorver. Nesse aspecto, a formulação do termo desenvolvimento sustentável difundiu-se em pautas internacionais após a divulgação do relatório de Brundtland (1987) e baseou-se em três pilares descritos no livro *Ecodevelopment* (1980), de Ignacy Sanchs: eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica (EUSTÁQUIO; ALVES, 2015).

Para Mota (2011), Svensson (2014), e, Marjaba e Chidiac (2016) o relatório de Brundtland, apresenta a definição mais consensual do termo desenvolvimento sustentável. Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações do futuro satisfazerem as suas próprias necessidades (WCED, 1987).

Nesse contexto, em 1999, o autor John Elkington, embalado pelas convenções e pelo pragmatismo instalado, definiu o conceito *Triple Bottom Line* com base nos três pilares do desenvolvimento sustentável (DURAN et al., 2015). Este conceito tem o intuito de evitar que as empresas focalizem seus esforços somente nos resultados econômicos (CBIC, 2017). Duran et al. (2015), apresenta o conceito *Triple Bottom Line* como um equalizador da humanidade e dos recursos naturais. Na visão do autor o conceito representa o equilíbrio de uma sociedade justa, economicamente incluída e ambientalmente responsável. Assim, o conceito do *Triple Bottom Line*, (Figura 1), reforça o comprometimento que os países têm a desenvolver quanto ao direito de uma vida saudável, produtiva e em harmonia com a natureza.

Figura 1 – Dimensões da sustentabilidade



Fonte: Adaptado de Duran et al. (2015).

A Figura 1, evidencia que o desenvolvimento sustentável, sob uma ótica holística, transcende ao envolvimento natural, social e econômico designado a solucionar dois grandes problemas da humanidade: a capacidade de criar e manter-se (DURAN et al., 2015). Chang et al. (2017), advém relatando que há um crescente nível de importância do termo

desenvolvimento sustentável na formulação de políticas nacionais e internacionais. Duran et al. (2015), expressa que a teoria do desenvolvimento sustentável vem passando por transformações em seu conceito, e passa a estar na vanguarda de debates políticos mundiais. No entender dos autores Camargo, Capobianco e Oliveira (2015), e, Zutshi e Creed (2015), o desenvolvimento sustentável é o meio de transformação do consenso global que visa reforçar o potencial do presente e futuro sobre a ótica do Triple Bottom Line, visando atender as necessidades e interesses humanos.

Diante da complexidade que o termo desenvolvimento sustentável envolve, há um amplo debate em conferências internacionais (CHANG et al., 2017). Todavia, essas apontam três objetivos comuns que referenciam os princípios e requisitos essenciais para o desenvolvimento sustentável: (i) erradicação da pobreza; (ii) mudanças dos padrões insustentáveis de produção e consumo; e; (iii) proteger e gerir os recursos naturais do desenvolvimento econômico e social. Diante das argumentações de Verbinnen et al., (2015) e De Conto (2017), a preocupação com o desenvolvimento sustentável pode ser compreendida em três fases: (i) preocupação com a poluição – décadas de 1970 e 1980; (ii) preocupação com a biodiversidade – década de 1990; e; (iii) preocupação com as mudanças climáticas, aquecimento global e erradicação da pobreza – atualidade.

