Industrialização, Digitalização, Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 5º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

[1]MODELAGEM DO PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS DE OBRAS PÚBLICAS NO CONTEXTO BIM.

Modeling the Approval Process of Public Works Projects in the BIM Context

Rafaela Furtado Cunha de Souza
IME | Rio de Janeiro, RJ | rafaelafteixeira@ime.eb.br

Daiane Castro Dias
IME | Rio de Janeiro, RJ | daiane.dias@ime.eb.br

Thomas Farias Viana
IME | Rio de Janeiro, RJ | farias.thomas@ime.eb.br

Giuseppe Miceli Junior
IME | Rio de Janeiro, RJ | giuseppe.pged@ime.eb.br

Paulo Cesar Pellanda
IME | Rio de Janeiro, RJ | pcpellanda@ieee.org

Cicero Roberto Garcez
IME | Rio de Janeiro, RJ | garcez@ime.eb.br

RESUMO

O processo de aprovação de projetos de obras públicas no Brasil ainda enfrenta entraves como baixa colaboração entre disciplinas, falta de padronização e ausência de integração digital. Este artigo analisa o processo atual em uma instituição pública federal e propõe um novo fluxo baseado na Modelagem da Informação da Construção (BIM), conforme os princípios da ABNT NBR ISO 19650. Com utilização de ferramentas da Engenharia de Sistemas, foram desenvolvidos modelos “As Is” e “To Be”, por meio de diagramas comportamentais e estruturais nas linguagens SysML e UML. O estudo de caso envolveu o desenvolvimento colaborativo de um projeto real, revelando dificuldades como ausência de requisitos definidos e desconhecimento das funções do ambiente comum de dados. Como resultado, a proposta To Be apresenta avanços como a definição prévia de requisitos de informação (OIR, PIR, EIR), uso do Plano de Execução BIM (BEP), trabalho colaborativo entre disciplinas e uso de verificação semiautomatizada. A modelagem permitiu mapear as mudanças necessárias para viabilizar a adoção do BIM, promovendo padronização, melhor planejamento e redução no tempo de análise. Conclui-se que a integração entre BIM e Engenharia de Sistemas pode contribuir para a melhoria de processos.

Palavras-chave: bim, diagramas, engenharia de sistemas, nbr iso 19650, aprovação de projetos.

ABSTRACT

The approval process for public construction projects in Brazil still faces obstacles such as low interdisciplinary collaboration, lack of standardization, and absence of digital integration. This article analyzes the current process within a federal public institution and proposes a new workflow based on Building Information Modeling (BIM), in accordance with the principles of ABNT NBR ISO 19650. Using Systems Engineering tools, "As Is" and "To Be" models were developed through behavioral and structural diagrams in SysML and UML languages. The case study involved the collaborative development of a real project, revealing challenges such as the absence of defined requirements and lack of knowledge regarding the functions of the Common Data Environment. As a result, the proposed "To Be" model presents advances such as the prior definition of information requirements (OIR, PIR, EIR), use of the BIM Execution Plan (BEP), interdisciplinary collaboration, and semi-automated verification. The modeling enabled the mapping of necessary changes to support BIM adoption, promoting standardization, better planning, and reduced analysis time. It is concluded that the integration of BIM and Systems Engineering can contribute to process improvement.

Keywords: *BIM, Diagrams, Systems Engineering, NBR ISO 19650, Project approval.*

1 INTRODUÇÃO

O Decreto nº 10.306/2020 estabeleceu a utilização da Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modelling* - BIM) na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. O BIM é definido no mesmo decreto como um conjunto integrado de processos e tecnologias que permite criar, utilizar e compartilhar, colaborativamente, modelos

[1]SOUZA, R. F. C.; DIAS, D. C.; VIANA, T. F.; MICELI JUNIOR, G.; PELLANDA, P. C., GARCEZ, C. R. Modelagem de Processo de Aprovação de Projetos de Obras Públicas no Contexto BIM.. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

digitais de uma construção (Brasil, 2020).

De acordo com o Plano de Trabalho da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, publicado a partir do Decreto nº 11.888/2024, o BIM é uma metodologia estratégica, desempenha um papel central na transformação digital da indústria da construção civil, promovendo ganhos de eficiência, sustentabilidade e integração tecnológica, e alinha-se diretamente com as missões apresentadas pela Nova Indústria Brasil, política sistêmica e de longo prazo que visa fortalecer as cadeias produtivas da indústria nacional (Brasil, 2024) .

As mudanças de paradigmas na elaboração de projetos com a adoção do BIM e o aumento de informações trocadas entre os envolvidos aumentaram a necessidade de uma padronização na utilização da modelagem BIM. Esta lacuna foi preenchida com a publicação da série ISO 19650, que trata sobre a gestão da informação usando Modelagem da Informação da Construção. Até o presente momento, apenas as duas primeiras partes foram traduzidas para a língua portuguesa e publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): parte 1, que trata de conceitos e princípios gerais; e parte 2, que trata da fase de entrega de ativos. A ISO 19650 permitiu que as equipes de trabalho pudessem minimizar as atividades desnecessárias, graças a uma abordagem comum à gestão da informação que respeita os princípios fundamentais do BIM.

Os benefícios do BIM são numerosos, tais como a maior precisão de projetos no que se refere a especificação, quantificação e orçamentação; gestão mais eficiente do ciclo de obra; diminuição de prazos e custos; e maior consistência de dados e controle de informações e processos, o que resulta em maior transparência nas contratações públicas e privadas (ABDI, 2017a). Na etapa de elaboração de projetos, um dos entregáveis mais importantes é o modelo federado, que é o resultado da junção dos modelos individuais elaborados em cada uma das disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações, dentre outros), em um único ambiente virtual (Otranto *et al.*, 2024). O modelo federado, ao ser acessível a todos os envolvidos no processo, traz uma mudança na organização das equipes, pois ao invés de um fluxo de trabalho sequencial conforme tradicionalmente é feito, o trabalho passa a ser colaborativo, com marcos de verificação de cumprimento dos requisitos de informação ainda durante a fase de elaboração do projeto.

Para que os benefícios da adoção do BIM sejam alcançados, é necessário que o processo seja modelado com base nos subprocessos e atividades da organização. Neste sentido, Miceli Junior (2019) modelou o processo baseado na NBR ISO 19650, no contexto do Sistema de Obras Militares (SOM) do Exército Brasileiro (EB), e atribuiu ao órgão supervisor a responsabilidade de definição dos requisitos organizacionais de informações, dos padrões mínimos de informação do projeto e dos protocolos técnicos referentes a todos os projetos. Já os órgãos executores teriam a liberdade de gerenciar seus próprios processos de implantação BIM e os requisitos de troca de informação com as contratadas.

