

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

CAMILA FREITAS TAROUCO

O uso do modelo BIM e sua compatibilização na fase de execução de projetos complexos: um estudo de caso de um *data center*.

São Paulo

2025

CAMILA FREITAS TAROUCO

O uso do modelo BIM e sua compatibilização na fase de execução de projetos complexos: um estudo de caso de um *data center*

VERSÃO CORRIGIDA

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Especialista em Gestão de Projetos na Construção.

Orientadora: Prof. MSc. Karen Manneschi

São Paulo
2025

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Tarouco, Camila

O uso do modelo BIM e sua compatibilização na fase de execução de projetos complexos: um estudo de caso de um data center / C. Tarouco -- São Paulo, 2025.

95 p.

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.BIM I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

Dedico esta monografia aos colegas de profissão, e espero que eu possa contribuir de alguma forma para o aprofundamento do uso do BIM na construção civil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e minha família por tornarem alcançável esse passo na minha vida profissional.

Agradeço aos mentores e professores que participaram da minha caminhada na Engenharia Civil, na Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

Agradeço à instituição Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pela oportunidade desse estudo.

Agradeço à prof. Karen, por me orientar e auxiliar nessa jornada da Pós-Graduação.

RESUMO

TAROUCO, Camila Freitas. ***O uso do modelo BIM e sua compatibilização na fase de execução de projetos complexos: um estudo de caso de um data center.*** 2025. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

A implementação da metodologia BIM em empresas projetistas já é comum no atual mercado da construção civil. O intuito de aperfeiçoar as metodologias utilizadas, e assim melhorar a qualidade dos projetos a serem entregues, já faz parte do escopo dos projetistas. Dentro do processo do projeto, é feita a compatibilização de todas as fases e suas disciplinas, com a utilização de *softwares* BIM, até que cheguem à etapa de projeto executivo com a grande maioria das interferências encontradas, analisadas e sanadas. As informações geradas em pranchas e detalhamentos são entregues para a construtora. Do mesmo modo, é entregue o modelo BIM desenvolvido de cada disciplina, ou o modelo federado do projeto em questão. Os dados contidos nessas documentações auxiliarão a construtora a executar o empreendimento, porém, a maneira como estes dados são acessados terá um papel importante na agilidade e na confiabilidade da execução. Esta pesquisa analisa como são utilizados os modelos na etapa de construção da obra e quais são os benefícios da manipulação e extração das informações contidas nos arquivos. Além disso, avaliou-se como a bibliografia foi aplicada durante o processo desse projeto específico. O estudo de caso aplicado a um projeto de missão crítica expõe a importância do acesso aos dados de forma rápida e de fácil entendimento. Como resultado, foram expostos os benefícios e desafios da utilização dos modelos BIM na construção e no canteiro de obras.

Palavras-chave: Gestão de projetos. Processo de projeto. Metodologia BIM. Gestão da construção. Usos do BIM. O uso BIM na fase de execução. Projetos de missão crítica.

ABSTRACT

TAROUCO, Camila Freitas. ***The use of BIM modeling and coordination during the execution phase of complex projects: a data center case study***. 2025. Monograph (Specialization in Project Management in Construction) – Polytechnic School, University of São Paulo, São Paulo, 2025.

The implementation of the BIM methodology in design firms has already become common practice in today's construction industry. The goal of improving methodologies and enhancing the quality of delivered projects is now an integral part of the scope of design professionals. Within the design process, all phases and disciplines are coordinated using BIM software until the executive project stage is reached, with the vast majority of conflicts identified, analyzed, and resolved.

The information generated in drawings and detailed documentation is provided to the construction company. Similarly, the BIM model for each discipline or the federated model of the project is also delivered. The data contained in these documents assist the construction company in executing the project; however, the way these data are accessed plays a crucial role in ensuring efficiency and reliability during execution.

This research analyzes how BIM models are utilized during the construction phase and the benefits of handling and extracting information from the files. Additionally, it evaluates how the existing literature was applied throughout the design process of this specific project. The case study, applied to a critical mission project, highlights the importance of rapid and easily understandable data access. As a result, the benefits and challenges of using BIM models in construction and on-site operations were presented.

Key words: Project management. Design process. BIM Methodology. Construction management. Uses of BIM. Using BIM in the execution phase. Mission critical projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Convergência de várias fontes de evidência	17
Figura 2 – Mapa da estruturação do trabalho.....	19
Figura 3 – Processo tradicional de projeto brasileiro.....	22
Figura 4 – Fase B – Coordenação do fluxo de informações	22
Figura 5 – Comparativo dos processos.....	23
Figura 6 – Processo tradicional de projeto (exemplo internacional)	24
Figura 7 – Processo utilizando a metodologia BIM (exemplo internacional)	25
Figura 8 – Manual de escopo – Fase E – Pós-entrega do projeto	26
Figura 9 – Parte da tabela 3 – NBR 15965 – na disciplina de Construção.....	31
Figura 10 – NBR 19650 – Hierarquia dos requisitos de informação.....	32
Figura 11 – Conteúdos do BEP – Plano de Execução BIM.....	36
Figura 12 – Entregáveis e maturidade BIM	39
Figura 13 – Uso de esforço x ciclo do projeto	40
Figura 14 – Fluxo da disponibilização da documentação no CDE	41
Figura 15 – Ciclo da informação.....	42
Figura 16 – Fluxograma simplificado entre informações de time projeto e projetos de campo.....	44
Figura 17 – Processos de contratação na construção	47
Figura 18 – Modelo de negócio DBB.....	48
Figura 19 – Modelo de negócio EPC.....	48
Figura 20 – Processo de concorrência de projeto	52
Figura 21 – Processo de concorrência de construção	53
Figura 22 – Croqui implementação Data Center Tier 3	55
Figura 23 – Croqui implementação com distribuições internas	56
Figura 24 – Visualização geral do modelo federado no Navisworks	59
Figura 25 – Organograma da empresa na obra	60
Figura 26 – Fluxo de repasse das informações.....	61
Figura 27 – Responsabilidades de cada empresa dentro do projeto	62
Figura 28 – Trecho do BEP especificando o LOD a ser utilizado.....	64
Figura 29 – Trecho do BEP do estudo de caso, quanto aos seus objetivos	65

Figura 30 – Mapa mostrando os cabos de fibra óptica terrestres que conectam o Rio de Janeiro a São Paulo, no Brasil	67
Figura 31 – Mapa mundial de ligações de fibra óptica terrestre e subaquática.....	67
Figura 32 – Modelo BIM com foco em uma sala elétrica.....	68
Figura 33 – Execução do cabeamento na sala elétrica.....	69
Figura 34 – Fluxo de CDE escolhido dos envolvidos	73
Figura 35 – Utilização do time de campo do Construcode	74
Figura 36 – Parâmetro adicionado para a extração de quantitativos do modelo BIM de arquitetura	76
Figura 37 – Extração de quantitativo para conferência do modelo BIM de arquitetura	76
Figura 38 – Exemplo de itens de alteração do projeto utilizando o ConstruCode	77
Figura 39 – Exemplo de prancha consultada na plataforma ConstruCode	78
Figura 40 – Exemplo de interferência entre laje e tubulação (sem previsão de furação)	79
Figura 41 – Informativo de interferência utilizando o e-mail	80
Figura 42 – Manipulação do modelo federado pelo time.....	81
Figura 43 – Manipulação do modelo federado em primeira pessoa pelo time	81
Figura 44 – Exemplo prático para a utilização de pranchas de compatibilização	83
Figura 45 – Exemplo de prancha de compatibilização	85
Figura 46 – Visualização no celular a partir do QR Code disponibilizado na prancha	85
Figura 47 – Acompanhamento do avanço físico da fundação com o modelo	86
Figura 48 – Acompanhamento do avanço físico dos pilares com o modelo BIM	87
Figura 49 – Acompanhamento do avanço físico das paredes com o modelo BIM	87
Figura 50 – Acompanhamento do avanço físico dos dutos e tubulação de água gelada de ar-condicionado com o modelo BIM	88
Figura 51 – Acompanhamento do avanço físico dos leitos de elétrica, específicos de uma sala elétrica com o modelo BIM.....	88
Figura 52 – Consulta ao modelo federado	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – NBR 15965 – Classificação 1F – Fases – Principais pontos aplicados ao desenvolvimento das informações técnicas do projeto	27
Tabela 2 – Níveis de <i>data center</i> de acordo com a EIA/TIA-942.....	54
Tabela 3 – Matriz de entrega de modelos	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
AsBEA	Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
BEP	<i>Building Execution Plan</i>
CDE	<i>Common Data Environment</i>
ASBUILT	Como construído
ISO	International Organization for Standardization
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
HVAC	<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>
TIA 942	Telecommunications Industry Association 942

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	15
1.3 MÉTODO DE PESQUISA	15
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 PROCESSO DE PROJETO	20
2.2 ABNT NBR 15965 (2011).....	26
2.3 ABNT NBR ISO 19650	31
2.3.1 Plano de Execução BIM (BEP, <i>BIM Execution Plan</i>).....	36
2.3.2 Ambiente comum de dados (CDE, <i>Common Data Environment</i>)	38
2.3.3 Nível necessário de informação	39
2.3.4 Verificação da qualidade dos modelos.....	40
2.3.5 Contratação dos projetistas	43
2.3.6 Nível de compatibilização	44
2.4 MODELO DE NEGÓCIOS DA CONSTRUÇÃO	45
2.4.1 Projeto-Concorrência-Construção (DBB, <i>Design-Bid-Building</i>) e Engenharia, Suprimentos e Construção (EPC, <i>Engineering, Procurement and Construction</i>).....	47
2.4.2 Projeto e construção (DB, <i>Design-Build</i>).....	49
2.4.3 Construção por Administração com Risco para a Gerenciadora (CMAR, <i>Construction Management at Risk</i>).....	50
2.4.4 Desenvolvimento Integrado de Empreendimentos (IPD, <i>Integrated Project Delivery</i>)	50
3. ESTUDO DE CASO.....	52
3.1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	52

3.2	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	56
3.3	ORGANOGRAMA DA EMPRESA.....	59
3.4	FLUXOGRAMA DOS PROJETOS	61
3.5	NÍVEL DE INFORMAÇÃO NECESSÁRIA.....	64
3.6	USO DOS MODELOS BIM NA OBRA – DESAFIOS	65
3.6.1	Vantagens da interoperabilidade do CDE.....	72
3.6.2	Extração de quantitativos	75
3.6.3	Deteção de conflitos	77
3.6.4	Utilização de “ <i>Big Room</i> ” no canteiro de obras	80
3.6.5	Emissão de pranchas de compatibilização	81
3.6.6	Planejamento integrado ao modelo	86
3.6.7	Disseminação do BIM para os próximos projetos	89
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
4.1	CONCLUSÕES GERAIS.....	91
	REFERÊNCIAS.....	95

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Existem diversos fatores que influenciam que um projeto seja finalizado dentro dos prazos e custos previstos. Um fator importante a ser analisado na conclusão com êxito de uma edificação é o quanto a qualidade dos projetos facilitou as etapas de planejamento, construção, e até a sua finalização. No processo de projeto são levadas em conta a capacidade técnica dos projetistas e a utilização de tecnologias para um bom desenvolvimento das documentações.

Segundo Manzione (2013), com a identificação da crescente complexidade das construções, a implementação de novas tecnologias vinculadas a novos processos, se torna necessária, e visa melhora contínua do projeto, como a agilidade de produção e facilidade no entendimento do projeto, com processos colaborativos e simultâneos. Os métodos tradicionais não atendem a todas as demandas do mercado atual.

Para a implantação é necessário que a empresa gerenciadora do projeto entenda suas necessidades, e apresente para cada cliente os benefícios e o objetivo da implantação. No intuito de que os processos implementados atinjam os resultados esperados, é necessário que todos os envolvidos definam o seu escopo e que haja uma coordenação ativa no projeto. Se as mudanças ocorrerem apenas na adoção de novos *softwares*, sem a devida revisão dos processos, os objetivos podem não ser alcançados de forma efetiva e satisfatória por ambas as partes. Isso pode provocar o efeito contrário ao desejado, com resultados negativos e consequente insatisfação do cliente (MANZIONE *et al.*, 2011).

Carezzato (2018) aponta que a utilização da metodologia BIM de forma efetiva, além de melhorar o desempenho da edificação, traz benefícios não só para quem desenvolve o projeto, mas também para quem utiliza a modelagem para a construção.

Na etapa de construção os esforços devem se concentrar no planejamento e na contratação de materiais e serviços. Para que isso seja feito, é fundamental que o projeto tenha sido elaborado com qualidade, de modo que não haja dúvidas de

execução em nenhum sistema construtivo ou especificação técnica.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar, por meio da análise de um estudo de caso, de que forma a qualidade no desenvolvimento dos modelos BIM, bem como a consistência e completude das informações neles contidas, podem impactar diretamente a fase de execução de um empreendimento.

A pesquisa busca evidenciar como modelos bem elaborados e informativos não apenas auxiliam na tomada de decisões e no planejamento da obra, mas também favorecem a integração entre os agentes envolvidos, contribuindo para a eficiência do processo construtivo. Por outro lado, a ausência de qualidade e de informações relevantes nos modelos pode comprometer o andamento de etapas subsequentes, mesmo após a entrega formal dos projetos. Tal condição pode gerar retrabalhos, atrasos e a necessidade de soluções improvisadas em campo.

Além disso, o estudo também considera a importância da inserção de novos processos colaborativos e da adoção de fluxos eficazes de troca de informações ao longo do ciclo de vida do projeto.

Segundo Manzione (2011), é necessária uma evolução na gestão do processo de projeto, visto que, embora haja avanços no uso de ferramentas digitais, muitas vezes essa evolução ocorre sem a devida identificação e resolução dos problemas herdados de processos anteriores ineficazes. Sem essa reflexão crítica, corre-se o risco de apenas digitalizar falhas já existentes, sem promover melhorias reais na qualidade e na eficiência do desenvolvimento dos projetos.

Esta pesquisa foi motivada pela observação, no cotidiano da autora na coordenação de projetos, de falhas identificadas no projeto e também no processo de projeto, o que a levou a analisar as práticas e buscar contribuir com dados sobre o assunto.

1.2 OBJETIVOS

- **Objetivo principal:**

Investigar, fazendo uso de um estudo de caso, como são utilizados os modelos BIM na etapa de execução de uma obra, quais são seus benefícios e desafios.

- **Objetivos secundários:**

- O entendimento da bibliografia, das suas diretrizes para o desenvolvimento de projeto que seja benéfico também para a construção;
- A compreensão de como o projeto foi desenvolvido conforme as diretrizes bibliográficas;
- A apresentação de como os modelos BIM foram utilizados na obra.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi iniciada pela revisão bibliográfica, buscando os conceitos e métodos a serem utilizados pelo processo de projeto e metodologia BIM. A identificação dos benefícios e desafios da utilização das ferramentas irá auxiliar o trabalho de pesquisa.

No desenvolvimento do projeto, as informações contidas nos modelos digitais aumentam em quantidade e acabam ficando mais complexas. Devido a isso, é necessário definir claramente como será o fluxo de organização dos dados e comunicação entre os envolvidos. Esta pesquisa se dará com foco no processo de projeto.

Iniciamos pela norma NBR 15965, segundo a qual são expostos os conceitos para estruturar as informações dos modelos. A norma fornece tabelas de classificação de elementos construtivos, materiais e seus sistemas. Essas informações auxiliam na organização das informações nos modelos, garantindo sua padronização. Consequentemente, há maior facilidade na busca, no arquivamento e na atualização da documentação.

Além dos benefícios na gestão de documentos, as orientações da norma trazem consistência e credibilidade nas informações inseridas no projeto (Melhado, 2013).

Outra norma importante para ser estudada, devido a sua ligação com a metodologia BIM aplicada na etapa de execução, é a norma NBR 19650, que se refere às metodologias e documentações a serem utilizadas para um fluxo de projeto utilizando a metodologia BIM.

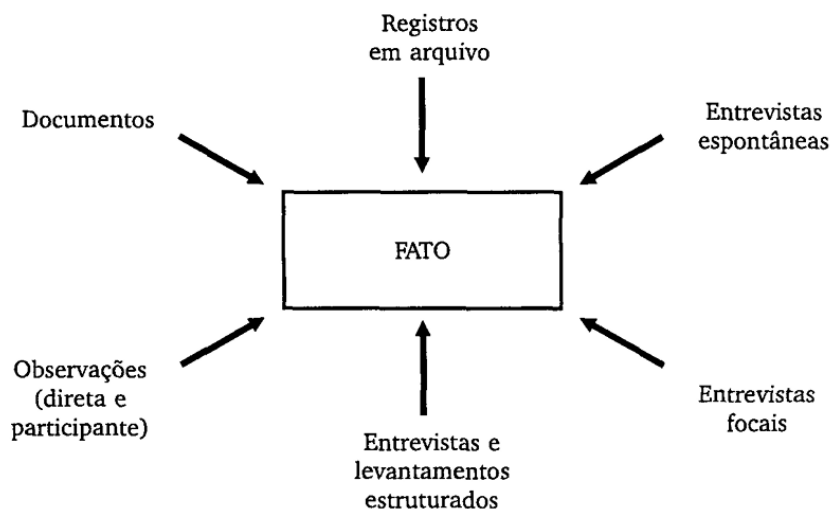
Em contrapartida, também será desenvolvido um estudo de caso, apresentando como vêm sendo utilizados e desenvolvidos os modelos BIM após sua entrega, e posteriormente será possível analisar os resultados obtidos.

Com o estudo de caso, será possível observar as informações dos modelos recebidos, a organização dos mesmos e como são utilizados no canteiro de obras, com o intuito de entender se o projeto foi desenvolvido em um trabalho colaborativo e com fluxos preestabelecidos.

Segundo Yin (2001), há diversas metodologias que auxiliam na coleta de dados para um estudo de caso, dentre elas podemos citar o uso de documentos, entrevistas e observações. Em geral, é recomendada a utilização de mais de uma fonte de dados, para que o estudo seja mais aprofundado e tenha um resultado mais consistente, e consequentemente uma validade maior da análise do caso.

Utilizando o conceito de triangulação, em que não se detém em uma única fonte de informações, a metodologia possibilita ao pesquisador encontrar linhas convergentes de investigação, chegando a um possível denominador comum de resultado da sua análise.

Figura 1 – Convergência de várias fontes de evidência



Fonte: Yin (2001, p. 122).

Para este estudo de caso será utilizado:

- **Observação participante:** O pesquisador observa o contexto do estudo de caso e participa ativamente dele, no período de 2 anos, desde o início da obra até sua conclusão;
- **Documentos:** Apresentação de documentos utilizados no estudo de caso (fotos da rotina, arquivos dos modelos BIM e apresentações utilizadas para o cliente);
- **Entrevistas espontâneas:** Exposição das informações coletadas informalmente da equipe, na rotina diária da execução da obra, tanto relativa ao time de engenheiros, quanto à equipe de campo (mestre e empreiteiros).

As fontes de evidências citadas irão colaborar na junção das informações sobre o uso dos modelos BIM na etapa de execução da obra. A observação participante e a apresentação dos documentos mostrarão de forma mais aprofundada a cultura da organização e como se dá a usabilidade dos modelos BIM disponibilizados da etapa de projeto para a etapa de execução. Do mesmo modo, as entrevistas espontâneas facilitarão o entendimento, gerando dados mais autênticos, mesmo com a informalidade do método (Yin, 2001).

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A divisão deste trabalho conta com 4 seções, que abrangem os seguintes conteúdos:

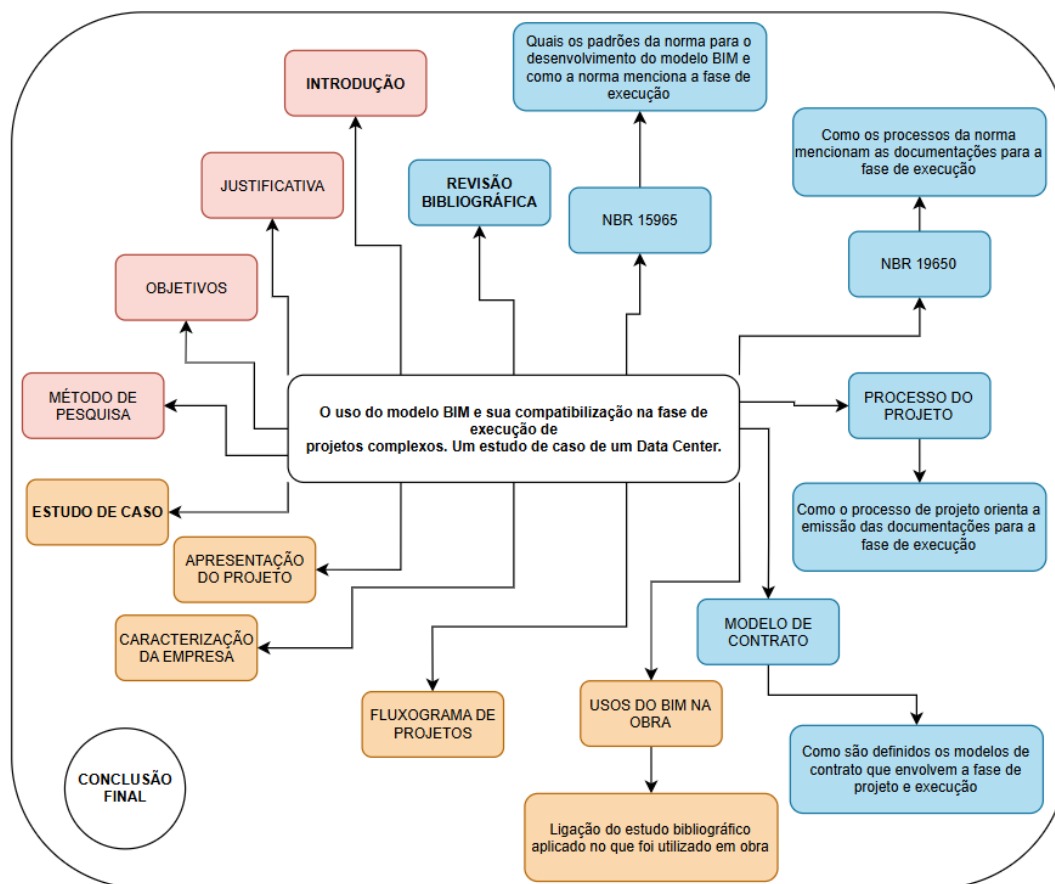
Seção 1: composta pela introdução, justificativa, objetivos, método de pesquisa e estruturação do trabalho.

Seção 2: apresenta a revisão bibliográfica sobre as definições que envolvem a metodologia BIM.

Seção 3: consiste em um estudo de caso do uso dos modelos recebidos em um projeto de Data Center.

Seção 4: reúne as considerações finais.

Figura 2 – Mapa da estruturação do trabalho



Fonte: Autor (2025).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROCESSO DE PROJETO

Observando a figura 5, do processo de projeto na sua forma tradicional, é possível identificar a forma desordenada em que as tarefas dentro do processo são realizadas. Segundo Manzione (2013), o resultado da desorganização e da falta do uso de métodos adequados de gestão é a baixa eficiência da gestão do projeto.

Ainda no **método tradicional**, os fluxos de informações não são contínuos, e não há o uso de uma plataforma central de colaboração. Cada projetista desenvolve o projeto de forma separada, e, com isso, as interferências se acumulam, para que, posteriormente, o responsável pela compatibilização receba todos os arquivos de forma individual e faça essa etapa de compatibilização de uma vez só, e não de forma colaborativa.

Isso torna o processo moroso, sem interação direta entre os projetistas e sem o entendimento da necessidade e dos impactos de cada disciplina. A utilização do processo de projeto convencional cada vez mais se torna obsoleto, uma vez que o aprofundamento do uso do BIM se mostra com maiores benefícios e possibilidades de avanços tecnológicos para a construção civil.

Dessa forma, já é conhecida a necessidade cada vez maior da aplicação do processo colaborativo utilizando o BIM para todas as equipes envolvidas no projeto. Em comparação com a figura 4, destacam-se a organização e a troca de informações entre as disciplinas logo no começo do desenvolvimento do projeto. A utilização do CDE (Ambiente Comum de Dados) e a geração de um modelo federado tornam o processo mais rico de informações e com maior fluidez para antecipar cada vez mais as interferências e verificações de atendimento aos requisitos.

