

AS POSSIBILIDADES DE ATUAÇÃO DO ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO NA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)

THE POSSIBILITIES FOR THE PRODUCTION ENGINEER TO ACT IN THE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Judith Ferreira Campos* (jucamppos@gmail.com)

Maria Aparecida Fernandes Almeida* (mafa@pucminas.br)

IPUC Instituto Politécnico da Pontifícia Universidade de Minas Gerais

Resumo: O objetivo geral deste trabalho é analisar novas possibilidades de atuação para o profissional da Engenharia de Produção no setor da construção civil, a partir das novas relações de trabalho e processos oriundos da implantação da Modelagem da Informação da Construção ou “*Building Information Modeling*” (BIM), pela indústria da AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) e suas transformações. O BIM recentemente passou a ser exigido no Brasil através de políticas públicas o que criará diversas possibilidades de atuação do Engenheiro de Produção na AECO. Serão apresentados os resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre os desafios encontrados, as possibilidades e perspectivas futuras de atuação do Engenheiro de Produção na área da Modelagem da Informação da Construção. Desta maneira, espera-se contribuir para a discussão sobre a abrangência dos campos de conhecimento e atuação da Engenharia de Produção.

Palavras-Chave: *Building Information Modeling*. Engenharia de Produção. Dimensões do BIM. *Lean Construction*.

Abstract: The general objective of this work is to analyze new possibilities of performance for the Production Engineering professional in the civil construction sector, from the new work relations and processes arising from the implementation of the Construction Information Modeling (BIM), by the industry of AECO (Architecture, Engineering, Construction and Operation) and its transformations. BIM has recently become a requirement in Brazil through public politics, which will create several possibilities for the Production Engineer to work at AECO. It will be presented the results of a bibliographic research on the challenges encountered, the possibilities and future perspectives of performance of the Production Engineer in the area of Building Modeling Information. In this way, it is expected to contribute to the discussion on the scope of the fields of knowledge and performance of Production Engineering.

Keywords: Building Information Modeling. Production Engineering. Dimensions of BIM. Lean Construction.

1. Introdução

A Engenharia de Produção é uma Engenharia moderna, derivada da Engenharia Mecânica. Esse desdobramento se deu em resposta a necessidade de se organizar os sistemas produtivos que começaram a ficar mais complexos a partir da Segunda Revolução Industrial,

na segunda metade do século XIX. Entre seus precursores podem ser citados: F.W. Taylor, Frank e Lillian Gilbreth, Henry Gantt, Walter A. Shewhart e Henry Fayol. Como diferencial, frente às outras Engenharias, podemos destacar seu foco gerencial, o que permite flexibilidade na atuação devido à sua percepção holística dos processos. Além disso, é também multidisciplinar, o que exige desse profissional constante atualização sobre tecnologias e metodologias de gestão, a fim de se manter no mercado e para garantir a competitividade do negócio em que atua. De acordo com ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção) são contribuições dessa Engenharia:

“Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. (...)”. (PORTAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2019).

Ou seja, o Engenheiro de Produção é um profissional com atuação versátil capaz de contribuir com seus conhecimentos nos mais diversos sistemas produtivos, não somente no setor industrial, o mais tradicional, como também no de serviços. Atualmente no Brasil podem ser encontrados Engenheiros de Produção trabalhando no agronegócio, hospitais, bancos, varejo, startups e na construção, que é área desse estudo.

Na construção civil, esse profissional tem atuado nos setores financeiro, comercial, logístico, planejamento e gestão de contratos. No entanto, a política do governo federal de adoção do BIM pode abrir novas frentes de atuação para os Engenheiros de Produção, já que essa modelagem requer uma nova organização do trabalho na construção civil para funcionar adequadamente.

Segundo Arnal (2018), a Teoria das 10 Dimensões BIM inclui “ferramentas / meios / propósitos que ajudam a entender o processo de construção como ferramentas digitais de modelagem tridimensional que, juntamente com um banco de dados, leva a uma nova maneira de trabalho denominada de processos colaborativos. O intuito desta abordagem é alinhar todos os agentes que participam do ciclo de vida de um edifício, empreendimento para chegar ao estágio de construção industrializada”. A Teoria das 10 Dimensões é sumarizada a seguir:

- **Dimensão 1:** implica a implantação de protocolos BIM: documentos, padronizações, normas em um país ou organização;

• **Dimensão 2:** é baseada na introdução de fluxos de trabalho colaborativos e envolve novas maneiras de contratar e criar um compromisso com soluções de gerenciamento integradas;

• **Dimensão 3:** trata da modelagem digital e, a essa dimensão, adiciona-se o 3D + que traz identificação de inconsistências, captura de realidade e produtos BIM;

• **Dimensão 4:** trata do planejamento temporal, precisamente vinculado a cada um dos elementos modelados e vinculado;

• **Dimensão 5:** lida com a economia do projeto ou como cada elemento BIM, é sincronizado com seu preço, sua origem, sua instalação e os custos de sua implantação e manutenção;

• **Dimensão 6:** trata da sustentabilidade dos projetos e da construção focada em seu vértice ambiental, tal como a sua contabilidade de CO2;

• **Dimensão 7:** é dedicada à operação e manutenção de instalações construídas e ativos manufaturados;

• **Dimensão 8:** voltada para o conceito de Acidente Zero, para segurança e saúde durante o projeto e a fase de manutenção das construções;

• **Dimensão 9:** trata da introdução da filosofia de gestão enxuta no setor de construção, chamada de construção enxuta.

• **Dimensão 10:** é o objetivo comum de todas as outras dimensões, que é industrializar a construção, torná-la mais produtiva, integrando as novas tecnologias através de sua digitalização.

Figura 1: Dez Dimensões BIM



Fonte: BIM Community (2018).

Tendo como base a Teoria das 10 dimensões BIM, este trabalho pretende analisar e estabelecer para cada dimensão as potencialidades de atuação para o Engenheiro de Produção. O trabalho está dividido da seguinte forma. Esta seção 1 apresenta a introdução e uma visão geral sobre a interrelação das áreas. A seção 2 apresenta o referencial teórico. A seção 3 apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo. A seção 4 apresenta os resultados encontrados e a seção 5 apresenta a conclusão do trabalho.

