

# O uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) no ciclo de vida de edificações militares

Fernanda Louize Monteiro Brocardo Fernandes<sup>a</sup>, Sergio Scheer<sup>a</sup>, Giuseppe Miceli Junior<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba – PR, Brasil

Instituto Militar de Engenharia (IME)

Praça General Tibúrcio, 80, 22290-270, Praia Vermelha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

\*fbrocardo.arq@gmail.com

**RESUMO:** O Exército Brasileiro (EB), há mais de uma década, envida esforços para a adequada utilização de BIM nos projetos e obras militares. Esta pesquisa desenvolveu diretrizes para a organização dos processos de implantação utilizando BIM, de modo a auxiliar as Comissões Regionais de Obras, órgãos públicos ou demais empresas do setor. O método escolhido foi o Design Science Research. Foram analisados os processos colaborativos em quatro estudos empíricos, apontados os benefícios e dificuldades no desenvolvimento dos modelos, e propostas as diretrizes para uso do BIM. Os principais resultados obtidos foram que os modelos melhoram a visualização para coordenação de todo o processo; permitindo a efetiva colaboração entre as equipes de projeto, fiscalização e execução. O método pode ser replicado, e as informações obtidas dos modelos carregadas no Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS), assim ampliando a base de dados para uso no controle de obras pelo EB.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem de Informação da Construção. Ciclo de Vida da Edificação. Gestão de projetos. Exército Brasileiro.

**ABSTRACT:** The Brazilian Army, for more than a decade, has been making efforts to properly use BIM in military construction projects. This research intends to contribute to the BIM process implementation to assist Brazilian Army, public agencies or other companies of the sector. The chosen method was Design Science Research. The research analyzed the collaborative processes involving four empirical studies, pointing out the benefits and difficulties in the development of the models, and proposed guidelines for the use of BIM. The main results obtained were that the models improve the visualization of projects for making and monitoring of the constructions; enabling effective collaboration between design, inspection and execution teams. The method can be replicated, and the information obtained with the use of models can be loaded in the Brazilian Army unified system for construction management (OPUS), thus expanding the database to control use by the Brazilian Army.

**KEYWORDS:** Building Information Modeling. Building Life Cycle. Project Management. Brazilian Army.

## 1. Introdução

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) viabiliza o gerenciamento da informação referente à construção no ciclo de vida das edificações. Estas mudanças são significativas e vão além da representação bidimensional das edificações. As informações produzidas são

concentradas em um modelo, que funciona como uma grande base de dados, da qual podem ser extraídos os documentos necessários ao longo de todo o processo [1], [2].

Estes modelos viabilizam uma colaboração eficiente, integridade das informações, documentação inteligente, acesso facilitado aos dados da construção, alta qualidade do projeto, bem como um planejamento e coordenação

multidisciplinar [2] - [6].

No Brasil, a maioria dos empreendimentos ainda utiliza programas com modelos bidimensionais ou processos híbridos. As diversas disciplinas desenvolvem seus processos individualmente, e a maioria dos documentos produzidos são independentes entre si. Além disso, existem grandes dificuldades em organizar equipes capacitadas para trabalhar de modo integrado com interoperabilidade [7].

A adoção do BIM no serviço público ocorreu inicialmente de maneira esparsa e não coordenada. Desde 2010, algumas instituições como a Petrobrás e Banco do Brasil têm exigido o uso da modelagem BIM em algumas de suas licitações de projetos. Porém, pode-se destacar iniciativas atuais para estabelecer formatos e normatizações necessários à contratação de projetos e obras públicas em BIM. Como exemplo, as ações realizadas pelos Governos do Estado do Paraná e Santa Catarina, implementando medidas com caráter pioneiro no país [8], [9].

Em relação à normatização, em 2009, foi instalada uma comissão de estudo especial (ABNT-CEE 134), que desde então elaborou cinco normas referente aos modelos de informação na construção. Em 2017, foi criado pelo Governo Federal o Comitê Estratégico de Implementação do BIM, com a finalidade de propor a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil [10], [11].

No âmbito do Exército Brasileiro existem importantes sistemas de acompanhamento e gestão dos processos, que buscam a efetiva integração com o BIM. Com o objetivo de gerir todas as informações relacionadas às edificações militares foi desenvolvido, em 2008, um sistema web denominado Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS), apresentado na **figura 1**. A criação do OPUS impulsionou a utilização do BIM, sendo uma grande base de dados para gestão e controle

de todos os processos que envolvem o ciclo de vida das edificações e Plano Diretor (PDOM) onde estão inseridas [12].



**Fig. 1** – Sistema OPUS, Infraestrutura do PDOM georreferenciada.

O processo de adoção do BIM ocorre também no âmbito regional do EB, visando à melhoria na gestão de projetos e obras. Sua atuação é dividida em Organizações Militares (OM) responsáveis por atuar em regiões distintas do Brasil. Os projetos e obras pertencentes aos estados do Paraná e Santa Catarina são responsabilidade da Comissão Regional de Obras 5 (CRO 5).

A atuação da CRO 5 envolve todo o ciclo de vida da edificação, ampliando as possibilidades de um uso efetivo de modelos BIM nos processos necessários. O foco deste artigo, baseado na pesquisa de Brocardo [13], está na utilização dos modelos de projeto e planejamento de obras militares desenvolvidos pela CRO 5.

## 2. Método de pesquisa

O trabalho foi estruturado em três partes

principais: delimitação do problema, produção do artefato e resultado. O método foi desenvolvido com base na abordagem de *Design Science Research* (DSR), proposta por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior [14].

O DSR é um método muito utilizado na área de gestão e busca, com foco nas soluções de problemas, produzir e avaliar artefatos que proporcionam a melhoria dos sistemas em que estão inseridos. Procura também diminuir a lacuna entre a teoria e a prática, trabalhando de forma colaborativa com as organizações para testar novas ideias em contextos reais [14].

Uma das características importantes da DSR é a busca por problemas específicos, não necessariamente a solução ótima, mas a solução satisfatória para a situação. Porém, estas soluções encontradas devem ser passíveis de generalização,

dentro de uma determinada classe de problemas. Desta forma, permitem que outros pesquisadores e profissionais, em situações diversas, possam utilizar o conhecimento gerado [14].

O objetivo deste tipo de pesquisa construtiva é produzir e avaliar um artefato inovador que, no caso deste trabalho, foram as diretrizes para uso de BIM no contexto das organizações militares brasileiras.

A **figura 2** apresenta de modo gráfico como foi a organização das etapas, envolvendo o objetivo principal da pesquisa, revelando a natureza da estratégia e destacando os pontos importantes desenvolvidos.

Como representado na **figura 2**, no decorrer da pesquisa, as três partes principais se desdobraram em seis etapas. Essas etapas foram estruturadas de acordo com seleção dos estudos



Fig. 2 – Etapas da pesquisa.

empíricos, proposta do artefato, e sua avaliação por meio da aplicação destas diretrizes.

