

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

Cel QEM FC JOÃO PAULO ZAGO

**O uso da tecnologia *Building Information Modeling*
na melhoria da gestão e eficiência das obras
militares**



Rio de Janeiro
2019

Cel QEM FC JOÃO PAULO **ZAGO**

**O uso da tecnologia *Building Information Modeling* na
melhoria da gestão e eficiência das obras militares**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Comando e
Estado-Maior do Exército, como requisito
parcial para obtenção do título de
Especialista em Política, Estratégia e Alta
Administração Militar.

Orientador: Cel Art Candido Cristino **Luquez** Marques Filho

Rio de Janeiro
2019

Z 18u Zago, João Paulo.

O uso da tecnologia *Building Information Modeling* na melhoria da gestão e eficiência das obras militares. / João Paulo Zago. — 2019.
84 f.: il ; 30cm.

Orientação: Candido Cristino Luquez Marques Filho.
Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração do Exército) —Escola de Comando e Estado - Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2019.
Bibliografia: f. 82 - 84.

1. BIM. 2. BUILDING INFORMATION MODELING. 3. BIM 4D.
4. OBRAS MILITARES. 5. DOAMEPI I. Título.

CDD 125.171

Cel QEM FC JOÃO PAULO ZAGO

O uso da tecnologia *Building Information Modeling* na melhoria da gestão e eficiência das obras militares

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 Política, Estratégia e Alta Administração Militar.

Aprovado em 03 de outubro de 2019.

COMISSÃO AVALIADORA

Candido Cristino Luquez Marques Filho – Cel Art R/1 - Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

José Heleno Zangali Vargas – Cel Com R/1 - Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Paulo César Pellanda – Cel QEM Ele R/1 - Prof Dr - Membro
Instituto Militar de Engenharia

DEDICATÓRIA

A meu querido pai, João Zago (*in memoriam*), que foi chamado pelo Criador Celeste durante esta jornada para interceder por nós junto de si, dedico esta conquista. Obrigado por ter sido o exemplo que sempre balizou minha vida, uma referência de honestidade, amor, carinho e dedicação. Paizinho, o senhor sempre estará em meu coração e mente. Saudades eternas. Suas bençãos .

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio, incentivo e compreensão nos momentos de minha ausência, sem os quais, certamente, essa jornada teria sido muito mais difícil.

Ao Cel Pellanda, professor do Instituto Militar de Engenharia, pelas orientações neste trabalho e pelo constante apoio e estímulo ao meu aperfeiçoamento profissional.

RESUMO

Fruto das demandas oriundas da Estratégia Nacional de Defesa, as Forças Armadas têm procurado transformar-se, sob diversos aspectos. Nesse contexto, os investimentos destinados ao Sistema de Obras Militares (SOM) têm alcançado um montante da ordem de R\$ 300 milhões anuais, com vistas a proporcionar a infraestrutura de obras necessárias à consecução dos objetivos estratégicos do Exército Brasileiro. Para acompanhar essa demanda crescente de obras, a Engenharia Militar está implementando o uso do *Building Information Modeling* (BIM). Trata-se de uma tecnologia baseada em um modelo que está associado a um banco de dados de informações sobre um projeto, permitindo a obtenção de diversas informações sobre o objeto parametrizado. No entanto, verifica-se que os projetos das obras não se baseiam em uma ferramenta de tecnologia da informação que auxilie mais diretamente na estimativa dos prazos de execução das obras. Relatórios datados de maio de 2019 apontam que cerca de 43% das obras em andamento contratadas pelas Comissões Regionais de Obras do Exército estão atrasadas em relação ao cronograma físico contratado. Uma pesquisa do nível de maturidade em BIM dessas Comissões mostrou que todas elas estão, pelo menos, no estágio 1 e algumas no estágio 2, havendo, portanto, espaço para incremento das funcionalidades do BIM, até atingir-se o nível máximo, que corresponde ao estágio 3. Nessa evolução, insere-se a proposta principal deste trabalho, que contempla o acréscimo da 4ª Dimensão (tempo) aos projetos, o chamado BIM 4D. Isso permite simular e avaliar a construtibilidade e o planejamento do fluxo de trabalho de uma obra, auxiliando na detecção de interferências e na estimativa do prazo de execução, melhorando a eficiência e a gestão das obras. Nesse sentido, neste trabalho são apresentadas algumas propostas de sugestões para obtenção dessa nova capacidade (BIM 4D), a ser somada às já existentes, baseadas no acrônimo DOAMEPI (Doutrina, Organização, Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura), preconizados no Manual de Doutrina Militar Terrestre.

Palavras-chave: BIM, *Building Information Modeling*, BIM 4D, Obras Militares, DOAMEPI.

ABSTRACT

As a result of the demands arising from the Brazilian National Defense Strategy, the Armed Forces has sought to transform itself in many ways. In this context, the investments destined to the Military Constructions System (SOM) have reached an amount of around R\$ 300 million per year, with a view to provides the infrastructure of constructions necessary to achieve the strategic objectives of the Brazilian Army. To keep up with this growing construction demand, military engineering is implementing the use of Building Information Modeling (BIM). It is a technology based on a model that is associated with a database of information about a project, allowing to obtain many information about the parameterized object. However, it is verified that the projects of the constructions are not based on an information technology tool that helps more directly the estimation of the execution time of the construction. Reports dated from May 2019 show that about 43 percent of the ongoing works contracted by the Army Constructions Regional Commissions are behind schedule. A survey of the BIM maturity level of these Commissions showed that they are all at least in stage 1 and some in stage 2, so there is range for BIM functionality to increase to the maximum level, which corresponds to stage 3. In this evolution, the main proposal of this work is inserted, which includes the addition of the 4th Dimension (time) to projects, the so-called BIM 4D. This allows to simulate and evaluate the constructability and workflow planning of a construction, assisting in the detection of interference and estimating the execution time, improving the efficiency and management of works. In this sense, some suggestions are proposed here to obtain this new capacity (BIM 4D), to be added to the existing ones, based on the acronym DOAMEPI (Doctrine, Organization, Training, Material, Education, Personnel and Infrastructure), recommended by Terrestrial Military Doctrine.

Keywords: BIM, Building Information Modeling, BIM 4D, Military Constructions, DOAMEPI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista do projeto do palanque do 10º RC Mec.....	21
Figura 2 – BIM, no ciclo de vida das edificações.....	22
Figura 3 – Gráfico comparativo entre processo tradicional em CAD e o uso do BIM	25
Figura 4 – Software 4D/BIM Virtual Construction Project Management	27
Figura 5 – Vista em corte esquemático de edificação	29
Figura 6 – Vista de interferência de projeto estrutural com alvenaria.....	30
Figura 7 – Projeto renderizado do COp 2º B Fron.....	32
Figura 8 – Grupos de processos	38
Figura 9 – Principais causas de atrasos em obras	39
Figura 10 – Visão Geral do Sistema OPUS.....	45
Figura 11 – Representação gráfica da SIPLEx	47
Figura 12 – Plano Estratégico do Exército 2016-2019	47
Figura 13 – Portfólio Estratégico do Exército	49
Figura 14 – Extrato do Contrato de Objetivos EME DEC 2019	50
Figura 15 – Ciclo de vida de uma Obra Militar	55
Figura 16 – Fases do BIM em modelo linear.....	59
Figura 17 – Nível de maturidade BIM das CRO/SRO	61
Figura 18 – Proposta de modelo de Contrato de Objetivos.....	68
Figura 19 – Simulação de construção do prédio (software SYNCHRO PRO 2018)..	69
Figura 20 – Software 5D/BIM na empresa NOVA BIM	70
Figura 21 – Laboratório BIM da FIRJAN	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três dimensões
4D	Quatro dimensões
AEGP	Assessoria Especial de Gestão e Projetos
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
COE	Contrato de Objetivos Estratégicos
CPEAEx	Curso de Política, Estratégia e Alta Administração do Exército
CRO	Comissões Regionais de Obras
DEC	Departamento de Engenharia e Construção
EB	Exército Brasileiro
EME	Estado-Maior do Exército
END	Estratégia Nacional de Defesa
EPEX	Escritório de Projetos do Exército
ERPs	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FIRJAN	Federação das Indústrias do estado do Rio de Janeiro
FC	Fortificação e Construção
HFE	<i>Human Factor Engineering</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MPOG	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
NEGAPEB	Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento de Projetos no Exército Brasileiro
NEGAPORT	Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento do Portfólio e dos Programas Estratégicos do Exército Brasileiro
OCOP	Obtenção da Capacidade Operacional Plena
ODS	Órgão de Direção Setorial
OM	Organização Militar
OPUS	Sistema Unificado do Processo de Obras
PDN	Política de Defesa Nacional
PEE	Projeto Estratégico do Exército
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
QEM	Quadro de Engenheiros Militares
SIPLEX	Sistema de Planejamento Estratégico do Exército
SISFRON	Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras
SISPED	Sistema de Planejamento Estratégico de Defesa
SOM	Sistema de Obras Militares
SRO	Serviço Regional de Obras
TI	Tecnologia da Informação
VDC	<i>Virtual Design & Construction</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	HIPÓTESE	14
1.4	VARÍAVEIS	14
1.5	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	15
1.6	RELEVÂNCIA DO ESTUDO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO EM OBRAS	16
2.1.1	Conceitos	16
2.1.2	BIM (Building Information Modeling)	20
2.2	GESTÃO E EFICIÊNCIA DE OBRAS	37
2.2.1	Gestão de obras	37
2.2.2	Eficiência de obras	39
2.1	PLANEJAMENTO E GESTÃO DE OBRAS MILITARES NO EXÉRCITO	43
2.1.1	Definição de obra militar	43
2.1.2	Sistema de Obras Militares	43
2.1.3	Diretoria de Projetos de Engenharia	44
2.1.4	Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS)	44
2.2	PLANEJAMENTO E GESTÃO DE PORTFÓLIOS DO EXÉRCITO	46
2.2.1	Sistemática de Planejamento do Exército (SIPLEX)	46
2.2.2	Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento do Portfólio e dos Programas Estratégicos do EB (NEGAPORT-EB)	48
2.2.3	Contrato de Objetivos Estratégicos	49
3	METODOLOGIA	51
3.1	TIPO DE PESQUISA	51
3.2	UNIVERSO E AMOSTRA	51
3.3	COLETA DE DADOS	52
3.4	TRATAMENTO DE DADOS	52
3.5	LIMITAÇÕES DO MÉTODO	53
4	USO DO BIM NA GESTÃO E EFICIÊNCIA DE OBRAS MILITARES	54
4.1	SITUAÇÃO ATUAL	54
4.1.1	Gestão e eficiência das obras	54
4.1.2	Uso do BIM na elaboração dos projetos	58
4.2	PROPOSTA	62
4.2.1	Sugestões	62
5	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

Em 1996, foi aprovada a Política de Defesa Nacional (PDN), sendo a primeira iniciativa para orientar os esforços de toda a sociedade brasileira no sentido de reunir capacidades em nível nacional, a fim de desenvolver as condições para garantir a soberania do País, sua integridade e a consecução dos objetivos nacionais.

Em 2005, essa política foi atualizada e complementada pela Estratégia Nacional de Defesa (END).

Desde então, essas documentações foram atualizadas em 2012 e 2016, constituindo-se a PND como o documento de mais alto nível do País em questões de Defesa, baseado nos princípios constitucionais e alinhado às aspirações e aos Objetivos Nacionais Fundamentais, conforme previsto no Art 3º da Constituição Federal de 1988.

A Estratégia Nacional de Defesa orienta no sentido de que as Forças Armadas devem manter, no período de paz, a motivação para se preparar para o combate e cultivar o hábito da transformação.

Fruto disso, a Portaria nº 134-EME, de 10 de setembro de 2012, implantou o Escritório de Projetos do Exército (EPEX), por transformação da então Assessoria Especial de Gestão e Projetos (AEGP), assumindo sob sua coordenação os Projetos Estratégicos do Exército (PEEX).

No entanto, um diagnóstico daqueles Projetos mostrou que, no nível estratégico, o Exército Brasileiro (EB) conduz um portfólio integrado por três subportfólios e vários programas.

O subportfólio chamado de Defesa da Sociedade abrange os Programas Astros 2020, Aviação, Defesa Antiaérea, Cibernética, Guarani, Obtenção da Capacidade Operacional Plena (OCOP), Proteger e Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON).

O subportfólio Geração de Força contempla os Programas Amazônia Protegida, Gestão de Tecnologia da Informação e Comunicações, Logística Militar, Sentinela da Pátria, Sistema de Engenharia e Sistema Operacional Militar Terrestre.

O subportfólio Dimensão Humana considera os Programas Força da Nossa Força e Sistema de Educação e Cultura.

Todos esses subportfólios e respectivos programas constam da Sistemática de Planejamento Estratégico do Exército (SIPLEX), orientada pelo Sistema de Planejamento Estratégico de Defesa (SISPED).

Ao SIPLEX integram os demais planejamentos do Exército, regulados em documentos específicos, de acordo com sua finalidade. Nesse contexto, observa-se que, em considerável parcela desses subportfólios, existe a necessidade de realização de obras de infraestrutura, quer seja de construção, ampliação, reforma ou adaptação de instalações militares, formalizadas por intermédio de Contrato de Objetivos Estratégicos (COE), firmados anualmente entre o Estado-Maior do Exército (EME) e diversos Órgãos de Direção Setorial com o Departamento de Engenharia e Construção (DEC). Por questões administrativas, futuramente o COE deve migrar sua nomenclatura para Plano de Descentralização de Recursos de Atividades de Engenharia, mas mantendo-se a mesma finalidade.

Os investimentos destinados ao Sistema de Obras Militares têm alcançado um montante da ordem de R\$ 300 milhões anuais, no entanto, verifica-se que os projetos das obras não se baseiam em uma ferramenta de tecnologia da informação que auxilie mais diretamente na estimativa dos prazos de execução das obras, o que impacta diretamente no planejamento da Força Terrestre.

1.1 PROBLEMA

Em um cenário em que a Força Terrestre necessita transformar-se para atender aos desafios do futuro, onerando, em consequência, o Sistema de Obras Militares, de que forma o uso da tecnologia de informação, em particular o BIM (*Building Information Modeling*), pode auxiliar na melhoria da gestão e eficiência das obras militares?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar ferramentas de tecnologia da informação, em particular o BIM (*Building Information Modeling*), verificando de que forma o uso dessa tecnologia

pode melhorar a gestão e a eficiência das obras.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do estudo são:

- a) Apresentar, de forma sumária, o Sistema de Planejamento Estratégico, do Exército, enfatizando o Plano Básico e as normas de gerenciamento de Portfólio no âmbito do Exército;
- b) Verificar o conceito, as funcionalidades e o estado da arte de ferramentas de tecnologia da informação que utilizam tecnologia BIM, voltadas para planejamento e, particularmente, para auxílio na estimativa de prazos;
- c) Verificar de que forma as ferramentas de tecnologia BIM podem auxiliar na gestão e eficiência de obras militares;
- d) Propor sugestões de formas de implantação dessa tecnologia no Sistema de Obras Militares.

1.3 HIPÓTESE

O Sistema de Obras Militares não utiliza nenhuma ferramenta de tecnologia da informação para auxiliar na estimativa dos prazos de execução das obras, afetando a gestão e a eficiência de obras militares, o que impacta diretamente no Sistema de Planejamento Estratégico do Exército (SIPLEX).

1.4 VARIÁVEIS

Considerando que o Sistema de Obras Militares não utiliza nenhuma ferramenta de tecnologia da informação, em particular o BIM (*Building Information Modeling*), para auxiliar na estimativa dos prazos de execução das obras, e isso impacta diretamente no Sistema de Planejamento Estratégico do Exército (SIPLEX), serão definidas as seguintes variáveis:

Variável Independente: utilização do BIM (*Building Information Modeling*)

Variável dependente: eficiência e gestão de obras militares, Sistema de Planejamento Estratégico do Exército (SIPLEX).

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Esta pesquisa será delimitada para uso em obras militares e serão estudadas as tecnologias de informação utilizando a concepção de utilização do BIM (*Building Information Modeling*) voltadas para melhor gestão e eficiência do processo executivo das obras, em particular com relação à estimativa dos prazos.

1.6 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

No contexto de sua transformação e, segundo Brasil (2014), coerente com a PND e a END, e a necessidade de desenvolver capacidades completas, o EB busca a geração de forças por intermédio do planejamento baseado em capacidades. Essa capacidade é atingida a partir de um conjunto de sete fatores determinantes, relacionados um com o outro e indissociáveis, que formam o acrônimo DOAMEPI (Doutrina, Organização, Material, Adestramento, Educação, Pessoal e Infraestrutura).

Em um contexto mais geral, no que concerne a essa última, são abrangidos todos os elementos estruturais (instalações físicas, equipamentos e serviços necessários) que irão dar sustentáculo à utilização e ao preparo dos elementos de emprego, atendendo a especificidade de cada um e a parâmetros do exercício funcional.

Nessa linha, as modificações nas estruturas físicas das instalações militares ocorrem por intermédio de construções, ampliações, reformas ou adaptações.

Assim, uma estimativa de prazo de execução das obras mais próxima da realidade permitirá melhor otimização dos recursos, sendo que a ferramenta de tecnologia da informação que utiliza o BIM (*Building Information Modeling*) pode ser uma grande aliada.

Além disso, o Governo Federal estabeleceu o Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e institui o Comitê Gestor da Estratégia, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento nessa modelagem e sua difusão no País. Nesse sentido, o Exército Brasileiro, como órgão público e integrante Comitê Gestor, deve cumprir as metas e atuar como indutor do uso dessa ferramenta de tecnologia de informação no âmbito de suas obras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são abordados os principais elementos que servem de referência para a elaboração da pesquisa e a revisão da literatura, de forma a subsidiar as discussões e análise de dados.

2.1 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO EM OBRAS

2.1.1 Conceitos

De acordo com Gandhi, Khanna, Ramaswamy (2016), entre 22 setores da economia americana, a Construção Civil ocupa a penúltima posição entre aqueles que são mais digitais.

Ainda que seja um setor tradicionalmente conservador, verificam-se, nos últimos anos, expressivos avanços na utilização da tecnologia da informação para beneficiar as obras, sob vários aspectos.

Buildin (2018) exemplifica 8 aplicações de tecnologia da informação (TI), a seguir listadas, sendo que algumas das quais já são utilizadas em larga escala pelo setor e outras, ainda, são incipientes, sendo essas chamadas de tecnologias disruptivas:

- ✓ Sistemas de gestão;
- ✓ Armazenamento em nuvem;
- ✓ Internet das coisas;
- ✓ *Machine learning*;
- ✓ Impressão 3D;
- ✓ Realidade Virtual, Aumentada e Mista;
- ✓ Robótica; e
- ✓ BIM (Building Information Modeling).

Nesse contexto, serão apresentados alguns conceitos relativos às aplicações supracitadas.

Sistemas de gestão

A TI pode ser empregada em sistemas de gestão integrada, os conhecidos ERPs (*Enterprise Resource Planning*), que traduzido para o português significa Planejamento dos Recursos da Empresa. Facilitam a gestão e integração de projetos e obras, propiciando um nível de planejamento até então inimaginável no setor de construção.

Armazenamento em nuvem

A complexidade dos projetos resulta em um grande volume de informações, cujo armazenamento em nuvem se torna muito conveniente, principalmente pelo fato de permitir que os projetistas e executantes, respectivamente, alterem e tomem conhecimento de modificações de qualquer lugar e sem risco de consulta a uma versão desatualizada.

Internet das coisas

A chamada Internet das coisas, ou IoT (Internet of Things), que se refere à comunicação entre máquinas via internet, possibilita que diferentes objetos (carros, máquinas, bens de consumo etc.) compartilhem dados e informações para realizar determinadas tarefas. A base para o funcionamento da IoT são sensores e dispositivos, que viabilizam a comunicação entre as “coisas”.

