



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MATEUS HENRIQUE QUIRINO MARTINS

**ANÁLISE DA METODOLOGIA BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS:
ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE ALTO PADRÃO NA
CIDADE DE PALMAS/TO.**

**PALMAS/TO
2025**

MATEUS HENRIQUE QUIRINO MARTINS

**ANÁLISE DA METODOLOGIA BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS:
ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE ALTO PADRÃO NA
CIDADE DE PALMAS/TO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel do Curso Superior de Engenharia Civil
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas.
Orientador: Prof. Msc. Paulo Roberto de Oliveira
Júnior

PALMAS/TO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M379a Martins, Mateus Henrique Quirino
 Análise da metodologia BIM na compatibilização de projetos :
 Estudo de caso em uma residência unifamiliar de alto padrão na
 cidade de Palmas/TO / Mateus Henrique Quirino Martins. – Palmas,
 TO, 2025.

82 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Me. Paulo Roberto de Oliveira Júnior

1. BIM. 2. Compatibilização. 3. Interoperabilidade. I. Oliveira
Júnior, Paulo Roberto de. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**

MATEUS HENRIQUE QUIRINO MARTINS

**ANÁLISE DA METODOLOGIA BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS:
ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE ALTO PADRÃO NA
CIDADE DE PALMAS/TO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel do Curso
Superior de Engenharia Civil do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas.

Aprovado em: 10/12/2026.

BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
 **PAULO ROBERTO DE OLIVEIRA JÚNIOR**
Data: 28/01/2026 17:44:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Paulo Roberto de Oliveira Júnior

IFTO – *Campus* Palmas

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO ARAÚJO FORTES**
Data: 28/01/2026 17:21:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Rodrigo Araújo Fortes

IFTO – *Campus* Palmas

Documento assinado digitalmente
 **GILSON MARAFIGA PEDROSO**
Data: 29/01/2026 10:26:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso

IFTO – *Campus* Palmas

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pelo dom da vida, pela força nos momentos de dificuldade e por ter me guiado até a conclusão desta importante etapa.

Aos meus pais, Marcos e Osmarina pelo amor incondicional, pelos sacrifícios feitos em prol da minha educação e por serem meus maiores exemplos de caráter e perseverança. Sem o apoio de vocês, nada disso seria possível.

Ao meu orientador, Prof. Me. Paulo Roberto de Oliveira Júnior, pela paciência, pelas correções precisas e por todo o conhecimento compartilhado. Sua orientação foi fundamental não apenas para a estruturação deste trabalho sobre BIM, mas para o meu amadurecimento como futuro profissional.

Aos professores do curso de Engenharia Civil/Arquitetura do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins, que contribuíram para a minha formação acadêmica e técnica ao longo destes anos.

Aos meus amigos e colegas de turma, em especial, Ana Luísa Bido Gellen, Pedro Henrique Pinheiro de Sousa e Vitória Cardoso da Costa, pelo companheirismo, pelas noites de estudo e pelo apoio mútuo durante a graduação.

Agradeço também ao escritório/profissional Expoente Projetos de Arquitetura e Engenharia, pela disponibilidade em fornecer os arquivos dos projetos da residência estudada, viabilizando a realização desta análise de compatibilização e interoperabilidade.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta caminhada e torceram pelo meu sucesso.

Muito obrigado.

RESUMO

O Decreto nº 10.306 emitido dia 02 de abril de 2020 entrou em vigor torna obrigatório o uso de metodologias *Building Information Modeling* (BIM) para elaboração de projetos em órgãos e entidades da administração pública federal, desse modo, a metodologia BIM na compatibilização de projetos de residências de alto padrão não apenas agiliza o processo de construção, mas também promove a redução de custos, o aumento da qualidade e a minimização de erros. O presente estudo trata sobre análise da metodologia BIM na compatibilização de projetos, fazendo um estudo de caso em uma residência unifamiliar de alto padrão na cidade de Palmas/TO, com intuito de analisar as vantagens do uso dessa metodologia. Assim, este presente documento busca investigar como a metodologia BIM pode identificar e resolver conflitos entre as diferentes incompatibilidades presentes nos projetos de arquitetura e engenharia, além de fornecer informações práticas para melhorar a implementação e utilização da metodologia BIM em projetos semelhantes no futuro, contribuindo para aprimorar os processos de compatibilização e garantir melhores resultados, como também examinar de que maneira a adoção da Metodologia BIM influencia na melhoria da comunicação e colaboração entre os diversos profissionais envolvidos nos projetos.

Palavras-chave: BIM. Compatibilização. Projetos.

ABSTRACT

Decree No. 10,306, issued on April 2, 2020, establishes the mandatory use of Building Information Modeling (BIM) methodologies for project development within federal public administration bodies. Consequently, the application of BIM in the compatibility of high-end residential projects not only streamlines the construction process but also promotes cost reduction, quality improvement, and error minimization. This study addresses the analysis of BIM methodology in project compatibility through a case study of a high-end single-family residence in Palmas, TO, aiming to analyze the advantages of its usage. Therefore, this document seeks to investigate how BIM can identify and resolve conflicts arising from incompatibilities between architectural and engineering designs. Furthermore, it aims to provide practical insights to enhance BIM implementation in similar future projects, contributing to improved compatibility processes and ensuring better results—such as the reduction of interferences during the initial coordination phase—as well as examining how the adoption of BIM methodology influences the improvement of communication and collaboration among the various professionals involved in the projects.

Keywords: BIM. Compatibility. Projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sequência do projeto BIM.	18
Figura 2 - As dimensões do BIM.	24
Figura 3 - Dimensões 3D, 4D e 5D integradas em um Modelo BIM.....	25
Figura 4 - As 10 dimensões do BIM.....	26
Figura 5 - Comparativo entre LOD 300 e LOD 400.	28
Figura 6 - A classificação LOD.	29
Figura 7 - Modelo tradicional x compartilhado	30
Figura 8 - Integração dos projetos de engenharia.....	31
Figura 14 – Legenda de cores	34
Figura 10 - Fluxograma do trabalho.....	34
Figura 11 - Planta baixa do pavimento térreo	36
Figura 12 - Perspectiva 3D renderizada da residência	37
Figura 13 - Interface do software Trimble Connect	38
Figura 15 – Tubulação frigorígena transpassando laje.....	39
Figura 16 – Conflito entre eletroduto e tubulação hidráulica	40
Figura 17 – Representação do modelo federado Instalações x Estrutura com ajustes visuais.....	41
Figura 18 – Vigas expostas ultrapassando o pé-direito e forro.....	41
Figura 19 – Viga em conflito com painel de esquadrias.....	42
Figura 20 – Pilar colidindo com porta de entrada.....	43
Figura 21 – Representação do modelo federado Arquitetura x Instalações com ajustes visuais	45
Figura 22 – Incompatibilidade entre o tipo de torneira no ponto de consumo (bancada ou parede)	45
Figura 23 – Ponto de gás e tomada fora da parede da ilha da cozinha	46
Figura 24 – Ponto de torre de tomadas para bancada fora da parede da ilha da varanda gourmet e com erro na altura.	46
Figura 25 – Instalação elétrica exposta devido à erro de modelagem do projeto elétrico	47
Figura 26 – Descida de eletrodutos e caixa 4x2” colidindo com esquadria	48
Figura 27 – Furo na cobertura para passagem de prumada de ventilação sanitária	49

Figura 28 – Representação do modelo federado Instalações x Estrutura com ajustes visuais.....	51
Figura 29 – Eletroduto atravessando vigas do térreo.....	51
Figura 30 – Eletroduto atravessando vigas baldrame na vertical	52
Figura 31 – Eletroduto e caixa 4x2” colidindo com pilar estrutural.....	52
Figura 32 – Eletroduto atravessando pilar estrutural.....	53
Figura 33 – Caixa de passagem de alvenaria colidindo com bloco estrutural.....	54
Figura 34 – Pontos de hidráulica e elétrica colidindo com viga da cozinha	54
Figura 35 – Elemento para composição da fachada	55
Figura 36 – Desvio de hidráulico colidindo com viga estrutural.....	55
Figura 37 – Desvio de tubulação frigorígena colidindo com viga estrutural	56
Figura 38 – Prumada hidráulica furando viga estrutural	57
Figura 39 – Prumada de ventilação sanitária furando viga baldrame	57
Figura 40 – Prumada de dreno e tubulação frigorígena furando viga estrutural	58
Figura 41 – Calhas metálicas da cobertura colidindo com pilares	58
Figura 42 – Prumadas de dreno de ar-condicionado colidindo com vigas baldrame	59
Figura 43 – Condensadoras de ar-condicionado colidindo com viga estrutural	60
Figura 44 – Tubulações pluviais colidindo com pilar	60
Figura 45 – Prumadas pluviais colidindo com viga baldrame.....	61
Figura 46 – Representação do modelo federado Instalações x Instalações com ajustes visuais	63
Figura 47 – Eletrodutos atravessando evaporadora cassete	64
Figura 48 – Condensadoras colidindo com calha pluvial no barrilete	64
Figura 49 – Caixa 4x2” colidindo com prumadas de ventilação sanitárias	65
Figura 50 – Caixas 4x2” colidindo com prumada de dreno de ar-condicionado.....	66
Figura 52 – Tubulação pluvial colidindo com caixa de passagem sanitária.....	67
Figura 53 – Caixa de passagem elétrica colidindo com tubulações pluviais.....	68
Figura 54 – Erro de modelagem na altura na tubulação hidráulica e tubulação sanitária colidindo em caixa de passagem hidráulica	68
Figura 55 – Eletrodutos colidindo com vigas e tubulações pluviais	69
Figura 56 – Tubulação pluvial colidindo com ralo seco da suíte.....	69
Figura 57 – Tubulações hidráulicas colidindo com tubulações pluviais no barrilete .	70
Figura 58 – Coluna de ventilação colidindo com tubulações hidráulicas no barrilete	71
Figura 59 – Falta de prolongador na caixa de gordura.....	72

Figura 60 – Erro de modelagem em fitas de LED	72
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Arquitetura x Estrutura (percentual).....	44
Gráfico 2 – Arquitetura x Estrutura (percentual).....	50
Gráfico 3 – Arquitetura x Estrutura (percentual).....	62
Gráfico 4 – Instalações x instalações (percentual).....	74
Gráfico 5 – Total de interferências (quantidade)	75
Gráfico 6 – Total de interferências (percentual)	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais softwares BIM.....	21
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos.....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	CONCEITO BIM	17
2.1.1	As vantagens e desvantagens do BIM.....	18
2.1.2	Principais softwares BIM	20
2.2	DIMENSÕES DO BIM	24
2.3	NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS (LOD)	27
2.4	INTEROPERABILIDADE E OS ARQUIVOS IFC	29
2.5	COMPATIBILIZAÇÃO	31
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	35
3.2	OBJETO DE ESTUDO	35
3.3	COMPATIBILIZAÇÃO	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1	INCOMPATIBILIDADES ENTRE O PROJETO DE ARQUITETURA E O PROJETO ESTRUTURAL	40
4.2	INCOMPATIBILIDADES ENCONTRADAS ENTRE O PROJETO DE ARQUITETURA E O PROJETO DE INSTALAÇÕES	44
4.3	INCOMPATIBILIDADES ENCONTRADAS ENTRE O PROJETO ESTRUTURAL E O PROJETO DE INSTALAÇÕES.....	50
4.4	INCOMPATIBILIDADES ENCONTRADAS ENTRE OS PROJETOS DE INSTALAÇÕES.....	63
4.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	75
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
6	REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), possui uma grande importância para o desenvolvimento econômico do Brasil, influenciando diretamente no PIB brasileiro. Dito isso, o desenvolvimento e aumento da construção civil aquece outros setores devido ao maior consumo de matérias-primas, como aço e cimento, favorecendo as indústrias de base (Feicon, 2022).

Diante disso, a construção civil está em constante evolução, impulsionada pela ampliação dos recursos destinados à arquitetura, engenharia e construção, de modo que essa mudança tende a favorecer a industrialização do setor, visando redução do tempo de produção. (Maria, 2008).

A qualidade dos projetos de arquitetura e engenharia desempenham um papel fundamental no desenvolvimento e sucesso das obras. Desse modo, projetos bem elaborados garantem uma base sólida para a execução eficiente, segura e econômica das construções.

Deste modo, o uso de tecnologias que beneficiem a integração e compatibilização de projetos se torna imprescindível, sendo fundamental para impulsionar a eficiência e precisão das verificações de interferências.

De acordo com Eastman *et. al* (2014), a utilização do BIM facilita a colaboração entre os envolvidos no projeto, o que resulta na diminuição de falhas e alterações durante a execução. Contribuindo para um processo de entrega mais eficaz e confiável. Isso conseqüentemente, leva à redução tanto do tempo quanto dos custos associados ao empreendimento.

O uso do BIM exige a adoção de novos métodos de trabalho e uma postura renovada de relacionamento entre diversos agentes, como arquitetos, projetistas, consultores, contratantes e construtores. O desafio para implementar essa plataforma tecnológica reside em criar condições viáveis para reunir um conjunto abrangente de informações multidisciplinares sobre o empreendimento, desde a fase de concepção até as etapas de uso e manutenção (CBIC, 2016).

O cenário de estudo desta pesquisa compreende o município de Palmas, capital do estado do Tocantins, que se destaca no panorama regional e nacional por seu acentuado desenvolvimento urbano e demográfico. Este crescimento é

sustentado por um setor de construção civil dinâmico, impulsionado notadamente pela demanda por empreendimentos residenciais de alto padrão.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Muitos dos problemas ligados à construção civil ocorrem devido à ineficiência na comunicação e transmissão de informações entre equipes participantes de um empreendimento. Isso acaba gerando projetos ineficientes e, por consequência, atrasos e problemas durante a construção. (Sena, 2012)

Diante disso, este trabalho consiste na pesquisa para responder os seguintes questionamentos: Como a Metodologia BIM contribui para a redução de retrabalhos e erros na fase de compatibilização dos projetos de uma residência unifamiliar de alto padrão em Palmas/TO? De que forma a adoção desta metodologia influencia na comunicação e colaboração entre os diversos profissionais envolvidos nos projetos?

1.2 JUSTIFICATIVA

A relevância social do tema "Análise da metodologia BIM na compatibilização de projetos: Estudo de caso em uma residência unifamiliar de alto padrão" é inegável. Vivemos em uma era onde a eficiência e a sustentabilidade são imperativos, tanto para garantir a competitividade econômica quanto para preservar os recursos naturais.

Carreiró, (2017) destaca que diversos projetistas estão envolvidos durante a execução de um projeto de engenharia e, por vezes, não é executada a integração com os demais projetos. Por conseguinte, torna-se uma etapa desafiadora e imprescindível a compatibilização dos projetos, com intuito de encontrar soluções para assegurar a harmonia e coerência entre as diferentes disciplinas envolvidas.

Nesse sentido, a metodologia BIM oferece uma abordagem integrada e colaborativa para o planejamento, projeto, construção e operação de edificações, resultando em benefícios tangíveis para a sociedade.

Essa abordagem permite a construção virtual de edifícios antes de sua implementação física, viabilizando uma série de análises e simulações. O modelo BIM resultante funciona como um repositório centralizado de informações, oferecendo a capacidade de criar e extrair dados relacionados ao edifício de forma eficiente (Santos, 2014).

De acordo com pesquisas do Sienge em um levantamento realizado em 2020, 38,4% das empresas e profissionais afirmaram utilizar a Metodologia BIM, sendo que 55,5% desses usuários estão em empresas com até 10 anos de existência. Além disso, cerca de 70% das empresas manifestaram a intenção de adotar o BIM nos próximos dois anos (Prata, 2022).

Além disso, o Decreto nº 10.306 emitido dia 02 de abril de 2020 entrou em vigor torna obrigatório o uso de metodologias BIM para elaboração de projetos em órgãos e entidades públicas, incentivando mais ainda uso dessa metodologia por parte dos profissionais da área (Brasil, 2020).

Nesta perspectiva, a metodologia BIM na compatibilização de projetos de residências de alto padrão não apenas agiliza o processo de construção, mas também promove a redução de custos, o aumento da qualidade e a minimização de erros. Isso se traduz em habitações mais seguras, duráveis e sustentáveis, que atendem às expectativas dos clientes e contribuem para o desenvolvimento urbano de forma responsável.

Desse modo, a análise detalhada dessa metodologia em um estudo de caso específico não apenas evidencia sua aplicabilidade prática, mas também fornece insights valiosos para a indústria da construção como um todo.

Ao compreender os desafios enfrentados e os benefícios alcançados na compatibilização de projetos de uma residência unifamiliar de alto padrão, os profissionais do setor podem aprimorar suas práticas e adotar abordagens mais eficientes e inovadoras em seus próprios empreendimentos.

No âmbito acadêmico, a investigação desse tema é de extrema importância para o curso de Engenharia Civil. A metodologia BIM é uma das tendências mais relevantes e disruptivas no campo da construção civil, e sua compreensão é essencial para os futuros engenheiros civis.

Nesta perspectiva, ao estudar a aplicação da metodologia BIM na compatibilização de projetos de residências de alto padrão, os profissionais têm a oportunidade de adquirir conhecimentos práticos e habilidades técnicas que são altamente valorizadas pelo mercado de trabalho.