Primeiro foi delimitado o problema. A segunda etapa consistiu na realização da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que alimentou as demais etapas da pesquisa. Na terceira etapa foram escolhidos os estudos empíricos para observar, medir e testar o comportamento das diretrizes propostas, o artefato da pesquisa, na solução dos problemas encontrados.

Para o DSR é importante comparar os resultados obtidos com os requisitos previamente definidos, e essa avaliação pode ser feita num contexto real. Para tanto, os estudos empíricos são importantes para envolver o pesquisador e demais integrantes, esperando-se aprendizados baseados em experimentações.

O primeiro estudo empírico, com caráter mais exploratório, produziu as primeiras recomendações para o uso dos modelos BIM.

A quarta etapa englobou o segundo e terceiro estudos empíricos, com os quais foram avaliados os usos dos modelos e estruturadas as diretrizes de uso para a CRO 5.

A quinta etapa foi a validação do artefato, por meio da aplicação das diretrizes no quarto estudo empírico. Por fim, na última etapa foram analisados os resultados, e consolidado o método das diretrizes para uso de BIM no contexto pretendido.

### 3. Diagnóstico

Foram analisadas diferentes fontes com o objetivo de coletar dados, quantitativos e qualitativos, sobre os processos atuais da CRO 5, e as perspectivas futuras. As informações foram analisadas a partir de documentos, entrevistas, registros em arquivo, observação direta,

observação participante e de artefatos físicos escolhidos.

O público alvo das primeiras entrevistas foram vinte profissionais integrantes da equipe multidisciplinar que compõe a seção técnica da CRO 5. Em uma segunda etapa foi aplicada outra entrevista com profissionais das empresas responsáveis pela execução das obras analisadas nos estudos empíricos.

As entrevistas foram divididas em quatro etapas: a primeira etapa coletou dados da equipe técnica e atividades desenvolvidas, a segunda verificou as ferramentas e sistemas utilizados pelos profissionais, a terceira etapa coletou os dados referentes aos processos de trabalho utilizando o BIM, e, por fim, a quarta e última etapa verificou os procedimentos de trabalho realizados para o planejamento das obras.

A segunda entrevista foi aplicada com profissionais das empresas responsáveis pela execução das obras analisadas nos estudos empíricos. Foram entrevistados 4 engenheiros, responsáveis técnicos dos respectivos estudos empíricos. Porém, outros profissionais envolvidos diretamente com as obras, como os fiscais e mestres de obras, também contribuíram de maneira informal com informações sobre o andamento das obras.

Para obter uma maior credibilidade foi entregue aos entrevistados, e aos demais integrantes dos processos, um resumo de todos os dados coletados. Assim, foi possível um feedback e avaliação das informações apresentadas.

#### 3.1 Equipe técnica e atividades

A CRO 5 é uma Organização Militar (OM) com autonomia administrativa, que conta com uma equipe de 85 funcionários distribuídos em

6 seções.

Estas OMs são incumbidas de execução, no âmbito do Exército, das tarefas relacionadas às obras militares, pertinentes às atividades de construção, ampliação, reforma, adaptação, reparação, restauração, conservação e remoção de benfeitorias e instalações.

Os serviços e atividades realizados pela CRO 5 são bastante diversificados, já que se trata de uma equipe multidisciplinar. A aplicação da entrevista buscou ser realizada com profissionais de diferentes áreas. Dos 20 funcionários entrevistados, 6 são engenheiros civis, 6 engenheiros eletricitas, 2 arquitetos, 2 desenhistas, 3 orçamentistas e 1 técnico agrimensor.

### 3.2 Ferramentas e sistemas

Dentre os sistemas de amplo uso pelo EB está o OPUS, conforme citado anteriormente, com o qual são realizados carregamento de projetos, medições, aditivos, e controle físico-financeiro das obras.

Os programas *Sped* e *Spark* foram desenvolvidos pelo EB, respectivamente, para o controle de documentos e comunicação entre as equipes.

Os modelos arquitetônicos, todos desenvolvidos pela CRO 5, são elaborados com o *Autodesk Revit*. Para elaboração dos projetos complementares, quando realizados internamente, são utilizados diversos *softwares* como o *QiBuilder*, *Eberick*, *TQS*, *Civil 3D* e *Infraworks*.

Além destes *softwares*, a equipe de topografia utiliza o *Pix4D*. Esta ferramenta garante uma conversão precisa da nuvem de pontos gerada pelo *drone*. Desta forma, auxiliando tanto no desenvolvimento dos projetos quanto nas medições necessárias para a fiscalização das

obras.

Para a elaboração dos orçamentos, todos desenvolvidos pela CRO 5, utiliza-se o *Orçafascio*. O lançamento das informações necessárias, e vínculos com os modelos, podem ser realizados de maneira colaborativa. Esta ferramenta é integrada aos modelos BIM por meio do *plugin OrçaBIM*. Também é possível o lançamento manual das informações, caso as disciplinas não sejam desenvolvidas em BIM.

Estão em estudo de uso o *Navisworks*, para o planejamento das obras, o *Laser Scanner*, para medições e elaboração de projetos *As Built* e o sistema *Solibri Model Checker* para compatibilizações e checagem de regras.

A comunicação entre as equipes, nos diferentes *softwares*, ocorre por meio dos relatórios com uso do formato BCF (*BIM Collaboration Format*). São compartilhados modelos ora nos formatos IFC, ora via *plugin* nos formatos nativos e de compartilhamento. O *plugin* do *BIM Collab* também é muito utilizado, já que gerencia e sincroniza rapidamente as informações específicas em nuvem.

Atualmente não é exigido o uso do BIM pelas empresas contratadas para desenvolvimento dos projetos complementares. Porém, já existe um edital de contratação com estes novos processos em andamento. Espera-se que em breve este edital passe a ser um padrão para todas as contratações necessárias.

### 3.3 Processos de trabalho utilizando o BIM

Todos os entrevistados concordam que a adoção do BIM e sua ampla utilização faz parte da missão da CRO 5. A implantação da tecnologia procura ser realizada de maneira cíclica, de forma que uma fase possa retroalimentar a outra. Desta

forma, melhorando os processos de acordo com as experiências, além de aperfeiçoar a equipe e as aplicações das ferramentas.

Para os entrevistados, as principais vantagens da implantação do BIM foram melhorar a qualidade do projeto, confiabilidade nas especificações e quantitativos, e precisão na compatibilização dos projetos entre as diferentes disciplinas.

Todos concordam que para trabalhar utilizando o BIM existe a necessidade de profissionais mais qualificados. Além disso, 95% dos entrevistados afirmam que com a adoção do BIM é preciso um maior número de informações do projeto na fase inicial, com maior participação de profissionais das diferentes áreas.