Na construção, por exemplo, a IoT pode prover a visualização em tempo real do que acontece em cada ponto do canteiro, a automatização de processos de pedidos de insumos e o acompanhamento da produtividade, da qualidade e da segurança do trabalho, entre outras aplicações.

Machine learning

Refere-se à Inteligência Artificial e à *Deep Learning* que, de forma simplificada, significa a capacidade dos computadores “pensarem” por meio do aprendizado baseado na análise de um grande volume de dados armazenados.

As máquinas aprendem com experiências anteriores e são utilizados algoritmos para coletar dados, aprender com eles, e se fazer uma determinação ou tentativa de previsão. Na construção civil, cita-se o caso da [Smartvid.io](#), que lançou recentemente uma plataforma que interpreta os dados visuais do canteiro de forma inteligente. A plataforma gera *insights* sobre determinados aspectos, como

segurança, qualidade, uso de equipamentos e rastreamento de progresso da obra. Isso permite inspeções digitais, sem o trabalho manual e presencial de um profissional. Prazos e custos de uma obra também podem ser melhor previstos pela análise dos dados de uma grande quantidade de obras similares por meio do aprendizado de máquina.

Impressão 3D

A tecnologia de impressão 3D também tem aplicação na construção. Trata-se de uma forma de tecnologia de fabricação na qual um modelo tridimensional é construído por deposição de camadas sucessivas de material, partindo-se do desenho tridimensional digital desse mesmo objeto.

Inclusive, essa forma pode ser extrapolada para construção de casas, a exemplo da empresa russa Apis Cor. Trata-se de um processo rápido, eficiente e ecológico, bastante presente em países como China e Estados Unidos da América. A estrutura é impressa no próprio canteiro.

No site <https://amusementlogic.es/noticias-generales/una-casa-impresa-en-3d-en-tan-solo-veinticuatro-horas>, acessado em 07 de março de 2019, é demonstrada a construção de uma casa de 37 m², em 24 horas, a um custo aproximado de 10.000 dólares, bastante compatível com as construções convencionais no mercado brasileiro.

Nesse sentido, no mercado nacional, a empresa startup InovaHouse3D, criada em 2015, está desenvolvendo tecnologia para também possibilitar a impressão de casas, conforme se verifica em <http://inovahouse3d.com.br/>, acessado em 07 mar. 2019.

Realidade Virtual, Aumentada e Mista

A Realidade Virtual é também uma ferramenta de tecnologia da informação presente na construção civil. Por intermédio de recursos gráficos 3D ou imagens 360°, busca-se criar a sensação de presença em um ambiente virtual. Essa interação ocorre em tempo real, por meio do uso de técnicas e equipamentos computacionais que buscam “imersão” o usuário no ambiente.

Tem-se também a realidade aumentada (*AR- Augmented Reality*), que busca integrar elementos ou informações virtuais a visualizações do mundo real,

modificando-o. Pode ser do tipo construtiva, quando agrega ao ambiente natural, ou do tipo destrutiva, quando dissimula o ambiente natural.

Existe, ainda, a Realidade Mista, que é uma combinação de elementos virtuais interagindo com elementos reais.

Essas tecnologias podem auxiliar no setor da construção da seguinte forma:

Design de projetos: por intermédio da realidade virtual é possível simular diferentes conjuntos de elementos, possibilitando, ainda, antecipar problemas.

Experiência ao cliente: permite ao cliente visualizar o projeto, de forma tridimensional, muito antes da obra ser iniciada, reduzindo custos de eventuais reconstruções.

Manutenção: com o uso da realidade aumentada, é possível trazer as informações mais relevantes do projeto e inserir instruções de manutenção. Nesse sentido, é plausível visualizar em que posição da parede a tubulação foi assentada, orientando trabalhos de manutenção e perfurações, por exemplo.

Tour virtual nos imóveis: A realidade virtual permite passeios virtuais pelo imóvel, facilitando a visualização dos ambientes e fluxos.

Projetos de Decoração: possibilita estudar diferentes combinações de objetos decorativos, de forma a orientar as aquisições.

Robótica

A robótica também pode ser utilizada na construção civil. Um exemplo disso é o robô autônomo “Fabricador In Situ”, que consegue manipular diversos insumos de construção, trafegar por terrenos diferentes e não uniformes, com capacidade de ajustar-se rapidamente a atividades variadas.

Projetado pelo Laboratório de Robótica (ADRL) do Instituto de Robótica e Sistemas Inteligentes Federal Suíço de Tecnologia de Zurique, trata-se de um robô completamente autônomo, possuindo um sofisticado sistema de inteligência artificial que dispensa qualquer necessidade de intervenção humana. Disponível em: <http://site.autodoc.com.br/inteligencia-artificial-saiba-como-aplicar-essa-promissora-tendencia-na-construcao-com-cases-de-sucesso/>. Acesso em: 15 jul. 2019.

2.1.2 BIM (Building Information Modeling)

Constitui-se em uma das principais aplicações de TI na construção civil, proporcionando um trabalho colaborativo entre os projetistas, auxiliando em diversas fases do processo, desde o desenvolvimento do projeto até sua execução. Trata-se de uma inovação tecnológica e não simplesmente de um software em si.

De acordo com ABDI (2017a), o BIM é um conceito que surgiu há mais de trinta anos, mas que, de fato, somente passou a ser mais difundido e, conseqüentemente, mais normatizado, a partir do desenvolvimento de computadores de maior capacidade de processamento, e a preços mais acessíveis.

Atualmente, o BIM representa o estado da arte do processo construtivo de edificações.

Essa metodologia consiste em criar um modelo de informação de um projeto em 3 dimensões (3D). No entanto, o BIM não é apenas um modelo 3D.

Segundo o *American Institute of Architects*– AIA, o BIM pode ser definido como “uma tecnologia baseada em um modelo que está associado a um banco de dados de informações sobre um projeto.

Por sua vez, o *National Institute of Building Standards*– NIBS, o BIM é:

uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação e um recurso de compartilhamento de conhecimento que viabiliza a obtenção de informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para que decisões sejam tomadas durante seu ciclo de vida, definido desde a sua concepção até a demolição.

Nesse método, todos os itens da edificação são formados por representações digitais inteligentes (objetos) que trazem informações associadas e podem ser conexos com gráficos computacionais, dados, atributos e regras paramétricas.

O modelo tridimensional de um prédio, por exemplo, que se pode visualizar e manipular na tela de um computador, constitui somente uma das maneiras possíveis de se visualizar o conjunto de dados e informações, uma vez que podem ser gerados, automaticamente diversos dados, como listas, tabelas e planilhas, entre outros. Destaca-se que, qualquer alteração de informação, por exemplo, em uma tabela, será refletida, imediata e automaticamente, em todas as outras formas de visualização, eliminando os erros que, geralmente, geram dúvidas executivas.

Nesse sentido, a Figura 1 representa o projeto do palanque do 10º RC Mec elaborado no software *Revit Architecture*. Nesse projeto, por exemplo, cada elemento construtivo do palanque é parametrizado, de forma que diversas características e atributos são atribuídos a ele.

Esses componentes, por exemplo, podem carregar dados descritivos e com informações necessárias relacionadas aos projetos, tais como especificações técnicas, quantitativos e dados de desempenho para análise energética, entre outros.



Figura 1 – Vista do projeto do palanque do 10º RC Mec

Fonte: acervo da Comissão Regional de Obras / 9

Dessa forma, os quantitativos para o orçamento analítico, por exemplo, são extraídos de forma automatizada do projeto, eliminando a possibilidade de divergências entre as plantas arquitetônicas e as planilhas.

Isso reduz consideravelmente a quantidade e os valores financeiros de termos aditivos aos contratos nas obras, que, em geral, ocasionam atrasos na construção e geram encargos administrativos e financeiros às partes.

De acordo com Nascimento et al. (2015), é possível atribuir ao modelo BIM novas dimensões, como “tempo” (4D) e o “custo” (5D), por exemplo. Assim, com esse modelo conexo a um cronograma, é possível simular a evolução temporal da construção e, interligando-o também ao orçamento, é possível acompanhar o dispêndio financeiro do empreendimento.

De acordo com ABDI (2017a), o BIM pode ser utilizado durante todo o ciclo de vida das edificações, desde a programação até sua demolição, conforme pode ser visualizado na Figura 2.



Figura 2 – BIM, no ciclo de vida das edificações

Fonte: ABDI, 2017a, p.12

Segundo a ilustração, pode-se inferir que o uso da tecnologia abrange a programação (planejamento) da obra, sua concepção (diversos projetos), análise (interferências, compatibilização e estudos de eficiência), documentação (arquivos digitais), fabricação de insumos, simulações em 4D (gerência do tempo) e 5D (gerência de custos), construção, comissionamento, operação, e, por fim, demolição e reúso.

Esse grande espectro de aplicação da tecnologia BIM ocorre porque é possível associar aos elementos da construção todas as atividades, produtos e processos que podem ocorrer ao longo de todo o ciclo de vida da construção. No

entanto, para esse acompanhamento completo, são necessários diversos aplicativos voltados a esse fim.

A utilização do BIM representa uma real modificação dos paradigmas do modo de projetar, uma vez que os próprios componentes da obra, na sua forma virtual, são representados e não mais simplesmente apresentados por linhas e textos.

Assim, em função dos atributos dos elementos de construção, várias dimensões podem ser agregadas ao projeto, conforme Quadro 1.

Dimensões	Descrição
3D	Características geométricas
4D	Gerência do tempo
5D	Gerência do custo
6D	Simulações e sustentabilidade
7D	Ciclo de vida da construção

Quadro 1 – Dimensões do BIM e suas descrições

Fonte: autor

Do Quadro 1, percebe-se que um projeto em 3D representa apenas a etapa inicial das possibilidades proporcionadas pelo BIM.

A utilização do computador, por intermédio do software *Computer - Aided Design* (CAD), para elaboração dos desenhos e plantas, representou uma expressiva evolução em relação à técnica do uso do papel e tinta nanquim. Nesse sentido, não é exagero afirmar que o uso do BIM em relação ao CAD apresenta vantagens, no mínimo, dessa mesma ordem de grandeza.

Nesse contexto, considerando-se as inúmeras possibilidades de informações que podem ser agregadas ao projeto, existem diversos níveis de desenvolvimento (LOD - *Level of Development*) de um projeto BIM. Esses níveis permitem detalhar os conteúdos das informações incorporadas aos elementos, como também relacionar o nível de confiança que usuários podem ter nas informações agregadas a um Modelo BIM.

De acordo com o *American Institute of Architects*, em geral, são 6 níveis de desenvolvimento, sendo o LOD 100 o mais simplificado, em que os elementos de um modelo podem ser representados graficamente por um símbolo ou outra representação genérica. Existem as fases intermediárias, em grau crescente de conteúdo e nível de confiabilidade que correspondem, respectivamente, ao LOD 200, LOD 300, LOD 350 e LOD 450.

O nível máximo é o LOD 500, em que a representação gráfica dos elementos de um modelo é conferida após a construção em campo, em termos de dimensões, formas, localização, quantidades e orientações, correspondendo ao “*As built*” (como construído). Nessa fase, também podem ser anexadas informações não gráficas aos elementos, como manuais de utilização, fotografias e fichas técnicas, entre outros.

A especificação clara desses LOD serve de referência para que se possam especificar os entregáveis BIM quando de uma contratação, servindo como padrão. Permitem, também, orientar outros profissionais que farão um trabalho colaborativo no projeto, sobre o conteúdo e a confiabilidade das informações que estão recebendo dos outros projetistas.

O gráfico ilustrado na Figura 3 mostra uma comparação entre o processo tradicional de elaboração de projetos, baseado apenas em documentos e desenhos (CAD), e o desenvolvimento utilizando a plataforma BIM. Nesse gráfico, destaca-se a variação da aptidão para influenciar os custos e a qualidade de um dado empreendimento no decorrer das diversas fases do projeto (tempo).

Conforme se verifica na curva 1 da Figura 3, a capacidade para impactar os custos de obra e características funcionais de um empreendimento reduz conforme o projeto evolui pelos estágios do seu ciclo de desenvolvimento, uma vez que, estando construído, pouco se pode fazer para alterar significativamente o que está pronto. Por outro lado, de acordo com a curva 2, quanto mais adiantado estiver o estágio do ciclo de desenvolvimento de um empreendimento, maiores serão os custos das eventuais alterações de projetos e especificações.

Verifica-se que o processo BIM (curva 4), por sua versatilidade e funcionalidade, possibilita antecipar os processos de decisões sobre os detalhes, as especificações técnicas e também sobre os métodos construtivos, tendo seu ponto alto de habilidade de influência na fase de elaboração dos projetos executivos (*Construction Design -CD*).

A metade esquerda do gráfico representa as fases que antecedem a construção, sendo estas as mais indicadas para obtenção de reduções de custos e racionalizações. Nota-se que a curva 4, do processo BIM, permite as alterações nas fases iniciais, com os custos mais baixos (correspondente ao início da curva 2, de custos de alterações de projetos), com seu ápice ainda na fase de elaboração do projeto executivo - *Construction Design* (CD).

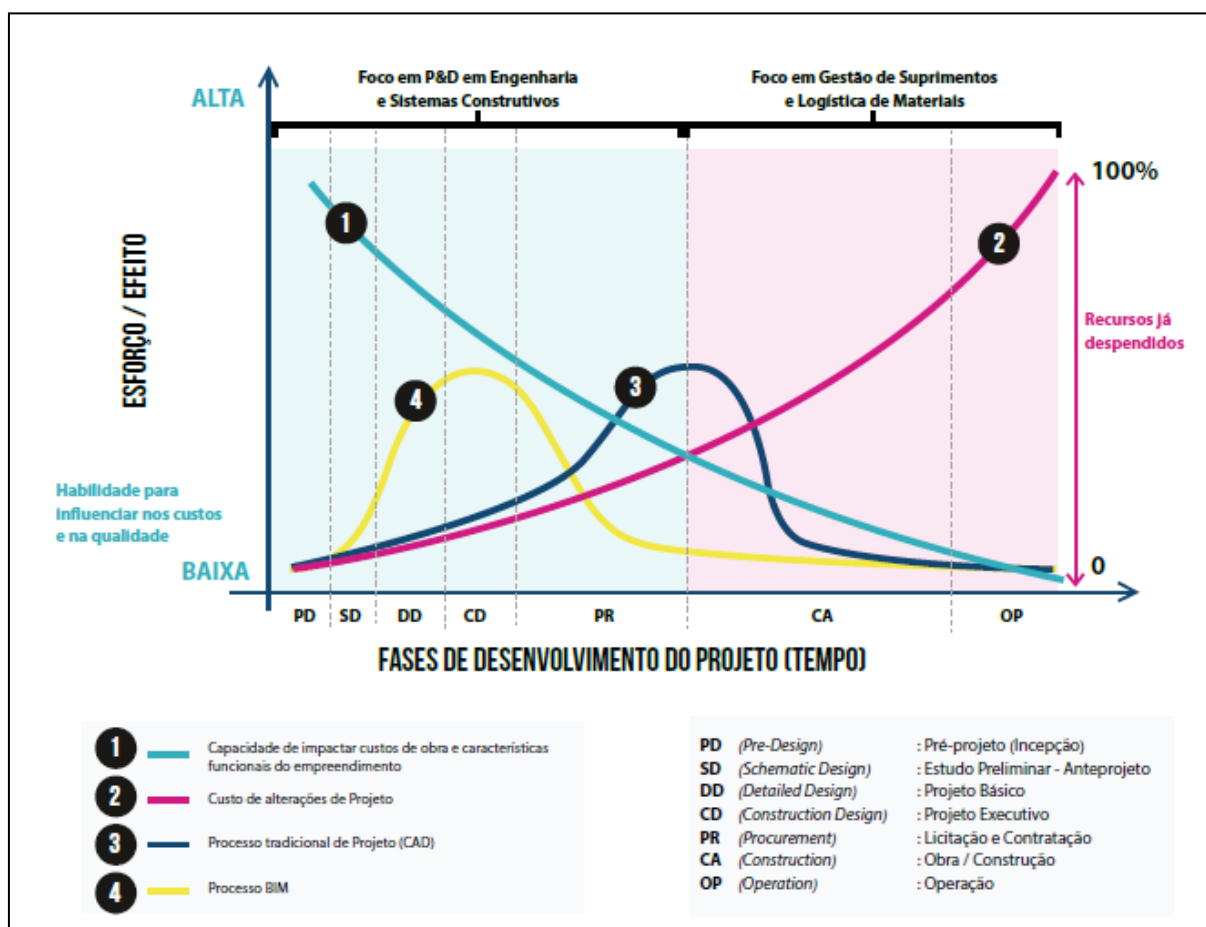


Figura 3 – Gráfico comparativo entre processo tradicional em CAD e o uso do BIM

Fonte: CBIC, 2016a

Por sua vez, a curva 3 – representativa do processo CAD - tem sua maior propensão a influenciar nos custos e qualidade somente por ocasião do término da licitação e início da contratação – *Procurement* (PR) e construção – *Construction* (CA) da obra propriamente dita, ocasião em que já foram despendidos custos consideravelmente maiores do que o BIM.

Assim, esse gráfico ilustra bem as vantagens de utilização do BIM com relação às fases do desenvolvimento do projeto.

2.1.2.1 Principais benefícios e funcionalidades BIM

De acordo com CBIC (2016a), a utilização do BIM traz diversas vantagens, as quais são resumidas a seguir:

2.1.2.1.1 A visualização em três dimensões (3D) do projeto

A modelagem do projeto em 3D possibilita a visualização exata do que está sendo delineado, por mais complicada que seja a instalação ou edificação, além de proporcionar a detecção automática de interferências entre os objetos. Todas as modelagens BIM, necessariamente, são 3D, mas o inverso não é verdadeiro, ou seja, nem tudo que está em três dimensões é BIM.

2.1.2.1.2 O ensaio da obra no computador – BIM 4D e BIM 5D

É possível realizar-se o chamado Planejamento ou Sequenciamento 4D, que possibilita o estudo detalhado de todas as etapas e atividades previstas para a execução de uma obra. Assim, com a plataforma BIM, pode-se realizar a Construção Virtual (*Virtual Design & Construction*– VDC), que possibilita ensaiar uma obra no computador, antes de qualquer atividade construtiva real. Nesse sentido, inclusive, alguns softwares BIM criam animações para construir virtualmente cada etapa, gerando economia e agilidade.

É possível também utilizar o software de planejamento MS-Project, da Microsoft Office, utilizado para elaboração de cronogramas (como gráfico de Gantt), em associação ao software *Navisworks*, para simular a construção da edificação (4D). O software *Navisworks* pertence à *Autodesk*.

De acordo com ABDI (2017b), acrescentar-se a 4ª Dimensão (tempo) permite avaliar a construtibilidade e planejamento do fluxo de trabalho de uma obra. Os partícipes desse projeto podem efetivamente visualizar, analisar e comunicar óbices relativos aos aspectos sequenciais, espaciais e temporais do progresso da construção. Como decorrência dessas possibilidades, tem-se cronogramas mais sólidos e, ainda, permitem disposições de *layout* do canteiro e planejamentos logísticos mais produtivos.

A Figura 4 ilustra a simulação da construção de uma edificação associada ao cronograma da obra. Assim, a animação permite visualizar em 3D a sequência construtiva planejada, possibilitando a previsão de incompatibilidades e interferências.