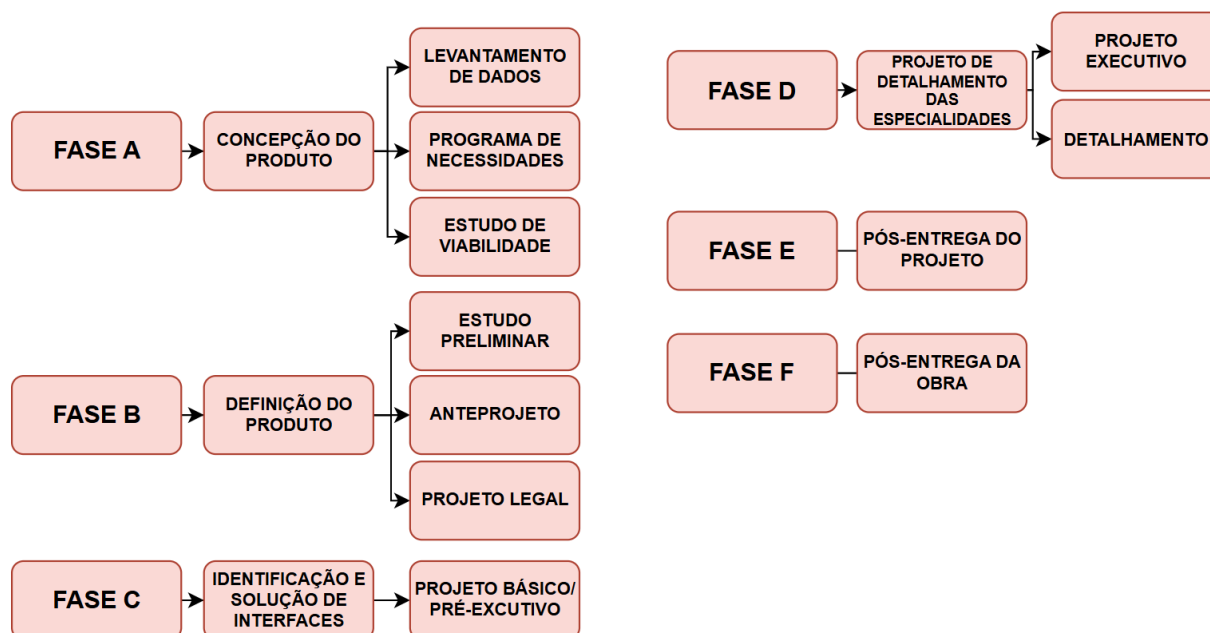
Segundo a NBR 19650, CDE é a fonte central de informações, cujas principais funções são armazenar, gerenciar e disponibilizar os dados para todos os envolvidos no projeto, e este assunto será tratado no item 2.3.2.

Esse processo colaborativo, descrito na fase de projetos, deve se estender de forma integrada à etapa de execução da obra. Considerando o grande volume de informações e interações geradas durante o desenvolvimento do projeto, é fundamental que esses dados sejam devidamente organizados e acompanhados ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. A continuidade do fluxo de informações garante maior eficiência na comunicação entre os agentes e contribui para a tomada de decisões mais assertivas. Para isso, é imprescindível que a equipe da construtora tenha pleno acesso aos modelos e utilize essas informações de forma estratégica durante a execução (Manziona, 2013).

O manual de escopo de coordenação de projetos abrange todas as fases do processo de projeto. A fase A parte do levantamento de dados, e a última fase, a fase F, realiza a análise de projetos no pós-entrega da obra, como podemos ver na figura 3. O referido manual direciona e orienta as responsabilidades dos envolvidos, além de indicar as atividades de importância para o desenvolvimento do projeto.

Organizado, portanto, por diferentes fases, o manual reúne as descrições das atividades, informações necessárias e os produtos gerados. A metodologia BIM é mencionada apenas nas observações, indicando que o coordenador de projetos não poderá trabalhar apenas nos quesitos técnicos de modelagem, e sim de forma mais abrangente, absorvendo a função de “*general manager*”, como mencionado no documento.

Figura 3 – Processo tradicional de projeto brasileiro



Fonte: Adaptado de manuais de escopo.(2025)

No item CPR-B 002, quando é mencionado como será o fluxo de informações entre os envolvidos, é apenas dito que deve ser garantida a acessibilidade das informações à equipe, como podemos ver na figura 4.

Figura 4 – Fase B – Coordenação do fluxo de informações

FASE B DEFINIÇÃO DO PRODUTO	SERVIÇOS ESSENCIAIS
CPR-B 002 - Coordenação do fluxo de informações entre os agentes envolvidos.	
Descrição da Atividade	
– Definição e comunicação dos procedimentos para geração e troca de informações – Implementação dos procedimentos definidos e do sistema de informações para desenvolvimento dos projetos (observação 1) – Coordenação do fluxo de informações, segundo as necessidades de uma dada interface, garantindo a acessibilidade das informações aos membros da equipe envolvidos, evitando, porém, falta ou excesso de informações para cada um deles (observação 2 e 3)	
Observações	
1. Os recursos e procedimentos adotados para o fluxo de informações devem garantir a rapidez, confiabilidade e rastreabilidade do processo de projeto. 2. O fluxo de informações deve incluir, além de documentos e dados, também o registro de informações geradas em telefonemas, mensagens eletrônicas, "fax", reuniões informais e outros. 3. Caso haja uso do sistema BIM, o coordenador do projeto deverá administrá-lo de modo "general manager"	

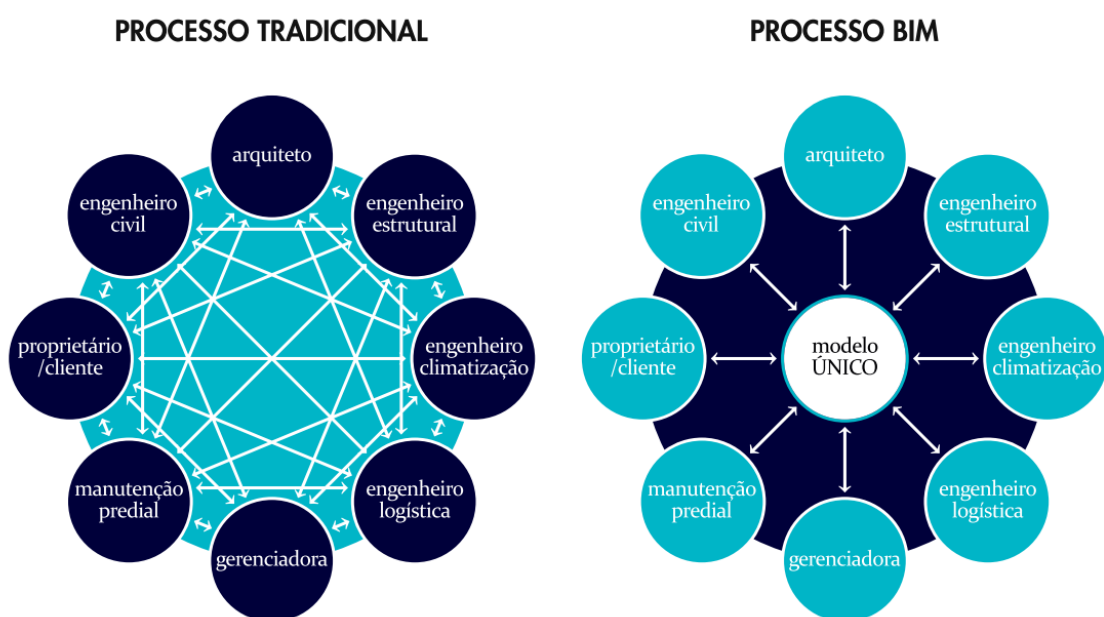
Autor: Manual de escopo (2019).

Nas observações do item analisado (imagem 4), são mencionados como formas de registro de informações os telefonemas, mensagens e reuniões informais. Apesar de comuns no dia a dia dos projetos, essas formas de comunicação apresentam sérias limitações. Por não serem devidamente documentadas, muitas informações acabam se perdendo ou ficando inacessíveis ao longo do tempo.

Esse tipo de registro informal dificulta a rastreabilidade das decisões e pode causar falhas de comunicação entre os envolvidos. Como consequência, surgem problemas como retrabalho, atrasos e conflitos entre as equipes. Por isso, é essencial que os projetos adotem formas mais organizadas de registrar e compartilhar informações, garantindo maior controle, clareza e eficiência no andamento das atividades.

Com essa análise, é possível realizar a ligação com a definição de CDE – Ambiente Comum de Dados, que será aprofundada neste trabalho nas próximas seções. Porém, basicamente, a utilização do CDE traz uma centralização e facilidade no encontro e rastreabilidade das informações. Na figura 5 é possível observar um comparativo do método tradicional de projetos e o método utilizando o BIM. Nesse comparativo, fica clara as diferenças do processo tradicional com o processo considerando o processo BIM.

Figura 5 – Comparativo dos processos



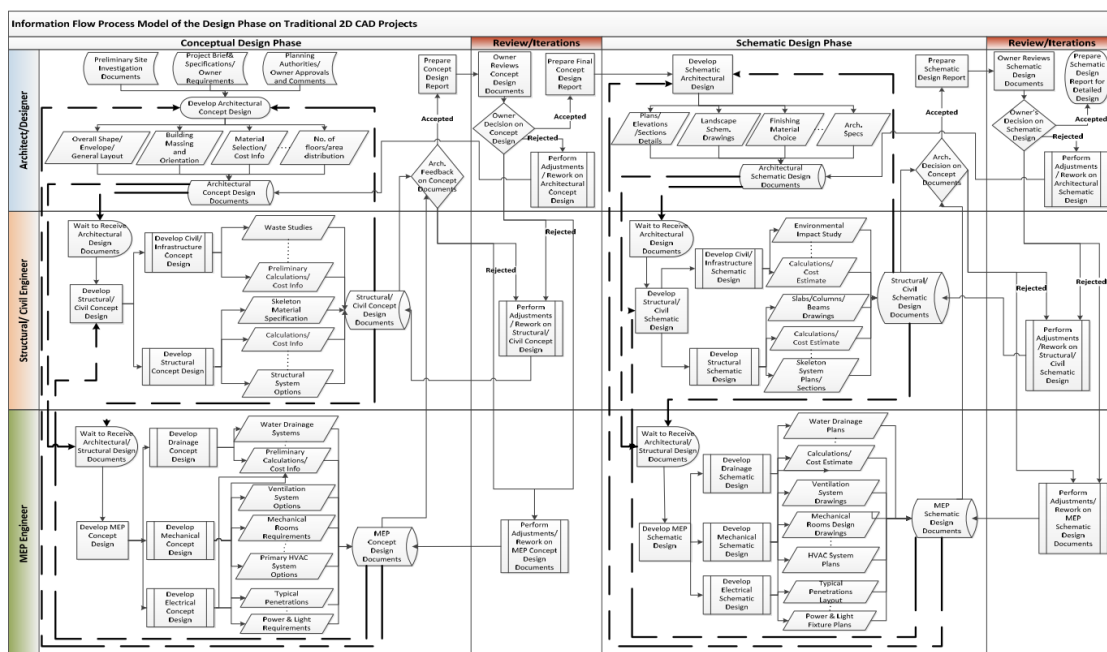
Autor: Ferreira (2013)

Em outro fluxograma que pode ser observado abaixo, na figura 6, é possível identificar o processo tradicional de projeto, que nesse caso é de um estudo de caso internacional. Já na figura 7, é exposto o processo atualizado para a utilização do processo BIM.

Ao comparar os dois fluxogramas, é possível identificar uma maior ordenação das informações, centralização dos dados e redução de microprocessos no segundo. Anteriormente, determinadas informações eram repassadas apenas a um ou dois envolvidos; na versão atualizada, passam a estar disponíveis a todos os participantes do projeto, podendo ser acessadas conforme o interesse ou a área de atuação de cada projetista.

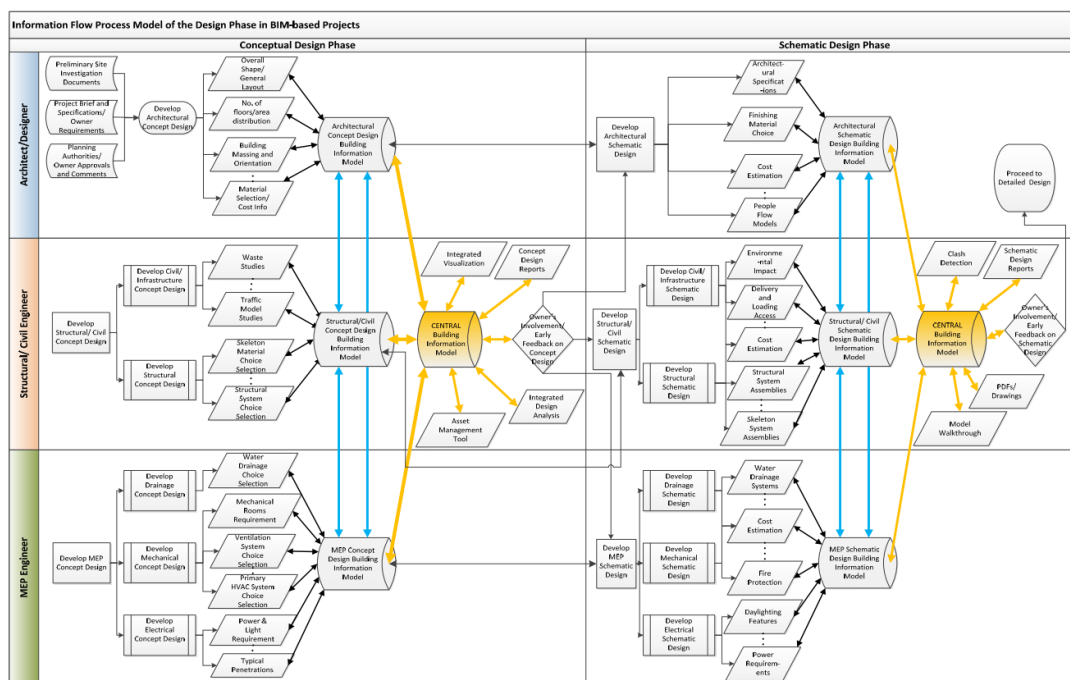
A partir da análise desses fluxos, observa-se que outros países já vêm ajustando seus processos e incorporando as transformações decorrentes da adoção do BIM aos seus métodos de desenvolvimento de projetos.

Figura 6 – Processo tradicional de projeto (exemplo internacional)



Fonte: AL HATTAB, Malak; HAMZEH, Farook (2013).

Figura 7 – Processo utilizando a metodologia BIM (exemplo internacional)



Fonte: AL HATTAB, Malak; HAMZEH, Farook (2013).

Após o desenvolvimento do projeto e considerando as atualizações de fluxo proporcionadas pelo uso do BIM, é fundamental destacar como ocorre a transição das informações da equipe de projeto para a equipe de execução.

No escopo da coordenação de projetos, são definidos os serviços essenciais, específicos e opcionais. Na Fase E, correspondente ao período pós-entrega do projeto, o primeiro serviço essencial apresentado é justamente a coordenação da apresentação dos projetos à equipe de obra. Esse serviço assume papel central na transição entre as etapas do ciclo de vida do projeto, pois é nesse momento que a equipe de projeto transmite, de forma detalhada, os conceitos e soluções adotadas aos líderes de execução, como mestres, encarregados, engenheiros de campo e coordenadores de obras.

Na figura 8, além da descrição do serviço previsto na Fase E, é possível observar o resultado esperado: os produtos gerados a partir dessa entrega. Um desses produtos consiste nas informações destinadas à avaliação de desempenho dos serviços de projeto. Esse item permite à equipe de campo avaliar o desempenho e o comprometimento dos projetistas, bem como a qualidade dos projetos entregues.

Figura 8 – Manual de escopo – Fase E – Pós-entrega do projeto

FASE E PÓS-ENTREGA DO PROJETO	SERVIÇOS ESSENCIAIS
CPR-E 001 - Coordenação da apresentação dos projetos à equipe de execução da obra	
Descrição da Atividade	
– Promoção de reuniões programadas, com participação dos projetistas, coordenador de obras, coordenador do projeto, engenheiro residente e líderes de equipes de execução (mestres-de-obras e encarregados), com objetivo de transmitir os conceitos e soluções adotados de projeto (Observação 1)	
Dados Necessários	
Projetistas:	
– Projetos executivos correspondentes	
Construtora:	
– Análise prévia dos projetos (Observação 2) – Cronograma de etapas de execução da obra (Observação 3)	
Produtos Gerados	
– Atas de reunião (Observação 4) – Informações para planejamento, contratação, execução e controle das atividades de execução da obra – Informações para avaliação de desempenho dos serviços de projeto	

Fonte: Manuais de escopo (2019).

2.2 ABNT NBR 15965 (2011)

Esta norma tem o objetivo de estabelecer padrões, escopo de trabalho, métodos de avaliações e outros parâmetros que norteiam a modelagem da construção.

Com a utilização da norma pelos projetistas, é factível o desenvolvimento de projetos empregando as padronizações orientadas por ela. Desse modo, as informações inseridas nos modelos tendem a atender a utilização do material, posteriormente até a finalização da sua construção, e não só na etapa de projeto.

A padronização apresentada na norma facilita a comunicação entre os profissionais envolvidos no projeto, além de evitar a ambiguidade e duplicidade na nomenclatura dos elementos.

Para que a equipe projetista siga as fases descritas na norma, primeiramente é necessário que haja o pleno conhecimento da mesma pelos profissionais que irão utilizá-la. Além disso, exige-se seu cumprimento por parte do contratante, isso inclui o

proprietário, gerenciadora ou a própria construtora. Porém, para que isso ocorra de forma eficaz, também é necessário que todos os envolvidos tenham o conhecimento da norma e das padronizações por ela indicadas.

A norma de sistema de classificação da informação da construção traz uma série de informações que devem ser utilizadas no desenvolvimento dos modelos BIM pelos projetistas de cada disciplina. A norma foi dividida em 7 partes, sendo elas:

- Parte 1: Terminologia e classificação;
- Parte 2: Características dos objetos da construção (Tabs. 0M e 0P);
- Parte 3: Processos da construção (Tabelas 1F, 1S e 1D);
- Parte 4: Recursos da construção (Tabelas 2N, 2Q e 2C);
- Parte 5: Resultados da construção (Tabelas 3E e 3R);
- Parte 6: Unidades e espaços da construção (Tabelas 4U, 4A);
- Parte 7: Informação da construção (Tabela 5I).

Além das tabelas de padronizações de informações, serviços, fases, e sua respectiva classificação, outro ponto relevante para o estudo da norma é a apresentação das citações referentes à utilização dos projetos e modelos na fase de construção e execução da obra.

Na parte 3 da norma, o documento apresenta uma tabela para a padronização dos processos da construção, que inclui a descrição das fases, serviços e disciplinas em todas as etapas do projeto.

Para a divisão de fases, é possível observar a descrição separada por estágios do projeto, segundo a qual os principais pontos a serem vinculados a essa pesquisa são:

Tabela 1 – NBR 15965 – Classificação 1F – Fases – Principais pontos aplicados ao desenvolvimento das informações técnicas do projeto

Estágio	Termos citados aplicados no desenvolvimento do projeto
Concepção	Fase de identificação das necessidades Fase de descrição de projeto

	Fase de desenvolvimento de projeto
Definição de entregas de projeto	Fase de avaliação do método de entrega dos projetos Fase de avaliação de requisição para qualificação (RFQ)
Projeto	Fase de descrição preliminar do projeto Fase de desenvolvimento do projeto Fase de detalhamento do projeto Fase de análise de engenharia
Documentação de construção	Fase de preparação dos dados da construção Fase de preparação dos desenhos/detalhes Fase de preparação de desenhos de coordenação Fase de preparação de especificações Fase de preparação do manual do projeto Fase de produção de documentos de construção
Compras e contratações	Não aplicável
Execução	Fase de coordenação Fase de execução de projetos Fase de demonstração de equipamentos das edificações/instalações
Utilização	Fase de gerenciamento da edificação Fase de operação da edificação
Fechamento da edificação/instalação	Não aplicável

Fonte: NBR 15965.(2011)

A partir da tabela acima, entende-se que os termos aplicados no estágio de execução correspondem a fases de execução de projetos desenvolvidos na etapa de projeto. No estágio de documentação da construção, são desenvolvidas as documentações de manuais e especificações, o que auxilia diretamente o entendimento do projeto pela construtora.

A norma 15965 tem a função de expor os principais pontos para o faseamento do projeto e quais informações deverão constar em cada estágio. Já o manual de escopo de coordenação, como exposto no item 2.1, estabelece como essas fases serão divididas e quais atividades nelas se incluem detalhadamente.

Além disso, a norma e o manual de escopo de coordenação devem ser utilizados de forma complementar no desenvolvimento de projetos. Enquanto a NBR

15965 define a estrutura e a padronização das informações técnicas a serem utilizadas, como classificação e codificação de objetos em ambientes BIM, o Manual de Escopo orienta quanto às metodologias, responsabilidades e processos necessários para aplicar essas informações de forma eficaz na coordenação dos projetos. Dessa forma, a norma fornece a base técnica e o manual orienta o uso prático dessa base, sendo essencial que ambos caminhem juntos para garantir a qualidade, interoperabilidade e integração das disciplinas no ambiente colaborativo.

É fundamental que a especificação do escopo do projeto esteja clara para todas as partes interessadas, o que inclui e descrição das suas principais entregas e principalmente as exclusões também (PMI, 2021).

Quando a entrega dos projetos acontece diretamente para o cliente contratante, que não é o executor, seja devido a não definição da construtora, ou a necessidade de um tempo maior para o início do planejamento da execução da obra, muitas vezes essa entrega pode ser falha, ou não promover a análise correta das entregas.

O contratante pode ser um investidor, ou um leigo que não tem o conhecimento necessário de engenharia para realizar as análises. Nesse caso, depende unicamente dos projetistas garantir a qualidade na entrega do produto contratado.

Devido a isso, é importante que, no estágio de execução, seja seguido o manual de escopo, apresentado anteriormente e descrito na fase E, sobre a passagem do projeto para o time de execução. Com isso, as fases de estudos de projeto e a sua aprovação para execução tendem a garantir maior confiabilidade no processo, além de facilitar o entendimento dos construtores para posterior execução.

Tal tema se torna ainda mais necessário quando se é utilizado o fluxo BIM. Pois os modelos BIM desenvolvidos não são apenas a aplicação de uma nova tecnologia, mas também uma ferramenta de gestão de projetos e um processo que envolve todos os aspectos da construção, que inclui todos os envolvidos no processo do projeto, como cliente, projetistas, engenheiros, empreiteiros e fornecedores. E o fluxo deve se estender ao ciclo de vida completo do projeto (Succar, 2015).

Na norma, no estágio de projeto, há uma fase descrita como “Fase de análise de engenharia”, em que é possível compreender que há um estudo de tipologias e métodos a serem considerados para o projeto pelos engenheiros responsáveis. Nessa

fase, pode haver uma interação entre os projetistas e os engenheiros de campo, para que haja um amadurecimento das melhores definições para aquele tipo de obra, disseminando assim as informações desenvolvidas na etapa de projeto.

Porém, muitas vezes, a empresa projetista desenvolve o projeto separadamente da empresa construtora; isso acarreta um distanciamento entre projetistas e executores, o que acaba dificultando a comunicação entre eles, e fomenta dúvidas em relação às técnicas construtivas utilizadas. Também pode fazer, muitas vezes, com que a engenharia de campo acabe alterando o projeto sem que o projetista tenha conhecimento.

É comum a utilização do termo “pré-obra” para serviços que antecedem a execução da construção. Embora essa etapa se detenha geralmente em orçamentação, cronogramas e mobilização de canteiro de obras, pouco é sabido do aproveitamento dessa fase para estudos e análise das documentações de projeto, o que inclui a manipulação dos modelos BIM. Durante a execução da construção, há muitas atividades sendo executadas de forma paralela, principalmente em se tratando de projetos complexos, nos quais há muitos profissionais especializados, em diversas frentes de trabalho. O que acontece é a postergação de definições durante a execução, devido ao paralelismo das atividades e do projeto (Arrotéia, 2020).

Caso o estudo e as decisões não sejam contemplados na etapa que antecede a construção, torna-se necessário haver uma equipe de projetos para atender ao objetivo de análises e antecipações de situações que podem causar retrabalhos.

Ainda na Parte 3 da norma, temos a Tabela 3, classificação 1D, referente à classificação das disciplinas, como mostrado na figura 9. Dentro dessa tabela, não há nenhuma menção a disciplinas relacionadas à compatibilização ou à engenharia de execução, o que indicaria a ausência de uma disciplina específica para a análise de “pré-obra”.