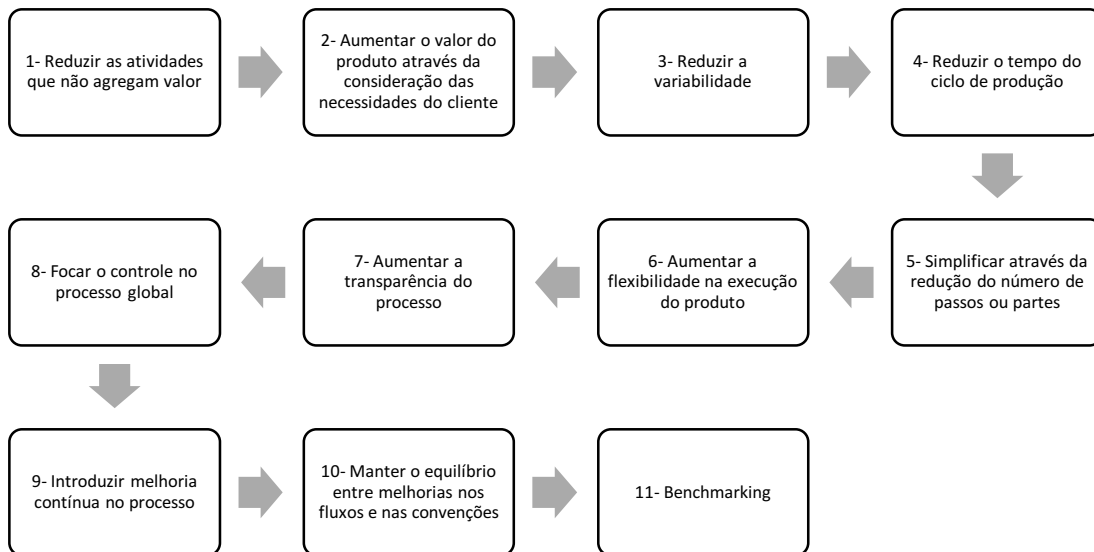
Duran et al. (2015), em um pensar contemporâneo, mas em consonância com os demais autores, afirma que o desenvolvimento sustentável pode ser compreendido como transcendente da harmonia entre o crescimento econômico, a proteção ambiental, a justiça social, a democracia e o estado de direito, passando a ser concebido como uma solução a crise ecológica. Na posição de De Conto (2017), o segredo para o desenvolvimento sustentável está na aplicação dos conceitos do Triple Bottom Line, em vista da equidade que esse conceito pode promover nas dimensões meio ambiente, economia e sociedade.

2.2 LEAN CONSTRUCTION

O Sistema Toyota de Produção teve seu reconhecimento durante a crise do petróleo na década de 70 e desde então, tem sido estudado e adaptado para os mais diversos ramos de produção. Nesse viés, Koskela em 1992 adaptou a filosofia da produção enxuta para a construção civil com o objetivo de difundir os processos de produção de forma eficiente, isto é, visando maximizar a produção e minimizar o desperdício e a quantidade de resíduos gerados. Esse conceito passou a ser chamado de *Lean Construction* (LUKOWSKI, 2010; LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE, 2012; MARHANI et.al, 2013).

O LC é um sistema de gerenciamento da construção civil criado com o intuito de minimizar o desperdício da construção, ou seja, é a aplicação prática dos princípios da manufatura enxuta ao edifício ou ambiente (LUKOWSKY, 2010; MARHANI et al., 2013). A filosofia do LC proposta por Koskela (1992) é constituída por gestão de informações que visa o uso equilibrado de recursos com a finalidade de reduzir custos, eliminar desperdícios e entregar projetos no tempo previsto. A sua utilização vai desde o planejamento da obra até a fase de entrega do produto final (BARTZ; RUPPENTHAL, 2013). A filosofia LC estabelece 11 princípios (Figura 2), inspirado nos sete princípios de eliminação de perdas do *Lean Production* (KOSKELA, 1992; OLIVEIRA et al., 2016).

Figura 2 - Onze princípios do *Lean Construction*.



Fonte: Adaptado de Koskela (1992) e Oliveira et al. (2016).

A filosofia LC pode ser considerada como uma melhoria contínua no processo da construção, visando reduzir o desperdício de recursos ao mesmo tempo que aumenta o valor do projeto para o cliente. Dessa forma, trata-se de uma nova cultura integrada ao formato de gerenciar a produção com foco na economia de custos, aumento do nível de confiança e segurança dos colaboradores da construção. Além disso, gera impacto direto na qualidade do produto final (LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE, 2012; MARHANI et al. 2013).

No entanto, a aplicação do LC ainda é considerada pequena em países como o Brasil, em vista da falta do esforço consistente para o sucesso da cultura enxuta. A aplicação ocorre no país, porém não há uma cultura para manter a filosofia em operação de forma eficaz (MARHANI et al. 2013). Os autores Pekuri et al. (2014) e Oliveira et al. (2016) advogam que uma das grandes dificuldades das empresas construtoras é a gestão de informações. Essas, muitas vezes por falta de treinamento ou fiscalização da própria construtora, passam a ser mal geridas por seus colaboradores, impactando na elevação dos custos construtivos e aumento do uso de materiais.

Na prática, aplicação do *Lean Construction* deve ocorrer com um conjunto de ferramentas adotados em projetos de construção com o objetivo de aumentar o nível de desempenho. O planejamento segue um cronograma de nivelamento da carga e fluxo de trabalho com a intenção de melhorar a confiabilidade do fluxo de trabalho. Sendo necessário a implementação de um plano de trabalho semanal específico para controlar o fluxo das operações.