A implantação do BIM nas organizações pode ser auxiliada pela Engenharia de Sistemas que trata sistemas tecnológicos como entidades dinâmicas, interconectadas e influenciadas pelo contexto, capazes de adaptação e de exibir comportamentos emergentes. Além disso, a Engenharia de Sistemas permite que seja dada ênfase na interação entre as partes internas do sistema e entre o sistema e outros externos, de forma a focar em comportamento, funções, processos e dinâmicas (Hitchins, 2008).

Nesse contexto, o presente projeto propõe-se a explorar o uso de conceitos e ferramentas da Engenharia de Sistemas para apoiar o fluxo de atividades envolvidas na aprovação de projetos de obras no contexto da Modelagem da Informação da Construção, atividade relevante para o Sistema de Engenharia do Exército (SEEx).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Engenharia de Sistemas

O Conselho Internacional de Engenharia de Sistemas (*International Council of Systems Engineering* - INCOSE) define Engenharia de Sistemas como “uma abordagem transdisciplinar e integrativa para permitir a realização, uso e aposentadoria bem-sucedidos de sistemas de engenharia, usando princípios e conceitos de sistemas e métodos científicos, tecnológicos e de gestão”. Já os sistemas de engenharia são definidos como “um sistema projetado ou adaptado para interagir com um ambiente operacional previsto para atingir um ou

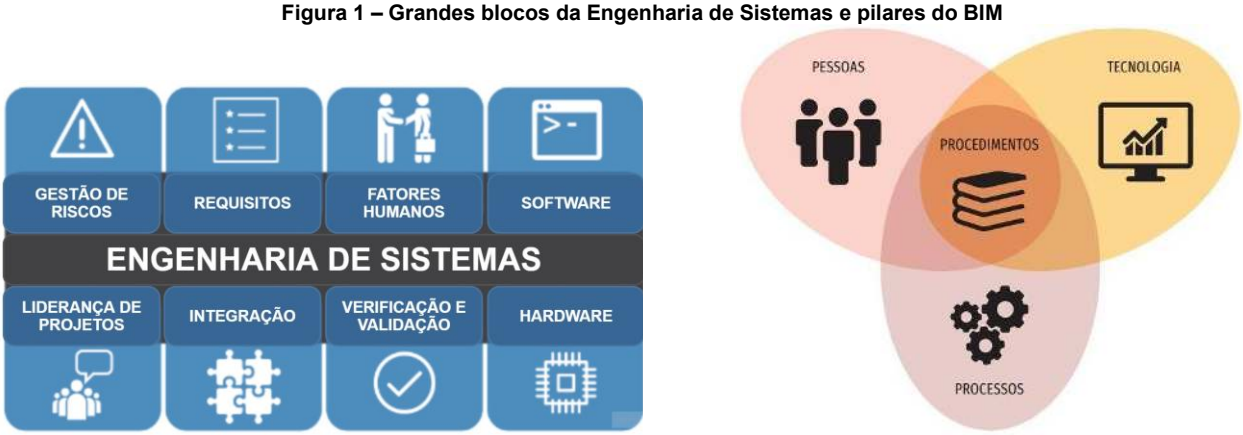
mais propósitos pretendidos, ao mesmo tempo em que obedece às restrições aplicáveis". (INCOSE, 2024).

Alinhado à definição trazida, o INCOSE também oferece uma representação da Engenharia de Sistemas no formato de grandes blocos, conforme destacado na Figura 1 (a). Faz-se mister comentar que é possível relacionar diretamente os grandes blocos da engenharia de sistemas com o BIM. Alguns autores trazem o conceito de pilares do BIM, Figura 1 (b), que são três:

- Tecnologia, o qual está relacionado aos blocos software e hardware;
- Processos, conectado aos blocos verificação e validação, e gestão de riscos; e
- Pessoas e políticas, que associa-se aos blocos fatores humanos e liderança de projetos.

Adicionalmente, a NBR ISO 19650 está próxima do bloco de requisitos, assim como o caráter multidisciplinar alia-se ao bloco integração.

Figura 1 – Grandes blocos da Engenharia de Sistemas e pilares do BIM



(a) Grandes blocos da Engenharia de Sistemas **(b) Pilares do BIM**

Fonte: (a) INCOSE (2024) e (b) ABDI (2017b)

Especialmente desenvolvida para a Engenharia de Sistemas, a SysML (*Systems Modeling Language*) é uma linguagem de modelagem gráfica de arquitetura de sistema de uso geral, desenvolvida como uma extensão da UML (*Unified Modeling Language*). Enquanto a UML é mais voltada para desenvolvimento de software, a SysML foi projetada para representar sistemas mais amplos, que podem incluir componentes de hardware, software, informação, processos e até pessoas (UML, 2024). Ela permite a criação de representações visuais que capturam a estrutura, a especificação, a análise, a verificação e a validação, o comportamento e as restrições dos sistemas, facilitando a comunicação e o entendimento entre equipes multidisciplinares (SysML, 2024). Ao integrar componentes técnicos e operacionais, a SysML auxilia os engenheiros a modelar, analisar e gerenciar complexidades ao longo do ciclo de vida do sistema, promovendo uma abordagem mais integrada e robusta ao desenvolvimento de soluções.

O SysML é composto por nove tipos de diagramas - quatro diagramas de estrutura, quatro diagramas de comportamento e um de requisitos - e inclui tabelas de alocação (*Allocation Table*) para mapear elementos da linguagem entre esses diagramas.

Entre os diagramas de estrutura (*Structure Diagram*), o Diagrama de Definição de Blocos (*Block Definition*) representa os elementos estruturais, chamados blocos, além de sua composição e classificação. Este diagrama é uma modificação do diagrama de classes do UML. Dentre os diagramas de comportamento (*Behavior Diagram*), este estudo utiliza o Diagrama de Atividades (*Activity*), o qual retrata o comportamento com base na ordem das ações, considerando entradas, saídas e controle, e como as ações transformam as entradas em saídas. (SysML, 2024).

Esses conceitos, abordagens e ferramentas de Engenharia de Sistemas serão aplicados nas próximas seções para a modelagem do problema abordado neste projeto exploratório.

2.2 BIM e ABNT NBR ISO 19650

O BIM visa transformar o caos rotineiro de informações trocadas entre os diversos agentes em um espaço central com informações compartilhadas e acessíveis a todos os envolvidos. Uma das boas práticas é estabelecer o modelo federado para facilitar a troca de informações (CBIC, 2016). Dessa forma, o modelo federado pode ser entendido então como um sistema de sistemas, composto por diferentes modelos específicos elaborados por diversos agentes, e que juntos formam a base de dados para os diferentes ciclos de vida do empreendimento.

