

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO

Ten Cel QEM FC ADRIANO INÁCIO DE SOUZA

**As possibilidades de gestão da inovação na
implantação da Metodologia “*Building Information
Model*” no âmbito do Departamento de Engenharia e
Construção**



Rio de Janeiro

2018

Ten Cel QEM FC ADRIANO **INÁCIO** DE SOUZA

**As possibilidades de gestão da inovação na implantação
da Metodologia “*Building Information Model*” no âmbito do
Departamento de Engenharia e Construção**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares.

Orientador: Ten Cel QEM Cart OSVALDO DA CRUZ **MORETT NETTO**

Rio de Janeiro
2018

S719p Souza, Adriano Inácio de.

As possibilidades de gestão da inovação na implantação da Metodologia “*Building Information Model*” no âmbito do Departamento de Engenharia e Construção. / ADRIANO **INÁCIO DE SOUZA**. - 2018.

59 f. : il ; 30cm.

Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2018.

Bibliografia: f. 55-59.

1. Building Information Model. 2. Tríplice Hélice. 3. Gestão da Inovação. I. Título.

Ten Cel QEM ADRIANO **INÁCIO** DE SOUZA

**As possibilidades de gestão da inovação na implantação
da Metodologia “*Building Information Model*” no âmbito do
Departamento de Engenharia e Construção**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares.

Aprovado em 09 de novembro de 2018.

COMISSÃO AVALIADORA

OSVALDO DA CRUZ MORETT NETTO – Ten Cel QEM – Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

RENATA CRISTINA DE ALMEIRA MARTINS SCHMIDT – Maj Med – Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

ALEJANDRO PRIETO QUIJARA – Maj OINA – Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

À minha esposa e minha filha, fontes
de inspiração, apoio e exemplo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, gratidão sincera pela direção e condução de minha casa e proteção sempre presente de nossos caminhos, concedendo tranquilidade e saúde.

À minha esposa, pela compreensão em todo o tempo e o incentivo, acompanhado de muito amor, para a caminhada necessária ao sucesso desse trabalho.

Ao meu querido pai, que observa dos céus o fruto de seu esforço na minha educação e formação, proporcionada com o seu suor no Corpo de Fuzileiros Navais, e que se reflete como exemplo de dedicação e serviço à nossa Pátria.

Ao Exército Brasileiro, pelos conhecimentos e camaradagem gerada no Curso de Direção para Engenheiros Militares, que outrora é coroado pelo trabalho monográfico que muito contribuiu para elevar meu crescimento profissional.

Ao meu orientador, não apenas pela direção e incentivo demonstrados em várias oportunidades.

“Eu não creio que exista algo mais emocionante para o coração humano do que a emoção sentida pelo inventor quando ele vê alguma criação da mente se tornando algo de sucesso. Essas emoções fazem o homem esquecer comida, sono, amigos, amor, tudo.”(Nicola Tesla)

“Nós estamos presos à tecnologia quando o que nós mais queremos é algo que apenas funcione”. (Douglas Adams)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo abordar a metodologia de implantação do “*Building Information Model*” (BIM) no âmbito do Departamento de Engenharia e Construção (DEC), identificando a presença de elementos de gestão da inovação. Inicialmente discorre sobre os conceitos de BIM e da Trílice Hélice, seguida da apresentação do processo BIM no DEC particularizado na Diretoria de Projetos de Engenharia (DPE). Na parte final, indica as possibilidades de inovação no âmbito das comunicações de projetos, orçamentação de obras, tratamento de interferências, modelagem do planejamento das construções e de processos construtivos complexos, ferramentas para fiscalização e auditoria em obras, ensino à distância, trabalho virtual e documentação de obras.

Palavras-chave: Building Information Model; Trílice Hélice; Gestão da Inovação.

ABSTRACT

This paper aims to approach the deployment methodology of BIM in DEC framework, identifying the presence of the innovation management elements. Initially, the concepts of BIM and of the Triple Helix are discussed, followed by the presentation of the BIM process concerned with DEC, which is particularized in the DPE studied case. Finally, several possibilities of innovation are proposed in different areas such as: project communications, work budgeting, interference treatment, construction planning modeling and complex construction processes, tools for supervision and audit of works, distance learning, virtual work and work documentation.

Words: Building Information Model; Triple Helix; Innovation Management.

RESEÑA

El presente trabajo tiene como objetivo abordar la metodología de implantación del BIM en el DEC, identificando la presencia de elementos de gestión de la innovación. Inicialmente discurre sobre los conceptos de BIM y de la Triple Hélice, seguida de la presentación del proceso BIM en el DEC particularizado en la DPE. En la parte final, indica las posibilidades de innovación en el ámbito de las comunicaciones de proyectos, presupuestación de obras, tratamiento de interferencias, modelado de la planificación de las construcciones y de procesos constructivos complejos, herramientas para fiscalización y auditoría en obras, enseñanza a distancia, trabajo virtual y documentación de obras.

Palabras clave: Modelo de Información de la Construcción; Tríptica Hélice; Gestión de la Innovación.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Integração BIM	17
Figura 2 – Campos de abordagem de BIM	18
Figura 3 – Categorias limitantes de uso do BIM	22
Figura 4 – As interações do modelo da Tríplice Hélice	23
Figura 5 – Modelo de Inovação Estatal e Laissez-Faire	25
Figura 6 – Principais achados de Auditoria de 2011 a 2014	29
Figura 7 – Organograma do DEC	30
Figura 8 – Sistema DEC	31
Figura 9 – Níveis de LOD.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	Building Information Model or Building Information Modeling
DEC	Departamento de Engenharia e Construção
DPE	Diretoria de Projetos de Engenharia
DOM	Diretoria de Obras Militares
DOC	Diretoria de Obras de Cooperação
DPIMA	Diretoria do Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente
DME	Diretoria de Material de Engenharia
IME	Instituto Militar de Engenharia
DCT	Departamento de Ciência e Tecnologia
AGITEC	Agência de Gestão e Inovação Tecnológica
DFFI	Diretoria de Fabricação e Fomento Industrial
TCU	Tribunal de Contas da União
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 METODOLOGIA.....	16
3 O BIM	17
4 A TRÍPLICE HÉLICE	23
5 O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO BIM	27
6 A IMPLANTAÇÃO DO BIM NA DPE	33
6.1 PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO	33
6.2 MATURIDADE EM BIM NA DPE	34
6.3 ESTRUTURA DE RESPONSABILIDADE	35
6.4 DEFINIÇÃO DE USOS	36
6.5 O BIM MANDATE DA DPE	38
7 AS POSSIBILIDADES DE INOVAÇÃO DO BIM NO DEC	43
7.1 INOVAÇÕES NAS COMUNICAÇÕES DE PROJETOS	43
7.2 FERRAMENTAS PARA INTEGRAÇÃO DE ORÇAMENTOS	45
7.3 SISTEMATIZAÇÕES DO TRATAMENTO DE INTERFERÊNCIAS	45
7.4 PLANEJAMENTOS DE OBRAS COM A MODELAGEM DA CONSTRUÇÃO	46
7.5 NOVOS SISTEMAS PARA PROCESSOS CONSTRUTIVOS COMPLEXOS	47
7.6 SOLUÇÕES PARA FISCALIZAÇÃO E AUDITORIA EM OBRAS	48
7.7 NOVAS FERRAMENTAS PARA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS	49
7.8 PROMOÇÃO DE ENSINO À DISTÂNCIA CORPORATIVO	50
7.9 VIABILIZAÇÃO DE TRABALHO VIRTUAL NA ÁREA DA ENGENHARIA	51
7.10 GERAÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS	51
8 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	53
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O BIM é um conceito que vem revolucionando a área da Engenharia Civil. A partir de um modelo virtual, são inseridas informações mais completas sobre os elementos que constituem o bem a ser construído, por exemplo, um edifício ou uma estrada, permitindo a realização de simulações completas do seu comportamento, conferindo um ganho de qualidade nos produtos gerados.

A aplicação de conceitos da Tríplice Hélice na implantação do BIM no âmbito do DEC consiste na utilização de uma estratégia de gestão da inovação no ciclo de vida das construções militares. A busca pela maximização da interação entre os elementos formadores da Tríplice Hélice - o governo, a indústria e a academia - no caso do DEC, tem o potencial de melhorar a qualidade e produtividade de seus processos, contribuindo para o desenvolvimento institucional.

O DEC estrutura-se em cinco diretorias: Diretoria de Obras Militares (DOM), DPE, Diretoria de Obras de Cooperação (DOC), Diretoria do Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente (DPIMA) e Diretoria de Material de Engenharia (DME). Ao Exército Brasileiro, o DEC agrega as capacidades de contribuir com o desenvolvimento nacional, com a gestão do patrimônio da Força Terrestre e com a manutenção da função de combate da Engenharia. A DOM e a DOC dedicam-se à realização de obras de edificações e de infraestrutura, ao passo que compete à DPE elaborar os mais variados projetos destas diretorias. À DPIMA compete as questões de gestão patrimonial e de meio ambiente, e à DME, os materiais de emprego militar da Engenharia.

Atualmente, o DEC está promovendo a atualização de seus processos ao implantar as funcionalidades da metodologia BIM, na DOM e na DPE, o que tem potencial de promover interação entre os elementos da Tríplice Hélice, no âmbito das construções militares.

Uma das políticas governamentais, no setor da Construção Civil, visa iniciar o processo de padronização e popularização do BIM no mercado nacional. A principal iniciativa foi protagonizada pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, por meio de um Decreto Presidencial, com a criação do Comitê BIM, com a participação do DEC.

As câmaras temáticas, que constituem o Comitê BIM, promovem a nova tecnologia no Brasil, popularizando seu uso no âmbito das empresas da construção civil, fornecedores e dos contratantes, no qual o próprio governo tem papel fundamental.

Os centros universitários nacionais também tomaram a iniciativa de incorporar a pesquisa BIM em suas linhas de pesquisa. De forma inovadora, uma linha de pesquisa para estudo desse tema em nível de Mestrado e Doutorado, no IME, vislumbra o cenário das “*smart cities*” (cidades inteligentes) com a integração de edificações e infraestrutura urbana, através do BIM, indicando a inovação na área da construção civil nacional.

A utilização de elementos da Tríplice Hélice na estrutura do Comando do Exército tornou-se uma realidade. O exemplo mais expressivo encontra-se no DCT, que impulsionado pela necessidade de aprimorar a gestão da inovação dentro do processo de transformação do Exército Brasileiro, estruturou novas organizações militares, a Agência de Gestão e Inovação Tecnológica (AGITEC) e a Diretoria de Fabricação e Fomento Industrial (DFFI), que exprimem a síntese da Tríplice Hélice aplicada nos Sistemas e Materiais de Emprego Militar.

Assim, a Tríplice Hélice como estratégia na gestão dos processos que conduzem à inovação, no âmbito do DEC, deve buscar vencer o desafio de integração entre governo – universidade – indústria, elevando a qualidade das atividades que executa. Ao implantar o BIM, nos processos relacionados às obras militares, há condições favoráveis para liderar a transformação no setor da construção civil, incorporando iniciativas e indicando possíveis soluções inovadoras.

O presente trabalho se propôs ao estudo das possibilidades de promoção da inovação, no ambiente de implementação de uma nova ferramenta: a metodologia BIM. Assim, formula-se o seguinte problema:

- Como fazer uso dos meios tecnológicos atuais para integrar governo – universidade - indústria, na gestão da inovação da metodologia BIM no âmbito do DEC, apresentando possibilidades de criação de novas ferramentas promotoras de qualidade e confiabilidade no cumprimento de suas missões na área das obras militares?

O objetivo geral desta pesquisa foi o de apresentar o processo de implantação da metodologia BIM, no âmbito do DEC, apontando os elementos que formam a

Tríplice Hélice, indicando as possibilidades de interação na gestão de um processo de inovação.

Para tanto, os objetivos específicos desse trabalho tiveram a finalidade de proporcionar um ordenamento lógico dos conceitos abordados, visando atingir o objetivo geral estabelecido, como se segue:

- apresentar os conceitos relacionados à Tríplice Hélice e ao BIM;
- apresentar o processo de implantação do BIM, com especial atenção na DPE;
- apresentar as possibilidades de criação de ferramentas tecnológicas no processo de implantação do BIM.

Ao longo da monografia, apresentaram-se justificativas do tema, a importância histórica, o ordenamento normativo, a melhoria dos processos de ciência e tecnologia e das atividades militares, nas quais foram indicadas as ações de uma das diretorias do DEC, propondo-se elementos com potencial de promoção de inovação e conseqüentemente, o desenvolvimento nacional.