Além disso, a análise crítica (qualitativa) e aprofundada desse tema contribui para o avanço do conhecimento científico no campo da engenharia civil. De modo que, ao investigar os impactos da metodologia BIM na redução de retrabalhos, na melhoria da comunicação entre os profissionais e na otimização dos processos de compatibilização de projetos, os pesquisadores estão gerando evidências empíricas que podem subsidiar futuras decisões e práticas na indústria da construção.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar as vantagens do uso da metodologia BIM na compatibilização de projetos em uma residência de alto padrão na cidade de Palmas/TO.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar como a metodologia BIM pode identificar e resolver conflitos entre as diferentes disciplinas de projetos de arquitetura e engenharia;
- Fornecer informações práticas para melhorar a implementação e utilização da metodologia BIM em projetos semelhantes no futuro, contribuindo para aprimorar os processos de compatibilização e garantir melhores resultados (como por exemplo, redução das interferências na primeira compatibilização);

- Examinar de que maneira a adoção da Metodologia BIM influencia na melhoria da comunicação e colaboração entre os diversos profissionais envolvidos nos projetos.
- Levantar as principais incompatibilidades em um projeto residencial unifamiliar de alto padrão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O propósito deste capítulo é estabelecer a fundamentação teórica dos temas relacionados ao objetivo deste estudo. Deste modo, esta fundamentação teórica aborda principalmente definições e conceitos relacionados à Modelagem da Informação da Construção, traduzido do inglês, Building Information Modeling (BIM), bem como suas principais vantagens e desvantagens, parametrização, dimensões, interoperabilidade, compatibilização e principais softwares.

2.1 CONCEITO BIM

Atualmente, há várias abordagens para explicar as capacidades e conceitos da plataforma BIM. Essas abordagens se complementam e visam destacar tanto os princípios de modelagem quanto os benefícios que essa tecnologia oferece ao longo do ciclo de vida de um projeto.

Nesta perspectiva, Chuck Eastman, professor do Instituto de Tecnologia da Georgia e um dos precursores para implementação do BIM, em seu guia Manual de BIM define o conceito como:

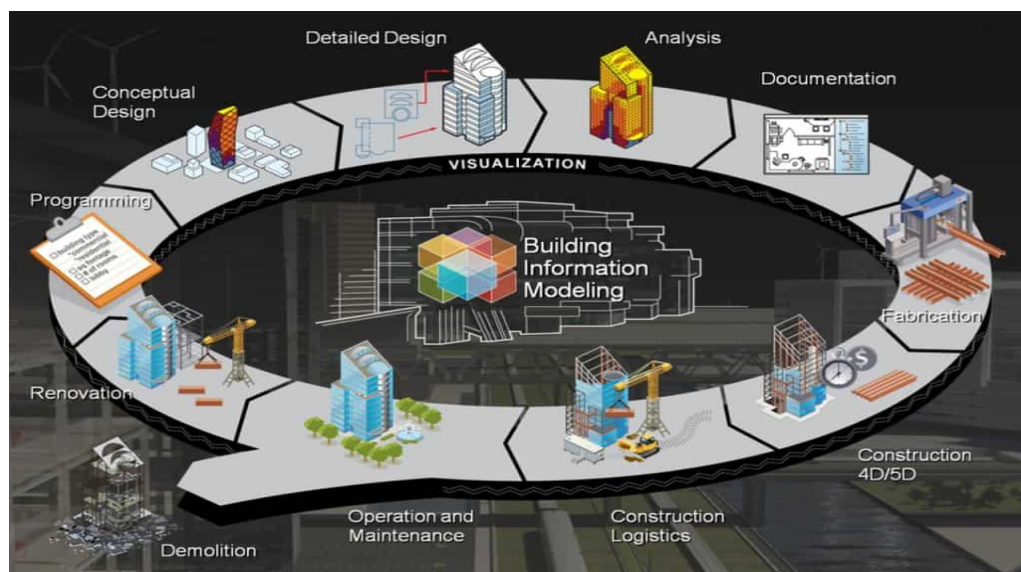
Modelagem da Informação da Construção (em inglês, Building Information Modeling – BIM) é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevante necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção (Eastman, 2014, p. 18).

Nesta perspectiva, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, complementa que o BIM é uma metodologia que resulta da combinação de políticas, processos e tecnologias. Essa abordagem visa gerenciar o processo de design e simulação de desempenho de edificações ou instalações, além de administrar suas informações e dados ao longo de todo o ciclo de vida, utilizando plataformas digitais baseadas em objetos virtuais (CBIC, 2016).

Uma das grandes empresas de desenvolvimento de softwares BIM, a Autodesk, complementa que o BIM representa o fundamento da transformação digital no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). De modo que engloba a integração de dados estruturados e multidisciplinares para desenvolver uma representação digital completa de um ativo ao longo de seu ciclo de vida, desde a fase de planejamento e projeto até as etapas de construção e operação (Autodesk, 2024).

Com isso, o conceito BIM possui uma vasta amplitude nos diversos setores de projetos da área de AEC, de modo que permite ao projetista aprofundar, adaptar e utilizar os softwares necessários para alcançar o objetivo desejado, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 - Sequência do projeto BIM.



Fonte: UtilizandoBIM (2019).

2.1.1 As vantagens e desvantagens do BIM

De acordo com Nunes *et. al* (2017), são listadas abaixo as algumas das vantagens que a utilização do BIM oferece:

- **Melhorar a interpretação do projeto:** Ao permitir a criação de modelos digitais detalhados e precisos, o BIM facilita a visualização tridimensional do empreendimento, proporcionando uma compreensão mais clara e abrangente de sua concepção e funcionalidades.

- **Adequado planejamento do projeto:** Consolidar todas as informações relacionadas ao empreendimento em um modelo digital unificado, permite uma visão abrangente e detalhada do projeto desde as fases iniciais. Isso possibilita a otimização de recursos e a definição de prazos realistas.
- **Redução de erros no projeto:** Como o BIM possibilita além dos recursos 3D a utilização de modelos federados, integração e compatibilização, estes recursos entre vários outros reduzem de significativamente os erros de projeto.
- **Alteração em todo o projeto:** A parametrização no BIM permite que as alterações sejam feitas de forma mais eficiente e rápida.
- **Rapidez na elaboração dos projetos:** O tempo necessário para produzir o projeto será reduzido em comparação com plataformas não integradas devido à capacidade de realizar mudanças instantâneas e à melhoria na compreensão do projeto, além da integração dos diferentes aspectos do projeto.
- **Redução na quantidade de arquivos gerados em um projeto:** Ao consolidar todas as informações relacionadas ao empreendimento em um modelo digital unificado, o BIM elimina a necessidade de manter múltiplos arquivos separados para diferentes disciplinas e fases do projeto.
- **Melhora o controle dos custos:** Facilita a identificação e avaliação de elementos que influenciam os custos ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Mais à frente no projeto deste trabalho, será abordado a dimensão 5D, que tem como princípio a economia do projeto.
- **Logística de operação:** Com os recursos que o BIM disponibiliza, é possível prever as fases de operação na etapa de projeto, de modo a evitar problemas de logística.

Diante das vantagens supracitadas, conclui-se que é de suma importância a implementação do BIM na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). No entanto, a CBIC (2016), em sua coletânea sobre implementação BIM, destacou as principais desvantagens e dificuldades para a adoção do BIM, sendo elas:

- **A resistência às mudanças por partes das organizações e pessoas envolvidos:** A adoção da metodologia BIM em uma empresa pode causar necessidades de mudanças na forma como as atividades são executadas, que por muitas vezes, a empresa utiliza uma determinada forma de trabalho durante muitos anos, sendo necessários incentivos por parte dos líderes para ocasionar esta mudança.
- **Necessidade de um investimento maior:** Os softwares BIM necessitam de Hardwares mais fortes para o seu funcionamento do que os softwares 2D, necessitando de investimentos maiores para implementação.
- **A dificuldade de entendimento e compreensão do que é BIM e dos seus reais benefícios:** Existe uma percepção equivocada, porém amplamente difundida, de que o BIM seria uma alternativa ao CAD, mas, na realidade, trata-se de uma inovação tecnológica mais abrangente, que transforma fundamentalmente todo o processo de projeto, desde a fase inicial de concepção até a gestão do empreendimento.

Desse modo, torna-se perceptível que os principais desafios estão na resistência à mudança por parte dos profissionais, a necessidade de investimento maiores em treinamento, capacitação e hardware, além da adaptação das práticas de trabalho e processos internos das organizações.

2.1.2 Principais softwares BIM

Os softwares BIM desempenham um papel crucial na indústria da construção, fornecendo uma plataforma integrada para planejamento, projeto e gerenciamento de projetos. Eles facilitam a colaboração entre equipes, melhoram a comunicação e visualização de informações, e auxiliam na tomada de decisões mais embasadas. De modo que, sua capacidade de centralizar dados e automatizar tarefas aumenta a eficiência e reduz erros, destacando sua importância na otimização dos projetos e na entrega de resultados de alta qualidade. Nesta perspectiva, Zimmermann (2019)

destaca alguns dos principais softwares BIM presentes no mercado, são eles listados no quadro a seguir:

Quadro 1 - Principais softwares BIM.

SOFTWARE	FINALIDADE
REVIT	O Revit permite a criação de modelos tridimensionais detalhados, integrando dados ao longo do ciclo de vida do projeto. Oferece recursos avançados para planejamento, projeto, análise e documentação, facilitando a colaboração entre equipes e contribuindo para uma gestão eficiente do empreendimento.
ArchiCAD	A Graphisoft foi pioneira na implementação do conceito de Building Information Modeling (BIM) em seus softwares, como o ArchiCAD. Este software é reconhecido por sua interface intuitiva e de fácil uso, alta velocidade de operação e qualidade superior na produção de documentações. No entanto, suas funcionalidades são predominantemente direcionadas para projetos de arquitetura, e a comunidade de usuários no Brasil é relativamente menor em comparação com a demanda global.
AECOSIM	A ferramenta é hábil em analisar e documentar edifícios de diversas dimensões e complexidades, facilitando a comunicação entre disciplinas de projeto e alcançando alto desempenho com o BIM. Seus pontos fortes incluem uma ampla abrangência e o emprego de métodos colaborativos de trabalho. No entanto, a adoção dessas soluções no Brasil é limitada, sendo pouco difundidas.
TEKLA Structure	Tem como fundamento a modelagem 3D ágil, com ênfase na geração de desenhos de alta qualidade e no controle eficiente de alterações. Entre suas vantagens, destaca-se uma extensa biblioteca para modelagem e detalhamento de estruturas. No entanto, essas ferramentas estão limitadas a realizar apenas detalhamentos e têm como foco principal as estruturas metálicas.

TQS	Especializada em softwares para cálculo estrutural em concreto armado, protendido, alvenaria estrutural e estruturas pré-moldadas, a TQS destaca-se por sua capacidade de calcular e detalhar pilares esbeltos, além de oferecer um sistema de interação avançado entre solo e estrutura. No entanto, é importante notar que a plataforma não cobre todo o processo de projeto para estruturas metálicas e apresenta limitações, como a falta de automatização na posição de textos e cotas nas plantas de forma, além de uma usabilidade considerada complexa.
EBERICK	O software Eberick incorpora funcionalidades BIM para modelagem, análise estrutural, dimensionamento de peças e compatibilização com outras disciplinas de projeto, culminando na produção de pranchas finais com detalhes das armaduras, formas e demais desenhos. Aspectos positivos incluem a avançada tecnologia BIM integrada em uma plataforma única, facilidade de uso e a geração de detalhes de alta qualidade. No entanto, há limitações, como a falta de suporte completo para estruturas metálicas e a ausência de uma solução nativa para protensão.
QIBUILDER	Desenvolvido sob a ideia de projetos naturalmente conectados, o QiBuilder é uma plataforma BIM que se destaca por seu robusto sistema gráfico para entrada de dados, interoperabilidade e visualização 3D aprimorada, além de uma interface intuitiva. Entre suas vantagens estão a integração completa, facilidade de aprendizado e recursos avançados para projetos elétricos, hidráulicos, de prevenção de incêndios, SPDA, infraestrutura de gás e cabeamento estruturado. No entanto, sua aplicação para projetos industriais é limitada.
BIM 360	Destinado ao gerenciamento da construção, o software conecta e organiza o processo colaborativo, documental, de revisões e demais operações. Seus benefícios incluem a capacidade de compartilhar, visualizar, editar e anotar arquivos, além de oferecer um sistema de versionamento e comparação, controle

	de permissões de usuários, diversos módulos com finalidades específicas e integração com sistemas de custo, gestão de obra e fornecedores. Ele também permite visualização de arquivos em 2D e 3D, e automatização da nomenclatura de arquivos. Por outro lado, alguns módulos não possuem tradução, não há suporte para visualização de múltiplos modelos combinados e falta um controle centralizado de nomenclatura ou lista mestra.
TRIMBLE CONNECT	O ambiente de colaboração tem como objetivo tornar as informações transparentes e rastreáveis, possibilitando o compartilhamento de arquivos entre os usuários. Vantagens incluem a capacidade de visualizar diversos modelos simultaneamente em formatos 2D e 3D, identificar colisões e adicionar marcações nos arquivos, além de criar atividades comunicadas no formato BCF. No entanto, desvantagens incluem a pré-definição das funções dos membros do projeto e a falta de uma lista mestra, controle de nomenclatura ou sistema de aprovações.
QICLOUD	Oferece desde a colaboração no desenvolvimento dos projetos até a gestão da documentação durante a obra. Entre os aspectos favoráveis, destaca-se a capacidade de gerenciar obras tanto individuais quanto compartilhadas, visualizar documentos 2D e modelos IFC, personalizar controle de permissões, realizar aprovações e plotagens, além de fornecer uma lista mestra e revisão de arquivos. Também inclui padrões de nomenclatura, notificações de ações e eventos para garantir a rastreabilidade das informações, e sincronização com Desktop. No entanto, seus pontos desfavoráveis incluem a falta de interação com BCF e a impossibilidade de editar arquivos na plataforma.

Fonte: Zimmermann (2019)

Com isto, conclui-se que o mercado apresenta diversos softwares BIM de qualidade, de modo que cabe ao projetista analisar e definir aquele que melhor se adapta aos os objetivos desejados.

2.2 DIMENSÕES DO BIM

As diversas atividades desempenhadas pelas equipes de projeto durante a vida útil do empreendimento abrem espaço para a classificação do BIM em diferentes camadas de informação, denominadas dimensões do BIM. Estas dimensões representam o nível de informações e funcionalidades do modelo, bem como o seu contexto de utilização no ciclo de vida do projeto (Miranda e Levi, 2019).

Figura 2 - As dimensões do BIM.



Fonte: Biblus (2018)

Segundo Souza (2023), conforme a necessidade, os modelos podem ser estendidos para os demais "D's" de forma progressiva, como por exemplo o uso do modelo 3D pode ser direcionado à elaboração do modelo virtual, enquanto o 4D pode ser empregado na programação temporal do projeto. Já o 5D é aplicado na estimativa de custos, considerando o escopo da construção e o cronograma estabelecido.

Nesta perspectiva, a quantidade de dimensões de um modelo BIM pode variar de acordo com a literatura, Garibaldi (2020) cita do 3D ao 7D, por outro lado, Arnal (2018) apresenta dimensões do 1D ao 10D.

Arnal (2018) discute que a implantação de Protocolos BIM em uma nação ou empresa representa a primeira dimensão (1D). Por conseguinte, a segunda dimensão (2D) envolve a adoção de fluxos de trabalho colaborativos, implicando a

implementação de novos modelos de contratação e o estabelecimento de soluções integradas de gestão como parte do processo de desenvolvimento.

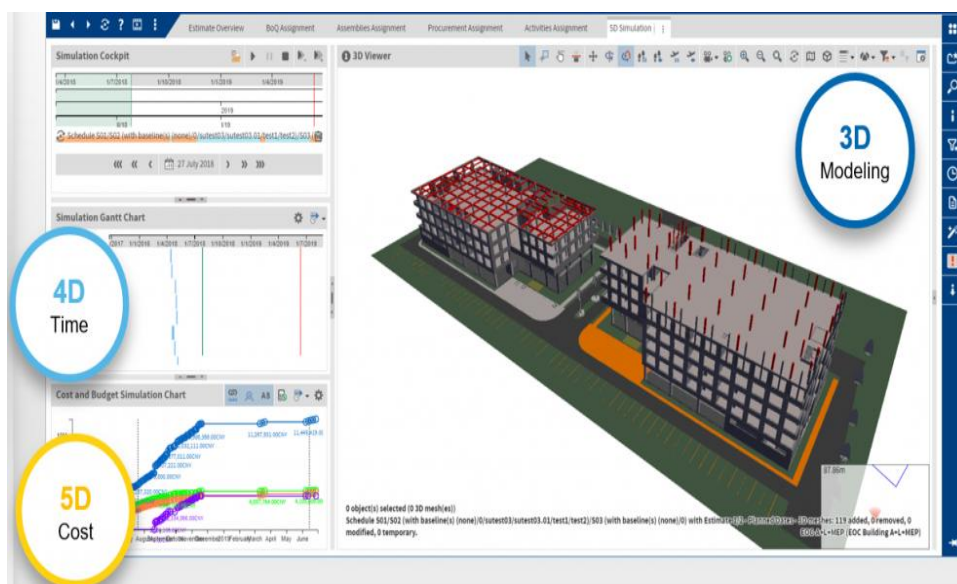
De acordo com Garibaldi (2020), O modelo BIM 3D envolve a integração de dados gráficos e não gráficos para criar modelos tridimensionais. Essas informações são distribuídas em um ambiente de compartilhamento de dados acessível, transparente e seguro (Garibaldi, 2020).