No entanto, há desafios para que essa metodologia de trabalho colaborativo funcione de forma eficaz. Dentre eles, ressalta-se a questão da interoperabilidade entre diferentes softwares ou diferentes tecnologias e o gerenciamento de informações. Para a aplicação do BIM e com o objetivo de facilitar a interoperabilidade entre softwares e a colaboração entre usuários, podem ser adotados três padrões: o formato IFC (Industry Foundation Class), padrão aberto de estrutura de dados do modelo BIM; o formato BCF (BIM Collaboration Format), padrão aberto de colaboração no fluxo de trabalho BIM; e o IDS (Information Delivery Specification), padrão aberto de especificação de requisitos de informação no fluxo de trabalho BIM (buildingSMART, 2024).

A organização e a gestão das informações em todo o ciclo de vida do empreendimento ocorrem no delineamento do fluxo de trabalho BIM, no qual pode-se utilizar a NBR ISO 19650. Ao longo de cada atividade, é necessária a criação de documentos importantes para o desenvolvimento e entrega de ativos, os quais, listados pela NBR ISO 19650-1 (2022) e NBR ISO 19650-2 (2022), são:

- OIR (*Organization Information Requirements*) - Requisitos de Informação da Organização;
- PIR (*Project Information Requirements*) - Requisitos de Informação de Projeto;
- EIR (*Exchange Information Requirements*) - Requisitos de Troca da Informação; e
- BEP (BIM *Execution Plan*) - Plano de Execução BIM.

A norma descreve ainda o Ambiente Comum de Dados (*Common Data Environment*, CDE) como uma fonte de informação para qualquer projeto ou ativo, para coletar, gerenciar e disseminar cada contêiner de informação através de um processo gerenciado (ABNT, 2022a).

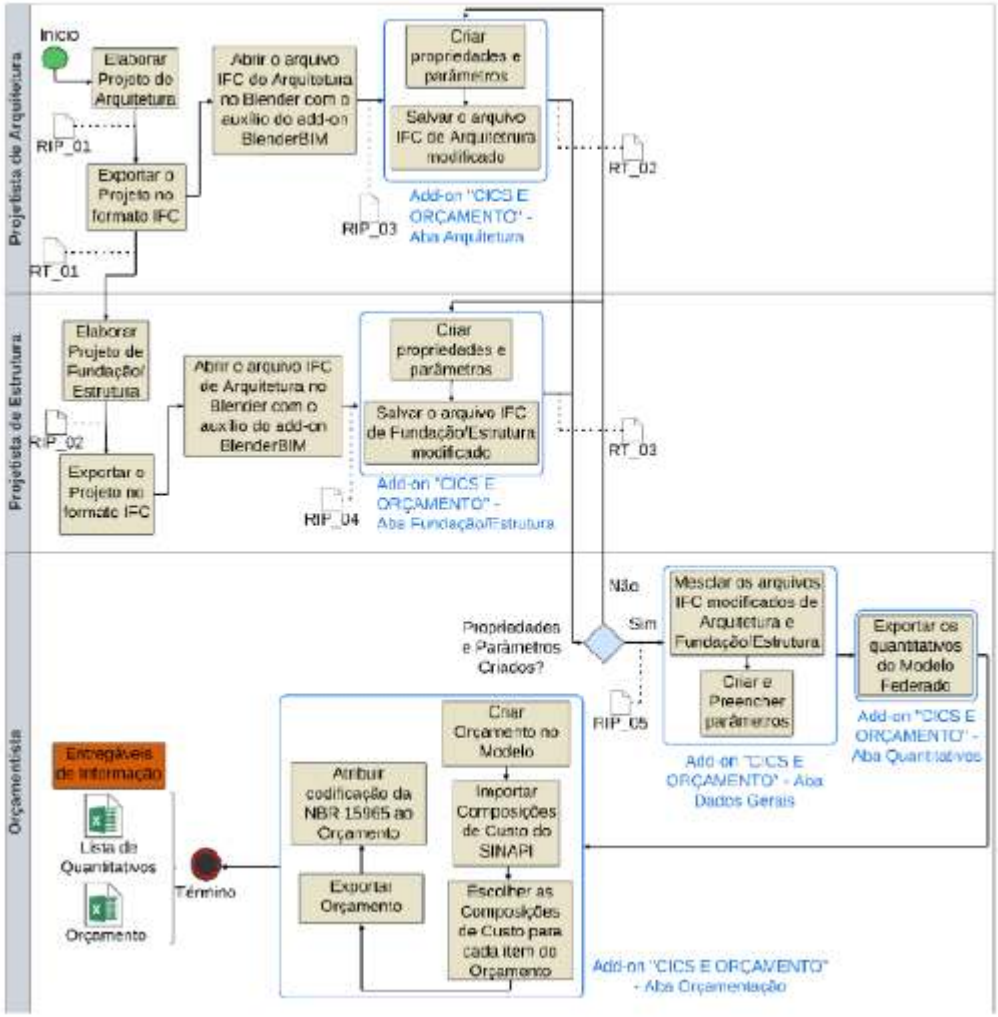
2.3 Ambiente de pesquisa

No âmbito do Sistema de Engenharia do Exército, Miceli Junior e Teixeira (2016) elaboraram um diagrama de sequência da classe Projeto do Sistema de Obras Militares, no entanto não contemplaram o uso do BIM. Esse trabalho engloba as etapas de estudos preliminares; a concepção do projeto, sua elaboração, desde as disciplinas até o orçamento e cronograma; a aprovação do projeto e sua consolidação; a licitação; a fiscalização e execução da obra, até a sua conclusão; e o recebimento pelo cliente. Dessa forma, a visão de Miceli Junior e Teixeira (2016) é do macroprocesso, o que permite a compreensão holística da situação, facilitando decisões estratégicas; ao passo que este trabalho atua no nível tático, na busca por esclarecer detalhadamente apenas a parte de elaboração e aprovação do projeto nas entidades internas. Outrossim, o diagrama proposto pelos autores não indica diretamente o emprego da metodologia BIM.

Otranto *et al.* (2024) apresentam uma proposta de um modelo de processo a ser implementado para a elaboração de um modelo federado, a partir de uma avaliação do cenário por meio de um diagrama de contexto. Ao fazer a integração do SysML com o BIM, ocorreu um desempenho mais eficiente da equipe, garantindo que todas as partes envolvidas tivessem um entendimento comum das diretrizes e expectativas ao longo do projeto. No entanto, não detalhou outras etapas do processo, tais como a etapa de análise e validação do projeto.

Por outro lado, Moura *et al.* (2024) fizeram um fluxo de trabalho do processo aplicando o BIM, com foco no trabalho colaborativo. Contudo, abordam exclusivamente a etapa de orçamento em um projeto que envolve somente arquitetura e estrutura, Figura 2. Logo, em comparação com os processos aqui definidos, Moura *et al.* (2024) trabalham em nível operacional.