Vale colocar que a CRO 5 busca manter a equipe sempre capacitada e atualizada, com novos cursos, palestras e seminários na área, em média com ocorrência de uma vez por mês.

Não houve um consenso quanto às resistências existentes na utilização do BIM nos processos de trabalho: 35% discorda, 35% concorda, e 30% não concorda nem discorda.

Existem pessoas responsáveis pela organização de padrões e adaptações dos *softwares* utilizados para adequá-los às necessidades da CRO 5, para 75% dos entrevistados. A mesma porcentagem afirma que são realizados investimentos em customizações de *softwares* ou ferramentas que auxiliem na gestão dos processos.

A maior parte dos entrevistados (65%) também concorda que a CRO 5 possui medidas para garantir a interoperabilidade dos aplicativos utilizados pelas diversas disciplinas (estrutural, elétrico, hidráulico, etc.).

### 3.4 Planejamento das obras

Dos 20 profissionais entrevistados, 15 são

da equipe multidisciplinar de planejamento e fiscalização de obras da CRO 5. Estes profissionais destacaram quais são os componentes do planejamento das obras utilizados.

O escopo da obra é controlado para 73,3% dos entrevistados somente através de orçamentos e memoriais, e para 60% por meio do contrato. Já o cronograma da obra é controlado por 86,6% dos profissionais manualmente com o *software Microsoft Excel*. Vários deles colocaram como sugestão a utilização do *MS Project* de maneira mais efetiva, para a verificação dos desvios de projeto. Vale a pena ressaltar que a DOM é informada constantemente sobre o andamento ou variações das obras por meio do OPUS, principalmente sobre assuntos referentes a aditivos, supressões ou desvios existentes.

Para a equipe, o OPUS funciona como uma grande base de dados onde os projetos e obras são registrados. Entretanto, deve-se ressaltar que nas etapas de fiscalização da construção e avaliação pós-ocupacional os modelos BIM produzidos nas fases de projeto ainda são pouco utilizados no Exército Brasileiro.

## 4 Estudos empíricos

Apesar da ampla utilização dos processos BIM, em nível estratégico com o OPUS, operacionalmente poucas CROs utilizavam ferramentas BIM para elaboração dos projetos desde sua concepção.

Na CRO 5, havia algumas iniciativas para implantação do BIM na concepção dos projetos desde o início da utilização do OPUS, mas sua implementação só foi concretizada com a participação da primeira autora no ano de 2015.

A partir deste ano, todos os novos projetos arquitetônicos foram elaborados em BIM, e

compatibilizados com modelos no formato IFC, quando os projetos complementares também foram desenvolvidos em BIM, internamente ou pelas empresas contratadas.

O método apresentado na seção 2 foi aplicado em quatro edificações que utilizaram BIM para o desenvolvimento de projetos, gestão dos processos e uso das informações em obra. O critério inicial de seleção dos estudos foi o levantamento de projetos que já tivessem ultrapassado as etapas iniciais de implantação do processo BIM. Porém, não foi excludente a participação de profissionais que não dominavam o uso destas ferramentas.

Foram escolhidos projetos concebidos pela equipe de arquitetura da CRO 5, e que estavam em fase de planejamento ou início da execução da obra. Foram analisadas quatro edificações conforme consta na **tabela 1**.

**Tab. 1** – Descrição dos estudos empíricos.

Estudos Empíricos	Data início real	Prazo inicial	Características dos projetos
EE1 - Pav Comando AD5	Mar/2016	12 meses	Pavilhão administrativo, com 1 pavimento.
EE2 - PNR 27 <sup>o</sup> B Log	Fev/2016	18 meses	Bloco residencial, com 4 pavimentos.
EE3 - CCCF 34 <sup>o</sup> BI Mec	Dez/2016	13 meses	Pavilhão administrativo com 1 pavimento.
EE4 - COp 5 <sup>a</sup> DE e 11 <sup>o</sup> CT	Nov/2016	18 meses	Pavilhão administrativo com 3 pavimentos.

A escolha dos estudos empíricos foi realizada de acordo com as seguintes etapas:

- Verificação dos propósitos dos modelos: através da revisão bibliográfica sobre BIM foram analisados os atuais usos e possíveis aplicações;
- Estudos dos softwares utilizados pela equipe e modelos de compatibilização, interoperáveis por meio do formato IFC;
- Localização e prazo das obras, para viabilizar análises mais completas.

Primeiro, foi realizado um estudo piloto exploratório, para aplicação do método e avaliação dos resultados. Após este primeiro estudo, foram lançadas as diretrizes iniciais do uso do BIM nos demais estudos empíricos selecionados.

Os dois primeiros estudos selecionados ainda fazem parte do processo de transição de tecnologias, começaram a ser desenvolvidos em CAD bidimensional e posteriormente modelados com ferramentas BIM. O estudo piloto foi um projeto de menor porte e o segundo estudo empírico um projeto de maior porte.

Na etapa inicial da pesquisa, ainda não haviam projetos com processos BIM desde a fase de concepção, mas foi possível realizar a modelagem pela equipe da CRO 5.

Esta modelagem foi importante para verificar algumas interferências, antes ou durante a etapa de licitação, que ainda puderam ser corrigidas para sua correta execução.

Já o terceiro e quarto estudos utilizaram o BIM desde o início do processo de concepção dos projetos, e grande parte dos projetos complementares recebidos também foram desenvolvidos com ferramentas BIM ou *softwares* compatíveis.

Nestes últimos estudos, foi possível aplicar os procedimentos aprendidos nos anteriores. A primeira autora da pesquisa, como integrante da equipe da seção técnica da CRO 5, obteve contato direto com todos os profissionais envolvidos no processo. Desta forma, foi possível propor o artefato por meio da aplicação das diretrizes para uso de BIM na CRO 5.

Nas próximas seções, serão apresentados os dados coletados das entrevistas com as

empresas responsáveis pela execução das obras. Além disso, serão descritos os procedimentos realizados com uso do BIM, as questões de colaboração e interoperabilidade, e os benefícios e dificuldades encontrados.

#### 4.1 Estudo Empírico 1 – Pavilhão Comando da Artilharia Divisionária 5

A Artilharia Divisionária 5 (AD/5), localizada em Curitiba, possui um pavilhão administrativo que foi projetado inicialmente em CAD no ano de 2014. Como os projetos somente são licitados com o projeto executivo, esta etapa do projeto foi realizada em BIM pela primeira autora em 2015.

Seu desenvolvimento foi realizado no período de transição do uso de ferramentas BIM para elaboração dos projetos desenvolvidos pela CRO 5. Sendo que este foi o primeiro projeto arquitetônico executivo, com um modelo BIM, a ser carregado no OPUS pela CRO 5.

O desenvolvimento deste projeto foi importante para alinhar os materiais fornecidos pela DOM com as necessidades processuais da CRO 5. A partir das configurações básicas existentes, foram desenvolvidos arquivos *Template*, um padrão para iniciar os projetos, e bibliotecas de acordo com a demanda de projetos da CRO 5.