BIM 4D É possível associar o modelo elaborado ao cronograma da obra, vincular tarefas, tempos e gerar um planejamento visual de andamento da obra, proporcionando ao engenheiro de execução ou gerente de projeto acompanhar o avanço físico de cada etapa. Tudo na tela do computador, com riqueza de informações em tempo real.

Essa etapa possibilita efetuar simulações de arranjo físico e deslocamento em canteiro de obras, prever situações críticas e minimizar riscos com relação a equipamentos e caminhões no transporte de materiais (Gonçalves, 2018).

5D dimensão cinco trata da economia do projeto ou como cada elemento BIM é sincronizado com seu preço, origem, instalação e os custos de manutenção. Ainda neste contexto, Sousa (2023) complementa destacando que com esta etapa é possível obter uma maior precisão em orçamentos, previsibilidade de mudanças do escopo do projeto e materiais. A figura 3, várias dimensões integradas em um modelo BIM através de um software.

Figura 3 - Dimensões 3D, 4D e 5D integradas em um Modelo BIM.



Fonte: Intwo (2023), adaptado pelo autor (2024)

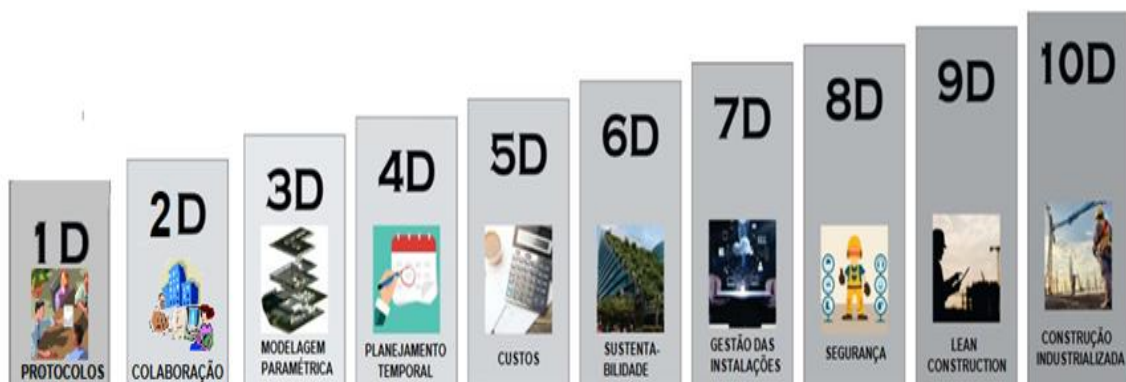
O BIM 6D visa a sustentabilidade dos projetos, com construções focadas na eficiência energética, de modo que, ao considerar o desempenho energético desde as fases iniciais do projeto, o projetista pode implementar todas as soluções técnicas mais adequadas para assegurar um consumo reduzido de energia e proporcionar maior conforto aos usuários (Garibaldi, 2020).

Segundo Gonçalves (2018), ao integrar informações técnicas de equipamentos, fabricantes, planos de manutenção, garantias entre várias outras informações importantes para o ciclo de vida da edificação no modelo BIM, entra-se na dimensão 7D. Diante disso, Garibaldi (2018) reforça que essa estratégia contribui para aprimorar a excelência na entrega de serviços ao longo de todo o ciclo de vida de um projeto, assegurando a manutenção da qualidade de um projeto desde o momento inicial até a fase de demolição da estrutura.

A dimensão 8D busca o conceito de “Acidente Zero”, tendo como prioridade a segurança e saúde durante o projeto, execução e manutenção da obra (Darós, 2019).

Segundo Arnal (2018), a nona dimensão (9D), representada pela introdução da filosofia de gestão lean no setor da construção, é denominada construção enxuta. Por fim, todas as dimensões convergem para um objetivo comum, a décima dimensão (10D), que visa industrializar a construção e tornar o setor mais produtivo, integrando as novas tecnologias por meio de sua digitalização. A figura 4, resume as dimensões do BIM de acordo com a sua progressão.

Figura 4 - As 10 dimensões do BIM.



Fonte: JC-BIM (2020).

2.3 NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS (LOD)

De acordo com o BIM Forum (2023), a Especificação de Nível de Desenvolvimento (LOD) é uma ferramenta de referência que possibilita aos profissionais da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) definir e descrever com precisão o conteúdo e a qualidade dos Modelos de Informação de Construção (BIMs) em diferentes fases do ciclo de projeto e construção.

Ainda neste contexto, o conceito de LOD permite aos profissionais envolvidos especificarem e comunicarem de forma precisa os conteúdos e os níveis de confiabilidade dos modelos BIM, definindo os usos e níveis de confiabilidade de seus modelos, facilitando a compreensão por parte dos usuários posteriores no fluxo de desenvolvimento sobre os limites de utilização dos modelos recebidos (CBIC, 2016).

Nesta perspectiva, ao pesquisar sobre “LOD”, podem haver literaturas que utilizam outras traduções para o mesmo termo. Inicialmente o termo era nomeado como “Level of Detail”, no entanto, em 2013, o termo foi alterado para “level of Development” após estudos do Instituto Americano de Arquitetos (AIA), enfatizando a confiabilidade das informações no modelo (Sienge, 2020).

Disto isso, o American Institute of Architects (AIA), estabeleceu cinco níveis de desenvolvimento que ajudam a entender a quantidade de informações requeridas em cada etapa do projeto, podendo variar entre 100 e 500. Essa abordagem permite uma avaliação da confiabilidade dos dados disponíveis.

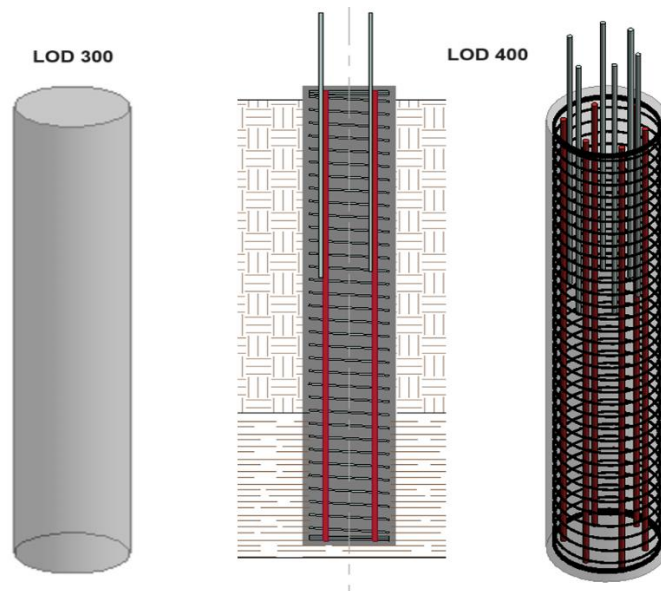
De acordo com o BIM Forum, (2023) e CBIC, (2016) os LOD podem ser definidos como:

- **LOD 100** - Nível mais baixo de desenvolvimento, sendo um estudo inicial com representações simplificadas ou mesmo derivadas de outros elementos, permite visualizar a volumetria, áreas, localização e estimativa de custos para um macroplanejamento.
- **LOD 200** - Consiste em sistemas genéricos e montagens que possibilitam a obtenção de estimativas aproximadas de quantidades, tamanhos, formas, localização e orientação dos principais elementos. Equivale a etapa de anteprojeto, onde é viável desenvolver estimativas de custos levando em conta volumes, quantidades e tipos de elementos. Além disso, no planejamento da construção, é possível definir a ordem

de construção e visualizar a aparência dos principais elementos e sistemas ao longo do tempo.

- **LOD 300** – Representação fiel dos elementos em termos de quantidade, localização e dimensões. Análises detalhadas podem ser conduzidas para elementos e sistemas específicos. A precisão das estimativas de custo é aprimorada através da integração de dados específicos aos objetos e técnicas construtivas conceituais, além de memoriais de cálculo. Neste nível, o planejamento pode ser elaborado levando em conta a sequência das atividades de construção.
- **LOD 400** – Semelhante ao nível anterior, porém com informações mais detalhadas, as montagens são definidas de maneira precisa nos modelos por meio de elementos que abrangem quantidades, dimensões, formatos, posicionamento e orientação. Além disso, esses elementos também incluem dados detalhados sobre processos de fabricação e montagem, sendo ideal durante a fase de execução da edificação.

Figura 5 - Comparativo entre LOD 300 e LOD 400.



Fonte: BIM Forum (2023), adaptado pelo autor (2024).

- **LOD 500** – Representa o estado final de uma construção ou instalação, conhecido como "as built", refletindo o projeto conforme efetivamente construído. Esse modelo pode servir como ponto de partida para a gestão operacional e de manutenção.

Figura 6 - A classificação LOD.



Fonte: CBIC (2016).

2.4 INTEROPERABILIDADE E OS ARQUIVOS IFC

Eastman (2014) destaca que o uso inteligente do BIM também provoca alterações substanciais nos relacionamentos entre os participantes do empreendimento e nos termos contratuais entre eles. De modo que, torna-se de suma importância a necessidade de colaboração precoce entre o arquiteto, o empreiteiro e outras disciplinas, uma vez que o conhecimento especializado se torna mais crucial durante a fase de projeto.

Diante disso, a interoperabilidade se apresenta como uma ferramenta essencial no uso do BIM. A presença de uma interoperabilidade eficaz elimina a necessidade de duplicação de dados de entrada previamente gerados, o que simplifica e automatiza o fluxo de trabalho entre diversos aplicativos durante o processo de projeto (Andrade e Ruschel, 2009).

Nesse sentido, os arquivos padrões IFC (*Industry Foundation Classes*) funcionam como uma ferramenta para intercâmbio de dados, sendo fundamental para a interoperabilidade dos projetos.

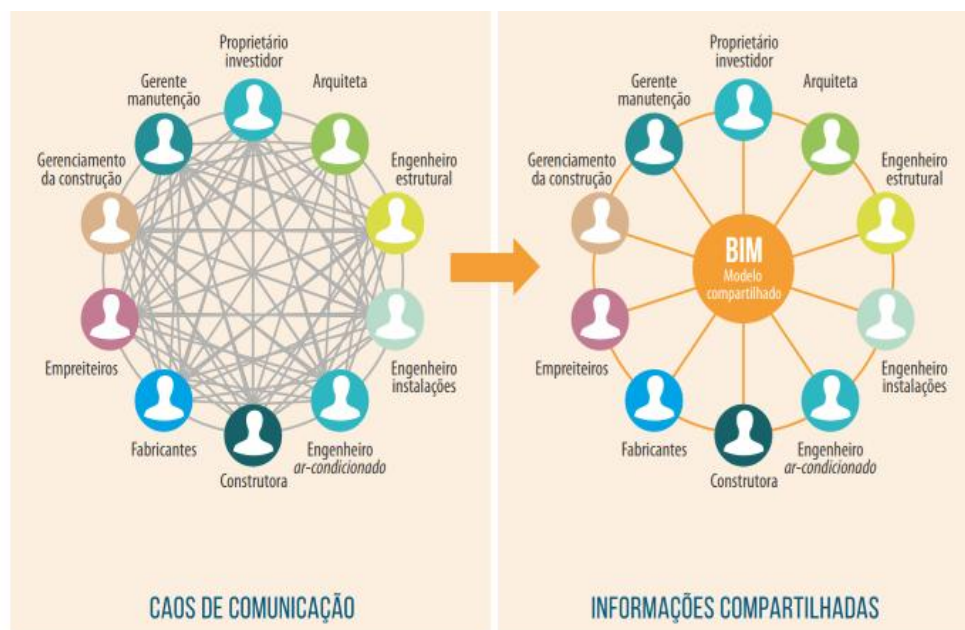
O surgimento do IFC aconteceu devido investimentos na criação de um código informático para desenvolver aplicativos integrados, através da Aliança Internacional

da Interoperabilidade. Desde 2005, a aliança opera sob o nome de *BuildingSMART*, visando melhorar a troca de informações entre aplicativos de software no setor da construção e estabelecer um padrão internacional para suportar o amplo uso do BIM, ou Modelagem de Informações da Construção (Biblus, 2024).

Almeida e Bonaldo (2023) em seu livro de Princípios e tendências BIM, abordam que o IFC consiste em um conjunto de definições composto por classes, atributos e relacionamentos entre elementos originados nos projetos. Esse modelo de dados é aplicado à indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e facilita a troca de informações entre os envolvidos.

Com isso, através de um software BIM que atue com a colaboração desses arquivos IFC, torna-se possível integrar todas as informações entre as diversas pessoas envolvidas no desenvolvimento de uma edificação, através de um software BIM que permita a colaboração dos arquivos. A figura 7 ilustra o processo de troca de informações tradicional e através de um modelo compartilhado.

Figura 7 - Modelo tradicional x compartilhado



Fonte: CBIC (2016)

Portanto, a utilização dos arquivos IFC são de suma importância durante a elaboração de projetos na metodologia BIM, permitindo a troca de informações os diversos profissionais, softwares e sistemas utilizados ao longo do ciclo de vida do projeto.

2.5 COMPATIBILIZAÇÃO

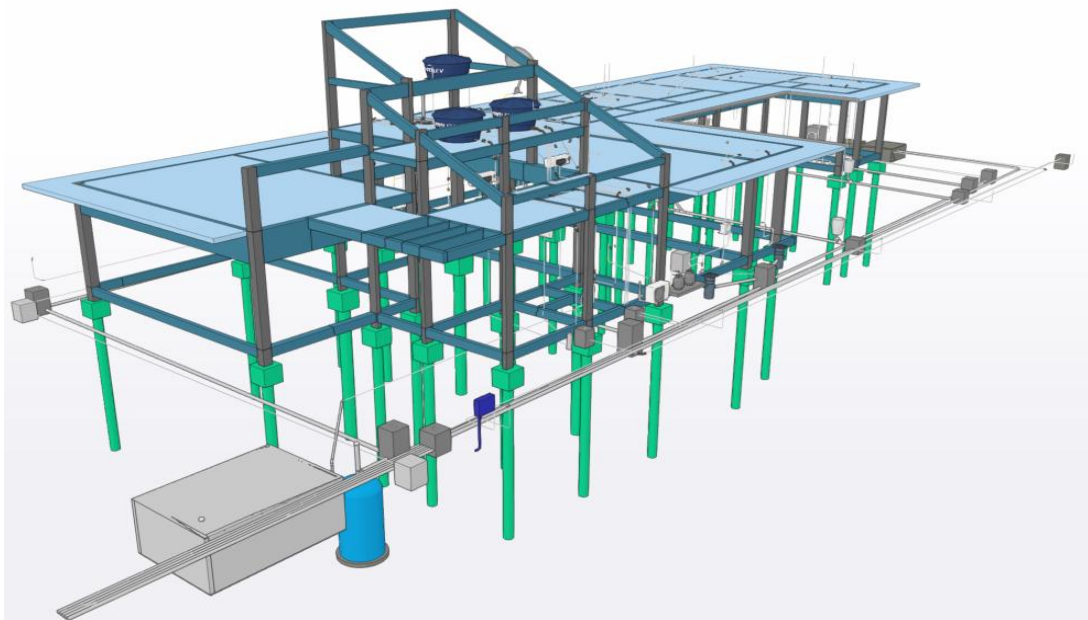
A metodologia BIM na elaboração dos projetos permite que seja feita a integração e compatibilização dos mesmos em um modelo federado. De acordo com Gomes e Almeida (2021), a falta de comunicação e compatibilização na etapa de projetos podem causar retrabalhos e desperdícios durante a execução da obra.

Na engenharia, a integração e compatibilização referem-se ao agrupamento de subsistemas componentes em um sistema único, juntando em um único arquivo os vários sistemas de computação e diferentes aplicações de software, para que operem como um conjunto coordenado (CBIC, 2016).

Nesta perspectiva Nascimento (2014) complementa que a etapa de compatibilização desempenha um papel crucial no desenvolvimento de projetos, identificando e solucionando problemas desde a fase inicial de concepção. Isso resulta na redução de retrabalhos, custos de construção e prazos de execução, além de elevar a qualidade do empreendimento e sua competitividade no mercado.

Com isso, o mercado oferece softwares BIM que possuem ferramentas como por exemplo o “*Clash Detection*” (Detecção de Conflitos), que permitem fazer esta compatibilização e integração dos projetos, através dos arquivos IFC.

Figura 8 - Integração dos projetos de engenharia



Fonte: Autor (2025)

Diante disso, Jaime e Blumenschein (2023) ressaltam a importância de automatizar a filtragem de interferências irrelevantes e determinar quais componentes necessitam de alterações para resolver os conflitos, visando aprimorar a eficiência e a eficácia do gerenciamento de interferências.

Diante disso, nota-se que a compatibilização dos projetos desempenha um papel crucial na indústria da construção. Portanto, investir tempo e recursos na compatibilização dos projetos é fundamental para o sucesso de qualquer empreendimento na construção civil.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordados todos os aspectos metodológicos da pesquisa realizada, descrevendo-se os procedimentos necessários e úteis para analisar as vantagens do uso da metodologia BIM na compatibilização de projetos em uma residência de alto padrão na cidade de Palmas/TO.