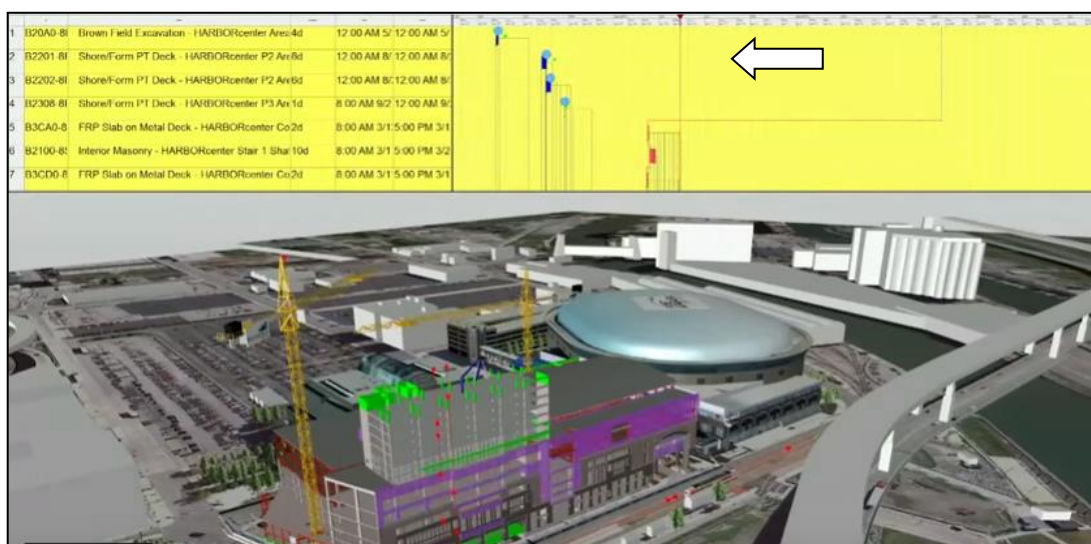


Figura 4 – Software 4D/BIM Virtual Construction Project Management

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=sX0NUKDJ3b4>. Acesso em: 20 mai. 19

Além disso, conforme ilustrado pela indicação da seta, é possível visualizar como estará o estágio construtivo em determinada data, facilitando consideravelmente os planejamentos e a detecção de interferências.

Por intermédio do BIM 5D, também é possível agregar os custos de cada etapa na simulação, o que permite visualizar os valores financeiros envolvidos no projeto, possibilitando o gerenciamento de um fluxo de caixa adequado.

2.1.2.1.3 A extração automática das quantidades de um projeto

Uma funcionalidade de grande valia em um projeto é a extração automática dos quantitativos dos projetos, uma vez que os elementos construtivos são parametrizados. Dessa forma, a inserção desses elementos é contabilizada automaticamente pelo programa, possibilitando a obtenção dos quantitativos em tempo real, economizando horas de trabalho de profissionais qualificados, além de reduzir consideravelmente os erros de projeto.

Essas falhas, em geral, são motivos de impugnações de processos licitatórios e, ainda, alterações contratuais, causando transtornos à administração pública, seja por acréscimo de custos, seja por atrasos decorrentes de alterações executivas e aprovações legais.

Quando associados com as atividades de um cronograma desenvolvido em software MS project® ou Primavera®, por exemplo, é possível a obtenção dos quantitativos de cada fase planejada, possibilitando a aquisição parcelada dos materiais, gerando um fluxo contínuo e diminuição dos estoques no canteiro de obras, além da comparação entre os serviços previstos e os efetivamente realizados, por exemplo.

Nesse contexto, a associação dos custos a essas etapas executivas e materiais, que correspondem ao 5D, permitem a obtenção dos valores a serem empregados em cada etapa da obra, o que facilita muito a medição do andamento da obra e a programação financeira, o que é extremamente útil nos períodos de restrições orçamentárias, como ora está ocorrendo no Brasil.

2.1.2.1.4 A geração de documentos mais consistentes e mais íntegros

As incompatibilidades básicas podem ser identificadas e corrigidas pelo próprio software, uma vez que os objetos são paramétricos e inteligentes, dotados de informações sobre si próprios, seus relacionamentos com outros elementos e com o ambiente. Nesse sentido, por exemplo, a tentativa de inserção de uma janela de espessura 20 cm em uma parede de 15 cm de espessura gerará um alerta pelo software.

Além disso, as próprias informações correlatas ao objeto inseridas no software, bem como a consequente coerência e precisão dos elementos de projeto (pranchas, especificações técnicas, orçamentos, memoriais, tabelas), contribuem para a garantia da consistência e da integridade das soluções.

2.1.2.1.5 A realização de simulações e ensaios virtuais

A tecnologia BIM permite a realização de simulações do comportamento e do desempenho de edifícios e instalações, gerando diversos benefícios, como economia e conforto térmico, por exemplo.

Nesse sentido, podem ser feitas simulações de análises estruturais e energéticas (simulações do consumo de energia), estudos térmicos, termodinâmicos, de ventilação natural, de níveis de emissão de gás carbônico, luminotécnicos, insolação e sombreamento.

A Figura 5 mostra uma vista em corte de uma edificação, de forma a se visualizar as estratégias de condicionamento térmico adotadas, adequadas à Zona Bioclimática 8, que engloba a cidade de Cáceres-MT, cidade na qual o pavilhão será construído.



Figura 5 – Vista em corte esquemático de edificação

Fonte: acervo da Comissão Regional de Obras da 9ª Região Militar

2.1.2.1.6 A identificação automática de interferências (geométricas e funcionais)

Outra grande vantagem dos softwares BIM é que existem programas específicos que identificam, automaticamente, as interferências entre os objetos que compõem um projeto. Esta funcionalidade é conhecida como *clash detection*.

Além dessa funcionalidade de localização automática, algumas soluções também qualificam as interferências como leves, moderadas ou críticas.

A Figura 6 ilustra a incompatibilidade entre o projeto estrutural e a alvenaria da cozinha projetada do Pavilhão Rancho do 9º Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica, em Campo Grande, no estado do Mato Grosso do Sul.

Essa constatação permitiu alterar o projeto antes do processo licitatório, evitando termos aditivos ao contrato para correção.



Figura 6 – Vista de interferência de projeto estrutural com alvenaria

Fonte: acervo da Comissão Regional de Obras da 9ª Região Militar

É possível também criar “regras de verificação” específicas, como, por exemplo, coerência de rota de acesso de deficientes físicos às edificações.

2.1.2.1.7 A capacitação das empresas para executarem obras mais complexas

Observa-se uma crescente tendência ao aumento da complexidade das construções, com formas orgânicas, fachadas dinâmicas, estruturas móveis e subsistemas complexos. Essas características exigem das empresas, não só o perfeito entendimento dos projetos e dos detalhes, como também uma coordenação logística e espacial que pode ser facilitada pelo uso do software.

2.1.2.1.8 A viabilização e a intensificação do uso da industrialização

A precisão e a coordenação geométrica dos elementos construtivos que podem ser obtidas com o uso do software, atuam como indutores da industrialização e do uso de peças pré-fabricadas. Isso ocorre porque os potenciais erros e interferências são minimizados com os ensaios e as simulações proporcionados

pelos processos de Projeto e Construção Virtual (VDC –*Virtual and Design Construction*), garantindo alto nível de confiabilidade e de previsibilidade.

2.1.2.1.9 O complemento do uso de outras tecnologias

O BIM pode ser conjugado com o uso de outras tecnologias, como os equipamentos que fazem escaneamento a laser, cuja nuvem de pontos admite a identificação e separação dos seus subsistemas constituintes, permitindo o estudo do sistema existente e facilitando modificações ou ampliações. É útil também para verificação de desvios na execução da estrutura.

Outro uso também é a partir de sequências de fotos tiradas por sobrevoo de drones, a partir das quais podem ser gerados modelos 3D, editáveis e manipuláveis.

O modelo BIM também pode fornecer informações para um equipamento topográfico do tipo estação total, possibilitando a locação de subsistemas de instalações e, ainda, verificar desvios de nível e prumo nas partes já construídas.

2.1.2.1.10 O preparo das empresas para um cenário futuro

O uso da tecnologia BIM tem crescido em várias partes do mundo, notadamente no Reino Unido, Cingapura e Chile, onde todas as obras financiadas com recursos governamentais são desenvolvidas com o uso dessa plataforma.

Nesse sentido, o Governo Federal, por intermédio do Decreto 9.377, de 17 de maio de 2018, instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento nessa modelagem e sua difusão no País.

Essa resolução foi revogada pelo decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, que dispõe sobre a Estratégia Nacional de disseminação do BIM e institui o Comitê Gestor da Estratégia do BIM, com poucas alterações em relação ao anterior.

Essa medida representa um incentivo para as empresas inovarem, aprenderem e melhorarem seus processos, aumentando sua produtividade e eficiência.

2.1.2.1.11 As análises de construtibilidade

Em obras complexas, como hospitais e *shopping centers*, por exemplo, é fundamental definir a sequência ótima de montagem para qualquer conjunto de instalações ou edificação, sob pena de grandes retrabalhos ou mesmo inviabilização. Assim, associando-se recursos BIM, como a construção virtual (*Virtual Design & Construction*), a identificação automática de interferências (*clash detection*) e o planejamento 4D, podem ser realizadas simulações e análises da construtibilidade, com alto nível de confiança e precisão.

2.1.2.1.12 O desenvolvimento de maquetes eletrônicas

A partir dos próprios modelos BIM é possível gerar imagens renderizadas com alta qualidade e definição. Por meio de recursos de simulação de sombreamento, iluminação, inserção em contexto real (endereço local e imagens do entorno), são elaboradas maquetes eletrônicas que trazem melhor visualização dos ambientes, tornando-se um ótimo material de divulgação do projeto.

A Figura 7 ilustra o projeto renderizado, em perspectiva, do Centro de Operações (COp) do 2º Batalhão de Fronteira, localizado na cidade de Cáceres, estado de Mato Grosso, com paisagismo, sombreamento e insolação.



Figura 7 – Projeto renderizado do COp 2º B Fron

Fonte: acervo da Comissão Regional de Obras da 9ª Região Militar

Por intermédio dos recursos computacionais, é possível navegar virtualmente pela edificação, passando ao usuário a exata noção das disposições dos cômodos e da incidência de insolação e sombreamento.

Essa funcionalidade permite reduzir desperdícios e retrabalhos relativos à obra, uma vez que permite ao usuário propor as modificações que se fizerem necessárias sem que um tijolo tenha sido assentado.

2.1.2.1.13 O registro e o controle visual de diferentes versões dos modelos

A maioria das soluções BIM oferece recursos que ensejam a identificação fácil e intuitiva das várias versões de um projeto, empregando um código de cores para identificar partes e componentes que tenham sido demolidos, mantidos e a serem construídos.

2.1.2.1.14 Outros benefícios

Diversos outros benefícios podem ser obtidos com a utilização do BIM, entre os quais, citam-se: a verificação das condições de acesso para serviços de reparo e manutenção, premissa de projeto conhecida como *Human Factor Engineering* (HFE), a coordenação e o controle de contratados, o rastreamento e o controle de componentes.

Além disso, modelos BIM podem embasar processos de manutenção e gestão de ativos (após a conclusão e entrega de uma obra), a fabricação digital, as verificações de locações e níveis da obra, baseadas em modelos BIM, que podem ser realizadas por um único profissional.

2.1.2.2 Softwares com tecnologia BIM

De acordo com Rosso (2011), existem diversos softwares que empregam a metodologia BIM para modelagem de arquitetura, estrutura e instalações, citando-se *ArchiCAD*, *Bentley Architecture*, *Revit Architecture* e *Vectorworks Architect*, entre outros.

Para planejamentos 4D, que simulam o sequenciamento das etapas construtivas, os softwares mais comuns são o *Navisworks*, *Vicooffice* e *Synchro*.

Para softwares 5D, o *Navisworks* pode ser associado ao MS project®, ou mesmo planilhas em Excel. No entanto, existem, ainda, programas específicos, como o software NOVA BIM, por exemplo.

De acordo com Micelli Júnior et al. (2017), considerando que nenhum software aplicado tem capacidade, sozinho, de desenvolver todas as tarefas inerentes a um projeto de construção, a interoperabilidade torna-se uma necessidade para troca de dados entre os múltiplos programas que são utilizados pelos projetistas.

Para facilitar essa interoperabilidade, tem-se buscado adotar uma plataforma comum entre elas, chamada de IFC (*Industry Foundation Classes*). Por meio dela, é possível trocar e compartilhar dados de BIM entre os aplicativos de diferentes fornecedores, sem precisar do software nativo de cada desenvolvedor.

Ele foi criado e mantido pela *Building Smart*, uma organização americana sem fins lucrativos, sendo neutro e independente.

2.1.2.3 *Uso do BIM em obras públicas*

No setor privado, nos últimos anos, tem-se verificado um considerável aumento da utilização da plataforma BIM, em função dos benefícios supracitados.

No setor público, no entanto, esse processo está ocorrendo em um ritmo bem mais lento, mas está evoluindo.

De acordo com Micelli Júnior et al. (2017), a primeira iniciativa pública de uso do BIM no Brasil foi em 2010, foi no programa Minha Casa, Minha Vida, com desenvolvimento de biblioteca de componentes dessa plataforma.

Cumprir destacar o papel pioneiro do Exército Brasileiro (EB) no uso do BIM em obras públicas, tendo em vista a assinatura, em 2014, do Acordo de Cooperação Técnica, entre o Ministério da Defesa - Exército Brasileiro, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento industrial (ABDI).

O objeto desse acordo foi a concepção, desenvolvimento e implementação da Plataforma *Building Information Modeling* – BIM, segundo as normas técnicas de Classificação da Informação da Construção, levando-se em conta a expertises dos

partícipes, mediante o intercâmbio de informações e o desenvolvimento de atividades de gestão e pesquisa.

O governo de Santa Catarina foi o primeiro estado brasileiro a exigir o BIM em todas as licitações de obras públicas a partir de 2018, tendo normatizado suas exigências por intermédio de um caderno de apresentação de projetos de edificações em BIM, elaborado em 2015.

Para dar maior impulso à essa tecnologia, o Governo Federal, por intermédio do Decreto 9.377, de 17 de maio de 2018, instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – chamada de BIM BR - com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento nessa modelagem e sua difusão no País. Essa resolução foi revogada pelo decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, que dispõe sobre a Estratégia Nacional de disseminação do BIM e institui o Comitê Gestor da Estratégia do BIM, com poucas alterações em relação ao anterior.

Essa iniciativa tem por finalidade garantir institucionalidade ao assunto e conciliar as ações dos agentes públicos e privados na disseminação deste modelo no país. Assim, há expectativa de ganhos em economicidade e qualidade nas obras brasileiras, incluindo-se as públicas, além de um expressivo aumento da produtividade da construção civil, tornando-a mais competitiva e eficiente.

Para o gerenciamento dessa estratégia, foi criado o Comitê Gestor (CG-BIM), composto por representantes de 7 Ministérios; dentre eles, o Ministério da Defesa.

Este colegiado está encarregado de implementar a estratégia e gerenciar suas ações e desempenho, acompanhando o seu progresso, checando o alcance das metas e, quando for o caso, promovendo iniciativas de correção ou aprimoramento.

Nesse contexto, conforme Brasil (2018), a Estratégia BIM BR prevê as seguintes fases:

a. Primeira Fase – A ser implantada a partir de 1º de janeiro de 2021, tem como foco principal os trabalhos relativos a projetos de engenharia e de arquitetura destinados às construções novas, ampliações ou reabilitações, quando forem de grande relevância para a disseminação do BIM. Deve abranger o modelo de arquitetura, de engenharia (estrutura, hidráulica, Aquecimento/Ventilação/Ar condicionado - AVAC e elétrica); a detecção de interferências (*clash detection*), a revisão de modelos de arquitetura/engenharia e respectiva compatibilização; além

da extração de quantitativos e geração de documentação gráfica a partir dos modelos.

b. Segunda Fase - será implantada a partir de janeiro de 2024, e deverá compreender a aplicação do BIM na execução direta ou indireta de projetos de arquitetura e de engenharia e também obras, referentes a construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM. Esta fase abará, além dos empregos previstos na fase anterior, também o planejamento da execução de obras (BIM 4D) e a orçamentação (BIM 5D). Envolverá também a atualização do modelo e de suas informações como construído (*as built*).

c. Terceira Fase – ocorrerá a partir de 1º de janeiro de 2028, a qual deverá incluir a aplicação do BIM a projetos de arquitetura e de engenharia e obras referentes a construções novas, reformas, ampliações e reabilitações, quando avaliadas como de grande relevância para a disseminação do BIM. Esta fase envolverá, além dos usos previstos nas duas primeiras fases, os serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento após sua construção, que tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM.

Em consequência, de acordo com informações do Ministério da Economia, obtido de (<http://www.economia.gov.br/noticias/2019/03/disseminacao-do-bim-aumentara-pib-da-construcao-civil-em-28-9>). Acesso em: 06 ago 2019. Com a estratégia, pretende-se que, até 2028, o Produto Interno Bruto (PIB) da construção civil cresça até 28,9%, com redução dos custos da construção em 9,7% e a um aumento da produtividade em 10%.

Cabe destacar que os projetos a serem elaborados para o setor público devem seguir a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Norma Brasileira Referenciada (NBR) 15965 - Sistema de classificação da informação da construção. Essa norma é dividida em 7 partes, sendo que 4 delas já estão publicadas, a saber: Parte 1: Terminologia e estrutura (2011), Parte 2: Características dos objetos da construção (2012), Parte 3: Processos da construção (2014) e Parte 7: Informação da construção (2015).

2.2 GESTÃO E EFICIÊNCIA DE OBRAS

2.2.1 Gestão de obras

Segundo Valle et al. (2007), um projeto é formado por um esforço temporário para obtenção de um produto ou serviço único.

Ele é efêmero, uma vez que tem um início e fim definidos no tempo, e, em consequência, possui um escopo e recursos definidos. Sendo único, não abrange operações rotineiras, mas sim um conjunto específico de operações destinadas a atingir um objetivo em particular.

Nesse contexto, uma obra insere-se perfeitamente nessas características que definem um projeto.

Segundo Limmer (1997), o gerenciamento de um projeto é a coordenação eficaz e eficiente de variados tipos, tais como: recursos humanos, materiais, financeiros, políticos, equipamentos e de esforços necessários para atingir o objetivo desejado – a obra construída –, cumprindo parâmetros preestabelecidos de escopo, prazo, custo, qualidade e risco.

Ainda segundo o mesmo autor, por outro lado, gerenciar um projeto é garantir que ele seja planejado em todas as suas etapas, possibilitando, por intermédio de mecanismos de controle, um acompanhamento contínuo, no qual os impactos de prazos e/ou custos sejam estudados e planejados para um horizonte temporal de curto e médio prazos, permitindo antecipar decisões gerenciais que assegurem a execução do projeto no prazo desejado.

Nesse sentido, segundo Valle et al. (2007), o gerenciamento de projetos pode ser definido como a utilização dos conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas nas atividades do projeto, com o objetivo de atender suas demandas, a partir da integração dos seguintes processos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento, conforme ilustrado na Figura 8.

Os processos relacionados ao planejamento, execução e controle podem se repetir por diversas vezes, retroalimentando-se, até que o objetivo seja alcançado.

Esses processos podem ser divididos em áreas de conhecimento. De acordo com o PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), elas são: integração do gerenciamento do projeto, gerenciamento de escopo, gerenciamento do tempo, gerenciamento de custos, gerenciamento de qualidade, gerenciamento das

aquisições, gerenciamento dos recursos humanos, gerenciamento das comunicações e gerenciamento dos riscos.