Figura 2 - Fluxo de trabalho do orçamento envolvendo arquitetura e estrutura



Fonte: Moura *et al.*, 2024

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo caracteriza-se como um estudo exploratório, baseado em um estudo de caso e fundamentado na Engenharia de Sistemas e na modelagem de processos. O objetivo foi analisar o processo atual (As Is) de aprovação de projetos de obras públicas no âmbito do Exército Brasileiro e propor um novo processo (To Be) a partir da experiência de elaboração de um projeto na disciplina de Introdução ao BIM, parte do curso de pós-graduação. Durante o desenvolvimento do projeto da edificação, além dos conceitos da metodologia BIM e do uso dos padrões abertos (IFC, BCF e IDS), buscou-se alinhar o processo às diretrizes da NBR ISO 19650.

O primeiro passo foi identificar e analisar o processo de aprovação de projetos atual, sem o emprego da metodologia BIM. Para tal, utilizaram-se três ferramentas: o esboço de contexto, o diagrama de classes e o diagrama de atividades. Importante destacar que as ferramentas adotadas são do tipo comportamental - no caso do esboço de contexto e do diagrama de atividades, e do tipo estrutural - no caso do diagrama de classes. A fim de comparação, a identificação deste processo como deveria ser (*To be*), com o emprego do BIM, utilizou-se das mesmas três ferramentas, o que permitiu a comparação entre os dois modelos.

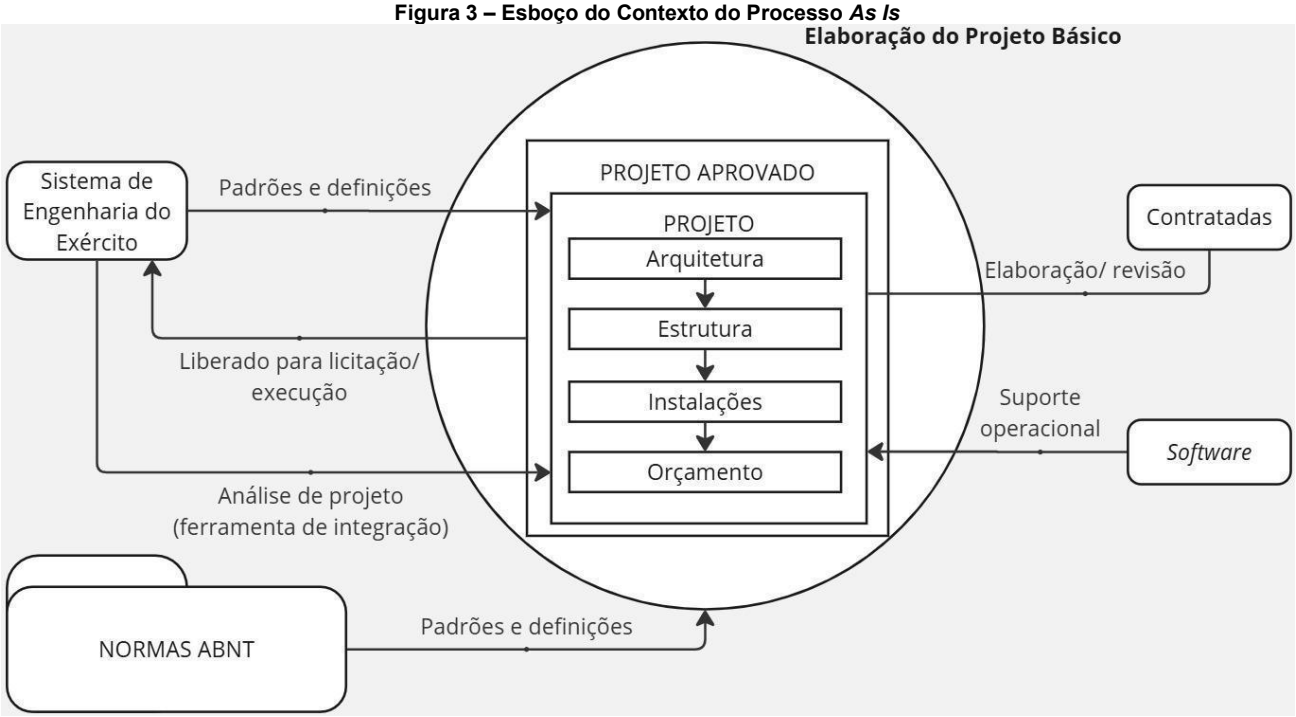
4 RESULTADOS

4.1 Identificação do Processo *As Is*

O esboço de contexto se faz relevante na demonstração da interação do processo de elaboração de projeto com os agentes envolvidos, o que auxilia na visão geral do sistema.

No Processo As Is, os softwares dão o suporte operacional para o desenvolvimento, dimensionamento e especificação dos projetos, variando conforme as disciplinas compreendidas. A elaboração de cada disciplina ocorre de forma praticamente independente, com pouca colaboração. As contratadas elaboram e revisam os projetos conforme a necessidade. Além dos padrões e critérios das normas ABNT, os projetos devem seguir exigências determinadas pelo Sistema de Engenharia do Exército, na figura do órgão supervisor. Esse órgão realiza a análise dos projetos, que ocorre através da ferramenta de integração do SEEx. Quando aprovados, são liberados para o processo licitatório e sua execução, ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Esboço do Contexto do Processo *As Is*



Fonte: elaborado pelos autores com uso da ferramenta Miro (https://miro.com/index/).

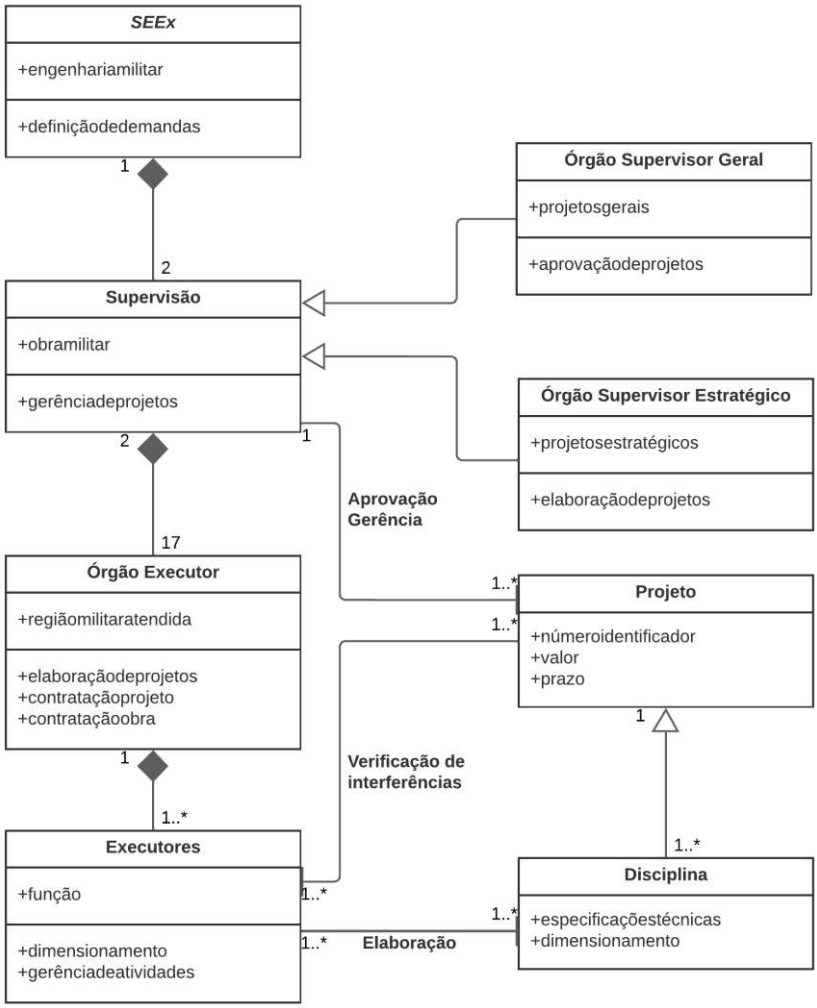
No contexto deste trabalho, foi elaborado um diagrama de classes da estrutura do Sistema de Engenharia do Exército na perspectiva do processo de aprovação de projetos de obras e serviços de engenharia (Figura 4).