Primeiramente, buscou-se construir uma base teórica sólida relacionada as práticas e conceitos aplicados à área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) na coordenação de projetos e da Modelagem das Informações da Construção (BIM). Deste modo, foram realizadas pesquisas em estudos acadêmicos recentes, livros, guias, revistas, teses e dissertações.

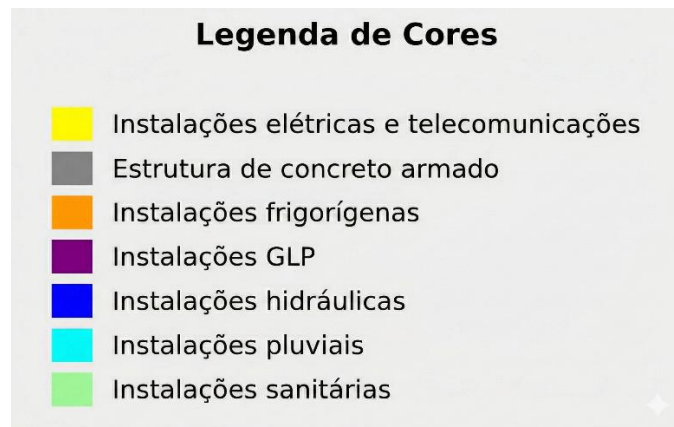
Por conseguinte, realizou-se a compatibilização dos projetos. Para isso, uma empresa de arquitetura e engenharia disponibilizou os arquivos necessários. Na sequência, foram apresentadas as principais incompatibilidades encontradas, etapa na qual se procedeu à triagem, quantificação e avaliação das interferências detectadas. Desse modo, efetuou-se uma análise qualitativa sobre os benefícios e principais desafios da utilização de plataformas BIM para a compatibilização de projetos.

Para a análise da integração entre as disciplinas, foram explorados tanto os recursos de inspeção visual quanto as ferramentas automatizadas nativas do software Trimble Connect. Os principais recursos utilizados para a compatibilização foram:

- Aplicação de Esquemas de Cores: Dada a alta densidade de informações geométricas no modelo federado, a atribuição de cores específicas foi fundamental para diferenciar as disciplinas e facilitar a interpretação visual dos sistemas. A legenda de cores adotada para a identificação de cada projeto está representada na figura 14.
- Detecção de Interferências (*Clash Detection*): Utilizou-se o recurso de verificação automática de conflitos do software. Para este estudo, configurou-se uma tolerância rigorosa de 10 mm entre os componentes, visando capturar todas as interseções geométricas para posterior triagem técnica.

- Ferramentas de Auxílio à Revisão: Foram empregados recursos complementares, tais como: medição precisa (para conferência de distâncias e espaços livres); controle de transparência (para visualização de elementos ocultos dentro de vedações ou estruturas); e criação de vistas salvas com anotações, que permitiram registrar e destacar os pontos de conflito encontrados.

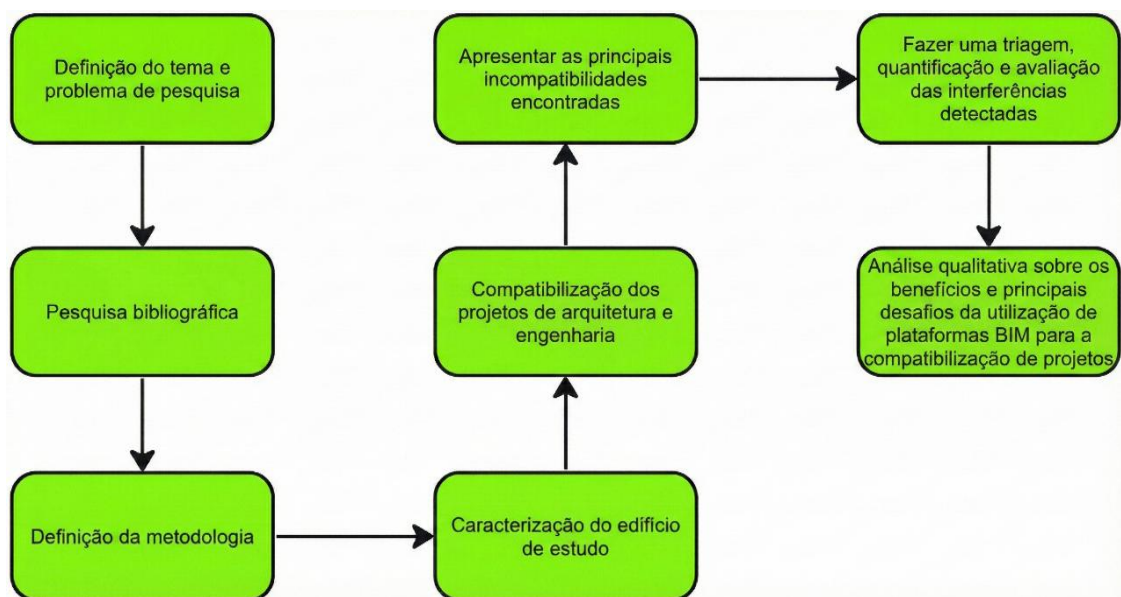
Figura 14 – Legenda de cores



Fonte: Autor (2025)

O fluxograma de realização do trabalho está indicado na figura 9.

Figura 10 - Fluxograma do trabalho



Fonte: Autor (2025)

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A finalidade da pesquisa desenvolvida se enquadra em aplicada, uma vez que tem como intuito estudar um assunto para desenvolver um conhecimento que seja aplicado na prática.

No que diz respeito a abordagem do trabalho, ela se classifica como qualitativa, de modo que além da avaliação e comparação dos dados das interferências encontradas, será feito uma análise qualitativa sobre a utilização da metodologia BIM.

Por fim, realizou-se um estudo de caso real para poder aplicar os conteúdos dessa pesquisa. Segundo Gil (2002), o estudo de caso é uma abordagem de pesquisa comumente empregada em diversas áreas, como as ciências biomédicas e sociais. Essa metodologia envolve uma análise minuciosa e detalhada de um ou poucos objetos de estudo, possibilitando uma compreensão ampla e profunda, o que seria dificultado por outros tipos de delineamentos.

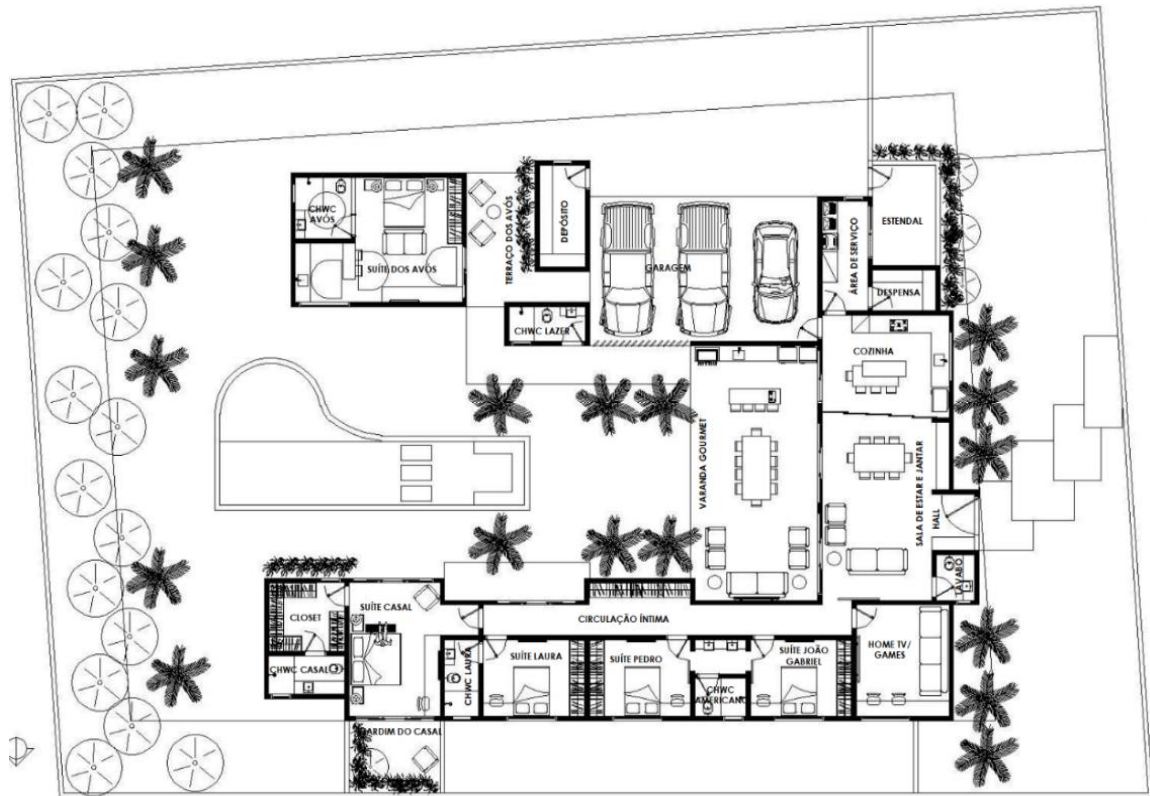
3.2 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo selecionado para esta pesquisa consistiu em uma residência unifamiliar de alto padrão, localizada em um condomínio residencial na cidade de Palmas, Tocantins. A edificação possui uma área construída total de 371,31 m², implantada em um terreno de 1.274,68 m², resultando em uma taxa de ocupação de 28,85%.

Quanto à distribuição funcional, tratou-se de uma edificação térrea. O programa de necessidades foi composto pelos setores social, de serviço e íntimo, abrangendo: sala de estar e jantar, *Home TV*, lavabo, cozinha, despensa, área de serviço e estendal. A área íntima foi configurada com uma suíte master, duas suítes plenas e uma suíte americana. O projeto contemplou ainda uma área de lazer com varanda gourmet, banheiro de apoio, jardim privativo, piscina e garagem. O sistema construtivo

adotado foi a estrutura reticulada em concreto armado com vedações em alvenaria cerâmica. A figura 11 mostra a planta baixa do projeto.

Figura 11 - Planta baixa do pavimento térreo



Fonte: Fornecido pela empresa

No que tange às ferramentas computacionais utilizadas para a elaboração dos projetos, observou-se o uso de diferentes softwares, caracterizando um fluxo de trabalho heterogêneo. Os projetos de Arquitetura e Interiores foram desenvolvidos no *SketchUp*. O dimensionamento e detalhamento da estrutura de concreto armado foram realizados no software *AltoQi Eberick*. O projeto de instalações elétricas e telecomunicações foi elaborado no *AltoQi Builder*. Por fim, as disciplinas de instalações hidráulicas, pluviais, sanitárias, GLP e frigorígenas foram modeladas na plataforma *Autodesk Revit*. A figura 12 mostra uma perspectiva do projeto de arquitetura.

Figura 12 - Perspectiva 3D renderizada da residência



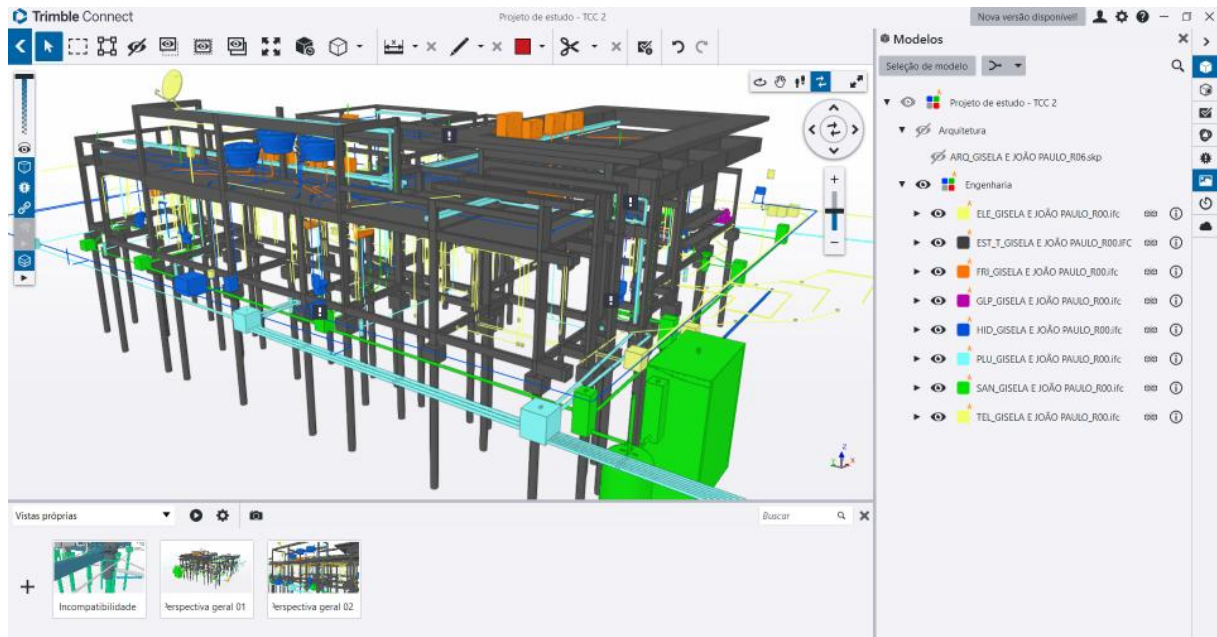
Fonte: Fornecido pela empresa

Desse modo, serão gerados os arquivos IFC's desses projetos para fazer o estudo da compatibilização.

3.3 COMPATIBILIZAÇÃO

Para a etapa de compatibilização, o software selecionado para este estudo foi o *Trimble Connect*, que se trata de um dos softwares do mercado que são específicos para a etapa de integração e compatibilização de projetos em metodologia BIM. A escolha do software justificou-se pela sua eficiência na criação do modelo federado, possibilitando a navegação tridimensional, a identificação visual de interferências e a gestão da comunicação entre as disciplinas. A figura 13 apresenta a interface do software com o projeto de exemplo carregado.

Figura 13 - Interface do software Trimble Connect



Fonte: Autor (2025)

Inicialmente, a partir dos arquivos em formato IFC provenientes dos projetos de arquitetura e engenharia, gerou-se o modelo federado, que consiste em um arquivo centralizado em um único ambiente virtual, composto pela sobreposição das diversas disciplinas.

Na sequência, realizou-se uma primeira análise visual do modelo tridimensional para a verificação de inconsistências macroscópicas. Posteriormente, utilizou-se a ferramenta de *clash detection* (detecção de interferências), na qual o software executou uma verificação automática entre as diferentes disciplinas, identificando os cruzamentos geométricos no modelo federado.

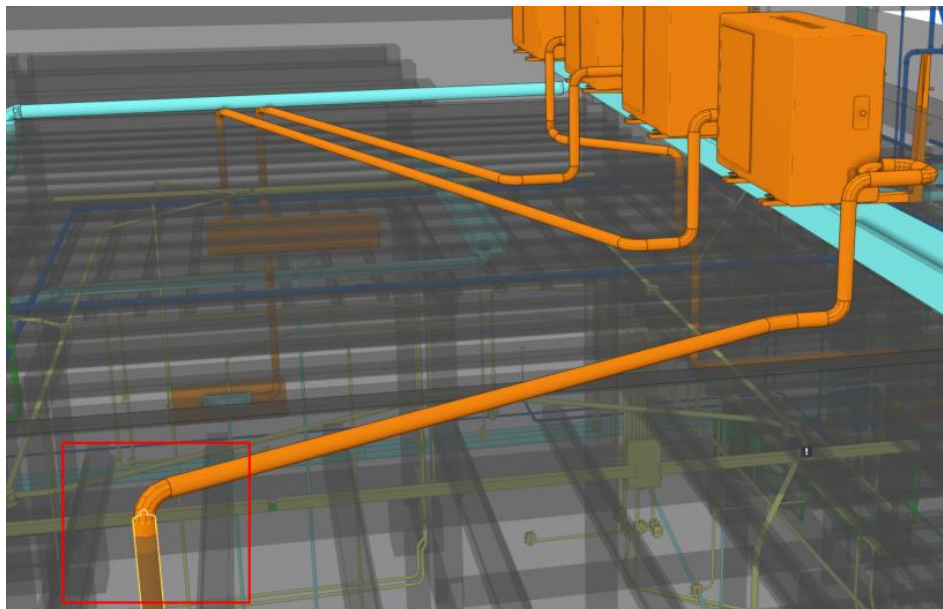
Por fim, através dos recursos de interoperabilidade do software, gerou-se um relatório detalhado dessas interferências. Este documento apresentou imagens identificando quais elementos e a quais disciplinas estes pertenciam, servindo como base de dados para as análises qualitativas e quantitativas apresentadas neste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma etapa crítica do processo de compatibilização consistiu na triagem e validação manual das interferências detectadas. Fez-se necessário analisar cada apontamento para distinguir os problemas reais das situações conhecidas tecnicamente como “falsos positivos”.