Nesse aspecto, a racionalização da construção pode ser obtida através da utilização de sistemas construtivos que integram projeto, fabricação, montagem e responsabilidade técnica, quanto ao desempenho e durabilidade da edificação. Estes devem ser modulares e compatíveis, visando o máximo aproveitamento de materiais com foco na redução de desperdícios (BARTH e VEFAGO, 2007; GOMES e LACERDA, 2014).

2.3 BUILDING INFORMATION MODELING

Building Information Modeling pode ser definido como uma representação digital da construção, um modelo tridimensional orientado do objeto ou um repositório de informações do projeto para facilitar a interoperabilidade e troca de informações com aplicações de software relacionados. Jerry Laiserin em 2002, iniciou a introduzir o termo BIM, considerando-o como um novo conceito. As ferramentas BIM suportam projetar delimitando parâmetros e permite novos níveis de visualização espacial, simulação do comportamento da construção, bem como uma gestão mais eficiente dos projetos. O sistema BIM é visto como uma ferramenta de colaboração, pois na concepção da construção facilita o gerenciamento e manutenção (MIETTINEN; PAAVOLA, 2014).

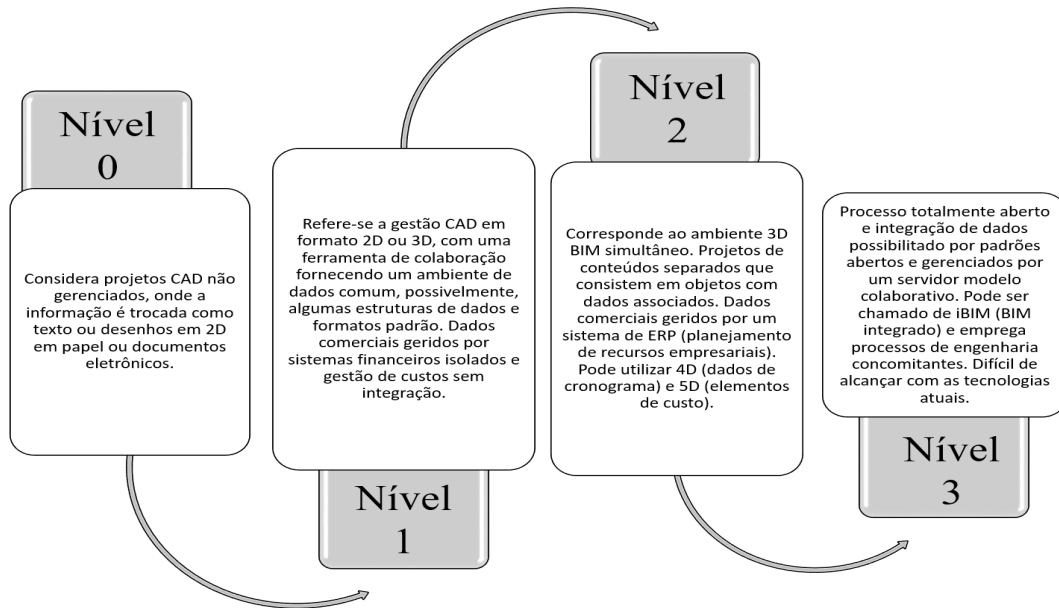
O uso colaborativo de BIM reduz erros de projeto e aumenta a produtividade da indústria da construção. Nesse contexto, as altas expectativas por uma produção aumentada e um novo nível de colaboração expressa a dimensão retórica do desenvolvimento e implementação do BIM (MIETTINEN; PAAVOLA, 2014).

Dentro desse raciocínio, o BIM pode ser descrito como um sistema técnico-social, porque é composto tanto de dimensões técnicas, modelos 3D, e, dimensões de impacto social, como a reengenharia de processos. A tendência BIM tem levado a mudanças na forma como projetistas e empreiteiros trabalham e colaboram. Além disso o método impacta na forma que a informação é compartilhada (LIU et al., 2016).

Na compreensão de Biotto, Formoso e Isatto (2015), BIM consiste na representação digital da edificação, que combina informações tridimensionais e informações não-geométricas, para planejar e projetar sistemas de produção para os empreendimentos de construção por meio da visualização do plano de execução da obra. Khaddaj e Srour (2016) complementam relatando que os softwares baseados em BIM podem trabalhar com vários tipos de entrada de dados, como por exemplo, projetos em 3D, estimativas de custos, e oferecer rigorosas opções de simulação e visualização de forma integrada. O que permite aos responsáveis técnicos, engenheiros e empreiteiros, rastrear e controlar os seus projetos de forma eficaz.

