

Criação de um processo de auditoria de modelos BIM visando os usos dos modelos pretendidos

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.164.1>

**Camila Joko¹, Luis Tomaz²,
Gabriella Queiroz³, Paula Mota⁴**

¹ *SIPPRO, São Paulo – SP, 0009-0004-7043-1225*

² *SIPPRO, Porto – PT, Cidade 2, 0009-0001-5466-8597*

³ *SIPPRO, Goiânia – GO, 0009-0008-9647-1718*

⁴ *SIPPRO, Birmingham – UK, 0000-0001-7559-8455*

Resumo

A busca para garantir que as informações inseridas no modelo BIM estejam corretas, faz com que os coordenadores e gestores de projetos estabeleçam processos de auditoria para controle de qualidade da informação. A necessidade de conduzir auditorias emerge principalmente quando se encontra baixa qualidade das informações atribuídas ao modelo BIM, podendo ser classificadas como informações incorretas, informações faltantes e informações inseridas de forma equivocada. Além disso, a prática dos coordenadores e gestores de projetos de realizar auditorias nos modelos BIM antes da aplicação dos usos do modelo, ajuda a reduzir a quantidade de inconsistências e conflitos encontrados. O presente artigo tem o objetivo de apresentar diferentes processos de auditorias dos modelos BIM que envolvem listas de verificação, ferramentas de visualização e apresentação das sugestões de melhoria no processo de modelagem, aplicados em três projetos reais. Para cada projeto, serão expostas as ferramentas utilizadas para a realização da auditoria, o fluxo do processo aplicado e os benefícios alcançados em cada situação. Como resultado, obteve-se uma lista de verificação base com itens a serem analisados na auditoria, bem como um fluxo ideal do processo BIM visando a fase de projeto. Como conclusão, observou-se que o registro de lições aprendidas e a busca pela melhoria contínua dos processos de auditoria aumentaram a produtividade e reduziu o tempo gasto durante a análise dos modelos BIM. Além disso, sugere-se melhorias futuras para aplicação das auditorias, levando em consideração a automatização do processo.

1. Introdução

Uma das características do *Building Information Modelling* (BIM) é a integração da gestão de informações dos projetos com a gestão de dados inseridos no modelo. Com a alta quantidade de informações trocadas durante o processo de projeto, surge a necessidade de garantir a precisão e confiabilidade dessas informações [1]. A partir desse cenário, coordenadores e gestores de projetos adotam processos de auditoria como uma prática para o controle de qualidade das informações, para a detecção de conflitos geométricos e para a supervisão da qualidade do projeto por meio do modelo BIM [2]. Essas auditorias são realizadas através de listas de verificações que contém: (i) itens gerais, considerando os documentos BIM como: *Exchange Information Requirements* (EIR), *BIM Execution Plan* (BEP), *Asset Information Requirements* (AIR), entre outros [1], e (ii) itens específicos por uso do modelo aplicado, que representa as interações entre o usuário e o modelo BIM para gerar resultados [3].

Dessa forma, as auditorias a partir de listas de verificações são vistas como estratégias para detectar informações incorretas, ausentes ou inseridas de maneira errada antes da aplicação dos usos do modelo, pois a falta de informações precisas e atualizadas pode afetar negativamente a eficácia do projeto [4]. Ou seja, ao identificar e corrigir falhas na informação antes da aplicação dos usos do modelo, é possível garantir precisão e alinhamento com as especificações do projeto, evitando erros e retrabalhos que poderiam aumentar os custos e atrasar o cronograma da construção [1].

Portanto, esse artigo tem como objetivo apresentar diferentes processos de auditorias dos modelos BIM que envolvem listas de verificação, ferramentas de visualização e apresentação das sugestões de melhoria no processo de modelagem, aplicados em três projetos reais.