Figura 9 – Parte da tabela 3 – NBR 15965 – na disciplina de Construção

1D	41	00	00		Construção
1D	41	11	00		Contratação
1D	41	11	11		Contratação global
1D	41	11	14		Subcontratação
1D	41	11	14	11	Subcontratação de alvenaria
1D	41	11	14	14	Subcontratação de carpintaria
1D	41	11	14	17	Subcontratação de serralheria
1D	41	11	14	21	Subcontratação de instalações hidráulicas
1D	41	11	14	24	Subcontratação de proteção contra incêndios
1D	41	11	14	27	Subcontratação de calefação, ventilação e ar-condicionado

Fonte: NBR 15965 (2011).

Além da parte 3 da NBR 15965, podemos citar outras, como as partes 5, 6 e 7, com foco na padronização das informações dos modelos, métodos de modelagem e níveis de informações. Essas partes não serão abordadas neste trabalho, pois não são o foco do estudo a ser aplicado.

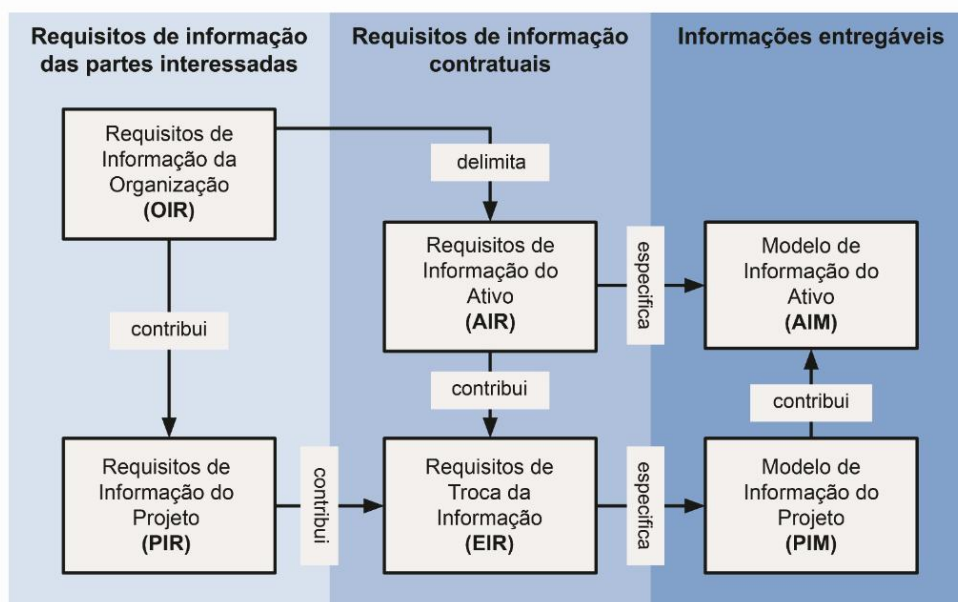
2.3 ABNT NBR ISO 19650

Já a ISO 19650, diferentemente da NBR 15965, cujo foco são as informações dos modelos BIM, apresenta métodos de gestão das informações geradas pelo modelo, como devem ser contratadas, produzidas, gerenciadas e entregues. O documento é dividido em 5 partes, sendo elas:

- Parte 1: Conceitos e princípios
- Parte 2: Fase de entrega de ativos
- Parte 3: Fase operacional de ativos
- Parte 4: Fase de troca de informações
- Parte 5: Abordagem de segurança na gestão da informação

Considerando a parte inicial da ISO 19650, é possível conhecer a tabela de hierarquia dos requisitos de informação criada:

Figura 10 – NBR 19650 – Hierarquia dos requisitos de informação



Fonte: NBR 19650 (2021).

- **OIR (*Organizational Information Requirements*)**: Refere-se às necessidades de informações de uma organização ao longo de um projeto de construção. Ele define as informações necessárias para apoiar a tomada de decisão no nível organizacional.
- **PIR (*Project Information Requirements*)**: São os requisitos de informações específicos para um projeto de construção. Ele descreve as informações que precisam ser coletadas, armazenadas e compartilhadas para garantir que o projeto seja executado de forma eficaz.
- **AIR (*Asset Information Requirements*)**: Define as informações necessárias para gerenciar um ativo (como um edifício ou infraestrutura) durante seu ciclo de vida, após a conclusão do projeto. Ele especifica os dados que devem ser fornecidos para a operação e manutenção do ativo.
- **EIR (*Employer's Information Requirements*)**: Requisitos de informações que o empregador ou proprietário define para um projeto de construção. O EIR define o que, como e quando as informações precisam ser entregues pelo time do projeto, geralmente durante a fase de design e construção.

- AIM (*Asset Information Model*): Um modelo digital que reúne todas as informações relacionadas ao ativo (como edifícios ou infraestrutura) e é usado para gerenciar o ativo durante sua operação e manutenção. O AIM é um repositório central de dados que ajuda a manter o desempenho do ativo.
- PIM (*Project Information Model*): Um modelo digital que reúne todas as informações relacionadas a um projeto de construção enquanto ele está sendo executado. O PIM ajuda a integrar as informações de *design*, construção e execução do projeto, servindo como uma base para decisões durante as fases de construção.

Esses termos estão todos relacionados ao uso do BIM (*Building Information Modeling*) para garantir que as informações sejam coletadas, compartilhadas e utilizadas de forma eficaz em todo o ciclo de vida de um projeto de construção.

Para este estudo específico, focando na etapa de execução, é possível identificar que o modelo principal para essa fase é o PIM. O PIM (*Project Information Model*) é um modelo digital que centraliza e organiza todas as informações geradas ao longo de um projeto de construção, desde o planejamento até a execução. Ele é uma parte fundamental da estratégia de *Building Information Modeling* (BIM) e visa integrar dados de diferentes partes e fases do projeto, facilitando a colaboração entre as equipes envolvidas. O PIM (*Project Information Model*) é mais do que um simples modelo visual ou tridimensional. Ele serve como um repositório de dados, incluindo informações técnicas, cronogramas, orçamentos, requisitos de qualidade, e muito mais. A ideia é ter todas as informações cruciais acessíveis em um único local, o que melhora a comunicação e facilita a gestão de mudanças.

A integração de informações no PIM pode incluir:

- Geometria: Dados relacionados ao design físico do projeto, como plantas, cortes, elevações e detalhes construtivos.
- Dados não geométricos: Incluem informações como especificações de materiais, cronogramas de execução, requisitos legais e contratuais, documentos de licenciamento e muito mais.

- Coordenação entre equipes: As equipes de *design*, engenharia, construção e operação podem colaborar de maneira mais eficiente ao ter acesso em tempo real às atualizações e modificações no projeto.
- Gestão de alterações: Alterações no *design* ou na execução podem ser integradas ao modelo para garantir que todas as equipes envolvidas estejam cientes e possam adaptar seus planos conforme necessário.

O uso do PIM pode trazer benefícios como:

1. Aumento da colaboração: O PIM promove uma melhor coordenação entre os diversos *stakeholders* do projeto (arquitetos, engenheiros, empreiteiros, fornecedores etc.), pois todos têm acesso às mesmas informações e podem colaborar de maneira eficiente.
2. Redução de erros e retrabalhos: A centralização das informações ajuda a identificar inconsistências e conflitos durante a fase de *design* e construção, reduzindo o risco de erros e a necessidade de retrabalhos.
3. Tomada de decisão mais rápida e informada: Com informações atualizadas e bem organizadas, a tomada de decisões se torna mais ágil e fundamentada. Por exemplo, se houver uma mudança no cronograma ou orçamento, isso será rapidamente visível para todos os envolvidos.
4. Gestão de tempo e custo: O PIM facilita o acompanhamento do progresso da obra em relação ao cronograma e orçamento, permitindo ajustes rápidos para evitar atrasos ou estouros de custo.
5. Planejamento de manutenção e operação: Embora o PIM se concentre na fase de construção, ele também serve como uma base valiosa para a fase de operação. Após a conclusão do projeto, os dados armazenados podem ser usados para facilitar a operação e a manutenção do ativo, dando aos responsáveis pela gestão do edifício as informações necessárias para a manutenção preventiva e corretiva.

Embora o PIM seja focado no projeto de construção, o AIM (*Asset Information Model*), por sua vez, está mais voltado para a gestão do ativo após a conclusão do

projeto. O PIM termina seu papel quando a construção é finalizada, e o AIM começa a ser utilizado para a operação e manutenção do ativo ao longo de seu ciclo de vida.

Para que o PIM seja eficaz, ele deve ser gerido adequadamente e baseado em padrões e protocolos claros de dados. O uso de ferramentas BIM, como Autodesk Revit, Navisworks ou ArchiCAD, é comum para criar modelos PIM, porém, ao utilizar o CDE, é necessário que se considere a interoperabilidade dos modelos, para que todos os envolvidos tenham acesso. Além disso, é importante garantir que todas as partes interessadas utilizem essas plataformas para atualizar e revisar os dados de forma contínua. Ainda dessa forma, temos alguns desafios do uso do PIM:

- **Interoperabilidade:** Um dos maiores desafios no uso do PIM é a integração de diferentes *softwares* e sistemas usados pelas várias partes envolvidas no projeto. A falta de interoperabilidade pode dificultar a colaboração eficaz.
- **Treinamento e capacitação:** A implementação de um modelo PIM eficaz exige que todos os *stakeholders* sejam treinados e familiarizados com as ferramentas e processos. Isso pode ser um desafio, especialmente em países ou empresas que estão começando a adotar o BIM.
- **Gestão de mudanças:** À medida que o projeto avança e o PIM é atualizado, é essencial garantir que todos os envolvidos estejam cientes das mudanças. Isso exige um processo contínuo de gestão de alterações, o que pode ser complexo em projetos grandes.

Em resumo, o PIM desempenha um papel crucial na implementação de BIM, ajudando a melhorar a coordenação, reduzir erros e melhorar a eficiência em todas as fases do projeto. É uma ferramenta poderosa para a gestão de informações em projetos de construção, especialmente quando se trata de projetos grandes e complexos, em que a integração de dados entre diferentes equipes é fundamental (Pan *et al.*, 2018).

2.3.1 Plano de Execução BIM (BEP, *BIM Execution Plan*)

Com o aumento da quantidade de informações e a expansão de envolvidos no projeto, com a aplicação do BIM, fez-se necessária a elaboração de uma documentação formal, de que ambas as partes tenham conhecimento e que inclua as especificações da construção, metodologias a serem aplicadas e a forma como deve acontecer a troca de informações. Além disso, esse documento tem a função de apresentar os envolvidos no projeto e as responsabilidades de cada um (Abbeg, 2021).

O BEP, como apresentado, expõe todas as informações do projeto, fluxos de comunicação, definição de entregáveis, é um documento importante para auxiliar os projetistas e coordenadores a entenderem suas responsabilidades e realizarem o alinhamento das expectativas. Para o desenvolvimento do documento, é necessário que os contratantes se envolvam desde o início do projeto, e forneçam todas as informações necessárias e requeridas, para que a gestão do projeto atenda aos seus requisitos (Carezzato, 2020).

Figura 11 – Conteúdos do BEP – Plano de Execução BIM



Fonte: Abbeg (2021).

Conforme a figura 11, podemos visualizar os principais pontos a serem definidos e apresentados no BEP. Estabelecer os objetivos do projeto e os usos do

BIM é o primeiro passo, para que todos tenham conhecimento do propósito do cliente. Isso inclui todas as fases do empreendimento, como o planejamento, orçamento, projeto, construção e operação.

Além da determinação dos usos do BIM, também é importante a utilização de tecnologias integradas, para que os aspectos de estratégias de implementação e processos sejam aplicáveis e acessados por todos. A integração mencionada irá favorecer a comunicação e compartilhamento de informações entre os envolvidos. Há diferentes tipos de BEP, e diferentes abordagens seguidas, com algumas documentações centralizadas no papel do Gerente BIM. Outras utilizam a descrição dos papéis detalhadamente, com a previsão de reuniões recorrentes, o que possibilita a fluidez na coordenação dos modelos (Sacks; Gurevich; Shrestha, 2016).

Após a identificação da necessidade do BEP para o bom andamento do projeto, a ISO 19650 cita também a necessidade de um BEP pré-projeto, desenvolvido antes da definição dos projetistas, no qual já haja uma introdução do documento, descrevendo os principais requisitos para o projeto e proporcionando o mesmo nível de conhecimento a todos os contratados.

A utilização de um BEP pré-projeto facilita aos projetistas entenderem como se dará o cronograma de projeto, incluindo suas etapas, entregas e análises. O alinhamento do processo do projeto evita retrabalhos, pois cada empresa projetista poderia utilizar seus próprios fluxos de informações, o que acarretaria uma falta de desenvolvimento simultâneo das disciplinas, trabalhando de forma isolada com cada disciplina.

O BEP deve iniciar com o pré-projeto, antes da contratação dos projetistas, e ser alimentado em todo o ciclo de vida da construção, incluindo os novos envolvidos e as novas informações a serem agregadas para consultas posteriores. Essa metodologia de constância na utilização do documento pode se tornar tediosa para o responsável do BEP, pois acaba detalhando demais os processos, mas possibilita evitar problemas que geralmente acontecem na etapa de execução (Abbeg, 2021).

2.3.2 Ambiente comum de dados (CDE, *Common Data Environment*)

A troca de e-mails recorrentes em projetos acaba muitas vezes implicando a perda de informações, ou trazendo dúvidas quanto a definições que foram feitas, seja de uma alteração ou escolha de algum material ou sistema construtivo. As incertezas e a busca por novas decisões prejudicam o bom andamento do projeto, e podem causar até falhas no atendimento ao cliente.

Com a disseminação na utilização do BIM, e um volume maior de informações, se tornou ainda mais necessária a utilização de uma plataforma que centralizasse todas essas informações, além de facilitar a interação entre disciplinas e promover a colaboração e a compatibilização desde o início do projeto.

Importante salientar que um CDE não é simplesmente um diretório de documentos (GED – Gerenciamento Eletrônico de Documentos). O ambiente comum de dados tem a funcionalidade de controlar os processos e as comunicações entre projetistas, gerenciadora, cliente e coordenação (Manziona, 2021).

Para que a plataforma seja classificada como um CDE, ela deve ter as seguintes funcionalidades:

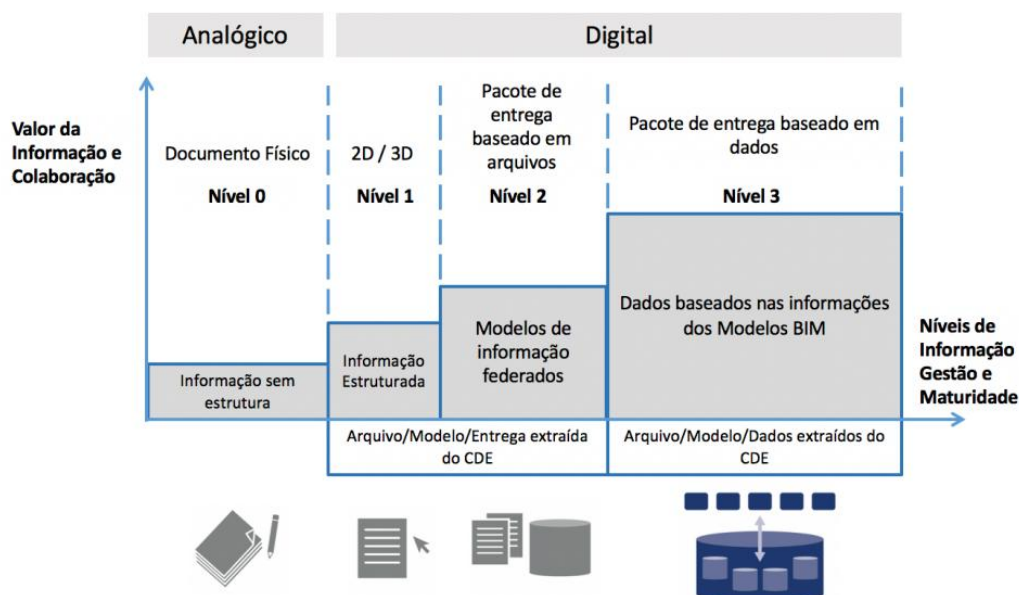
- Disponibilização dos modelos BIM e desenhos CAD;
- Armazenar os documentos e dados do projeto;
- Gerenciamento dos processos (revisar, autorizar, arquivar);
- Gerenciamento das comunicações.

Dessa forma, o fluxo do projeto se torna colaborativo, pois todos os documentos extraídos dos modelos estarão centralizados no CDE, além do histórico de revisões e a descrição de cada alteração. Com a utilização da plataforma, é possível gerenciar o processo e evitar retrabalhos, ou falta de informações.

Além da sua função de armazenar todos os dados do projeto, é fundamental que haja um membro da equipe realizando a coordenação das informações, como aprovações e análises.

A forma de utilização do CDE é proporcional ao nível de maturidade da equipe envolvida. Na figura 12, é possível observar como se dá a relação da maturidade e os seus entregáveis.

Figura 12 – Entregáveis e maturidade BIM



Fonte: Adaptado de ISO 19650-1.2 (2021).

2.3.3 Nível necessário de informação

A planilha de informação necessária servirá para esclarecer as necessidades de cada disciplina e de cada elemento no modelo. É essencial que a planilha seja desenvolvida e aplicada de maneira a prever os usos do BIM que foram definidos no início do projeto.

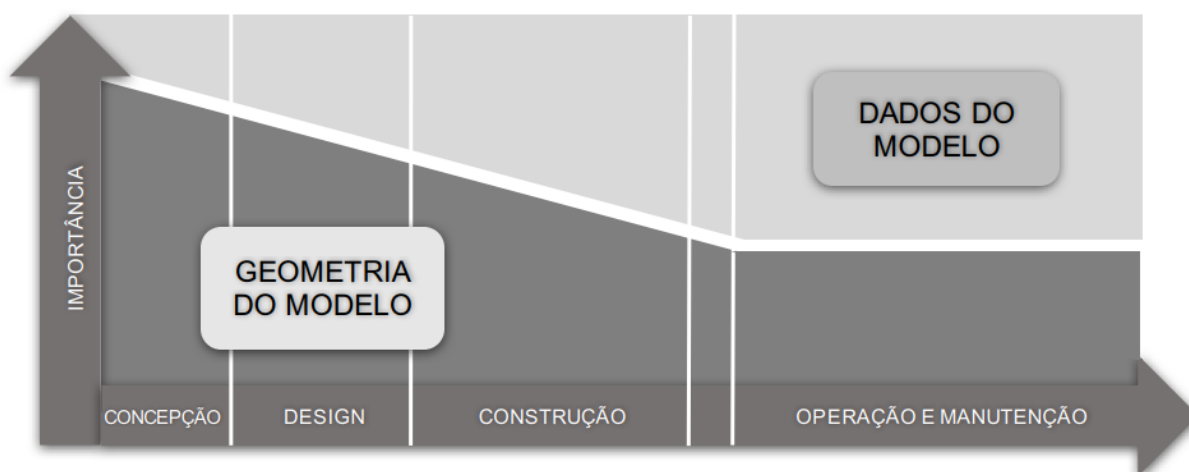
Identificar quais informações devem constar no modelo de cada disciplina é importante, para que o modelo, após sua entrega, seja manipulado e utilizado com a maior eficácia possível. Quando os modelos são entregues com seus dados inseridos corretamente, o projetista transmite credibilidade em suas entregas, além de proporcionar maior agilidade no encontro das informações necessárias em consultas.

Quando se trata da etapa de execução de uma obra, o cronograma é baseado em tempo de execução das atividades. Normalmente, o tempo de busca e análise das informações, e estudo de projeto, não é contabilizado no cronograma de obra.

Entende-se que quando se inicia a fase de execução de uma obra a etapa de projeto já está encerrada, e o seu desenvolvimento, que inclui a compatibilização, já está totalmente solucionado. Assim como podemos ver no gráfico da figura 13, a importância das geometrias e informações do modelo são maiores na concepção e *design* do projeto (Carezzato, 2020).

Porém, quando as etapas iniciais do desenvolvimento do projeto não são efetivas, acabam trazendo consequências na etapa de construção, como, por exemplo, dúvidas quanto a informações e identificação de soluções não compatíveis com as metodologias utilizadas na obra.

Figura 13 – Uso de esforço x ciclo do projeto



Fonte: Carezzato (2020).

2.3.4 Verificação da qualidade dos modelos

A verificação da qualidade dos modelos BIM deve ser feita na etapa de projeto. Nessa etapa, é definido os usos do BIM, seus requisitos e o fluxo de informação em toda a trajetória do seu desenvolvimento. O modelo BIM é iniciado e aprimorado, conforme a gestão de um coordenador de projetos, em que sua equipe compatibiliza e analisa as soluções técnicas implementadas no modelo.

Os requisitos e as diretrizes para a qualidade dos modelos a serem desenvolvidos devem estar também no BEP (Plano de Execução BIM). O BEP,

comum documento que norteia todos os projetistas, irá possibilitar que todos os modelos atendam aos mesmos requisitos, sejam eles definidos pelo cliente ou coordenador de projetos (NBR 19650-2, 2022).

A padronização na verificação da qualidade dos modelos irá auxiliar o coordenador de projetos a realizar as verificações ao atendimento do BEP.

Na finalização do estágio de projeto, conforme o fluxo de projeto utilizando a metodologia BIM, os modelos de cada disciplina se desenvolveram simultaneamente, se adequando um ao outro, conforme os apontamentos da gestão, com o intuito de chegar à entrega da documentação e do modelo BIM executivo.

A cada compartilhamento de modelo pelo CDE (Ambiente Comum de Dados), conforme exposto na figura 14, os modelos são arquivados separadamente, para checagem antes da sua publicação final para os outros projetistas e utilização da documentação. Esse procedimento contribui para a redução de erros e retrabalho, em um fluxo colaborativo.

Figura 14 – Fluxo da disponibilização da documentação no CDE



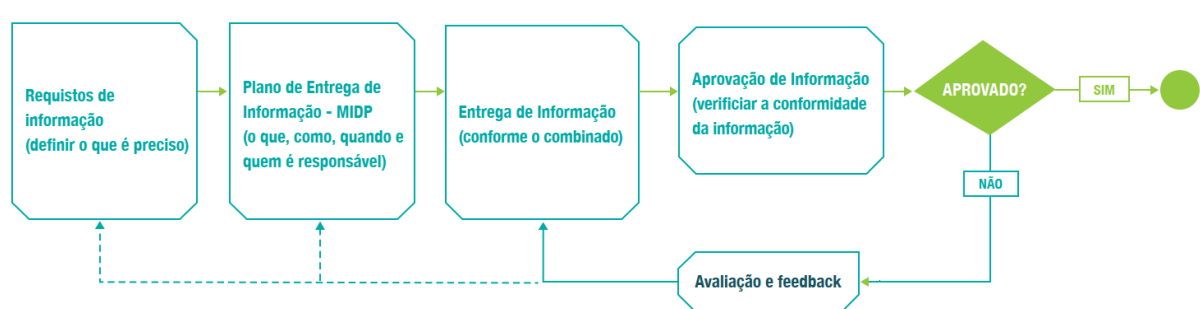
Fonte: NBR 19650-2 (2022).

A verificação da qualidade dos modelos BIM vai além da simples identificação de conflitos geométricos. Ela envolve também a análise da consistência e da

conformidade das informações inseridas nos modelos BIM, garantindo que estejam em conformidade com os objetivos definidos para o projeto. Essas verificações devem ocorrer de forma contínua, integradas ao fluxo de trabalho, desde as etapas iniciais de planejamento e contratação, para que os modelos atendam aos requisitos previamente estabelecidos (Guias de contratação BIM, 2023).

Torna-se essencial que as informações esperadas estejam claramente definidas desde o início da contratação, garantindo que todos os profissionais envolvidos compreendam suas responsabilidades quanto à entrega de dados corretos, completos e utilizáveis ao longo do ciclo de vida do projeto.

Figura 15 – Ciclo da informação



Fonte: Guia de contratação BIM (2023).

Conforme exposto na figura 15, em um fluxo simplificado, a definição dos requisitos de informação é o primeiro passo a ser estudado. A clareza dos objetivos do contratante, bem como a definição dos resultados esperados, são fundamentais para o sucesso do projeto. Quando essas diretrizes não são estabelecidas adequadamente, corre-se o risco de contratar projetistas cujos resultados não correspondam às expectativas do projeto, o que pode comprometer a execução, gerar retrabalhos e aumentar os custos da execução da obra. A falta de controle sobre a qualidade das informações nos modelos pode acarretar retrabalhos, atrasos e perdas financeiras.