Em relação ao legado histórico, pode-se afirmar que desde 1915, quando o DEC foi criado, houve o estabelecimento da tradição de incorporar nas suas estruturas temas atuais. Sob sua gestão, a Arma das Comunicações fortaleceu a integração nacional pela implantação das linhas de transmissão que conectaram as regiões Centro-Oeste e Norte, o que foi seguido pelo setor de tecnologia da informação e do serviço geográfico, que tiveram sua gênese, na estrutura do Exército dentro do DEC, e que após atingirem maturidade, migraram para o DCT.

Atualmente, o DEC organiza-se com foco na especialização, dispondo de áreas de meio ambiente e de projetos de engenharia. Dessa forma, impõe a manutenção da cultura organizacional pela busca de novos métodos que agreguem valor, como o BIM, no âmbito de seus processos.

O ordenamento constitucional do Exército Brasileiro elencou, dentre suas atividades subsidiárias gerais, a cooperação com o desenvolvimento nacional. A integração entre as atividades militares e as fontes de desenvolvimento, seja no meio acadêmico, seja na indústria, precisa ser alavancada, para atingir esse objetivo. Assim, interagir dentro dos princípios da Tríplice Hélice torna-se uma das formas de proporcionar a cooperação necessária para fomentar o desenvolvimento nacional.

No campo político, o Decreto Presidencial de 9 junho de 2017, correspondeu a uma das principais medidas vinculadas ao BIM, tendo em vista que criou o Comitê Estratégico de Implementação do BIM (CE-BIM). Este impulsionou a política governamental com a Agenda Estratégica Setorial da Construção Civil, integrante do Plano Brasil Maior.

As metas de promoção da interoperabilidade com a indústria e a intensificação do uso dessa tecnologia, buscavam a criação de normas BIM (NBR), orientaram a estratégia política.

Dentro desse contexto, como o DEC era um dos membros do CE-BIM, foi incumbido da missão de implantar a tecnologia BIM no sistema de obras militares, e buscava consolidar um modelo para a administração pública. Tal escolha deveu-se à estrutura organizacional, ao exemplo de condução do gasto público, e à reconhecida capacidade técnica, no âmbito dos órgãos participantes.

A importância do BIM, no campo da ciência e tecnologia, vincula-se à nova fronteira de inovação que se apresenta para a área da Construção Civil. As ferramentas de inovação tecnológica apontam para a melhoria dos sistemas de simulação e de realidade aumentada, o que se traduz na melhoria da qualidade dos projetos e da gestão do patrimônio público, pela criação de aplicativos e softwares.

No âmbito militar, há extensa aplicação da tecnologia inerente ao BIM. Da gestão do patrimônio, no ciclo de vida das edificações, até a incorporação e utilização de ferramentas de visualização do terreno, incluindo o ambiente urbano, como as *“smart cities”*. Há possibilidades de aplicações para aumento de capacidades na consciência situacional, dentro do cenário de ampliação dos conflitos em ambientes urbanos, com a introdução de modificações de cenários, com simulações de eventos extremos, tais como explosões, obstrução de vias, ou fluxo para atendimento em desastres, no complexo ambiente da guerra irregular.

Desta forma, a proposta de pesquisa acadêmica reúne elementos relevantes e atuais, conforme apresentados anteriormente, pautados no comportamento histórico do DEC, na condução política nacional, na fronteira científico-tecnológica da Construção Civil, bem como na aplicação militar básica, que permeia a ação da Engenharia, como instrumento do Poder Militar do Brasil.

Por fim, o trabalho monográfico expôs as potencialidades de novas soluções ao ter sido implementado ambiente propício à criação, onde há condições de interação

entre o governo, academia e empresas, vindo a fortalecer a área da engenharia civil e arquitetura.

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi do tipo qualitativa, buscando explorar a experiência do pesquisador na participação em projetos, considerando sua proximidade ao ambiente da DPE, posto que trabalhou nessa Organização Militar no ano de 2017, utilizando-se da técnica de observação participante.

Segundo Vergara (2007), quanto aos meios foi realizada uma pesquisa bibliográfica, pois foi realizado um estudo sistemático em referências conhecidas e artigos que tratam o tema, para fundamentação teórico-metodológica do trabalho.

Assim, a vivência do pesquisador correspondeu a uma condicionante da pesquisa, havendo portanto limitações quanto sua expressão da realidade e na busca da identificação de potenciais tópicos de melhoria do processo, incluindo as novas ferramentas de gestão da inovação.

3 O BIM

O termo BIM, que atualmente é muito popular na indústria da construção civil, foi utilizado pela primeira vez por Van Nederveen (1992). Corresponhia a um conceito que buscava a integração entre bases de dados e elementos de projeto de uma edificação, utilizando ferramentas de informática, como indicado na figura abaixo e que já estavam sendo estudados em abordagens similares desde 1975.

Figura 1 – Integração BIM



Fonte: Microgeo (2018)

Eastman (1975) é considerado o “pai do BIM” por ter sido o primeiro pesquisador a identificar que havia a possibilidade de potencializar o uso da informática nos projetos de engenharia.

A primeira abordagem denominada “*Building Description System*” (Sistema de Descrição da Construção), propunha uma forma de integrar os desenhos de engenharia e os modelos de arquitetura, permitindo a realização da comparação tridimensional entre os desenhos produzidos, facilitando a extração de informações para os engenheiros estruturais e de custos, como também minimizando a necessidade de reprodução de projetos em diversas escalas.

Bilal (2009) compilou as diferentes abordagens adotadas por pesquisadores, pela indústria e pelas empresas de desenvolvimento de softwares. Tratavam do BIM, com enfoques pouco diferenciados, tais como:

- Modelagem de Informações de Edifícios e as Construções Virtuais das empresas Autodesk, Bentley Systems e Graphisoft.

- Construções Inteligentes (BuildingSMART™, SMART Cities e Heritage BIM) da Aliança Internacional pela Interoperabilidade.

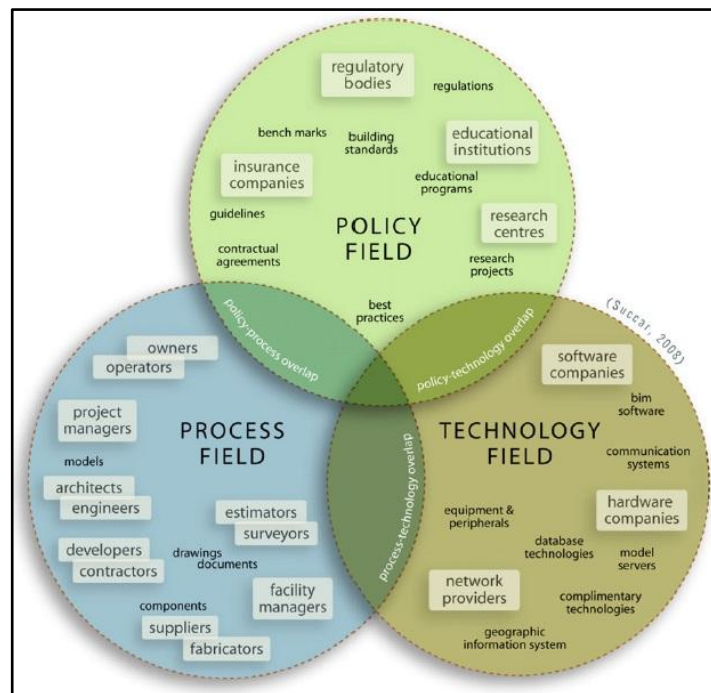
- Sistemas de Integração de Projetos do Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação em Construção (CIB).

- Projeto Integrado do Instituto Norte Americano de Arquitetos.

- Modelagem nD (projetos em 4D e 5D) das Universidades de Salford, do Reino Unido e de Stanford, nos Estados Unidos.

A divisão apresentada por Succar (2009) e Bilal (2009), ao abordar a metodologia BIM segundo três campos, de um campo tecnológico, de um processo e de uma política, permite a definição completa do tema, como se segue.

Figura 2 – Campos de abordagem de BIM



Fonte: Succar (2009)

O BIM, como um campo tecnológico, é a aplicação de conhecimento científico na engenharia e arquitetura, visando aumentar a eficiência, produtividade e a rentabilidade, sendo representado por um conjunto de softwares, hardwares e equipamentos para aplicações diretas e indiretas, utilizados nas etapas de elaboração de projetos, da construção e da manutenção das edificações.

O BIM, ao ser definido como um processo da indústria da construção, é a organização, ao longo de uma linha do tempo, as atividades necessárias para a construção de um bem imobiliário.

A metodologia nesse campo representa-se na sequência de módulos especializados que contratam, projetam, constroem, fabricam, utilizam, gerenciam e mantém uma determinada edificação. Cada módulo dispõe de elementos de entrada

e produtos de saída, passíveis de utilização pelos módulos seguintes e ainda contendo peculiaridades e necessidades de cada público alvo, que são constituídos por proprietários, arquitetos, engenheiros, contratantes, gerentes de projetos, fornecedores e agentes governamentais.

O BIM, como um campo de explicitação de políticas, é uma metodologia que define princípios e regras que nortearão as decisões durante as etapas de construção, da concepção do projeto até a demolição.

As políticas originadas na metodologia estão presentes na padronização de produtos e serviços da indústria, da arquitetura e da engenharia civil, agregando benefícios ao reduzir o risco da atividade e minimizar os conflitos.

Essas políticas buscam inserir os princípios acadêmicos, nas especificações de materiais e na interação entre estes, na atividade da construção civil, mesclados às normas e leis reguladoras da construção, abordando ainda as imposições contratuais, de companhias de seguro, o processo de operação e de manutenção do bem.

O BIM pode ser utilizado na construção civil em todos os estágios de uma obra. Da fase de elaboração de projetos até a demolição do imóvel há aplicação das ferramentas e informações disponibilizadas.

Chengshuang Sun (2015) identificou as seguintes aplicações da metodologia BIM:

- Para a visualização da edificação, com a geração de vistas em três dimensões, criação de imagens realísticas do projeto e de passeios virtuais pelo modelo.

- Gerenciamento de revisões, permitindo a substituição de qualquer parte do projeto da construção de forma automática e em coordenação com as demais.

- Verificação de atendimento de códigos de posturas municipais e de regulamentação estadual ou federal, necessárias para a aprovação legal da obra ou projeto.

- Identificação de interferências entre todos os sistemas projetados, apontando elementos que estão ocupando o mesmo espaço, tais como os choques entre as instalações de água, esgoto, rede elétrica e de refrigeração, com os elementos de concreto, como também a verificação de possíveis ocorrências de conflitos ao longo

do tempo, ao concatenar as etapas de construção e a forma como estas podem ser implementadas ou movimentadas na obra.

- Sistematização das compras e da fabricação de elementos, com a disponibilização de desenhos com detalhes completos dos projetos para os fornecedores ou empresas subcontratadas, bem como a programação de sua utilização, modelagem de canteiro de obras, depósito de materiais, volume de cargas e acessibilidade de todos os espaços destinados à construção tanto por trabalhadores como dos seus equipamentos.

- Potencialização da comunicação e da colaboração entre todos os participantes do projeto, tendo em vista que os fornecedores de matérias primas, locadoras de equipamentos e os executores, bem como os proprietários, projetistas e gerenciadores do negócio, podem utilizar um único modelo consistente do bem que se propõem construir.

- Gerenciamento de tempo e de custos através de simulações realizadas tanto no início como ao longo da obra, conhecidos como 4D ou 5D, que reproduzem todos os serviços necessários para implementar o projeto, incluindo análise de viabilidade das técnicas de construção previstas, das entregas de materiais, da movimentação de cargas e equipamentos e da utilização da mão-de-obra.

- Gerenciamento do ciclo de vida da edificação, permitindo a disponibilização de ferramentas para realização de operações de manutenção ou de adaptação da edificação, após sua construção.

- Análise de conforto, de consumo energético, de iluminação e da interação do imóvel com elementos do local específico como condição de vento, irradiação solar, drenagem pluvial, crescimento de vegetação e circulação de veículos ou pedestres, proporcionando a mitigação de impactos ambientais.

A metodologia BIM, diante de tantas possibilidades de uso, em 2009, tinha como principal usuário, o profissional de arquitetura. Azhar (2008) identificou ainda que mais de 80% dos engenheiros, arquitetos e contratantes, consideravam que a tecnologia havia causado impacto muito positivo na produtividade de suas empresas e que produzira melhoria nos resultados do projeto, face a redução de pedidos de melhoria dos projetos e de falhas de coordenação das atividades.