2. Método

O método utilizado para o desenvolvimento desse artigo foi o estudo de caso. De acordo com [5], esse método “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. Foram analisados três projetos que precisaram incorporar a prática de controle de qualidade no modelo antes da detecção de conflitos. Ainda baseado [5], as etapas do método foram seguidas da forma: a etapa (i) de formulação do problema foi caracterizada na introdução uma vez que se percebe que há a necessidade de um maior controle de qualidade das informações inseridas nos modelos BIM. Esse problema pode ser resolvido com a estruturação de auditorias visando ajustar os dados dos modelos antes da detecção de conflitos. A etapa (ii) de definição dos projetos consta com a caracterização dos projetos analisados. A etapa (iii) de coleta de dados foi feita a partir do recebimento de projetos técnicos e dados cedidos pela empresa SIPPRO. Por fim, na etapa (iv) de análise dos dados houve o estudo de como cada processo de projeto aconteceu. As etapas (ii), (iii) e (iv) serão detalhadas a seguir.

3. Resultados

O Quadro 1 apresenta as características de cada projeto, em termos de tipo do empreendimento, área construída, quantidade de torres e de pavimentos, quantidade de disciplinas modeladas em ferramentas BIM, existência de documentação inicial de modelagem, usos dos modelos aplicados, ferramentas utilizadas, ambiente comum de dados associado, formato e frequência das auditorias.

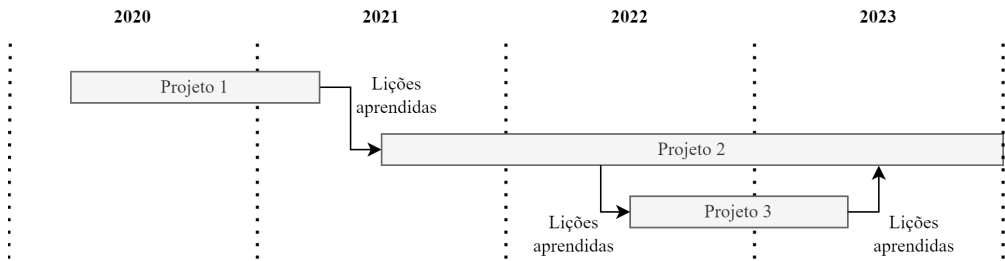
Quadro 1: Caracterização dos projetos

Características	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3
Tipo	Residencial	Misto	Residencial
Área construída	28.622,68 m ²	59.803,06 m ²	31.585,60 m ²
Quantidade de torres	1	2	1
Quantidade de pavimentos	32	Torre 1: 33 Torre 2: 26	32
Equipe envolvida no processo	Incorporadora Construtora Gestor de projeto Coordenação BIM Projetista	Incorporadora Usuário final Gestor de projeto Coordenação BIM Projetista	Incorporadora Construtora Coordenação BIM Projetista Modelador BIM
Disciplinas em BIM	13	24	12
Documentos BIM existentes no processo	BEP BIM mandate Livro de estilos Caderno de encargo	BEP Diretrizes de modelagem Guia de colaboração AIR	EIR BEP Diretrizes de modelagem
Usos modelo auditados	Autoria de projeto Detecção de conflitos Documentação técnica	Autoria de projeto Detecção de conflitos Extração de quantidades Estimativa de custos Documentação técnica Gestão de ativos	Autoria de projeto Detecção de conflitos Extração de quantidades Estimativa de custo Documentação técnica Simulação construtiva
Software de autoria	Autodesk Revit	Autodesk Revit Graphisoft Archicad	Autodesk Revit
Frequência da auditoria	1 vez por fase	2 vezes por fase	1 vez por fase

Durante o processo das auditorias, percebeu-se o baixo uso de padrões abertos como o *Industry Foundation Classes* (IFC) e o *Information Delivery Specification* (IDS). Esses padrões abertos possuem o objetivo de auxiliar na definição dos requisitos de troca, trazendo transparência entre a equipe. Por exemplo, o IFC é um padrão capaz de ser utilizado em uma ampla variedade de *hardware*, *software* e interfaces diferentes. Já o IDS garante uma especificação de requisitos precisas, incluindo materiais, classificações, dependência de objetos entre outras propriedades. Justifica-se o baixo uso desses padrões abertos pois a maturidade BIM das empresas envolvidas nos projetos 1 e 3 era limitada e consideravam apenas opções proprietárias.