Um exemplo desta ocorrência pode ser visualizado na figura 15, que ilustra uma tubulação transpassando uma laje. Embora o software acuse um conflito geométrico, tal intersecção não constitui um erro de projeto, tratando-se apenas de uma passagem técnica prevista para a execução da instalação. Esta situação difere substancialmente de uma interferência grave, como o choque de uma tubulação contra uma viga ou pilar, o que configuraria uma incompatibilidade estrutural que exige correção imediata.

Figura 15 – Tubulação frigorígena transpassando laje

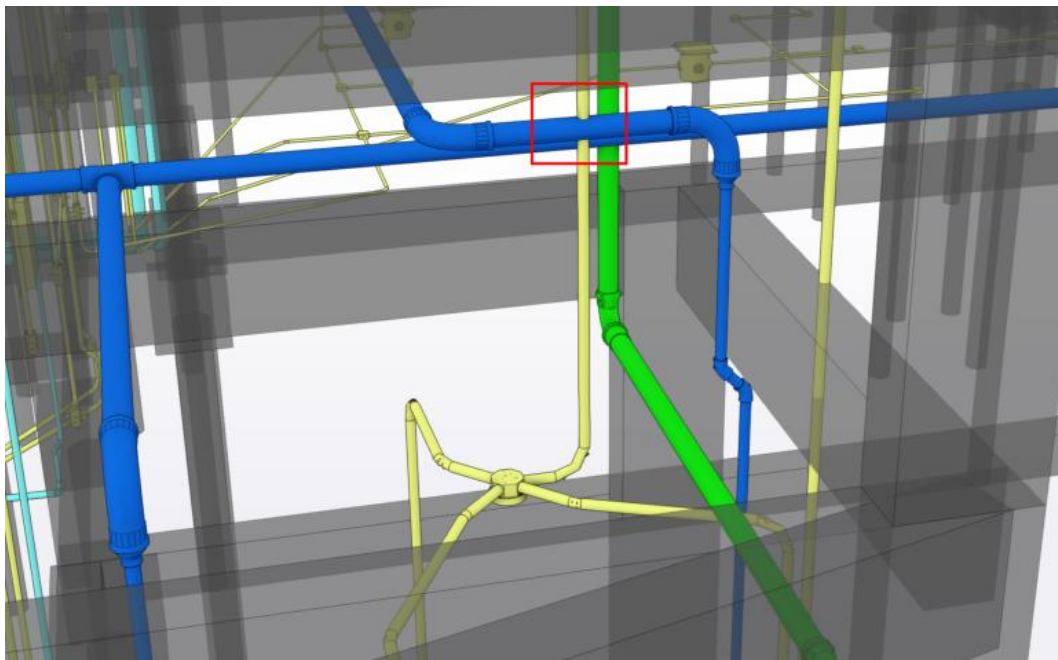


Fonte: Autor (2025)

Identificaram-se, ainda, incompatibilidades decorrentes das simplificações inerentes à modelagem. Embora a tecnologia BIM ofereça alta precisão, o modelo virtual muitas vezes trata elementos flexíveis como corpos rígidos, não representando a totalidade das nuances executivas do canteiro de obras.

A figura 16 exemplifica esta situação, evidenciando um conflito geométrico entre um eletroduto e uma tubulação hidráulica. O software acusa a colisão, porém, por se tratar de um eletroduto flexível (corrugado), tal interferência é passível de ajuste *in loco*. O desvio pode ser realizado naturalmente durante a instalação, sem demandar alterações projetuais complexas.

Figura 16 – Conflito entre eletroduto e tubulação hidráulica



Fonte: Autor (2025)

4.1 INCOMPATIBILIDADES ENTRE O PROJETO DE ARQUITETURA E O PROJETO ESTRUTURAL

Para a identificação de interferências entre as disciplinas de Arquitetura e Estrutura, optou-se por ocultar os projetos de instalações, dada a alta densidade de componentes que dificultava a clareza do modelo.

Adicionalmente, aplicou-se uma transparência de 70% aos elementos arquitetônicos. Estes ajustes de visualização tiveram o intuito de aprimorar a percepção espacial e facilitar a análise visual dos conflitos entre as vedações e o esqueleto estrutural, conforme demonstrado na figura 17.

Figura 17 – Representação do modelo federado Instalações x Estrutura com ajustes visuais



Fonte: Autor (2025)

Após a execução da detecção de interferências e a subsequente triagem das ocorrências irrelevantes (falsos positivos), o relatório final consolidou um total de 10 conflitos efetivos.

Neste cenário, detectaram-se 3 interferências envolvendo as vigas V24, V62 e V68. Verificou-se que estes elementos estruturais apresentavam cota de topo superior ao nível acabado da platibanda arquitetônica, extrapolando a altura prevista em projeto, conforme demonstrado na figura 18. Caso não fosse solucionada em fase de projeto, esta divergência resultaria na exposição indesejada das vigas na fachada, comprometendo a estética e a volumetria propostas pela arquitetura.

Figura 18 – Vigas expostas ultrapassando o pé-direito e forro



Fonte: Autor (2025)

Outra inconsistência relevante foi identificada na figura 19, onde a viga V23 apresentou um posicionamento conflitante, invadindo a área destinada ao painel de esquadrias.

A detecção evidenciou que o elemento estrutural avançava sobre o vão de abertura, impondo a necessidade de revisão projetual para a relocação ou redimensionamento de um dos componentes. Ressalta-se que a identificação antecipada desta interferência foi crucial, pois sua constatação tardia (durante a execução) acarretaria impactos severos, como a impossibilidade de instalação da esquadria sob medida ou a necessidade de demolições e adaptações estruturais onerosas.

Figura 19 – Viga em conflito com painel de esquadrias



Fonte: Autor (2025)

Identificou-se, ainda, uma interferência entre o pilar P20 e a porta de entrada, conforme evidenciado na figura 20. Tal interferência compromete a execução das bonecas (ressaltos de alvenaria) necessários para a fixação do marco, gerando um conflito físico direto entre a estrutura e as guarnições (alizares) da esquadria.

A análise demonstrou que não havia tolerância executiva suficiente no local. Dessa forma, qualquer desvio mínimo durante a concretagem ou alvenaria tornaria inviável a instalação da porta conforme projetado, exigindo improvisações ou alterações de layout de última hora.

Figura 20 – Pilar colidindo com porta de entrada



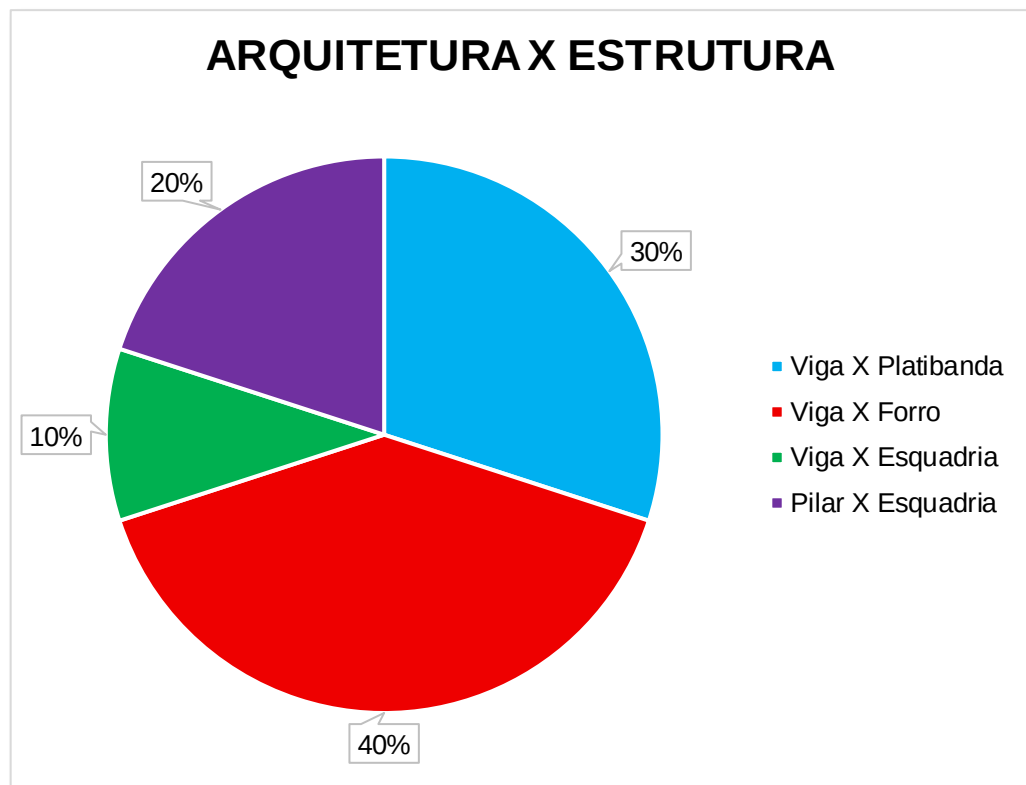
Fonte: Autor (2025)

Dessa forma, a análise quantitativa da compatibilização entre Arquitetura e Estrutura evidenciou uma predominância de conflitos entre vigas e forros, que corresponderam a 40% das interferências detectadas.

A principal causa atribuída a esta alta incidência foi a concepção arquitetônica baseada em grandes vãos livres. Tal característica demandou o dimensionamento de elementos estruturais mais robustos (vigas com maior altura), o que, consequentemente, reduziu o espaço disponível para o entreferro.

Na sequência, destacaram-se as incompatibilidades entre vigas e platibandas, representando 30% do total. Por fim, as interferências envolvendo pilares com esquadrias e vigas com esquadrias registraram 20% e 10% das ocorrências, respectivamente, conforme sintetizado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Arquitetura x Estrutura (percentual)



Fonte: Autor (2025)

4.2 INCOMPATIBILIDADES ENCONTRADAS ENTRE O PROJETO DE ARQUITETURA E O PROJETO DE INSTALAÇÕES

Visando a identificação de interferências entre as disciplinas de Arquitetura e Instalações, optou-se por ocultar o modelo estrutural, uma vez que a sobreposição de todas as disciplinas gerava uma densidade excessiva de componentes, dificultando a clareza da análise.

De maneira análoga à etapa anterior, aplicou-se uma transparência de 70% aos elementos arquitetônicos, conforme demonstrado na figura 21. Estes ajustes de visualização tiveram o intuito de aprimorar a percepção espacial, facilitando a detecção visual dos conflitos entre as vedações e as redes de instalações prediais.

Figura 21 – Representação do modelo federado Arquitetura x Instalações com ajustes visuais

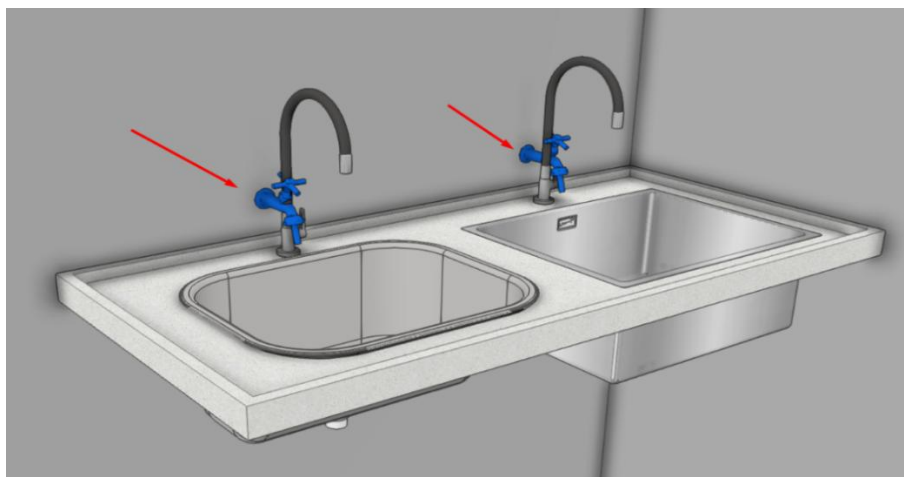


Fonte: Autor (2025)

Ressalta-se, ainda, um critério importante adotado na triagem: como o sistema construtivo prevê o embutimento das instalações nas vedações, as intersecções geradas entre as tubulações e as paredes de alvenaria foram desconsideradas na contagem final de incompatibilidades. Embora o software acuse o conflito geométrico, tal situação constitui uma prática executiva padrão, não caracterizando erro de projeto.

Durante a análise visual, identificou-se uma divergência de especificação na Área de Serviço (Lavanderia). O modelo arquitetônico apresentava os tanques com metais sanitários (torneiras) de bancada, solução pouco usual para esta tipologia de peça. Em contrapartida, o projeto hidráulico posicionava os pontos de alimentação na parede, conforme mostrado na figura 22.

Figura 22 – Incompatibilidade entre o tipo de torneira no ponto de consumo (bancada ou parede)

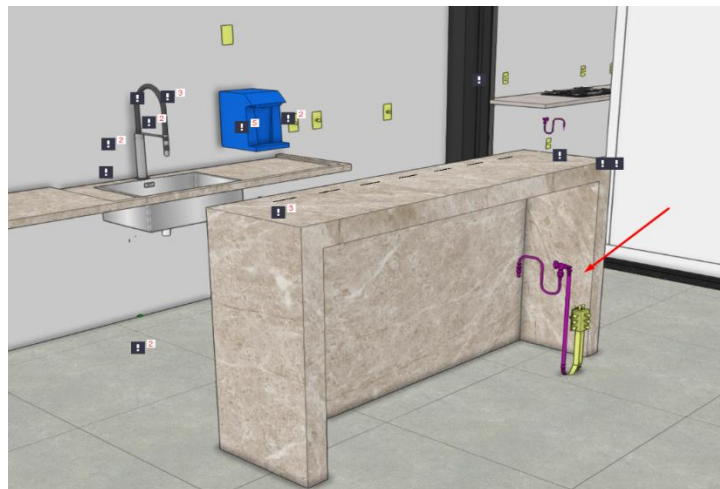


Fonte: Autor (2025)

A detecção prévia deste conflito foi fundamental, pois esta discrepância resultaria em graves transtornos executivos. Caso não solucionada em projeto, a situação exigiria a quebra do revestimento e da alvenaria para o reposicionamento do ponto hidráulico ou a troca forçada dos metais adquiridos.

A verificação geométrica do modelo federado evidenciou inconsistências posicionais nas ilhas de serviço. Observou-se que os pontos de consumo de gás e elétrica na cozinha, bem como a espera para a torre de tomadas na varanda gourmet, encontravam-se deslocados em relação à alvenaria projetada e apresentavam cotas de nível divergentes do detalhamento de bancado como mostrado nas figuras 23 e 24.

Figura 23 – Ponto de gás e tomada fora da parede da ilha da cozinha



Fonte: Autor (2025)

Figura 24 – Ponto de torre de tomadas para bancada fora da parede da ilha da varanda gourmet e com erro na altura.

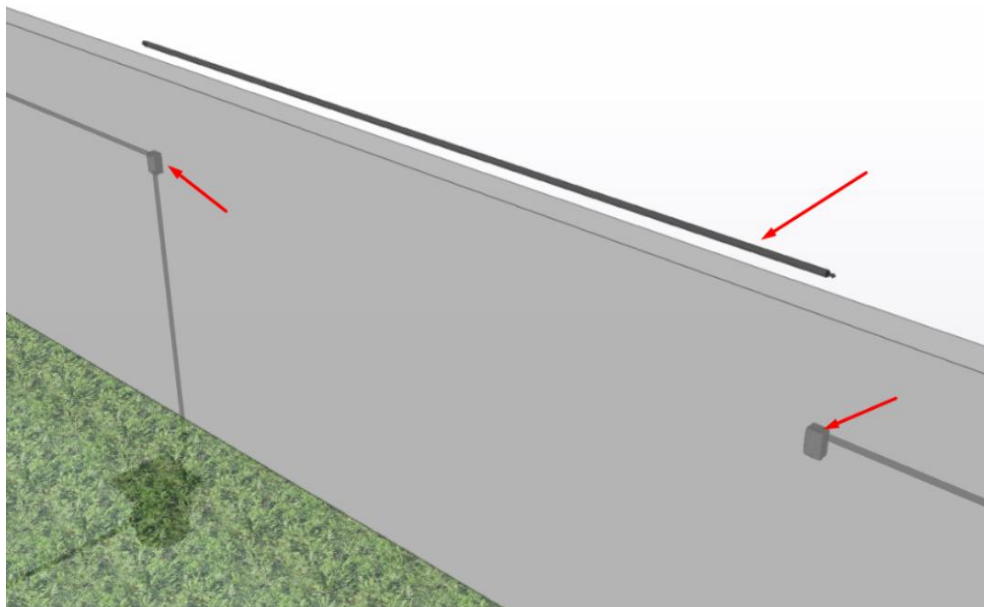


Fonte: Autor (2025)

A solução técnica adotada consistiu no ajuste das coordenadas (X, Y, Z) destas instalações no ambiente BIM, sincronizando-as com os projetos arquitetônico e de interiores. Esta compatibilização prévia assegurou a locação exata das tubulações antes da execução do contrapiso, eliminando a necessidade de demolições futuras ou adaptações que poderiam comprometer a estética e a funcionalidade das bancadas.