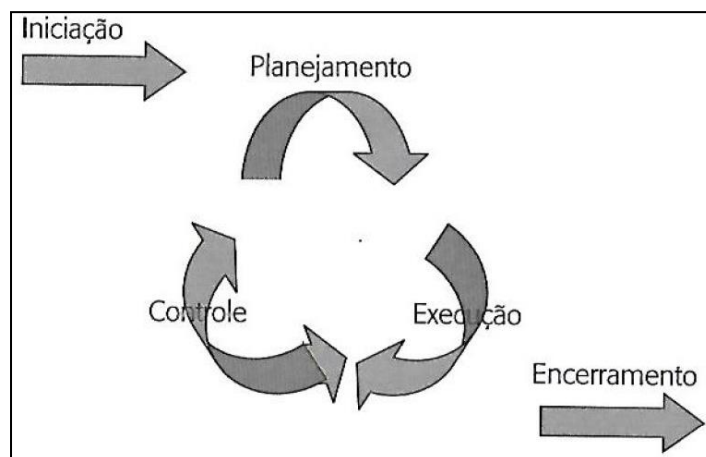


Figura 8 – Grupos de processos

Fonte: Valle et al. (2007)

Os projetos possuem uma tripla restrição: tempo, custo e um terceiro fator, que é o escopo ou qualidade, que vai depender da visão adotada.

Assim, conforme a visão adotada, esse terceiro fator depende desse equilíbrio. Assim, estabelecido um balanceamento entre tempo, custo e escopo, a consequência será a qualidade do projeto. Ou seja, qualquer alteração nesses fatores equilibrados irá refletir na qualidade. É intuitivo que uma redução no prazo de execução do projeto ou no seu custo, irá prejudicar a qualidade do produto final.

Dessa forma, infere-se que projetos bem-sucedidos são aqueles que entregam o produto ou serviço especificado respeitando-se o escopo, o prazo, o orçamento e com a qualidade desejada.

No entanto, essas condições são difíceis de serem obtidas nas atividades de construção civil, que se caracteriza pela grande utilização de mão-de-obra, emprego de processos construtivos quase “artesanais” e com pouca repetitividade de ações, uma vez que cada construção tem suas particularidades, em função do local de implantação e da arquitetura.

Em pesquisa realizada por Pereira (2012), em 30 empreendimentos (total de 973 apartamentos) nos municípios de Balneário Camboriú e Itajaí-SC, entregues entre dezembro de 2009 e janeiro de 2011, verificou-se que 16 deles (total de 542 apartamentos) foram entregues com atraso, equivalendo à frequência de 53,8%.

Conforme a Figura 9, verifica-se que, dentre as principais causas de atrasos de obras, 73% delas tem como principal motivação o planejamento do projeto malfeito ou a programação de serviços ineficazes.

Principais causas de atrasos em obras				
Ranking	Freq.	Nota média	Descrição das causas de atraso mais frequentes	Grupo
1º	73%	5,2	Planejamento do projeto mal feito ou programação dos serviços ineficazes	5
2º	60%	4,3	Dificuldades financeiras do empreiteiro (limitações de fluxo de caixa)	5
3º	53%	3,7	Atraso nos pagamentos de medições dos empreiteiros pelo proprietário	2
4º	53%	3,1	Má gestão/supervisão (organização da equipe) no local do trabalho (canteiro)	5
5º	33%	2,8	Alterações de escopo (contrato) pelo empreendedor durante a construção	2
6º	27%	1,8	Demora na tomada de decisão pelo empreendedor	2
7º	27%	2,5	Inexperiência do contratado (ou trabalho inadequado dele)	5
8º	27%	1,7	Atraso na preparação/aprovação de desenhos ou especificações de projeto	3
9º	27%	1,5	Atrasos nos trabalhos de subempreiteiros (terceiros)	5
10º	27%	1,3	Mão de obra não qualificada	7

Figura 9 – Principais causas de atrasos em obras

Fonte: Pereira (2012), apud ABDI (2017b)

Em 60% dos casos, o atraso ocorreu por problema de dificuldades financeiras do empreiteiro, problema esse comum nas obras públicas, em que os baixos preços obtidos das licitações, em muitos casos, inviabilizam a execução da obra, trazendo enormes transtornos administrativos.

Observa-se, ainda, que 33% dos casos estão relacionados a alterações de escopo dos contratos durante a construção. Em obras públicas, isso pode ser decorrente de um projeto mal elaborado ou, ainda, mudanças provocadas pelos decisores.

2.2.2 Eficiência de obras

De acordo com Brasil (2010), a auditoria operacional realizada pelo Tribunal de Contas da União (TCU) é o exame autônomo e objetivo da economicidade,

eficiência, eficácia e efetividade de organizações, programas e atividades governamentais, com vistas a promover o aprimoramento da gestão pública.

A dimensão da análise denominada de “eficiência” corresponde à relação entre os produtos (bens e serviços) gerados por uma atividade e os valores dos custos dos materiais utilizados para produzi-los, em um período pré-definido, desde que mantidos os padrões de qualidade.

No contexto de busca de maior eficiência, destaca-se atualmente, por exemplo, o uso eficiente da energia elétrica. Nessa área, o Brasil possui um programa de conservação de energia em edificações, o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL – Edifica) que promove a avaliação da eficiência energética de edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que confere a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

Nesse sentido, Teixeira (2018) desenvolveu um método de cálculo automatizado, com base no processo prescritivo do PROCEL, para cálculo da eficiência energética de edificações, a partir de informações de modelos virtuais criados pelo processo BIM de elaboração de projetos.

Infere-se que as obras devem atender sua finalidade, dentro de adequadas condições de segurança e conforto. Mais especificamente para obras públicas, em particular para o Exército Brasileiro, devem possuir baixo custo de operação e manutenção com vistas principalmente à economia de recursos públicos durante todo o seu ciclo de vida e em função das recorrentes restrições orçamentárias.

A ABNT NBR 15575:2013 estabelece um nível mínimo de desempenho de uma edificação para seus principais elementos, apresentando, ainda, o conceito de vida útil do projeto e definição de responsabilidades. A norma é dividida em 6 partes: Parte 1: Requisitos gerais; Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais; Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos; Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas; e Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Cada parte da norma foi organizada por elementos da construção, percorrendo uma sequência de exigências relativas à segurança (desempenho mecânico, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação), habitabilidade (estanqueidade, desempenhos térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene e

qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental).

O desempenho das obras, tanto na fase de construção quanto de operação, tem grande influência no consumo de recursos naturais e na utilização da energia, o que está relacionado ao desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, o setor da construção civil tem papel fundamental, pois gera consideráveis impactos ambientais. Calcula-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto de atividades humanas sejam oriundos de atividades relacionadas à construção e sua operação. Destaca-se que existe, ainda, geração de resíduos líquidos e gasosos.

Assim, são realizados diversos estudos e propostas medidas no sentido de se reduzir e otimizar o consumo de insumos de construção e energia, diminuição dos resíduos gerados, cuidados na preservação do ambiente natural e na melhora da qualidade do ambiente construído.

De acordo com informações do sítio do Ministério do Meio Ambiente (disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acesso em: 17 jul. 2019), devem ser propostas ações no sentido de:

- ✓ elaboração de projetos flexíveis, que possibilitem readequação de forma a facilitar possíveis mudanças de uso e necessidades, diminuindo-se as necessidades de demolições;
- ✓ estudo de soluções que possibilitem o uso racional de energia ou de energias renováveis;
- ✓ gestão ecológica da água;
- ✓ diminuição do emprego de materiais com alto impacto ambiental; e
- ✓ diminuição dos resíduos da construção com modulação de componentes para reduzir perdas e, ainda, possibilidade de reutilização de materiais.

A tendência atual, em relação a esse aspecto de construção sustentável, tem caminhado para duas vertentes: uma no sentido do incentivo de materiais pouco processados, como terra crua, pedra, palha e bambu, entre outros (no entanto, esses materiais têm limitações em suas características mecânicas). A outra vertente abrange os “empreendimentos verdes”, com as certificações, no que se refere às edificações e ao âmbito urbano.

Cabe destacar que os governos municipais podem e devem ter um papel fundamental no fomento a esse processo, uma vez que têm competência para conceder incentivos tributários e elaborar legislações urbanísticas e códigos de edificação que promovam boas práticas de sustentabilidade, além de parcerias com as concessionárias dos serviços públicos de água, esgotos e energia.

No âmbito estadual e federal, a administração pública, por seu alto poder de compra, pode atuar como impulsionadora do uso e do desenvolvimento de técnicas e métodos construtivos.

Para a implantação urbana, por exemplo, pode exigir/elaborar projetos de obras que se adaptem melhor ao terreno, sem grandes movimentos de terra e buscando preservar as matas nativas.

Já nas edificações, estas devem ser adaptadas ao clima local, reduzindo o consumo de energia e aproveitando ao máximo as condições de iluminação, ventilação e aquecimento naturais.

Com relação à energia, deve ser incentivado o uso de energia solar para aquecimento de água e geração de energia elétrica. No que se refere à água e esgoto, devem ser previstos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, reuso de águas servidas e dispositivos economizadores de água.

Neste contexto, Zago (2012) realizou um trabalho de conclusão de curso intitulado “Aspectos construtivos de obras militares com vistas à preservação ambiental”, com propostas de produtos e processos construtivos que são passíveis de serem adotados nas obras militares e que contribuem para a preservação ambiental.

Em órgãos públicos, outras medidas de projeto e operação devem ser adotadas, conforme a Portaria nº 23, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), que estabelece boas práticas de gestão e uso de Energia Elétrica e de Água nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dispõe sobre o monitoramento de consumo desses bens e serviços.

Na seleção dos materiais de construção, podem ser privilegiadas as aquisições de materiais disponíveis localmente e potencialmente recicláveis. No caso de madeiras, por exemplo, podem ser exigidos certificados de comprovação de sua origem.

Com relação aos resíduos da construção civil, deve-se exigir sua disposição adequada, promovendo-se a reciclagem e o reuso dos materiais.

Diversas outras medidas podem ser encontradas na Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências.

2.1 PLANEJAMENTO E GESTÃO DE OBRAS MILITARES NO EXÉRCITO

2.1.1 Definição de obra militar

Todos os serviços e obras de engenharia executados em área ou edificação titulada à União Federal e jurisdicionada ao Comando do Exército são denominados de obras militares. Abrangem as atividades de construção, ampliação, reforma, adaptação, restauração, reparação ou adequação.

2.1.2 Sistema de Obras Militares

O Departamento de Engenharia e Construção (DEC) é o Órgão de Direção Setorial (ODS) do Exército Brasileiro que trata, especificamente, de obras, meio ambiente e patrimônio.

Em relação às obras, subordinada ao ODS, existe a Diretoria de Obras Militares (DOM), que coordena o planejamento e a execução de obras militares do EB em todo território nacional.

Segundo a Portaria do Comandante do Exército nº 220, de 27 de maio de 2002, que aprovou o Regulamento da Diretoria de Obras Militares (R-158), ela é o órgão de apoio técnico-normativo do DEC, cuja incumbência é de superintender, no âmbito do Exército Brasileiro, as atividades de construção, ampliação, reforma, adaptação, restauração, reparação, conservação, demolição e remoção de instalações, relacionadas às obras militares, e de controlar o material de sua gestão. Nesse contexto, incluem-se, também, diversos outros tipos de obras, tais como hospitais, hotéis de trânsito, complexos esportivos e estandes de tiro.

A DOM possui as seguintes seções, ligadas à sua missão principal: S1 (Planejamento e Programação), S2 (Estudos e Projetos), S3 (Orçamento e Custos) e S4 (Controle e Estatísticas).

Subordinados tecnicamente à DOM, existem as Comissões Regionais de Obras (CRO) e os Serviços Regionais de Obras (SRO), totalizando 12 Organizações Militares, distribuídas pelos Comandos Militares em todo o Brasil. Eles constituem os órgãos de execução de obras militares, prestando apoio relativo às edificações a mais de 680 Organizações Militares (OM) com aproximadamente 1.850 imóveis e cerca de 88.000 benfeitorias.

Esse conjunto, composto pela Diretoria de Obras e seus órgãos executivos, constituem o chamado Sistema de Obras Militares (SOM).

A DOM planeja e executa projetos de engenharia há muitos anos e tem buscado modernizar seus processos de acordo com a evolução do EB e da engenharia. Nesse caso, destaca-se o Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS) que congrega várias tecnologias para a gestão do ambiente construído, incluindo o BIM, como descrito mais adiante na Seção 2.1.4.

2.1.3 Diretoria de Projetos de Engenharia

Recentemente, por intermédio da Portaria Nº 142, de 13 de março de 2013, do Comandante do Exército, foi criada a Diretoria de Projetos de Engenharia (DPE), subordinada ao DEC, cuja missão é de executar, superintender e conduzir as atividades relacionadas à análise, ao estudo da viabilidade técnica, à elaboração e ao controle de projetos de engenharia na área do DEC.

Essa Diretoria possui uma seção de projetos, uma seção de acompanhamento e controle, uma seção de análise de projetos e uma seção de catalogação, biblioteca técnica de projetos e normas.

Quando requisitada e, mediante convênio, a DPE pode gerir e elaborar projetos de engenharia para outros órgãos governamentais.

2.1.4 Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS)

O Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS) é um sistema informatizado de apoio à decisão, em processo contínuo de desenvolvimento pela Diretoria de Obras Militares, que abarca as funcionalidades de Planejamento, Programação, Acompanhamento, Fiscalização, Controle, Gerência e Execução de Obras e Serviços de Engenharia envolvendo todas as atividades dos

macroprocessos finalísticos do Sistema de Obras Militares (SOM), tanto no nível executivo, quanto no gerencial e estratégico, conforme Figura 10.



Figura 10 – Visão Geral do Sistema OPUS

Fonte: <http://www.dom.eb.mil.br/index.php/opus>. Acesso em: 15 mai. 2019.

A Portaria nº 79 – Cmt Ex, de 05 de fevereiro de 2014, adotou o OPUS no âmbito do Exército, devendo nele serem registradas todas as informações relativas às atividades de execução do processo de obras militares, abrangendo desde o pedido até a entrega definitiva.

Graças ao OPUS, houve expressiva redução de consumo e gasto de itens como celulose, energia, combustíveis e equipamentos, com redução significativa dos impactos ambientais. Além disso, a produção e arquivo das informações relativas às obras são digitais, sem necessidade de uso de papel. Em função dessas vantagens, em 2014 a DOM foi reconhecida pelo Programa Socioambiental Ecolméia, através de recebimento do Selo Verde - Categoria Ouro.

Por seu processo transparente e tecnologia da informação digital, o sistema recebeu também prêmio na categoria inovação em processos organizacionais do setor público federal, pela Escola Nacional de Administração Pública no ano de 2016. ilustra uma visão do OPUS.

Esse documento apresenta o OPUS como um caso de sucesso e sugere, ainda, que a abordagem e o conhecimento inerentes ao sistema sirvam de modelo de elaboração de sistema de tecnologia da informação para obtenção mais ampla de projetos BIM em todo o Brasil.

Nesse sentido, esse sistema está em contínuo desenvolvimento, e a ele podem ser incluídas diversas possibilidades, atreladas, por exemplo, aos dados espaciais dos imóveis, nas áreas ambiental, logística, pessoal, financeira, material e necessidades diversas, conforme descrito no repositório da Escola Nacional de Administração Pública - ENAP (Disponível em: <http://repositorio.enapgov.br/handle/1/4137>. Acesso em: 01 ago. 2019).

2.2 PLANEJAMENTO E GESTÃO DE PORTFÓLIOS DO EXÉRCITO

2.2.1 Sistema de Planejamento Estratégico do Exército (SIPLEX)

O Sistema de Planejamento Estratégico do Exército (SIPLEX) é uma metodologia de planejamento e se baseia no Sistema de Planejamento Estratégico de Defesa, principalmente no que tange ao planejamento, tendo como marco legal diversas legislações, como a Constituição Federal de 1988, a Política Nacional de Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa, a Estratégia Setorial de Defesa e a Política Setorial de Defesa.

Esse sistema possui 7 fases, sendo: Fase 1: Missão; Fase 2: Análise Estratégica, Fase 3: Política Militar Terrestre; Fase 4: Estratégia Militar Terrestre; Fase 5: Plano Estratégico do Exército; Fase 6: Orçamentação e Contratação e Fase 7: Medição do Desempenho Organizacional, conforme Figura 11.

Esse planejamento está no mais alto nível de decisão do Exército, sendo de longo alcance, com vistas ao que se pretende no futuro para a Força, sendo contínuo, dinâmico e flexível.

A essa sistemática se alinha todos os planejamentos, que são regulados em documentos específicos.

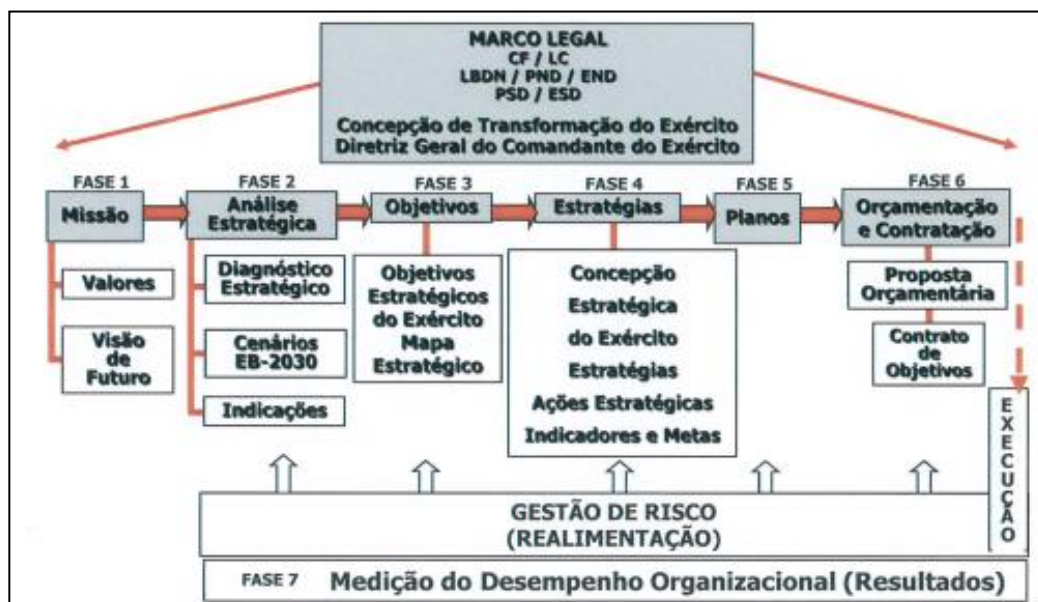


Figura 11 – Representação gráfica da SIPLEX

Fonte: SIPLEX

Na Fase 5 – no Plano Estratégico do Exército – existe uma tabela, conforme Figura 12, que relaciona cada Objetivo Estratégico do Exército (OEE) à Estratégia e Ação Estratégica, listando as atividades impostas, os projetos estratégicos e os interessados, vinculados a um horizonte temporal.

OEE 1 - CONTRIBUIR COM A DISSUASAO EXTRARREGIONAL					
Estratégia	Ação Estratégica	Ano	Atividades impostas	Prg/Pjt	Respal/Intrs
1.1 Ampliação da Capacidade Operacional	1.1.3 Rearticular a Força de modo a estar presente, ou ter a capacidade de se fazer presente com oportunidade, na Área Estratégica Amazônica Legal.	2016	1.1.3.1 Prosseguir na implantação de um Cmdo Bda Inf SI em Macapá/AP. 1.1.3.2 Prosseguir na implantação do 1º B Com SI em Manaus/AM. 1.1.3.4 Prosseguir na implantação do PEF de Vila Brasil/AP. 1.1.3.5 Concluir a implantação do PEF de Marechal Taumaturgo/AC. 1.1.3.6 Prosseguir na implantação do Comando Militar do Norte em Belém/PA. 1.1.3.8 Prosseguir na adequação das instalações das OM da 1ª Bda Inf SI em Boa Vista/RR. 1.1.3.9 Prosseguir na implantação da 16ª Bda Inf SI em Tefé/AM. 1.1.3.10 Prosseguir na adequação de instalações das OM do 2º Gpt E.	Amazônia Proteção (Anz/Pgt)	EME (3ª SCh) DAAe Ger Prg/Pjt
		2017	(5)		
		2018	1.1.3.3 Concluir a adequação das instalações do 1º BIS em Manaus/AM.		
		2019	1.1.3.1 Concluir a implantação de um Cmdo Bda Inf SI em Macapá/AP. 1.1.3.2 Concluir a implantação do 1º B Com SI em Manaus/AM. 1.1.3.4 Concluir a implantação do PEF de Vila Brasil/AP. 1.1.3.6 Concluir a implantação do CMN em Belém/PA.		