Estas configurações e parametrização dos componentes continuaram a ser aperfeiçoadas durante o desenvolvimento dos demais projetos, e de acordo com as exigências da DOM.

Este estudo empírico teve caráter exploratório e foi relevante para, após o diagnóstico do uso do BIM na CRO 5, aperfeiçoar a modelagem e realizar testes com a aplicação para o uso na etapa de planejamento.

A empresa responsável pela execução da obra é de pequeno porte e já havia executado outras obras do EB, porém esta foi a primeira obra que passou a utilizar ferramentas BIM no processo de projeto.

Os principais *softwares* utilizados pela empresa para o controle e acompanhamento da obra são o *Excel* e *MS Project*. E para leitura dos projetos recebidos utilizam principalmente o *AutoCAD*.

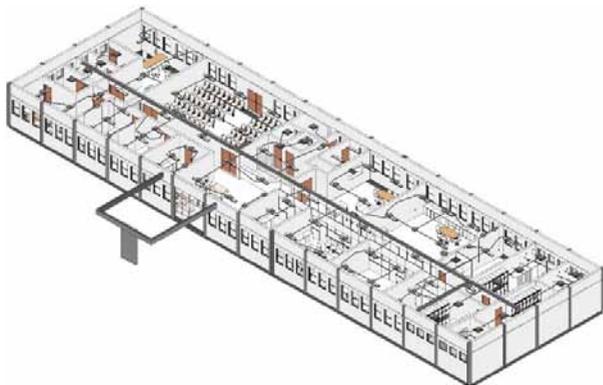
Esta empresa não apresentou resistências ao uso de tecnologias BIM nos processos, mas também teve pouco envolvimento, procurando atender os requisitos mínimos solicitados.

A fiscalização desta obra foi facilitada pela proximidade da obra com a CRO 5, ambos localizados dentro do Forte do Pinheirinho. Apesar da busca por melhorias do processo, e do acompanhamento contínuo pela equipe de fiscalização da CRO5, a empresa apresentou um grande atraso na obra e sofreu processo administrativo. Sendo que a obra foi concluída, por meio de uma segunda contratação, somente em junho de 2019.

Se houvesse uma maior participação da empresa, em colaboração com a equipe de fiscalização da CRO 5, a conclusão da obra poderia ter ocorrido como o planejado. Apesar do uso dos modelos, evidenciando o processo e prazos para o andamento da obra, estes modelos não foram utilizados pela empresa executora.

O uso do BIM ocorreu parcialmente neste estudo, já que as fases iniciais ocorreram com uso de tecnologias CAD bidimensional. Apesar dos projetos complementares serem desenvolvidos por empresas contratadas que não trabalham em BIM, a CRO 5 desenvolveu

a modelagem para compatibilização e uso na etapa de construção, conforme modelo da **figura 3**.



**Fig. 3** – Projeto elétrico modelado com o Autodesk Revit MEP.

Neste primeiro momento já foi possível observar importantes benefícios com o uso dos processos BIM, mesmo ocorrendo parcialmente. Vale destacar: melhoria na visualização das alterações realizadas nas propostas, documentação do projeto produzida de maneira integrada e precisa, compatibilização mais eficaz, aumento da qualidade do projeto executivo, entendimento da evolução construtiva junto ao cronograma proposto.

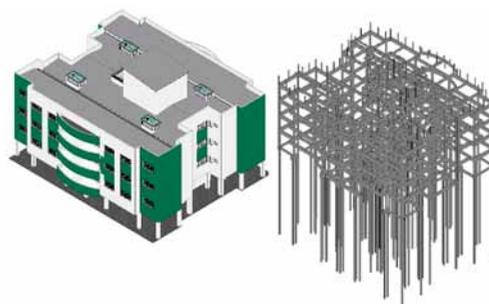
Porém, nesta etapa de transição, é difícil realizar todas as potencialidades das ferramentas, pois os processos ainda estão sendo alinhados a estas novas tecnologias. A falta de padrões e bibliotecas configurados também confere certa morosidade ao processo. De qualquer forma, o estudo piloto foi válido para estudar as possibilidades do uso do modelo na etapa de planejamento e execução da obra.

## 4.2 Estudo Empírico 2 – Próprio Nacional Residencial do 27º Batalhão Logístico

O segundo estudo realizado é um Próprio

Nacional Residencial (PNR), segundo a IG 50-03 da DOM: “*edificação de um ou mais pavimentos, isolada (casa) ou integrante de apartamentos, utilizada com a finalidade específica de servir de residência para o pessoal do Exército, com seus dependentes*”.

Os processos foram similares ao primeiro estudo: inicialmente, os projetos foram desenvolvidos com *softwares* não paramétricos, sendo modelados para compatibilização e uso na etapa de construção, como mostra a **figura 4**. O principal diferencial em relação ao primeiro estudo é o porte da obra, o que aumentou a complexidade dos modelos e vínculos com o planejamento realizado.



**Fig. 4** – Modelos Projetos Arquitetônico e Estrutural.

Este projeto possui uma tipologia arquitetônica padrão que foi amplamente utilizado pelo EB, sendo executado em diversas localidades. O projeto original não havia sido concebido em BIM, mas possui vários dados coletados referentes à sua construção. Estas informações foram importantes para a elaboração de um planejamento mais adequado à execução da obra.

A empresa inicialmente responsável pela execução do segundo estudo empírico também não havia acompanhado alguma obra que utilizasse processos BIM.

Esta empresa também apresentou problemas trabalhistas e, da mesma forma, sofreu processo

administrativo. Já a segunda empresa contratada recebeu os modelos atualizados, foi realizada uma comparação com a nuvem de pontos produzida com o escaneamento a *laser*.

A colaboração neste segundo caso ocorreu de maneira similar ao primeiro, somente a modelagem foi mais demorada devido à complexidade do projeto. O arquivo padrão para início das modelagens já estava com as principais configurações realizadas, o que facilitou o processo.

A interoperabilidade também não foi restritiva, porém o número de interferências encontradas foi maior devido a problemas de compatibilidade entre os projetos realizados inicialmente em ferramentas convencionais. Este já foi um grande benefício da troca de tecnologias, por detectar problemas e incompatibilidades antes da execução da obra.

A equipe também melhorou o domínio das ferramentas, realizando uma opção de vínculo automático com o cronograma. Entretanto, nem todos os elementos funcionaram adequadamente, sendo necessário revisões e algumas adaptações de acordo com o desenvolvimento da obra.

A introdução das ferramentas BIM, mesmo em etapas tardias nestes estudos, aproximou as equipes e diversos profissionais responsáveis em um processo cada vez mais colaborativo.

Nas compatibilizações várias decisões foram tomadas em conjunto, antecipando problemas que prejudicariam o andamento da obra. A melhoria na visualização das propostas agilizou estas decisões e conseqüentemente aumentou a qualidade da documentação produzida.