A identificação das vantagens do BIM foi objeto de vários estudos acadêmicos, como de Gilligan (2007), numa pesquisa abrangendo 171 profissionais distribuídos

em diversas localidades, tamanhos de negócios, disciplinas técnicas e tipos de projetos, bem como de German (2011), estudando o impacto da nova ferramenta em 46 empresas. Em resumo, as principais oportunidades proporcionadas pelo BIM, no negócio da construção civil, fruto destas pesquisas, são:

- Redução dos custos, aumento da acurácia da estimativa de quantitativos e aumento da velocidade de composição dos custos de obras.
- Eliminação de choques e interferências entre elementos de projetos constituintes de uma edificação, com estimativa de até 10% do valor do contrato sendo economizado com a detecção e solução antecipada desses conflitos.
- Redução do tempo do gasto nos empreendimentos, estimada uma diminuição de cerca de 7% do tempo de um projeto.
- Garantia de realização de empreendimentos com menores custos totais, tendo em vista todo o ciclo de vida do ativo e a utilização de projetos sustentáveis.
- Facilitação da coordenação de todas as etapas da construção.
- Redução de pedidos de informações sobre detalhes de projetos, bem como sobre alterações em fase de obras.
- Geração de documentação da obra facilitada.
- Facilitação da simulação e visualização do projeto e de suas fases de construção.

A revisão da literatura também permite identificar que o processo vinculado à metodologia BIM possuiu fatores que limitaram ou impediram a obtenção dos melhores resultados.

Chengshuang Sun (2015) identificou 22 fatores que contribuíram para o insucesso do BIM, dentre os quais selecionam-se os seguintes:

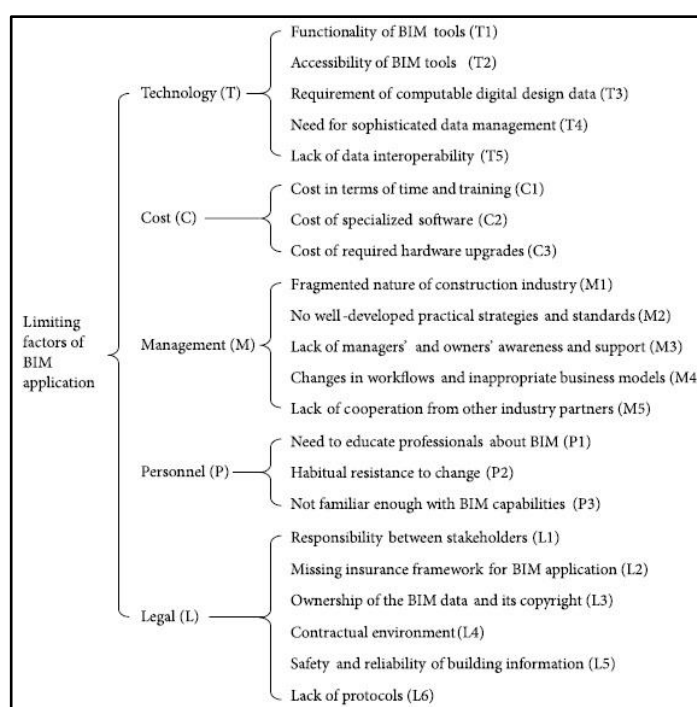
- A principal causa de limitação do BIM foram os fatores gerenciais. Chengshuang Sun observou que 64% dos estudos acadêmicos selecionados pela sua pesquisa, apontavam óbices em questões organizacionais como as mudanças no fluxo de trabalho, nos modelos de negócios inapropriados para a metodologia, e nas estratégias e em práticas pouco desenvolvidas. A nova metodologia rompia os limites tradicionais entre as empresas e seus colaboradores, em especial devido ao aspecto do fluxo de dados que o ambiente colaborativo do BIM criava. As organizações não compreendiam que deveriam alterar suas práticas, para atender a este requisito da nova metodologia. A maioria acabou hesitando em implementar o

uso das ferramentas BIM, em função dessa natureza fragmentada da metodologia. Apesar de utilizar um conjunto de dados e ferramentas padronizadas, cada projeto é único e não reproduzível o que implicava em mudanças de aspectos consolidados no ambiente empresarial, como o gerenciamento de arquivos, da forma de faturamento de clientes, dos tipos de pacotes de entregas e da necessidade de reuniões de coordenação.

- Os fatores vinculados à tecnologia propriamente dita também foram citados em 62% dos estudos, principalmente na falta da interoperabilidade de dados e as poucas funcionalidades das ferramentas BIM disponíveis no mercado. A interoperabilidade entre os sistemas, impedia a utilização dos dados de projetos nas diversas plataformas empregadas, o que também estava associada à falta de protocolos padronizados. Tais imperfeições explicavam a imaturidade do desenvolvimento das ferramentas disponibilizadas nos softwares correspondendo a uma importante limitação tecnológica.

- Os fatores vinculados aos profissionais corresponderam a 62% das dificuldades abordadas nos artigos, principalmente na necessidade de capacitação de profissionais sobre BIM, como também na habitual resistência às mudanças de suas práticas diante de uma nova ferramenta de trabalho.

Figura 3 – Categorias limitantes de uso do BIM



Fonte: Chengshuang Sun (2015)

A economia baseada no conhecimento, segundo Johannessen (2011), corresponde a um novo fator de desenvolvimento nacional, que foi adicionado aos tradicionais, como as riquezas, potencial humano e produtividade de um país.

Em 1999, o Banco Mundial lançou o projeto “Conhecimento para Desenvolvimento”(K4D), com a finalidade de conscientizar os formuladores de políticas nacionais sobre os poderosos efeitos do crescimento do conhecimento e encorajar economistas para combinar o conhecimento global e local, o que proporcionou, nos anos seguintes, estudos aprofundados sobre a nova vertente de desenvolvimento nas nações.

O sistema governamental de incentivo à criatividade, de desenvolvimento profissional e de inovação, juntamente com uma infraestrutura modernizada, foi objeto de estudo de Sundac (2011), onde demonstrou a importância dos pilares da economia baseada no conhecimento. Ao parametrizar, em 174 países, medidas vinculadas à inovação, observou exemplos de como o incentivo à literatura tiveram a capacidade de elevar a expectativa de vida, bem como o aumento de unidades de computadores, para cada grupo de mil pessoas, foi eficaz em elevar o Produto Interno Bruto per capita, de 12,26 para 16,45 dólares, em média.

Os modelos que analisam as economias baseadas no conhecimento identificaram múltiplas dimensões, além da trilogia academia, indústria e governo. Ao explicar o fato de que, nas últimas décadas, houve um predomínio da coautoria na produção científica japonesa, Leydesdorff (2012) indicou uma nova hélice, que denominou de internacionalização. Percebeu que no caso japonês, coexistiam também a forte presença da indústria e a política de estímulo governamental.

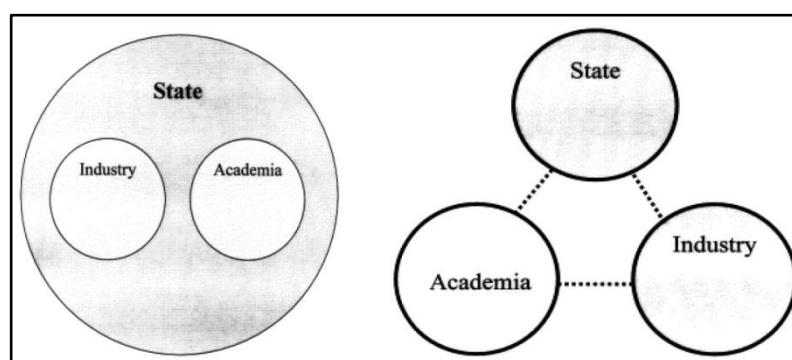
Além da internacionalização, as comunicações num sentido amplo, associadas à academia, governo e indústria ampliaram o conceito de tríplice, para quádruplas ou múltiplas hélices.

Leydesdorff (2012) também identificou que a Era do Conhecimento explicitou muitas modalidades da interação, havendo destaque na produção de inovações particularmente nas trocas de dados e elementos entre os pesquisadores, indústria e governo. Por essa razão, percebeu que o conceito amplo de comunicações tinha envergadura para a geração de um ambiente propício à inovação, marcando a expansão de novas hélices.

Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorff (1995) foram os pioneiros nos estudos sobre as relações entre a universidade-indústria culminando no primeiro encontro acadêmico dessa temática no ano de 1996 na cidade de Amsterdã.

Os conceitos vinculados à interação desses entes permitiram a identificação, por Ranga (2013), de dois modelos distintos de geração da inovação, o modelo “*Laissez-Faire*” (deixar fazer) e o Estatal.

Figura 5 – Modelo de Inovação Estatal e “*Laissez-Faire*”



Fonte: Ranga (2013)

Segundo Ranga (2013), o modelo “*Laissez-Faire*” (deixar fazer) exemplifica-se pelo baixo nível de intervenção governamental na economia de países como os Estados Unidos e da Europa Ocidental, nos quais ocorre o predomínio da indústria. Assim, o elemento principal da força motriz de financiamento da inovação e de geração de demandas correspondem a interesses comuns partilhados entre cada uma das hélices.

A universidade, principalmente no papel de provedor de capital humano qualificado, o governo como agente regulador de mecanismos sociais e econômicos e a indústria financiando áreas com potencial de exploração econômica dentro das seus mercados.

Ranga (2013) explica ainda que o Modelo Estatal é aquele no qual o governo desempenha o papel principal na promoção da inovação. Busca o incentivo à academia e à indústria, mas por outro lado, torna-se limitador da expansão do ambiente da inovação, face sua restrita capacidade de iniciar e desenvolver transformações inovadoras. Tais modelos são muito presentes na Rússia, China, Europa Oriental e na América Latina, onde se consagrou no Triângulo de Sábato.

O Triângulo de Sábato foi uma formulação do modelo estatal. Figueiredo (1993) explicou que esse conceito foi baseado na estratégia de ação proposta pelo professor argentino Jorge Sábato em 1975, e tinha a finalidade de transformar a

América Latina de espectadora para a posição de protagonista no processo mundial de desenvolvimento científico-tecnológico.

Figueiredo (1993) apresentou ainda a dinâmica do triângulo formado pelos três elementos da Tríplice Hélice. A principal tese é que a inovação tecnológica não seria alcançada apenas através de uma infraestrutura científico-tecnológica, mas sim por um processo político, tendo em vista que sofre intervenção de fatores como condição econômica, tradição, governo e indústria. Assim, a inserção da ciência e da tecnologia no desenvolvimento das sociedades corresponderia a uma política na qual as decisões do governo emanariam o fomento da inovação no setor produtivo e as relações desse setor com as universidades.

5 O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO BIM

A implantação do BIM no Brasil apresenta forte tendência em seguir o modelo estatal de inovação. Há perceptível iniciativa de órgãos públicos como principal agente de fomento da atividade de inovação, conforme indicado por Figueiredo (1993), tendo ainda, grande semelhança com a estrutura idealizada no Triângulo de Sábato.

Na implantação da modelagem da informação, abordada pelo presente trabalho, serão identificadas algumas medidas pioneiras do Governo Federal, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), do Tribunal de Contas da União (TCU) e do DEC.

As ações do Governo Federal, na área da disseminação do BIM, tiveram uma marcante etapa no ano de 2011, com o lançamento do Plano Brasil Maior, conforme apresentado por Matos (2016), que ainda explicitou na política governamental a Agenda Estratégica da Construção Civil com o objetivo de intensificar o uso da tecnologia da informação aplicada à construção. Outros objetivos alinhados a essa ação foram o de normatizar o sistema de classificação da informação da construção e de implantar a tecnologia BIM no sistema de Obras do Exército, sendo responsável, o Ministério da Defesa.

A ABNT, em 2009, por meio da Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (ABNT/CEE-134) realizou a tradução da norma ISO 12006-2, que abordava a padronização das informações das construções das edificações. A ação foi continuada, sendo atualizado pelo impulso do Plano Brasil Maior (ABNT,2018).

A implementação de um sistema normativo de classificação da informação da construção foi subdividida em 7 (sete) partes. A primeira norma publicada tratou da padronização da classificação e de terminologia (ABNT,2011). Foram realizadas ainda outras 3 (três) partes, uma sobre as características dos objetos (ABNT,2012), seguida da parte sobre os processos (ABNT,2014) e por fim, de informação da construção (ABNT,2015). Catelani (2016) apontou que estão em estudo as partes que tratarão dos recursos, dos resultados da construção e das unidades e espaços da construção.