Para o caso em questão foram definidas as classes Sistema de Engenharia do Exército, Supervisão, Órgão Supervisor Geral, Órgão Supervisor Estratégico, Órgão Executor, Executores, Projeto e Disciplina, e seus respectivos atributos e métodos. O Órgão Supervisor Geral e Estratégico são subclasses de Supervisão, que herdam suas características. Eles se diferenciam no atributo, pois uma trata de projetos gerais e outra apenas de projetos estratégicos, e também se diferenciam no método, enquanto uma faz a aprovação de projetos, o outro dedica-se à elaboração.

As associações entre SEEx-Supervisão, Supervisão-Órgão Executor e Órgão Executor-Executores são do tipo composição, que é um tipo especial de agregação que denota forte propriedade entre duas classes, ou seja, quando uma classe faz parte de outra classe.

Também foram incluídos os valores multiplicidade nos relacionamentos. Por exemplo, o SEEx possui cinco Supervisões, mas apenas duas (Órgão Supervisor Geral e Órgão Supervisor Estratégico) têm o atributo “obramilitar”.

Figura 4 – Diagrama de Classes do Processo *As Is*



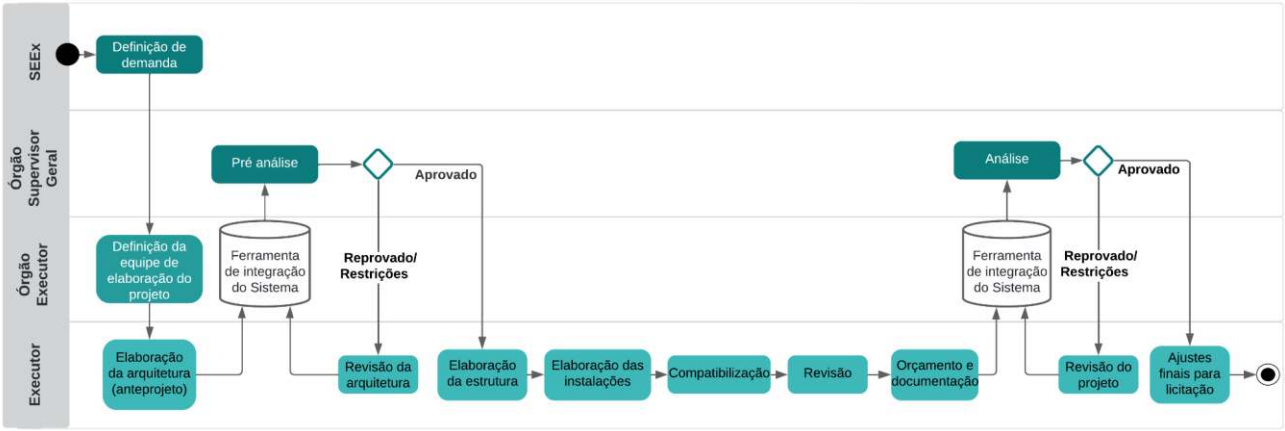
Fonte: elaborado pelos autores com o uso da ferramenta Lucidchart (https://lucidchart.com)

Um diagrama de atividade é essencialmente um fluxograma que representa um fluxo de comportamentos funcionais em um sistema (SysML, 2024). Portanto, após identificar os agentes envolvidos no esboço de contexto e o relacionamento, atributo e métodos entre as classes do sistema, a elaboração do diagrama de atividades do processo é simplificada.

Atualmente, o processo de aprovação de projetos, no ambiente já definido, pode ser sintetizado com as ações de quatro atores: SEEx, Supervisor, Órgão Executor e Executor.

Conforme apresentado na Figura 5, todo o processo inicia com a Definição da Demanda pelo SEEx. Então o Órgão Executor define a equipe e inicia a execução do projeto. Inicialmente é preparado apenas o anteprojeto de arquitetura que passa pela chamada pré-análise do Órgão Supervisor Geral; os dados e documentos transitam pela ferramenta integrada do SEEx. Após aprovação desta etapa, faz-se as demais disciplinas, de forma linear e pouco colaborativa, já identificado no esboço de contexto. A última tarefa do projeto é a elaboração do orçamento e após seu fechamento, o projeto todo passa pela análise do Órgão Supervisor Geral; estando aprovado, está liberado para licitação.

Figura 5 – Diagrama de Atividades do Processo *As Is*



Fonte: elaborado pelos autores com o uso da ferramenta Lucidchart

4.2 Estudo de caso

No contexto da disciplina de Introdução ao BIM, parte do curso de pós-graduação, desenvolveu-se o projeto da nova sede do Arquivo Histórico do Exército, Figura 6.

Figura 6 - Projeto da nova sede do Arquivo Histórico do Exército



Fonte: elaborado pelos autores e demais discentes de pós-graduação na disciplina Introdução ao BIM em 2024/1

O modelo de arquitetura da edificação já havia sido elaborado, no entanto, faltava a elaboração das demais disciplinas. Portanto, para complementar o projeto, foi necessário executar o projeto de estruturas e fundações, instalações hidrossanitárias, instalações elétricas, sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, cabeamento estruturado, proteção contra incêndio, elevadores e climatização. Além disso, foram apresentados o orçamento do projeto e uma simulação do planejamento de execução.