2. Referencial Teórico

2.1 BIM e as políticas de implantação no Brasil

BIM faz a modelagem 3D por meio da informação digital das características físicas e funcionais da construção, e a correlaciona com um banco de dados. No entanto, de acordo com Ruschel (2013), não é simplesmente a utilização da modelagem em 3D, ou uma nova tecnologia. É, na verdade, uma integração de tecnologia e processos, que abrange todo o ciclo de vida da edificação: desde o estudo de viabilidade até a demolição ou reforma. O *National Building Information Modeling Standards* – NBIMS, instituto que fornece os padrões para a BIM, nos Estados Unidos, define BIM como:

Uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Um modelo BIM é um recurso para o compartilhamento de informações sobre uma instalação ou edificação, constituindo uma base de informações organizada e confiável que pode suportar tomada de decisão durante o seu ciclo de vida; definido como o período desde as fases mais iniciais de sua concepção até a sua demolição. Uma das premissas básicas do BIM é a colaboração entre os diferentes agentes envolvidos nas diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação ou edificação, para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações de um modelo BIM para auxiliar e refletir os papéis de cada um destes agentes envolvidos. (PORTAL DO NATIONAL BUILDING INFORMATION MODELING STANDART, 2019.)

O conceito de BIM não é tão novo, de acordo com EASTMAN (2014), essa metodologia não é recente, pois já é utilizada em outras indústrias, nas quais os custos de processo e desenvolvimento são expressivos, como a indústria química e automobilística. É uma evolução da metodologia CAD, *Computer Aided Design*, popular até os dias de hoje. Na década de 80, a partir da evolução da informática, os desenhos das vistas, dos cortes, feitos manualmente nas pranchetas em papel vegetal começaram a ser substituídos pelas ferramentas de desenho computacional, inicialmente 2D e com o passar do tempo em 3D. Até que nos anos 2000 o desenvolvimento dessas ferramentas culminou na modelagem BIM, CBIC (2017). A Autodesk principal empresa do segmento foi fundada em 1982, e no ano posterior lançou o AutoCAD, o primeiro CAD significativo para PCs, Autodesk (2017).

No Reino Unido, Cingapura e Chile os governos têm incentivado a adoção da técnica com a exigência de que obras com recursos públicas utilizem o BIM, CBIC (2017). No Brasil, BIM chegou em 2000, e começou a ser disseminado em 2010. De acordo com pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) no ano de 2018 o número de empresas que utilizavam BIM correspondia a 9,2%. Santa Catarina foi o primeiro estado a publicar o Caderno BIM com orientações de padronizações para licitações de obras públicas.

O Decreto 14.473/2017 de 5 de junho de 2017 (BRASIL, 2017) instituiu temporariamente o Comitê Estratégico de Implementação do “*Building Information Modeling*” no país com a finalidade de propor, no âmbito do Governo federal, a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* - BIM. Após os trabalhos do Comitê sobre as diretrizes de implantação da Estratégia BIM no Brasil, o Decreto Nº 9.377, de 17 de maio de 2018 (BRASIL, 2018) instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* revogando o Decreto de 5 de junho de 2017 (BRASIL, 2017). O Comitê Gestor, antes em caráter temporário, foi designado para atuação permanente nos direcionamentos da Estratégia BIM BR através do Decreto 9.983 de 22 de agosto de 2019 (BRASIL, 2019). Este decreto, vigente, dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* e institui o Comitê Gestor da Estratégia do *Building Information Modeling*.

No âmbito da legislação federal para obrigatoriedade de apresentação de projetos BIM em obras públicas, o recente decreto presidencial n. 9.983 de 22 de agosto de 2019 (BRASIL, 2019) vem reforçar a denominada Estratégia BIM BR criando seu Comitê Gestor:

Art. 5º Compete ao Comitê Gestor da Estratégia BIM BR:

- I - Definir e gerenciar as ações necessárias para o alcance dos objetivos da Estratégia BIM BR;
- II -Elaborar anualmente o seu plano de trabalho, que conterá cronograma e estabelecerá as ações prioritárias para o período;
- III - Atuar para que os programas, os projetos e as iniciativas dos órgãos e das entidades públicas que contratam e executam obras públicas sejam coerentes com a Estratégia BIM BR;
- IV - Promover o compartilhamento de informações e analisar o impacto das iniciativas setoriais relacionadas a BIM, com vistas à harmonização e à promoção de eficiência e sinergia entre as ações dos órgãos e das entidades públicas;
- V - Acompanhar e avaliar periodicamente os resultados da Estratégia BIM BR e subsidiar as atividades de articulação e de monitoramento de programas de governo da Presidência da República, quando solicitado;
- VI - Articular-se com instâncias similares de outros países e dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios; e

VII - Deliberar sobre a atualização e a revisão periódica da Estratégia BIMBR.(BRASIL, 2019).

É possível de se afirmar que o Decreto 9.983 será substituído por outro que o complemente para atender as metas estabelecidas pelo Comitê Estratégico do BIM no documento já publicado pelo Ministério da Indústria e Comércio intitulado “Construção Inteligente” (MDIC, 2017).

O Comitê Gestor é composto de representantes na Casa Civil, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Ministério da Defesa, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, Ministério das Cidades, Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão e da Secretaria- Geral da Presidência da República (MDIC, 2017). No referido decreto é visível à necessidade de uma nova formação:

Art. 2º A Estratégia BIM BR tem os seguintes objetivos específicos:

- I - Difundir o BIM e seus benefícios;
- II- Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III- Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado em BIM;
- IV- Estimular a capacitação em BIM;
- V- Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI- Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII- Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII- Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e.
- IX- Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM. (BRASIL, 2018).

O objetivo é promover o aumento da qualidade, eficiência e sustentabilidade das construções, além de tornar os processos de licitação mais transparentes. A iniciativa abrangerá desde as pequenas construtoras onde o SENAI oferecerá auxílio técnico, até as empresas de maior porte. Assim, a expectativa é de que haja um aumento de 10% na produtividade do setor e também uma redução de custo que pode chegar a 20%, segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2019).

Paralelo ao Decreto nº 9.377, o governo federal divulgou o Livro de Estratégias BIM, em que apresenta um cronograma a ser adotado pelo Comitê Estratégico e os grupos lhe dão suporte

(Road Map). A adoção do BIM será exigida de modo escalonado, em três fases conforme Figura 2:

Figura 2: Infográfico Escalonamento da Implantação das Estratégias BIM



Fonte: Elaborado pelas autoras (2019).

Com essas ações, o Brasil se apresenta junto dos países com incentivo a adoção do BIM, de acordo com a Figura 3.

Figura 3-Mapa dos principais países onde as iniciativas BIM são mais evidentes



Fonte: CBIC (2017).