Figura 12 – Plano Estratégico do Exército 2016-2019

Fonte: SIPLEX

Essa fase é elaborada no ano A-2 e passa por atualizações anuais, seguindo as realimentações obtidas da Medição do Desempenho Organizacional e o eventual surgimento de novas indicações na Fase 2.

Observa-se que abrange um período de quatro anos.

Na Fase 6 – Orçamentação e Contratação – são geradas as Necessidades Gerais do Exército, a partir da qual o EME elabora a Proposta Orçamentária Anual do Exército. Segue-se, então, o envio da Proposta de Lei Orçamentária Anual (PLOA) ao Congresso Nacional pelo Executivo. A partir dessa remessa, o Estado-Maior do Exército celebra os contratos de objetivos estratégicos (COE) com os diversos órgãos de direção setorial.

Assim, nesse documento, são pactuadas as metas físico-financeiras a serem atingidas no ano seguinte.

No âmbito do Departamento de Engenharia e Construção, atualmente, são firmados contratos de objetivos estratégicos com o Estado-Maior do Exército e com o Departamento Geral do Pessoal.

Conforme já citado, por questões administrativas, futuramente o COE deve migrar sua nomenclatura para Plano de Descentralização de Recursos de Atividades de Engenharia, mas mantendo-se a mesma finalidade

2.2.2 Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento do Portfólio e dos Programas Estratégicos do EB (NEGAPORT-EB)

De acordo com Brasil (2017), as Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento do Portfólio e dos Programas Estratégicos do Exército Brasileiro (NEGAPORT-EB) têm por objetivo regular o gerenciamento do Portfólio Estratégico do Exército e seus respectivos Programas e Projetos (Figura 13).

Essas normas são fundamentadas no Guia PMBOK do PMI - *Project Management Institute*, documento de referência internacional sobre o tema.

De acordo com NEGAPORT-EB, o programa deve ser estruturado em tranches. Define-se tranche como uma etapa do programa, limitada no tempo, com recursos previamente planejados e definidos, estruturada em projetos/subprogramas e ações complementares.

Tem por objetivo entregar módulos de capacidades e, sempre que possível, também benefícios. Salienta-se que o programa pode compreender uma ou mais

tranches sequenciais.



Figura 13 – Portfólio Estratégico do Exército

Fonte: <http://www.epex.eb.mil.br/index.php/texto-explicativo>. Acesso em: 12 mai. 2019

Considerando-se que é limitado no tempo, ressalta-se a importância de se buscar seguir um cronograma de metas físicas e financeiras, cujo embasamento tem maior suporte com a utilização do processo BIM.

2.2.3 Contrato de Objetivos Estratégicos

Com o objetivo de se atenderem as metas previstas no Plano Estratégico do Exército, integrante da SIPLEX, anualmente é assinado um contrato de objetivos entre o Departamento de Engenharia e Construção e o Órgão de Direção Geral, e entre aquele e o Departamento Geral de Pessoal.

Nesse contrato, são planejados os projetos, as obras a serem iniciadas e, também, a indicação daquelas que terão prosseguimento naquele ano, uma vez que foram contratadas no ano anterior. Além desse descritor, há também a estimativa de custos dessas etapas, que serviram de base para definição das prioridades, obedecendo-se aos recursos previstos na Lei Orçamentária Anual de cada Programa.

O contrato referente ao EME, em vigor atualmente, foi assinado em 14 de

setembro de 2018, e tem por objetivo a pactuação de resultados para 2019, com a finalidade de possibilitar a execução dos objetivos estratégicos do Exército, com base nas estratégias e ações estratégicas consideradas prioritárias, inseridas dentro do horizonte temporal 2016 - 2019.

Esse contrato abrange diversos projetos estratégicos, com suas respectivas ações orçamentárias, totalizando cerca de 306 milhões de reais em obras, sendo 216 milhões para prosseguimento, 57 milhões para obras cujos projetos foram iniciados em 2018 e o restante, cerca de 33 milhões, para novas edificações.

A Figura 14 ilustra um extrato do contrato de objetivos EME - DEC 2019, relativo à Ação Orçamentária 14T5 - SISFRON.

Programa - SISFRON - PO3 Ação Orçamentária - 14 T5 Projeto - Obras de Engenharia Pcp Atv - Cnst e Adqd Inst											
Nr Atv	RM	OM beneficiada	Qnt	Aç Estr	Meta física	Nr OPUS	Necessidade de recursos para 2019	Diretoria Responsável	Prio	PDOM	QO/QCP/QDM
-		DOM	-	-	Aditivos, reajustes, compensações e reequilíbrios financeiros e licenças ambientais	-	1.400.000,00	DOM	-		
-		DOM	-	-	Estudos, capacitação e projetos	-	200.000,00	DOM	-		
-		DOM	-	-	Fiscalização das obras	-	100.000,00	DOM	-		
-		DEC/DOM	-	-	Contratação de MOT	-	500.000,00	DOM	-		
5ª	Cmdo 15ª Bda Inf Mec		1	1.3.4.1	Prosseguir na Cnst do Centro de Operações	201405000037	1.000.000,00	DOM	1	S	N/A
9ª	Corixa-2ªBFron		1	1.3.3.2	Construção / Módulo de abastecimento com capacidade de 5.000l / 2ª B Fron	201609000028	*	DOM	2	S	N/A
9ª	Corixa-2ªBFron		1	1.3.3.4	Adequação / Pavilhão de CMDO e ADM / 2ª B Fron	201609000029	*	DOM	3	S	N/A
9ª	Corixa-2ªBFron		1	1.3.3.4	Construção / Pavilhão Rancho / PEF Corixa / 2ª B Fron	201609000030	*	DOM	4	S	N/A
9ª	Corixa-2ªBFron		1	1.3.3.4	Construção / Pavilhão Rancho / PEF Corixa / 2ª B Fron	201609000030	*	DOM	5	S	N/A
9ª	Corixa-2ªBFron		1	1.3.3.5	Adequação / PNR MT090037C0027 Cb/Sd/Tf / 2ª B Fron	201609000031	*	DOM	6	S	N/A
9ª	Corixa-2ªBFron		1	1.3.3.5	Adequação / PNR MT090037C0035 Cb/Sd/Tf / 2ª B Fron	201609000032	*	DOM	7	S	N/A

Figura 14 – Extrato do Contrato de Objetivos EME DEC 2019

Fonte: Contrato de Objetivos Estratégicos EME DEC 2019

Essas metas ilustradas na Figura 14 referem-se ao Objetivo Estratégico do Exército nº 3 - Contribuir com o desenvolvimento sustentável e a paz social, sendo a Ação Estratégica 3.1.1 Desenvolver as capacidades de monitoramento / controle, apoio à decisão e apoio à atuação na fronteira terrestre.

Os valores indicados referem-se aos recursos a serem disponibilizados no ano de 2019, para aquelas metas físicas discriminadas.

Considerando-se que o contrato de objetivos é limitado no tempo, ressalta-se a importância de se buscar uma ferramenta que auxilie na definição mais precisa do tempo de execução e montante dos recursos a serem empregados em cada meta, com vistas a subsidiar um planejamento plurianual.

3 METODOLOGIA

Nessa seção, é apresentada a metodologia utilizada para desenvolver o trabalho, evidenciando-se os seguintes tópicos: tipo de pesquisa, universo e amostra, coleta de dados, tratamento de dados e limitações do método.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Essa pesquisa é qualitativa, uma vez que fez uso de análises de documentos, normas e informações obtidas a partir de redes eletrônicas para se entender os conceitos relacionados ao BIM.

Seguindo a taxionomia de Vergara (2008), essa pesquisa é descritiva, explicativa, bibliográfica e documental. Descritiva porque descreveu a Sistemática de Planejamento do Exército e o Planejamento e Gestão de Obras Militares. Explicativa porque visou esclarecer os conceitos relacionados à metodologia BIM (*Building Information Modeling*). Bibliográfica porque teve sua fundamentação teórico-metodológica relativas à tecnologia da informação em obras, planejamento e gestão de obras militares no Exército e gestão de Portfólios obtidas em livros, manuais e artigos de acesso livre ao público em geral. É também documental, uma vez que buscou a pesquisa de documentos de trabalhos e relatórios do EB.

3.2 UNIVERSO E AMOSTRA

Universo se refere ao conjunto de elementos (empresas, produtos, pessoas) possuidores de características que serão objeto de estudo. Já amostra, diz respeito a uma parte do universo, escolhida segundo algum critério de representatividade (VERGARA, 2008).

Neste trabalho, foi obtido o relatório de medições físicas, extraído do OPUS, do acompanhamento de obras em execução junto à 4ª Seção da Diretoria de Obras Militares (Controle e Estatísticas), datado de maio de 2019, contratadas por todas as OM que receberam recursos por intermédio do OPUS.

Desse relatório, que representa o universo, foram extraídas as informações relacionadas tão somente às Comissões Regionais de Obras, excluindo-se as relativas aos Serviços Regionais de Obras e demais Organizações Militares não subordinadas tecnicamente à Diretoria de Obras, que possuem obras e serviços de menor porte.

3.3 COLETA DE DADOS

Este trabalho apoiou-se em fontes literárias (jornais, manuais, redes eletrônicas, revistas especializadas, artigos científicos, anais de congressos, teses e dissertações) aliada a experiências pessoais para fundamentar a pesquisa.

Também foram consultados documentos não publicados, tais como regulamentos internos, normas, circulares, pareceres, despachos em processo e relatórios, entre outros.

As conclusões decorrentes desses estudos, em particular aqueles relacionados com a tecnologia BIM, planejamento, gestão de obras militares e Portfólios permitiram verificar em que medida essa tecnologia pode auxiliar na gestão e na eficiência das obras militares.

Por intermédio do relatório de acompanhamento de obras da Diretoria de Obras, foi possível obter a quantidade de obras contratadas pelas Comissões Regionais de Obras e cadastradas no OPUS, e a situação física de cada uma em relação ao cronograma físico-financeiro.

A partir da diferença entre o percentual executado e aquele previsto em contrato, foi verificar aquelas que apresentavam algum atraso, tendo como referência o mês de maio de 2019.

3.4 TRATAMENTO DE DADOS

A partir dos dados relativos à diferença entre o percentual executado e aquele previsto em contrato, decidiu-se, dentre as obras atrasadas, desprezar as diferenças menores do que 5%, dada a relativa subjetividade da definição do percentual físico de avanço da obra que, em certas situações, não corresponde ao valor financeiro liquidado.

Assim, por intermédio do relatório das obras contratadas pelas Comissões Regionais de Obras, foi possível verificar a porcentagem delas que estão em atraso em relação ao cronograma original, tendo sido escolhida a abordagem de pesquisas qualitativas, através da análise de conteúdo.

3.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO

O método possui algumas limitações, uma vez que as pesquisas bibliográficas e documentais estão relacionadas à amplitude da busca e, ainda, estão sujeitas à interpretação por parte do pesquisador, o qual, invariavelmente utiliza-se, ainda, de sua experiência pessoal.

Outra limitação é com relação à própria amostra, que pode não representar adequadamente o universo.

Cabe destacar que, em princípio, os relatórios do OPUS são preenchidos mensalmente, mas não em datas exatas para todas as CRO/SRO, variando com as datas das medições de serviços. Assim, podem ocorrer diferenças entre a data em que o relatório foi extraído e a situação real de determinada obra.

4 USO DO BIM NA GESTÃO E EFICIÊNCIA DE OBRAS MILITARES

A DOM planeja e executa projetos de engenharia há muitos anos e, ao longo desse período, tem buscado modernizar e otimizar seus processos, de acordo com a evolução do EB e do ramo da engenharia, conforme já citado.

O desenvolvimento do sistema OPUS foi um grande passo nesse sentido, mas o BIM, como um todo, exige contínuo aperfeiçoamento e possui abrangência muito diversificada, apresentando inúmeras outras possibilidades.

Nesse sentido, na Seção 4.1, é apresentada a situação atual do processo de gestão de obras e sua eficiência bem como do estágio de uso do BIM no Sistema de Obras Militares. Na Seção 4.2, é apresentada uma proposta de implementação de melhorias, com vistas à implementação do BIM 4D, por intermédio de sugestões baseadas no acrônimo do DOAMEPI.

4.1 SITUAÇÃO ATUAL

4.1.1 Gestão e eficiência das obras

A estruturação das Obras Militares do Exército é formada por um conjunto de macroprocessos finalísticos cuja responsabilidade normativa e gerencial é atribuída à DOM. Estes macroprocessos norteiam todo o ciclo de vida de uma obra pública sob responsabilidade do Exército, abrangendo todas as suas fases.

O ciclo de vida de uma obra militar abrange inúmeras etapas, conforme pode ser verificado na Figura 15, envolvendo desde a sua concepção, passando pelo acompanhamento e controle da execução, realização da gestão e manutenção e finalizando com seu descarte (demolição).

Conforme já citado, a Portaria nº 79 – Cmt Ex, de 05 de fevereiro de 2014, adotou o OPUS no âmbito do Exército, devendo nele serem registradas todas as informações relativas às atividades de execução do processo de obras militares.

Assim, o sistema OPUS permeia integralmente o ciclo de vida de uma obra militar, agregando diversas informações por intermédio da colaboração de vários partícipes do processo, o que se enquadra perfeitamente na concepção do conceito

de BIM. Diversas publicações mostram esse aspecto do OPUS, como, por exemplo: Castro (2016), Nascimento et al. (2016, 2016) e Micelli Júnior et al. (2017, 2019).

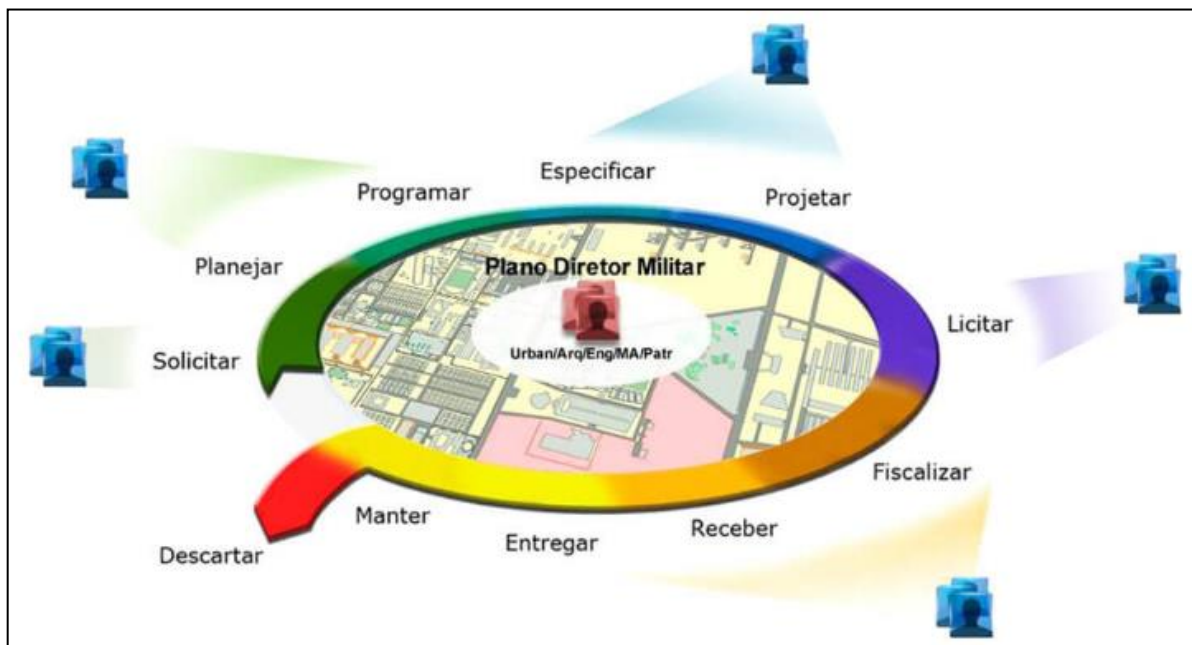


Figura 15 – Ciclo de vida de uma Obra Militar

Fonte: <http://www.dom.eb.mil.br/opus/>. Acesso em: 05 mai. 2019.

A solicitação de obras novas (construção, ampliação e reformas de grande vulto) é realizada com base nas metas previstas no Contrato de Objetivos Estratégicos, atendendo aos Objetivos Estratégicos do Exército, conforme Plano Estratégico do Exército, conforme já mencionado no capítulo anterior.

A partir da solicitação de obra ou serviço de engenharia no OPUS, o qual gera um número único, as Organizações Militares integrantes do Sistema de Obras lançam seus respectivos planejamentos e, então, a DOM faz a programação dos recursos financeiros, dentro dos limites da ação orçamentária.

Uma vez programada a obra, as OM do sistema de obras iniciam os estudos com vistas a elaborar os estudos de viabilidade, o projeto básico, com especificações técnicas, orçamentos, memoriais e plantas, submetendo-os à aprovação da Diretoria ou Grupamento de Engenharia, dependendo do caso.

Todo o processo de envio, análise e emissão de pareceres de aprovação de projetos ocorrem por intermédio da plataforma do OPUS. Na análise, é realizado um *checklist* padronizado pela Diretoria, que verifica, de forma rigorosa, a

compatibilização entre os desenhos, as especificações técnicas e o orçamento. Isso reduz consideravelmente o tempo de todo o processo, além de se registrar todos os envolvidos no mesmo.

Concluída essa fase, é realizado o processo licitatório e assinado o contrato, iniciando-se a fiscalização da execução das obras por engenheiros das Comissões/Serviços Regionais. Cumpridas todas as especificidades previstas no projeto, o engenheiro recebe a obra da empresa e entrega para a Organização Militar beneficiada, com a confecção do Termo de Recebimento e Entrega de Obra (TEREO). Esse documento formaliza a conclusão e permite também a transferência patrimonial do valor investido na construção para a OM beneficiada.

A partir dessa fase, cabe à OM detentora da benfeitoria realizar sua manutenção, com base nas Normas de Manutenção de Aquartelamentos (NORMANQ), até o esgotamento de sua vida útil.

De acordo com Brasil (1983), a OM pode solicitar a demolição da benfeitoria nos seguintes casos: 1) apresenta desgastes provocados pelo tempo de construção, pela utilização inadequada ou por causas eventuais, cuja reparação não seja economicamente vantajosa; 2) possui riscos incontornáveis de desmoronamento; 3) é impedimento para construção de nova benfeitoria de maior porte ou de maior utilidade, somente após aprovada e decidida a execução da nova construção que a substituirá.

Assim, encerra-se o ciclo de vida de uma obra militar.

Neste trabalho foram obtidos relatórios de obras junto à 4ª Seção de Diretoria de Obras Militares (Controle e Estatísticas), datados de maio de 2019. Por intermédio dos relatórios, foi possível obter a quantidade de obras em andamento, contratadas pelas Comissões Regionais de Obras, e a situação física de cada obra em relação ao cronograma físico-financeiro, permitindo tabular-se a situação de obras dentro do prazo e aquelas atrasadas em mais de 5% em relação ao previsto no contrato.

Assim, verificou-se que, de um total de 434 obras que estão em andamento nas CRO, aproximadamente 188 delas, que representam 43%, estão com registro de atraso superior a 5% em relação ao cronograma inicial.