O Acordo de Cooperação Técnica entre o DEC, o MDIC e outros partícipes, de 2011, foi uma das medidas da política governamental sobre o BIM. Teve como objetivo organizar, estruturar, ampliar e documentar o conhecimento sobre o desenvolvimento de objetos BIM que correspondessem a produtos reais da indústria da construção civil no Brasil e também de definir processos coerentes e consistentes para o desenvolvimento, testes, avaliação e validação desses produtos.

Como resultado dessa ação no DEC, foram realizadas medidas para fomentar o desenvolvimento da própria instituição no tema, contratando-se, por exemplo, no âmbito da DOM, a concepção e ativação de plataforma BIM na WEB e a elaboração de Guias Técnicos. Também foram tomadas providências para elaboração de projetos utilizando essa ferramenta, aumentando o conhecimento sobre o tema, no âmbito das diretorias como será abordado mais a frente.

O MDIC constituiu-se em um dos principais vetores de implementação de políticas voltadas para a disseminação do BIM. As principais medidas corresponderam na criação do Comitê Gestor do BIM (Brasil, 2017) e no estabelecimento da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Brasil, 2018). O primeiro instrumento teve foco no gerenciamento e análise do desempenho das medidas, sob a forma de um colegiado representativo do Governo Federal e entidades da sociedade. O segundo instrumento buscou institucionalizar o tema com estabelecimento de resultados esperados, definição de objetivos, ações, indicadores e metas.

Nesses instrumentos se fez presente a participação do DEC, na forma de dois representantes no Comitê Gestor do BIM, os diretores da DOM e da DPE, e ainda na participação em grupos “*ad hoc*” de Comunicação e de Capacitação de Recursos Humanos. O alinhamento à estratégia BIM foi perceptível nos projetos de edificações desenvolvidos pelo DEC ao atenderem ao Objetivo II preconizado (MDIC,2018). Nesses projetos, de forma inovadora, foram utilizados os novos conceitos nas obras militares. Essa medida apontou para a necessidade de adequação da estrutura e processos internos organizacionais, de forma a permitir que ocorresse a integralidade do uso das ferramentas e o estabelecimento de requisitos mínimos para compras governamentais relacionadas à construção de edificações militares.

O interesse do TCU na disseminação do BIM no serviço público fundamenta-se na possibilidade de mitigação de cerca de 50% dos tipos de irregularidades

detectadas em obras públicas. Considerando o resumo de Achados de Auditoria, de 2011 a 2014, Cleiton (2016) observou que 47,4% do total pesquisado correspondiam a falhas que produziram sobrepreço ou superfaturamento. Também que haviam projetos básico ou executivo deficientes, e ainda, evidências de fiscalizações deficientes ou omissas com existência de atrasos injustificáveis nas obras e serviços.

Figura 6 – Principais achados de Auditoria de 2011 a 2014

Item	Achados de Auditoria	Quantidade de Achados			Auditorias	
		Quantidade	%	% acum	Quantidade	%
1	Sobrepreço/superfaturamento	415	15,8%	15,8%	253	38%
2	Projeto básico/executivo deficiente ou desatualizado	341	13,0%	28,9%	255	38%
3	Fiscalização deficiente ou omissa	291	11,1%	40,0%	77	12%
4	Existência de atrasos injustificáveis nas obras e serviço	195	7,4%	47,4%	48	7%
5	Execução de serviços com qualidade deficiente	131	5,0%	52,4%	42	6%
6	Restrição ao caráter competitivo da licitação	115	4,4%	56,8%	95	14%
7	Inobservância dos requisitos legais e técnicos de acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida	88	3,4%	60,2%	17	3%
8	Orçamento do Edital / Contrato / Aditivo incompleto ou inadequado	69	2,6%	62,8%	63	9%
9	Demais achados com percentual inferior a 2%	974	37,2%	100,0%		
	Total	2619			668	

Fonte: Cleiton (2016)

Dadas essas circunstâncias, foram identificadas as seguintes medidas que com o uso da metodologia BIM poderiam evitar a ocorrência dos achados de auditoria ao longo da implantação de um empreendimento, de sua concepção (projeto) até sua execução (obra):

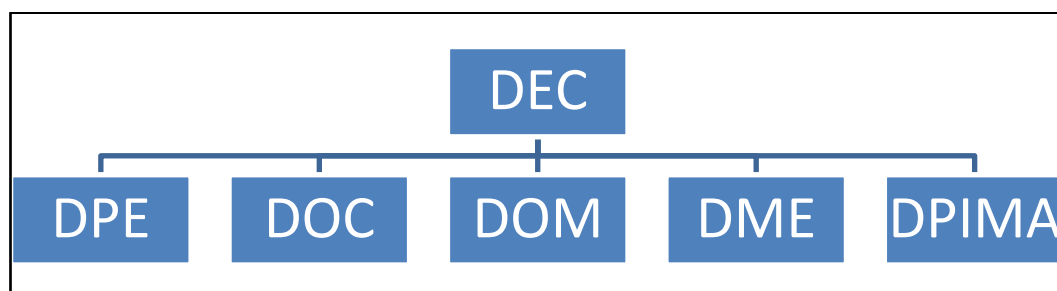
- Extração automática e precisa de quantitativos: Conferindo maior precisão nas quantidades minimizando erros que redundariam na elevação do valor das obras. Essa medida tem potencial de evitar que as medições de serviços, e o correspondente pagamento de itens superfaturados face a inclusão de quantidades superiores às reais e necessárias. Por fim, vislumbra-se a possibilidade de redução do jogo de planilhas (prática caracterizada pela modificação, com acréscimo ou exclusão de serviços e materiais, onde há maior vantagem para a contratada ou onde obteria menor lucro, após a contratação pública).

- Desenvolvimento de um modelo 3D: Tem o potencial de suprimir as deficiências de projetos básico ou executivo da edificação, ao proporcionar um conjunto completo de informações que definem completamente o bem público a ser construído. A vinculação entre os materiais utilizados com suas especificações em cada elemento construtivo associada à inclusão de projetos complementares, das diversas modalidades de engenharia, em um único modelo, tem a condição de melhorar consideravelmente o objeto da licitação, e de eliminar suas deficiências. As ferramentas permitem ainda um ganho adicional de qualidade devido a capacidade de realizar a detecção de interferências, entre as disciplinas envolvidas na concepção da obra, antes de seu início, eliminando a revisão de projetos em fase de obras, o que exprime uma das consequências da deficiência dos projetos.

- Simulação 4D: Em relação às falhas da fiscalização, diante de atrasos nas obras, o potencial de execução de simulação da construtibilidade, associada com o teste de variantes de possibilidades construtivas, tem a possibilidade de aumentar a compreensão da construção propriamente dita, muito além da proporcionada pelas tradicionais ferramentas de planejamento. Fortalecendo a probabilidade de que a obra seja planejada e projetada dentro de critérios que minimizem a ocorrência de atrasos. Também há possibilidade de mitigação de interferências relacionadas às movimentações de materiais, carga e pessoal no canteiro de obras. Com esse conjunto de elementos, percebe-se um aumento da capacidade da equipe de fiscalização na identificação antecipada dos pontos críticos mitigando a sua ineficiência de acompanhar sua execução.

As Organizações vinculadas tecnicamente ao DEC, como a DOM, Comissão Regional de Obras da 11ª Região Militar (CRO/11), Comissão Regional de Obras da 5ª Região Militar (CRO/5) e a DPE já realizaram inúmeras medidas visando utilizar a metodologia BIM na atividade de elaboração de projetos.

Figura 7 – Organograma do DEC



Fonte: O próprio autor

Dentre as principais iniciativas no âmbito do sistema DEC, a DOM apresentou através do 1º Seminário BIM, inúmeras iniciativas, das quais destacam-se:

- o uso do “*software*” REVIT no projeto de Edifícios PNR no Rio de Janeiro – Vila Verde,
- a primeira versão de um manual de padronização (DOM, 2011), e
- o desenvolvimento de um projeto completo em BIM, de Próprio Nacional Residencial Tipo com 6 pavimentos. O fabricante de “*softwares*” AltoQI, referência nacional de produtos nas áreas de projetos de estruturas e de instalações elétricas, lógica, hidráulicas e sanitárias, realizou os projetos complementares dessa edificação e ainda os inseriu no modelo de arquitetura, explicitando o processo de interoperabilidade entre as diversas plataformas utilizadas.

Figura 8 – Sistema DEC



Fonte: O próprio autor

Também durante as apresentações do 1º Seminário BIM, a CRO/11 e a CRO/5 apresentaram trabalhos na área. Destacaram-se no uso da nova metodologia na elaboração de projetos, que transformaram-se em obras, demonstrando a viabilidade dos produtos gerados, exemplificados no Forte Santa Bárbara (Formosa/GO), no Pavilhão Esquadrão de Comando e Apoio (Rio Negro/PR), no Centro de Operações da 5ª Divisão de Exército, no Centro de Comando e Controle Fixo (Foz do Iguaçu/PR). Também foi apresentada uma aplicação pioneira, com uso de aeronave remotamente pilotada, para obtenção de nuvem de pontos de terreno visando a elaboração de novo projeto.

Dadas as inúmeras iniciativas, convém destacar que as medidas tomadas no âmbito da DPE corresponderam a um novo patamar de implantação da metodologia BIM no âmbito do DEC. Além de utilizar as ferramentas na elaboração de projetos, sistematizou a disseminação do conhecimento através de cursos, da modernização

da sua infraestrutura física com novos “softwares” e “hardwares” e por fim, criou um novo processo de elaboração de projetos. Para dar praticidade à nova metodologia, foram elencados 02 (dois) projetos piloto, a nova sede do Superior Tribunal Militar, e o novo Comando de Operações Especiais (COTER), onde desde sua concepção inicial, foram testados os procedimentos da modelagem em BIM.

Os investimentos para capacitação proporcionaram o treinamento de todo o efetivo da DPE, permitindo inclusive o aproveitamento de pessoal de outras Organizações Militares. Foram contratadas 36 turmas que abordaram as plataformas da “Autodesk”, vinculadas ao BIM, no “Revit Architecture”, “Navisworks Manage”, “Revit MEP” e “Civil 3D” Básico. O universo correspondeu a 432 alunos da instituição, composto por arquitetos, engenheiros e técnicos em edificações e eletricidade.

Na modernização da infraestrutura da DPE, foram tomadas medidas de aquisição de 48 licenças (suíte), com atualização automática por 3 anos, dos “softwares Autodesk Architecture, Engineering & Construction Collection”, e ainda aquisição de novas 32 estações de trabalho, totalizando quase três milhões de reais de investimento em 2016 e 2017.

Assim, quando a DPE estabeleceu dois projetos piloto para implantação da metodologia, já dispunha de pessoal e equipamentos necessários para realizar a tarefa. A próxima etapa a ser vencida tratava-se de detalhar e testar, na prática, o processo. Com isso, uma nova metodologia de elaboração de projetos de obras públicas implementada, modificando o ciclo que se praticava até aquele momento. Para essa tarefa, contou com o apoio da contratação de uma consultoria especializada, cujos os procedimentos serão abordados no tópico a seguir.

6 A IMPLANTAÇÃO DO BIM NA DPE

6.1 PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO

O processo de implantação do BIM na DPE iniciado no ano de 2017, contou com um diagnóstico inicial, conforme descrito por Cabral (2017). Nessa etapa ao ser identificado o estágio de maturidade da organização no tema, foi marcada a correta caracterização das oportunidades de melhoria até o atingimento do estado final desejado.

O nível de maturidade da DPE identificado por Cabral (2017) era o de pré-BIM. A classificação adotada, conforme Succar (2009), apontou para o referido nível devido ao processo sequencial de elaboração de projetos, diferenças entre o Projeto Básico e o Executivo e a pouca integração do trabalho da equipe.

O processo de trabalho sequencial correspondia ao início de uma fase, somente com a finalização da anterior, exprimindo-se uma lógica de passo a passo concatenado. Por exemplo, somente após a conclusão do projeto de arquitetura, os projetistas de estruturas e instalações tinham condições de iniciar suas tarefas, e conseqüentemente, o trabalho dos orçamentistas somente seria iniciado após a conclusão destes últimos.