O governo do estado de Santa Catarina foi o primeiro a publicar o Caderno de Projetos em BIM (2014) para determinação de padronização nas licitações de obras públicas. A Rede BIM Gov. Sul, agrega os governos estaduais do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e que estão, de forma colaborativa, planejando a implantação do BIM em seus projetos e obras públicas desde o início de 2015 (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2017). O Estado do Rio de Janeiro através do Decreto N° 46.471 de 24 de outubro de 2018 instituiu a Estratégia Estadual de Disseminação do *Building Information Modeling* – BIM (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2018). A Gerência BIM na Paraíba, em parceria com a Superintendência de Obras do Plano de Desenvolvimento da Paraíba (Suplan), inicia a implantação da plataforma BIM visando à redução de custos de obras (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 2019).

No Estado de Minas Gerais a regional da Câmara Brasileira de BIM (CBIM-MG) vem apresentando iniciativas para a difusão do BIM e, conseqüentemente o desenvolvimento de todo o setor AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação). Segundo o SINAENCO (2019) Minas Gerais já faz uso do BIM para gestão de obras internas cerca de 600 edifícios do Tribunal de Justiça de Minas Gerais (TJMG). O Governo do Estado de Minas Gerais iniciou o processo de implantação da metodologia com o Termo de Abertura do Projeto de Implantação do *Building Information Modeling*, assinado no dia 14 de março pelo Secretário de Estado de Transportes e Obras Públicas pelo Diretor-Geral do DEER/MG (GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2019).

A Prefeitura de Belo Horizonte, através de sua Portaria N° 005, de 14 de agosto de 2019, instituiu o Grupo técnico para implantação do *Building Information Modeling* no âmbito da Administração Direta e Indireta do Município de Belo Horizonte – GTBIM-BH (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2019).

2.2 CAD versus BIM

O BIM rompe os paradigmas e oferece maior eficiência para o projeto. Enquanto nas técnicas tradicionais ainda se utiliza o CAD (*Computer Aided Design*), sobretudo 2D, no BIM os desenhos são conceituais, realísticos e possuem uma dinâmica operacional mais rápida. Nesta os desenhos 3D são feitos independentes de um modelo em 2D, e os objetos da construção são representados por parâmetros e regras que determinam a geometria, e algumas propriedades não geométricas. Assim as modificações são automaticamente replicadas para todas as partes do projeto. Além disso, é possível desenhar geometrias complexas, que antes eram

impraticáveis, e criar de uma biblioteca de objetos onde a empresa pode ser registrar suas melhores práticas, (Eastman et al, 2014).

2.3 A implantação da BIM e suas implicações

No BIM a representação gráfica passa a ser substituída pela simulação. Isso exige um perfil profissional diferente do tradicional que opera o CAD. O enfoque do projeto que passa a ser mais de planejamento e menos execução, o que requer capacitação da mão de obra, investimento em estrutura e processos. Não basta simplesmente aderir às ferramentas de tecnologia, é necessário que toda cadeia esteja integrada e capacitada para lidar com esse novo modelo. Além disso, sua implantação exige dedicação e constante reciclagem para sempre garantir o alinhamento de toda cadeia e adequação da modelagem. Esse tipo de modelagem garante competitividade no mercado, porém exige uma implementação bem executada.

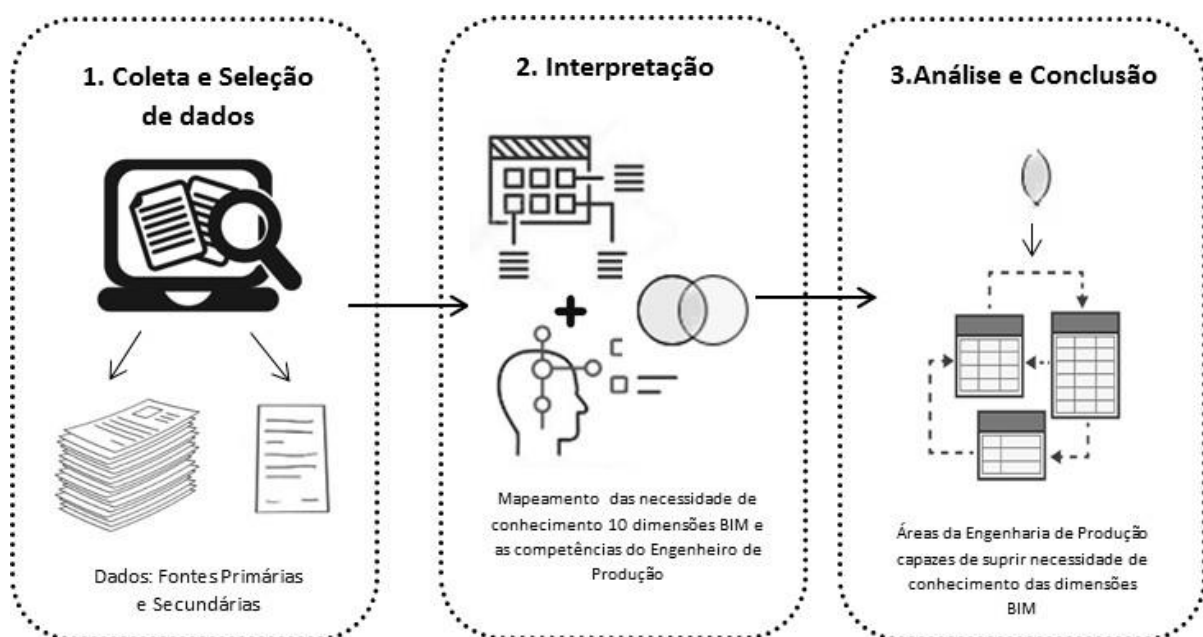
Apesar disso, a metodologia torna a construção civil mais sustentável, pois permite através do protótipo virtual, simular a interação do edifício com o ambiente, fornecendo parâmetros importantes para os estudo e análises de energia, acústica, temperatura, estrutura etc. Assim é possível de se antever problemas na fase pré-obra, o que aumenta a confiabilidade nos prazos e custos estimados e a qualidade da edificação. O BIM também possibilita uma redução dos resíduos sólidos, e uma melhor gestão das matérias primas, bem como a manutenção da edificação posteriormente sua construção, uma vez que as informações da edificação ficam centralizadas. É possível acompanhar todo ciclo de vida da edificação, assim as atividades de manutenção se tornam mais eficientes e seguras, pois a metodologia trabalha sobre a perspectiva conhecida como *Human Factor Engineering*- HFE, na qual durante a fase de projeto já são considerados os acessos para as atividades de manutenção de modo, considerando a estrutura do corpo humano, altura peso para garantir uma preservação da segurança e saúde. Além disso, Modelos BIM podem ser usados como base de dados, para a realização de processos de manutenção e gestão de ativos, após a conclusão e entrega de uma obra.