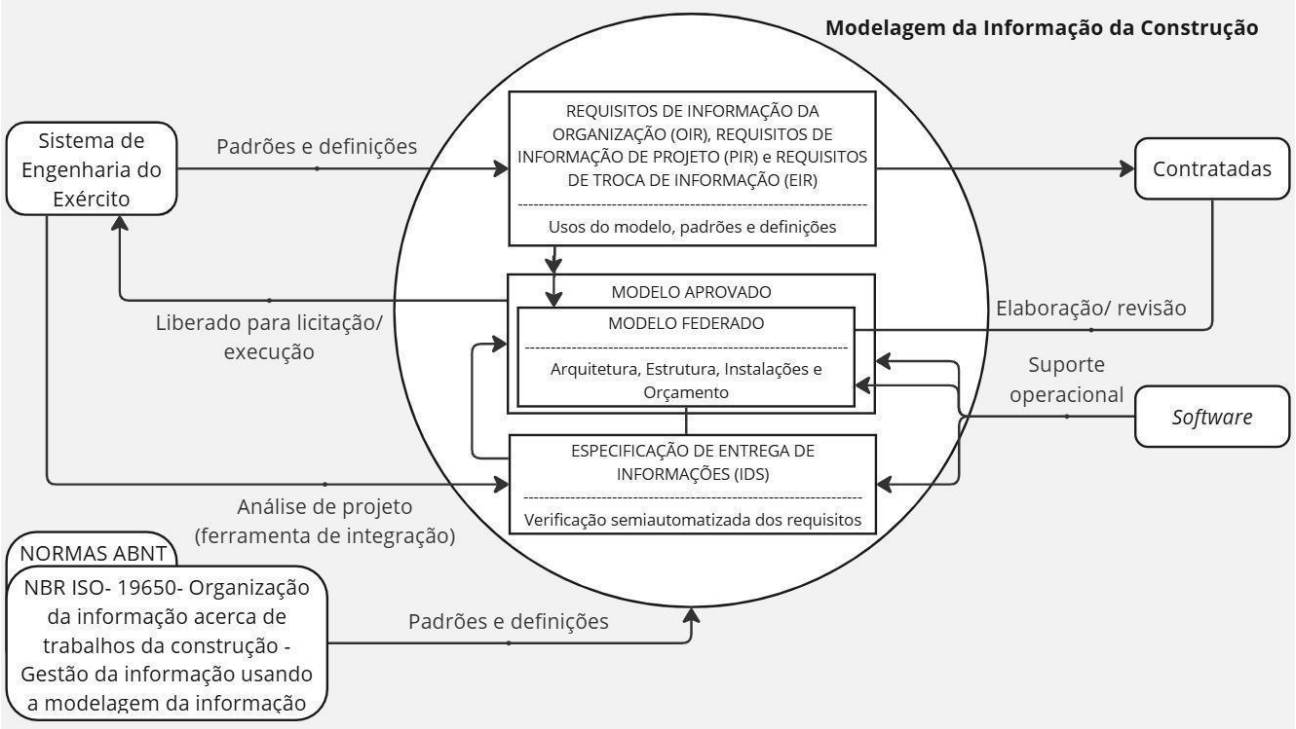
A realização deste trabalho permitiu a implementação de um processo colaborativo, conforme as premissas do BIM, a aprendizagem sobre modelagem, a verificação de interferências, o emprego de um ambiente comum de dados, entre outras atividades. Durante a execução, foram encontradas diversas dificuldades, tais como a necessidade de realizar verificações contínuas do projeto e do modelo federado a partir das entregas parciais, a insuficiente familiaridade e entendimento das funções do ambiente comum de dados e a escassa definição de requisitos e padronizações. Como resultado desse estudo de caso, nota-se, de maneira geral, que a falta de formalização do processo com a aplicação do BIM foi um dos principais obstáculos enfrentados. Os problemas encontrados foram sanados apenas na realização deste artigo com o emprego dos conceitos e ferramentas de engenharia de sistemas.

4.3 Proposta do Processo *To Be*

No Processo *To Be*, os agentes envolvidos são os mesmos do processo *As Is*, como indica a Figura 7. No entanto, há diferenças: os softwares, que dão o suporte operacional, agora são software totalmente diferentes e adaptados ao emprego do BIM; e dentre as normas ABNT, destaca-se a NBR ISO 19650.

Nesse processo, os requisitos de informação da organização, de projeto e os requisitos de troca de informação devem ser definidos antes de se iniciar o projeto e ser repassados aos executores. Ainda, há a verificação semiautomatizada do atendimento a esses requisitos.

Figura 7 – Esboço do Contexto do Processo *To Be*



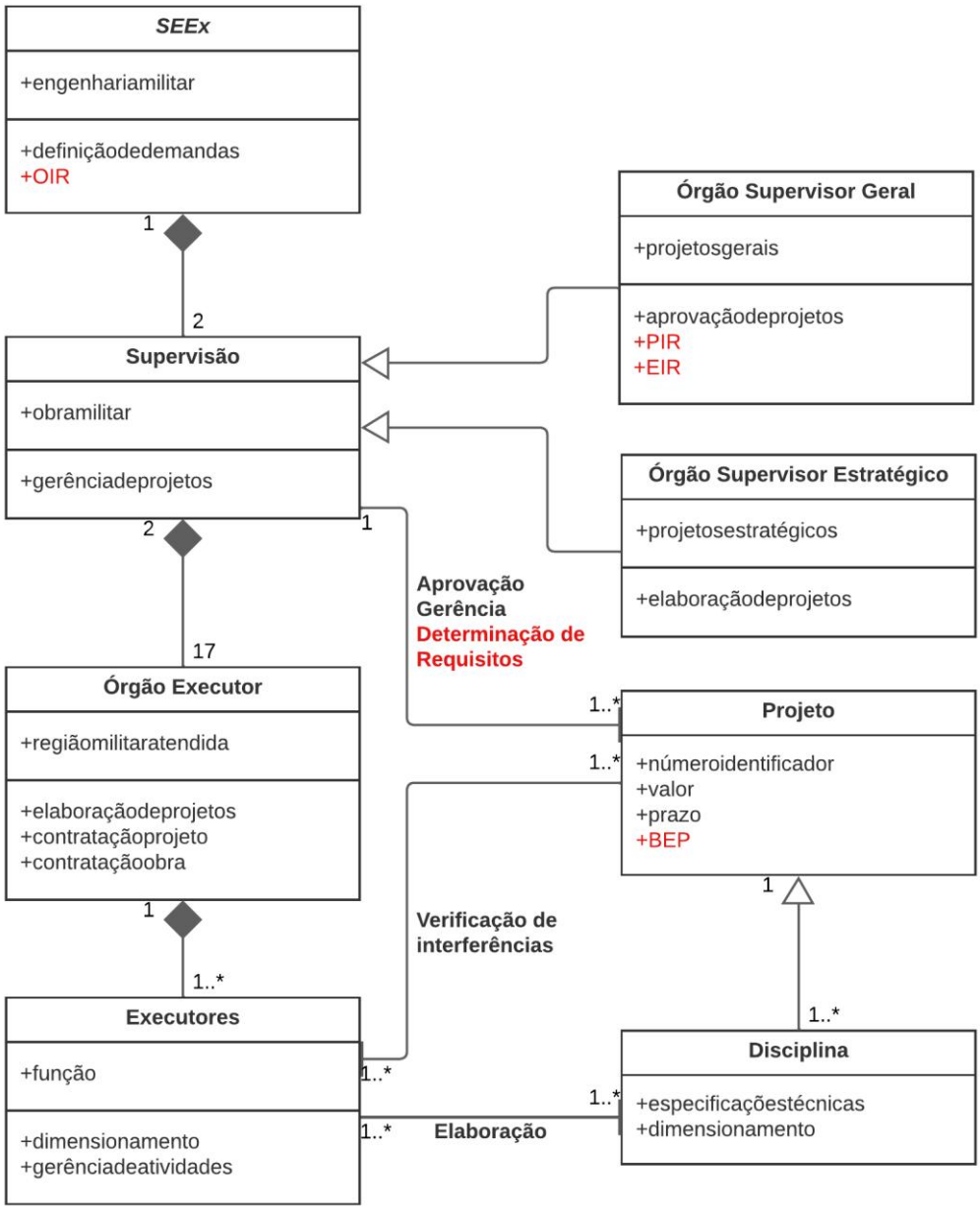
Fonte: elaborado pelos autores com uso da ferramenta Miro