Em países desenvolvidos esta técnica vem sendo implementada velozmente. O Reino Unido, criou um grupo especial de profissionais qualificados em BIM para ajudar a desenvolver um roteiro para implementar a modelagem BIM no país. Esse roteiro, envolve uma adoção gradual (Figura 3), a qual fica definido níveis de especificação de BIM que as empresas terão que adotar em seus projetos de construção gradativamente (CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION, 2013).

Figura 3 - Fases de utilização do BIM.



Fonte: Adaptado de CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION (2013).

Biotto, Formoso e Isatto (2015), comentam que em países como a Finlândia e a Noruega os projetos em BIM encontram-se em estágios mais avançados de implementação, em vista desses países terem um amadurecimento com a modelagem. Em Cingapura, na Ásia o governo estabeleceu legislações para o uso do BIM. No Brasil, por sua vez, a implementação de projetos BIM está na fase de preliminar, pouco difundida (CZMOCH e PEKALA, 2014).

A crescente utilização do BIM está relacionada a alteração do processo convencional de trabalho da construção civil que está voltado para a geometria do edifício. O BIM auxilia os projetistas a pensar em um processo voltado para a modelagem da informação de objetos em vista desses serem paramétricos. Cada instância dentro do modelo, além de ter propriedades geométricas coerentes com a realidade também possui informações sobre os materiais que a compõem e reagem à outras instâncias.

Portanto, BIM é um método de especificar processos e fluxos de informações de forma que os dados relevantes sejam comunicados em uma linguagem possível de ser interpretada pelo software receptor, passando a mapear qualquer erro no projeto. Essa modelagem apresenta uma série de evoluções (Quadro 1), sendo que os tipos de aplicações do BIM se distinguem dependendo do conteúdo da base dos dados (CZMOCH e PEKALA, 2014).

Quadro 1 - Dimensões do BIM.

Modelo BIM	Descrição
<i>3D Colaborativo</i>	BIM 3D, nas palavras de Biotto, Formoso e Isatto (2015) consiste no modelo geométrico do empreendimento. O qual depende do escopo da modelagem, do nível de planejamento e controle no qual o modelo está sendo utilizado. Para Czmoche e Pekala (2014) representa um modelo virtual 3D paramétrico, o que significa que o projeto contém as informações necessárias sobre os elementos do modelo, que não são apenas linhas. Esses modelos são usados para visualização do projeto por todas as partes interessadas e detecção de conflitos, o que gera melhoramentos significantes em todas as etapas (Azhar, 2011).

<i>4D Agendamento</i>	BIM 4D agrega as informações do modelo 3D com dados de programação e agendamento, o que facilita a simulação e a análise das atividades da construção (Smith, 2014). Czmocho e Pekala (2014), corroboram afirmando que denota o BIM 3D com uma variável extra, tempo. A programação tediosa é substituída pela modelagem paramétrica, em que cada elemento é atribuído numa sequência de montagem. Essa dimensão cria novas oportunidades para a modelagem de informações: a divisão do projeto em fases, simulação do cronograma de obras e planejamento preciso para o tempo de entrega dos materiais.
<i>5D Estimando</i>	BIM 5D integra todas as informações anteriores com dados de custo como quantidades e preços (Smith, 2014). Para Czmocho e Pekala, (2014) representa o custo do trabalho e entrega de cada item, permitindo fazer rápidas estimativas de custo para qualquer tipo projeto. Com a ajuda do BIM 5D pode-se facilmente comparar o tempo de execução e os custos totais de várias alternativas em termos de materiais e tecnologias, o que pode promover a otimização do custo total do investimento (Czmocho e Pekala, 2014).
<i>6D Sustentabilidade</i>	BIM 6D representa o modelo de operação depois de construído, que pode então ser utilizado durante as fases operacionais da instalação (Smith, 2014). Czmocho e Pekala (2014) entendem como a integração de dados relacionados com a proteção ambiental ou consumo de energia (Czmocho e Pekala, 2014).
<i>7D Manutenção</i>	BIM 7D consiste no gerenciamento da instalação. O banco de dados deve possuir informações detalhadas para cada elemento incorporado da construção, dos acabamentos e de todos os equipamentos utilizados. As informações relevantes são o tipo do item, sua especificação, o momento da próxima manutenção ou substituição, o período de garantia. Isto irá permitir a manutenção conveniente do edifício, e quando ocorrer falha, será possível ser localizada e reparada (Czmocho e Pekala, 2014).

Fonte: Autor (2017).