Os três projetos analisados foram desenvolvidos em momentos distintos conforme apresentado na Figura 1. Isso proporcionou a aplicação de lições aprendidas entre os projetos, o que trouxe a melhoria contínua do processo de auditoria.

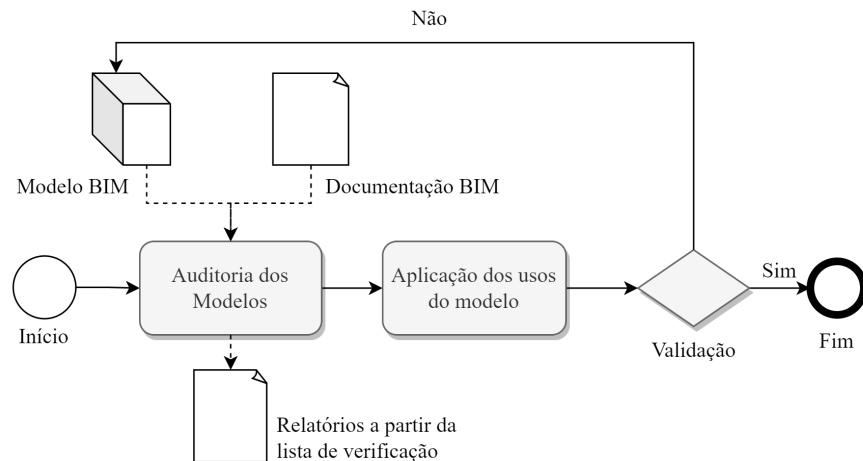
Figura 1
Linha do tempo de desenvolvimento dos projetos.



3.1. Análise do processo do Projeto 1

O Projeto 1 teve a característica de ser o primeiro projeto em BIM de uma empresa que estava implantando o BIM em 2020. Com isso, apenas três usos de modelo foram aplicados durante a fase de projeto (autoria do projeto, detecção de conflitos e documentação técnica). Por ser uma experiência inicial, a coordenação BIM gerou as auditorias dos modelos na ferramenta Microsoft Excel, por meio de relatórios. A auditoria apresentou análises de requisitos geométricos e de informação para garantir a qualidade das informações visando os usos do modelo aplicados de acordo com [3]. A Figura 2 apresenta o fluxo do da auditoria. Esse fluxo foi cíclico para cada fase de projeto.

Figura 2
Fluxo do processo de auditoria do Projeto 1.



A partir do fluxo acima, é visto que o processo de auditoria iniciou após a emissão de modelos e documentações BIM. A partir da lista de verificação foi possível gerar relatórios com comentários de auditoria dos modelos visando a melhoria do projeto.

A lista de verificação desenvolvida para o Projeto 1 foi individual de cada disciplina, que validou se o modelo atende aos usos estabelecidos nos documentos BIM

iniciais, como o BEP, Livro de Estilos e Caderno de Encargos. A primeira parte da lista autenticou o modelo quanto ao BEP, validando as estratégias e os processos BIM no projeto, as características e definições gerais como: informações do projeto, nível de desenvolvimento, a estrutura do modelo com as devidas nomenclaturas de tipo e material, subdivisão dos modelos, coordenadas, sistemas de unidades e integridade das informações. A segunda parte da lista foi direcionada ao método de modelagem para verificar se atendiam às premissas de modelagem por objeto, atendendo as definições específicas por fase do projeto, bem como as propriedades e parâmetros estabelecidos no Livro de Estilos da construtora. Por fim a terceira parte confirmou se as premissas construtivas estavam sendo aplicadas na modelagem, de acordo com o Caderno de Encargos. Ademais, por conta do prazo curto do cronograma de projetos, não houve uma espera de respostas dos projetistas antes da aplicação dos usos do modelo.

Como resultado, o Projeto 1 teve o cadastramento de 41 relatórios de auditoria, em que cada projetista era responsável por realizar os ajustes e inserções de informações conforme solicitação. Ao final da fase de projeto, houve o total de 159 comentários, sendo 90% atendidos, o que resultou em modelos e documentações técnicas consolidadas para serem utilizados em fase de obra.