Em comparação ao processo como é hoje, no diagrama de classes do processo *To Be*, não se observou a demanda de criação ou omissão de classes. As diferenças estão presentes apenas nos métodos e no relacionamento entre classes - Figura 8.

Conforme indica a NBR ISO 19650, os processos que empregam o BIM têm seus requisitos de informação definidos. No contexto do SEEx e levando em consideração o nível de informação, os Requisitos de Informação da Organização (OIR) devem ser determinados por competência do mais alto grau de hierarquia do Sistema. Os Requisitos de Informação de Projeto (PIR) e os Requisitos de Troca de Informação (EIR) devem ser estabelecidos em nível Supervisão, podendo ser delegados aos Órgãos Executores.

Cada projeto, que emprega o BIM, precisa registrar o seu Plano de Execução BIM (BEP), obedecendo aos requisitos determinados pelos demais entes.

Figura 8 – Diagrama de Classes do Processo *To Be*



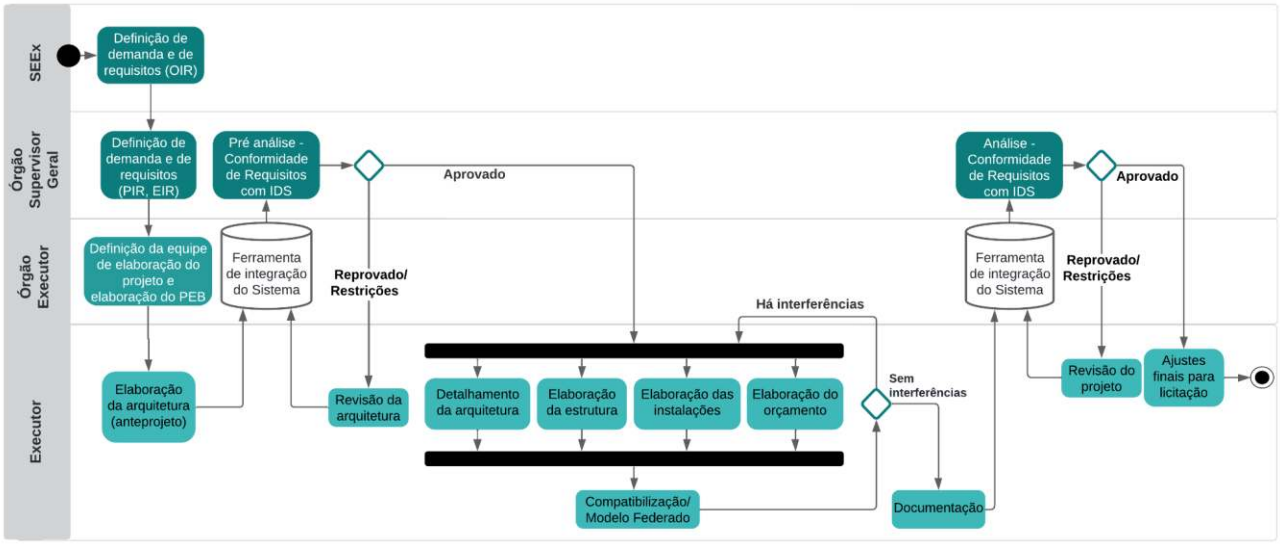
Fonte: elaborado pelos autores com o uso da ferramenta Lucidchart

Segundo já indicado no esboço de contexto e no diagrama de classes, faz parte do processo a definição de requisitos, por onde inicia-se o processo de elaboração e, consequentemente, de aprovação de projetos.

Na Figura 9, as etapas de Pré-Análise e Análise podem ser mantidas, sendo parte de exigências internas do SEEx, e não interferem na implementação do BIM. Assim, como pode ser mantida a transmissão dos dados e documentos pela ferramenta de integração do Sistema nesses passos.

No entanto, altera-se significativamente as ações do ator Executor. A elaboração do projeto não pode ser mantida linear, passando a ser um trabalho colaborativo com verificações de interferências frequentes e presentes desde o início da elaboração. Portanto, conforme já comentado no esboço de contexto, para que haja a colaboração constante entre os engenheiros e arquitetos, os softwares são outros e devem permitir essa interação.

Figura 9 – Diagrama de Atividades do Processo *To Be*



Fonte: elaborado pelos autores com o uso da ferramenta Lucidchart

5 DISCUSSÃO

A adoção dos fundamentos e dos instrumentos da Engenharia de Sistemas para identificar o esboço de contexto, o diagrama de classes e o diagrama de atividades para o processo de aprovação de projetos de obras no Sistema de Engenharia do Exército atualmente e para propor um processo com a aplicação do BIM demonstrou-se satisfatória, além de estar alinhada com Hitchins (2008). Os diagramas de classes representam de forma clara a estrutura de um sistema, pois modelam suas classes, atributos, operações e as relações entre os objetos. Assim, a utilização dos diagramas permitiu compreender a dinâmica do processo de aprovação, conforme sugerido por Otranto et al. (2024), que empregaram o SysML para melhorar o desempenho de equipes em ambiente BIM. Também permitiu registrar as atividades das etapas do processo To Be para que seja compreensível e replicável, assim como pode garantir que o processo seja executado de forma consistente e consciente em outros experimentos.