3. Metodologia

Este trabalho consistiu em uma pesquisa do tipo descritiva, com abordagem qualitativa, na qual a primeira etapa consistiu em um levantamento bibliográfico para se obter os principais conceitos, perspectivas e cenário da aplicação do BIM. O trabalho utilizou pesquisa com fonte secundária os dados da pesquisa Road Show BIM da Câmara Brasileira da Indústria da

Construção (CBIC) para análise de cenário do uso de BIM no Brasil. Posteriormente, foram mapeadas as necessidades de conhecimentos para cada das 10 dimensões BIM, bem como as áreas de conhecimento pertencentes à Engenharia de Produção capazes de suprir cada uma dessas necessidades das dimensões.

Figura 4: Metodologia da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelas autoras (2019).

4. Desenvolvimento do Trabalho

4.1 Níveis de implantação do BIM

A complexidade da metodologia BIM leva a muitos estudiosos utilizem classificações de acordo com as dimensões utilizadas e de acordo com os níveis de implantação. De acordo com Münch (2003) BIM contempla as seguintes dimensões de implantação:

- **3D Protótipo virtual (modelo):** Pode ser testado e analisado para várias condições ambientais, além das normas técnicas.
- **4D Modelo virtual + planejamento físico da obra:** Animação da execução da obra, baseada no planejamento construído no software;
- **5D Modelo virtual + orçamento /Modelo virtual + orçamento + planejamento físico da obra:** Um software de orçamento é integrado à plataforma modeladora BIM;
- **6D Sustentabilidade:** São realizadas análises dos parâmetros que envolvem a edificação e o meio ambiente: emissão de carbono, eficiência energética;

- **7D Facilities management (COBie):** São inseridas informações úteis a todo o ciclo de vida da obra, de modo a permitir sua gestão presente e futura, manutenção.

De acordo com Succar, 2009 podemos classificar BIM também em níveis em termos da colaboração em um projeto de construção:

- **Pré-BIM: No nível 0 ou Pré-BIM** há uma baixa colaboração e interoperabilidade (comunicação entre softwares), com práticas tradicionais com desenhos e detalhes 2D. O fluxo de trabalho é baseado na documentação;

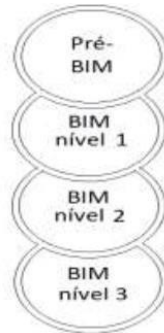
- **BIM nível 1 (BIM 1.0):** a modelagem é baseada em objetos com uma colaboração parcial. É feita a modelagem paramétrica (os objetos estão relacionados entre si) e visualização 3D com automação de detalhamento quantitativo. A tecnologia é utilizada como ferramenta, pois o processo de trabalho ainda é individualizado, sem envolvimento e colaboração de outras disciplinas;

- **BIM nível 2 (BIM 2.0):** existe uma colaboração completa com compartilhamento de informações e intercâmbio entre disciplinas, uso do 4D (tempo) e 5D (custo), detecção de conflitos e análises. A tecnologia é expandida para outras disciplinas (multidisciplinar) e a interoperabilidade surge como termo essencial para que no novo paradigma BIM se tome um processo continuado;

- **BIM nível 3 (BIM 3.0):** existe a integração completa com o desenvolvimento de modelos multidimensionais com compartilhamento, comunicação sincronizada e colaboração através de servidor. É possível desenvolver análises complexas envolvendo sustentabilidade, custo, processo *lean*. Amplia as possibilidades de interoperabilidade através de protocolos abertos e ambientes de trabalho virtuais, na busca de que todos os agentes envolvidos no processo possam contribuir coletivamente, dentro das especificidades de suas disciplinas;

A Figura 5 apresenta os níveis de Maturidade propostos por Succar (2009).

Figura 5: Níveis de Maturidade BIM



Fonte: Adaptada de SUCCAR (2009).

Ainda de acordo com Succar (2009) os estágios de adoção de BIM podem ser divididos em:

- **Primeiro Estágio:** envolve uma única área de projeto no desenvolvimento do modelo paramétrico 3D com ferramenta de autoria e fica-se restrito a uma fase específica do processo (projeto, construção ou operação). Os produtos resultantes desse estágio de adoção de BIM são modelos 3D da geometria e documentação (desenhos, imagens, quantitativos de materiais e vários tipos de relatórios), extraídas a partir de um modelo;

- **Segundo Estágio:** a ênfase está no compartilhamento multidisciplinar do modelo entre uma ou duas fases do processo de projeto, envolvendo até duas áreas ou dois agentes diferentes, como, por exemplo, arquitetura e estrutura, ou gerenciamento de custos. Esse estágio é caracterizado pela colaboração baseada em modelos. Os produtos resultantes desse estágio de adoção de BIM são modelos com quarta dimensão (tempo associado ao planejamento da obra) e quinta dimensão (modelo de previsão de custos), compatibilização do modelo por meio de “*Clash detection*” (verificação de conflitos) e, conseqüentemente, melhoria das informações extraídas do modelo. A adoção do BIM neste estágio requer a implementação de coordenação nos processos de projeto objetivando a adoção de equipes de projeto coordenadas;

- **Terceiro Estágio:** a ênfase está na criação compartilhada e colaborativa do modelo da edificação, em todo o processo do empreendimento, envolvendo as fases de concepção, construção e operação, bem como múltiplas áreas. Este estágio é caracterizado pela integração em rede. O processo é simultâneo e recursivo, envolvendo análises complexas. Múltiplas disciplinas utilizam e modificam o mesmo modelo, por meio de um processo integrado e compartilhado, fazendo uso de repositório e sistemas de banco de dados. Para Succar (2009), o terceiro estágio de adoção de BIM implica a adoção de Entrega Integrada de Projeto ou *Integrated Project Delivery* (IPD), que é uma abordagem de desenvolvimento de projeto que

agrega pessoas, sistemas, estruturas organizacionais e práticas, num processo intensamente colaborativo. O IPD caracteriza-se pela colaboração entre proprietário, projetista e empreiteira, começando já nos estágios iniciais do processo de projeto e continuando até a entrega final da edificação.