3.2. Análise do processo do Projeto 2

O Projeto 2 foi o maior e o mais complexo dos três projetos analisados. A empresa contratante já possuía um histórico de projetos em BIM, o que possibilitou a aplicação de 15 usos do modelo durante a fase de projeto. Contudo, apenas seis usos foram envolvidos no processo de auditoria. Pela experiência da empresa já existente, o Projeto 2 trouxe o uso de uma plataforma colaborativa BIM para troca de comentários das auditorias. A plataforma usada foi a Dalux BIM Viewer. A Figura 3 apresenta o fluxo do processo de auditoria cíclico por fase de projeto, executado no Projeto 2.

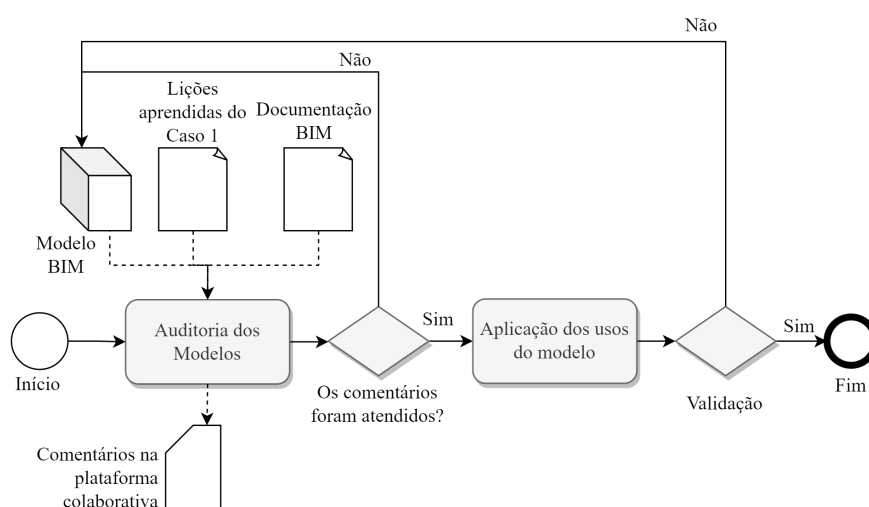


Figura 3
Fluxograma do processo de auditoria do Projeto 2.

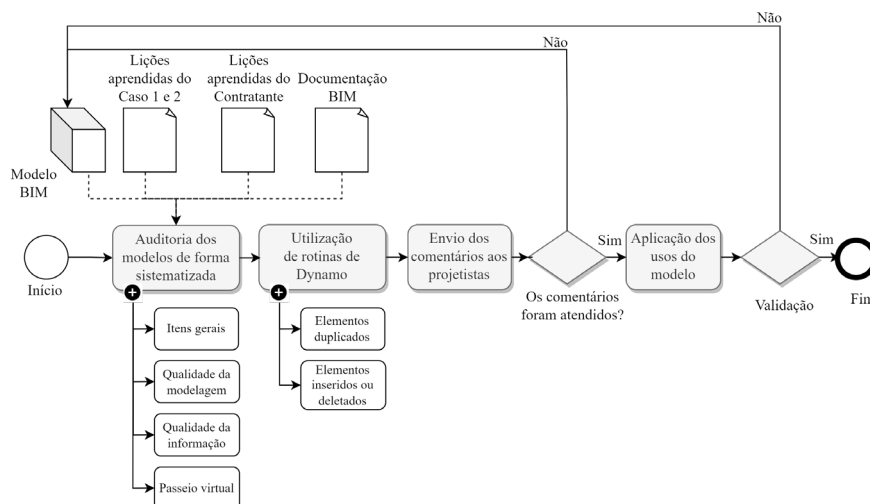
Como visto do fluxo acima, com o recebimento das lições aprendidas no Projeto 1, o Projeto 2 apresentou um avanço no processo, uma vez que utilizou uma plataforma colaborativa. Essa plataforma recebia os modelos BIM e os comentários, facilitando a integração de mais projetistas no processo. Dessa forma, a comunicação e reuniões de compatibilização foram feitas através da plataforma colaborativa, mantendo um histórico de respostas e ações realizadas durante todo o processo de projeto, pois todos da equipe possuíam acesso à plataforma. Outra melhoria percebida foi a execução de uma validação entre a atividade de auditoria e a aplicação dos usos do modelo. Isso proporcionou uma redução das inconsistências encontradas, evitando retrabalho e excesso de comentários de conflitos.