Esses atrasos podem ocorrer por motivos variados, seja por culpa da empresa contratada (deficiências de gerenciamento ou baixo capital de giro, por exemplo) ou por problemas relacionados à própria administração pública (falhas e

mudanças de projetos, cronograma inicial muito otimista ou demora no recebimento do numerário ou nos trâmites de análises de aditivos, por exemplo).

Nesse contexto, a elaboração dos projetos constitui-se em uma das etapas importantes que impactam o andamento de uma obra.

Com vistas a aperfeiçoar-se a elaboração dos projetos, foi instituída a pré-análise dos projetos de arquitetura, da conformidade do Plano Diretor de Organização Militar e da análise prévia de documentos. Somente após atendimento de todas as recomendações dessa pré-análise pela Diretoria é que as CRO/SRO estão autorizadas a prosseguir com os projetos complementares, poupando tempo e recursos.

Verifica-se que nas Instruções Gerais para o Planejamento e Execução de Obras Militares no Exército, que entrou em vigor por intermédio da Portaria nº 073, de 27 de fevereiro de 2003 – IG 50-03 (BRASIL, 2003), já havia orientações no sentido de se buscar a eficiência das obras, conforme explicitado em seu Art 22: “Os projetos de aquartelamentos devem ser simples, funcionais, confortáveis, austeros e adequados às condições climáticas locais, de acabamento sóbrio e condigno”.

Nesse contexto, coerente com a evolução do mundo atual, o Exército Brasileiro tem buscado a sustentabilidade em suas obras. Nesse sentido, nos dias 22 e 23 de maio de 2019, foi realizado pela Diretoria de Obras Militares um seminário de lançamento do Programa “EB Sustentável”, projeto concebido para atender à demanda de sustentabilidade no Exército, em especial nas obras militares.

Esse programa representa um marco para o EB, pois estrutura ações voltadas para o desenvolvimento sustentável nas construções militares, contemplando, além da vertente energética, também subprogramas de água, resíduos, materiais, sistemas construtivos e poluição.

Esse programa é oriundo de esforços da Diretoria no sentido de se obter uma gestão mais eficiente e sustentável ao longo do ciclo de vida de uma edificação, com a implementação do Programa de Eficiência Energética de Edificações do Exército (4E), que abrange os seguintes projetos interdependentes, não necessariamente nessa ordem de prioridade e desenvolvimento: 1) Atendimentos às exigências da etiqueta PBE Edifica nível A; 2) Cadernos de orientação por zona bioclimática para projetos de arquitetura; 3) Diretrizes de eficiência energética de edificações do Exército; 4) Soluções sustentáveis de projetos de melhor custo-benefício; 5) Capacitação da equipe técnica e gestores do SOM; 6) Licitações sustentáveis no

SOM; 7) Exército como órgão autocertificador (Organismo de inspeção acreditado nível B); 8) Projetos-tipo sustentáveis; 9) Atualização da legislação no SOM.

Nesse contexto, conforme já fora apresentado no Quadro 1 – Dimensões do BIM e suas descrições, os conceitos de simulações e sustentabilidade representam o BIM 6D, apontando que a Diretoria de Obras está caminhando no sentido de se atingir essa capacidade.

4.1.2 Uso do BIM na elaboração dos projetos

Desde as diretrizes relativas ao biênio 2017-2018, do Diretor de Obras Militares, os projetos de arquitetura a serem submetidos à análise da DOM devem ser elaborados utilizando-se a ferramenta de software REVIT ou similar.

A partir daquele ano, foi vedado o uso do AutoCAD para elaboração dos projetos arquitetônicos, o que representou um grande impulso ao uso do BIM.

Verifica-se, de acordo com essa exigência, que a Diretoria está buscando implementar a metodologia BIM para elaboração dos projetos arquitetônicos, o que melhora sensivelmente a qualidade dos trabalhos, automatizando a geração dos cortes, fachadas e vistas da edificação, dentre outras vantagens já elencadas.

No entanto, em uma mudança dessa natureza, em que há a quebra do paradigma na arte de projetar, haja vista a cultura arraigada do AutoCAD nos profissionais de engenharia e arquitetura, é natural que os desafios iniciais sejam expressivos.

Nesse sentido, a Diretoria iniciou um intenso programa de capacitação, tanto por intermédio de aulas ministradas na própria DOM, quanto na alocação de recursos financeiros para a realização de cursos regionais em estabelecimentos civis, contratados diretamente pelas CRO/SRO.

No entanto, há que se considerar a necessidade permanente de capacitação do pessoal, haja vista a característica de rotatividade dos militares e civis contratados, a evolução constante dos softwares e a ausência de profissionais de arquitetura de carreira do Exército.

Torna-se imperativo, também, uma infraestrutura de hardware muito sofisticada, com alta capacidade de processamento de dados e, principalmente de imagens, requisitos esses que demandam a aquisição de computadores com custos financeiros consideravelmente acima dos normalmente adquiridos para as demais

atividades administrativas da OM. São desejáveis dois monitores de 19 polegadas por computador para facilitar a visualização.

Outro aspecto muito relevante é relativo às licenças de software, uma vez que essas plataformas são muito caras, e evoluem constantemente. Nesse sentido, a Diretoria adquiriu certa quantidade de licenças flutuantes multiusuários, para serem compartilhadas entre as OM integrantes do SOM.

No entanto, sua utilização está diretamente ligada à capacidade de conexão de internet, que, muitas vezes, torna-se empecilho, principalmente para as Comissões localizadas na região Norte.

Os valores financeiros elevados constituem óbices que inviabilizam o alcance da situação ideal a curto prazo, mas constata-se que a DOM tem buscado recursos no EME e a situação tem melhorado gradativamente, tanto no aspecto de equipamentos quanto no de capacitação.

A despeito desses desafios, as Comissões e Serviços Regionais têm cumprido a determinação da Diretoria de Obras, elaborando seus projetos no software REVIT, inclusive buscando-se gerar as tabelas de quantitativos que facilitam muito o orçamento e aumentam a confiabilidade, reduzindo sensivelmente os problemas na fase de licitação e execução propriamente dita da obra.

Contudo, a implantação completa do BIM representa um longo caminho a ser percorrido, uma vez que são várias etapas a serem atingidas.

Nesse sentido, Succar (2009) sugere as seguintes fases para verificação dos níveis de maturidade em BIM: Pré - BIM, fase 1 (modelagem baseada nos objetos), fase 2 (modelagem baseada na colaboração) e fase 3 (modelagem baseada na integração em rede), conforme ilustrado na Figura 16.

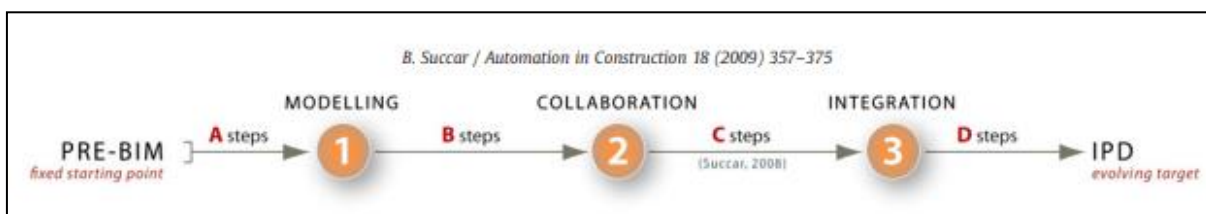


Figura 16 – Fases do BIM em modelo linear

Fonte: Succar (2019)

✓ Pré - BIM: refere-se à fase que antecede ao BIM, com elaboração de projetos nas práticas tradicionais em 2D, ou mesmo visualização dos desenhos em 3D. No entanto, esses desenhos são frequentemente desconexos e dependentes da documentação bidimensional e detalhamento. O levantamento das quantidades, as estimativas de custos e as especificações são obtidas de forma manual, não derivando do modelo de visualização e nem estando ligados à documentação.

✓ Fase 1: refere-se à modelagem baseada nos objetos, sendo iniciada através de objeto paramétrico 3D, com uso de ferramenta de software semelhante ao ArchiCAD®, Revit®, Digital Project® ou Tekla®. Nessa fase, as disciplinas ainda são tratadas separadamente, e a documentação final ainda é composta, majoritariamente, por desenhos 2D. É possível a exportação de dados básicos, como a tabela com os tipos e quantidades de esquadrias eo volume de concreto, por exemplo. A exportação de visualização 3D ocorre por imagens não parametrizadas, em arquivos 3D PDF, 3D DWF ou NWD, entre outros.

✓ Fase 2: refere-se à modelagem baseada na colaboração nos objetos, a partir das disciplinas individualizadas. Nessa fase, os projetistas colaboram ativamente entre si, através de softwares em formatos "proprietários", como por exemplo: Revit® *Architecture* e Revit® *Structure*, através do formato de arquivo .RVT) ou entre formatos não-proprietários (ex: entre o ArchiCAD® e o Tekla®, usando o formato de arquivo IFC). Essa interoperabilidade possibilita a detecção de interferências, por exemplo.

Nessa fase, é possível a interação entre softwares que se referem a diferentes etapas do ciclo de vida, como por exemplo: baseado em objetos 3D (ex: Digital Project®), softwares de planejamento (ex: Primavera® ou MS project®) ou estimativa de custo (ex: Rawlinsons ou Timberline®). Tais intercâmbios permitem a geração de 4D (análise de tempo) e 5D (estimativa de custo), respectivamente.

✓ Fase 3: refere-se à modelagem baseada na integração em rede, refletindo a filosofia real BIM. Os modelos nesse estágio tornam-se interdisciplinares em quaisquer dimensões (nD), permitindo análises complexas nos estágios iniciais do projeto virtual e da construção. O produto final inclui, além da documentação 2D, propriedades semânticas de objetos, inteligência do negócio, princípios de construção austera, políticas sustentáveis e todo o custo do ciclo de vida, entre outros.

Como parte de trabalho de pós-graduação nessa área, a 2º Tenente Oficial Técnico Temporária do Exército Rossana Carneiro Gama Felix, arquiteta da Comissão Regional de Obras da 7ª Região Militar, fez uma pesquisa no final de 2018 com as OM do Sistema de Obras Militares, com o objetivo de levantar o nível de maturidade em BIM.

Nessa pesquisa todos os integrantes das seções técnicas das CRO/SRO, responderam a um questionário sobre a capacitação técnica em softwares de projetos e em BIM, tendo obtido o seguinte resultado para as Organizações Militares, conforme Figura 17:

OM	A OM FAZ COLABORAÇÃO?	MATURIDADE
CRO/1	NÃO	PRÉ-BIM/ESTÁGIO 1
CRO/2	NÃO	PRÉ-BIM/ESTÁGIO 1
CRO/3	SOMENTE TROCA DE IFC's	ESTÁGIO 1
SRO/4	NÃO	PRÉ-BIM/ESTÁGIO 1
CRO/5	COM NAVISWORKS	ESTÁGIO 2
SRO/6	NÃO	PRÉ-BIM/ESTÁGIO 1
CRO/7	COM TEKLABIMSIGHT	ESTÁGIO 1/2
CRO/8	SOMENTE TROCA DE IFC's	ESTÁGIO 1
CRO/9	NÃO	PRÉ-BIM/ESTÁGIO 1
SRO/10	NÃO	PRÉ-BIM/ESTÁGIO 1
CRO/11	SOMENTE TROCA DE IFC's	ESTÁGIO 1
CRO/12	NÃO	PRÉ-BIM/ESTÁGIO 1

Figura 17 – Nível de maturidade BIM das CRO/SRO

Fonte: Pesquisa realizada pela 2º Ten OTT Rossana

Verifica-se que 7 (sete) OM ainda não tiveram nenhum tipo de colaboração de arquivos. Em 3 (três) delas é realizada somente a troca de IFC's e utilização dos arquivos como vínculo.

A CRO/7 já iniciou o procedimento de troca de IFC's e a realização de *clashes detection* no software teklabimsight. No entanto, este processo ainda se encontra em fase inicial, sendo realizado em apenas alguns projetos.

Já na CRO/5, a prática da colaboração com utilização de *chash detection* já é rotina, no entanto não há troca de arquivos BCF. Esse formato de colaboração BIM (BCF) é um padrão aberto indicado para identificar sobreposições (por exemplo, colisões, modelagem e outros erros) quando diferentes modelos de aplicativos são combinados em um programa.

Dessa forma, verifica-se que todas as CRO/SRO estão, pelo menos, no estágio 1 e algumas no estágio 2, havendo, portanto, espaço para incremento da maturidade BIM.

Nesse sentido, a DOM está buscando implementar um projeto de consolidação da metodologia da BIM no Sistema de Obras Militares, chamado de PROJETO BIM-SOM.

Nesse contexto, esse diagnóstico é fundamental para que se possa estabelecer o *Roadmap* da instituição (onde estamos, onde queremos chegar?), partindo-se do quadro atual da organização, estabelecendo-se uma visão de futuro.

Do exposto, são apresentadas algumas propostas de sugestões que podem auxiliar no alcance das metas estabelecidas.

4.2 PROPOSTA

4.2.1 Sugestões

A utilização do BIM, ainda que em sua forma mais incipiente, não significa tão somente uma transformação na arte de projetar, mas sim uma mudança de paradigma na engenharia e arquitetura, sendo que o Exército deve adquirir essa capacidade, tanto pelos benefícios que ela traz, conforme já explicitado, quanto para atender à determinação do Governo Federal na implantação da Estratégia BIM-BR.

A pesquisa do nível de maturidade em relação ao BIM das OM do SOM mostrou que passos importantes já foram dados, mas que ainda há necessidade de avanços nessa área, principalmente considerando-se que somente a CRO/5 e a CRO/7 estão no nível exigido para atender a 1ª fase da Estratégia BIM-BR, a vigorar a partir de janeiro de 2021.

No entanto, verifica-se que as demais CRO/SRO estão trilhando pelo caminho certo, sendo a tarefa mais complexa a ser atingida a de se aperfeiçoar a integração entre os projetos e realizar a detecção de interferências.

Porém, tendo em vista as diversas vantagens decorrentes da utilização do BIM 4D (planejamento) e do BIM 5D (orçamentação), que se refletem em melhoria da gestão e eficiência das obras, é de todo conveniente que a DOM busque implementar essas funcionalidades, já visando, inclusive, o atendimento à 2ª fase da estratégia BIM BR, a ser atingida obrigatoriamente a partir de janeiro de 2024.

Nesse contexto, para que essas capacidades sejam atingidas por todas as CRO/SRO, como balizador dos conjuntos de ações a serem tomadas, sugere-se que sejam atendidos os 7 fatores indissociáveis que formam o acrônimo DOAMEPI (Doutrina, Organização, Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura), conforme Manual de Doutrina Militar Terrestre (BRASIL, 2014).

Destaca-se que as propostas foram obtidas por intermédio de pesquisas/opinião deste autor, consonantes com estudos que estão sendo desenvolvidos na DOM no escopo do PROJETO BIM-SOM, bem como no trabalho da 2º Ten Rossana.

Assim, com vistas a se alcançar o BIM 4D e o BIM 5D, propõe-se encaixar as propostas na metodologia de obtenção de capacidades preconizadas pelo EB, por intermédio do DOAMEPI, conforme a seguir:

4.2.1.1 Doutrina

No fator doutrina, o emprego da engenharia militar - relacionado às atividades de obras militares - está inserido nas concepções e conceitos doutrinários da Arma de Engenharia em apoio às operações militares, constantes do manual de campanha denominado “A Engenharia nas operações” (EB70-MC-10.237), publicado em 2018.

Esse documento preconiza que a Engenharia desenvolve suas atividades visando ao apoio, mobilidade, contramobilidade e proteção. Realiza, ainda, o apoio geral de engenharia, cumprindo tarefas que podem ser táticas, técnicas ou logísticas.

Essa última, a função logística de engenharia, é definida como o conjunto de atividades que são realizadas, visando ao planejamento e à execução de obras e de

serviços, com a finalidade de se obter e adequar a infraestrutura física e as instalações existentes às demandas das forças.

Esse apoio geral de engenharia ocorre com maior intensidade na zona de administração e na zona do interior, com o planejamento e a execução de obras e de serviços pela engenharia do comando logístico do teatro de operações.

Assim, no contexto do fator doutrina, diante das atribuições supracitadas, e com vistas a se aperfeiçoar o planejamento e o *modus operandi* atual, sugere-se a adequação das legislações relativas às Instruções Gerais e Regulamentos para conceitos e processos relacionados ao OPUS e, de forma genérica, ao BIM.

Observa-se, também, que os modelos de licitação disponíveis no sítio eletrônico da Advocacia Geral da União não possuem qualquer referência ao BIM, sendo necessário que componha parte do Projeto Básico.

Nesse sentido, julga-se oportuno que seja criado, no âmbito do Sistema DEC, um modelo padronizado de especificação técnica para contratação de projetos BIM, com base na experiência do governo do estado de Santa Catarina, conforme seu Caderno BIM, disponível em http://www.bim.pr.gov.br/arquivos/File/CadernoBIM/Caderno_BIM_2018_v4.pdf. Acesso em: 22 ago. 2019.

4.2.1.2 Organização (e Processos)

Com relação à organização, a despeito da restrição em se aumentar o efetivo do EB, julga-se oportuno apresentar a estruturação de um escritório de projetos, que poderia ser oriundo da reorganização estrutural do pessoal existente nas CRO ou, em uma meta mais ousada, na contratação de Prestadores de Tarefa por Tempo Certo (PTTC), ou Pessoal Certo por Tempo Determinado (PCTD). Esses últimos poderiam ser contratados a partir de recursos financeiros oriundos dos projetos estratégicos, que normalmente possuem verbas destinadas a essa finalidade.

Assim, de acordo com AsBEA (2015), em um escritório de projetos que trabalha com BIM, os integrantes têm que assumir diversos papéis e responsabilidades, que podem ser divididos em dois grandes grupos:

- ✓ funções de projeto, e
- ✓ funções de gestão da informação.

A concepção desses escritórios pode ser adaptada em uma Seção Técnica de CRO/SRO, dependendo do efetivo e das missões.

Nas funções de projeto, são importantes aquelas ligadas à modelagem, podendo ser complexas, simples ou de complementação. A primeira, de maior responsabilidade e que exige decisões de projeto, deve ser ocupada por profissionais mais capacitados, tanto na experiência de arquitetura/engenharia, quanto na ferramenta BIM. Em uma CRO/SRO pode ser desempenhada pelos oficiais engenheiros e arquitetos, ou PCTD, ou PTTC.

As modelagens simples e as complementares, como a inserção de portas em paredes existentes, por exemplo, podem ser executadas por profissionais menos experientes, mas com capacidade de antecipar soluções para eventuais conflitos. Essas funções podem ser desempenhadas por sargentos técnicos temporários, ou PCTD ou PTTC.

As funções de compatibilização, identificando interferências e conflitos, abrangem todos os profissionais envolvidos, principalmente pela possibilidade de uso colaborativo do BIM. A verificação geral e sistemática dessa compatibilização cabe ao projetista mais experiente da equipe.

Essa checagem geralmente é feita com o uso de *softwares* próprios, que geram relatórios de interferências que devem ser distribuídos aos profissionais envolvidos, facilitando a rastreabilidade das alterações.

Com relação à gestão da informação, há necessidade de auditoria permanente na qualidade das informações que são agregadas ao modelo, uma vez que elas servirão de base para todos os relatórios, representações bidimensionais, tabelas e memoriais.

Nesse sentido, deve haver a figura do coordenador geral do modelo, que irá organizar a gestão dessa construção virtual. Essa função pode ser desempenhada pelo Chefe da Subseção de Projetos da CRO/SRO, ou, na falta desse, pelo Chefe da Seção Técnica. Poderia, ainda, ser desempenhada por PTTC ou PCTD.