A modelagem em BIM gera uma integralização entre o processo de projeto e construção, pois está intimamente ligado ao uso da tecnologia da informação que facilita o trabalho entre equipes de escritórios diferentes. O modelo de informação construído permite que participantes do projeto, sem ser os projetistas, se envolvam desde a concepção do produto (Eastman et al., 2011). O Quadro 2, demonstra os benefícios de cada dimensão do BIM.

Quadro 2 - Benefícios de cada dimensão do Building Information Modelling.

Modelo BIM	Benefícios
3D Colaborativo	Melhoria da visualização e comunicação da intenção do projeto;
	Melhoria da colaboração multidisciplinar;
	Redução do retrabalho.
4D Agendamento	Integração BIM com modelos de simulação 4D CAD trazem benefícios aos participantes em termos de otimização de planejamento;
	Construtores e fabricantes podem otimizar as suas atividades de construção e coordenação de equipe.
5D Estimando	Integração BIM com modelos de simulação 5D CAD permite o desenvolvimento de construções sustentáveis mais eficientes e rentáveis.
6D Sustentabilidade	Integração BIM com modelos de simulação 6D leva a uma redução global no consumo de energia.
7D Manutenção	Integração BIM com modelos de simulação 7D CAD otimiza gestão de ativos desde a concepção à demolição.

Fonte: Adaptado de Hamed (2015).

O processo de coordenação inicia nos primeiros estágios de concepção do ambiente construído e as ferramentas de modelagem da informação permitem o cálculo de diversos aspectos da performance do ambiente que resultam em edificações de melhor qualidade, a um custo menor e com prazo de execução reduzido, como a exemplo: (i) conforto térmico, (ii) isolamento acústico, e; (iii) incidência solar (Eastman et al., 2011).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa etapa tem como propósito apresentar os procedimentos metodológicos percorridos para atingir os objetivos dessa pesquisa. Estudos científicos caracterizam-se pela utilização de procedimentos metodológicos. O método é um conjunto de atividades sistemáticas que baseiam e permitem atingir os objetivos do trabalho com resultados coerentes (LAKATOS; MARCONI, 2010). Assim, o presente trabalho é caracterizado como de natureza descritiva e quanto ao método é caracterizado como de cunho teórico. Portanto, visa mapear a literatura disponível sobre o assunto abordado. Em referência ao seu objetivo é caracterizado como uma pesquisa exploratória, porque estima uma familiaridade com os métodos *Lean Construction* e *Building Information Modeling*. Em relação ao método científico, a pesquisa é caracterizada como indutiva porque tem por objetivo levar a conclusões, cujo o conteúdo é mais amplo do que das premissas que se baseou (LAKATOS; MARCONI, 2010). O levantamento sistemático da literatura foi realizado por meio da consulta em bases de dados, conforme os periódicos elencados no Quadro 3.

Quadro 3 – Detalhes do mapeamento de termos na literatura

Finalidade	Base de Dados	Strings de busca
Contextualizar a pesquisa, analisar e formular indicadores	“ScienceDirect”, “Scopus” e “Web of Science”.	“Sustainability”, <i>Lean Construction & Building Information Modeling</i> ” e “Civil engineering & <i>Lean Construction</i> ”.

Fonte: Autor (2017).

A segunda etapa foi selecionar os trabalhos mais relevantes para compor o estudo. A técnica inicialmente, adotou um estudo das ferramentas administrativas no tocante conceitual, para posteriormente apresentar os dois métodos correlatos em uma aplicação afim de descrever as vantagens da utilização desses no setor da construção civil. Assim, para a terceira etapa, uma aplicação de pequeno porte de uma arquiteta local foi selecionada como meio de realizar um estudo comparativo das vantagens e desvantagens de se aplicar *Building Information Modeling* e *Lean Construction* conjuntamente em uma obra civil.