Conforme destaca o Guia de Contratação BIM (2023), nesse caso, o uso do BIM deixa de cumprir sua função estratégica de otimização de processos e redução de falhas, tornando-se apenas uma representação digital que não agrega valor real à gestão da obra. Portanto, assegurar a qualidade dos modelos desde a concepção até

a execução é uma prática indispensável para que os benefícios do BIM sejam plenamente alcançados.

2.3.5 Contratação dos projetistas

Dentro da gestão de informação, no processo BIM é necessário realizar a avaliação da competência das equipes de tarefas. Para que a contratação dos projetistas seja adequada, é fundamental que a equipe tenha acesso ao BEP pré-contrato, e acesso livre para sanar todas as dúvidas relacionadas aos entregáveis com o cliente ou coordenador de projetos (NBR-ISO19650-2, 2022).

Na contratação de projetistas para o desenvolvimento do projeto, é necessário que eles tenham o conhecimento, além do BEP, também do projeto específico que será feito, e, além disso, a utilização da metodologia BIM e seu fluxo de informação. Normalmente, quando a empresa projetista já implantou o BIM nos seus processos, eles já trabalham em um ambiente colaborativo, com integração entre as disciplinas. O nível de competência técnica e conhecimento do *software* irá facilitar ou dificultar o andamento do projeto e, conseqüentemente, determinar os entregáveis finais do cliente.

Além da análise da experiência anterior dos projetistas e número de membros da equipe que gerencia as informações, é importante destacar a formação e treinamentos que esses profissionais possuem, ou disponibilizá-lo para a sua equipe interna.

Segundo a norma NBR 19650, há três itens principais para a análise dos profissionais:

- Gerenciamento da informação;
- Produção da informação;
- Disponibilidade de tecnologia da informação (infraestrutura de *hardware*)

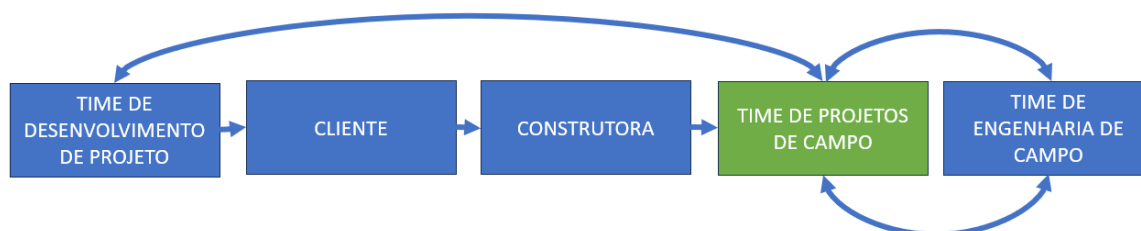
Nos aspectos citados, a experiência e os treinamentos para a equipe, impulsionarão um melhor desempenho no desenvolvimento do projeto.

Entretanto, o processo de avaliação de projetistas se detém na etapa de projeto.

Na etapa de execução, a capacidade técnica dos profissionais que irão fazer uso da documentação BIM não é avaliada profundamente. Muitas vezes, a maturidade BIM da construtora é que ditará a experiência e a contratação do time de projetos que será alocado em campo, caso haja.

Com um time alocado em campo, é possível que haja interação com o time de desenvolvimento de projeto, como também o time de engenharia de campo, que, com sua experiência, pode dar informações importantes para realizar as verificações no projeto.

Figura 16 – Fluxograma simplificado entre informações de time projeto e projetos de campo



Fonte: Autor (2025).

2.3.6 Nível de compatibilização

O processo de compatibilização de projetos inclui localizar e solucionar interferências entre os projetos de diferentes disciplinas. Na sua forma tradicional, é feita uma sobreposição de pranchas em 2D, de modo que é possível identificar visualmente, com as diferentes linhas desenhadas, as incompatibilidades.

Com essa sobreposição, a compatibilização depende do esforço do profissional que está desenvolvendo essa atividade, considerando sua atenção e conhecimento. Dessa forma, somente os itens mais evidentes são identificados, fazendo com que esse método não seja o mais eficiente (Costa, 2013).

Segundo Paiva (2016), o objetivo principal da compatibilização é a redução de retrabalhos na obra, prevenindo atrasos e adição de custos. Porém, na etapa de execução de uma obra, é sabido que todos os processos relacionados ao projeto já

foram desenvolvidos e definidos, considerando um projeto executivo ou liberado para a obra entregue. Isso inclui a compatibilização de todas as etapas de projeto.

É recomendável que, durante a etapa de execução da obra, haja uma equipe de projetos acompanhando os engenheiros de campo ou realizando visitas recorrentes. Dessa forma, é possível identificar possíveis falhas dos projetos executivos e/ou sanar dúvidas de representações gráficas que não ficaram claras.

Ainda assim, em se tratando de compatibilização, quando abordada na etapa de execução, os projetistas alocados em obra acabam absorvendo essa demanda e ajudando o time de produção a solucionar interferências identificadas tardiamente.

Com a utilização da metodologia BIM, há programas específicos para compatibilização, como, por exemplo, o Autodesk® Navisworks®. O *software* tem funções e parametrizações que com algumas configurações, é possível realizar a identificação de incompatibilidades de forma automatizada. A utilização desse *software* traz benefícios na etapa de execução da obra, abrindo possibilidades de uma maior quantidade de verificações nos modelos em menos tempo e de forma específica.

2.4 Modelo de negócios da construção

Um dos elementos que marcam o início do ciclo de vida de um projeto e influenciam diretamente seu desenvolvimento é a tipologia contratual adotada. A escolha do modelo de contrato mais adequado ao perfil do empreendimento impacta significativamente a estrutura organizacional do projeto, definindo quais pessoas estarão envolvidas, em que momento cada um será acionado e quais serão suas respectivas responsabilidades ao longo das diferentes fases da construção. A forma como os contratos são estruturados pode favorecer (ou dificultar) a colaboração, a fluidez da comunicação e a integração entre as equipes, afetando o desempenho geral do projeto.

As mudanças que o BIM trouxe no processo de projeto também se estendem à metodologia de contratação utilizada. Os novos negócios oriundos da prática de

utilização do BIM trouxeram resolução para os problemas que eram encontrados nos métodos tradicionais de negócio (Sacks, 2021).

Segundo a CBIC (2016), os principais fatores que causam sobrecustos na construção civil são:

- Supercompetição na fase de apresentação de propostas;
- Pequeno prazo para a preparação de propostas pela construtora;
- Baixa valorização e falta de foco no desenvolvimento da engenharia;
- Não compartilhamento das ferramentas de planejamento e gestão de projeto por parte dos envolvidos;
- Conflitos entre as equipes de execução das obras e de planejamento e controle (gerentes e diretores de projeto);
- Detecção tardia de interferências e problemas, o que dificulta a proposição de soluções conjuntas.

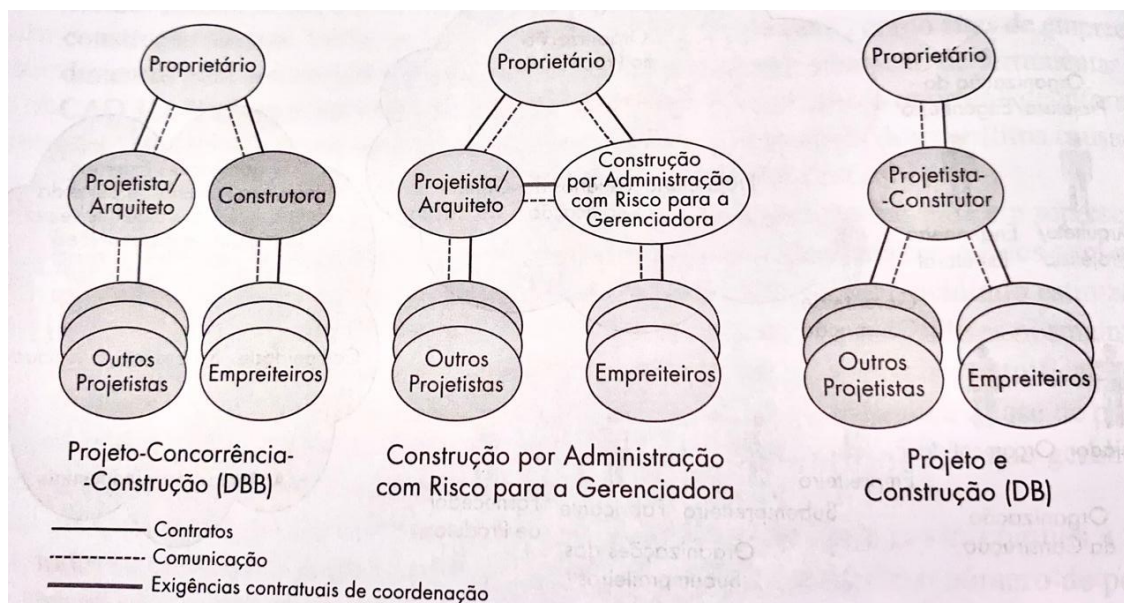
A combinação da falta de clareza na definição da modalidade de contratação e do escopo, somada às limitações do sistema de comunicação baseado apenas em documentação, e aos principais fatores que geram sobrecustos — como a alta competitividade entre os proponentes e os prazos reduzidos para a entrega das propostas — resulta em falhas já nas etapas iniciais do projeto. Esses erros precoces tendem a se refletir ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, gerando retrabalhos, conflitos e impactos negativos na qualidade, nos custos e nos prazos.

Na figura 17, são expostos os tipos de modelos de negócios utilizados na construção, e de forma simplificado como se dá a comunicação e responsabilidade de cada envolvido (Sacks, 2021).

Já a CBIC expõe alguns outros tipos de contratação, que são comuns no sistema de negócio brasileiro:

- Modalidades DBB – *Design-Bid-Build* e EPC – *Engineering-Procurement-Construction*;
- Modalidade “Aliança Estratégica”;
- Modalidades contratuais e a adoção BIM;
- O IPD – *Project Delivery*.

Figura 17 – Processos de contratação na construção



Fonte: Sacks (2021).

2.4.1 Projeto-Concorrência-Construção (DBB, *Design-Bid-Building*) e Engenharia, Suprimentos e Construção (EPC, *Engineering, Procurement and Construction*)

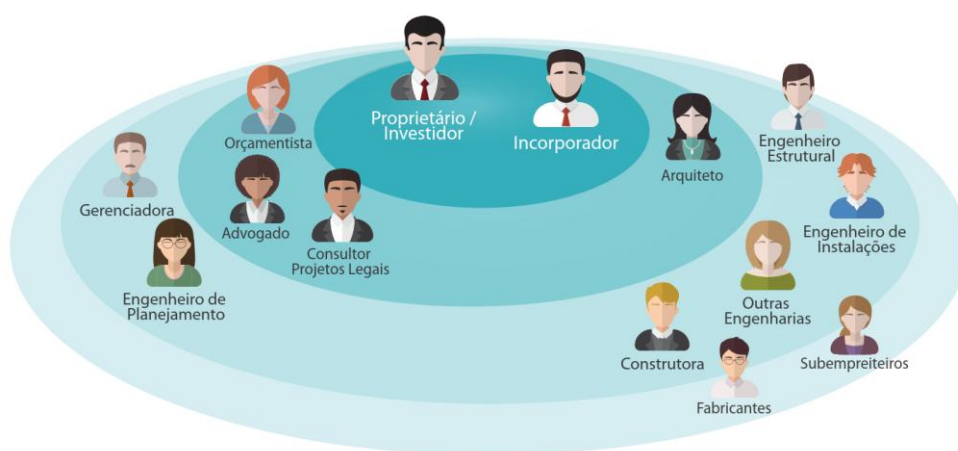
No caso de um projeto contratado por DBB, o processo incluirá a contratação de um arquiteto, que, junto com o proprietário/investidor, define os objetivos do empreendimento. Segundo a CBIC (2016), para esse tipo de contratação, o arquiteto também é responsável pela contratação de todos os outros projetistas, como podemos ver na figura 18. Desde a concepção do projeto, até a emissão da documentação final, o arquiteto e os projetistas contratados se envolvem e compartilham as definições com o contratante.

Para a execução, a construtora é contratada diretamente pelo proprietário do projeto, por meio de uma licitação. E nessa contratação não há ligações entre o arquiteto e a construtora. Com o intuito de se eximir de possíveis erros de projeto, alguns projetos são entregues de forma genérica, com notas específicas de não exatidão, ou de apontamento para uma verificação antes da execução, nas pranchas emitidas.

A construtora, por sua vez, contrata seus empreiteiros, e estes são responsáveis por desenvolver os projetos de fabricação. Porém, quando os projetos são imprecisos e inconsistentes, trazem a necessidade de fabricação no canteiro de obras, e esta, por sua vez, é mais cara (Sacks, 2021).

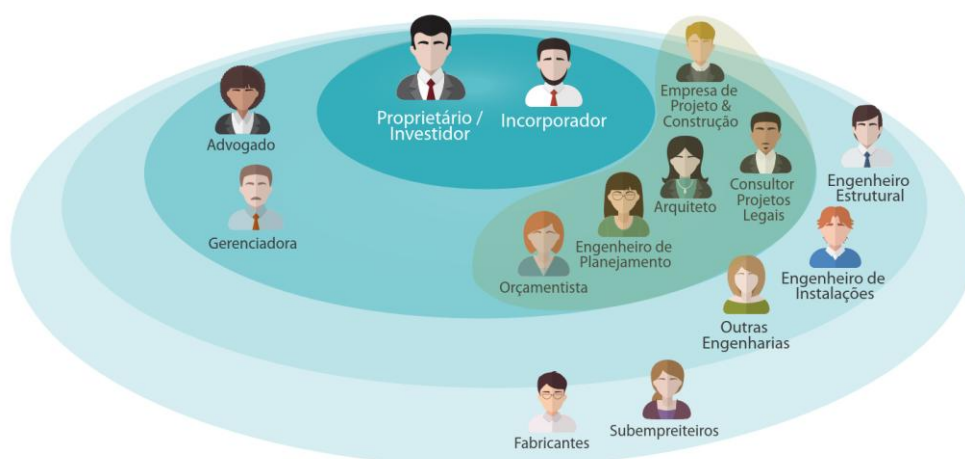
A maior característica desse método de contratação DBB é as ações serem dissipadas e as responsabilidades divididas entre todos os envolvidos. Não há somente um ponto focal, e há maior participação do proprietário.

Figura 18 – Modelo de negócio DBB



Autor: CBIC (2016).

Figura 19 – Modelo de negócio EPC



Autor: CBIC (2016).

Já na contratação EPC, conhecida como um modelo *turn-key* (chave na mão), pois nesse caso houve apenas uma contratação, a empresa contratada é responsável

por desenvolver o projeto, comprar os materiais e executar a construção. Com isso, a contratada assume a responsabilidade total da construção até a sua entrega final.

As principais vantagens dessa contratação são:

- Preço global: Proprietário analisa de forma macro as propostas;
- Execução integrada: Proprietário se exime de qualquer outro tipo de contratação, que fica somente a cargo da construtora;
- Planejamento: Proprietário apenas define o prazo máximo da construção e a construtora é que deve fazer seu cronograma detalhado.

Segundo a CBIC (2016), pontos críticos da EPC que merecem atenção são a falta de visibilidade e a baixa transparências nos processos perante o cliente. Com isso, muitos clientes, mesmo com esse tipo de contratação, solicitam reuniões recorrentes para que seja possível acompanhar o processo da obra e as decisões que estão sendo tomadas.

2.4.2 Projeto e construção (DB, *Design-Build*)

O modelo de contratação DB se assemelha ao EPC, a responsabilidade de um processo projeto e construção se torna também simplificada, ficando a cargo de apenas um contratado direto a atribuição do projeto e da construção. Dessa forma, a construtora faz suas subcontratações, como arquiteto e outros projetistas, além de empreiteiros e consultores especializados. Com essa escolha de modelo de negócio, o proprietário ganha no que é relacionado a custos e prazos, pois a construtora estará ativamente estudando os métodos aplicados e realizando uma reengenharia com o projeto.

Porém, essa técnica diminui a flexibilidade de modificações no projeto, visto que não há a obrigatoriedade de conclusão do projeto para o início da etapa de execução.

A aquisição e contratação de suprimentos, como equipamentos e materiais, pode ainda ficar a cargo do proprietário, ou de um contrato separado. Além disso, a responsabilidade dos riscos do projeto pode ser compartilhada, e não ser total, como acontece no EPC.

Segundo Sacks (2021), o uso do BIM para esse processo de contratação é amplamente recomendável. O fluxo de trabalho e os seus entregáveis BIM se estendem até a etapa de execução, pois o contratado tem a responsabilidade de desenvolvimento do projeto e execução.

2.4.3 Construção por Administração com Risco para a Gerenciadora (CMAR, *Construction Management at Risk*)

Esse método consiste na contratação de uma gerenciadora, que tem a responsabilidade de controlar o projeto e os custos do empreendimento. Há definições em conjunto com a construtora, que participa do processo desde a etapa de projeto. Esse modelo exige projetos bem elaborados, orçamentos detalhados, cronogramas precisos e uma gestão técnica altamente qualificada, já que a performance da gerenciadora impacta diretamente sua remuneração e exposição a riscos.

Além disso, a integração entre a gerenciadora, projetista e construtora favorece uma atuação em conjunto, de forma mais estratégica, focando em um objetivo comum.

2.4.4 Desenvolvimento Integrado de Empreendimentos (IPD, *Integrated Project Delivery*)

O contrato IPD (*Integrated Project Delivery*) busca integrar todos os participantes de um projeto — como arquitetos, engenheiros, empreiteiros e fornecedores — de forma colaborativa. O objetivo é criar um ambiente de trabalho conjunto, em que todos compartilham informações, responsabilidades e decisões, promovendo melhores resultados para o projeto.

O IPD se baseia em princípios como respeito e confiança mútua, compartilhamento de riscos e recompensas, decisões colaborativas, envolvimento antecipado dos participantes-chave, definição conjunta de metas e planejamento intensificado. Esses fundamentos promovem a inovação e a eficiência no desenvolvimento do projeto, com todas as partes trabalhando desde o início em um

mesmo ambiente (como no conceito de Big Room), o que reduz erros, retrabalho e problemas de comunicação. A ideia é que todos tenham voz ativa e colaborem com seu conhecimento desde as primeiras fases do projeto (Baldessin, 2023).

Entre os principais benefícios do IPD estão a redução de conflitos, custos menores e tempo de obra mais curto, graças à melhor comunicação e coordenação entre os envolvidos. No entanto, também há desafios, como a necessidade de mudança de cultura, maior dedicação dos projetistas no início do processo, alto nível de confiança entre as partes e maior complexidade em comparação com métodos tradicionais. Por isso, ao considerar a adoção do IPD, é essencial que toda a equipe e o cliente estejam alinhados quanto às exigências e compromissos que esse modelo demanda.

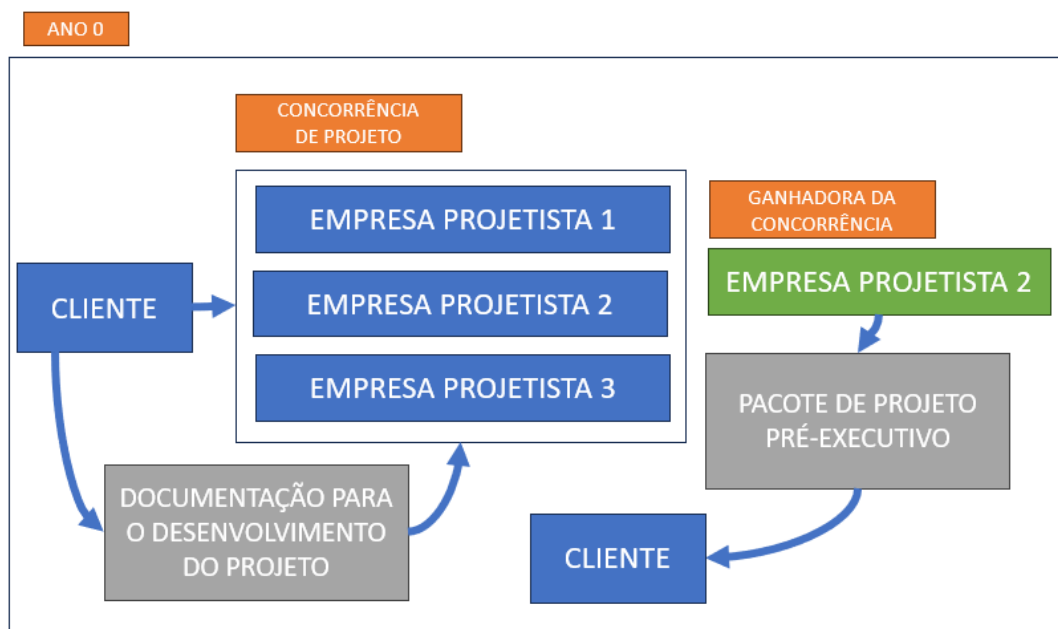
3. ESTUDO DE CASO

No estudo de caso foram coletados os dados da seguinte forma:

- **Observação participante:** Observação atuante do pesquisador e sua equipe, alocado diretamente na obra, desde seu início até a finalização do comissionamento. Incluindo na observação, a participação de reuniões, diretas com cliente, projetistas e gerenciador.
- **Documentos:** Análise dos documentos utilizados para o estudo de caso, como projetos das disciplinas, memoriais descritivos e especificações técnicas.
- **Entrevistas espontâneas:** Coleta informal de feedbacks da equipe envolvida, incluindo os engenheiros de campo, especialistas de projeto e gerente de obra e engenharia. Além disso, foi possível ter contato direto com o cliente e projetista.

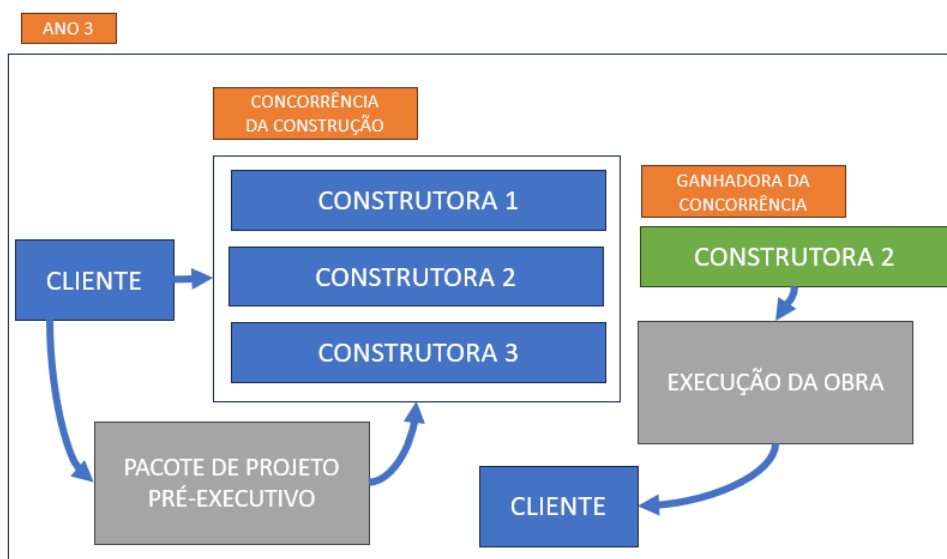
3.1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

Figura 20 – Processo de concorrência de projeto



Fonte: Autor (2025).

Figura 21 – Processo de concorrência de construção



Fonte: Autor (2025).

Para esse estudo de caso, é importante esclarecer como foi feita a troca de informações, até os projetos chegarem à construtora. Como é possível observar na figura 20 e 21, a representação em um fluxograma simplificado dos dois processos, houve duas concorrências totalmente apartadas, de desenvolvimento de projeto e de construção. Além da divisão dessas etapas, houve um intervalo de tempo considerável entre uma fase e outra. Isso resultou em um distanciamento entre os projetistas do projeto em questão e outros aspectos que serão também abordados no decorrer dos próximos tópicos deste trabalho.