4.2 *Lean Construction*: a primeira relação BIM com a Engenharia de Produção

As premissas do *Lean Construction* (Construção Enxuta) despontaram em 1992 com publicação do artigo: *Application of the new production philosophy in the construction industry*, do finlandês Lauril Koskela. Trata-se de uma adaptação dos princípios do Sistema Toyota de Produção para a construção, cujos principais objetivos são: redução de desperdícios, aumento do valor para o cliente e melhoria contínua. (KOSKELA, 2010).

O Sistema Toyota de Produção, também chamado de Lean Manufacturing (Produção Enxuta) é um conjunto de técnicas e ferramentas de gerenciamento da produção que nasceu na década de 50 no Japão. A Produção Enxuta é vista como uma nova forma de enxergar não somente a produção, mas o negócio, pelo fato de envolver também o desenvolvimento de produtos, o relacionamento com fornecedores, as vendas e a gestão de pessoas (PICCHI, 2003). Foi desenvolvido por Taiichi Ohno, chefe da produção da Toyota, com o objetivo de tornar a indústria automobilística japonesa mais competitiva frente às indústrias de produção em massa da Europa e Estados Unidos. Seus pilares são o JIT (*Just in Time*) e Jidoka.

O objetivo do JIT é produzir somente o solicitado pelo cliente, na quantidade e prazo por ele determinados. Nessa perspectiva, os estoques são controlados de modo a possuírem o menor tamanho possível. Os clientes direcionam a produção, fazendo com que cada processo produza o necessário para o processo seguinte, em fluxo contínuo e sem interrupções. O objetivo do *Jidoka* é controlar a qualidade na fonte. Assim, o operador ou a máquina devem parar o processo quando verificado alguma anomalia.

Na construção civil as fábricas são nômades visto que a produção muda de local a cada empreendimento. As organizações dos projetos da construção são consideradas temporárias, o time que desenvolve e abastece os projetos muda a cada empreendimento e os projetos são em geral únicos ou têm baixo nível de repetitividade quando comparados com a indústria manufatureira. O produto é fixo e os trabalhadores e os postos de trabalho são móveis. (BARROS NETO & ALVES, 2008, p.3).

Solomon (2004) aponta que as principais diferenças são a diversidade das atividades e as características do produto final. Apesar das diferenças existentes entre manufatura e a construção, existe uma grande possibilidade de aplicação do sistema de Produção Enxuta na Construção Civil. De acordo com Koskela (1992) os Princípios da *Lean Construction* são:

I. Redução das atividades que não agregam valor: eliminação das atividades que consomem recursos, tempo ou espaço, mas que não contribuem para atender aos objetivos do cliente.

II. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes: no projeto do produto e na gestão da produção devem ser observadas as necessidades dos clientes externos e internos, para garantia de sua satisfação.

III. Redução da Variabilidade: a variabilidade deve ser controlada para se manter o produto final dentro das especificações garantindo a uniformidade e satisfação do cliente e para se evitar atividades que não agregam valor.

IV. Redução do tempo de ciclo: conceito baseado no Just in time, o objetivo é reduzir o tempo total de construção (ciclo), que inclui o tempo das esperas, transporte inspeção e processamento.

V. Simplificar, reduzindo o número de partes ou passos: por meio dessas reduções, são eliminadas atividades que não agregam valor no processo de produção.

VI. Aumento da flexibilidade de saída: possibilidade de fazer alterações das características do produto acabado, sem aumentos substanciais nos custos.

VII. Aumentar a transparência do processo: o objetivo é facilitar trabalho, com mais informações disponíveis, e detectar os erros mais facilmente.

VIII. Focar o controle no processo global: o processo deve ser considerado como um todo a fim de corrigir desvios que atrasam o prazo de entrega. Assim evita se sub otimizações em processos que geram baixo impacto, ou impacto negativo no processo global.

IX. Introduzir melhoria contínua no processo: a busca pela eliminação de atividades que não agregam valor e as reduções de perda devem ser parte da rotina da equipe, através de uma gestão participativa.

X. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas transformações: melhores fluxos requerem menores capacidades de conversão, consequentemente menores investimentos em equipamentos.

XI. Benchmarking: aliado a melhoria contínua, para manter sua competitividade a empresa deve buscar pelo aprendizado das melhores práticas do mercado.

A metodologia *Lean Construction* (Construção Enxuta) potencializa a eficiência do BIM. Uma ferramenta complementa a outra e assim o processo de construção torna-se mais produtivo: integrando as é possível melhorar a gestão dos recursos e o controle de qualidade, além de eliminar os desperdícios e reduzir custos. Essa forma de trabalho é interessante, pois muitos empreendimentos também trabalham com *Lean Construction*.

De acordo com Slack (1997), essa metodologia chegou ao Brasil em 1996, por meio de consultores e pesquisadores da área de planejamento da gestão da produção. Segundo Sacks et al (2010), BIM e *Lean Construction*, quando aplicados simultaneamente, trazem mais benefícios do que cada uma dessas metodologias aplicadas separadamente. Já na perspectiva de Arnal (2018), na verdade não há como dissociar uma da outra, já que a *Lean Construction* é uma ferramenta integrada à nona dimensão do BIM.