Em complemento ao que já foi destacado durante a exposição dos dois processos, pode-se sintetizar a comparação entre eles nos seguintes pontos:

- Nível SEEx/Órgãos Supervisores: no processo *To Be*, passa a ter a definição dos requisitos (OIR, PIR, EIR) no início do processo, e durante as análises tem-se a verificação semiautomatizada, através do IDS;
- Nível Órgão Executor: no processo *To Be*, passa a ter a elaboração do Plano de Execução BIM (BEP);
- Nível Executor: no processo *To Be*, passa a utilizar um CDE, onde são compartilhados os arquivos IFC de cada disciplina, facilitando a compatibilização. Quando há interferências, podem ser gerados os BCF, que auxiliam a comunicação para a realização dos ajustes necessários. A elaboração dos projetos deixa de ser linear, passando a ser um trabalho colaborativo.

Mudanças nos processos já consolidados em uma organização provocam uma quebra de paradigma no comportamento dos profissionais e nas atividades que são desenvolvidas. Mesmo com dificuldades inerentes à implantação do BIM, a proposição do processo To Be está em consonância com os pilares do BIM descritos pela ABDI (2017b), principalmente no que tange à integração de pessoas, processos e tecnologia. Outrossim, as iniciativas pontuais promovidas por meio dos órgãos executores sem uma definição de requisitos pelos órgãos setoriais prejudicaram a padronização dos processos. Com isso, durante o exemplo de aplicação do processo To Be, foi necessário realizar diversos testes a fim de chegar em um processo padronizado, com demasiado consumo de tempo de trabalho dos projetistas.

Adicionalmente, outras dificuldades encontradas foram a falta de familiaridade dos colaboradores com as novas tecnologias, com a cultura de indicação de interferência no CDE, bem como a necessidade de realizar entregas parciais, para realização de verificações contínuas nos modelos federados. A resistência à mudança e a falta de capacitação identificadas no estudo de caso também são apontadas por Succar (2009) como

obstáculos à maturidade organizacional para adoção do BIM. Isto ilustra a necessidade de um plano de capacitação da mão de obra, de aquisição de software e atualizações de hardware.

Observa-se, ainda, que a inserção do CDE e a definição prévia de requisitos, conforme a NBR ISO 19650, respondem às lacunas apontadas por Miceli Junior (2019), que já havia indicado a ausência de padronização nos fluxos de informação dentro do Sistema de Obras Militares. Por fim, este artigo avança, em comparação aos outros trabalhos citados, ao defender o uso de formatos abertos (IFC, BCF, IDS) como facilitadores da interoperabilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação do BIM em uma organização acarreta mudanças nos processos internos. No âmbito do Exército Brasileiro, as alterações propostas na forma de aprovação dos projetos de obras incluem atribuições para os órgãos gerenciais como a necessidade de estabelecimento dos Requisitos de Informação da Organização (OIR) no contexto do Sistema de Engenharia do Exército, bem como a padronização dos Requisitos de Informação de Projetos (PIR) e de troca de informações (EIR) pela supervisão. Já os órgãos executores ficam responsáveis pela elaboração do Plano de Execução BIM (BEP), alinhado aos documentos produzidos em nível superior.

Com o presente projeto exploratório, foi possível observar como a Engenharia de Sistemas pode ser utilizada para identificar os agentes envolvidos, mapear os processos, compreender a visão geral dos esquemas de uma aplicação e identificar as necessidades específicas do sistema. Isto permitiu fazer a proposição de um processo de aprovação de projetos de obras militares alinhado à utilização do BIM, com os potenciais benefícios:

- adoção da norma NBR ISO 19650 na padronização dos processos;
- automação da verificação de conformidade de requisitos;
- menor tempo de análise dos projetos;
- diminuição da quantidade de analistas;
- projetos com melhor planejamento, melhor atendendo às demandas do EB.

Como sugestões para trabalhos futuros, semelhante ao trabalho desenvolvido, propõe-se a modelagem do processo de aprovação de projetos de obras de infraestrutura, as quais são gerenciadas por outro órgão supervisor. Dessa forma, todos os projetos de engenharia de construção teriam seus processos de aprovação identificados, o que contribui para o desenvolvimento e gestão do SEEx.

Ainda sobre a gestão, a modelagem dos processos de fiscalização e de execução de obras no contexto do BIM, é uma tarefa valiosa. Outra sugestão é a implementação computacional de um ambiente comum de dados para projetos dentro da atual ferramenta de integração, o que pode trazer uma contribuição considerável com relação à segurança da informação.

Por fim, a identificação da necessidade de capacitação para implementação dos novos processos no contexto do BIM e proposta para garantir o nivelamento do conhecimento garantiria o aproveitamento dos benefícios do BIM.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília: ABDI, 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. O processo de projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília: ABDI, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 19650-1:2022: Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção. Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 19650-2:2022: Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção. Parte 2: Fase de entrega de ativos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BRASIL. Decreto n° 10.306, de 2 de abril de 2020. Regulamenta a Lei n° 13.869, de 5 de setembro de 2019. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm>. Acesso em: 28 nov. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Secretaria de Desenvolvimento Industrial, Inovação, Comércio e Serviços. Secretaria Executiva do Comitê Gestor da Estratégia BIM BR. Plano de Trabalho NOVA BIM BR. 2024.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. What is openBIM? Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>. Acesso em: 06 nov. 2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016.

HITCHINS, D. K. Systems Engineering: A 21st Century Systems Methodology. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.

INCOSE. System and SE definitions. Disponível em: <https://www.incose.org/about-systems-engineering/system-and-se-definitions> Acesso em: 31 out. 2024.

MICELI JUNIOR, Giuseppe. Modelagem de Informação da Construção para Gestão de Projetos de Obra de Infraestrutura de Defesa (Tese de Doutorado em Engenharia de Defesa). Rio de Janeiro: IME, 2019.

MICELI JUNIOR, Giuseppe, TEIXEIRA, André Cruz. Relatório Final. 2016. 29 folhas. Trabalho de Pós-Graduação - Disciplina de Tópicos Especiais em Engenharia de Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2016.

MOURA, Rebeca Viana Alencar Rodrigues. MICELI JUNIOR, Giuseppe, PELLANDA, Paulo César. Integração openBIM de modelo e orçamento com o sistema nacional de classificação da informação: uma proposta de fluxo de trabalho interoperável e colaborativo. Gestão & Tecnologia de Projetos. São Carlos, v19, n2, 2024. https://doi.org/10.11606/gtp.v19i2.226681

OTRANTO, Rafael Barbosa; NIELSEN, Otto Araujo; FERNANDES, Alexandre Justino Omine; MOURA, Rebeca Viana Alencar Rodrigues; MICELI JUNIOR, Giuseppe; GARCEZ, Cicero Roberto. Modelo federado BIM: proposta de processo e estudos de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–13. DOI: 10.46421/entac.v20i1.6037.

SYSML. What is SysML? Disponível em: <https://sysml.org/sysml-faq/what-is-sysml.html> Acesso em: 31 out. 2024.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, Maryland, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

UML. UML Official Website. Disponível em: <https://www.uml.org/>. Acesso em: 31 out. 2024.