Em relação à lista de verificação aplicada, alguns itens foram sintetizados e objetivados, como por exemplo nomenclatura, parâmetros e informações semânticas dos objetos BIM. Além disso, novos itens incorporados possuíam um foco na qualidade do modelo, independente da ferramenta de autoria utilizada visando os diversos usos do modelo aplicados no projeto. Como resultado, o Projeto 2 produziu em 236 comentários de auditoria com atendimento de 95% até o início da fase de construção. Quando o Projeto 2 incorporou as lições aprendidas do Projeto 3, foi visto uma maior quantidade de benefícios entre interação da equipe, sistematização do processo, redução de tempo do fluxo e comunicação rápida, justificando o melhor resultado do Projeto 2.

3.3 Análise do processo do Projeto 3

O Projeto 3 aconteceu no mesmo período do Projeto 2 e a empresa contratante já trabalhava com BIM e possuía processos já amadurecidos. Isso fez com que o fluxo aplicado no Projeto 3 contemplasse tanto as lições aprendidas da empresa contratante, como as da empresa de consultoria BIM. A modelagem dos projetos foi feita por uma empresa específica para essa finalidade, pois no período da contratação dos projetistas, não foi solicitado que os projetos fossem feitos em BIM. A Figura 4 apresenta o fluxo do processo de auditoria cíclico por fase de projeto, executado no Projeto 3.

Figura 4
Fluxograma do processo de auditoria do Projeto 3.



Diferente do ocorrido no Projeto 2, a empresa contratante do Projeto 3 restringiu o acesso dos projetistas à plataforma colaborativa. Assim, o processo possuiu uma atividade extra, na qual a empresa contratante enviava aos projetistas os comentários de auditoria. Essa atividade ocorreu pelo fato de que o projetista não possuía acesso em tempo real à troca de informações dos comentários pela plataforma colaborativa. Essa atividade extra resultou em um ciclo de auditoria mais demorado se comparado ao Projeto 2.

Com a finalidade de reduzir o tempo do ciclo das auditorias, a empresa contratante criou uma sistematização para agrupamento dos itens de auditoria, como: itens gerais, qualidade da modelagem, qualidade da informação e o passeio virtual buscando inconsistências entre a própria disciplina. Os itens gerais englobavam questionamentos sobre a versão de *software*, coordenadas e unidades de medida. A qualidade de modelagem consistiu em verificações como limpeza de elementos não utilizados e arquivos importados, elementos duplicados, categorias dos objetos e restrições e geometria do objeto. A qualidade das informações era verificada através de tabelas e filtros com cores e transparências que permitiam uma rápida identificação de nomenclaturas, informações não geométricas em parâmetros. Por fim, o passeio virtual focava em visualizar elementos soltos ou desconectados, ou não pertencentes à divisão da disciplina, além de inconsistências de projeto e modelagem.

Além da sistematização da auditoria, o Projeto 3 proporcionou a utilização de duas rotinas de automatização via Dynamo para dar agilidade às verificações. A primeira rotina verificou e listou em tabela os elementos duplicados e seus respectivos *Element Ids*. Já a segunda rotina indicou, por cores na vista 3D, elementos novos que foram inseridos ou elementos que foram excluídos ao comparar uma revisão com outra mais recente do modelo. Essas rotinas otimizaram o tempo de execução da auditoria e ajudaram os projetistas para a realização dos ajustes solicitados.

Com isso, a partir das lições aprendidas do Projeto 3, foi possível melhorar o fluxo do Projeto 2 que, no momento, ainda estava ocorrendo. Ou seja, as ações de otimização do processo da auditoria foram incorporadas, havendo a adaptação e atualização da lista de verificação, e a inserção das rotinas de Dynamo.

Como resultado, o Projeto 3 promoveu 92 comentários de auditoria, com atendimento de 70% até o início da fase de construção.