4.3 Cenário do BIM no Brasil

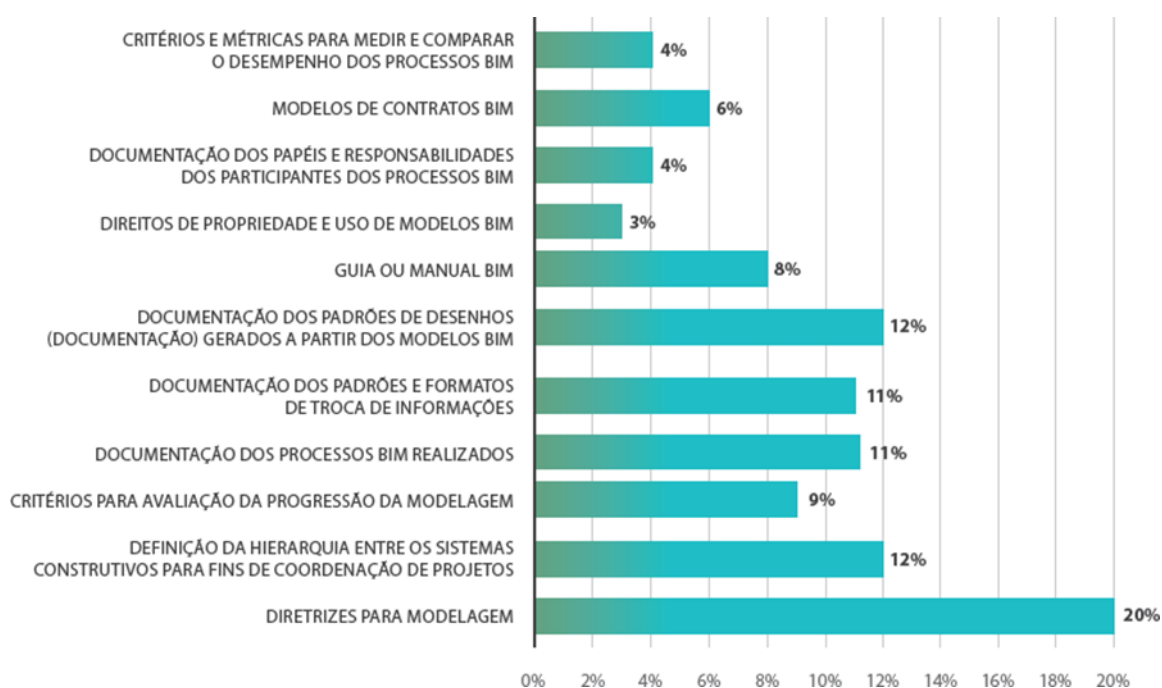
Em maio de 2018 a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) juntamente com o SENAI Nacional, publicaram o documento: *Road Show BIM* resultados das pesquisas e desdobramentos, fruto do “Workshop Implementação BIM”, que percorreu 14 cidades de todas as regiões do país com o objetivo de difundir BIM como alternativa viável de inovação na construção. Nos eventos foi aplicado um questionário com 3 mil profissionais da área, no qual foram coletadas 947 respostas, que elucidam o atual cenário de BIM no Brasil.

Historicamente, a indústria da construção é conhecida por sua deficiência em cumprir prazos e orçamentos, não apenas no Brasil, mas mundialmente. A pesquisa revelou que 61,4% das obras são entregues com atraso, sendo que 20,5% dessas, com mais de 3 meses de atraso. Além disso, mais de 60% das obras terminam com orçamento acima do previsto. De certa forma, essa deficiência na gestão também pode ser explicada no baixo uso de sistemas de gestão integrados (ERP's), pois apenas 20 % fazem sua utilização sendo que apenas 3,2% desses fizeram a integração com BIM.

Em relação a percepção dos benefícios do BIM foram enfatizados a eficiência nos aspectos técnicos de projeto. Além do apoiar à gestão no controle dos custos, prazos e extração de quantitativos, ênfase do BIM 5D. Como vantagem foram citados o aumento da qualidade de projeto e construção e, o aumento da precisão e redução dos custos e prazos, além do alinhamento com o mercado.

Em relação aos itens do BIM desenvolvidos pelas empresas que já a utilizam, Figura 6, podemos perceber que as competências mais técnicas foram as mais desenvolvidas, como diretrizes de modelagem 20% e documentação padrão de desenho 12%. Enquanto que a parte de gestão recebe menor atenção como medidas de desempenho 4% e direito de propriedade 3%.

Figura 6: Itens do BIM desenvolvidos nas empresas



Fonte: CBIC (2018).

A pesquisa revelou que BIM atualmente está mais presente no segmento de edificações, principalmente residenciais obras viárias, de montagem e de artes especiais em conjunto com outros tipos, sendo seu uso nas partes de acabamento ainda insignificante. Com as iniciativas do governo, sua abrangência aumentará pelas demais áreas. A sondagem da FGV, realizada em março de 2018 com 700 empresas de construção, mostra ainda que o uso do BIM é reduzido e desigual no Brasil: apenas 9,2% das empresas adotaram o BIM no país. No entanto, segundo aponta dados da Coordenação de Planejamento e Inteligência da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) se metade das empresas adotarem o modelo BIM na próxima

década, projeta-se que a economia da construção civil brasileira crescerá 7%. Isso significa um aumento de R\$ 21,9 bilhões no PIB do setor nos valores de 2018.

4.4 A Engenharia de Produção e o BIM

De acordo com a ABREPO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção) o Engenheiro de Produção possui competência para atuar qualquer setor produtivo:

“Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia (...) “PORTAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2019).

Para analisar as possibilidades de sua atuação na construção a partir do BIM, mapeou-se para cada dimensão proposta por Arnal (2018) os conhecimentos necessários, e as áreas e subáreas, metodologias, técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção, capazes de responderem a essa demanda.

O Quadro 1 (Apêndice A), apresenta a atuação do Engenheiro de Produção nas dimensões BIM. A atuação é especificada em termos de metodologias, técnicas e ferramentas da EP:

- **1D:** nesta dimensão o EP pode atuar na definição de protocolos BIM, documentos, padronizações, normas para adoção de plataformas de modelagem BIM na empresa. As principais áreas envolvidas são Gestão da Inovação Tecnológica e Gestão de Tecnologia.

- **2D:** No fluxo de trabalho colaborativo o EP pode atuar na compatibilização de projetos aplicando métodos de desenvolvimento de produtos. O produto (a construção) é considerado como estratégica empresarial. Métodos de organização de produtos podem ser aplicados utilizando-se ferramentas de representação de projetos para gestão de processos e desenvolvimento de produtos. Além disso, o EP pode auxiliar no desenvolvimento de ambientes colaborativos BIM usando a métodos de Gestão da Informação da Produção, estabelecendo fluxos de informação com modelagem de processos, distribuição e aplicação da informação dentro da Engenharia Organizacional.

- **3D:** Na modelagem paramétrica o EP pode adotar protocolos abertos para redes de cadeia produtiva e desenvolver tipologias de rede usando a Gestão de Redes de Cooperação. O EP ainda pode atuar na criação de modelos informacionais entre redes de empresas para o desenvolvimento da colaboração em massa de projetos BIM.

- **4D:** nesta dimensão na qual um cronograma temporal deve ser produzido o EP pode atuar na otimização dos tempos de realização de obras utilizando metodologia da gestão de projetos, com análise de viabilidade técnica e temporal.

- **5D:** nesta dimensão é feito o planejamento financeiro do projeto. Na Engenharia Organizacional o EP pode atuar no planejamento e controle dos projetos elaborando a gestão financeira do empreendimento. O EP pode desenvolver nesta fase a redução da variabilidade de custos aplicando as técnicas de quantificação de custos, análise de investimentos oriundas da Engenharia Econômica. Em relação ao investimento o EP pode atuar na análise de riscos em investimentos aplicando técnicas de avaliação de alternativas.