Uma das dificuldades encontradas, que também ocorreu no estudo anterior, foi a integração com a empresa responsável pela

execução da obra. A facilidade de troca de informações, e transparência dos processos, nem sempre ocorreu da mesma forma que com as equipes da CRO 5.

Outro fator relevante, destacado com as modelagens realizadas, foi a falta de qualidade dos projetos complementares terceirizados. As licitações atualmente não exigem a elaboração dos projetos em BIM, e em grande parte dos casos foram necessárias várias revisões nos projetos para que atendessem as demandas adequadamente.

### 4.3 Estudo Empírico 3 – Centro de Comando e Controle Fixo do 34º Batalhão de Infantaria Mecanizado

O Centro de Comando e Controle Fixo (CCCF) do 34º Batalhão de Infantaria Mecanizado (34º BI Mec) é localizado em Foz do Iguaçu. Seus projetos foram desenvolvidos em BIM pela CRO 5 desde as etapas iniciais.

Os modelos foram utilizados para a compatibilização dos projetos, no processo de etiquetagem do PBE Edifica, e no planejamento e controle da obra. Este foi o primeiro pavilhão do EB a receber o selo de Eficiência Energética em Edificações (**figura 5**).

Neste terceiro estudo empírico, foi possível observar claramente a melhoria do processo desde as etapas iniciais do projeto, de maneira colaborativa e multidisciplinar.

A integração entre equipes melhorou as práticas realizadas, e as lições aprendidas foram importantes para o desenvolvimento dos próximos projetos realizados pela CRO 5.

Neste projeto, a equipe de topografia realizou diversos vídeos com o uso de um *drone*, o que facilitou o desenvolvimento do estudo preliminar,

melhorando a visualização de detalhes da localização.

A implantação da edificação foi desenvolvida em conjunto com a equipe de arquitetura. O estudo foi elaborado de forma a aproveitar o desnível do terreno, além de evitar o corte da vegetação existente.

A importação da superfície topográfica elaborada no *Civil 3D* para o *Autodesk Revit* ocorreu de maneira precisa, sendo possível analisar as informações obtidas no levantamento topográfico.

Os projetos complementares, estrutural e elétrico, também foram desenvolvidos internamente. Somente o projeto da fundação e o projeto hidráulico foram realizados por empresas terceirizadas, que utilizaram ferramentas bidimensionais. Estes projetos também foram modelados pela equipe da CRO 5 para a compatibilização com as demais disciplinas.

A colaboração no desenvolvimento destes projetos foi intensa, sendo que o estrutural foi elaborado com o *software CypeCAD* e o elétrico com o *AltoQI Lumine*.

Na verificação de interferências entre as disciplinas, na etapa de projeto executivo, houve um número significativamente menor de incompatibilidades. Também foram extraídas diversas informações, de especificações e quantitativos, para a elaboração do orçamento e termo de referência.



**Fig. 5** – Perspectivas CCCF do 34º BI Mec.

Foram realizadas diversas configurações e padrões das ferramentas utilizadas. Também houve um maior envolvimento da empresa contratada para a execução da obra, evidenciando os benefícios do uso do BIM nesta etapa de execução.

Um dos desafios deste estudo foi a distância entre a CRO 5 e a obra. Foram realizadas, a cada 15 dias no máximo, reuniões para verificar o andamento do cronograma, avaliação do atendimento dos padrões de qualidade exigidos, apresentação do executado até o momento e relatórios de desvio do projeto.

O fiscal da CRO 5 realizou viagens, no máximo mensais, para acompanhamento e medição da obra. Todos os dados referentes à obra foram carregados no OPUS, sistema pelo qual os profissionais envolvidos e chefias controlavam estas informações.

Mas, alguns fatores também dificultaram o aperfeiçoamento do processo, principalmente na atualização dos modelos de acordo com o andamento da obra.

#### 4.4 Estudo Empírico 4 – 11º Centro de Telemática e Centro de Operações da 5ª Divisão de Exército

O 11º Centro de Telemática (11ºCT) e o Centro de Operações da 5ª Divisão do Exército (COP da 5ª DE) possuem um pavilhão administrativo localizado em Curitiba (**figura 6**), este projeto arquitetônico foi desenvolvido pela equipe multidisciplinar da CRO 5 em BIM.



**Fig. 6** – Perspectiva do 11º CT e COP da 5ª DE.

Neste último estudo empírico, foi aplicado o artefato proposto, as diretrizes para uso do BIM, validando os benefícios e melhores práticas dos estudos anteriores.

Os profissionais envolvidos já estavam cientes das alterações dos processos com o BIM em todas as etapas, incluindo a contratação dos complementares e a execução da obra.

O último estudo empírico procurou avaliar os processos propostos nos estudos anteriores. A equipe já havia passado pela etapa de transição inicial e foi solicitada uma participação maior das empresas terceirizadas do processo.

Este processo foi balizado pelos pontos positivos verificados, e pelas necessidades de revisões diante das dificuldades anteriores. Então todos os profissionais envolvidos, incluindo os terceirizados, estavam envolvidos nas mudanças necessárias.

A empresa responsável pela execução desta obra já destacou alguns benefícios com o uso do BIM, como a identificação de pontos e caminhos críticos, facilitando possíveis soluções ou alternativas que diminuam o prazo de execução. Também relatou que os modelos evitam eventuais transtornos pela má interpretação dos projetos.

Entretanto, destacou algumas dificuldades como a capacitação prévia dos envolvidos, para utilização dos *softwares*, demandando tempo e custos. Estes fatores nem sempre estão disponíveis no momento necessário para as mudanças nos processos.

Buscou-se, neste estudo, o desenvolvimento de todas as etapas em BIM de maneira colaborativa. Apesar de não ser uma exigência do edital, os projetos complementares foram desenvolvidos também em BIM, ou *softwares* compatíveis, pelas empresas contratadas.

O projeto estrutural foi realizado com o *software* TQS e o hidráulico com o *Autodesk Revit MEP*. Apenas

o elétrico foi desenvolvido em *AutoCAD* 2D, mas foi modelado para a compatibilização com participação da empresa contratada. O objetivo foi evidenciar os benefícios do uso do BIM, extraindo do modelo as informações necessárias.

Os modelos também foram utilizados para compatibilização com as demais disciplinas, no processo de etiquetagem do PBE Edifica, e no planejamento e controle da obra.

A localização desta obra foi um facilitador no processo de acompanhamento da obra, já que também está no Forte do Pinheirinho. Mas o principal benefício para a efetiva integração dos profissionais foi o envolvimento de todas as partes, o que potencializou o uso das ferramentas.

## 5. Análise dos resultados

Os estudos empíricos apresentados demonstraram como ocorreu o uso de BIM em projetos e obras realizados pela CRO 5. Foram apresentados os dados referentes à CRO 5, as especificidades de cada caso e das empresas contratadas, assim como os benefícios e dificuldades encontrados.