Para adaptação dos modelos existentes ao padrão da empresa, é importante que haja um profissional dedicado à customização. No caso de obras militares, essa função pode ser desempenhada por um sargento técnico temporário, ou por PTTC ou PCTD.

Com vistas a agilizar e facilitar projetos futuros, é importante haver um profissional dedicado ao desenvolvimento de bibliotecas de objetos e componentes paramétricos a serem utilizados na construção virtual. A criação de uma biblioteca compartilhada para todo o Sistema de Obras Militares, no OPUS e em um portal

específico, certamente aumentaria a eficiência de todo o sistema na elaboração de modelos/projetos.

Tão importante também, é a existência de um profissional destinado a analisar, sistematicamente, as planilhas do modelo, para verificar se vão possibilitar a extração das quantidades e listas confiáveis.

Essas funções também podem ser desempenhadas por um sargento técnico temporário, ou por PTTC ou PCTD.

Outro aspecto a ser proposto no fator organização e processos é relacionado ao contrato de objetivos estratégicos.

Os objetivos estratégicos do EB estão inseridos no Plano Estratégico do Exército, que abrange um horizonte temporal de 4 anos.

Essa concepção temporal está consonante com a NEGAPORT-EB, em que se preconiza que o programa deva ser estruturado em tranches, ou seja, em etapas limitadas no tempo, com recursos previamente planejados e definidos, estruturadas em projetos/subprogramas e ações complementares. De acordo com a complexidade e áreas abrangidas, o programa pode compreender uma ou mais tranches sequenciais.

No entanto, da forma como o contrato de objetivos estratégico de obras está concebido, não é possível identificar se a alocação de recursos prevista naquele ano se destina à execução de 100% daquela meta, ou se é parcial. Dessa forma, algumas obras costumam consideravelmente acima daqueles valores previstos para o ano, não sendo possível visualizar no documento contratual se haverá recursos no ano seguinte.

Além disso, em épocas de crescentes restrições orçamentárias, ora em curso no âmbito do Governo Federal, julga-se de vital importância o conhecimento do montante total de recursos financeiros que poderão ser destinados para determinada meta, de forma a se projetar adequadamente as dimensões, os acabamentos e a infraestrutura, os quais têm significativa interferência no preço das obras.

Observa-se que, no final do ano financeiro, historicamente os recursos têm sido empenhados em sua totalidade, no entanto não há tempo hábil para haver a execução orçamentária da despesa, acarretando a inscrição de expressiva quantidade de empenhos em restos a pagar. Nesse sentido, a DOM tem orientado a se empenhar somente os recursos que garantirão a liquidação da execução física até março do ano seguinte.

A baixa execução orçamentária tem ocorrido pela pequena capacidade das empresas de construção civil que, geralmente, vencem os processos licitatórios.

Nesse contexto, julga-se oportuno que, na medida do possível, o contrato de objetivos estratégicos, anualmente firmado entre o DEC e o ODG/ODS, abranja também mais de um ano temporal, de forma a permitir uma visão ostensiva sistêmica do planejamento e da distribuição de recursos, ainda que haja incerteza com relação ao montante financeiro que será previsto para o ano seguinte.

Nesse sentido, entende-se que a média histórica anual de alocação total dos recursos da ação orçamentária seja um parâmetro de planejamento adequado.

Assim, aquelas metas que estariam previstas para iniciar no ano A+1 poderiam ensejar atividades iniciais de planejamento e de projeto, já permitindo à CRO/SRO responsável iniciar, dentro do possível, os estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental e, ainda, as sondagens do terreno, entre outros. Dessa forma, a tranche do contrato de objetivos abrangeria, pelo menos, dois anos e, ainda, uma visualização preliminar da situação dessa meta no 3º ano (A+2).

Nesse sentido, propõe-se a inclusão de mais três colunas, indicadas pela fonte de cor vermelha na Figura 18.

Nessa figura, por exemplo, infere-se que, para a prioridade 6 (Projeto de Construção do Posto de Ressuprimento Avançado no Pelotão Especial de Fronteira de Porto Índio do 17º Batalhão de Fronteira), não há necessidade de recursos para o ano A (símbolo *), sendo necessários R\$ 30.000,00 para elaboração do projeto em A+1 e o símbolo S, de “Sim”, significa que haverá prosseguimento em A+2.

Já para a prioridade 7, referente ao Projeto e Construção do Centro de Coordenação de Operações (CCOp), da 18ª Brigada de Infantaria de Fronteira, serão descentralizados R\$ 80.000,00 no ano A para o projeto e haverá R\$ 700.000,00 em A+1 para a contratação da obra e respectiva conclusão, uma vez que não há indicação de prosseguimento em A+2.

Dessa forma, entende-se que esse detalhamento possibilita aos interessados tem uma visão mais sistêmica do planejamento, em um horizonte temporal, mais preciso, de 2 anos e uma visão preliminar do terceiro ano (A+2).

Observa-se que, conforme Diretrizes do Diretor de Obras Militares 2019-2020, os projetos e obras novos compõem as últimas prioridades, de forma a serem garantidos recursos para prosseguimento dos compromissos já assumidos pela Administração. Julga-se que a assinatura do contrato de objetivos no ano anterior

(outubro de A-1) permite aos interessados a antecedência necessária para prepararem-se para os trabalhos do ano seguinte.

Programa - SISFRON - PO3 Ação Orçamentária - 14 T5 Projeto - Obras de Engenharia Pcp Atv - Cnst e Adqd Inst													
Nr Atv	RM	OM beneficiada	Qnt	Aç Estr	Meta física	Nr OPUS	Necessidade de recursos para ano A	Necessidade de recursos para ano A+1	Prossegue em ano A+2 ?	Diretoria Rspnsl	Prio	PDOM	QO/QCP/QDM
-		DOM	-	-	Aditivos, reajustes, compensações e reequilíbrios financeiros e licenças	-	1.400.000,00	1.000.000,00	S	DOM	-		
-		DOM	-	-	Estudos, capacitação e projetos	-	200.000,00	100.000,00	S	DOM	-		
-		DOM	-	-	Fiscalização das obras	-	100.000,00	200.000,00	S	DOM	-		
-		DEC/DOM	-	-	Contratação de MOT	-	500.000,00	*	N	DOM	-		
5ª		Cmdo 15ª Bda Inf Mec	1	1.3.4.1	Prosseguir na Cnst do Centro de Operações	201405000037	1.000.000,00	1.400.000,00	N	DOM	1	S	N/A
9ª		Corixa-2ªBFron	1	1.3.3	Construção / Módulo de abastecimento com capacidade de 5.000l / 2ª B Fron	201609000028	*	*	N	DOM	2	S	N/A
9ª		Corixa-2ªBFron	1	1.3.3.4	Adequação / Pavilhão de CMDO e ADM	201609000029	*	100.000,00	N	DOM	3	S	N/A
9ª		Corixa-2ªBFron	1	1.3.3.4	Construção / Pavilhão Rancho / PEF Corixa	201609000030	*	*	N	DOM	4	S	N/A
9ª		Corixa-2ªBFron	1	1.3.3.4	Construção / Pavilhão Rancho / PEF Corixa	201609000030	*	50.000,00	N	DOM	5	S	N/A
9ª		PEF Porto Índio / 17ª B Fron	1		Projeto de Construção do Posto de Ressuprimento Avançado	***	*	30.000,00	S	DOM	6	S	N/A
9ª		18ª Bda Inf Fron	1		Projeto e Construção do CCOp	***	80.000,00	700.000,00	N	DOM	7	S	N/A

Figura 18 – Proposta de modelo de Contrato de Objetivos

Fonte: autor

Nesse contexto, em seu estudo, Ribeiro (2018) propõe que o Plano Básico de Construção seja transformado em “Plano de Construção em Tranche”, ajustando-se o modelo de Contrato de Objetivos Estratégicos de prazo anual para quadrienal.

4.2.1.3 Adestramento

De acordo com Brasil (2018), o adestramento corresponde às atividades de preparo, incluindo-se a utilização de simulação em todas as suas modalidades, dentre elas, a virtual.

No contexto das missões do QEM relacionadas às obras militares, entende-se que o adestramento estaria relacionado à simulação das construções, que pode ser obtida por intermédio da utilização do BIM.

Nessa linha de pensamento, julga-se que, tanto nos projetos a serem contratados, quanto naqueles que serão desenvolvidos pelo Exército, seja empregado o BIM 4D e o BIM 5D, por todas as vantagens inerentes a essas tecnologias.

Para as funcionalidades do BIM 4D, é possível importar o cronograma financeiro da obra gerado no software MS project®, que é muito utilizado pelas CRO/SRO, para o Navisworks.

O uso do BIM 4D se mostra uma alternativa bastante interessante, uma vez que o cronograma de sequenciamento executivo em forma de animação permite validar o modelo e otimizar sua construção.

A Figura 19 ilustra, como exemplo, a utilização do software SYNCHRO PRO 2018, mostrando as etapas construtivas do cronograma de um prédio associadas à visualização da construção propriamente dita. É possível visualizar a simulação da construção em qualquer data que se queira.

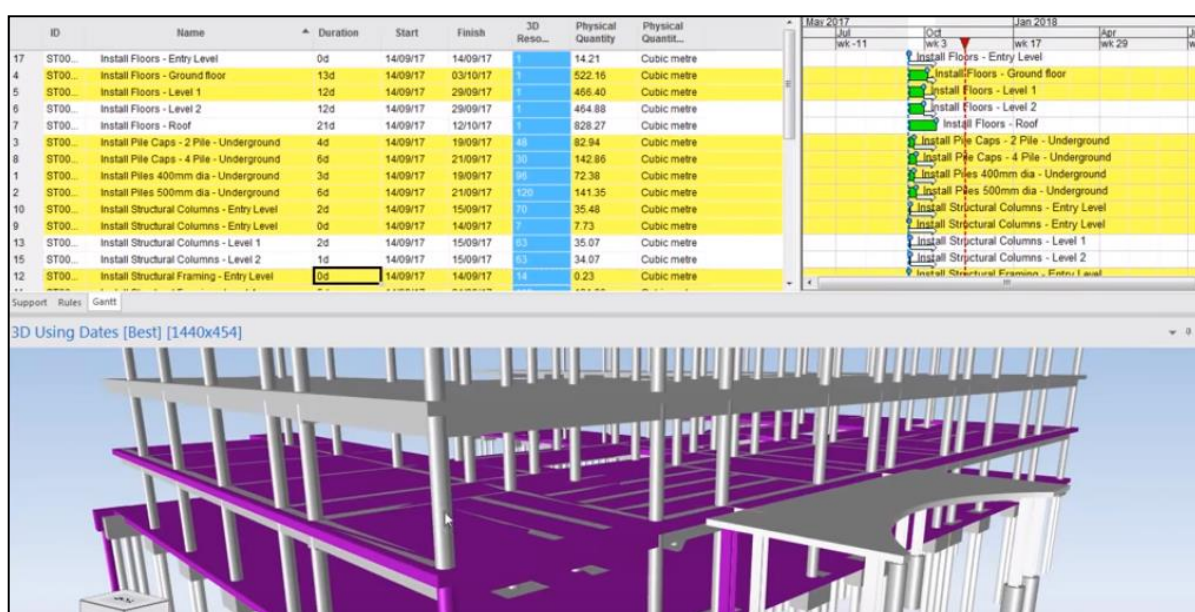


Figura 19 – Simulação de construção do prédio (software SYNCHRO PRO 2018)

Fonte <https://www.youtube.com/watch?v=nr6l18FW718>. Acesso em: 29 ago. 2019

Conforme citado por Brocardo (2017), diversos autores apontam os benefícios que podem ser obtidos utilizando-se o planejamento 4D, dentre eles:

- ✓ Melhora na visualização das informações de planejamento e controle;
- ✓ Possibilita a realização das alterações de projeto com maior facilidade, além da extração automática e integrada de quantitativos ao cronograma;
- ✓ Facilita a identificação de conflitos no fluxo de trabalho;

- ✓ Possibilita a seleção de melhores soluções de projeto, com incremento das alternativas de soluções;
- ✓ Melhora a compatibilidade entre os diversos projetos, permitindo prever-se futuros erros construtivos;
- ✓ Possibilita a geração de maior quantidade de detalhes, em virtude da utilização da base de dados com várias informações de projetos.

Da mesma forma que o uso da tecnologia 4D traz diversas vantagens, a adoção da tecnologia 5D, relacionadas aos custos, acarretará também em enormes benefícios relacionados ao planejamento e execução das obras, cada vez mais importantes no contexto de restrições orçamentárias ora vivido pelo país.

A Figura 20 ilustra um exemplo de utilização do BIM 5D (software Nova BIM).

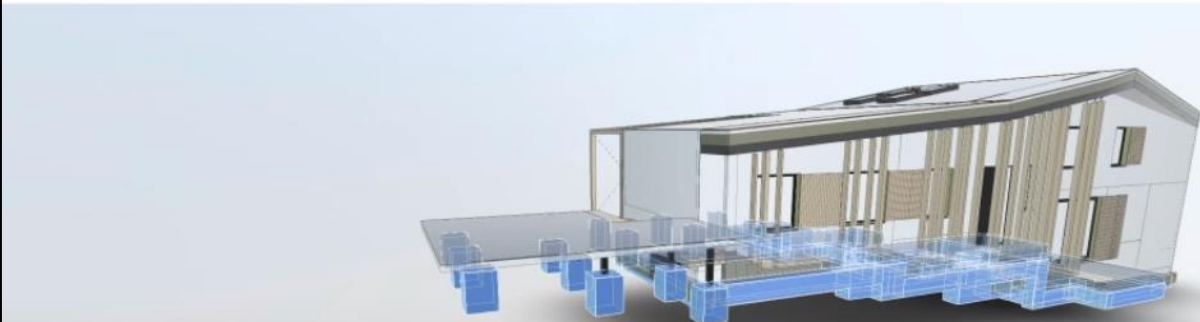
▼ 01	⚙	Section				19.383,36 €
▼ 01.01	⚙	Sub-section				19.383,36 €
01.01.0170	⚙	▶ Reinforcing bars B500 Dia. 10-16mm strip foundation	+	0,144 t	1.684,820 €	242,61 €
01.01.0080	⚙	▶ Formwork footing H 0.5-1m	+	102,783 m2	43,940 €	4.516,29 €
01.01.0100	⚙	▼ Situ concrete footing reinforced concrete C20 / 25	+	41,972 m3	185,000 €	7.764,82 €
Situ concrete footing, upper concrete surface horizontal, reinforced concrete, normal concrete C 20/25 DIN EN 206, DIN 1045-2 without recycled building materials and manufactured aggregates.						
3D Model - Multiple selection (69)						
						

Figura 20 – Software 5D/BIM na empresa NOVA BIM

Fonte: <https://avanova.de/videos#BIM5D-01>. Acesso em: 29 ago. 2019

A associação do BIM 4D com o 5D permite a obtenção dos valores envolvidos em cada período que se queira, como semana ou mês, por exemplo, facilitando consideravelmente o cálculo do fluxo de caixa da obra.

Isso permite à administração pública empenhar parceladamente os valores, aproveitando melhor os recursos, iniciando várias obras simultaneamente, além de reduzir o montante de empenhos a serem inscritos em restos a pagar não processados.

Ademais, conforme já mencionado, a 2ª fase da estratégia de implantação do BIM BR deve ser atingida a partir de janeiro de 2024, o que engloba o BIM 4D (planejamento) e o BIM 5D (orçamentação).

Ainda dentro do contexto da simulação, existem também outras facilidades e funcionalidades, citadas a seguir, que podem melhorar esse processo.

Nesse sentido, a depender da capacidade de processamento das imagens do computador, é possível utilizar-se plugin - extensão que aumenta e melhora as funcionalidades do programa - que renderizam o projeto, propiciando um realismo que facilita muito a visualização do ambiente a ser construído.

É possível, também, por exemplo, criarem-se *QR Codes* para possibilitarem o acesso às informações do projeto contidas em um sítio eletrônico, de forma que possa ser facilmente acessado no canteiro de obras, dirimindo eventuais dúvidas construtivas.

Também existem, em ambiente virtual, comunidades colaborativas que visam a criação e a publicação de objetos e dados relacionados ao BIM, como o plataforma BIM&CO, por exemplo, que é gratuita, em sua versão simplificada (<https://www.bimandcocom/pt/about-bimandco>).

Nessa comunidade é possível realizar-se o *download* de qualquer objeto BIM de forma rápida e gratuita, a partir do Autodesk Revit, ArchiCAD ou SketchUp.

Esse *download* também pode ser personalizado, sendo possível baixar com o nível de desenvolvimento e de informação desejados. Assim, somente as referências e propriedades desejadas associadas à geometria do objeto BIM são incorporadas ao projeto, dispensando-se dados inúteis para determinada finalidade.

Da mesma forma, podem ser extraídos somente dados técnicos dos fabricantes para serem incorporados ao objeto genérico do projeto.

Os objetos baixados também podem ser facilmente editados, inclusive com a inserção de fotos, elementos 2D complementares e demais informações que contemplem as diversas fases de projeto, construção e operação do empreendimento.

Além disso, as modificações em objetos já incorporados ao projeto são alertadas pelo aplicativo BIM&CO, mantendo-se sempre o projeto atualizado.

Há que se destacar que os próprios softwares de dimensionamento estrutural e de instalações estão evoluindo para o processo BIM.

O TQS, por exemplo, software de dimensionamento estrutural, tem buscado aumentar a interoperabilidade aberta, por intermédio de arquivos IFC, além de criação de plug-ins que fazem a interface direta com softwares, tais como Revit®, o Tekla® e o SketchUp®.

Isso permite a exportação das peças estruturais calculadas pelo TQS para esses softwares, bem como importar elementos não-estruturais existentes nos modelos BIM, agilizando e facilitando o lançamento do modelo estrutural.

No caso das tubulações, por exemplo, podem ser gerados, de forma automática, furos nas vigas e lajes para passagem desses elementos.

À medida que são agregados conteúdos e confiabilidade aos projetos, o nível de desenvolvimento (LOD – *Level Of Development*) aumenta.

Assim, verifica-se que a tecnologia da construção está evoluindo no sentido da utilização do BIM.

4.2.1.4 *Material*

A utilização da tecnologia BIM demanda computadores de alta capacidade de processamento de dados e imagens, com custos elevados, além de servidores de rede potentes, estabilizadores e *no breaks* de grande porte.

Dessa forma, os planos diretores de tecnologia da informação (PDTI) das OM do SOM devem contemplar as demandas específicas para atender as especificidades dos softwares de engenharia que serão utilizados na consolidação da metodologia BIM.

Contudo, associados aos *hardwares*, os *softwares* possuem também custos bastante elevados, que, além do investimento inicial, demandam aportes periódicos de recursos financeiros para renovação de licenças e assinaturas.

Os projetos estratégicos geralmente possuem rubricas próprias para aquisição de material de custeio e de investimento, mas concorrem com outras necessidades dos projetos e dependem da negociação de valores com os respectivos gerentes, o que pode frustrar o atendimento adequado às demandas.

Nesse contexto, torna-se de fundamental importância a alocação regular de recursos financeiros para aquisição de softwares, hardwares e capacitação de pessoal.

Sugere-se, então, que sejam destinados recursos específicos no contrato de objetivos estratégicos para essas finalidades, uma vez que são importantes ferramentas para elaboração dos projetos e acompanhamentos das obras.

Destaca-se também que a Diretoria de Obras Militares está em tratativas com o Departamento de Engenharia e Construção para inserção do PROJETO BIM SOM dentro do programa estruturante do novo sistema de engenharia, chamado de PENSE. Esse programa está inserido no OEE 1 – Contribuir com a Dissuasão Extrarregional, na Estratégia 1.1 - Ampliação da Capacidade Operacional, e na ação 1.1.7 - Reestruturar o Sistema Engenharia, o que pode facilitar o aporte de recursos.