3.4. Lista de verificação e fluxo ideal

O processo de auditoria contínua nos projetos foi benéfico em todos os projetos apresentados, uma vez que, antes da aplicação de múltiplos usos, os modelos foram verificados quanto à sua integridade e cumprimento dos requisitos apontados na documentação BIM. Dos benefícios encontrados, destacam-se: (i) comunicação e colaboração mais ativa entre a equipe; (ii) maior compreensão das inconsistências dos projetos; (iii) retorno rápido com as respostas dos comentários para liberação do projeto; (iv) melhoria contínua do projeto através de discussões colaborativas;

(v) diminuição da quantidade de inconsistências encontradas durante a aplicação dos usos do modelos; (vi) redução do retrabalho por parte dos projetistas.

Além disso, a partir da análise dos itens de auditoria dos projetos citados, percebeu-se que as demandas essenciais ainda no início do processo de projeto foram: (i) a solicitação de ajuste de coordenadas iniciais antes da realização da detecção de conflitos; (ii) a identificação de objetos duplicados, evitando o alto número de comentários na detecção de conflitos; (iii) a solicitação para inserção de especificações conforme memorial descritivo antes da extração de quantitativos; e (iv) a solicitação de ajuste de prumadas de paredes separadas por pavimento para atender a simulação construtiva.

Com essas constatações, foi possível obter uma estrutura básica da lista de verificações para atender aos requisitos principais dos usos do modelo mais requisitados, como autoria de projeto, detecção de conflitos, documentação técnica, extração de quantidades, estimativa de custo, simulação construtiva e gestão de ativos. O Quadro 2 apresenta essa estrutura básica que deve ser utilizada como padrão e adaptada sempre que necessário para as diferentes situações de projetos

Quadro 2: Estrutura básica da lista de verificações

N.	Tipo de análise	Itens a serem analisados
1	Geral	Os modelos estão sendo entregues na versão correta?
2	Geral	Os níveis/elevações estão de acordo com o solicitado?
3	Geral	O sistema de unidades está de acordo com o solicitado?
4	Geral	O sistema de coordenadas está de acordo com o solicitado?
5	Modelagem	O <i>purge</i> foi aplicado?
6	Modelagem	Foram excluídos links, referencias e elementos temporários?
7	Modelagem	Os ambientes foram mantidos conforme solicitados?
8	Modelagem	Os tipos das categorias foram mantidos conforme solicitados?
9	Modelagem	A duplicidade de elementos/objetos e informações foi evitada?
10	Modelagem	Os elementos estão associados aos níveis correspondentes?
11	Modelagem	O modelo contém a geometria para extração de quantitativos?
12	Modelagem	Modelo foi feito para simular a sequência construtiva?
13	Informação	A nomenclatura do arquivo está de acordo com o solicitado?
14	Informação	Todos os elementos estão com a nomenclatura definida?
15	Informação	O modelo contém as informações para extração de quantitativos?
16	Informação	O modelo contém as informações para a simulação construtiva?
17	Informação	O modelo contém as informações para a gestão de ativos?
18	Passeio virtual	O conflito entre a própria disciplina foi evitado?
19	Passeio virtual	Elementos soltos no modelo foram evitados?
20	Passeio virtual	O modelo contém apenas os elementos da disciplina?

Visando o fluxo ideal de auditoria, acredita-se que a adaptação do fluxo do Projeto 2 com o fluxo do Projeto 3 é a situação ideal de processo, pois a comunicação, colaboração, tempo e custo foram otimizados da melhor forma. A Figura 5 apresenta o fluxo ideal.