Entrando na tipologia do projeto em questão, é relevante observar que se trata de uma construção de um *data center* e todas as infraestruturas para sua alimentação. Entende-se por *data center* um ambiente onde acontece o armazenamento e o processamento de dados. Com o crescimento exponencial na utilização da internet pelos usuários, em amplos aspectos, como finanças e gestão de recursos, se tornou cada vez mais necessária a construção de novos projetos dessa tipologia (Zucchi, 2013).

Esse estudo de caso abrange um terreno para recebimento das infraestruturas de mais de 120 mil metros quadrados. Cada *data center* tem aproximadamente 15 mil metros quadrados.

A necessidade do aumento da capacidade de armazenagem e processamento também exige um maior número de processadores no mesmo espaço físico. Além da importância da análise do espaço físico disponível e dos equipamentos a serem alocados no prédio, é fundamental que o projeto atenda ao nível de redundância solicitado ao cliente que usará o espaço. Isso acarreta uma complexidade maior para projetos de *data center* (Ono, 20214).

O nível de redundância é a capacidade que o *data center* tem de ininterrupção da sua operação. Segundo Zucchi (2013), quanto maior seu nível de redundância, maior a quantidade de caminhos de alimentação, e consequentemente, menor sua inatividade. Essa estratégia da aplicação de níveis de redundância reflete diretamente na construção do *data center*, aumentando sua demanda de instalação de cabeamentos e as infraestruturas para sua alimentação.

A EIA/TIA-942, sigla para *Electronic Industries Alliance / Telecommunications Industry Association*, é uma norma internacional que define os padrões para a infraestrutura de telecomunicações em *data centers*. Entre os principais aspectos abordados pela norma estão: topologias de rede, *layout* físico e organização dos equipamentos, cabeamento estruturado, requisitos de redundância e disponibilidade (Tiers 1 a 4), segurança física e controle de acesso e aterramento e infraestrutura elétrica.

Tabela 2 – Níveis de *data center* de acordo com a EIA/TIA-942

	Disponibilidade	Downtime	Redundância, alimentação e resfriamento	Implementação
Tier 1	99,671%	28,8 horas	Não possui	3 meses
Tier 2	99,741%	22 horas	Caminho único com componentes redundantes	3 a 6 meses
Tier 3	99,982%	1,6 hora	Múltiplos caminhos, mas só um ativo	15 a 20 meses
Tier 4	99,995%	0,4 hora	Múltiplos caminhos ativos	15 a 20 meses

Fonte: Zucchi (2013).

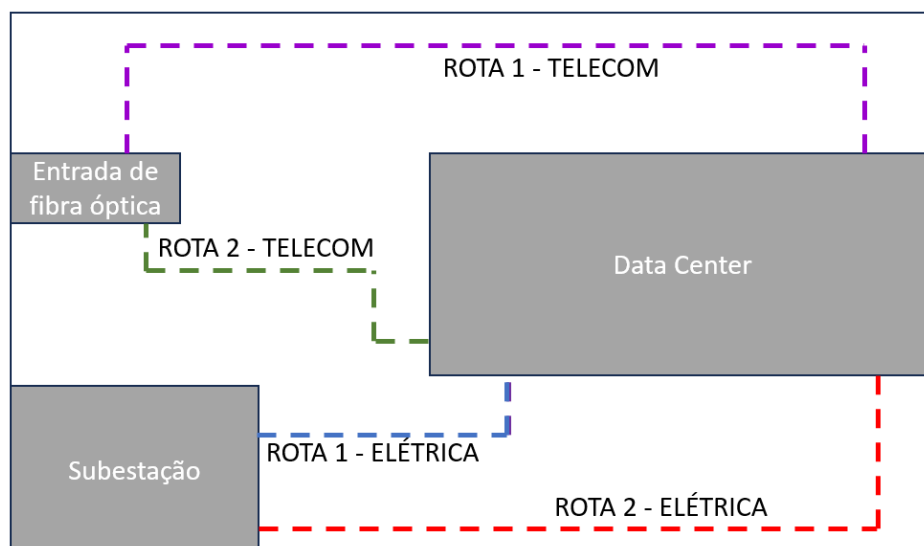
No contexto brasileiro, a EIA/TIA-942 também rege as certificações de *data centers*, já que o país ainda não possui uma norma própria com abrangência equivalente para esse tipo de infraestrutura.

Neste estudo de caso, trata-se de um *data center* classificado como *Tier 3*, segundo a EIA/TIA-942, em que são previstos múltiplos caminhos e somente um caminho ativo. Como exemplo, temos na figura 22, um croqui da implementação do empreendimento, o qual, para esta classificação de *Tier 3*, tem mais de uma rota saindo da edificação das disciplinas de elétrica e telecom.

Para a entrada de fibra óptica, foram implementadas duas rotas distintas que percorrem áreas separadas do terreno até o edifício principal. Essa configuração garante redundância no sistema de telecomunicação, de modo que, em caso de incidentes locais, sejam eles acidentais ou intencionais, a conectividade com a internet não seja comprometida.

Da mesma forma, a infraestrutura elétrica segue esse princípio: duas rotas independentes foram estabelecidas, cada uma em trajetos distintos. Assim, caso uma delas precise ser interrompida por qualquer motivo, a outra assegura a continuidade do fornecimento elétrico. Essa abordagem fortalece a confiabilidade da operação, permitindo o funcionamento ininterrupto do ativo, o que evita perdas no processamento de dados e preserva a rentabilidade da operação.

Figura 22 – Croqui implementação *Data Center Tier 3*



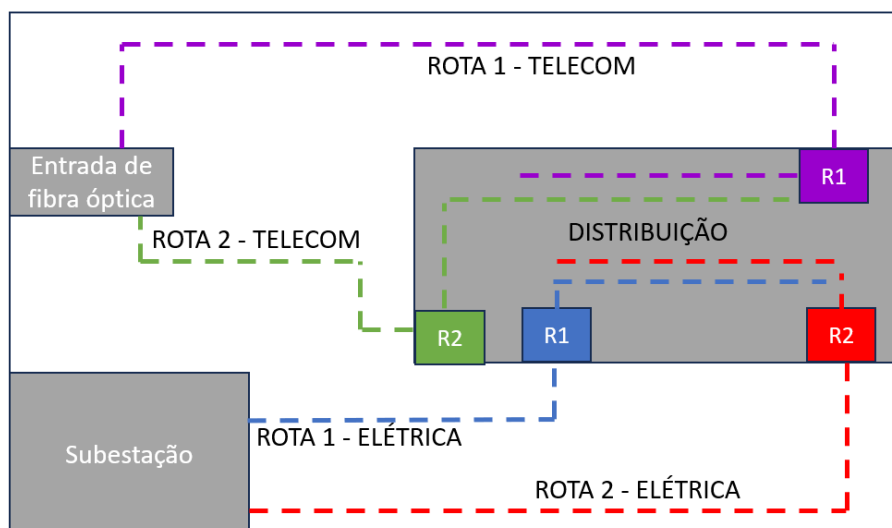
Fonte: Autor (2025).

Ao observar a imagem 23, é possível visualizar as distribuições internas do edifício, que refletem a necessidade de continuidade das alimentações para todos os encaminhamentos planejados. A exigência de redundância, imposta pelas normas de

certificação, eleva consideravelmente os custos da construção, principalmente devido ao volume expressivo de cabeamento necessário para atender a todas as rotas previstas nas disciplinas envolvidas.

Essa complexidade, contudo, aplica-se exclusivamente às áreas de telecomunicação e elétrica. No caso das instalações hidráulicas e de combate a incêndio, por exemplo, a execução é mais simplificada, limitando-se às redes essenciais para abastecimento ou conforme exigido pelos órgãos reguladores municipais e pelo Corpo de Bombeiros.

Figura 23 – Croqui implementação com distribuições internas



Fonte: Autor (2025).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa é uma construtora, que nasceu da ideia de dois amigos, que iniciaram um trabalho juntos, focado em sistemas prediais elétricos, e que, após anos em expansão, já atendem a diversos tipos de projetos, como:

- *Data center*;
- Corporativo;
- Varejo;
- Tecnologia;
- Indústrias;

- Área da saúde.

Hoje, com a expansão, a empresa se tornou um grupo especializado em Engenharia e Construção, com foco em uma engenharia multidisciplinar, trazendo soluções inteligentes e otimizadoras para cada projeto. Para atender a todas as especialidades, há mais de 1.000 profissionais compondo o corpo técnico da empresa.

Neste estudo de caso, a construtora havia sido contratada para executar o projeto civil em questão e fazer a instalação de equipamentos elétricos, mecânicos e de sistemas. Dentre eles, a construtora fez a seguinte separação das disciplinas:

- Civil:
 - Fundação;
 - Estrutura metálica;
 - Estrutura de pré-moldado;
 - Fachada (pele de vidro e fechamento metálico ACM);
 - Pavimentação;
 - Impermeabilização;
 - Isolamento acústico.
- Sistemas prediais:
 - Elétrica (infraestrutura de média e baixa tensão, cabeamento, instalação de equipamentos elétricos e subestações);
 - Hidráulica (água potável, esgoto, águas pluviais e drenagem de óleo diesel);
 - HVAC (mecânica, climatização, exaustão de fumaça e ventilação);
 - Diesel (sistema de abastecimento de diesel dos geradores);
 - Combate a incêndio (rede de hidrantes, *sprinklers* e nitrogênio);
- Sistemas eletrônicos:
 - Telecomunicações (infraestrutura, cabeamento de fibra ótica e instalação de *racks*);
 - Sistema de detecção e alarme de incêndio (detecção precoce por aspiração e detecção de fumaça e temperatura tradicional);
 - Segurança (controle de acesso, câmeras e seus painéis de comando);
 - Automação (automatização de todos os equipamentos elétricos e mecânicos).

Das áreas de execução descritas, foram entregues pela gerenciadora do projeto os modelos BIM das seguintes disciplinas:

- Civil:
 - Fundação;
 - Estrutura metálica;
 - Estrutura de pré-moldado;
 - Fachada (pele de vidro e fechamento metálico ACM);
 - Isolamento acústico.
- Sistemas prediais:
 - Elétrica
 - Hidráulica (água potável, esgoto, águas pluviais e drenagem de óleo diesel) – subdisciplinas reunidas no mesmo modelo;
 - HVAC;
 - Diesel.
- Sistemas eletrônicos:
 - Telecomunicações;
 - Combate a incêndio;
 - Sistema de detecção e alarme de incêndio;
 - Segurança;
 - Automação.

Na entrega da documentação também foi incluído um modelo federado do projeto, na extensão .NWC, para utilização da construtora. Para essa utilização foi necessário que a construtora possuísse o *software* Autodesk Navisworks e que houvesse uma equipe técnica capacitada para a manipulação desses modelos.

Figura 24 – Visualização geral do modelo federado no Navisworks



Fonte: Autor (2025).

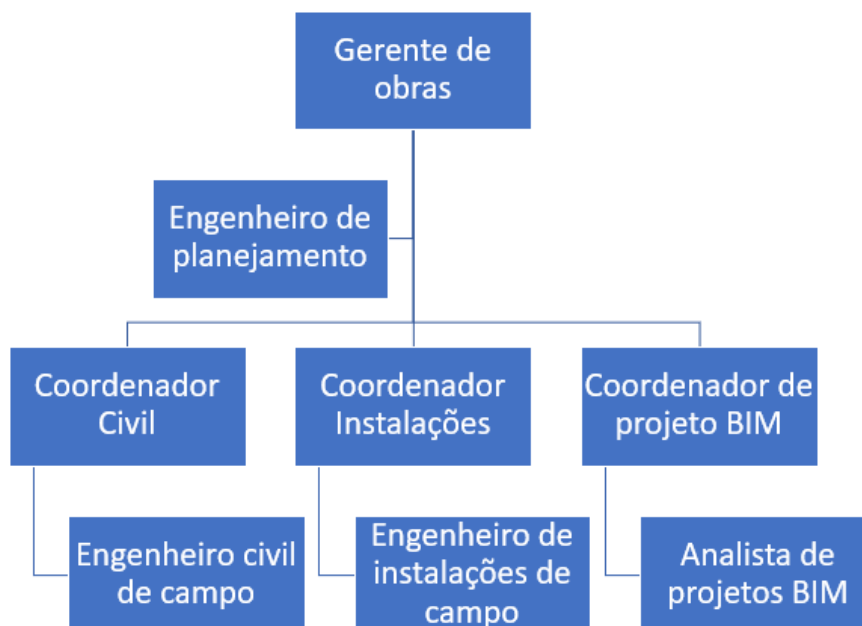
Apesar de ser uma construtora, para esse projeto específico, foi contratada como uma Gerenciadora do Contrato, que também tem a responsabilidade de análise e de reengenharia do projeto.

Junto com o escopo de reengenharia e construção, houve uma expectativa do cliente de aplicação da metodologia BIM na construção, pois o projeto já havia sido desenvolvido pela gerenciadora do projeto, utilizando o BIM, como mencionado anteriormente.

3.3 ORGANOGRAMA DA EMPRESA

A estrutura da empresa consiste em diversos setores, que incluem recursos humanos, compras, financeiro, suprimentos etc. A equipe técnica de engenheiros e especialistas de cada disciplina também faz parte dessa estruturação. Para o contrato específico, a estrutura é selecionada para o atendimento especificamente do projeto a ser construído, e deve ficar diretamente alocada no canteiro de obras, como podemos ver na imagem 25. O restante dos profissionais da empresa ficam alocados na sede, onde podem dar o suporte para a obra remotamente.

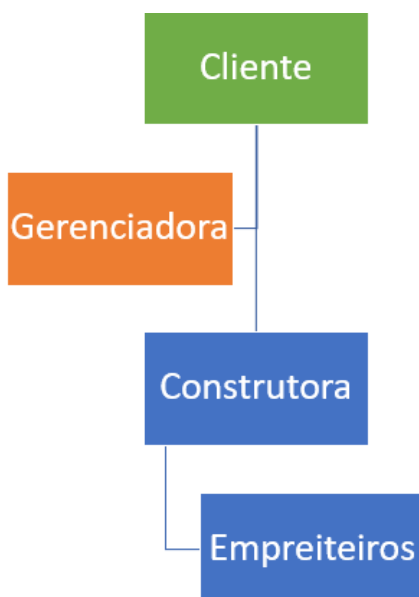
Figura 25 – Organograma da empresa na obra



Fonte: Autor (2025).

O organograma também é exigido pelo cliente, visando a garantia do cumprimento de todo o escopo contratado. Além disso, também há a participação da gerenciadora, que é uma empresa especializada na gestão do contrato, que tem o objetivo de fiscalizar o contratado e reportar os assuntos de atenção para o cliente. Apesar de a construtora realizar um papel de maior responsabilidade nesse projeto, ainda assim é necessário reportar todas as alterações e definições para a gerenciadora e para o cliente final, passando pelo processo de uma requisição de informação, com a análise da situação exposta, analisando os seus impactos quanto aos prazos, cronograma e qualidade do projeto.

Figura 26 – Fluxo de repasse das informações



Fonte: Autor (2025).

3.4 FLUXOGRAMA DOS PROJETOS

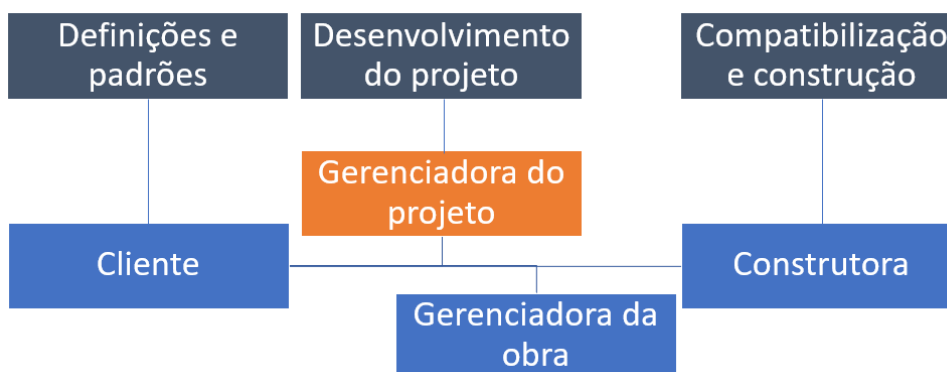
Para esse empreendimento, o cliente optou para o tipo de processo Projeto-Concorrência-Construção, no qual há uma separação nas contratações de projetistas e da construtora.

Dessa forma, na etapa de concepção do projeto ainda não havia sido definida a construtora que iria atuar nesse projeto, devido à licitação de concorrência. A gerenciadora do projeto elaborou o projeto seguindo as diretrizes impostas pelo cliente, como seus padrões de execução e metodologias de outros projetos.

Os projetos são recebidos pela construtora, após a concepção e desenvolvimento pela gerenciadora do projeto, que deve ter seguido os pré-requisitos ditados pelo cliente, referente aos padrões e área a ser utilizada.

Dentro do processo de desenvolvimento do projeto, houve a utilização da metodologia BIM, o que inclui a compatibilização dos modelos a cada fase do projeto, até que chegue a fase pré-executiva.

Figura 27 – Responsabilidades de cada empresa dentro do projeto



Fonte: Autor (2025).

A gerenciadora do projeto entrega o projeto na fase pré-executiva, ficando a cargo da construtora fazer a contratação e desenvolvimento da compatibilização final e emissão do projeto executivo.

Para o avanço da fase executiva, foram entregues pela gerenciadora do projeto, além das pranchas e documentações, os modelos de cada disciplina, e o seu modelo federado. A partir dessa entrega, a construtora pôde iniciar a análise e disseminar as informações para cada especialista. Como mencionado anteriormente, os modelos BIM recebidos, foram de todas as disciplinas, e dentre elas foram utilizados os seguintes *softwares* e exportações:

Tabela 3 – Matriz de entrega de modelos

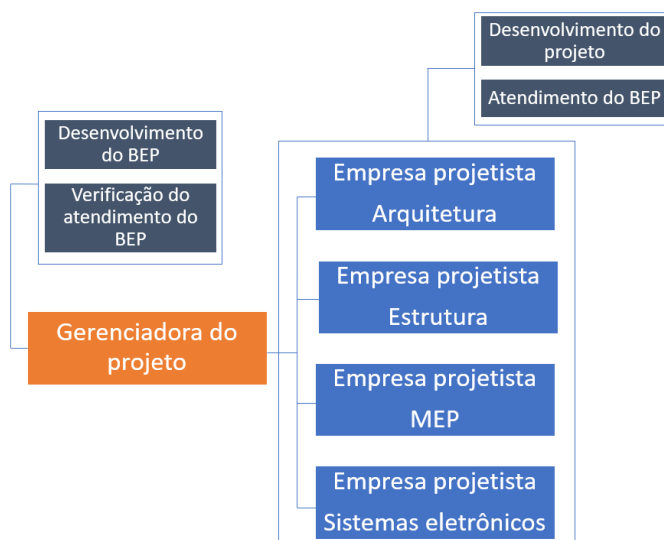
Disciplina	<i>Software</i> desenvolvido	Modelo de exportação
Arquitetura	Revit	RVT/NWC
Elétrica	Revit	RVT/NWC
HVAC	Revit	RVT/NWC
Óleo diesel	Revit	RVT/NWC
Hidráulica	Revit	RVT/NWC
Telecom	Revit	RVT/NWC
Fundação	TQS	IFC
Estrutura metálica	Tecnometal	IFC
Estrutura pré-moldada	TQS	IFC
Combate a incêndio	Revit	RVT/NWC

Sistemas	Revit	RVT/NWC
----------	-------	---------

Fonte: Autor (2025).

O BEP (Plano de Execução BIM) foi desenvolvido pela gerenciadora do projeto. No documento, foram definidos as entregas dos modelos, padrões de qualidade da informação e os requisitos a serem atendidos para a evolução do projeto de forma colaborativa. Além disso, também foram apresentados os fluxos de informações, a utilização do CDE (Ambiente Comum de Dados), a matriz de responsabilidade de cada disciplina e os requisitos do cliente.

Figura 28 – Responsabilidade da gerenciadora do projeto



Fonte: Autor (2025).

Neste caso, a construtora recebeu o documento BEP apenas como informativo, pois o fluxo de definição do BEP e a verificação dos seus entregáveis já havia sido concluído. E nele, é importante mencionar, foram definidos os principais usos do BIM, como:

- Conformidade com os requerimentos do cliente;
- Coordenação de projeto 3D;
- Produção de desenhos;
- Visualização;
- Compatibilização.

Dentre os usos descritos, não foram mencionados o uso para a extração de quantitativos e o uso para o planejamento 4D. Dessa forma, foi compreendido que se fosse necessária a utilização dos modelos para os fins não mencionados, os modelos precisariam passar por um refino, adição de parâmetros e alinhamento dos seus objetivos após a entrega.

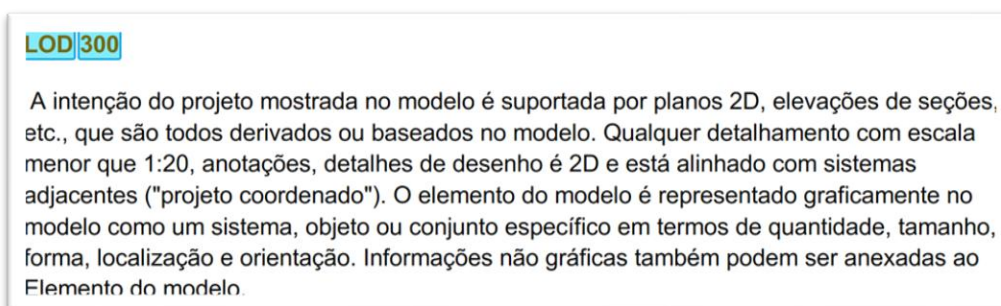
3.5 NÍVEL DE INFORMAÇÃO NECESSÁRIA

Como exposto anteriormente no fluxo de projeto, o cliente fez a contratação de uma empresa que gerenciou o projeto como um todo, e depois do desenvolvimento do projeto e da entrega do projeto executivo, foi contratada a empresa construtora.

Anteriormente, foram apresentadas, com base na NBR 19650, as definições relativas à documentação necessária nos requisitos de informação, com o objetivo de alinhar os entregáveis às expectativas e necessidades do contratante. No entanto, o termo *LOD (Level of Detail)* deixou de ser utilizado. Na atualização da norma em 2022, esse conceito foi substituído por *LOIN (Level of Information Need)*, refletindo uma mudança de enfoque: a ênfase não está mais na modelagem em si, mas sim na qualidade e no conteúdo das informações inseridas no modelo.

Porém, nesse estudo de caso, que foi desenvolvido em 2021, o documento BEP (Plano de Execução BIM) baseou-se no termo obsoleto LOD, conforme apresentado na imagem 29, em que se escreveu sucintamente o detalhamento esperado dos modelos.

Figura 29 – Trecho do BEP especificando o LOD a ser utilizado



Fonte: Documentação do estudo de caso do autor (2021).

Além disso, é importante reforçar, conforme mencionado anteriormente, que os objetivos estabelecidos no Plano de Execução BIM não incluíam o uso dos modelos para extração de quantitativos ou para parametrizações vinculadas ao planejamento e cronograma da obra. No entanto, essas aplicações, embora ausentes na etapa de projeto, passaram a ser exigidas pelo cliente durante a fase de construção. Essa situação evidencia de forma clara as consequências da baixa maturidade em BIM no momento da contratação, resultando em desalinhamentos entre expectativas e os seus entregáveis.

Figura 30 – Trecho do BEP do estudo de caso, quanto aos seus objetivos

Os principais objetivos do BIM Execution Plan no projeto	são:
• Conformidade com os requerimentos do Cliente. • Coordenação de projeto 3D. • Produção de desenhos. • Visualização. • Compatibilização.	

Fonte: Documentação do estudo de caso do autor (2021).

3.6 USO DOS MODELOS BIM NA OBRA – DESAFIOS

Como exposto na referência bibliográfica, o uso dos modelos BIM deve ser definido no início do processo de projeto. Para esse específico estudo de caso, o contratante definiu apenas os requisitos de técnicas construtivas a serem utilizadas, e não especificamente quais usos do BIM seriam aplicados no projeto.

A tipologia da construção se torna um desafio, pois se trata de uma construção de um prédio de *data center*. Para este projeto foram emitidas mais de 5.700 pranchas. Um *data center*, como apresentado anteriormente, é uma construção para armazenagem e processamento de grande volume de dados.

Para esse estudo de caso, a edificação incluiu a instalação de 9 geradores com 45.000 L de diesel cada um, para a alimentação de redundância e para suprir

possíveis falhas da concessionária. Também foram instaladas 18 unidades de resfriamento industrial, conhecidas como *chillers* — equipamentos de grande porte responsáveis por resfriar a água utilizada no sistema de climatização. Essa medida foi necessária para garantir alto desempenho na refrigeração dos equipamentos internos, que demandam controle rigoroso de temperatura para seu funcionamento adequado.