Cabe salientar que uma outra possível fonte de recursos financeiros, talvez a mais vantajosa para o EB - por ser recurso extra orçamentário - seria o Ministério da Economia, Indústria, Comércio Exterior e Serviços, que preside o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR, do qual o Ministério da Defesa faz parte.

4.2.1.5 Educação

O processo de planejamento e acompanhamento utilizando-se o BIM é uma tendência mundial, sendo importante que essa mentalidade já seja desenvolvida desde os bancos acadêmicos das carreiras profissionais a ele associadas.

Assim, no Instituto Militar de Engenharia, seria oportuno que os alunos já estudassem esse assunto, por intermédio de módulos inseridos em disciplinas escolares, tais como arquitetura, estrutura e instalações, aplicando os conhecimentos em um projeto completo de uma edificação, permitindo uma visão sistêmica.

Ao final do curso, por intermédio de uma disciplina específica, esses subprojetos poderiam ser integrados, de forma a se trabalhar as inconsistências e interferências, obtendo-se uma edificação completa, planejada e projetada com o uso do BIM.

Sugere-se que sejam abordados objetivos ligados à introdução ao BIM, com conteúdos teóricos e operações básicas do software, suas ferramentas, interface operacional e aplicações de projeto. Importante também serem ensinados aspectos relacionados a operações mais específicas, com a montagem e utilização de bibliotecas, o arquivo, a documentação de projeto, a extração dos quantitativos e os novos processos de trabalho.

Destaca-se que a aplicação do BIM não se restringe apenas a obras de edificações, sendo possível aplicar-se também na área rodoviária, em especial nas pontes e viadutos (obras de arte especiais).

Nesse sentido, o Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT), como parte da disseminação do BIM BR, também está implantando essa metodologia. O primeiro projeto piloto é o programa 'PROARTE', destinado à recuperação e à reabilitação de obras de arte especiais que fazem parte da malha rodoviária federal, sob a responsabilidade daquele órgão.

Assim, verifica que, em qualquer vertente da engenharia militar que o oficial de engenharia de fortificação e construção sirva, seja no sistema de obras militares ou no sistema de obras de cooperação, que tem muitos convênios com o DNIT, há necessidade de conhecimento em BIM.

Há que se destacar que, com relação à pós-graduação, o IME tem buscado incentivar o estudo na área de BIM por intermédio de temas de mestrado e doutorado, relacionados ao curso de engenharia de defesa, o que representa uma excelente iniciativa.

Nesse sentido, cita-se a dissertação de Teixeira (2018), que desenvolveu um método de cálculo automatizado, baseado no processo prescritivo do PROCEL, para cálculo da eficiência energética de edificações, a partir de informações de modelos virtuais criados pelo processo BIM de elaboração de projetos.

Destaca-se, ainda, a tese de doutorado, do curso de engenharia de defesa do IME, do major engenheiro militar Giuseppe Miceli Junior, ora em andamento, a respeito de modelagem de informação da construção para gestão de obras de infraestrutura de defesa.

Nesse contexto, julga-se também interessante a inserção do Instituto Militar de Engenharia na chamada Rede BIM Brasil, que congrega diversos grupos de pesquisa das seguintes universidades: UFPR - Universidade Federal do Paraná; USP - Universidade de São Paulo; UFF - Universidade Federal Fluminense; UFBA - Universidade Federal da Bahia; UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas; UFV - Universidade Federal de Viçosa; UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul; UPM - Universidade Presbiteriana Mackenzie e UFC - Universidade Federal do Ceará.

Já em um nível gerencial, como capitães, cursando a Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, ou cursos de capacitação mais específicos promovidos

pela Diretoria de Obras Militares, poderiam ser abordados aspectos relacionados aos editais de licitação e contratos.

Assim, essas medidas seriam indutoras da disseminação desse processo no sistema de obras militares, uma vez que os oficiais de carreira é que compõem a massa crítica de projetos das CRO/SRO. Além disso, a médio prazo, colaboraria para reforçar a qualidade dos resultados a serem alcançados no contexto das missões dos membros do Comitê Gestor BIM BR.

Julga-se interessante, também, firmarem-se parcerias com as escolas do chamado “Sistema S”, que abrangem o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI); Serviço Social do Comércio (SESC); Serviço Social da Indústria (SESI); e Serviço Nacional de Aprendizagem do Comércio (SENAC). Esses estabelecimentos de são de excelente qualidade e os custos geralmente são menores do que as escolas particulares.

4.2.1.6 Pessoal

A inserção de disciplinas ligadas ao BIM no IME refletirá, em consequência, em uma bagagem profissional dos engenheiros militares que será fundamental para a disseminação dessa metodologia no âmbito do Exército.

Julga-se interessante, também, a criação de concurso para arquitetos de carreira, que poderiam ingressar no Exército no Quadro Complementar de Oficiais.

Outra possibilidade, talvez mais interessante, seria a realização de concurso público para técnicos de carreira, por intermédio de efetivação pelo Ministério da Defesa.

Essa alternativa teria a vantagem da longa permanência desses profissionais em uma OM, garantindo o prosseguimento dos trabalhos sem solução de continuidade, em virtude das transferências periódicas inerentes à carreira militar.

Contudo, em função das restrições orçamentárias e limitações relativas à contratação de efetivo de pessoal permanente, tem-se utilizado amplamente, como alternativa menos onerosa, a contratação de militares temporários e civis contratados.

Com relação à seleção de oficiais temporários, sargentos técnicos temporários e pessoal contratado por tempo certo (civis), julga-se oportuno que, na pontuação classificatória do processo seletivo, sejam bem mais valorizados os cursos/estágios relacionados ao BIM, em detrimento de outras especializações que o candidato apresente.

Isso permitirá que os profissionais recém contratados já possam, de imediato, aplicar esses conhecimentos em prol das obras militares, reduzindo o tempo e os custos relacionados à capacitação.

4.2.1.7 Infraestrutura

A infraestrutura requerida não é diferente daquela constante de uma seção técnica, uma vez que os equipamentos necessários resumem-se a computadores e *plotters*.

No entanto, é interessante que sejam disponibilizados dois monitores *widescren*, de pelo menos, 19 polegadas para cada projetista e um projetor para apresentação e discussão conjunta de soluções.

Cabe salientar que o local deve possuir uma boa infraestrutura de internet, com boa capacidade de conexão e, de referência, rede estabilizada, de forma a minimizar elevado riscos de perdas de informações e danos aos equipamentos, que possuem elevado valor agregado.

É necessário que se tenha um sistema de proteção de descargas atmosféricas e de aterramento adequado, de forma a proteger adequadamente os equipamentos.

Se for o caso, é conveniente prever a utilização de piso elevado, de forma a permitir a passagem da fiação e possibilitar maior flexibilidade nas mudanças de *lay out* que se fizerem necessárias.

Dentro do possível, seria interessante que houvesse um espaço dedicado exclusivamente para os profissionais que trabalham com o *Building Information Modelling*, comumente chamado de laboratório BIM, conforme pode ser visualizado na Figura 21.

Essa instalação, denominada de laboratório BIM, pertence ao Sistema da Federação das Indústrias do estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) e está localizada na cidade do Rio de Janeiro.



Figura 21 – Laboratório BIM da FIRJAN

Fonte: <https://www.firjan.com.br/noticias/empresarios-visitam-o-novo-laboratorio-bim-para-a-construcao-civil.ht>. Acesso em: 25 ago. 2019.

Esses ambientes permitem maior interação entre os projetistas de todos os níveis, facilitando a troca de experiências e possibilitando, por exemplo, a criação de *templates* para serem utilizados por todo o sistema de obras militares.

5 CONCLUSÃO

A utilização do *Building Information Modeling* é um passo fundamental para os setores da indústria da construção civil que buscam modernizar-se e elevar seus índices de produtividade.

Trata-se de uma verdadeira mudança na arte de projetar, abrangendo todos os agentes da cadeia produtiva, envolvendo arquitetos, engenheiros, construtores, consultores, contratantes e quem mais estiver envolvido com a obra.

É um caminho sem volta para o setor de construção civil, abandonando-se, de vez, a postura cômoda de se deixar que as interferências e inconsistências sejam resolvidas durante sua construção. E essas incertezas são a grande fonte dos termos aditivos de serviço e de prazo, elevando os custos e adiando a utilização da benfeitoria.

Nesse contexto, os órgãos governamentais, enquanto reguladores e demandantes de grandes obras, têm uma participação significativa no fomento à ampla utilização dessa metodologia, que está se concretizando com a implantação da estratégia BIM BR. Nessa estratégia, o Exército Brasileiro, por intermédio do Diretor de Obras Militares, é o representante do Ministério da Defesa.

Dados obtidos junto à 4ª Seção de Diretoria de Obras Militares (Seção de Controle e Estatísticas) mostraram que, de acordo com os registros no OPUS datados de maio de 2019, cerca de 43% das obras em andamento estão com atraso em relação ao cronograma físico contratado.

No entanto, esses atrasos podem ocorrer por diversas razões, seja por culpa da empresa contratada (falhas no gerenciamento ou baixo capital de giro, por exemplo) ou por problemas relacionados à própria administração pública (falhas e mudanças de projetos, cronograma inicial muito otimista ou demora nos trâmites de análises de aditivos, por exemplo).

Pesquisas em dezenas de empreendimentos no balneário Camboriú e na cidade Itajaí, ambos no estado de Santa Catarina, mostraram que 73% dos atrasos foram causados por planejamento do projeto mal feito ou programação dos serviços ineficazes.

Nesse contexto, pode-se inferir que, estatisticamente, há grande probabilidade da Administração possuir parcela de culpa nesses atrasos.

Em que pese o Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS) ser uma excelente ferramenta que auxilia em diversas fases do macroprocesso finalístico das obras, por tratar-se de um nível mais gerencial, ele não auxilia diretamente na execução do projeto propriamente dito, mas somente na organização e na gestão da informação gerada na modelagem.

Estudos mostraram que o BIM traz inúmeras vantagens, dentre as quais citam-se: a visualização em três dimensões (3D) do projeto, a extração automática das quantidades de um projeto, a identificação automática de interferências (geométricas e funcionais), a realização de simulações e ensaios virtuais e o ensaio da obra no computador, através do BIM 4D e do BIM 5D.

Com relação a essa última vantagem, que constitui a proposta principal deste trabalho, o acréscimo da 4ª Dimensão (tempo) permite avaliar a construtibilidade e o planejamento do fluxo de trabalho de uma obra.

Com o BIM 4D, os projetistas podem visualizar e analisar problemas relacionados aos aspectos sequenciais, espaciais e temporais do processo executivo da construção.

Assim, como decorrência dessas possibilidades, tem-se cronogramas mais precisos e, ainda, com possibilidades de disposições de *layout* do canteiro de obras e planejamentos logísticos mais produtivos.

Dessa forma, a associação da dimensão “tempo” (4D) a um cronograma permite simular a evolução temporal da construção, possibilitando a previsão de incompatibilidades e interferências, reduzindo, em consequência, os atrasos e retrabalhos que resultam em aditivos de prazos e custos, respectivamente.

Nessa esteira, sugere-se também a conexão desse cronograma com o “custo” (5D), o que permite acompanhar ao mesmo tempo a evolução financeira do empreendimento. Isso possibilita à administração pública empenhar parceladamente os valores, de forma a melhor aproveitar os recursos, iniciando várias obras simultaneamente, além de diminuir o montante de empenhos a serem inscritos em restos a pagar não processados.

Entretanto, uma pesquisa do nível de maturidade nas organizações militares do sistema de obras militares mostrou que todas elas estão, pelo menos, no estágio 1 e algumas no estágio 2, havendo, portanto, espaço para incremento da maturidade BIM, de forma a atingir-se o nível máximo, que corresponde ao estágio 3.

Esse diagnóstico é essencial para que se possa estabelecer o *roadmap* da instituição, partindo-se do quadro atual da organização e estabelecendo-se uma visão de futuro.

Há que se considerar que o Exército, como órgão governamental, tem a obrigação de atingir a 1ª fase da estratégia BIM BR em janeiro de 2021, a 2ª fase em janeiro de 2024 e a 3ª fase a partir de janeiro de 2028.

Do diagnóstico da maturidade BIM no SOM, verifica-se que a 1ª fase da estratégia BIM BR está relativamente simples de ser alcançada, mas a 2ª fase demanda uma considerável evolução em relação ao estágio atual, em particular com o uso do BIM 4D e do BIM 5D.

Nesse sentido, neste trabalho foram apresentadas algumas sugestões para obtenção dessas novas capacidades (BIM 4D e do BIM 5D) a serem somadas às já existentes, baseadas no acrônimo DOAMEPI (Doutrina, Organização, Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura), preconizados no Manual de Doutrina Militar Terrestre.

Certamente, a consecução dessas metas colaborará decisivamente para que as CRO/SRO atinjam um nível ideal de gestão, produtividade, eficácia e eficiência nas obras.

REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Processo de projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: vol. 1, 82 p., 2017a.

_____. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: vol. 3, 22 p., 2017b.

AsBEA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Guia AsBEA: Boas Práticas em BIM: estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM**. [S.I.Fascículo I] 2015.

_____. Exército. Comando de Operações Terrestres. **A Engenharia nas operações (EB70-MC-10.237)**. Brasília, DF, COTER, 1 Ed., 2018.

_____. _____. Departamento de Engenharia e Construção. **Instruções Gerais para o Planejamento e Execução de Obras Militares no Exército (IG 50-03)**. Portaria Nº 073 – DEC, de 27 de fevereiro de 2003. Brasília: DEC, 2003.

_____. _____. Departamento de Engenharia e Construção. **Instruções Reguladoras para Demolições de Benfeitorias (IR 50-06)**. Portaria Nº 3 – DEC, de 08 de agosto de 1983. Brasília: DEC, 1983.

_____. _____. Departamento de Engenharia e Construção. **Regulamento da Diretoria de Obras Militares (R 158)**. Portaria Nº 220 – DEC, de 27 de maio de 2002. Brasília: DEC, 2002.

_____. _____. Estado-Maior do Exército. Portaria nº 003, de 2 de janeiro de 2014. **Manual de Fundamentos Doutrina Militar Terrestre**. Brasília, DF. 1 Ed., 2014.

_____. _____. _____. Portaria nº 054, de 30 de janeiro de 2017. **Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento do Portfólio e dos Programas Estratégicos do Exército Brasileiro (EB10-N-01.004)**. Separata ao Boletim do Exército, Brasília, DF n. 6, 1 Ed., 166 p., 10 Fev 2017. Disponível em: http://www.epex.eb.mil.br/images/pdf/NEGAPORT_sepbe6-17_port_054-cmt_ex-eb10.pdf. Acesso em: 27 abr. 2019.

_____. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). **ESTRATÉGIA BIM BR: Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* – BIM**. Brasília: MDIC, 2018.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG). **Boas práticas de gestão e uso de Energia Elétrica e de Água nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dispõe sobre o monitoramento de consumo desses bens e serviços**. Portaria Nº 023 – MPOG, de 12 de fevereiro de 2015. Brasília: MPOG, 2015.

_____. _____. **Instrução Normativa nº 01 - Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências**. Instrução normativa nº 01 –MPOG, de 19 de janeiro de 2010. Brasília: MPOG, 2010.

_____.Tribunal de Contas da União. **Manual de Auditoria Operacional**. Brasília: TCU, Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo (SEPROG), 3.ed. 2010.

BROCARD, F. L. M. **O uso da Modelagem da Informação da Construção 4D (BIM 4D) em projetos de obras militares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil).Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

CASTRO, Roberto Portela de. **OPUS: o BIM no Exército Brasileiro**. In: SEMINÁRIO BIM OBRAS PÚBLICAS, 2016, Brasília.

CBIC. Câmara brasileira da indústria da construção: **Coletânea Implantação BIM para Construtoras e Incorporadoras: Parte 1: Fundamentos BIM**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 124 p. 2016a.

DIRETORIA DE OBRAS MILITARES. Disponível em: <http://www.dom.eb.mil.br/index.php/opus>. Acesso em: 19 fev. 2019.

GANDHI, P.,KHANNA S., RAMASWAMY S. Which Industries Are the Most Digital (and Why)? **Harvard Business Review**. APRIL 01, 2016. Acesso em: 21 fev. 2019.

KASSEM M.; AMORIM, S. R. L. de. **BIM - Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília, 2015.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 1997.

MICELI JÚNIOR, G.; TEIXEIRA, A. C.; NASCIMENTO, A. F. do; PELLANDA, P. C. Contribution to the study of collaborative working in BIM - based projects in the context of public works. **In:34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction**, Paper 132, pp. 951-958, International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), Taipei, Taiwan, 2017.

_____, G.; PELLANDA, P. C.; REIS M. de M. Implementation Framework for BIM Adoption and Project Management in Public Organizations”. **In: 36th ISARC - International Symposium on Automation and Robotics in Construction**, Paper 27, pp. 114-121, International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), Banff, Alberta, Canada, 2019.

NASCIMENTO A. F. do; FERREIRA E. C.; PELLANDA P. C. OPUS: o Sistema de Gestão de Obras do Exército Brasileiro Baseado em BIM – Building Information Modeling. **In: Sugestões para o Desenvolvimento Urbano 2015-** Câmara dos Deputados (Org.) - Comissão de Desenvolvimento Urbano, Editora: Edições Câmara, pp.55-74. 2015.

NASCIMENTO A. F. do; MICELI JÚNIOR, G.; PELLANDA P. C. “Built Environment Lifecycle Management by Using Large-Scale BIM: a Brazilian Army Case Study”. **In: 4th BIM International Conference (BIC-2016)**, pp. 49-50, BIM Management Institute, São Paulo and Lisbon, 2016.

PEREIRA, E. S. S. **Fatores associados ao atraso na entrega de edifícios residenciais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

RIBEIRO, S. L. F. **A adoção de conceitos das NEGAPORT com suporte na integração dos sistemas OPUS e GPEx para melhoria da gestão do Contrato de Objetivos Estratégicos no contexto das obras militares**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração Militar) - Escola Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME), Rio de Janeiro: 2018.

ROSSO, S. M. Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos. **Revista Arquitetura e Urbanismo**. Ed 2018. Jul 2011. Disponível em: <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/artigo224333-2.aspx>. Acesso em: 30 mar. 2019.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**. Nr 18, ano 2009) 357–375. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2942066/mod_resource/content/1/2009-building_information_modelling_framework_A_researchand_delivery_foundation_for_industry_stakeholders.pdf%20%20%281%29.pdf. Acesso em: 15 ago. 2019.

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: TI aplicada na construção civil. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/onde-a-ti-pode-ser-aplicada-na-construcao/>. Acesso em: 27 fev. 2019.

TEIXEIRA, A. C. **Processo de Etiquetagem de Projetos de Obras Militares para Eficiência Energética e Certificação PROCEL Utilizando Modelagem da Informação da Construção**. 2018. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Defesa) - Instituto Militar de Engenharia - Rio de Janeiro, RJ, 2018.

TONI G., Agência Indusnet Fiesp. Estudo apoiado pela FIESP compara adoção do BIM no Brasil e na União Europeia. 2015. <http://www.fiesp.com.br/noticias/estudo-apoiado-pela-fiesp-compara-adocao-do-bim-no-brasil-e-na-uniao-europeia/>. Acesso em: 05 jun. 2019.

VALLE, A. B. et al. **Fundamentos do Gerenciamento de Projetos**. Rio de Janeiro. Editora FGV, 2007.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 287 p., il. Bibliografia: p. 269-287. ISBN: 978-85-224-4999-6.

ZAGO, J. P. **Aspectos construtivos de obras militares com vistas à preservação ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME), Rio de Janeiro: 2012.