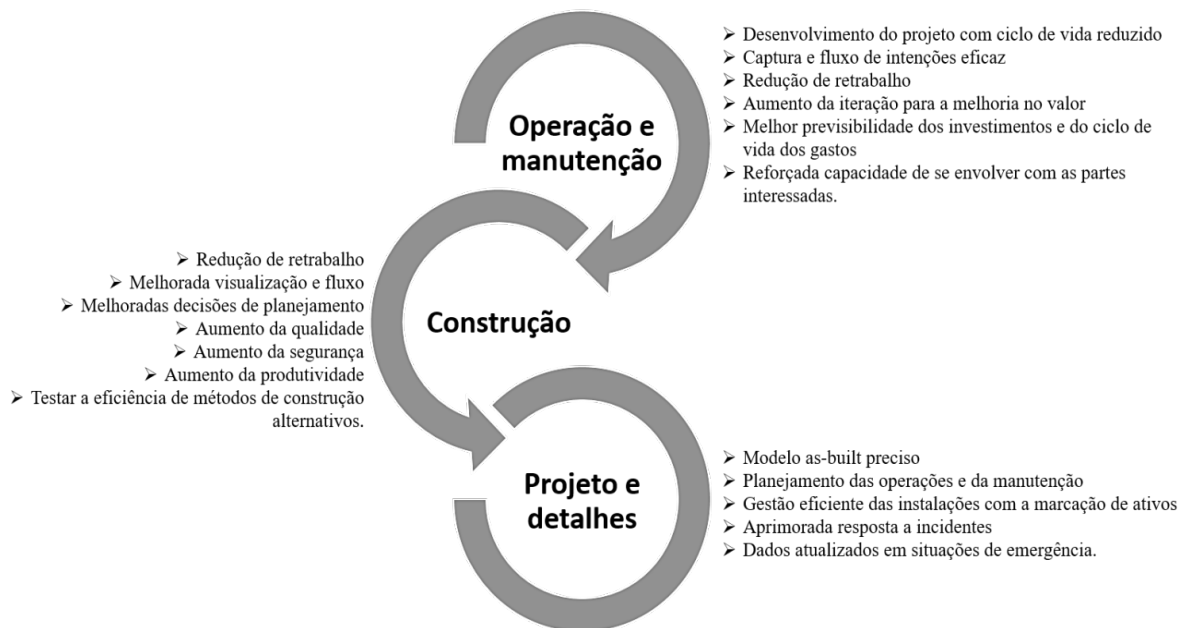
4 RESULTADOS

A indústria da construção civil diferencia-se das demais indústrias de manufatura devido a sua forma de produzir. A produção é considerada nômade pelo fato de que sua estrutura de produção (sua fábrica) se desloca para o local da produção (canteiro de obra) e, é a mão de obra que se movimenta em volta do produto, e não o produto que se movimenta através do fluxo de produção. O setor é considerado conservador, isto é, resistente as novas ideias e a inserção de novas tecnologias ou modelos de produção. Essa característica do setor impede,

frequentemente, o estímulo de implementação de tecnologias nos projetos arquitetônicos, como também a adaptação dessas na própria construção.

Todas essas peculiaridades do setor, entre outras, são geradoras de incertezas; baixa produtividade; grande utilização de esforço humano e recursos naturais; alto índice de perdas; entre outros. Os aprimoramentos de equipamentos, substituições de sistemas, técnicas, maquinários, diversificação de materiais com desempenhos superiores aos convencionais, dentre outras inovações, são medidas, que estão mudando esse panorama. Porém, há um abismo significativo entre um cenário que possui uma gama de condicionantes tecnológicos para desenvolvimento da construção civil e uma conjuntura também contemporânea, mas com caráter tradicionalista. Isto ocorre, porque os treinamentos exigidos para efetivação dos novos métodos construtivos são vistos como um custo adicional a obra e um risco de que o funcionário possa pedir aumento por estar qualificado ao serviço. Diante desse cenário, o Figura 4 apresenta os benefícios da aplicação do BIM e do LC a construção civil.

Figura 4 - Benefícios aplicação do BIM e do LC.



Fonte: Autor.

Ademais, há restrições financeiras na implementação dos atuais softwares, como o caso do BIM, em vista do custo de aquisição desses. Outro fator que impossibilita a maior adesão por parte dos profissionais no uso da tecnologia é a necessidade de alta capacitação. Outrossim, a necessidade de computadores potentes e modernos para o bom funcionamento dos atuais softwares, limita a sua propagação tornando-se mais vantajoso e rentável para empresas de maior porte.

4.1 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA

Um dos principais objetivos deste trabalho era verificar se as diversas vantagens obtidas através do uso de um software *Building Information Modeling* correlato a metodologia *Lean Construction*. Assim através da aplicação em uma obra pode-se descrever o Quadro 4, esse apresenta os benefícios declarados na literatura científica *versus* os benefícios encontrados na prática. Subdivididos no quadro em fase de projeto e a fase de execução da obra.