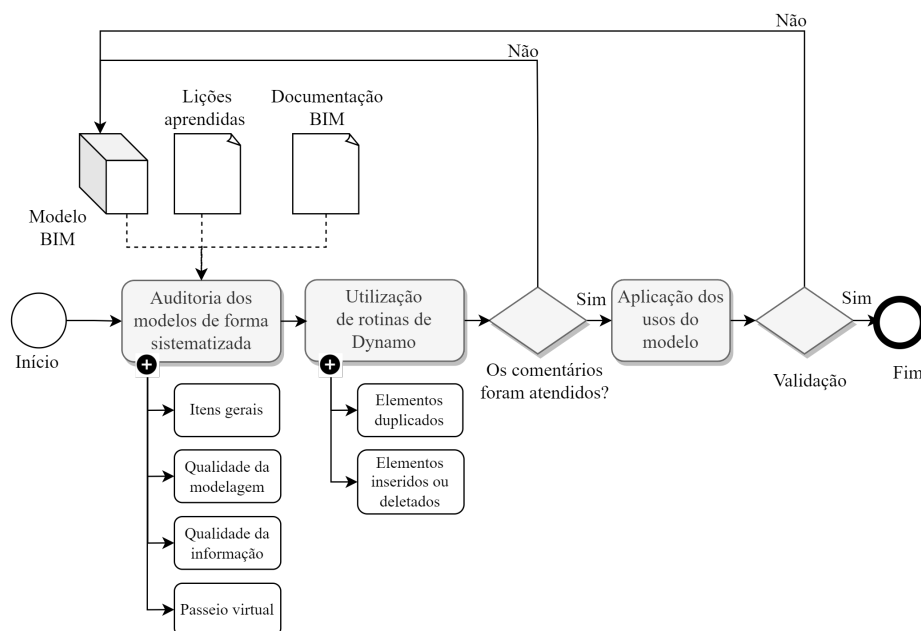


Figura 5
Fluxo ideal de auditoria.

4. Conclusão

Esse artigo apresentou diferentes processos de auditorias dos modelos BIM que envolveram listas de verificação, ferramentas de visualização e apresentação das sugestões de melhoria no processo de modelagem. O método de estudo de caso foi aplicado, analisando três projetos reais que incorporaram práticas de auditoria nos processos de modelagem BIM. A evolução desses projetos ao longo do tempo permitiu identificar melhorias contínuas nas auditorias, resultando em processos mais eficientes. Além disso, os resultados parciais de cada projeto revelaram que a utilização de plataformas colaborativas, a participação efetiva da equipe e a integração de lições aprendidas contribuíram significativamente para otimizar a comunicação, reduzir inconsistências e agilizar o processo de auditoria.

Ademais, a análise dos processos de auditoria resultou na identificação de itens essenciais a serem considerados nas listas de verificação, como aspectos gerais, de modelagem, de informações e passeio virtual, além da apresentação de um fluxo ideal de processo de auditoria. Esses resultados oferecem uma base adaptável para atender aos requisitos principais dos usos do modelo, contribuindo para o avanço e aprimoramento contínuo da aplicação do BIM no contexto da construção civil.

Como melhorias para um próximo processo de auditoria, sugere-se a criação de outras rotinas para automatização do processo de auditoria, buscando otimizar tempo e

custo durante o processo de projeto. Além disso, como trabalho futuro, vislumbra-se o uso de padrões internacionais abertos como o IFC e o IDS para uma melhor troca de informações na fase de operação e manutenção, especialmente no projeto 2, pois há a intenção de fazer o uso de gestão de ativos posteriormente.

Referências

- [1] L. Chen, Q. Wu, X. Xie, "Research and Application of BIM-based Specification-compliant Field Quality Management for Lean Construction," In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 267, no. 5, p. 052059, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/267/5/052059.
- [2] M.S. Raza, B.A. Tayeh, Y.I. Abu Aisheh, A.M. Maglad, "Enhancing the capabilities of project managers in applying knowledge areas in the construction industry using building information modeling (BIM)," Heliyon, vol. 9, 2023, e19697.
- [3] B. Succar, N. Saleeb, and W. Sher, "Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language," In Australasian Universities Building Education (AUBEA2016), Cairns, Australia, July 6-8, 2016. [Online]. Available: <http://bit.ly/BIMPaperA10>
- [4] Y-C. Lin, "Use of BIM approach to enhance construction interface management: a case study." In Journal of Civil Engineering and Management, v. 21, n. 2, pp. 201-217, 2015. DOI: 10.3846/13923730.2013.802730.
- [5] G. Antônio Carlos. "Como Elaborar Projetos de Pesquisa." 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.