- **6D:** nesta dimensão são definidas as estratégias para que o empreendimento seja sustentável em todos os aspectos: financeiro, ambiental, cultural social e político. Nesse sentido o EP pode prover normalizações, certificações para assegurar um produto de qualidade, dentro das especificações estabelecidas pela legislação e expectativa do consumidor final. Pode implantar um gerenciamento de ciclo de vida da edificação atendendo as demandas ambientais e da sociedade.

- **7D:** na gestão das instalações, o EP pode elaborar um plano de manutenção para a edificação centrado na confiabilidade dos equipamentos. Além disso, pode também melhorar a confiabilidade dos processos de construção através da Engenharia de Qualidade.

- **8D:** para garantir a segurança canteiro de obras, o EP pode elaborar um mapeamento de riscos e atuar na gestão e implantação das normalizações e certificações referentes à saúde e segurança. Com a uso da macroergonomia pode implantar melhorias nas condições de trabalho. Além disso, com as técnicas de qualidade ele pode garantir um produto seguro para quem for utilizá-lo.

- **9D:** Na *Lean Construction* o EP pode utilizar diversas ferramentas tais como PDCA, kaizens, kanban, JIT e gráficos de controle para assegurar a redução dos desperdícios e aumento da qualidade do produto.

- **10D:** O EP pode utilizar da Engenharia dos Processos Físicos de Produção para definir as estratégias mais adequadas para que a empresa incorpore a construção 4.0.

5. Conclusão

O profissional da Engenharia de Produção, pode atuar no setor da construção civil, em diversas vertentes: no planejamento, controle e melhoria dos processos e produtos, na redução dos custos operacionais, na busca pela qualidade total, segurança, respeito ao meio ambiente, no desenvolvimento de uma cultura organizacional alinhada à estratégia da empresa, na implantação da *Lean Construction*, dentre outras atividades, mesmo não possuindo vínculo como responsável técnico na construção civil (exceto Engenheiros de Produção Civil). Isso porque seus métodos, técnicas e ferramentas oferece uma visão holística das obras e empreendimento, que se traduz para a Engenharia Civil em uma melhoria de seus processos e produtos.

Com os incentivos governamentais para adesão do BIM, podemos perceber novas possibilidades de atuação para Engenheiros de Produção nesse setor. O mercado necessita de profissionais não só capazes de utilizar os softwares para projetar, mas também capazes de implementá-la adequadamente. Pois muitas das empresas que utilizam a modelagem, ainda não usam todas suas funcionalidades porque tendem a priorizar apenas seu aspecto técnico, esquecendo-se da parte gerencial que ela também oferece. Além disso, BIM requer uma nova forma de trabalho, mais integrada, para utilizá-la é necessário reestruturar não só a dinâmica da gestão, mas a dos processos também. Assim a formação do profissional da Engenharia de Produção, devido à sua ênfase nos conhecimentos de gestão e processos é capaz de ajudar a resolver esses e outros tipos de desafios.

Dessa forma, quanto a questão norteadora dessa pesquisa, podemos concluir que o Engenheiro de Produção possui potencialidade para atuar e enriquecer qualquer uma das dez dimensões do BIM, mesmo sendo essa modelagem meio de trabalho típico do Engenheiro Civil, isso porque nessa nova perspectiva construir requer muito mais do que simplesmente utilizar conhecimento científico e tecnológico.

6.Referências

ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves. **Lean Construction: Filosofia e metodologias**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto Portugal, p. 108, jun. 2018.

ARNAL, Ignasi Pérez. **Why don't we start at the beginning? The Basics of a Project**: Lean Planning and Pre-Construction, BIM News Last trends of the AECO sector, BIM Community, 2018.

BARROS NETO, J. P.; ALVES, T. C. L. **Análise Estratégica da Implementação da Filosofia Lean em Empresas Construtoras**, Anais XI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais- SIMPOI 2008. Anais 2008.

BERTELSEN, S. E KOSKELA, L. (2004). **Construction Beyond Lean: A New Understanding of Construction Management**. Proceedings of the 12th International Group of Lean Construction Annual Conference, Copenhagen, Dinamarca.

BRASIL. Decreto nº 9.377, 17 de maio de 2018. **Estratégia Nacional de Disseminação da BIM**. Diário Oficial, Brasília, DF, 26 junho, 2018.

BRASIL. Decreto nº 9983, 22 de agosto de 2019. **Estratégia Nacional de Disseminação da BIM**. Diário Oficial, Brasília, DF, 22 agosto, 2019.

BERTELSEN, S. E KOSKELA, L. (2004). **Construction Beyond Lean: A New Understanding of Construction Management**. Proceedings of the 12th International Group of Lean Construction Annual Conference, Copenhagen, Dinamarca. CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Fundamentos

BIM – Parte 1: **Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**, Brasília: CBIC, 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Road Show BIM Resultados da Pesquisa e Desdobramentos**. Brasília, 2018.

COMITÊ ESTRATÉGICO DO BIM. **BIM BR Construção Inteligente**. Brasília: Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços, 2018.

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

GOVERNO DE SANTA CATARINA. Secretaria do Estado de Planejamento. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM** 24 de março de 2015. Florianópolis, 2015. 6 p.

MIGUEL, P. et al, **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro, 2012, Elsevier,

MIGILINSKAS, D. et al **The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation**, 11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST 2013 Science Direct, Procedia Engineering 57 (2013) 767– 774 2013.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

PICCHI, F. A. **Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, Volume 03, No. 01, p. 7-23, 2003.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. DE; MORAIS, M. DE. **O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?** Ambiente Construído, v. 13, n.2, p. 151–165, jun. 2013.

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.