Quadro 4 - Vantagens teóricas *versus* vantagens práticas

	Literatura científica	Prática
Fase de projeto	Desenvolvimento do projeto com ciclo de vida reduzido;	Revit gera 3D instantâneo (Realistic);
	Captura e fluxo de intenções eficaz;	Mais fácil e rápido;
	Redução de retrabalho;	Parametrização;
	Melhoria da visualização e comunicação da intenção do projeto.	Biblioteca de materiais;
	Melhor previsibilidade dos investimentos e do ciclo de vida dos gastos;	Fácil cotar;
	Reforçada capacidade de se envolver com as partes interessadas;	Mais detalhado;
	Aumento da iteração para a melhoria no valor;	Mais realista.
Fase de Execução	Redução de retrabalho;	Mais fácil compreensão por ser mais detalhado e realista;
	Melhorada visualização e fluxo;	Resultado de acordo com o projeto
	Aumento da qualidade;	
	Aumento da produtividade;	
	Aumento da segurança;	
	Melhoradas decisões de planejamento;	
	Testar a eficiência de métodos de construção alternativos.	

Fonte: Autor.

Pela análise do Quadro 4, pode-se perceber que muitas das vantagens mostradas pela literatura foram atingidas. Apurou-se que na etapa de projeto, os itens: desenvolvimento do projeto com ciclo de vida reduzido, captura e fluxo de intenções eficaz, redução de retrabalho e melhoria da visualização e comunicação da intenção do projeto, foram verificados na prática. Todavia, na fase de projeto não se observou os seguintes benefícios: (i) aumento da iteração para a melhoria no valor; (ii) melhor previsibilidade dos investimentos; e; (iii) do ciclo de vida dos gastos e reforçada capacidade de se envolver com as partes interessadas.

Na etapa de construção, similarmente pode-se perceber que a maioria dos benefícios foram alcançados. Uma vez que se trabalhou com um projeto de mais fácil compreensão, por ser mais detalhado e realista, tornou-se possível obter um resultado de acordo com o projeto. Além disso, foi possível corroborar que houve a verificação dos seguintes benefícios: (i) redução de retrabalho; (ii) melhoria na visualização e fluxo; e; (iii) aumento da qualidade e produtividade.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma revisão bibliográfica sobre *Building Information Modeling* e sobre *Lean Construction*, visando identificar os benefícios que estas técnicas podem trazer para a construção civil uma vez que aplicados. Sobre esse estudo, identifica-se que para as empresas do setor da construção civil, principalmente as de pequeno porte, a gestão da

informação e a introdução de novas construtivas fica barrada no elo tradicionalista, isto é, na dificuldade de alteração dos aspectos culturais. Além disso, fica evidente que os treinamentos exigidos para efetivação dos novos métodos construtivos são vistos como um custo adicional a obra e um risco de que o funcionário possa pedir aumento por estar qualificado ao serviço.

Sobre a implementação do software BIM conjuntamente a metodologia LC identifica-se que o processo de implementação é longo e envolve não somente as questões financeiras, como aquisição das licenças de softwares, computadores mais potentes e treinamentos. Mas também os aspectos culturais, isto é, da mudança de paradigma. Ademais, os resultados mostraram que o uso do BIM oferece benefícios para as partes envolvidas, desde projeto até a execução. Alguns aspectos descritos como benefícios da aplicação da técnica na literatura científica não foram identificados na prática. No entanto, pode-se atribuir a esse resultado o fato que os proprietários do empreendimento não queriam controlar através do software BIM, o orçamento e cronograma da obra. Assim, pode-se concluir que o estudo proporcionou algumas contribuições acadêmicas relevantes e permitiu o avanço do conhecimento sobre a inovações e sustentabilidade na construção civil. Para futuros trabalhos sugere-se uma aplicação como um prospecto maior, afim de evidenciar os ganhos que essa metodologia pode gerar a uma obra de maior porte.

REFERÊNCIAS

- AZHAR, S. **Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry.** [S.l]: Leadersh. Manag. Eng., 2011.
- BARBA, D. J.; GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B. L. Sustainability Assessment in Conventional and Industrialized Systems Built in Brazil. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 144–149, 2015.
- BARTH, F.; VEFAGO, L. H. **Tecnologia de fachadas pré-fabricadas.** Florianópolis: Ed. Letras Contemporâneas, 2007.
- BARTZ, A. P. B.; RUPPENTHAL, J. E. **Aplicação da manufatura enxuta como fator de aumento da competitividade.** Venezuela: Revista Espacios, 2013.
- BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. **Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção.** Ambiente Construído, v. 15, n. 2, p. 79–96, 2015.
- CAMARGO, A; CAPOBIANCO, R. P. J.; OLIVEIRA, P. A. J. **Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92.** 2 ed. São Paulo: Estação Liberdade, 2015. 471p.
- CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção.** 2017. Disponível em: <www.cbic.org.br/arquivos/Guia_de_Boas_Praticas_em_Sustentabilidade_CBIC_FDC.pdf>. Acesso em: 15, fev 2017.
- CHANG, R.-D. et al. Evolving theories of sustainability and firms: History, future directions and implications for renewable energy research. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, n. November 2015, p. 48–56, 2017.
- CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION. **Implementing Lean in Construction:** London: Lean Construction and BIM, 2013.