Num nível elevado de maturidade em BIM, o trabalho de colaboração entre os projetistas é contínuo e concomitante. Todos os envolvidos no desenvolvimento do projeto compartilham do mesmo conhecimento sobre ferramentas computacionais utilizadas e dos conceitos metodológicos de BIM, sendo plenamente capazes de interagir, de modo que o andamento do projeto pode ser expresso em termos de *“Level of Development”* ou *“Level of Detail”* (nível de desenvolvimento ou nível de detalhe, LOD), numa escala que varia de 100 a 500.

Dessa forma, utilizando o mesmo exemplo, para um nível mais elevado de maturidade em BIM, quando o projetista de arquitetura atingir um detalhamento mínimo da edificação, denominado “LOD 100”, já se tem possibilidade de iniciar a interação com os projetistas de estruturas e instalações. Continuamente são inseridos novos dados, particularmente relacionados à viabilidade dos elementos, marcando a cooperação e a interoperabilidade entre os profissionais. Com a continuidade do desenvolvimento do projeto, ao se atingir um nível melhor de detalhamento do modelo (LOD 200), tem-se o início da participação dos

orçamentistas, antes mesmo de completados os trabalhos de todas as equipes envolvidas (LOD 300) na fase de projeto da obra.

As diferenças entre projetos Básico e Executivo são muito marcantes na fase pré-BIM, tendo em vista que o conjunto de elementos que representam a edificação são muito focados em produtos impressos ou de mídia (arquivos PDF - *Portable Document Format*), formando um conjunto de plantas e documentos, dos quais facilmente são perceptíveis as diferenças entre conteúdos básicos e executivos, face ao volume entre ambos.

6.2 MATURIDADE EM BIM NA DPE

Em níveis mais elevados de maturidade em BIM, os bancos de dados utilizados contam com famílias de elementos com os detalhamentos precisos que, em muitos casos, são muito superiores aos que um projeto executivo poderia exprimir.

A representação do mundo real, com características que permitam até a simulação de funcionamento já estão presentes nos modelos iniciais (LOD 100). Com isso, a delimitação entre níveis de detalhamento básico ou executivo não tem um sentido prático, sendo mais empregado o conceito de LOD para limitar o esforço a ser empregado no projeto, ao invés das expressões básico ou executivo.

O uso de softwares que permitiriam a incorporação de ferramentas em BIM estava disseminada na DPE, entretanto não havia um processo onde a metodologia estivesse sendo empregada integrando totalmente o trabalho em equipe. No nível pré-BIM, as equipes apenas 'utilizam' softwares, como o Revit. O processo de elaboração do projeto, as normas empregadas e os padrões de desempenho continuam seguindo a formatação de entregas em duas dimensões com produtos impressos ou em PDF.

Em níveis mais elevados, há uma metodologia integrada de BIM, na qual todos os elementos são concentrados num único modelo digital. Desde suas fases iniciais, já contam com informações padronizadas e completas, de modo que os pacotes de entregas são padronizados para permitirem sua visualização em 3D, com possibilidades de simulação de sua construção e com informações plenas dos elementos utilizados. O projeto transforma-se num verdadeiro banco de dados, de modo que conforme a necessidade for apresentada se extrairá a informação

necessária, por exemplo, para uma comissão de licitação, poderão ser fornecidas as especificações e um conjunto de plantas para definir o objeto da licitação.

6.3 ESTRUTURA DE RESPONSABILIDADE

À semelhança da proposta de Succar (2009), detalhada por Rodrigues (2018), um Plano de Implementação da metodologia BIM numa determinada organização, exige ações em várias áreas, abrangendo: Pessoas, Processos e Infraestrutura Tecnológica. Considerando o estágio organizacional da DPE, os campos das Pessoas e da Infraestrutura já dispunham de significativos avanços, de modo que, para proporcionar um melhor alinhamento, foram necessários ajustes na definição de responsabilidades, na explicitação dos usos e na formulação do BIM Mandate, que corresponde a um conjunto de práticas a serem seguidas pela organização.

A estrutura de responsabilidades definiu atribuições para o Consultor BIM, agente externo à organização, um Coordenador BIM, um Comitê BIM e as equipes de Produção.

Em relação ao Consultor BIM, suas principais atribuições foram de: diagnosticar o ambiente, definir a melhor estratégia gerencial com indicadores de performance, propor novos fluxos e processos, coordenar as ações de capacitação, orientar a criação de elementos de biblioteca e templates que atendessem às necessidades da organização e elaborar as inovações decorrentes da utilização do conceito BIM.

Em relação ao Coordenador BIM, por se tratar de um agente interno à organização, coube a tarefa de identificar: as dificuldades e as oportunidades de melhoria no uso dos softwares e nos fluxos de trabalho, as habilidades específicas nos integrantes das equipes e na sua aplicação, e os tipos de testes de performance mais adequados.

O Comitê BIM foi composto pela equipe de projeto e por membros externos, tanto da própria DPE como da DOM. A ação principal do comitê foi dar condições para que o plano BIM se desenvolvesse, fazendo a interface entre as equipes de produção e entes externos. Também se responsabilizou pela aprovação da melhor estratégia gerencial e dos indicadores de performance.

As equipes de produção formadas pelos integrantes técnicos da DPE tiveram tarefas de, continuamente, realizar a atualização das ferramentas adotadas e de

participar nos treinamentos fornecidos. Assim, foram responsáveis pela alimentação de dados e informações nos processos e fluxos que particularizam suas esferas de atuação, durante o desenvolvimento dos projetos piloto, elaborando as famílias e os templates que compõem um projeto em BIM.

6.4 DEFINIÇÃO DE USOS

A etapa de definição de usos teve a finalidade de delimitar o alcance da ferramenta no âmbito da DPE, diante da gama extensa de possíveis aplicações. A estratégia buscou maturidade técnica em quatro usos, na fase inicial, para em um segundo momento, expandir outras capacidades. Cabral (2017), explicitou que seriam desenvolvidos os seguintes usos: “*Design*” Autoral, Coordenação Espacial 3D, Estimativa de Custos e Planejamento 4D.

O “*Design*” Autoral corresponderia à atividade central da DPE, consistindo da elaboração de projetos e da geração da documentação técnica, a qual deveria ser realizada diretamente no software BIM escolhido.

Este processo marcou uma importante alteração da sistemática, pelo fato de se concentrar em um único software e principalmente, em um único modelo, todas as versões finais dos detalhamentos, minimizando-se o risco de desenhos descoordenados e desatualizados.

Houve ganho de produtividade posto que alterações de projetos eram automaticamente disseminadas para toda a equipe, permitindo a verificação individualizada das necessidades em se adequar os detalhamentos outrora realizados. Como cada membro da equipe muitas vezes utilizava uma plataforma específica de dimensionamento, externa ao modelo, dadas novas condicionantes, percebeu-se a aceleração na sua adaptação e na reinserção das novas versões no modelo, de forma paralela, a medida que ocorria a continuidade do projeto.

A Coordenação Espacial corresponderia à detecção de interferências entre sistemas, projetos e disciplinas, tratando-se de uma etapa crítica para a consolidação e revisão dos projetos.

A verificação de interferências e choques entre os projetos era realizada pela compatibilização de disciplinas através da sobreposição de desenhos 2D, sendo que o operador do sistema era o agente principal de identificação de conflitos potenciais. Tratava-se de um procedimento que onerava o tempo do projeto, sendo portanto

muito suscetível a erros e dependente da experiência do profissional. O resultado de alguma falha, nessa etapa, somente seria perceptível na fase de construção, gerando os impactos apontados por Cleiton (2017).

No modelo BIM, o processo de Coordenação Espacial preconizou a celeridade do projeto, uma vez que as interferências passaram a ser detectadas de forma automática. Isso possibilitou a detecção dos conflitos continuamente pela equipe da DPE, durante a realização dos projetos piloto, seguida da sua análise seletiva e correção.

A Estimativa de Custos corresponderia a uma etapa marcada pela extração automática de quantitativos do modelo, utilizando-se o potencial da base de informações que a metodologia BIM acrescentara no projeto da edificação. Após esta extração de quantitativos, seguiria o processo tradicional, onde esses dados seriam inseridos no sistema de orçamentação adotado.

Considerando que o Sistema de Obras do Exército, atualmente, faz uso do “*software*” COMPOR 90 para elaborar orçamentos, e que não há interoperabilidade entre esse sistema e o modelo em Revit, não houve a possibilidade de atualização automática do orçamento, indicando uma de suas limitações.

O Planejamento 4D corresponderia à união de um cronograma com o sequenciamento de atividades de construção. Essa ferramenta pode proporcionar a visualização simulada da construção do empreendimento, e permitir aos engenheiros, a percepção das necessidades construtivas, no contexto do espaço e do tempo, como o fluxo de cargas no canteiro de obras, ou a necessidade de modificações no transporte vertical de guias, bombeamento de concreto ou elevadores de obras. Até a finalização dessa monografia ainda não haviam elementos consolidados da execução do Planejamento 4D, utilizando a simulação em algum dos dois modelos dos projetos piloto, pela equipe da DPE.

Por fim o principal elemento documental implementado foi o BIM Mandate. Correspondeu a um Caderno de Diretrizes de Modelagem, que orientou os projetistas em como seriam criados os modelos que atenderiam às necessidades da DPE.

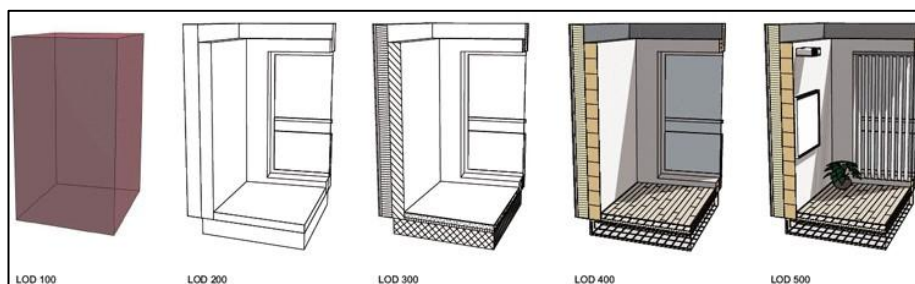
6.5 O BIM MANDATE DA DPE

O BIM Mandate, elaborado pela DPE também chamado de Manual BIM, foi o documento que estabeleceu detalhadamente, as normas e padrões para o desenvolvimento de projetos e modelos construtivos. Explicitou um processo continuado de criação de famílias de elementos, com um LOD apropriado para a DPE, tendo um fluxo de trabalho das equipes cuidadoso para não ocorrer a duplicação de modelos, e ainda contando com relatórios de colisões e definições relacionadas à orçamentação.

O nível de LOD adotado tem relação com a quantidade de trabalho da equipe, posto que determina a quantidade de informações do modelo de arquitetura, estrutura ou instalações, incluindo os possíveis tipos de sequenciamentos construtivos (4D) e, ainda contando, na característica da documentação.

A especificação de LOD segue parâmetros internacionais desenvolvidos pela “*American Institute of Architects*” (AIA) sendo expresso numa escala com cinco níveis, de 100 a 500, detalhados a seguir. O nível adotado como padrão pela DPE foi o LOD 300, de modo que a quantidade de trabalho da equipe deve estar focada no atingimento desse padrão.

Figura 9 – Níveis de LOD



Fonte: Soethe (2017)

O nível LOD 100 se caracteriza por elementos simplificados por símbolos ou com representações genéricas, mas dispendo de informações como seu custo por m² ou mais técnicas como a capacidade de refrigeração de um equipamento. É muito útil nas fases de pré-projeto e concepção geral, ao permitir análises com base na geometria, por relacionar dados completos de área, volume e orientação espacial, incluindo a possibilidade de simulação do tempo total dispendido para executar a construção.

No nível LOD 200 e LOD 300, aos mesmos elementos, são acrescentadas mais características, como os sistemas vinculados, objetos que o compõem com

suas respectivas quantidades detalhadas, possíveis formas de montagem, geometria com os tamanhos e formas, bem como o posicionamento no conjunto projetado. Ao passo que no LOD 200, a geometria dispõe de dimensões mais completas que no LOD 100, no LOD 300, ocorre sua representação fidedigna, com um detalhe que atinge a forma definitiva de como são no mundo real.

No nível LOD 400 são acrescentadas informações que particularizam a construção, como a sua posição geográfica, condições do entorno da edificação, os possíveis fornecedores de cada um dos materiais e as características específicas obtidas, por exemplo, no manual do fabricante. No nível LOD 500 são acrescentadas informações que permitirão a gestão da edificação, como a forma de aquisição, contratos e logística, todos os “*as-built*” (como construído) que na fase da construção acarretaram em modificações do modelo original.