TURRIONI, João; MELLO, Carlos. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**, Itajubá, 2012, Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UN

APÊNDICE- A

Quadro1-Aplicação dos conhecimentos da Engenharia de Produção nas dimensões BIM (continua)

Dimensão	Descrição	Características	Área	Subárea	Metodologias	Técnicas	Ferramentas
1D	Protocolos BIM	Adoção tecnológica de Plataformas de Modelagem BIM	Engenharia Organizacional	Gestão da Inovação Tecnológica/Gestão de Tecnologia	Integração P&D e produção	Planejamento e gestão da inovação tecnológica	Gestão do conhecimento na empresa.
		Desenvolvimento de ações para adoção do BIM	Engenharia Organizacional	Planejamento Estratégico e Operacional	Métodos de formulação de estratégias	Desdobramentos de diretrizes.	Gestão da rotina.
2D	Fluxos de Trabalho Colaborativos	Compatibilização dos projetos	Engenharia Organizacional	Métodos de Desenvolvimento de produtos.	Produtos como estratégia empresarial/ Métodos de Organização de Produtos	Sistemas de representação do projeto.	Gestão do processo de desenvolvimento de produtos.
		Desenvolvimento de Ambiente colaborativo para adoção de BIM	Engenharia Organizacional	Gestão da Informação de Produção	Fluxos de informação da produção	Tecnologia de grupo	Modelagem de processos
		Interoperabilidade	Engenharia Organizacional	Gestão da Informação do conhecimento	Distribuição e replicação da informação	Gestão de Tecnologia	Repositórios de materiais de referência
		Criação de Modelos de dados compartilhados	Engenharia Organizacional	Redes de Empresa	Inovação colaborativa	Conhecimento e aprendizagem coletiva	Colaboração em massa
3D	Modelagem Paramétrica	Interoperabilidade	Engenharia Organizacional	Redes de Cadeia Produtiva	Redes de cooperação	Tipologias de rede	Gestão das redes de cooperação
		Criação de Modelos de dados compartilhados	Engenharia Organizacional	Redes de Empresa	Inovação colaborativa	Conhecimento e aprendizagem coletiva	Colaboração em massa
4D	Planejamento Temporal do Projeto	Verificação e otimização dos tempos de realização de obras	Engenharia Organizacional	Gestão de Projetos	Planejamento e controle de projetos.	Análise de Viabilidade Técnica de Projetos	Gestão de escopo de Projetos
5D	Planejamento Financeiro do Projeto	Orçamentação, controle de custos	Engenharia Organizacional	Gestão de Projetos	Planejamento e controle de projetos.	Gestão Financeira de Empreendimentos	Gestão de escopo de Projetos
		Redução de variabilidade de custos.	Engenharia Econômica	Gestão Financeira de Projetos	Gestão de Custos	Quantificação de custos	Análise de Investimentos e Custos
		Investimento do projeto	Engenharia Econômica	Gestão de Investimentos	Investimento de capital	Análise de Riscos em Investimentos	Avaliação de alternativas

Quadro1-Aplicação dos conhecimentos da Engenharia de Produção nas dimensões BIM (continuação)

6D	Sustentabilidade	Sustentabilidade Econômica	Pesquisa Operacional	Análise de Demandas por Bens e Serviços	Simulação	Processos Decisórios	Alocação de recursos
		Sustentabilidade Social-política	Engenharia da Qualidade	Normalização e Certificação de Qualidade	Gerenciamento da qualidade total.	Ferramentas da qualidade	Auditoria
		Sustentabilidade Ambiental	Engenharia dos Processos Físicos de Produção	Logística empresarial	Logística reversa	Transporte.	Gestão de estoques
		Sustentabilidade Cultural	Engenharia dos Processos Físicos de Produção	Controle do Produto Industrial	Ergonomia do produto.	Qualidade do produto.	Desenvolvimento integrado de produtos e processos
		Sustentabilidade Ambiental	Engenharia Organizacional	Métodos de Organização de Produtos	Gerenciamento do ciclo de vida	Gestão do processo de desenvolvimento de produtos.	Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental.
		Sustentabilidade Social-política	Engenharia Organizacional	Avaliação de Mercado	Planejamento de marketing	Ações de marketing	Matriz Produto- Mercado
7D	Gestão das Instalações	Manutenção de equipamentos	Gestão de Sistemas de Produção	Gestão da manutenção	Análise e tratamento da confiabilidade de sistemas.	Ajustes e tolerâncias	Plano de Manutenção
		Conformidade de produtos	Engenharia da Qualidade	Normalização e Certificação de Qualidade	Confiabilidade de Produtos	Testes de confiabilidade.	Manutenção centrada em Confiabilidade
		Conformidade de processos	Engenharia da Qualidade	Confiabilidade de Processos de Construção	Estimativa e avaliação da Confiabilidade de processos e equipamentos	Confiabilidade de Processos de Fabricação	Controle metrológico de Processos de Construção
		Redução de problemas de fluxos	Pesquisa Operacional	Processos Estocásticos	Cadeias de Markov	Modelos de filas	Simulação
8D	Segurança	Segurança na tomada de decisões	Ergonomia	Análise Ergonômica do Trabalho	Métodos de modelagem digital	Normas e Certificação em Ergonomia.	Normas e certificação em HST

Quadro1-Aplicação dos conhecimentos da Engenharia de Produção nas dimensões BIM (conclusão)

		Aspectos ergonômicos dos trabalhadores	Ergonomia	Organização do Trabalho	Modelos de Organização do trabalho.	JIT, Consórcio Modular	Macroergonomia
		Riscos no modelo construtivos	Ergonomia	Análise e Prevenção de Riscos	Métodos de modelagem digital	Técnicas de análise de riscos.	Mapeamento de Riscos
		Qualidade das construções	Engenharia da Qualidade	Controle Estatístico de Processos	Capacidade do processo	Normalização.	Controle de Qualidade
		Controle de patologias	Engenharia da Qualidade	Controle Estatístico de Produtos	Avaliação de Sistemas de medição	Inspeção de qualidade.	Gráficos de controle
9D	Lean Construction	Gestão de Processos	Gestão de Sistemas de Produção	Planejamento e Controle da Produção	Programas de Construção Enxuta	Ferramentas de Qualidade	Ciclo PDCA
		Organização de fluxo de materiais	Logística da Cadeia de Suprimentos	Gestão da cadeia de suprimentos.	Movimentação e armazenagem	Otimização de Tempos e Movimentos	Supply Chain Management
		Redução de perdas de materiais	Gestão de Sistemas de Produção	Planejamento e Controle da Produção	Implantação de Programas de Melhoria	Organização e Limpeza	5S , Kaizen
10D	Construção Industrializada	Automação dos processos construtivos	Engenharia dos Processos Físicos de Produção	Processos de Fabricação	Processos de Construção	Instalações industriais	Implantação de IOT, Ciência da Dados
		Controle da planta industrial	Engenharia dos Processos Físicos de Produção	Planejamento da Produção	Previsão de demanda.	Desenvolvimento integrado de produtos e processos	Análise de ciclo de vida de produtos
		Otimização da Produção	Engenharia dos Processos Físicos de Produção	Processos de Construção	Planejamento e controle da produção	Logística	Layout/arranjo físico

Fonte: Elaborado pelas autoras (2019)