- CZMOCH, I.; PEKALA, A. **Traditional design versus BIM based design**. *Procedia Engineering*, v. 91, p. 210-215, 2014.
- DE CONTO, V. **O caminho para a sustentabilidade socioambiental de HIS via selo Casa Azul Caixa**. 2017. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- DURAN, D. C. et al. The objectives of sustainable development - ways to achieve welfare. *Procedia Economics and Finance*, v. 26, n. 15, p. 812–817, 2015.
- EASTMAN, C. M. et al. **BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, architects, engineers, contractors, and fabricators**. Reino Unido: John Wiley and Sons, 2011.
- EUSTÁQUIO, J.; ALVES, D. Os 70 anos da ONU e a agenda global para o segundo quinquênio (2015-2030) do século XXI. *Revista Brasileira de Estudos População*, v. 32, n. 3, p. 587–598, 2015.
- FENCKER, E. A. et al. **Gestão ambiental: incentivos, riscos e custos**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2015. 232p.
- GOMES, J.; LACERDA, J. **Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: análise do estado da arte**. Florianópolis: Tecnologias para Competitividade Industrial, v. 7, n. 2, 2014.
- HAMED, L. **BIM do 3D ao 7D**. 2015. Disponível em: <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 20 out. 2016
- KHADDAJ, M.; SROUR, I. **Using BIM to Retrofit Existing Buildings**. [S.l]: *Procedia Engineering*, v. 145, p. 1526–1533, 2016.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. California: Stanford University, 1992.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica**. Ed. 6, Brasil: Atlas Editora, 2011.
- LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE. **What is lean construction?**. 2012. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 18 out. 2016.
- LIU, Y. et al. **Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China**. [S.l]: *Proj. Manag*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.007>
- LUKOWSKI, J. **Lean construction principles eliminate waste**. 2010. Disponível em: <<http://www.powermag.com>>. Acesso em: 18 out. 2016.
- MARJABA, G. E.; CHIDIAC, S. E. Sustainability and resiliency metrics for buildings - Critical review. **Building and Environment**, v. 101, p. 116–125, 2016.
- MIETTINEN, R.; PAAVOLA, S. **Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling**. [S.l]: *Automation in Construction*, v. 43, p. 84–91, 2014.
- MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 380p.
- NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Porto Alegre: Bookman Editora LTDA, p. 441, 2013.

MARHANI, M. et al. **Sustainability through Lean Construction Approach: A literature review.** [S.l]: Procedia Social and Behavioral Sciences, v.101, p. 90, 2013.

OLIVEIRA, M. L.; SILVEIRA, F; VENTURINI, J. S; RUPPENTHAL, J. E. “Proposta de ações baseadas nos 11 princípios lean construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria – RS”. *Revista Espacios*, Venezuela, v. 37, n. 21, 2016. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a16v37n21/16372117.html>>. Acesso em: 09 mai. 2017.

PEKURI, A. et al. **Managing Value Creation: The business model approach in construction.** [S.l]: Journal Business Innovation and Reaserch. v.8, n.1,p.16, 2014.

PUSKAS, A.; MOGA, L. M. Sustainability of reinforced concrete frame structures - A case study. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 10, n. 2, p. 165–176, 2015.

SINDUSCON. **Estratégias e Produtividade.** Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://www.sinduscon-rs.com.br>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

SVENSSON, B. W. G. A framework to navigate sustainability in business networks the transformative business sustainability. **European Business Review**, v. 26, p 340-367, 2014.

SMITH, P. **BIM & the 5D project cost manager.** [S.l]: Procedia Engineering, v. 119, p. 475 – 484, 2014.

VERBINNEN, B. et al. Recycling of spent adsorbents for oxyanions and heavy metal ions in the production of ceramics. **Wast Management**, v.45, 2015.

WCED. World Commission on Environment and Development. *Our Common Future.* Londres: Oxford University Press, 400p.,1987.

ZUTSHI, A.; CREED, A. An international review of environmental initiatives in the construction sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 92–106, 2015.