Adicionalmente, conforme ilustrado na figura 25, identificaram-se inconsistências de posicionamento decorrentes de falhas na modelagem da disciplina elétrica. Observou-se a exposição indevida de eletrodutos que, devido a um erro na definição de parâmetros de inserção ou offset no software de autoria, ficaram situados fora do elemento hospedeiro. Esta ocorrência demonstra que nem todas as patologias de projeto são detectadas pelos algoritmos automáticos de colisão, evidenciando a necessidade indispensável da inspeção visual e da navegação virtual no modelo federado para validar a construtibilidade e a estética das instalações antes da etapa executiva.

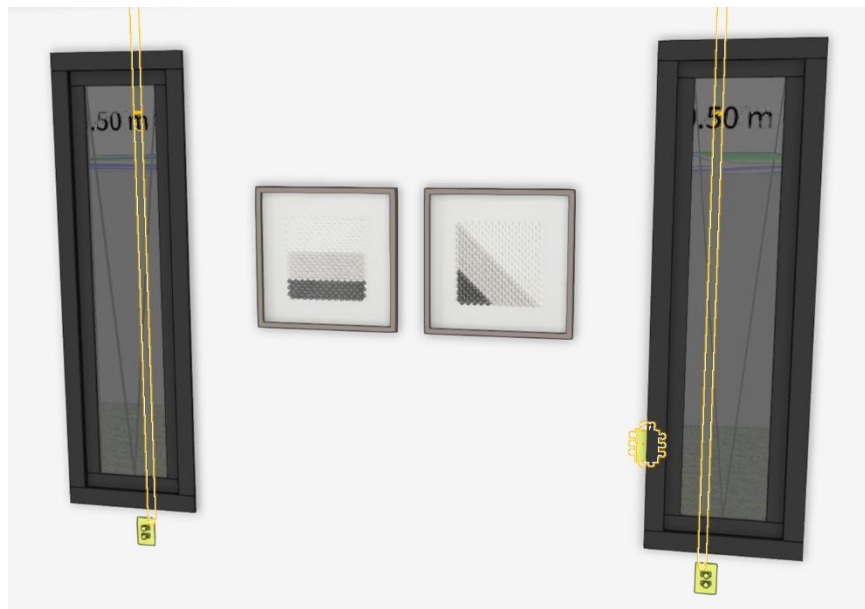
Figura 25 – Instalação elétrica exposta devido à erro de modelagem do projeto elétrico



Fonte: Autor (2025)

Além disso, conforme mostrado na figura 25, a verificação de interferências evidenciou a sobreposição física entre a prumada elétrica (incluindo a caixa de passagem 4x2") e o vão da esquadria projetada.

Figura 26 – Descida de eletrodutos e caixa 4x2” colidindo com esquadria



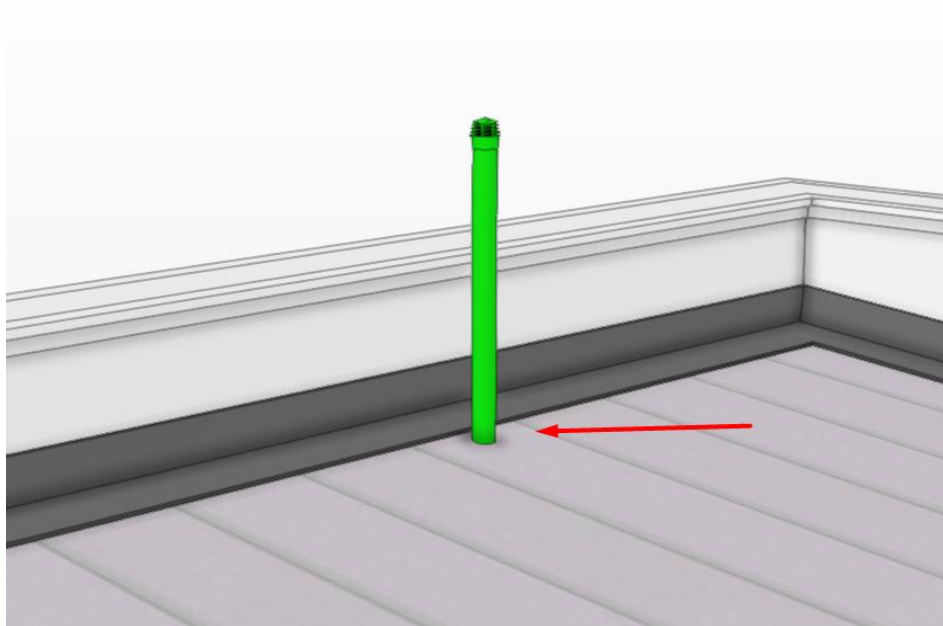
Fonte: Autor (2025)

A solução técnica adotada consistiu no deslocamento horizontal do ponto elétrico no modelo virtual, realocando-o para a alvenaria adjacente e respeitando as distâncias normativas em relação à guarnição da esquadria. No que tange ao eletroduto, por se tratar de um conduto flexível (corrugado), a correção foi simplificada, permitindo o ajuste do traçado lateralmente sem a necessidade de conexões adicionais.

Outra situação relevante, apresentada na Figura 27, refere-se aos furos na cobertura para a passagem de prumadas de ventilação sanitária. Diferentemente das interferências físicas ou erros de modelagem anteriormente citados, esta ocorrência caracteriza-se como um conflito de impacto estético. Embora a passagem da tubulação seja tecnicamente necessária, sua visualização no modelo 3D levantou questionamentos sobre a interferência na volumetria e na composição da fachada da residência.

A identificação prévia deste cenário possibilita uma análise qualitativa junto ao profissional de arquitetura, permitindo avaliar se a solução adotada preservava a linguagem visual do projeto ou se demandaria o deslocamento das prumadas, reforçando o papel do BIM como ferramenta de apoio à decisão projetual e não apenas de correção de erros.

Figura 27 – Furo na cobertura para passagem de prumada de ventilação sanitária



Fonte: Autor (2025)

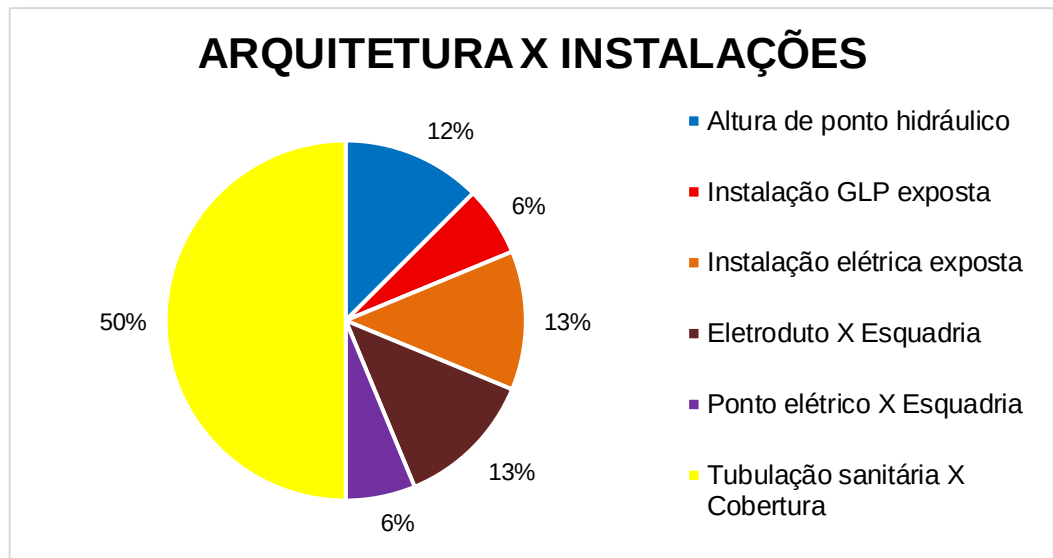
Em síntese, a verificação das incompatibilidades entre as disciplinas de Arquitetura e Instalações consolidou um total de 16 conflitos validados após a triagem.

Ao categorizar as ocorrências, observou-se uma predominância absoluta de interferências envolvendo as prumadas de ventilação e a cobertura, que representaram 50% do total das detecções. Em segunda ordem de grandeza, apareceram as divergências relacionadas às instalações elétricas e hidrossanitárias. A distribuição percentual detalhada das patologias de projeto encontradas foi a seguinte:

- 50,00%: Tubulação Sanitária em conflito com a Cobertura;
- 12,50%: Eletrodutos em conflito físico com Esquadrias;
- 12,50%: Tubulações Elétricas expostas;
- 12,50%: Divergência de cota (altura) em Pontos Hidráulicos;
- 6,25%: Pontos Elétricos (caixas) em conflito com Esquadrias;
- 6,25%: Instalação de GLP exposta.

Estes dados estão representados graficamente no gráfico 2.

Gráfico 2 – Arquitetura x Estrutura (percentual)



Fonte: Autor (2025)

Nesta perspectiva, a alta incidência (50%) de conflitos entre o sistema sanitário e a cobertura evidenciou a complexidade da compatibilização vertical das prumadas de ventilação, que frequentemente conflitaram com a estrutura do telhado.

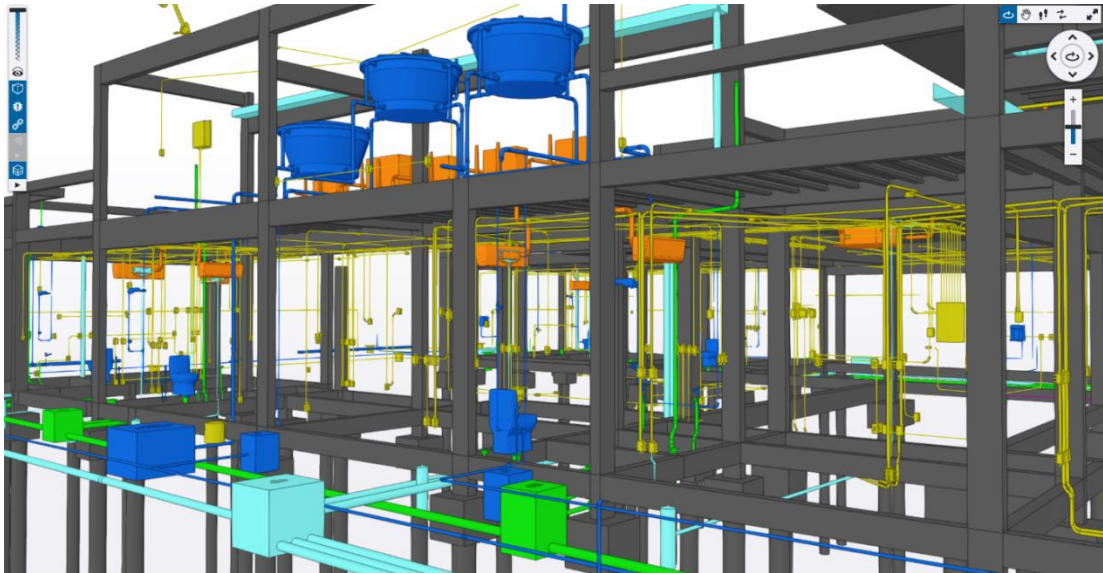
Além disso, nota-se uma parcela significativa de interferências classificadas como "instalações expostas" (somando-se elétrica e GLP, totalizando 18,75%). A análise indicou que estes conflitos decorreram, majoritariamente, de falhas de modelagem e lacunas no fluxo de informações entre as disciplinas.

Por fim, os conflitos envolvendo esquadrias demonstraram falhas na locação horizontal dos pontos, reafirmando a necessidade de sobrepor as plantas de arquitetura com as de elétrica antes do início da execução.

4.3 INCOMPATIBILIDADES ENCONTRADAS ENTRE O PROJETO ESTRUTURAL E O PROJETO DE INSTALAÇÕES

Para a identificação de interferências entre as disciplinas de Estrutura e Instalações, optou-se por ocultar o modelo arquitetônico. Tal procedimento foi necessário dada a alta densidade de componentes, que dificultava a clareza da visualização e a análise dos conflitos, conforme demonstrado na figura 28.

Figura 28 – Representação do modelo federado Instalações x Estrutura com ajustes visuais

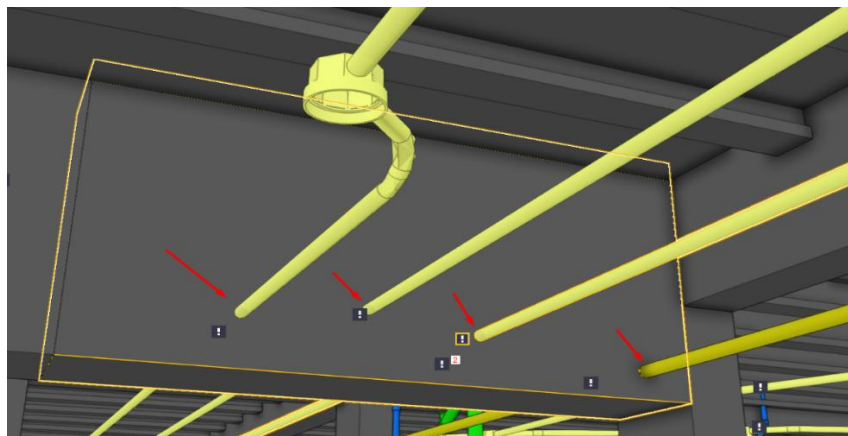


Fonte: Autor (2025)

A análise de *clash detection* identificou a colisão de eletrodutos com viga estrutural V26, conforme demonstrado na Figura 29. Trata-se de uma situação que, se negligenciada, demandaria improvisações no canteiro de obras.

Para a resolução desta incompatibilidade, elencam-se como possibilidades técnicas: primariamente, a avaliação de um desvio no traçado da tubulação elétrica; alternativamente, caso a travessia fosse indispensável, seria possível prever a execução de furos em zonas de baixa solicitação de cisalhamento, desde que validados pelo cálculo estrutural conforme a NBR 6118. Tais medidas visariam garantir a integridade da peça, exemplificando como o BIM antecipa decisões de projeto.

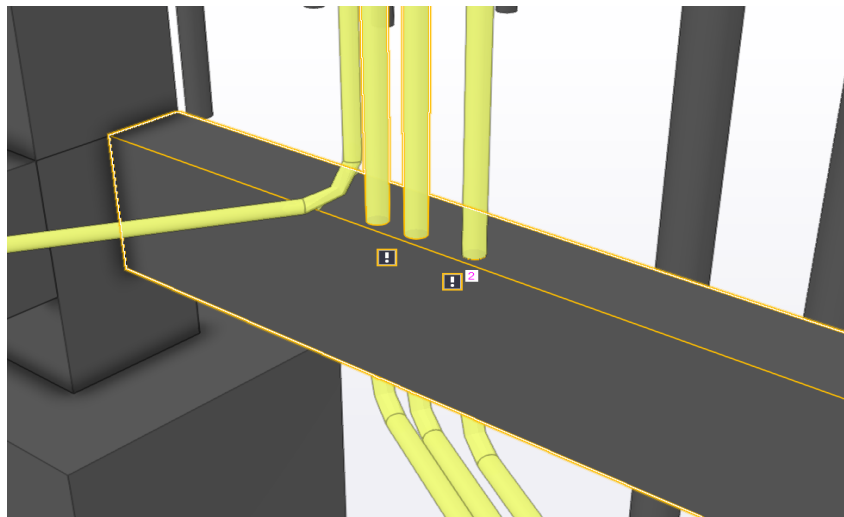
Figura 29 – Eletroduto atravessando vigas do térreo



Fonte: Autor (2025)

Adicionalmente, na figura 30, observou-se uma alta densidade de eletrodutos atravessando verticalmente a viga baldrame. Diante do risco de comprometimento da seção resistente da fundação, uma alternativa viável seria o encaminhamento destas tubulações através da camada de contrapiso, evitando assim a interferência direta com o elemento estrutural.

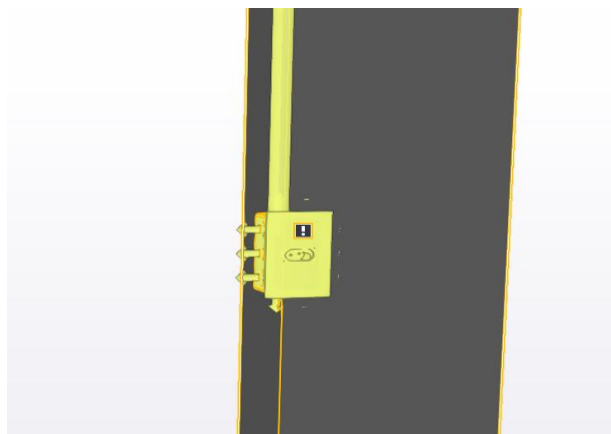
Figura 30 – Eletroduto atravessando vigas baldrame na vertical



Fonte: Autor (2025)

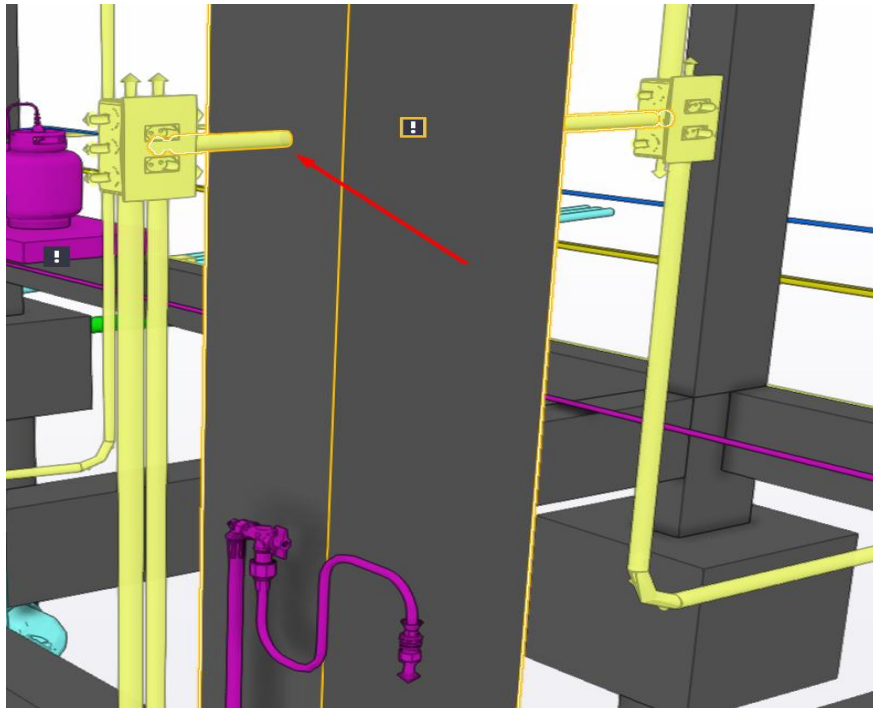
Por conseguinte, na figura 31, nota-se uma interferência direta entre o conjunto elétrico (caixa 4x2" e eletroduto) e o pilar estrutural P34. Para a resolução deste conflito, seria suficiente realizar um ajuste de locação horizontal do ponto, deslocando-o para a alvenaria de vedação adjacente.