O LOD 400 ou 500 correspondem a uma contribuição para o ciclo de vida da edificação, proporcionando ferramentas úteis para a manutenção, adequação de espaços, modificações estruturais até sua demolição.

A definição do “*worksharing*” (fluxo de trabalho) caracteriza-se pela padronização técnica de compartilhamento do modelo BIM, considerando que haverá apenas um único modelo central acessado por diversos usuários. Por se tratar de uma aplicação na área de engenharia e arquitetura, tradicionalmente utiliza-se um sistema cartesiano de coordenadas para que ocorra a conexão entre projetos advindos de cada integrante da equipe.

O “*software*” adotado na implementação do BIM na DPE foi o “*Autodesk Revit*”, que já utiliza um sistema de coordenadas cartesianas próprio, no qual os objetos referenciam-se uns aos outros, sem o apoio de uma “coordenada absoluta”. Desta forma, padronizou-se esta vinculação entre os elementos, proporcionando a interoperabilidade entre projetos de detalhamentos advindos das diversas disciplinas e plataformas de dimensionamento.

A cultura de projetos existente até então, não proporcionava a utilização de um modelo único, mas diversas cópias, obtidas pelos interessados e armazenadas em locais diversos. Ao padronizar o desenvolvimento de projeto na plataforma BIM, foi imposto aos projetistas que todos os elementos construtivos finalizados só deveriam ser representados no projeto original, não devendo ser duplicados, utilizando-se

para esse fim referências de vínculos e “links” (endereço eletrônico da referência no servidor).

Ao serem projetados os elementos, foram estabelecidas as sistemáticas e padrões para emissão dos Relatórios de Colisões. O BIM Mandate definiu que a plataforma a ser empregada era a do relatório de interferências gerado no “*software Autodesk Navisworks*”, bem como que os projetos complementares deveriam atender às tolerâncias nele estabelecidas. Ao serem identificadas interferências nos projetos e sistemas, estas deveriam ser modificados, dentro da técnica, e novamente inseridas no modelo único, configurando uma sequência de interações até a mitigação dessas interferências.

O processo de orçamentação, por se tratar de uma obra pública, seguiu parâmetros mínimos para compor um processo licitatório. Foi dividido em duas etapas até a obtenção do valor total da obra: a quantificação e a qualificação.

A quantificação de elementos correspondeu à extração de quantitativos do modelo, expressos nas unidades constantes dos bancos de dados adotados pelo governo, podendo ter características diretas e indiretas.

As quantidades diretamente extraídas do modelo são as que se apresentam como produtos acabados. Por exemplo, as portas, luminárias ou revestimento cerâmico de pisos são quantitativos diretamente relacionados a um item com o mesmo nome no orçamento.

Já os quantitativos com vínculo indireto, demandam outras considerações, por exemplo, a área da laje de cobertura, está associada a outros itens orçamentários, como o volume de concreto empregado para sua construção, as camadas de impermeabilização utilizadas, ao escoramento necessário para dar sua forma, até ao tipo de sistema de bombeamento do concreto para viabilizar sua construção. Desta forma, não há uma vinculação direta, necessitando de uma intervenção manual de um profissional para obtenção de vários itens orçamentários advindos de uma extração dessa quantidade.

A qualificação dentro da orçamentação corresponde ao processo de identificação de serviços necessários para a construção de um determinado elemento expresso no projeto, como a sua codificação adequada no banco de dados governamental, onde são inseridas informações como as composições e produtividades. É uma atividade que tem vínculo com a quantificação, mas não se

limita a esta, tendo em vista que existem serviços em uma obra de construção que não podem ser quantificados nem direta nem indiretamente. Podemos exemplificar pela orçamentação de equipamentos de proteção individual ou coletiva, das taxas inerentes à obra, até mesmos com os serviços complexos como as fundações, que podem envolver escavação, escoramento, aterro, demolições em elementos previamente construídos para ligação e concretagem em fases, dentre outras atividades, peculiares ao caso projetado.

Em relação à primeira etapa de quantificação, o fato dos projetos estarem dentro do conceito BIM permitiu que as quantidades, caracterizadas dentro dos elementos projetados, fossem extraídas de forma automatizada correspondendo a um evidente ganho de tempo e qualidade. Na medida do possível, também se tornou possível inserir quantidades de itens indiretos, desde que cuidadosamente explicitadas no momento da criação das famílias dos elementos em BIM.

Infere-se que houve um grande ganho de tempo no processamento dessa atividade, ao comparar com a forma como se realizava essa tarefa anteriormente. Evidenciavam-se a necessidade de experiência do profissional e uma atividade de contagem manual de elementos, de mensuração de áreas de paredes, tipos de pisos, de volumes de elementos estruturais, de somatório do comprimento linear de paredes, vigas e pilares, da identificação e geração de tabelas com os componentes dos sistemas elétricos, de lógica, de telefonia, e de instalações hidráulicas e sanitárias, dentre outras. Assim, ocorria o consumo de muito tempo de projeto, medido na escala de dias chegando a semanas e sempre fadada a incorreções.

Na metodologia BIM implantada na DPE, a extração automatizada de quantitativos associada à verificação de sobreposições, constante da etapa de interferências, fez com que o tempo para realizar a mesma tarefa fosse virtualmente instantâneo, medido na escala dos segundos. Após essa extração, a maior parte do tempo passou a ser empregado nos itens indiretos, mais complexos, como também na coerência geral do orçamento.

O padrão da orçamentação da DPE seguiu a base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), utilizando-se o “*software*” COMPOR90 para a geração do orçamento final, onde ocorreria a etapa de qualificação.

O SINAPI é um banco de dados de preços no âmbito da administração pública, sendo composto de um Catálogo de Composições Analíticas, que contem itens de formação de cada custo das obras. Considerando que cada um dos elementos do modelo BIM, além da sua forma geométrica, contém informações sobre insumos, mão-de-obra, coeficientes de consumo e produtividade, o SINAPI foi utilizado intensamente para suprir as famílias com tais informações.

O “*software*” COMPOR90 permite a organização em forma de uma tabela, do conjunto de serviços e o seu preço, que foram utilizados num determinado projeto de uma obra. Desta forma, ao se realizar a extração de quantitativos associados, aos códigos SINAPI, do modelo em BIM, foi possível dar agilidade na execução do orçamento da obra projetada, mesmo que não tenha sido eliminada a inserção manual de serviços mais complexos.

Com esse conjunto de ações e procedimentos, foi iniciada a elaboração dos projetos piloto propriamente ditos, fase que se estende até a atualidade, na qual o conjunto de práticas previamente estabelecidas estão em execução e cujos resultados e sua validação poderão ser percebidos nos próximos anos.

7 AS POSSIBILIDADES DE INOVAÇÃO DO BIM NO DEC

O processo inovador de Johannessen (2011), no caso do DEC, foi representado através das medidas descritas anteriormente que implementaram uma nova metodologia, transformando uma organização através do BIM. Como agente governamental, o DEC atuou como órgão de disseminação prática de uma nova ferramenta, alinhado com uma política pública do setor em que se encontra.

A inserção de inovações, dentro dos conceitos de uma economia baseada no conhecimento, apresenta-se, nesse caso, na forma de ferramentas que proporcionem melhorias nos protocolos estabelecidos pelo DEC na DPE e que tenham potencial de aproveitamento pela indústria da construção civil e de fomento junto à academia.

Essa ação do DEC tem potencial de atuar como um elo indutor de movimento da Tríplice Hélice, fomentando a replicação do modelo, no âmbito da indústria da construção civil, na medida em que os resultados forem divulgados. Em paralelo, há também a possibilidade de sua inserção no mundo acadêmico, pelos estudos de caso e avaliações das práticas, conduzindo para a ampliação do horizonte de ação e do conhecimento propriamente dito.

A necessária interoperabilidade entre sistemas utilizados durante a implementação da metodologia BIM no DEC, demonstrou possibilidades de geração de inovação através da criação de aplicativos úteis na construção civil ao mesmo tempo que solucionam problemas de um ente do governo.

Com isso, podem ser elencadas possibilidades de aplicações inovadoras, com potencial de comercialização e de ampliação de pesquisas acadêmicas, no campo das comunicações, orçamentação, tratamento de interferências, modelagem da construção, processos construtivos complexos, verificação de não conformidades para o controle externo, fiscalização de obras, ensino à distância, trabalho virtual e documentação de obras.

7.1 INOVAÇÕES NAS COMUNICAÇÕES DE PROJETOS

A metodologia BIM na DPE indicou uma lacuna tecnológica que sistematize e organize a interação entre os profissionais envolvidos no projeto, lembrando a nova

hélice de geração de inovação de comunicações entre os pesquisadores, visualizada por Leydesdorff (2012).

Os estágios mais avançados de implantação da metodologia BIM implicam em realização de projetos de forma simultânea como apresentado por Succar (2009), e nessa ação, há uma necessidade prática de comunicação entre a alta administração, o gerente de projeto e a própria equipe.

A alta administração precisa ter e receber informações sobre os rumos do projeto, particularmente sobre seu estágio atual e perspectivas futuras, principais problemas que demandem alterações, controle de custos para continuidade das atividades, necessidades de equipamentos e “softwares”.

Ao gerente de projeto são demandadas e emitidas ordens sobre a atividade em execução, precisa dispor de ferramentas que organizem o processo. Ao mesmo tempo em que a equipe, num processo interativo, precisa manter ativa a comunicação, para alinhar as tarefas continuamente.

Diante desse cenário, há possibilidade de criação de soluções inovadoras no campo das comunicações, na própria forma como estas serão documentadas e inseridas dentro do modelo único que é o cerne da modelagem em BIM.

Novos aplicativos com potencial de inserir as ferramentas mais atualizadas na área de gerenciamento de projetos, das quais destaca-se o “*Project Management Body of Knowledge*” (corpo do conhecimento do gerenciamento de projetos - PMBOK), podem agregar valor e qualidade no projeto em BIM.

A relação de tarefas a serem realizadas pela equipe e definidas pelo gerente de projeto, poderiam ser criadas através de um software inovador que tornasse eficiente o processo de elaboração do projeto e de alocação do tempo, bem como serem vinculadas a partes específicas do modelo, famílias, elementos e projetos complementares.

O relacionamento entre o gerente de projeto e a alta administração pode ser incorporada ao modelo do projeto, através de sua documentação, demonstrando o alinhamento das ações e o pleno atendimento das necessidades dos “*stakeholders*” e autoridades demandantes, incluindo até a indicação precisa do ponto no qual o modelo projetado fora modificado.

7.2 FERRAMENTAS PARA INTEGRAÇÃO DE ORÇAMENTOS

O orçamento no caso de uma obra pública corresponde a uma das peças de maior importância, e no âmbito dos órgãos públicos, como o DEC, deve ser objeto de atenção e melhoria constante para manutenção da qualidade e da transparência do gasto de recursos públicos.

Os atuais estágios de desenvolvimento dos softwares em BIM ainda não dispõem de ferramentas com múltiplos fornecedores que, atestados pelo uso, realizem a vinculação com os bancos de dados de preços utilizados pelo governo federal, notadamente o SINAPI. Portanto, trata-se de uma das possibilidades de criação de aplicativos inovadores, com o potencial de transformar a forma como são projetados os bens públicos.

Ao associar os custos de uma obra, já nas fases mais iniciais de projetos, por exemplo, no detalhamento de LOD 100, a tarefa de escolha dos tipos de materiais e elementos de um bem público onerosos, já seria eliminada no conceito inicial do empreendimento, e não na fase de orçamentação.

Da mesma forma, como se trata de um conjunto documental do modelo, a completa inserção do orçamento neste, agregaria qualidade, permitindo ao usuário final identificar os rumos originais do bem ora construído, correspondendo a uma ferramenta útil e de transparência nas obras governamentais.

7.3 SISTEMATIZAÇÕES DO TRATAMENTO DE INTERFERÊNCIAS

Os “*softwares*” em BIM possuem ferramentas de identificação de colisão de elementos muito precisas que combinam basicamente projetos distintos num modelo único em três dimensões, de modo que dois elementos, obviamente, não poderão ocupar o mesmo espaço.

Assim, por exemplo, se duas redes, uma de lógica e outra de instalação hidráulica, estiverem se cruzando no mesmo nível, as ferramentas automaticamente irão inserir, no relatório de colisões e interferências, esses elementos e a posição onde ocorreu o fato, conforme a tolerância padronizada.