Apesar de experiências distintas com o uso de BIM, foi possível levantar fatores em comum que puderam contribuir para a proposta de diretrizes de uso. O método pode ser utilizado em outras CROs, assim como para outras instituições públicas e privadas que busquem implantar estes novos processos. A seguir, é apresentada a análise destes fatores, que constituem a base para elaboração das diretrizes propostas.

### 5.1 Gestão dos processos

O planejamento estratégico é um fator determinante nos processos do EB, de uma

forma ampla, em todas as suas organizações. Especificamente, no Sistema de Obras Militares (SOM), a motivação para implantação de novas tecnologias sempre esteve presente desde os mais altos níveis hierárquicos até os níveis operacionais.

A adoção dos processos BIM ocorreu de maneira gradual, neste caso primeiro em nível estratégico, com o OPUS, posteriormente em nível operacional.

A capacitação profissional da equipe, para trabalhar com o uso do BIM, é uma das dificuldades do EB. Existem diversos níveis de conhecimento, uma grande rotatividade dos profissionais militares de carreira, e diversidade cultural nas várias localidades onde estão instaladas. De uma maneira geral, falta capacitação dos profissionais para trabalharem com processos BIM.

Outra dificuldade que pode ocorrer nos projetos é a questão de o BIM não ser uma exigência de contrato, o que depende da capacitação voluntária das empresas. Se esta já fosse uma exigência nas licitações, poderia melhorar a qualidade técnica e induzir a capacitação para domínio das ferramentas BIM por parte das empresas participantes.

Em contrapartida, existem vários fatores que proporcionam um ambiente favorável para as mudanças de processos, como uma equipe multidisciplinar que pode realizar o processo colaborativo, com troca de informações contínua, em todo o ciclo de vida das edificações.

Também pode ser mencionado que os projetos e obras desenvolvidos pelo EB são patrimônios próprios, a instituição não visa lucro e busca sempre as melhores soluções dentro das condições viáveis, além de valorizar a organização dos processos, a disciplina, a coletividade, o rigor

e qualidade nos serviços desenvolvidos.

Neste sentido, ocorreu inicialmente um mapeamento dos processos na CRO 5, capacitação das equipes e reestruturação de maneira gradual com o uso do BIM.

Existem vários fatores que proporcionaram um ambiente favorável para as mudanças necessárias. Um dos mais importantes é a organização de equipes multidisciplinares que atuam de maneira colaborativa em todo o processo.

Estas equipes trabalham com troca de informações contínua em todo o ciclo de vida das edificações, por meio da interoperabilidade dos softwares utilizados.

## 5.2 Uso das tecnologias

No uso de novas tecnologias, é importante o conhecimento dos conceitos e aplicações que envolvem o processo BIM. Não basta somente a habilidade de utilização dos *softwares* e das funcionalidades disponíveis. Portanto, o tema foi amplamente discutido para aplicação dentro da realidade da CRO 5.

Para ampliar o uso do BIM, ocorreu reestruturação dos processos existentes, e adequações necessárias, visando os seguintes objetivos e usos:

- Mapear os processos de uso das tecnologias pela Seção Técnica da CRO 5;
- Elaborar Guias de Boas Práticas em BIM para as Comissões de Obras;
- Utilizar modelos para identificação de conflitos, melhorar a compatibilidade entre os projetos, ou *Clash Detection*, antecipar erros construtivos, e simular o processo construtivo;
- Utilizar modelos para extração automática e integrada de quantitativos para orçamentação;
- Utilizar modelos para análise de eficiência

energética;

- Utilizar modelos para elaboração de projetos *As Built*, operação e manutenção das edificações;
- Viabilizar um sistema de comunicação integrado através da interoperabilidade, organizando as bases de dados dos projetos, e melhorando o fluxo de trabalho;
- Organizar padrões, adaptações e customização dos *softwares* para adequá-los às necessidades da CRO 5.

Vale destacar, porém, que nem todos os objetivos foram amplamente alcançados. Assim como em outras empresas brasileiras, o estágio atual do BIM na CRO 5 é de transição de tecnologias, avanços e mudanças de processos serão necessários para sua ampla utilização.

### 5.3 Colaboração entre equipes

Apesar de ser pouco citado nas entrevistas realizadas com a equipe técnica da CRO 5, houve certa resistência ao mudar os processos e trabalho com o BIM. Nesta transição é comum certo receio por parte da equipe, por não saber como utilizar as ferramentas computacionais, e como lidar com a nova maneira de trabalhar.

Mas, a partir do momento em que aplicação do BIM nos processos de projeto foi realizada de forma efetiva, houve a conscientização dos benefícios reais da colaboração entre as equipes.

Esta conscientização foi muito importante para que a proximidade entre as equipes fosse além de trabalhar no mesmo ambiente. Soluções foram discutidas, simuladas e muitos problemas antecipados de maneira colaborativa. Foi possível compartilhar as diferentes experiências entre os profissionais e incorporar estas informações nos modelos.

Esses modelos formaram um banco de

dados, que poderá ser utilizado como base de boas práticas para projetos e acompanhamento de obras futuras. Além disso, os modelos também contêm informações importantes para as Organizações Militares que irão realizar a manutenção destas edificações.

Apesar das resistências iniciais, principalmente no primeiro e segundo estudos empíricos, com a apresentação dos resultados do novo processo com BIM nos estudos empíricos seguintes, esta postura mudou.

As empresas no terceiro e quarto estudos puderam verificar que as medições mais precisas reduzem erros muitas vezes recorrentes, além de facilitar a visualização do processo construtivo e possíveis replanejamentos. Desta forma, a colaboração entre equipes de fiscalização e execução foi vantajosa para ambas as partes, melhorando o controle e planejamento dos recursos aplicados.

## 6. Diretrizes para uso de BIM nos projetos militares

Diante da abrangência do uso de BIM, é importante o estabelecimento de diretrizes estruturadas para seu uso adequado. Nesta pesquisa, o artefato foi proposto na forma de um conjunto de diretrizes documentadas neste capítulo, de maneira a promover condições de viabilidade para o emprego em outras instituições.

Para ultrapassar os desafios iniciais, é preciso entender seus conceitos e aplicações, analisar os objetivos esperados, quais informações pretende-se utilizar, como será a integração entre os agentes, como estes profissionais terão acesso às informações, enfim, vários fatores fundamentais para o sucesso no uso dos modelos.

No quarto estudo empírico, foi possível verificar

todo o processo proposto, e inicialmente testado nos estudos anteriores. Conforme delimitado, esse estudo teve como proposta avaliar o artefato por meio da aplicação das diretrizes para o uso de BIM nas edificações militares. Assim, as diretrizes propostas a seguir são apresentadas de acordo com as etapas do processo, divididas em quatro partes.