Houve ainda a instalação de um reservatório com 24,50 m de altura, com capacidade de 425 m³ de água, incluindo a reserva técnica de incêndio exigida pelo Corpo de Bombeiros.

No interior da edificação, foram projetadas nove salas técnicas dedicadas à infraestrutura elétrica. Cada uma delas abriga diversos equipamentos elétricos e mecânicos essenciais para o funcionamento contínuo do sistema, como transformadores de transferência estática (STS), painéis de distribuição (UDP e MDSB), *no-breaks* industriais (UPS) e unidades de resfriamento específicas para ambientes de TI (CRAH).

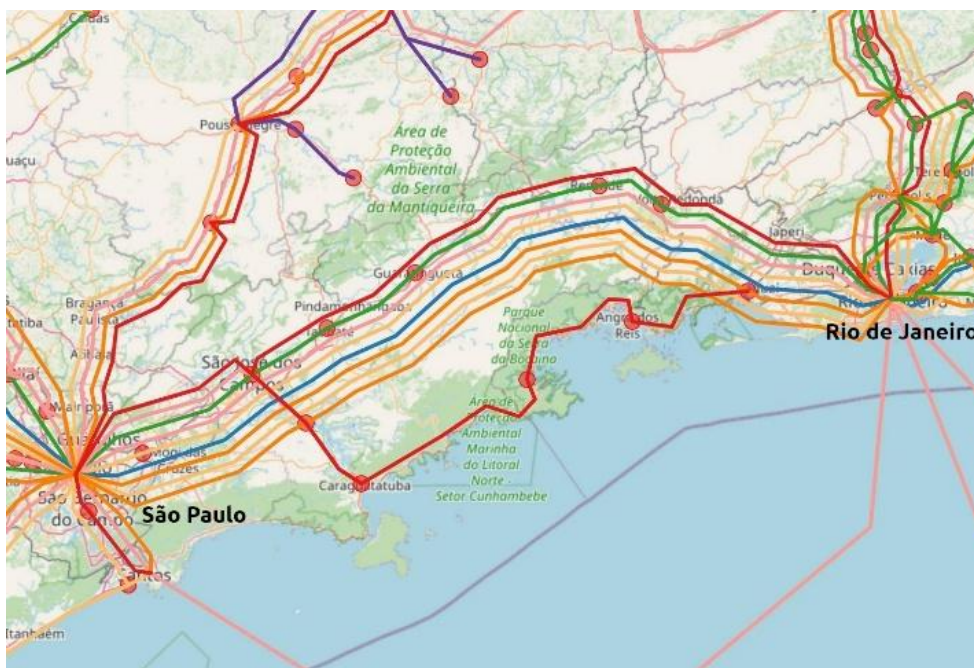
Além disso, foram previstas 12 salas de telecomunicações, responsáveis pelas conexões de fibra óptica. Cada sala realiza sua respectiva ligação com a infraestrutura externa, além de viabilizar a conexão interna do proprietário do empreendimento. Essas salas também estão preparadas para receber os futuros clientes, que instalarão seus próprios *racks* de equipamentos e utilizarão os sistemas de conectividade disponíveis para armazenagem e operação de dados.

Para atender às ligações elétricas do edifício, foi construída uma subestação dedicada, garantindo o fornecimento de energia de forma autônoma e segura. No caso das conexões de fibra óptica, toda a infraestrutura foi implantada de forma subterrânea, interligando o empreendimento às redes de fibra já existentes na região, além da infraestrutura própria do proprietário.

A figura a seguir apresenta, em uma visão macro, o mapa da infraestrutura subterrânea de conectividade já implantada no Brasil, com destaque para a região do estudo de caso, no estado de São Paulo. Em sequência, é possível visualizar também o mapa global das infraestruturas de conectividade, abrangendo tanto redes subterrâneas quanto cabos submarinos intercontinentais. Essas representações ilustram a complexidade e a abrangência das redes de telecomunicação atuais,

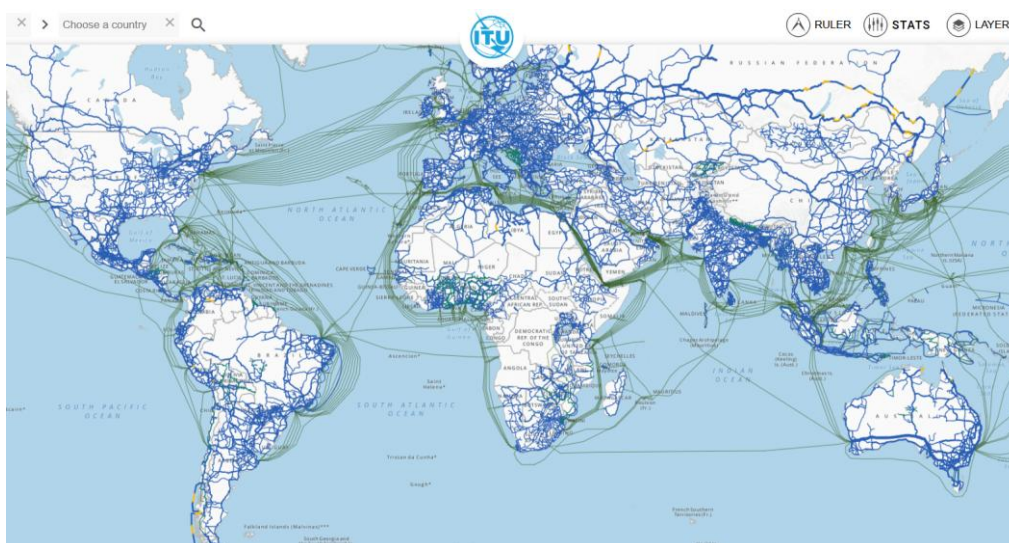
evidenciando a crescente relevância da conectividade digital no cenário global. Como consequência, observa-se uma demanda cada vez maior por edificações e sistemas projetados especificamente para atender às exigências desse setor estratégico.

Figura 31 – Mapa mostrando os cabos de fibra óptica terrestres que conectam o Rio de Janeiro a São Paulo, no Brasil



Fonte: UIT (União Internacional de Telecomunicações) (2025).

Figura 32 – Mapa mundial de ligações de fibra óptica terrestre e subaquática



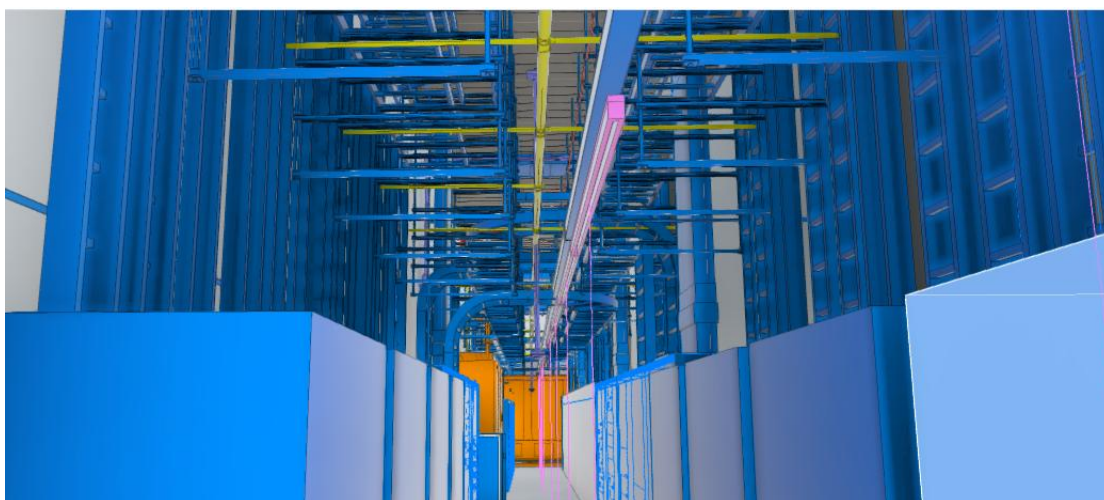
Fonte: UIT (União Internacional de Telecomunicações) (2025).

Devido à elevada demanda por energia elétrica e tráfego de dados, conforme mencionado anteriormente, a infraestrutura torna-se naturalmente robusta e volumosa. Essa complexidade intensifica os desafios de compatibilização e execução, especialmente diante das limitações de espaço físico disponíveis. Para a instalação de cada equipamento no interior da edificação, foi necessário realizar uma análise criteriosa do respectivo projeto eletromecânico, a fim de assegurar sua adequada alocação.

Entre os fatores avaliados, destacam-se: as dimensões físicas do equipamento; a quantidade e o tipo de aberturas de portas; a necessidade de acesso posterior para manutenção; os pontos de entrada e saída de cabos; e os afastamentos mínimos exigidos em relação a paredes ou a outros dispositivos. Essas verificações foram fundamentais para garantir a padronização exigida pelo cliente, operacionalidade dos sistemas, a segurança da instalação e a eficiência na manutenção e operação futura do prédio.

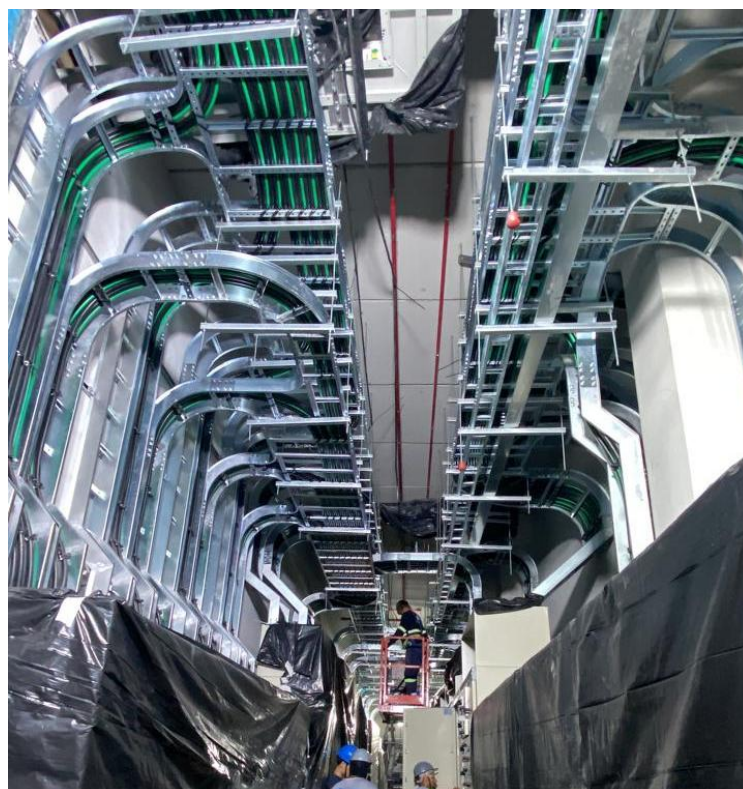
A disponibilização dos modelos BIM para a construtora facilitou essas verificações e promoveu a antecipações de outros itens a serem verificados. Podemos observar abaixo as duas figuras, a primeira figura 33, apresentando o modelo BIM federado, com destaque na disciplina de elétrica, representada na cor azul. E a segunda, a figura 34, uma imagem real da construção, da mesma sala elétrica demonstrada pelo modelo BIM.

Figura 33 – Modelo BIM com foco em uma sala elétrica



Fonte: Autor (2025).

Figura 34 – Execução do cabeamento na sala elétrica



Autor: (2025).

Devido às especificidades do projeto, a metodologia de construção adotada diferiu significativamente daquela utilizada em empreendimentos residenciais ou corporativos. No caso em questão, a construtora não participou da fase de desenvolvimento do projeto, o que limitou o acesso às informações apenas àquelas contidas na documentação técnica recebida. A partir dessa documentação, foi realizada uma análise detalhada que identificou lacunas nas informações disponíveis, evidenciando a necessidade de um maior nível de detalhamento técnico e de definições complementares para a correta execução da obra.

Como os projetistas responsáveis já haviam desenvolvido o BEP (Plano de Execução BIM), optou-se pela continuidade do uso do documento, previamente utilizado por essa equipe para a produção dos projetos executivos.

Com isso, o gerenciamento das entregas e o atendimento aos requisitos técnicos passaram a ser de responsabilidade direta da equipe de projetos da construtora. Essa equipe, conforme mencionado anteriormente, é composta por um coordenador de projetos BIM e um analista de projetos BIM, que atuam de forma

integrada na supervisão das entregas das documentações e na garantia da conformidade com o escopo estabelecido.

Outro desafio enfrentado é o nível de maturidade BIM do time de campo, pois não havia equipe qualificada para a manipulação dos modelos BIM recebidos, pois a grande maioria da equipe são engenheiros de campo.

Com o baixo entendimento do processo de projeto utilizando o BIM, não há clareza das vantagens de utilização do modelo federado e como ele pode gerar benefícios, ficando a cargo da equipe de projetos também desenvolver um trabalho para promover e facilitar a disseminação do uso do BIM e capacitar o time técnico das outras disciplinas.

Quando temos um modelo que não é consistente em suas informações, ele não poderá ser útil para posterior compatibilização, extração de quantitativos ou planejamento da execução de obra, pois não retrata a realidade que será executada. Além disso, para esse empreendimento, o contrato da modelagem não abrangia a quantificação e o planejamento 4D, e ficou a cargo da construtora refinar internamente os modelos para esses usos.

Modelos BIM disponibilizados:

No nosso estudo de caso, a visão predominante será a da construtora, recebendo os modelos da empresa coordenadora de projetos e do cliente final, para que possamos utilizar os modelos, com o uso BIM principal de compatibilização. Os modelos serão analisados quanto a sua:

- a. Consistência;
- b. Qualidade;
- c. Conformidade.

Com a etapa de execução, temos uma maior variedade de níveis de compatibilização. Não é possível somente identificar visualmente as interferências geométricas dos elementos dos modelos. É necessário realizar mais verificações, que não dependem de demonstrações gráficas para a identificação, como por exemplo:

- Compatibilização logística: Como o equipamento irá acessar o canteiro de

obras, se teremos espaço para o seu acesso. Outro exemplo é se os equipamentos passam pelas esquadrias previstas em projeto.

- Compatibilização de execução do projeto: A ordem dos serviços possibilita ou impossibilita a atividade subsequente, como por exemplo, ser necessário pintar uma parede primeiramente, para depois realizar a instalação do painel elétrico na mesma parede. Nesse estudo de caso, a construtora desenvolveu o planejamento vinculado ao modelo BIM apenas para a apresentação do que foi ou não executado dentro do planejado, seguindo o cronograma de obra. Porém, não foi vinculado o sequenciamento das atividades no modelo.
- Compatibilização de escopo: Necessidade de verificação se o que foi especificado em projeto foi incluído no escopo de execução da construtora.
- Compatibilização técnica: Verificação do desempenho de cada sistema, se as definições foram coerentes e exequíveis para o projeto.
- Verificação das normas: Se os projetos estão seguindo as normas preestabelecidas para cada subsistema projetado.
- Compatibilização de metodologias construtivas: Se o método construtivo escolhido favorece todas as disciplinas ou se haverá a necessidade de alguma revisão de projeto.

Com as possíveis verificações necessárias a serem consideradas, o escopo do time de projeto é excessivamente demandado pela equipe de campo, para que haja uma organização de todos os itens a serem verificados e todas as decisões sejam tomadas. Devido a isso, é necessário que as verificações aconteçam sempre de forma colaborativa, com a equipe técnica e operacional.

Além das verificações das soluções adotadas inicialmente pelos projetistas, neste projeto, foi necessário incluir no contrato uma etapa de reengenharia conduzida pela construtora, com foco na otimização de custos.

O cliente, sendo uma corporação global, tende a padronizar seus sistemas construtivos em todos os países onde atua. No entanto, ao analisar o projeto estrutural, foi identificado que a substituição do sistema de laje PI (composta por estrutura metálica mista com pré-moldado) por um sistema exclusivamente pré-moldado resultaria em uma redução significativa no custo total da obra, sem comprometer os requisitos técnicos. Essa adequação foi viabilizada por meio da

revisão do projeto e validação conjunta com o cliente, demonstrando a importância da flexibilidade e análise crítica frente aos padrões globais.

Por outro lado, também foram necessárias adequações em projetos específicos para garantir a conformidade com os requisitos técnicos exigidos pelo cliente. Um exemplo envolveu o sistema de vedações em *drywall*, inicialmente projetado com a utilização de uma única placa RF (resistente ao fogo). No entanto, considerando que o cliente exige certificação da FM Global (certificadora internacional de segurança e prevenção de riscos), a qual determina o uso de duas placas RF nesse tipo de aplicação, foi realizada uma revisão do projeto para assegurar o atendimento integral às normas da certificadora. Essa adequação demonstra a importância de alinhar as especificações do projeto às exigências regulatórias internacionais, especialmente em empreendimentos que seguem padrões globais de desempenho e segurança.

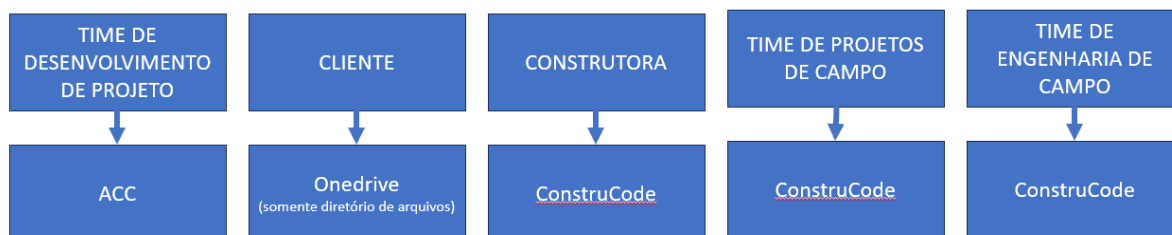
Com esses exemplos de reengenharia, observa-se que determinadas soluções técnicas resultaram em otimização de custos para a obra, enquanto outras acabaram gerando maior investimento, embora indispensáveis para o cumprimento dos requisitos exigidos pelo cliente.

3.6.1 Vantagens da interoperabilidade do CDE

Já é conhecida a importância da utilização do ambiente comum de dados em todo o ciclo de vida do projeto. Porém, há alguns aspectos que influenciam a escolha de um CDE para um projeto. Entre eles podemos citar:

- **Custo/benefício:** A depender da maturidade BIM da empresa que irá realizar a aquisição, é possível que seja determinado um tipo de CDE que atenda à empresa ou a algum projeto específico dentro do investimento estabelecido estrategicamente pelos responsáveis.
- **Uso/funcionalidade:** A empresa pode optar por uma plataforma que disponibilize uma funcionalidade que atenda aos objetivos do projeto.
- **Maturidade BIM dos usuários:** A equipe de implantação do novo CDE deve analisar a maturidade BIM da empresa, e com isso determinar como será a utilização e como obter o melhor aproveitamento da plataforma.

Figura 35 – Fluxo de CDE escolhido dos envolvidos



Fonte: Autor (2025).

No caso desse projeto, objeto do estudo de caso, a gerenciadora do projeto escolheu a utilização do ACC (*Autodesk Construction Cloud*), como CDE, pois esta plataforma proporciona uma interação entre os projetistas de forma aprofundada, disponibilizando diversas opções de controle de acesso, notificações, versões e revisões dos arquivos. Além disso, o ACC (antigo BIM360) é do fornecedor do principal *software* utilizado pela empresa gerenciadora do projeto, que é o Revit; isso facilita a interoperabilidade e visualização mais fluida dos modelos BIM.

Já o cliente, que foi o contratante do projeto a ser desenvolvido, utilizou apenas uma plataforma de diretório de arquivos, em que recebeu todos os arquivos gerados no ACC dos projetistas e os armazenou no seu próprio diretório.

Entende-se que a escolha do cliente se deu devido a pouca maturidade em BIM, e a equipe reduzida que se envolvia com o projeto. Além de que o projeto passaria por concorrência e sem previsão exata do seu início da obra, conforme exposto no início do estudo de caso.

A lacuna de tempo entre o desenvolvimento do projeto e sua construção também fomenta a descontinuidade da utilização do mesmo CDE.

A construtora, que inclui o time de projetos de execução e de engenharia de campo, estabeleceu a utilização da plataforma ConstruCode, pois identificou diversas funcionalidades para o time de campo; entre elas, apresentamos:

- Disponibilização de aplicativo para celular: A disponibilização do aplicativo se torna útil pois agiliza as consultas na documentação do projeto. Da mesma forma, a possibilidade de visualizar o documento de forma on-line, com a

certeza de que a consulta está acontecendo no arquivo atualizado e liberado para a obra, também é um ponto favorável a esse CDE.

- QR Code para acesso direto no celular: Foram impressos e distribuídos no canteiro de obras os QR Codes para acesso à plataforma, o que incentivou os empreiteiros e subempreiteiros a também utilizarem e consultarem os arquivos.

Figura 36 – Utilização do time de campo do Construcode



Fonte: Autor (2024).

- Inserção de apontamentos do time de campo: Há uma funcionalidade disponível na plataforma que facilita a adição de comentários em algum documento específico, tendo a possibilidade de realizar marcações para que outras pessoas acompanhem ou revisem o que foi apontado. Essa facilidade auxilia no desenvolvimento dos projetos *asbuilt*, considerando que há diversas alterações necessárias em campo que muitas vezes não chegam à equipe de projetos.
- Controle de acesso dos usuários de forma simplificada: No Construcode já temos preestabelecidos alguns perfis e configurações de acesso. Isso viabiliza

a adição de novos envolvidos e alterações de perfil de forma facilitada, sem a necessidade de grande conhecimento da plataforma.

- Análise de projetos e mudança de *status* intuitivas: Muitas vezes, o time de engenharia de campo não tem maturidade BIM alta o suficiente para manipular com agilidade o ambiente comum de dados. Com um *layout* intuitivo, a plataforma proporciona maior envolvimento e utilização do time de engenheiros de campo, para a aprovação ou revisão de projetos.

3.6.2 Extração de quantitativos

Os modelos recebidos foram elaborados no *software* Autodesk Revit, no qual é possível atribuir os parâmetros necessários para a extração de quantitativos e materiais de cada elemento. Na etapa de execução, tem-se o agravante de que o prazo de obra está em constante evolução. Devido a isso, a possibilidade de extração dos quantitativos de algum elemento específico, feita de imediato, torna o processo de contratação e compra mais ágil e assertivo.

Porém, conforme definido inicialmente no BEP (Plano Execução BIM), os modelos não foram desenvolvidos para a quantificação dos seus elementos, ficando a cargo da construtora, para, nesse caso, exportar suas próprias tabelas dentro do modelo BIM, entretanto, sempre realizando dupla checagem nos quantitativos.

Para outros casos, dependendo das informações a serem exportadas, pode ser necessária a adição de parâmetros novos, ou até a remodelagem com as classificações seguindo os requisitos de informações da modelagem. Como, por exemplo, na imagem 37, em que para uma parede de *drywall* foi atribuído o nome somente de “Parede genérica 10 cm”, e, na sua descrição, foi necessária a adição do seu material e espessura.

Figura 37 – Parâmetro adicionado para a extração de quantitativos do modelo BIM de arquitetura

<Tabela de parede>			
A	B	C	
Tipo	Descrição	Área	
Drywall standard 6.05cm	PAREDE DE DRYWALL STANDARD COMPOSTO POR 1 CHAPA DE 12.5MM. ESPESSURA TOTAL DA PAREDE = 6CM.	2411.45 m²	5
Parede generica (RU) - 16cm	PAREDE 16cm (DRYWALL VERDE RESISTENTE A UMIDADE - RU) PRODUTO DEVE POSSUIR CERTIFICAÇÃO FM GLOBAL.	495.48 m²	1
Parede generica - 10cm	PAREDE DE DRYWALL STANDARD COMPOSTO POR 2 CHAPAS DE 15MM E RESISTÊNCIA AO FOGO DE 30MIN. ESPESSURA TOTAL D	345.77 m²	1
Parede generica - 16cm	PAREDE 16cm (DRYWALL ROSA - CORTA FOGO) PRODUTO DEVE POSSUIR CERTIFICAÇÃO FM GLOBAL.	485.75 m²	2
Parede generica - 22cm	PAREDE DE DRYWALL ROSA COMPOSTO POR 4 CHAPAS DE 12.5MM E RESISTÊNCIA AO FOGO DE 120MIN. 22CM DE ESPESSURA.	2236.17 m²	5
ION - PAREDE 19cm	PAREDE 16cm (DRYWALL ROSA - CORTA FOGO) PRODUTO DEVE POSSUIR CERTIFICAÇÃO FM GLOBAL.	485.75 m²	2

Fonte: Autor (2025).