Nesse contexto, podem ocorrer duas aplicações inovadoras, que sejam a correção automática e as colisões não mensuráveis devido à destinação e uso.

A correção automática pode ser representada por aplicações inovadoras, na área dos “*softwares*” de engenharia, para que diante de um determinado conjunto de

parâmetros, agregue a capacidade de realizar a correção autônoma do projeto. Um exemplo seria um lançamento de tubulações, no mesmo nível, ou uma rede que perfure uma viga onde não foi previsto uma abertura. Tais elementos poderiam ser corrigidos automaticamente, avançando além do que o próprio software já realiza atualmente, dado que um pequeno conjunto de ações, padronizadas, correspondentes à sua solução seria programado, deixando o relatório de interferências mais reduzido, e permitindo que a equipe de projeto perceba as colisões não mensuráveis.

As colisões não mensuradas são as que se relacionam com o uso da edificação e que atualmente dependem da experiência do projetista e do gerente de projeto para sua identificação e correção. Atualmente, não é possível afirmar que os projetos, com todos os sistemas nele inseridos, são completamente acessíveis por equipes de manutenção ou limpeza, nem mesmo se dispõe de condições de acessibilidade do seu público alvo.

Por exemplo, é possível criar um projeto, sem qualquer falha nos relatórios de interferência, na qual haja um sistema mecânico numa laje de cobertura, sem que a referida laje possua um alçapão ou escada de acesso, como também instalar uma caixa d'água na qual não seja possível ter acesso, sem desmontar o telhado, ou ainda, uma bomba elevatória, numa cota inacessível mesmo para sua instalação.

Uma aplicação inovadora incorporaria o fator humano no modelo projetado, simulando se os sistemas instalados possam ser acessados, mantidos ou limpos, se são habitáveis em termos de circulação de ar ou iluminação dentre outras questões que correspondem a colisões entre o modelo e o uso.

7.4 PLANEJAMENTOS DE OBRAS COM A MODELAGEM DA CONSTRUÇÃO

As ferramentas tradicionais de realização do planejamento de obras exprimem os principais serviços previstos no orçamento, formando um cronograma. Então, ao ser ordenado de forma lógica, com base na experiência do responsável, são visualizados os itens mais relevantes e criados os caminhos críticos, em função da estimativa de tempo para a realização das tarefas.

O tempo total estimado para uma obra, e por consequência, a futura definição do que configurou um atraso, gerando os problemas observados por Cleiton (2016), seguramente tem gênese nessa limitação humana do processo.

Apesar das composições de custo apresentarem equipamentos, materiais e pessoal, associados a uma produtividade por unidade de execução e a uma duração, percebe-se que não se aproximam do tempo real de execução do bem.

O cronograma, elaborado com base na experiência profissional, tem maior aderência à realidade, posto que contempla outras circunstâncias, como os transportes envolvidos na execução da obra, o calendário civil, o tempo útil de trabalho diário, a variação de produtividade das equipes e dos equipamentos, os atrasos nos fornecimentos de materiais, as condições climáticas, as interferências governamentais para concessão de licenças e alvarás, dentre outras condições.

Desta forma, há uma grande oportunidade de melhoria do processo de planejamento das obras, principalmente pela modelagem BIM permitir a simulação 4D do processo.

A inovação nessa área teria um longo caminho, para conseguir inserir estas condicionantes mais realistas ao processo construtivo, como as citadas anteriormente, o que seguramente atenderia ao projetista mais experiente, na medida em que simularia o mundo real com maior propriedade, ainda na fase inicial do empreendimento, dando-lhe uma poderosa ferramenta de ação durante a execução, face identificar com maior precisão, no caso concreto que se propôs a implementar, quais seriam as verdadeiras criticidades que impactariam a duração da obra, e não somente confiar na sua memória de construções anteriores.

7.5 NOVOS SISTEMAS PARA PROCESSOS CONSTRUTIVOS COMPLEXOS

A tecnologia aplicada às edificações está em constante evolução, sendo natural o surgimento de novos sistemas a serem incorporados aos projetos. Por outro lado, sistemas tradicionais, quando inseridos geram demandas de manutenção e de posicionamento específicas, dentre as quais podemos citar os sistemas de elevadores, de condicionamento de ar, de segurança, de incêndio, de controle elétrico, dentre outros.

Há possibilidade de criação de soluções inovadoras particularizadas aos produtos ofertados pelos seus respectivos fabricantes, que muito além de uma mera biblioteca com dimensões, características geométricas e seu preço, poderiam agregar ao modelo BIM uma simulação computacional completa, com dados sobre o ruído gerado pelo seu funcionamento, a necessidade de vinculação com o sistema

de energia, a sua manutenção periódica e o seu custo diante de inúmeras variáveis por todo o ciclo de vida.

Ao gerenciar uma construção, a inovação proporcionaria a capacidade de simulação de custos com o ciclo de vida dos sistemas instalados na edificação, mais realistas, visualizando-se sua manutenção do bem, de modo que todo o empreendimento, e não somente sua construção na fase inicial estaria sendo observada.

Para os patrocinadores, haveria uma ferramenta útil para justificar a implementação de sistemas de alto custo inicial, mas que ao longo do período de vida útil, se tornariam mais eficientes que a escolha natural, dos dias atuais, sempre focadas no valor inicial.

7.6 SOLUÇÕES PARA FISCALIZAÇÃO E AUDITORIA EM OBRAS

A atividade vinculada ao exercício de fiscalização e auditoria não são exclusivas do controle externo do TCU, de modo que o acompanhamento e o monitoramento de obras das organizações militares, podem seguir os mesmos preceitos daquela Corte de Contas, e assim antever possíveis óbices na gestão do orçamento público.

Nesse sentido, o DEC tem condições de promover um ambiente propício ao surgimento de inovações ao dotar suas equipes com ferramentas que consigam mitigar os principais óbices apontados por Cleiton (2016), considerando a condição pioneira que a implantação da metodologia BIM agrega à organização.

Dada uma determinada obra, elencada para uma verificação, existem tarefas básicas que podem ser automatizadas, como a extração de dados técnicos para geração da curva ABC.

A curva ABC corresponde a faixas do valor percentual acumulado dos itens de um orçamento. Os itens mais importantes formam a faixa “A” e representam de 10 a 20% do número total de itens, porém respondem por cerca de 80% do valor total da obra. A faixa “B” compreende cerca de 30% dos itens e aproximadamente 15% do valor total, ao passo que a faixa “C”, inclui aproximadamente 50% dos itens e apenas 5% do valor total orçado.

A seleção de itens de maior importância, normalmente contidos na faixa “A”, podem receber tratamento diferenciado e direcionar a atenção da fiscalização ou

auditoria, em relação à prática de superfaturamento de obras ou sobrepreço (Cleiton,2016).

A técnica para identificar tais ocorrências poderia ser iniciada com a extração da planilha de preços praticada pela referida obra. Dentro de um projeto com a metodologia BIM implantada, é possível realizar a vinculação entre os preços praticados pela contratada e os previstos originalmente, abrindo-se o campo para a inovação ao produzir automaticamente esse tipo de relatório comparativo.

Ainda por meio de aplicações no campo da tecnologia da informação, outras tarefas poderiam ser automatizadas, para realização de comparação entre de preços de diversas fontes, como os constantes dos bancos de dados de referência ou de obras similares. Haveria a possibilidade de ampliar a capacidade de análise da equipe, aumentando sua eficiência e reduzindo o tempo de busca de informações e permitindo que todas as obras modeladas dentro da metodologia BIM, sob gestão do DEC, recebessem algum tipo de verificação e validação.

Em outro aspecto, a identificação dentro dos projetos, daqueles elementos específicos que serão objeto de uma inspeção física, tem o potencial de transformarem-se em aplicativos inovadores.

A solução informatizada, para exibição de partes de projetos com a metodologia BIM, viabilizaria a ligação entre a seleção prévia de itens, por exemplo da curva ABC, e as suas relações dentro do projeto, disponibilizando em dispositivos móveis, as planilhas e os extratos dos elementos do projeto que deveriam ser observados pela fiscalização da obra ou a auditoria. Também visando a consolidação dos novos dados coletados por essa mesma equipe, a aplicação poderia agregar a inserção de fotografias, relatórios e informações julgadas relevantes, com ligação à parte específica do modelo em BIM, fornecendo elementos úteis no exercício da atividade de fiscalização e auditoria.

7.7 NOVAS FERRAMENTAS PARA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS

A atividade de acompanhamento e fiscalização de obras corresponde a uma das funções mais recorrentes na administração pública, a qual o autor do presente trabalho atuou desde o início de sua carreira militar.

A metodologia BIM tem potencial de acelerar o processo de verificação *“in loco”* de bens que foram projetados no mundo virtual, podendo incorporar ferramentas de

controle de serviços executados, acompanhamento de cronogramas previamente estabelecidos e a inspeção de alterações em fase de obras.

Uma solução no campo dos “*softwares*” poderia fornecer ferramentas para que dada uma edificação, o usuário pudesse gerar imagens de realidade aumentada, estando posicionado dentro da mesma, um ponto específico, e assim, ao visualizar e comparar o mundo real e o virtual identificar quais itens já encontram-se construídos.

Este tipo de aplicativo inovador poderia permitir a medição de unidades, de linhas, de áreas e de volumes, vinculando estas medições às planilhas orçamentárias onde juntamente com os preços praticados, seria automatizada a formação dos relatórios que geram pagamentos.

Outras funcionalidades como preenchimento de relatório diário de obras, inserção de filmagens e fotografias, comparação com cronogramas e transmissão de ordens e apontamentos para a equipe da contratada poderiam estar conectados, num mesmo modelo, separados por tempo e ligados à etapa de construção.

7.8 PROMOÇÃO DE ENSINO À DISTÂNCIA CORPORATIVO

A disseminação do conhecimento sobre as ferramentas e “*softwares*” adotados para a implantação da metodologia BIM correspondem a um dos fatores de insucesso apontados por Chengshuang Sun (2015), sendo imperioso buscar soluções que mantenham a equipe da organização com elevado grau de treinamento.

A introdução, no âmbito do DEC, de ferramentas de treinamento corporativo, em relação à metodologia BIM, se constitui um campo inovador, na medida em que existem iniciativas nesse sentido no âmbito da DPIMA e da DOM, abordando outros aspectos organizacionais.

A constante renovação de pessoal na instituição, em função do serviço militar obrigatório como oficiais e praças temporários, como também através de contratação de mão-de-obra temporária, gera periodicamente a necessidade de transmissão de conhecimento.

Uma vez gerada uma plataforma informatizada de conhecimento na área de BIM no DEC, haveria a possibilidade de nivelamento com maior eficiência do conhecimento das equipes envolvidas nos projetos, bem como disseminar novas normas e orientações para as equipes consolidadas.

7.9 VIABILIZAÇÃO DE TRABALHO VIRTUAL NA ÁREA DA ENGENHARIA

O manual BIM, desenvolvido pela DPE, inseriu uma forma de produção de projetos colaborativa e continuada, onde as equipes envolvidas devem seguir os mesmos protocolos para geração das informações.

Dadas essas circunstâncias, existe a possibilidade de execução de tarefas por equipes dispersas, e portanto um ambiente para gerar inovações, na forma como são introduzidas as novas contribuições das equipes remotas no modelo único do projeto e no controle de tarefas em execução.

A transmissão de elementos e o processamento em nuvem estão presentes nos “softwares” básicos de arquitetura, particularmente no REVIT, entretanto diversas outras disciplinas são elaboradas por produtos que não permitem a realização de tarefas por equipes dispersas.

Da mesma forma, ferramentas de controle da produção técnica inserem novas necessidades de controle, planejamento e comunicações que podem ser atendidas por novos “softwares” vinculados ao ambiente corporativo do DEC com BIM implantado.

7.10 GERAÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS

O produto final da produção técnica é uma obra pública gerenciada com a máxima qualidade e eficiência pelo DEC. Ao dotar o sistema de uma nova metodologia BIM, haverá possibilidade de criação de aplicativos que ao extrair informações do modelo único, atendam aos requisitos legais estabelecidos, para cada uma das fases do empreendimento, seja na sua licitação inicial, no acompanhamento das obras, na sua entrega e manutenção.

O modelo único disporia dos inúmeros elementos que atualmente encontram-se dispersos dentro de cada setor, conforme sua responsabilidade. Uma ferramenta computacional teria condições de gerar memoriais, especificações, orçamentos e plantas para a fase de contratação da obra. Numa segunda etapa, dados relacionados aos projetos e valores contratados gerados para o apoio da execução e fiscalização. Ao término das obras, memoriais completos de “as-built” e manuais de utilização dos equipamentos e sistemas instalados estariam a disposição dos usuários, sendo utilizados por toda a vida útil da construção.