## 6.1 Planejamento

Para que ocorra a integração do BIM nos processos de projeto e obra de maneira efetiva é essencial que faça parte do planejamento estratégico. O mesmo deve ocorrer de maneira minuciosa, levando em conta todas as condições existentes e as esperadas.

Conforme avaliado no diagnóstico com a CRO 5, a definição dos usos do BIM é de extrema importância. Sua implantação pode ser realizada de maneira cíclica, um uso após o outro, de forma que uma etapa possa retroalimentar a outra. As boas práticas adquiridas devem ser monitoradas, atualizadas e revisadas sempre que necessário.

Os objetivos estratégicos devem estar claros para todos os envolvidos: cada integrante deve entender seu papel e suas responsabilidades, alinhando os fluxos de trabalho conforme os novos processos.

A troca de informações nestas mudanças é constante entre as diferentes partes, discutindo as melhorias alcançadas, pontos críticos, atividades mais importantes, e os usos principais e secundários.

Os engenheiros militares, na posição de chefia (Chefes CRO e Seção Técnica), devem estar especialmente convencidos e engajados no apoio à efetiva implantação do BIM.

Com os estudos empíricos ficou claro que,

para melhorar o uso futuro do modelo na etapa de execução da obra, é fundamental que se tomem algumas decisões nas etapas iniciais. Por exemplo, deve haver o entendimento por parte dos profissionais e empresas terceirizadas das mudanças necessárias com o uso do BIM. Para que assim ocorra o efetivo envolvimento de todas as partes, em todo o processo.

Vale destacar a importância do uso do BIM desde o início do processo, com projetos elaborados de maneira colaborativa, ampliando assim os benefícios do uso dos modelos. Quando as mudanças de projeto ocorrem no início do processo, momento no qual ainda é possível simular diversas situações, é mais viável realizar mudanças de acordo com o contexto.

Apesar dos estudos empíricos serem realizados em uma parcela do território brasileiro, foi possível destacar critérios que podem ser aplicados nas demais regiões. Deve ocorrer um preparo para o planejamento, compilando as informações necessárias, e garantindo a interoperabilidade na troca de informações.

## 6.2 Estudo preliminar

Nas etapas iniciais do projeto, deve-se definir os usuários do modelo e os objetivos de acordo com o projeto a ser desenvolvido. É importante o envolvimento destes usuários, em definições multidisciplinares, desde o início do processo. Desta forma, ampliando as possibilidades de análises, simulações, e alterações significativas que venham a ser necessárias nesta etapa.

Antes de iniciar o desenvolvimento do projeto é ideal a organização de arquivos padrão, que possuam as configurações de acordo com os usos estabelecidos e as normas brasileiras. Estas configurações incluem a representação

do projeto, simbologias, processo construtivo, organização das bibliotecas, informações em cada objeto, quantitativos, esquemas de áreas, e assim por diante.

Neste processo inicial, deve-se também levar em conta como cada profissional irá contribuir com as informações necessárias a serem incorporadas no modelo. Como será esta troca de informações e os fluxos de trabalho, é importante o envolvimento de toda a equipe. Além de facilitar o desenvolvimento do projeto, estas organizações irão aprimorar o processo nas etapas posteriores.

O uso do BIM nesta etapa melhora a visualização das propostas realizadas e permite alterações mais facilitadas. Nos estudos empíricos desenvolvidos, fica claro que quanto maior era a integração das equipes nesta etapa inicial, melhores eram os resultados obtidos.

Por exemplo, com as soluções que foram discutidas e compatibilizadas antecipadamente, houve significativa diminuição do número de revisões posteriores, principalmente durante a obra.

### 6.3 Projeto executivo

Para o desenvolvimento do projeto executivo, e modelagem inicial do planejamento da obra, é fundamental tanto o conhecimento das ferramentas quanto o conhecimento técnico para elaboração do projeto. É nesta etapa que o nível de detalhe aumenta e são realizados os vínculos com o cronograma planejado.

O uso dos modelos facilita a identificação de pontos e caminhos críticos, de modo a prever possíveis soluções ou alternativas que diminuam o prazo de execução. Nesta etapa os modelos também evitam eventuais transtornos pela má interpretação dos projetos.

A visualização da edificação fica muito mais próxima do real e a compatibilização se torna muito mais precisa. Entretanto, é preciso enfrentar os diferentes níveis de envolvimento dos profissionais, a falta de conhecimento das ferramentas, e as resistências para alterar os processos de trabalho tradicionais.

Ao ultrapassar essas barreiras, é possível vislumbrar os benefícios do uso de BIM no processo como um todo. Dentre estes benefícios, verificados no desenvolvimento dos estudos empíricos, estão a melhoria na identificação de conflitos, maior controle no planejamento e acompanhamento das obras e a escolha de melhores soluções. Todos estes fatores resultam em uma maior qualidade na construção da edificação.

### 6.4 Execução da obra

Por fim, na etapa de execução da obra ocorre a aplicação dos modelos, que devem ser constantemente atualizados para comparação do planejado e do executado. É importante o aumento do diálogo com a empresa responsável pela execução, assim como com os diversos profissionais envolvidos diretamente com a obra.

A equipe de fiscalização, no caso de obras públicas, também pode utilizar os modelos para as medições necessárias. Obtendo quantidade maior e mais precisa de informações, e conseqüente redução de incompatibilidades e de aditivos.

Os estudos empíricos demonstraram que este acompanhamento exige um maior detalhamento dos cronogramas produzidos, para o controle efetivo das obras junto com os modelos. O nível de detalhe dos cronogramas realizados para a fiscalização e acompanhamento da execução deve ser compatível com o nível de detalhe dos

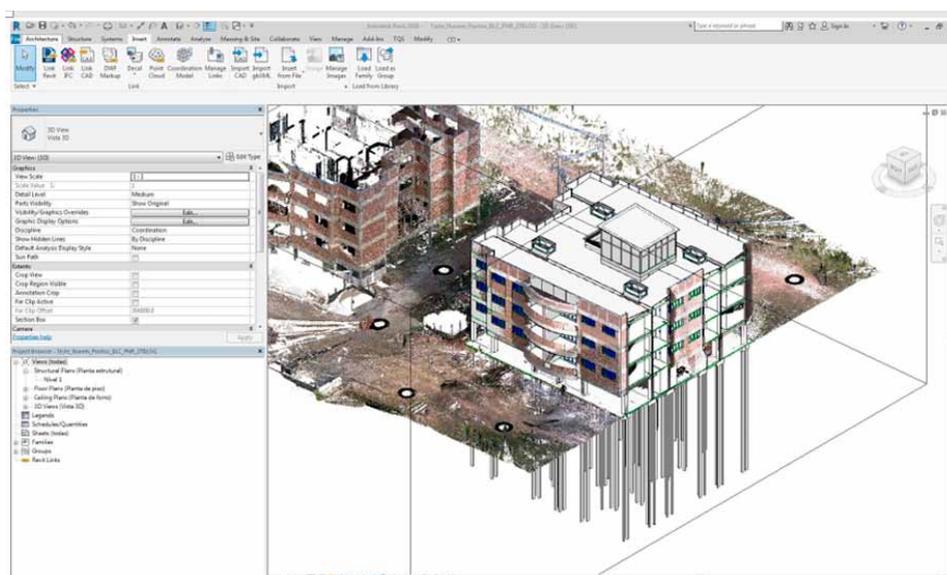


Fig. 7 – Comparativo modelo e nuvem de pontos.

modelos, sendo que quanto maior for este nível de detalhamento, mais informações poderão ser utilizadas para comparação do progresso da obra.