Figura 31 – Eletroduto e caixa 4x2" colidindo com pilar estrutural



Fonte: Autor (2025)

Figura 32 – Eletroduto atravessando pilar estrutural



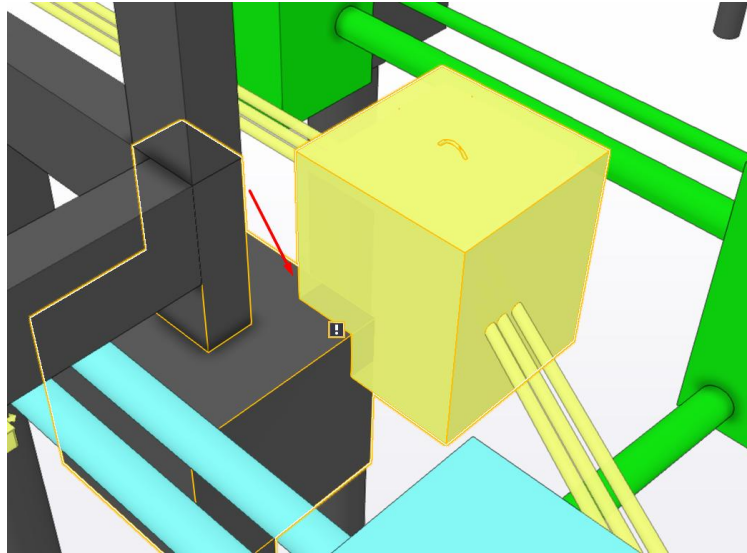
Fonte: Autor (2025)

Nesse mesmo contexto, conforme visualizado na figura 32, observou-se um eletroduto de interligação entre duas caixas seccionando transversalmente o pilar P47. Visando preservar a integridade do elemento estrutural, a solução técnica recomendada seria a alteração do traçado, encaminhando o eletroduto através da camada de contrapiso.

Outra inconsistência verificada foi a colisão física entre uma caixa de passagem de alvenaria e um bloco estrutural, conforme demonstrado na figura 33.

Tendo em vista a flexibilidade de locação dos elementos de infraestrutura, a resolução deste conflito apresenta-se como uma medida de baixa complexidade. Tecnicamente, seria viável o reposicionamento horizontal da caixa de inspeção para uma área adjacente, livrando-a da interferência com a fundação sem comprometer a funcionalidade do sistema.

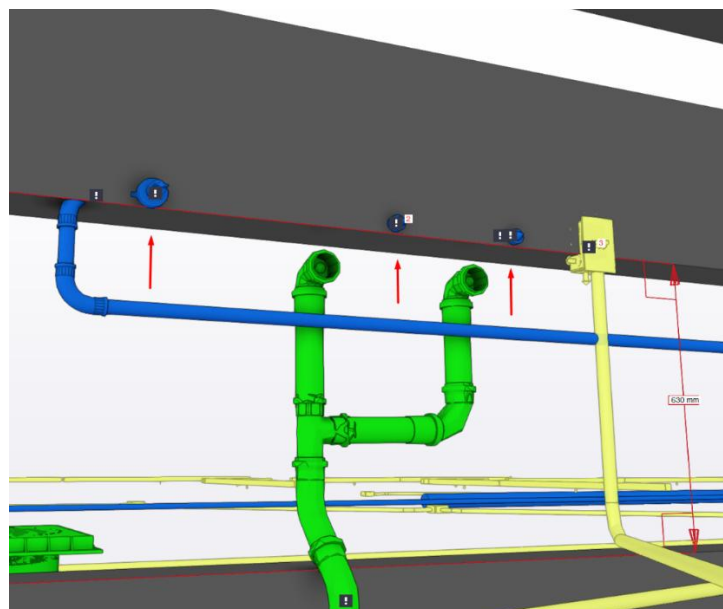
Figura 33 – Caixa de passagem de alvenaria colidindo com bloco estrutural



Fonte: Autor (2025)

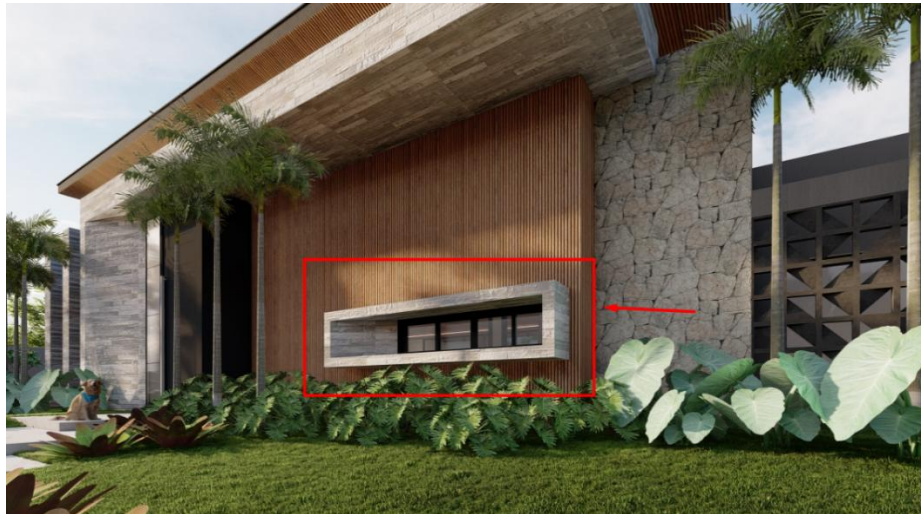
Identificou-se, ainda, a colisão simultânea de pontos hidráulicos e elétricos com uma viga situada na cozinha, conforme ilustrado na figura 34. Ressalta-se que esta interferência decorre de uma particularidade arquitetônica: o referido elemento estrutural foi posicionado e dimensionado com o propósito específico de compor a volumetria da fachada (figura 34), apresentando uma altura não convencional para o ambiente interno.

Figura 34 – Pontos de hidráulica e elétrica colidindo com viga da cozinha



Fonte: Autor (2025)

Figura 35 – Elemento para composição da fachada

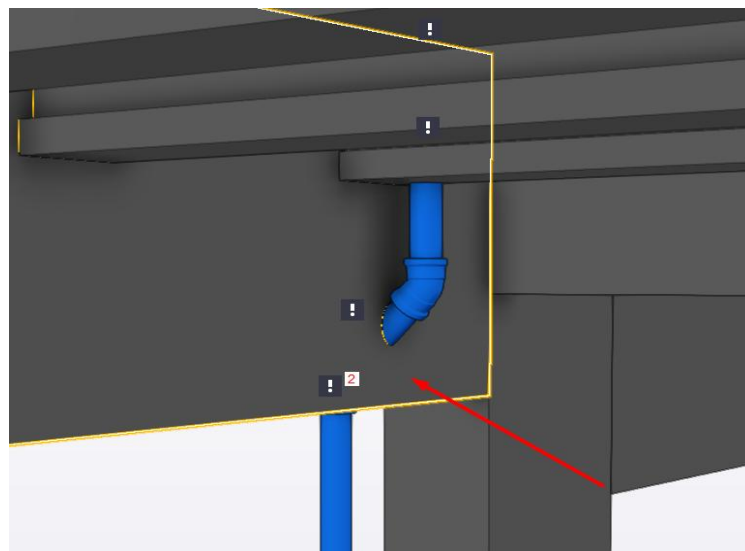


Fonte: Autor (2025)

Diante da rigidez da definição arquitetônica externa, a solução técnica mais adequada não envolveria alterações na estrutura. Recomenda-se, portanto, a revisão da cota vertical (altura) dos pontos de instalação, rebaixando-os para uma posição inferior a base da viga. Tal ajuste preservaria tanto a estética da fachada quanto a funcionalidade dos pontos de utilização.

Em continuidade, detectou-se uma colisão crítica envolvendo um desvio da tubulação hidráulica e uma viga estrutural, conforme ilustrado na figura 36.

Figura 36 – Desvio de hidráulico colidindo com viga estrutural



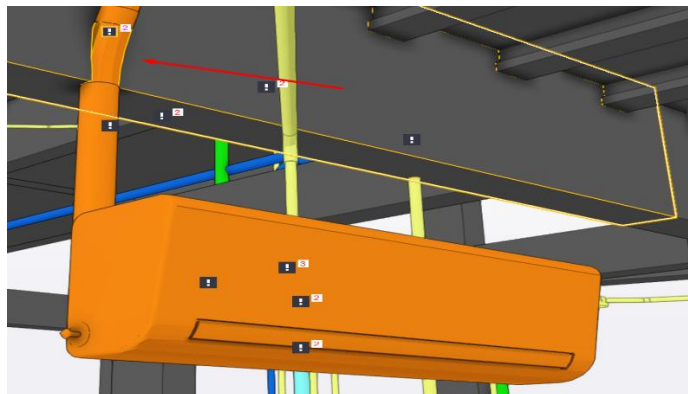
Fonte: Autor (2025)

A análise do histórico de modelagem revelou a origem desta interferência: originalmente, o projetista hidráulico concebeu o desvio para transitar livremente no espaço do entreferro (vão entre a laje e o forro). Contudo, decorrente de revisões no cálculo e ajustes de dimensionamento, o elemento estrutural sofreu um aumento em sua altura (seção transversal).

Esta alteração reduziu a cota livre disponível, ocasionando a intersecção física detectada. Este caso exemplifica a necessidade de um fluxo contínuo de atualização do modelo federado, pois alterações em uma disciplina impactam diretamente a viabilidade espacial das demais.

Situação análoga foi observada na figura 37, na qual a tubulação frigorígena colide com outra viga estrutural. Embora ocorra em elemento distinto, aplica-se a mesma lógica de diagnóstico e correção. Este cenário exemplifica a necessidade de um fluxo contínuo de atualização do modelo federado, pois alterações em uma disciplina impactam diretamente a viabilidade espacial das demais.

Figura 37 – Desvio de tubulação frigorígena colidindo com viga estrutural



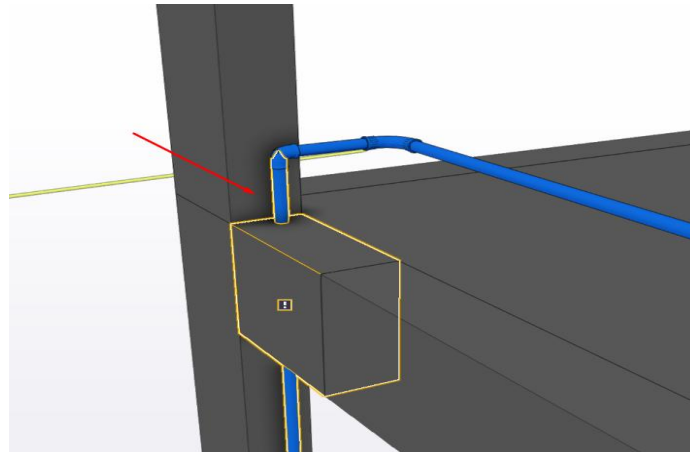
Fonte: Autor (2025)

Nas situações em que a altura livre do entreferro se apresenta insuficiente para a execução de desvios horizontais, a eventual necessidade de perfurações nos elementos estruturais requer uma análise rigorosa. Consta-se que tais passagens devem ser submetidas à validação do projetista estrutural, condicionadas à verificação das zonas de esforço.

Um exemplo crítico foi diagnosticado na figura 38, na qual uma prumada hidráulica transpassa uma viga. A gravidade desta interferência reside na sua localização: o tubo encontra-se na região de apoio (junção viga-pilar), zona

caracterizada pela predominância de momentos fletores negativos e elevada concentração de tensão de cisalhamento. Portanto, a perfuração neste ponto específico mostra-se tecnicamente inviável, indicando a realocação da prumada como a solução mais adequada.

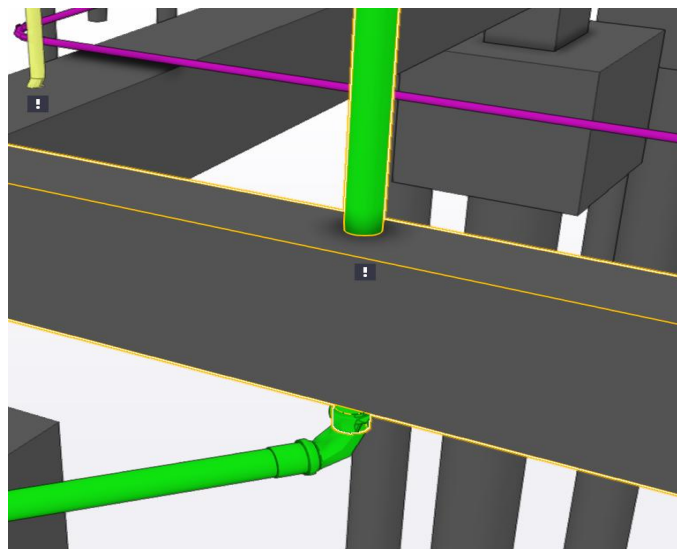
Figura 38 – Prumada hidráulica furando viga estrutural



Autor (2025)

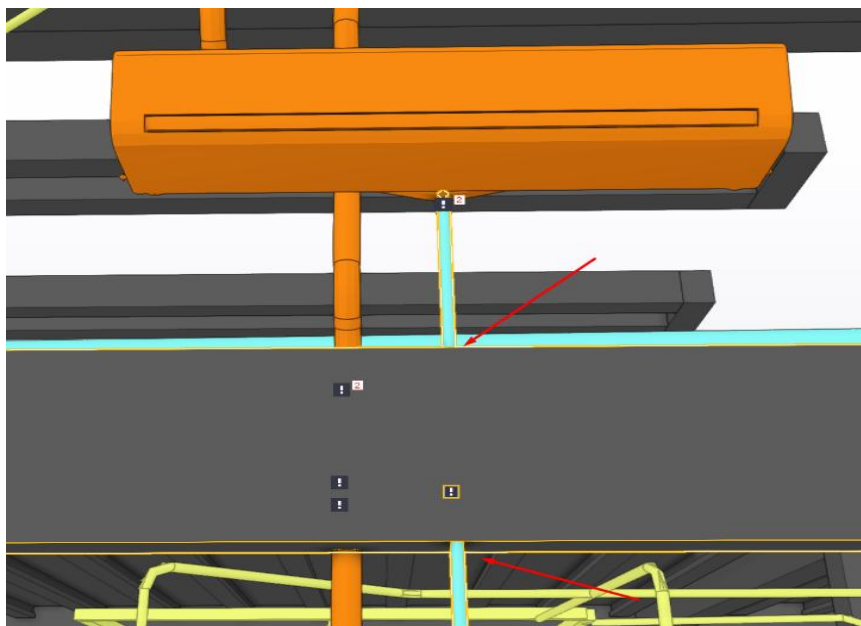
Cenários análogos de conflito são observados nas figuras 39 e 40. Nestes casos, verifica-se, respectivamente, uma prumada de ventilação sanitária seccionando uma viga baldrame e um conjunto de climatização perfurando uma viga aérea, reforçando a necessidade de revisão coordenada das prumadas verticais.