8 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como objetivo principal expor a importância da implantação da metodologia BIM, apresentando possibilidades de geração de inovações tecnológicas da atual Era do Conhecimento, dada a condição do DEC em ser um dos elos governamentais da Trílice Hélice do setor da Construção Civil.

Para atingir este objetivo, o trabalho foi dividido em tópicos que tiveram a finalidade de conduzir o leitor para a solução da pergunta: “Como fazer uso dos meios tecnológicos atuais para integrar governo – universidade - indústria, na gestão da inovação que a metodologia BIM potencializa no âmbito do DEC, apresentando possibilidades de criação de novas ferramentas que possam promover a melhoria da qualidade e da confiabilidade no cumprimento de suas missões na área das obras militares?”

O maior ensinamento verificado foi o de que apesar do DEC estar fazendo uso de ferramentas vinculadas à metodologia BIM, realizando investimento em pessoal, material, equipamentos, somente através da transformação de processos da DPE foi que se iniciou a transformação organizacional.

Em síntese, as organizações públicas brasileiras, na disseminação da tecnologia BIM, tomaram a iniciativa, segundo o modelo estatal do Triângulo de Sábato. Através do MDIC, elencaram-se medidas no campo político e coube ao DEC o pioneirismo de executá-las em sua área de atuação.

Assim, constata-se que a estrutura instalada no DEC, particularmente na DPE, teve condições de servir de base para o desenvolvimento de práticas inovadoras na introdução do BIM em seus processos.

E com essa iniciativa, abrir uma nova janela de oportunidades para o fomento de inovações dentro da construção civil, por meio de soluções nas comunicações, orçamentação, tratamento de interferências, modelagem da construção, processos construtivos complexos, verificação de não conformidades para auditoria e a fiscalização de obras, ensino à distância, trabalho virtual e documentação de obras.

Percebe-se ainda um panorama nacional favorável para a introdução desta nova metodologia BIM, dadas às orientações do Plano Brasil Maior e a Agenda Estratégica da Construção Civil que busca a intensificação do uso da tecnologia.

As possibilidades de inovação apontadas no presente trabalho exemplificam as oportunidades de criação de aplicativos que não estão contidos apenas nos ambientes do DEC e suas diretorias, mas representam potencial caso de sucesso da sinergia na promoção da gestão da inovação, conforme os princípios da Tríplice Hélice.

Partindo da iniciativa governamental, há uma produção na área da indústria de Tecnologia da Informação, com espaço de aproveitamento no campo acadêmico.

Por fim, pode-se concluir que a busca pela melhoria dos processos internos do DEC está sendo conduzida para um cenário de fortalecimento institucional, que contribui ativamente para a melhoria da qualidade da indústria da Construção Civil e para a introdução de novas ferramentas nas atividades relacionadas às obras governamentais, o que enaltece a marcante participação do Exército Brasileiro no desenvolvimento nacional.

ADRIANO **INÁCIO** DE SOUZA – Ten Cel QEM

REFERÊNCIAS

AUTODESK. **Revit Products - Autodesk Knowledge Network**. 2018.. Disponível em < <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products> > Acesso em: 2 de fevereiro de 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISSO 12006-2:2018. Construção de edificação - Organização de informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação**. Rio de Janeiro, p. 26. 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR15965-1:2011. Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1: Terminologia e estrutura**. Rio de Janeiro, p. 6. 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR15965-2:2012. Sistema de classificação da informação da construção - Parte 2: Características dos objetos da construção**. Rio de Janeiro, p. 36. 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR15965-3:2014. Sistema de classificação da informação da construção - Parte 3: Processos da construção**. Rio de Janeiro, p. 19. 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR15965-7:2015. Sistema de classificação da informação da construção - Parte 7: Informação da construção**. Rio de Janeiro, p. 24. 2015.

AZHAR, S.; HEIN, M.; SKETO, B. Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. **Leadership and Management in Engineering**, Washington, DC, v. 11, n. 3, p. 241–252, 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Vol. 1 - Processo de Projeto BIM - Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Vol. 3 - BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção - Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Vol. 4 - Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia - Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Vol. 6 - A Implantação de Processos BIM - Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Presidência da República. Decreto Presidencial de 5 de junho de 2017. Institui o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 jun. 2017, Seção 1, p. 19.

BRASIL. Decreto nº 9.377 de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM BR. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 maio 2018.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. Portaria nº 176 – EME de 29 de agosto de 2013. Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento de Projetos no Exército Brasileiro (EB20-N-08.001). **Boletim do Exército nº 36/2013**, Brasília, DF, 6 set. 2013.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. Portaria nº 001 – DEC de 18 de abril de 2005. Normas para Orçamentação de Obras Militares do Comando do Exército (NOROM). **Boletim do Exército nº 17/2005**, Brasília, DF, 29 abr. 2005.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. Portaria nº 006 – DEC de 23 de dezembro de 2004. Instruções Reguladoras para a Elaboração, a Apresentação e a Aprovação de Projetos de Obras Militares no Comando do Exército (IR 50-16). **Boletim do Exército nº 52/2004**, Brasília, DF, 23 dez. 2004.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. Diretoria de Projetos de Engenharia. **Plano de Implementação Detalhado – BIM (Building Information Modeling)**. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. Diretoria de Obras Militares. Grupo Técnico de Trabalho: TC QEM/FC Washington Luke, Sgt Jéssica Ramos Pinheiro (Arquiteta), Sgt Keila Nissahe Takagi Frazão (Arquiteta). Consultoria: Grupo Alexander Justi. **Padronização BIM – NORMADOM - Versão 1**. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Ciência e Tecnologia. **1º Seminário de Inovação do Exército - Sistema Defesa, Indústria e Academia (SisDIA)**. Brasília, DF, 2016. Disponível em < <http://www.dct.eb.mil.br/index.php/component/content/article?id=133> > Acesso em: 2 de fevereiro de 2018.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Ciência e Tecnologia e Departamento de Engenharia e Construção. **1º Seminário BIM – Modelagem da Informação da Construção no Brasil**. Brasília, DF, 2017. Disponível em < <http://www.dct.eb.mil.br/index.php/component/content/article/62-noticias/247-seminario-discute-a-aplicacao-de-novas-tecnologias-de-construcao-no-brasil?Itemid=101> > Acesso em: 2 de fevereiro de 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Livro Estratégia BIM BR – Construção Inteligente. Brasília, DF, 2018. Disponível em < http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITARIO/sdci/CGMO/Livreto_Estrat%C3%A9gia_a_BIM_BR_vers%C3%A3o_site_MDIC.pdf > Acesso em: 24 de julho de 2018.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Portaria nº 1734-SEI, do, de 8 de Setembro de 2017. Designação dos membros do Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 set. 2017, Seção 1, p. 36.

BRASIL. Tribunal de Contas de União. Instituto Serzedello Corrêa. Auditoria de Obras Públicas, Módulo 2- Auditoria do Orçamento de Obras, Aula 1- Curva ABC de Serviços e de Insumos. Brasília, DF, 2011. Disponível em < <https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/auditoria-de-obras-publicas-modulo-2-auditoria-do-orcamento.htm> > Acesso em: 24 de julho de 2018.

CATELANI, W. S., SANTOS, E. T. Normas Brasileiras sobre BIM. **Revista Concreto & Construções**, São Paulo, SP, n. 84, p. 54-59, 2016.

EASTMAN, C. The use of computers instead of drawings in building design. **AIA Journal**, Washington, DC, v. 63, n. 3, 1975.

ETZKOWITZ, H, LEYDESDORFF, L. The Triple Helix—university–industry–government relations: a laboratory for knowledge-based economic development. **EASST Review**, Maastricht, v. 14, p. 14–19, 1995.

ETZKOWITZI, Henry; ZHOUII, Chunyan. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, São Paulo, SP, v. 31, n. 90, 2017.

ETZKOWITZ, H. Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. **Social Science Information**, California, v. 42, n. 293, 2003.

FARINHA, L, FERREIRA, J. J. Triangulation Of The Triple Helix: A Conceptual Framework. **Triple Helix Association**, Working Paper, 2013. Disponível em < <https://www.triplehelixassociation.org/working-papers/triangulation-of-the-triple-helix-a-conceptual-framework#> > Acesso em: 24 de julho de 2018.

FERREIRA, F. V.; et al. Criação da Agência de Inovação do Exército Brasileiro: Breve Histórico, Seus Processos e Perspectivas. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, v. 34, n. 1, p. 60, 2017. Disponível em < http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_1_sem_2017/artigo7_2017.pdf > Acesso em: 2 de fevereiro de 2018.

FIGUEIREDO, P. C. N. O Triângulo de Sábato e as Alternativas Brasileiras de Inovação Tecnológica. **Rev. Adm. Púb.**, Rio de Janeiro, RJ, v. 27, n. 3, p. 84 - 97, 1993.

GILLIGAN, B.; KUNZ, J. VDC Use in 2007: significant value, dramatic growth, and apparent business opportunity. **CIFE technical reports**, Stanford, 2007. Disponível em: <<https://cife.stanford.edu/vdc-use-2007-significant-use-dramatic-growth-and-apparent-business-opportunity>> Acesso em: 08 de maio de 2018.

JOHANNESSEN, J., OLSEN, B., LUMPKIN, G.T. Innovation as newness: what is new, how new, and new to whom?. **European Journal of Innovation Management**, United Kingdom, v. 4, p. 20 – 31, 2001.

LEYDESDORFF, L. The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy. **Journal of the Knowledge Economy**, Washington, DC, v. 3, p. 25 – 35, 2012.

MATOS, C. R. **O Uso do BIM na Fiscalização de Obras Públicas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

MENDONÇA, M. A. A.; LIMA, D. G.; SOUZA, J. M. Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica no Brasil - Cooperação entre Ministério da Defesa e COPPE/UFRJ: uma abordagem Baseada no modelo Triple Helix III. **IPEA**, Brasília, DF, Cap. 15, p. 581 – 607, 2008.

MICROGEO. **Webinar de Autodesk – BIM para la Gerencia y Construcción**. 2018. Disponível em < <http://microgeo.cl/bim-la-gerencia-construccion-webinar-autodesk-espanol-sin-costo/> > Acesso em: 4 de agosto de 2018.

RANGA, M, ETZKOWITZ, H. Special Issue - Innovation policy as a concept for developing economies - renewed perspectives on the Triple Helix system Triple Helix Systems: An Analytical Framework for Innovation Policy and Practice in the Knowledge Society. **Triple Helix Research Group**, Stanford University, v. 27, n. 4, p. 237 – 262, 2013.

RODRIGUES, A. **Grau de Maturidade BIM: Estudos de Caso em empresas projetistas de Arquitetura na cidade de São Paulo**. 2018. Monografia (Especialista em Gestão de Projetos na Construção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2018.

SALES, C. C., GUSMÃO, F. M., SILVA, R. C. B. **Plano de Implementação Detalhado BIM – Projeto COTEr**. MCR Software e Diretoria de Projetos de Engenharia, Brasília, DF, 76p. 2017.

SOETHE, P. **Desmistificando o BIM com foco em Infraestrutura**. Mundo AEC - Blog Oficial sobre AEC da Autodesk Brasil. Artigo 01. 2017. Disponível em < <http://blogs.autodesk.com/mundoaec/desmistificando-o-bim-com-foco-em-infraestrutura/> > Acesso em: 28 de julho de 2018.

SUCCAR, B. Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, Netherlands, n. 18, p. 357-375, 2009.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Maturity Matrix. In: Research on Building Information Modelling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. **IGI Publishing**, Austrália, p.65-103, 2010.

SUN, C., JIANG, S., e outros. A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. **Technological and Economic Development of Economy**, Lithuania, v. 23, p. 764-779, 2015.

SUNDAĆ, D., KRMPOTIĆ, F. I. Knowledge Economy Factors and the Development of Knowledge-based Economy. **Croatian Economic Survey**, Croácia, v. 13, n. 1, p. 105-141, 2011.

VAN NEDERVEEN, G.A.; TOLMAN, F.P. Modelling Multiple Views on Buildings. **Automation in Construction**, Netherlands, n. 1, p. 215-224, 1992.

VERGARA, S. C. Projetos e relatório de pesquisa em administração. **ed. São Paulo**. v. 9, Atlas, 2007.