As lições aprendidas nos estudos foram importantes para balizar os processos desenvolvidos pela equipe, que procurou trabalhar de maneira colaborativa em todo o processo.

É possível também emitir relatórios de acompanhamento de obras, previsão dos serviços a serem realizados, ordem construtiva, resolução de dúvidas e acompanhamento na obra com uso de um *tablet*. Também obter um prazo mais adequado e preciso de acordo com as atividades a serem executadas e maior controle das fases e simulações.

Além disso, estes modelos podem ser utilizados na manutenção da edificação, já que são muito mais precisos do que os projetos *As Built* produzidos na maneira tradicional. A

**figura 7** apresenta um estudo comparativo entre os modelos de projeto do estudo empírico 4, desenvolvidos no *software Autodesk Revit*, e a situação real levantada na fiscalização da obra com escaneamento a *laser*.

Assim, todas estas informações referentes à edificação podem formar um banco de dados vinculado ao modelo que alimentará o sistema OPUS. Consequentemente, facilitarão a gestão das edificações realizada pelas Comissões Regionais de Obras e Organizações Militares responsáveis.

## 7. Conclusões

A pesquisa demonstrou, por meio dos quatro estudos empíricos, como ocorreu o uso de modelagem BIM para projetos e planejamento de obras militares desenvolvidos pela CRO 5.

E, para validar a metodologia, foram propostas diretrizes que podem auxiliar outras Comissões Regionais de Obras, órgãos públicos ou demais

empresas do setor que busquem organizar os seus processos BIM.

Outro objetivo proposto pela pesquisa foi analisar os benefícios e dificuldades encontrados nos processos. Nesse sentido, a construção das diretrizes teve como base os resultados descobertos com a avaliação desse artefato.

Já no primeiro estudo empírico fica evidente o impacto da integração da equipe na elaboração e uso dos modelos, incluindo os agentes externos à CRO 5. Pois quanto mais colaborativo é o processo melhores são os resultados obtidos, facilitando o desenvolvimento de todas as etapas do projeto.

De maneira ampla, com a aplicação das diretrizes, foi possível verificar que o uso da modelagem permite uma melhor visualização e controle dos processos, com uma base de dados mais precisa.

Entretanto, não é excludente o uso de outras formas de planejamento e controle. Podem ser utilizadas diversas ferramentas existentes na gestão dos processos, inicialmente ocorrendo um processo híbrido. É importante que ocorra um controle destes processos, evitando retrabalhos ou informações em duplicidade.

Embora existam diferenças no Sistema de Obras Militares, quando comparado com processos realizados por outras empresas e instituições, as diretrizes apresentadas nesta pesquisa podem significar importantes orientações em processos de implantação de BIM.

O nível de utilização das diretrizes pode variar de acordo com as etapas que serão abrangidas, da complexidade das aplicações pretendidas, do nível de capacitação dos profissionais, entre outros aspectos.

Para tanto, são fatores importantes o amadurecimento e a capacitação contínua,

o aprendizado para reconhecimento das potencialidades da modelagem e a metodologia de como fazer contratos nesse cenário.

Atualmente, a CRO 5 utiliza o processo BIM nas etapas iniciais de todos os projetos e espera-se que a pesquisa possa contribuir para ampliar o uso mais efetivo também na etapa de execução das obras.

A utilização de estudos empíricos como parte do método de geração de diretrizes de uso do processo BIM pode ser utilizada em outras CROs, assim como para outras instituições públicas e privadas que busquem implantar estes novos processos.

Espera-se que com a implantação efetiva de uso dos modelos BIM nas obras do EB os benefícios sejam cada vez mais evidenciados, fazendo com que as empresas se capacitem e passem a adotar as ferramentas e modelos BIM em seus processos de projetos e obras.

Também almeja-se a ampliação em outros usos de interesse, com o BIM inserido amplamente no processo. Como, por exemplo, para a análise de eficiência energética, orçamentação, operação, e manutenção das edificações. Todas estas informações podem ser inseridas no sistema OPUS, com a efetiva integração com os modelos, aliando os benefícios do BIM em todo o ciclo de vida das edificações militares.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos os participantes desta pesquisa, entrevistados e gestores da Comissão Regional de Obras 5, ao programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC), pelo amplo apoio dado ao desenvolvimento dos estudos realizados sobre uso do BIM.

## Referências Bibliográficas

- [1] Eastman, C.M.; Teicholz, P; Sacks, R.; Liston, K. Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- [2] Succar, B. The five components of BIM performance measurement. In: CIB World Building CongressS, 18., 2010, Salford. Proceedings... Salford: CIB, 2010. p. 1-14.
- [3] Grilo, A.; Gonçalves R. J.; Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. Automation in Construction. 2010.
- [4] Gu, N.; London, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. Automation in Construction, n.19, p. 988-999, 2010.
- [5] Hartmann, T. et al. Aligning building information model tools and construction management methods. Automation in construction, v. 22, p. 605-613, 2012.
- [6] Jung, Y.; Joo, M. Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. Automation in Construction. n. 20, p. 126–133 2011.
- [7] Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. Guia AsBEA Boas Práticas em BIM: estruturação dos escritórios de projeto para a implantação do BIM. [S.l.: Fascículo I] 2013.
- [8] Cunha, J. M. F. e Silva, R. F. T. The experience of the State of Santa Catarina, Brazil, in bidding a BIM project. Em 4th BIM International Conference, São Paulo, págs. 67–68, 2016.
- [9] Matos, C. R. O uso de BIM na fiscalização de obras públicas. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2016.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 12006: 2010: Construção de edificação: organização de informação da construção. Parte 2 - Estrutura para classificação de informação, 2010.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 15965-1:2011: Sistemas de classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2011.
- [12] Nascimento, A. F., Ferreira, E. C. e Pellanda, P. C. OPUS: o sistema de gestão de obras do exército brasileiro baseado em BIM, págs. 55–72. Câmara dos Deputados, 2015.
- [13] Brocardo, F. L. M. O uso da modelagem da informação da construção (BIM 4D) nos projetos de obras militares da Comissão Regional de Obras 5. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 2017.
- [14] Dresch, A.; Lacerda, D. P.; Antunes Júnior, J. A. V. Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2014. 204p.