Com isso, a equipe interna da construtora utilizou os quantitativos gerados pelo Revit apenas para dupla conferência, onde os engenheiros solicitavam os quantitativos e os locais de cada material, para realizar a conferência com o que já havia sido planejado.

Essa quantificação duplicada utilizando os modelos serviu para ter uma maior assertividade nos materiais a serem adquiridos e utilizados, além da visualização do local da sua aplicação.

Figura 38 – Extração de quantitativo para conferência do modelo BIM de arquitetura

<LEVANTAMENTO_Tabela de parede>			
A	B	C	D
Tipo	Descrição	Comprimento	Área
AFGM - Drywall standard 6.05cm	PAREDE DE DRYWALL STANDAR	508.77	2418.95 m²
AFGM - Parede generica (RU) - 16cm	PAREDE 16cm (DRYWALL VERDE	109.94	490.35 m²
AFGM - Parede generica - 10cm	PAREDE DE DRYWALL STANDAR	121.04	334.50 m²
AFGM - Parede generica - 16cm	PAREDE 16cm (DRYWALL ROSA -	1397.63	7046.31 m²
AFGM - Parede generica - 22cm	PAREDE DE DRYWALL ROSA COM	523.02	2196.71 m²

Fonte: Autor (2025).

3.6.3 Detecção de conflitos

A partir da manipulação do modelo federado é possível identificar divergências nas metodologias da construção, ou até mesmo a otimização do processo. Pois, ao visualizar o modelo com todas as disciplinas nele contidas, interpreta-se de forma mais rápida o que o projetista que desenvolveu a solução planejou. Neste projeto específico, a equipe de BIM diretamente alocada no canteiro de obras tem a responsabilidade de analisar os dados dos modelos, e ainda proporcionar discussões com cada especialista, se o projetado é exequível e viável para o cliente.

O CDE utilizado pela construtora, como mencionado anteriormente, foi o Construcode, nele foi possível fazer os apontamentos de interferências ou alterações de projeto. Nestes apontamentos, chamados de tarefas pela plataforma, é possível vincular uma prancha específica para essa interferência. Essa possibilidade promoveu o acesso do time de campo ao que estava sendo alterado no projeto, pois essa equipe também utilizava o aplicativo no celular do Construcode para visualizar as pranchas.

Figura 39 – Exemplo de itens de alteração do projeto utilizando o Construcode

Detalhes	Status	Categoria	Data envio	Documento
#57129 VERIFICAR PROJETO COMPATIBILIZADO PARA A ...	Pendente	● Não informada	18/12/2024	-1-FU100.1-IFC-R02
#56671 AFASTAMENTO DE ALVENARIA 10cm (SENTIDO ...	Pendente	● Não informada	12/12/2024	-1-A180.1A-IFC-R01
#56364 DESCIDA DA CALHA VERDE EM CIMA DO PAINEL...	Pendente	● Não informada	09/12/2024	-1-T140.1-IFC-R01
#56363 ENTRADA NOS PAINÉIS ACP ALTERAR PARA 1 C...	Pendente	● Alteração de premissas	09/12/2024	... COO-SALAS DE TELECOM-LVL1-R03
#56370 VERIFICAR PROJETO COMPATIBILIZADO	Pendente	● Não informada	07/12/2024	-1-T130.2-IFC-R01

Fonte: Autor (2025).

Figura 40 – Exemplo de prancha consultada na plataforma ConstruCode

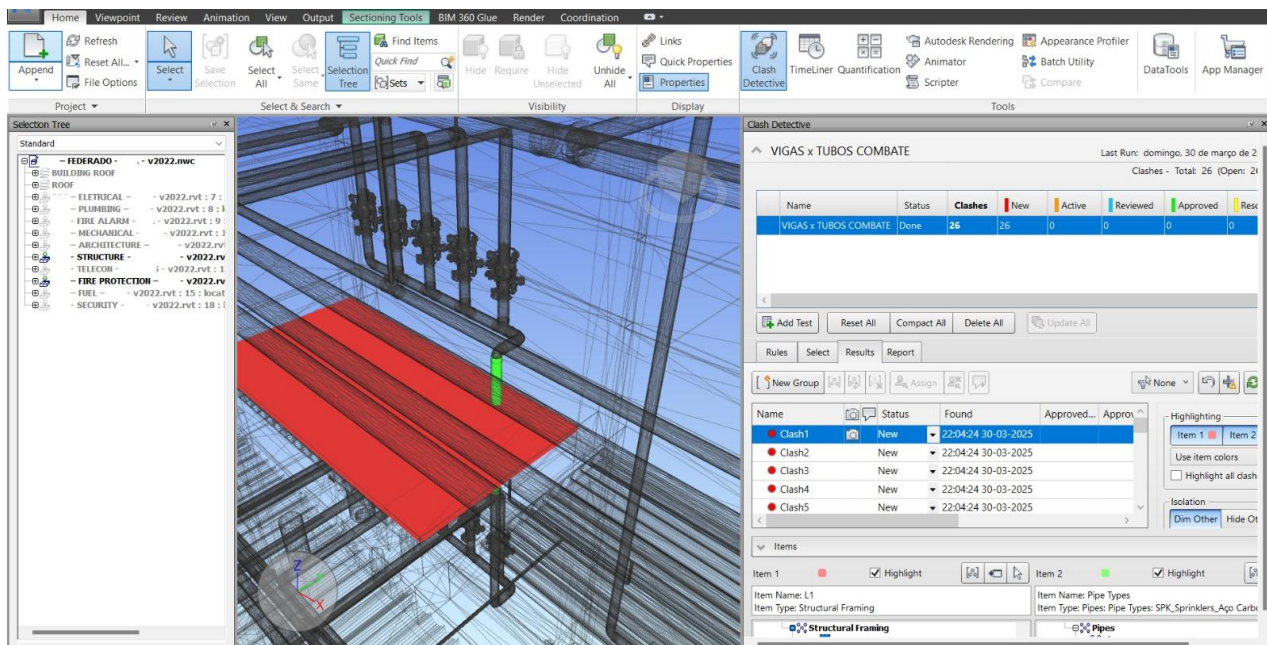


Fonte: Autor (2025).

Na imagem 40, há um exemplo de alteração identificada pelo especialista da disciplina de elétrica, que solicitou a alteração da haste do SPDA para 6 m. Dessa forma, ao consultar a prancha, haverá um pino no local da alteração, e ao clicar no pino, será possível abrir a descrição da alteração.

Porém, para a identificação de outros tipos de interferência, foi utilizado o programa da Autodesk, Navisworks, conforme pode-se observar na imagem 41. No ambiente do programa é possível vincular todos os modelos BIM emitidos pelos projetistas, em um ambiente único, promovendo a visualização do projeto como um todo.

Figura 41 – Exemplo de interferência entre laje e tubulação (sem previsão de furação)



Fonte: Autor (2025).

Além disso, o Navisworks foi utilizado a detecção de *clashes*, para facilitar a identificação de interferências geométricas. Após a identificação, os itens eram repassados para a plataforma ConstrufLOW e ConstrUCODE para que o time de campo tivesse a informação de como seria resolvida a interferência.

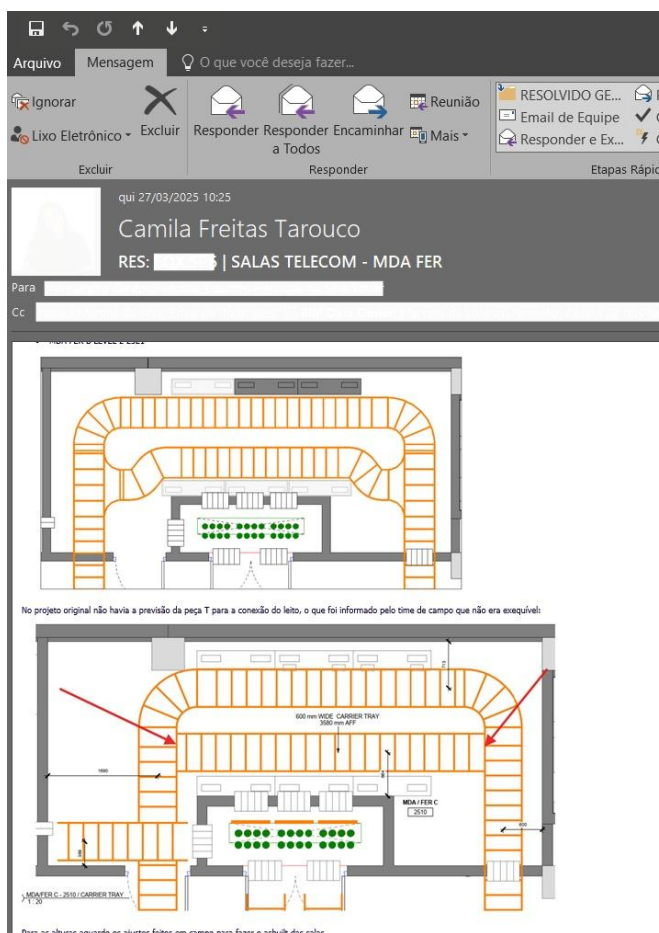
O ConstrufLOW é uma plataforma similar ao ConstrUCODE, na qual é possível gerenciar os arquivos, e também criar apontamentos. Esse ambiente colaborativo centraliza todas as informações do projeto e facilita o seu rastreamento. Os apontamentos podem ser atribuídos a responsáveis de cada disciplina, criando um fórum para discussões sobre o respectivo item. Com esse fluxo, é possível gerar um histórico das alterações de projeto e suas definições.

Além disso, o ConstrufLOW possui a visualização do modelo federado; nesse caso a visualização pode ser feita a partir de um celular ou computador com acesso à internet. Essa disponibilização em consulta, sem a necessidade de aplicativos de modelagem ou coordenação, facilita o acesso de todos os envolvidos.

Porém, muitas vezes, o e-mail ainda foi utilizado, devido à forte cultura de utilização de e-mails. É necessária a análise de muitas definições técnicas por

profissionais mais especializados, e, com isso, a maior parte da equipe tinha o costume de responder mais aos e-mails do que a um apontamento feito em uma plataforma externa.

Figura 42 – Informativo de interferência utilizando o e-mail

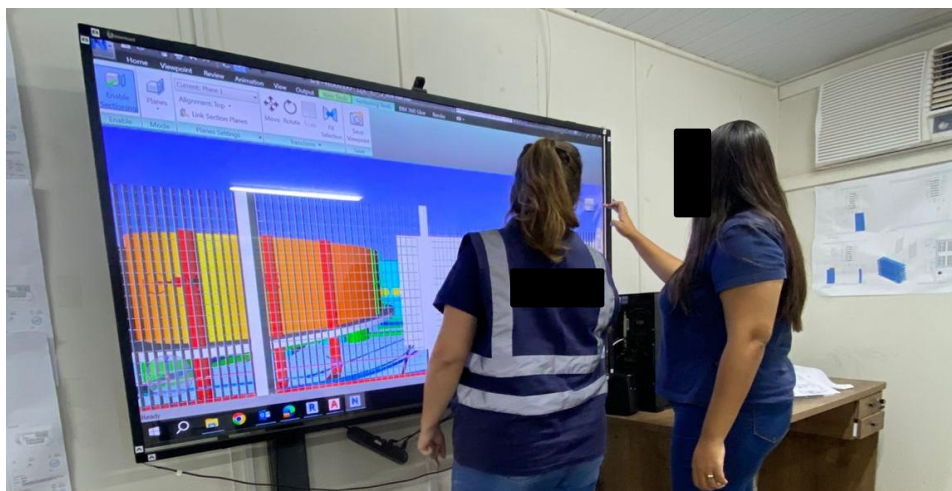


Fonte: Autor (2025).

3.6.4 Utilização de “Big Room” no canteiro de obras

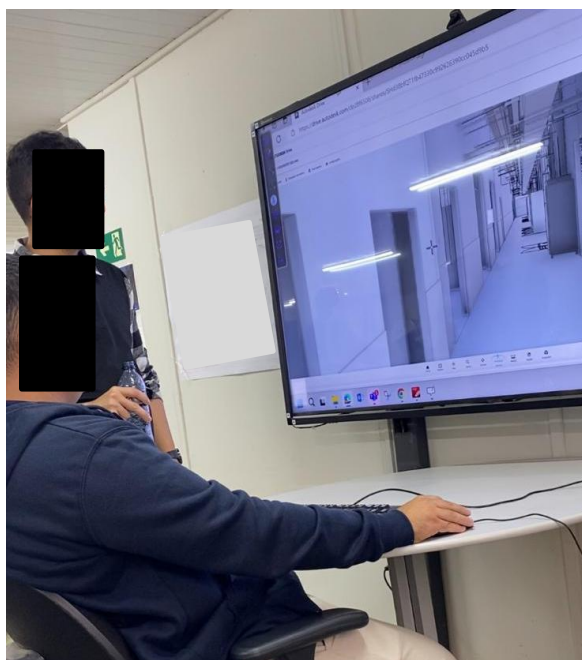
Com a motivação dos engenheiros de campo de ter acesso aos modelos BIM, e com a intenção de trazer melhor entendimento e melhorias para o projeto, criou-se um espaço específico para a visualização do modelo federado, em que houve a instalação de uma televisão com a funcionalidade *touchscreen*, e espaço amplo para suportar reuniões dinâmicas entre equipes de disciplinas distintas. Além disso, o espaço se estendeu também ao atendimento de empreiteiros e subempreiteiros.

Figura 43 – Manipulação do modelo federado pelo time



Fonte: Autor (2025).

Figura 44 – Manipulação do modelo federado em primeira pessoa pelo time



Fonte: Autor (2024).

3.6.5 Emissão de pranchas de compatibilização

A entrega do modelo BIM federado, aliado à presença da equipe BIM alocada diretamente no canteiro de obras, proporcionou uma estratégia corretiva na gestão da

informação durante a execução. A partir desse modelo unificado, foi possível gerar pranchas específicas de compatibilização, nas quais todas as disciplinas do projeto são apresentadas de forma integrada e coordenada. Essas pranchas se destacaram por oferecer informações visuais claras e precisas, facilitando não apenas a execução das atividades por parte dos empreiteiros, mas também promovendo uma compreensão ampliada do contexto geral da obra.

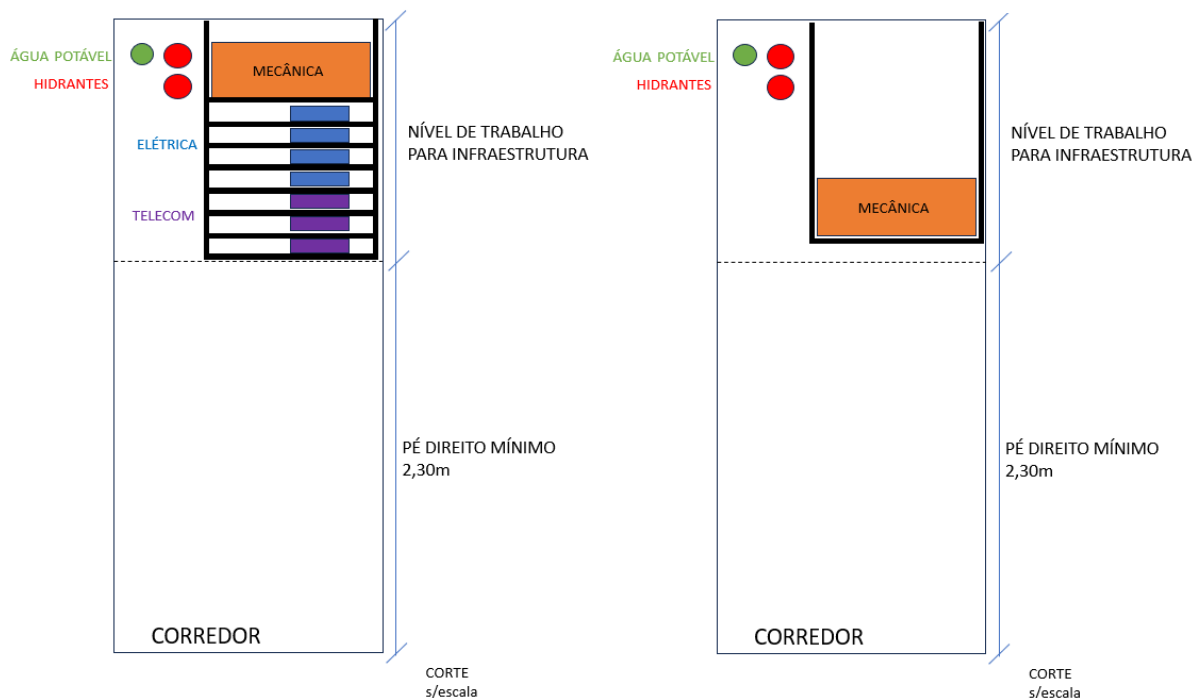
Ao permitir que cada equipe visualize as interfaces com outras disciplinas, essas representações contribuíram diretamente para a redução de conflitos em campo, melhora na tomada de decisão e aumento da eficiência nos processos construtivos.

Essa visualização integrada permite que os executores identifiquem, com antecedência, a ocupação de espaços por diferentes disciplinas, evitando decisões isoladas e intervenções improvisadas durante a obra. Ao tornar visível o que tradicionalmente só seria percebido no momento da execução, o modelo induz uma postura mais colaborativa e consciente por parte das equipes, reduzindo drasticamente a ocorrência de retrabalhos. Assim, ao invés de modificações improvisadas no campo, prática ainda comum em muitos canteiros, as decisões passam a ser baseadas em informação coordenada, validada previamente em projeto, o que eleva a eficiência e a previsibilidade da construção.

Ainda assim, trata-se de uma solução reativa, que aponta para a ausência de gestão prévia de alinhamento e de planejamento multidisciplinar considerando todo o ciclo de vida do projeto.

Um exemplo dessa situação são as infras que percorrem no teto de um corredor específico, em que temos uma largura limitada, e deve-se organizar de maneira otimizada cada disciplinas, considerando que não teremos espaço para trabalhar com níveis de trabalho, devido à necessidade de acesso a manutenção das instalações.

Figura 45 – Exemplo prático para a utilização de pranchas de compatibilização



Fonte: Autor (2025).

Legenda para as imagens da figura 45:

- Verde – tubulação de água potável;
- Vermelho – tubulações de hidrantes e *splinkers*;
- Laranja – dutos de ar-condicionado;
- Azul – Bandejas de leitos/eletrocalhas de elétrica;
- Roxo – Bandejas de leitos/eletrocalhas de telecomunicação.

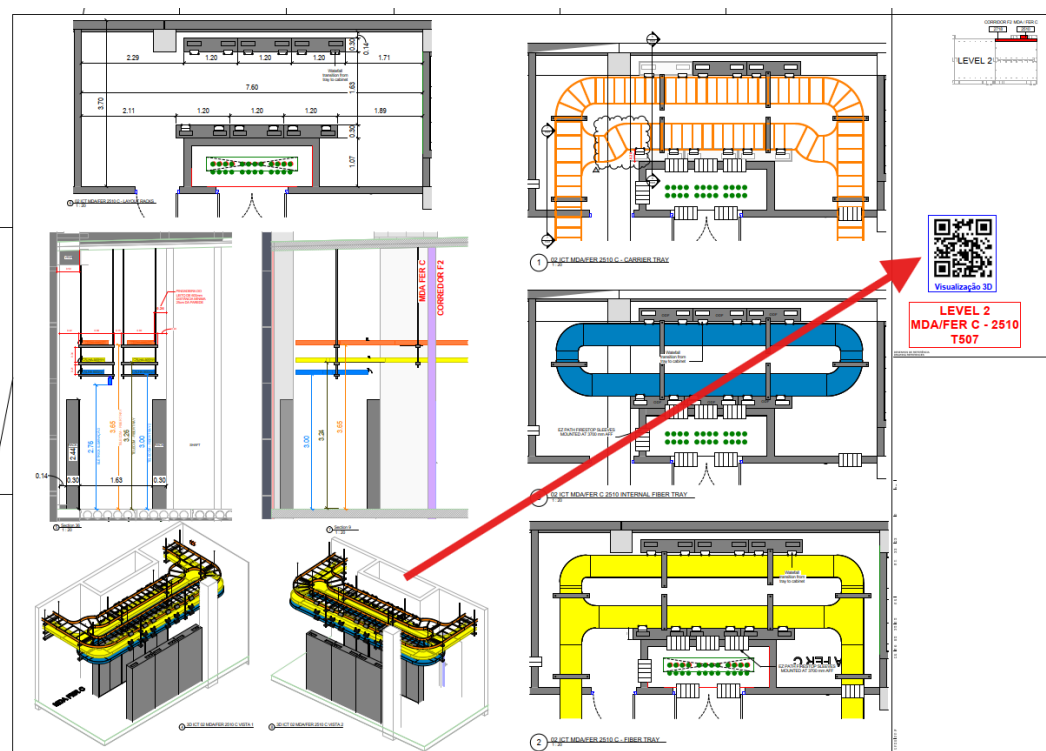
Na imagem à esquerda, observa-se um corte simplificado de um corredor técnico, no qual estão projetadas todas as infraestruturas das diferentes disciplinas a serem executadas no local. Nesse espaço, há uma limitação de pé-direito mínimo de 2,30 m, valor estabelecido como requisito funcional. As pranchas específicas de cada disciplina indicam claramente as alturas previstas para os bandejamentos e demais elementos instaláveis. No entanto, a imagem à direita ilustra um cenário típico de desvio de projeto, em que o instalador do sistema de ar-condicionado, com base em sua análise individual, optou por posicionar o duto em uma altura inferior à prevista, sob a justificativa de facilitar a instalação e o acesso para manutenção.

Essa decisão, no entanto, foi tomada sem o conhecimento integral do projeto federado, desconsiderando que outras infraestruturas ainda seriam instaladas no mesmo espaço. Esse tipo de alteração isolada, embora tecnicamente viável do ponto de vista da disciplina envolvida, compromete a compatibilidade global do projeto e evidencia a importância do acesso à informação integrada e da comunicação multidisciplinar no canteiro. Casos como esse reforçam a relevância do uso das pranchas de compatibilização, emitidas para o time de campo, como ferramenta de coordenação e prevenção de conflitos em campo.

Nesse contexto, a emissão das pranchas de compatibilização, facilitaram para a obra o entendimento de todas as disciplinas, sendo visualizadas em conjunto. Além disso, foi feita a inclusão da inserção de um *link* para acesso a cada sala na visualização 3D, disponível gratuitamente no site da Autodesk Viewer. Esse *link* foi adicionado na prancha para livre consulta pelo celular, conforme pode ser observado nas figuras 46 e 47.

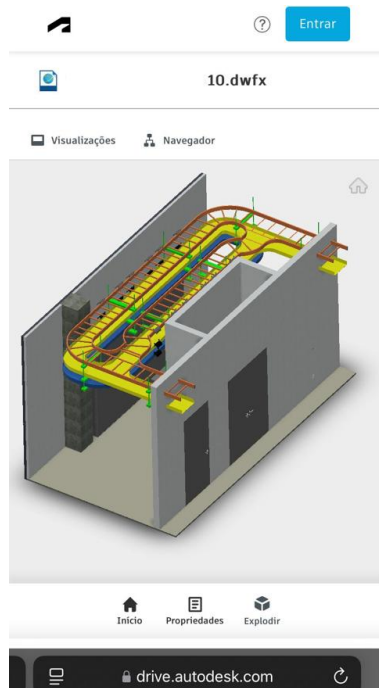
A estratégia paliativa das pranchas tornou-se útil no momento da execução. No entanto, a medida expõe uma lacuna significativa na gestão das informações, e reforça a importância da compreensão integrada do projeto para uma gestão do processo mais eficiente.

Figura 46 – Exemplo de prancha de compatibilização



Fonte: Autor (2025).

Figura 47 – Visualização no celular a partir do QR Code disponibilizado na prancha

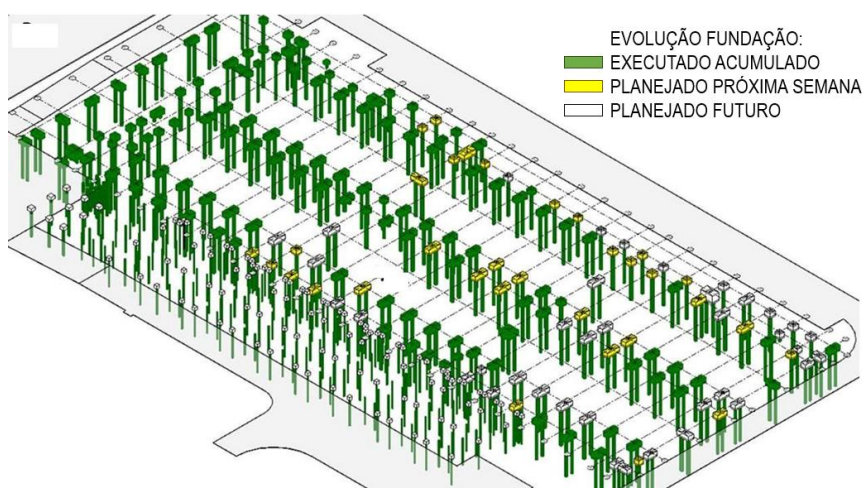


Fonte: Autor (2025).

3.6.6 Planejamento integrado ao modelo

A demonstração do planejamento da obra, apresentada graficamente, utilizando os modelos, é mais um uso do BIM, de que os envolvidos podem se beneficiar. Para que o modelo federado seja utilizado dessa forma, é necessária a utilização de um *software* de coordenação, como por exemplo, o Autodesk Navisworks, pois nele é possível vincular o cronograma de obra com as linhas da EAP em conjunto com as datas definidas.

Figura 48 – Acompanhamento do avanço físico da fundação com o modelo



Fonte: Autor (2025).

Com a vinculação do modelo com o cronograma, é possível identificar alguns pontos estratégicos para a etapa de execução:

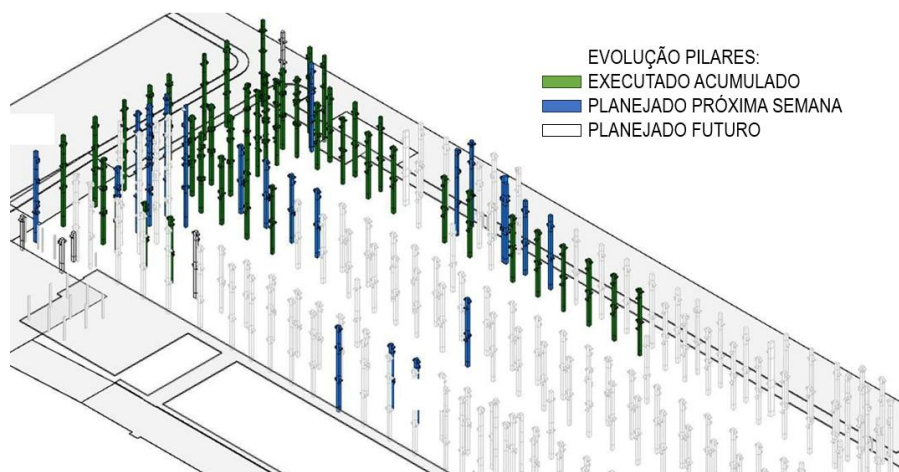
- Identificação se o avanço físico executado é o mesmo do planejado;
- Identificação do andamento de alguma atividade específica;
- Identificação de atividades críticas;
- Planejamento logístico do canteiro de obras.

Para esse estudo de caso, foram vinculados os modelos e acompanhadas apenas algumas atividades requeridas pelo cliente e que ficarão viáveis na utilização do modelo, que foram:

- Estrutura (concreto e metálica);
- Vedações (alvenaria e *drywall*);
- Fachada;
- Instalações;
- Instalações de equipamentos.

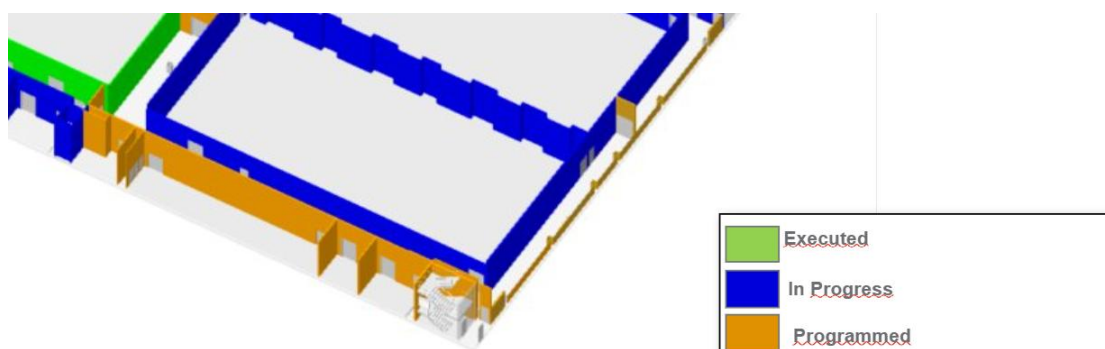
A utilização desse acompanhamento do planejado x executado foi apresentado semanalmente para o cliente e foram discutidos planos de ações caso fosse identificada alguma atividade fora do avanço planejado.

Figura 49 – Acompanhamento do avanço físico dos pilares com o modelo BIM



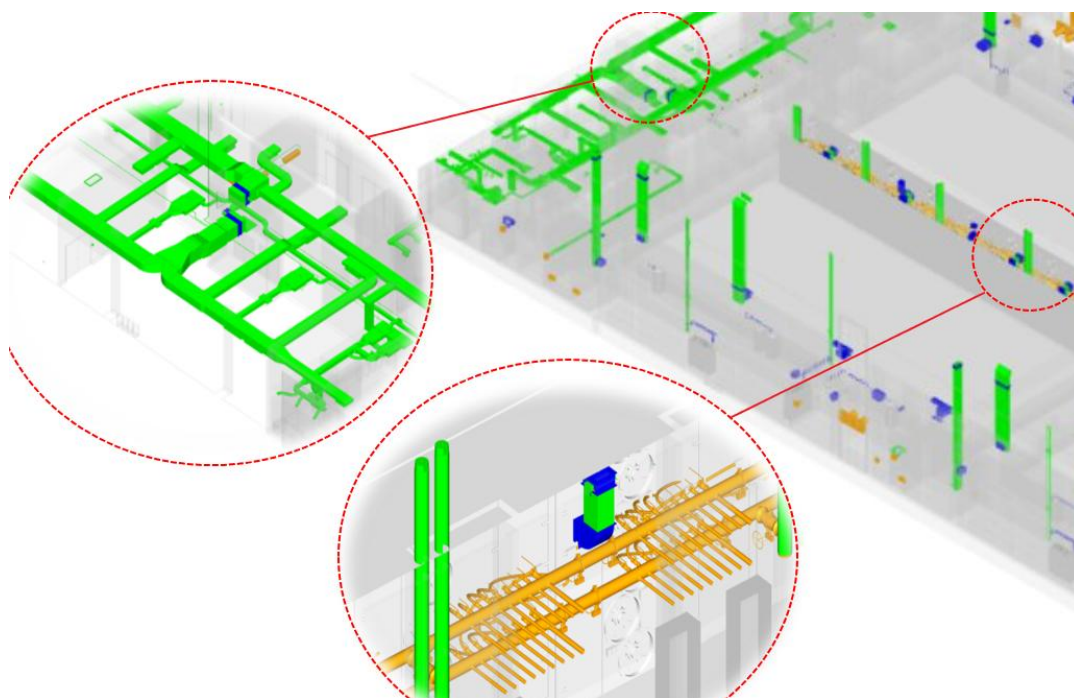
Fonte: Autor (2024).

Figura 50 – Acompanhamento do avanço físico das paredes com o modelo BIM



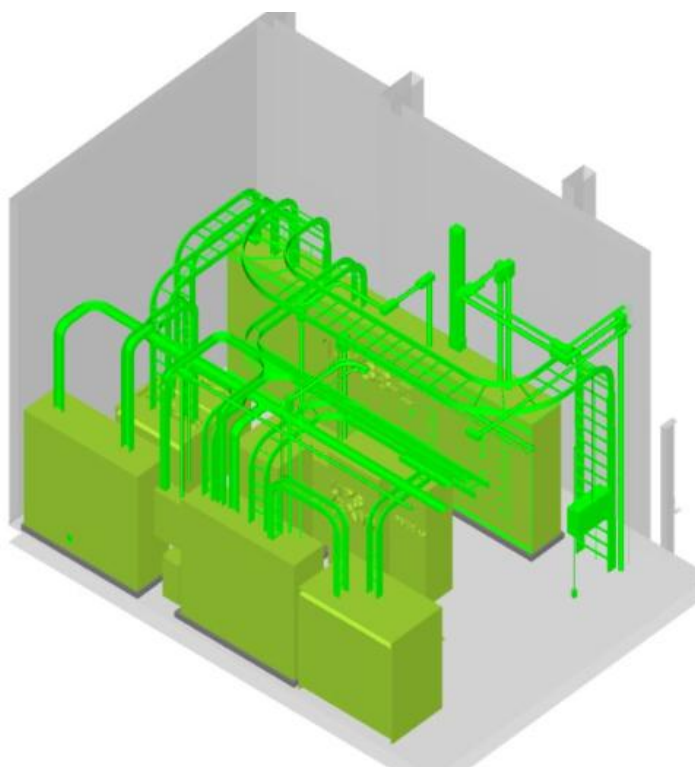
Fonte: Autor (2024).

Figura 51 – Acompanhamento do avanço físico dos dutos e tubulação de água gelada de ar-condicionado com o modelo BIM



Fonte: Autor (2024).

Figura 52 – Acompanhamento do avanço físico dos leitos de elétrica, específicos de uma sala elétrica com o modelo BIM



Fonte: Autor (2024).

3.6.7 Disseminação do BIM para os próximos projetos

Conforme a experiência tida na construção do objeto do estudo de caso, há um aumento do conhecimento do fluxo BIM dos profissionais envolvidos nesse processo, além das documentações em BIM, do fluxo do projeto e dos benefícios trazidos com essa utilização. Com a maturidade mais elevada, haverá maior investimento nessa tecnologia e expectativa de extensão dos usos do BIM, como por exemplo:

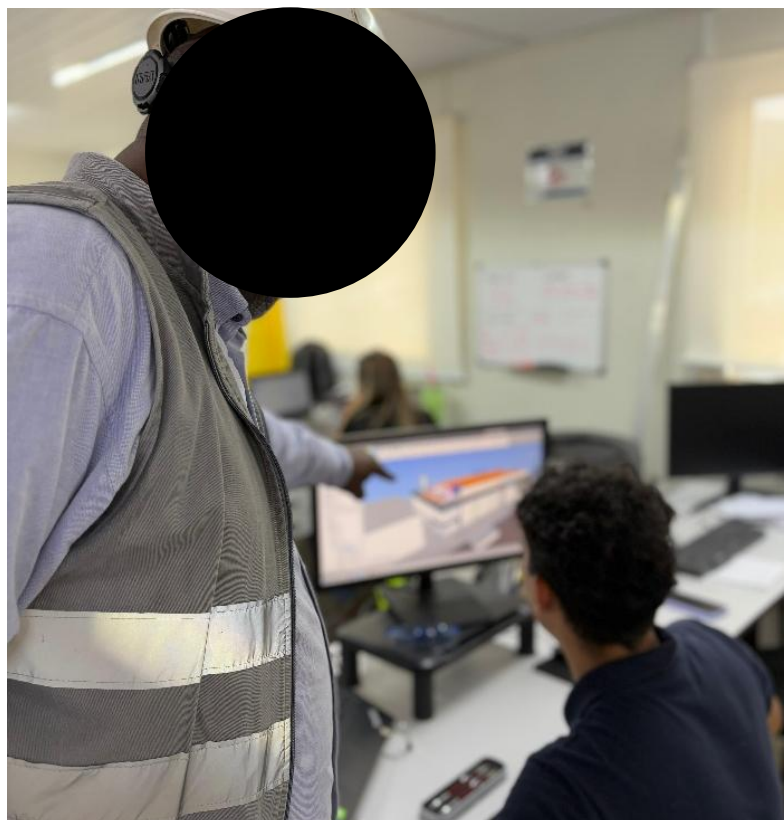
- Orçamentação: Vinculação dos custos nos modelos BIM, com o intuito de melhorar a visualização de itens inclusos na curva ABC e facilitar a definição de prioridades.
- Manutenção e Operação: Adição de parâmetros para uso da equipe de manutenção, como código de equipamentos, datas de manutenções preventivas e/ou corretivas.

Na etapa de execução, o foco do time de engenharia está na contratação de fornecedores e empreiteiros, porém, nada disso é possível sem que haja um projeto consistente. Caso sejam ampliados os usos do BIM para os projetos, é possível que a metodologia seja absorvida em todo o ciclo do projeto.

A agilidade trazida da manipulação dos modelos BIM também diminui o tempo gasto com atividades superficiais, como levantamento de quantitativos ou entendimento do projeto, e dessa forma o engenheiro pode se concentrar em atividades de maior valor agregado, como definir as melhores soluções das técnicas construtivas, analisar as contratações detalhadamente para proporcionar uma obra de maior qualidade, analisar a logística de materiais e equipamentos que serão alocados na obra, entre outras atividades subsequentes.

Além do benefício citado, a utilização do modelo BIM na etapa de execução fomenta o acesso a informações mais detalhadas aos subempreiteiros, como é possível observar na figura 53, há uma integração entre a construtora e seus empreiteiros.

Figura 53 – Consulta ao modelo federado



Fonte: Autor (2025).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 CONCLUSÕES GERAIS

Na revisão bibliográfica, foi apresentado que muitos aspectos no desenvolvimento do projeto têm consequências na etapa de execução da obra. Com foco na utilização dos modelos BIM desenvolvidos no processo do projeto, vimos como essas informações deveriam chegar à construtora e aos empreiteiros.

Teoricamente, o fluxo da metodologia BIM está esclarecido e bem delimitado, porém há muitas particularidades das empresas e dos projetos para que haja um avanço considerável na sua utilização e aumento da maturidade BIM.

Já no estudo de caso, é possível observar a aplicação de alguns pontos exemplificados, porém, mesmo com alguns aspectos BIM sendo aplicados, há um horizonte para aprofundamento e melhoria no processo.

Apesar da necessidade identificada, foi possível observar também que o acesso aos modelos BIM para os empreiteiros, subempreiteiros e até o cliente auxiliou na execução, de forma ágil e precisa.

Após o estudo da bibliografia e a apresentação do estudo de caso, compreende-se que a definição clara do processo de projeto, aliada a um fluxo de informações estruturado por meio do BIM, contribui diretamente para uma execução mais eficiente na fase de construção. Quando essas informações são bem organizadas e compartilhadas de forma oportuna, a comunicação entre as equipes se torna mais precisa, os erros são minimizados e o retrabalho é significativamente reduzido.

Por outro lado, observa-se que definições realizadas fora do tempo adequado, como alterações de escopo tardias, escolhas de materiais não compatibilizados ou decisões técnicas tomadas já durante a execução, comprometem o desempenho do projeto como um todo. Esse cenário foi evidenciado no estudo de caso apresentado neste trabalho, em que as definições e compatibilizações ocorreram tardiamente, deslocando um esforço considerável para a etapa de construção.

Como consequência, observou-se a sobrecarga das equipes de obra e um aumento no retrabalho, gerando atrasos e impactos diretos não previstos. Além disso, identificou-se que o projeto não seguiu as diretrizes estabelecidas no manual de escopo de coordenação, e também não atendeu às recomendações da norma ABNT NBR 19650, que trata da gestão da informação na construção baseada em BIM. Esse desvio comprometeu a padronização dos fluxos e a integração entre as equipes, evidenciando a importância de decisões coordenadas, centralizadas e aderentes às normativas desde as fases iniciais do processo de projeto.

O uso especificamente dos modelos BIM na etapa de execução trouxe consequências importantes para o projeto. Foi possível identificar que a não aplicação dos atributos corretos no modelo pode gerar descredibilidade para o projeto, além de ampliar as incertezas entre os envolvidos. A ausência de informações consistentes, como parâmetros inadequados, nomenclaturas ambíguas ou classificações incompletas, compromete diretamente a qualidade das análises e decisões baseadas no modelo BIM.

Isso pode resultar em retrabalho, erros de interpretação e falhas de compatibilização entre disciplinas, prejudicando a confiança dos profissionais no uso da metodologia e nos dados fornecidos.

Ainda dentro do processo de projeto, ao relacionar os autores estudados com o estudo de caso analisado, foi possível identificar diversos pontos críticos de indefinição que comprometeram a qualidade e a eficiência da entrega. Entre os principais erros observados, destaca-se a ausência de definição adequada dos *shafts* e dos espaços técnicos para equipamentos, o que resultou em incompatibilidades físicas durante a execução. Em vários trechos da obra, os espaços projetados não comportavam os equipamentos especificados, exigindo adaptações emergenciais em campo.

Além disso, a compatibilização entre disciplinas foi realizada de forma tardia, com interferências sendo identificadas apenas durante a execução, quando o custo de correção é significativamente mais alto. Faltou também uma validação técnica rigorosa nas fases iniciais, o que permitiu que soluções imprecisas avançassem sem revisão. Esses problemas refletem a ausência de uma abordagem verdadeiramente integrada e coordenada durante o desenvolvimento do projeto, contrariando as boas

práticas apontadas na bibliografia e previstas em normativas como a ABNT NBR 19650. O resultado foi um processo reativo, com ajustes improvisados, retrabalhos frequentes e impacto negativo direto no cronograma da obra.

Além disso, as indefinições mencionadas impactaram diretamente o planejamento e a clareza das soluções a serem executadas, evidenciando falhas na comunicação entre os agentes e a necessidade de um processo mais colaborativo e estruturado. A falta de definições claras nos modelos e documentos técnicos pode dificultar o alinhamento entre o que foi projetado e o que será efetivamente construído.

A transferência de decisões fundamentais para a fase de execução, como ajustes de projeto, definição de materiais ou soluções construtivas, pode acarretar impactos significativos na qualidade da obra, no seu custo e no cronograma, como mencionado anteriormente. Alterações tardias geralmente são mais onerosas e arriscadas, além de aumentar a chance de erros e improvisações no canteiro.

Isso reforça a importância de uma etapa de projeto bem estruturada, com participação ativa de todos os envolvidos desde o início, adotando práticas como a engenharia simultânea, planejamento colaborativo e modelagem da informação bem parametrizada.

Além disso, esse cenário destaca a necessidade de adoção de processos mais maduros e alinhados às normas e diretrizes que orientam o uso do BIM, como a NBR 19650 e a NBR 15965. Essas normas oferecem uma base sólida para organização da informação, responsabilidades entre agentes e padronização dos atributos no modelo. O cumprimento desses princípios não apenas fortalece a confiabilidade do modelo, como também garante maior previsibilidade, eficiência e transparência ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento.

Este trabalho evidencia que, mesmo em ambientes de baixa maturidade BIM, a adoção parcial da metodologia já proporciona ganhos práticos relevantes, como maior rastreabilidade e agilidade na execução, demonstrando que avanços incrementais no processo geram resultados significativos.

Contudo, verificou-se que a ausência de padronização e de cumprimento rigoroso das normas ABNT NBR 19650 e 15965 permanece como um obstáculo central para a plena eficiência do processo. Ressalta-se também a limitação do

estudo, concentrado em um único empreendimento, o que restringe a generalização dos resultados e abre espaço para investigações em outros setores e tipologias.

Nesse sentido, futuras pesquisas devem buscar métricas quantitativas que relacionem a maturidade BIM a indicadores de custo, prazo e qualidade, enquanto, na prática profissional, torna-se essencial o investimento em capacitação das equipes, maior integração entre fornecedores e a elaboração de manuais internos alinhados às normativas vigentes.

REFERÊNCIAS

ABEGG, Mariana Pacheco. **Método para a incorporação dos requisitos emergentes durante a fase de produção dos empreendimentos no processo de projeto BIM por meio do BIM Execution Plan (BEP)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, 2021.

AL HATTAB, Malak; HAMZEH, Farook. Information flow comparison between traditional and BIM-based projects in the design phase. *In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction – IGLC 21*, 21., 2013, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: IGLC, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258885932_Information_Flow_Comparison_Between_Traditional_and_BIM-Based_Projects_in_the_Design_Phase. Acesso em: 6 abr. 2025.

ARROTÉIA, A.; MELHADO, S. BIM in the pre-construction phase: an infrastructure project case study. *In: Proc. 37th CIB W78 Information Technology for Construction Conference (CIB W78)*, São Paulo, Brazil, 2020. p. 156-167. DOI: <http://dx.doi.org/10.46421/2706-6568.37.2020.paper012>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965**: Sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 19650**: Organização e digitalização de informações sobre edificações e engenharia civil — Sistema de informação da construção baseado em BIM. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BALDESSIN, Guilherme. **Contratos em IPD**: Processo de projeto e perspectivas de aplicação no Brasil. São Paulo, 2023.

BIM FÓRUM BRASIL. **ABNT/NBR ISO 19650**: a norma para gerenciamento da informação utilizando BIM. [S. l.: s. n.], 2022. 1 vídeo (1:04:40). Publicado pelo BIM Fórum Brasil. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HGvXjcwMgU>. Acesso em: 3 nov. 2024.

CAREZZATO, Gustavo Gonçalves. **Protocolo de gerenciamento BIM nas fases de contratação, projeto e obra em empreendimentos civis baseados na ISO 19650**. 2018. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção – **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras Volumes 5 Formas de Contratação BIM**. 2016. <https://cbic.org.br/faca-o-download-da-coletanea-bim-no-site-da-cbic/>

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos** [manuscrito]. 2013.

SENA, Thiago Silva de; FERREIRA, Emerson de Andrade Marques. A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. *Inovação, Produtividade e Empreendedorismo na Engenharia Civil*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 29–46, maio 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280295312> Acesso em: 10 de maio de 2025.

GUIAS DE CONTRATAÇÃO BIM: conceitos básicos e requisitos para contratação BIM: volume 1. Coordenação: Ricardo Ferreira, Sergio Leusin. 1. ed. São Paulo: BIM Fórum Brasil – BFB; Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2023.

INTERNET SOCIETY PULSE. **Mapping terrestrial fibre optic networks is essential for measuring internet resilience.** Pulse Internet Society, 1.5 ano atrás. Disponível em: <https://pulse.internetsociety.org/fr/blog/mapping-terrestrial-fibre-optic-networks-is-essential-for-measuring-internet-resilience>. Acesso em: 6 maio 2025.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Infrastructure Connectivity Map (Broadband Maps – BBmaps)*. Disponível em: <https://bbmaps.itu.int/bbmaps/>. Acesso em: 6 maio 2025.

MANZIONE, Leonardo; ABAURRE, Mariana Wyse; MELHADO, Silvio Burrattino; OWEN, Robert. Desafios Para a Implementação do Processo de Projeto Colaborativo: Análise do Fator Humano. In: **TIC**, 5., 2011, Salvador. Anais [...]. Salvador: TIC, 2011. v. 5.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2013.

PAIVA, Daniel Capistrano Sarinho. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora.** Artigo científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Natal, RN, 2016.

PAN, W.; ILHAN, B.; BOCK, T. Process Information Modelling (PIM) Concept for On-site Construction Management: Hong Kong Case. **Periodica Polytechnica Architecture**, v. 49, n. 2, p. 165-175, 2018. <https://doi.org/10.3311/PPAr.12691>

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos** (Guia PMBOK). 7. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2021.

SACKS, R.; GUREVICH, U.; SHRESTHA, P. A review of Building Information Modeling protocols, guides and standards for large construction clients. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 21, p. 479-503, nov. 2016.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; LEE, Ghang; TEICHOLZ, Paul. **Manual de BIM:** um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

SINDUSCON-SP; ABECE. **Manual de escopo de serviços para a coordenação de projetos na construção de edifícios.** São Paulo: Comitê de Escopo – ABECE/SINDUSCON-SP, 2017. Disponível em: http://www.manuaisdeescopo.com.br/wp-content/uploads/2019/04/Manual_Coordenacao.pdf. Acesso em: 9 maio 2025.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: conceptual structures. **Automation in Construction**, v. 57, p. 64-79, 2015.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZUCCHI, Wagner Luiz; AMÂNCIO, Anderson Barreto. Construindo um *data center*. **Revista da USP**, São Paulo, n. 97, p. 43–58, mar./abr./maio 2013.