Figura 39 – Prumada de ventilação sanitária furando viga baldrame



Autor (2025)

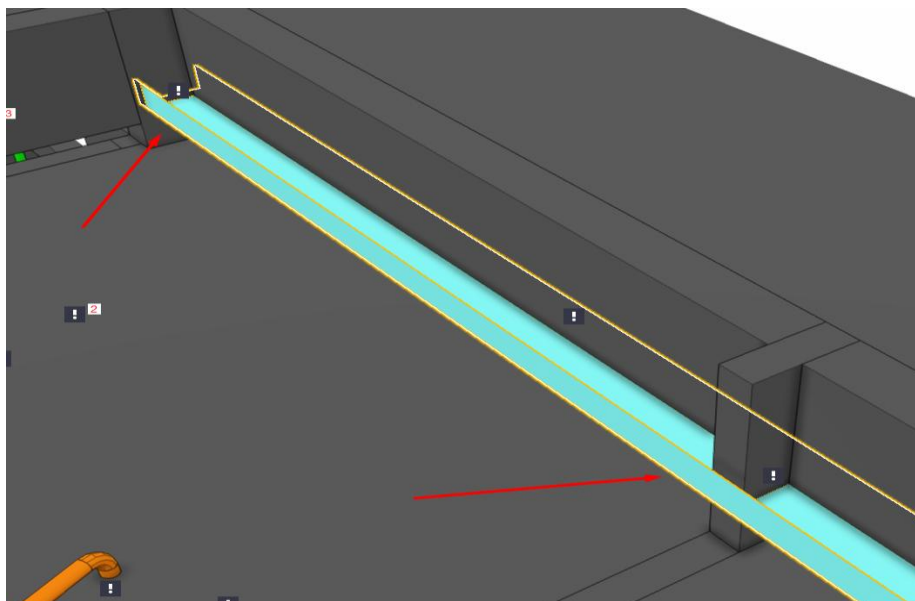
Figura 40 – Prumada de dreno e tubulação frigorígena furando viga estrutural



Autor (2025)

Observou-se, ainda, a intersecção física entre as calhas metálicas da cobertura e os pilares, conforme ilustrado na figura 41.

Figura 41 – Calhas metálicas da cobertura colidindo com pilares



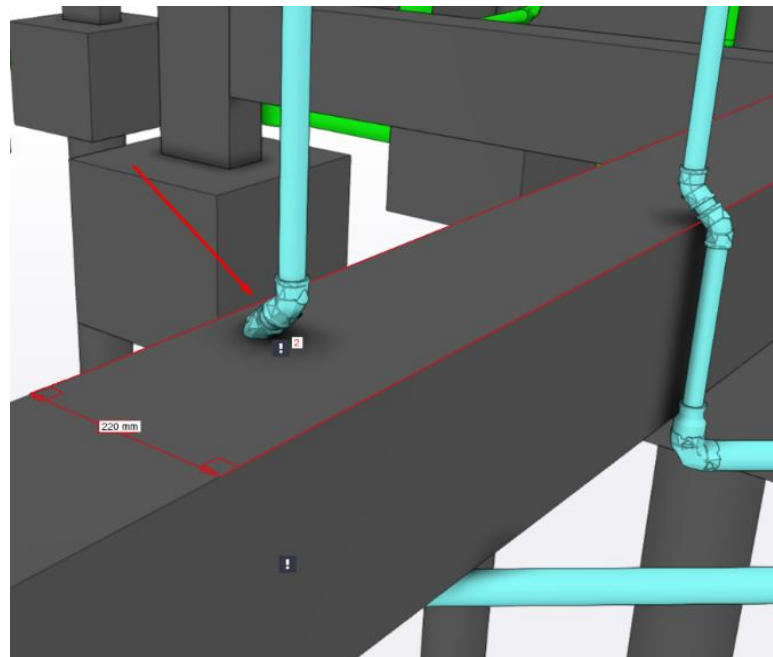
Autor (2025)

Esta incompatibilidade origina-se na concepção do lançamento estrutural, que exigiu o posicionamento dos pilares recuados em relação ao alinhamento da cobertura, resultando na invasão do espaço destinado à drenagem pluvial.

Diante desta configuração geométrica, verifica-se a necessidade de um detalhamento específico dos elementos de captação da cobertura na região do conflito. A solução técnica aponta para a adoção de rufos de arremate para contornar o recorte gerado pelo pilar, assegurando a continuidade do escoamento e a estanqueidade do sistema.

Identificou-se, também a colisão entre as prumadas de dreno de ar-condicionado e as vigas baldrame, conforme a figura 42. A análise da causa raiz aponta para uma divergência dimensional: o desvio das tubulações foi originalmente modelado considerando a largura padrão de 14 cm para as vigas. Contudo, o refinamento do cálculo estrutural exigiu o alargamento da seção transversal destes elementos, gerando a interferência. Para a resolução, indica-se o ajuste da locação horizontal do desvio, compatibilizando-o com a nova geometria da fundação.

Figura 42 – Prumadas de dreno de ar-condicionado colidindo com vigas baldrame

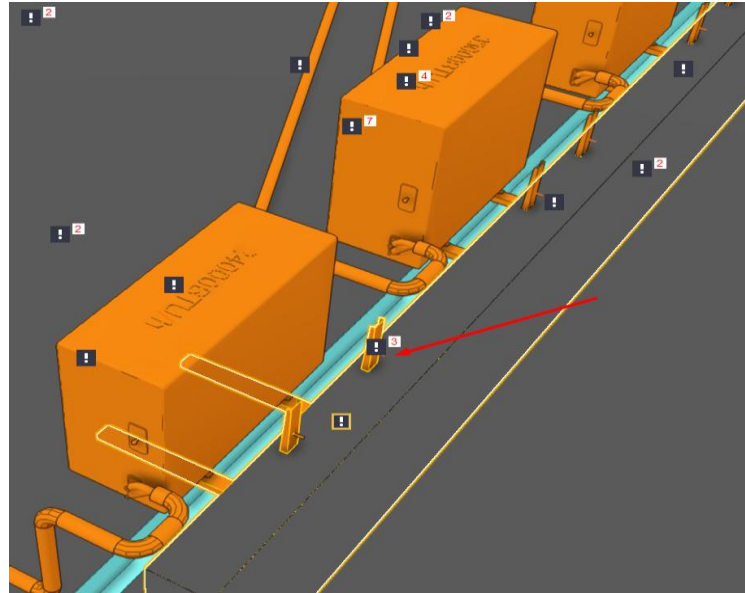


Autor (2025)

Ocorrência similar foi diagnosticada na figura 43, na qual as unidades condensadoras conflitaram fisicamente com as vigas estruturais. A solução técnica

para este caso resume-se à realocação das máquinas, afastando-as do alinhamento da estrutura.

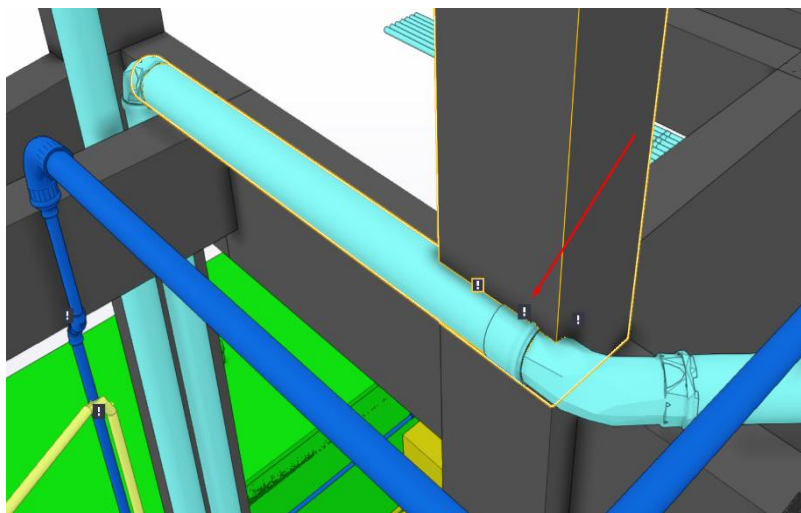
Figura 43 – Condensadoras de ar-condicionado colidindo com viga estrutural



Autor (2025)

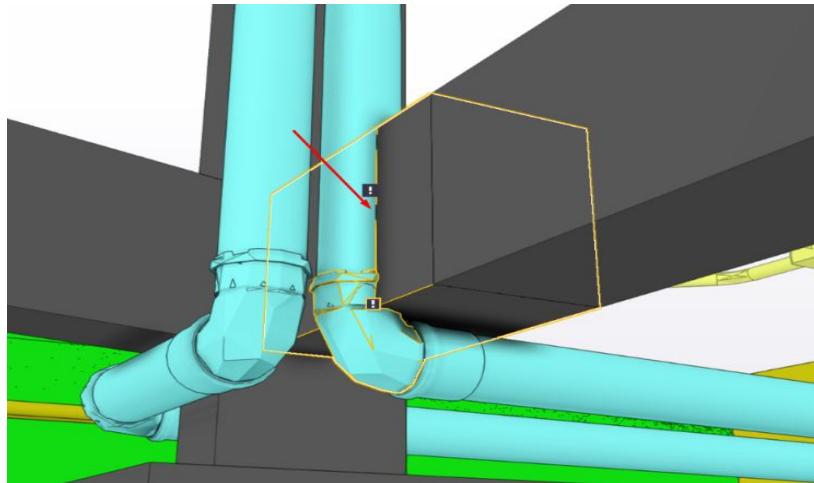
Por fim, outras interferências pontuais foram detectadas nas figuras 44 e 45. Trata-se de conflitos de baixa complexidade, cuja resolução requer apenas ajustes finos no traçado das tubulações (pequenas translações de coordenadas), sem impacto significativo no dimensionamento ou na concepção dos sistemas.

Figura 44 – Tubulações pluviais colidindo com pilar



Autor (2025)

Figura 45 – Prumadas pluviais colidindo com viga baldrame



Autor (2025)

Em síntese, a verificação das incompatibilidades entre as disciplinas de Estrutura e Instalações consolidou um total de 66 conflitos validados após a triagem.

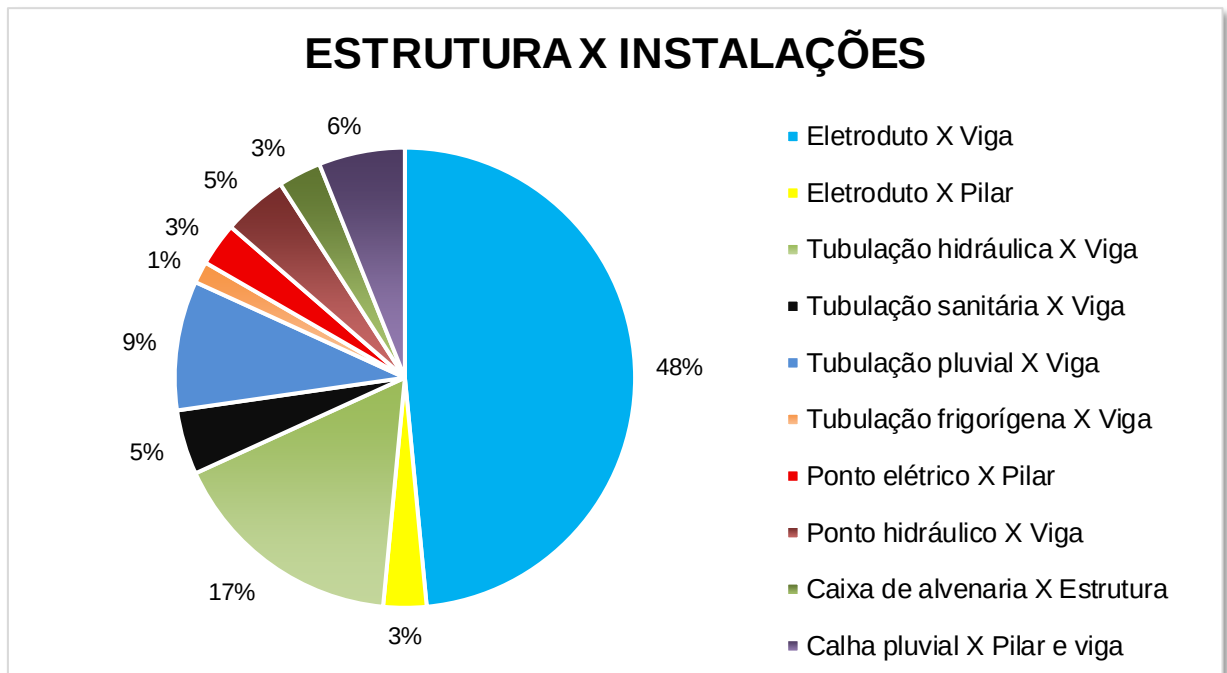
Ao categorizar as ocorrências, observou-se uma predominância absoluta de interferências envolvendo eletrodutos e vigas, que representaram isoladamente 48% do total das detecções. Se somarmos todas as interferências relacionadas à disciplina de elétrica (eletrodutos e pontos em pilares), esse sistema torna-se responsável por mais da metade dos conflitos encontrados.

Em segunda ordem de grandeza, destacam-se as tubulações hidráulicas em conflito com vigas (16,67%), seguidas pelas tubulações pluviais (9,09%). A distribuição percentual detalhada das patologias de projeto encontradas foi a seguinte:

- 48,00%: Eletroduto x Viga;
- 16,67%: Tubulação Hidráulica x Viga;
- 9,09%: Tubulação Pluvial x Viga;
- 6,06%: Calha Pluvial x Pilar e Viga;
- 4,55%: Tubulação Sanitária x Viga;
- 4,55%: Ponto Hidráulico x Estrutura;
- 3,03%: Eletroduto x Pilar;
- 3,03%: Ponto Elétrico x Pilar;
- 3,03%: Caixa de Alvenaria x Estrutura;
- 1,52%: Tubulação Frigorígena x Viga.

Estes dados estão representados graficamente no gráfico 3.

Gráfico 3 – Arquitetura x Estrutura (percentual)



Fonte: Autor (2025)

No que tange à análise qualitativa, é fundamental correlacionar a alta densidade de interferências com a tipologia do objeto de estudo: uma residência de alto padrão. As características inerentes a este tipo de arquitetura, como a demanda por grandes vãos livres, pé-direito elevado e elementos de fachada para composição volumétrica, que impuseram a concepção de um sistema estrutural mais robusto e complexo.

O dimensionamento de vigas com maior inércia (maior altura) para vencer esses vãos resultou, conseqüentemente, na redução da cota livre do entreferro. Essa supressão dos espaços técnicos dificultou a passagem das infraestruturas prediais, aumentando drasticamente a probabilidade de conflitos geométricos, uma vez que as instalações passaram a disputar um espaço físico restrito com os elementos de concreto armado.

Além desse fator macro, a elevada incidência de conflitos entre eletrodutos e vigas (48%) também pode ser atribuída à flexibilidade de traçado característica das instalações elétricas. Muitas vezes, estas são modeladas cruzando elementos estruturais sob a premissa de que serão desviadas *in loco* ou embutidas no contrapiso. O BIM, no entanto, evidencia esses cruzamentos como erros geométricos, exigindo a definição prévia de furos ou desvios para evitar improvisações na obra.

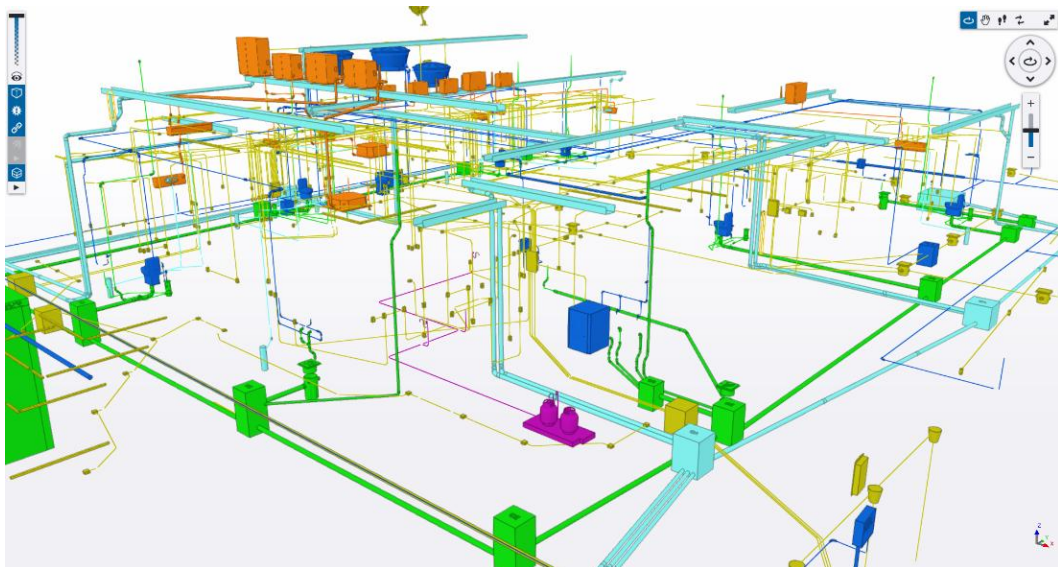
Já as interferências envolvendo sistemas hidráulicos, sanitários e pluviais apresentam maior complexidade de resolução. Diferentemente da elétrica, estas tubulações rígidas dependem de gravidade (caimento) e possuem pouca flexibilidade. A análise indicou que, somado à robustez da estrutura citada anteriormente, as alterações de dimensionamento das vigas durante o processo projetual agravaram a escassez de espaço para estes sistemas rígidos.

4.4 INCOMPATIBILIDADES ENCONTRADAS ENTRE OS PROJETOS DE INSTALAÇÕES

Visando a compatibilização interna entre as instalações residenciais, procedeu-se à análise integrada dos modelos de Elétrica, Hidráulica, Sanitária, Pluvial, GLP e redes frigorígenas.

Nesta etapa, optou-se por ocultar as disciplinas de Arquitetura e Estrutura, isolando apenas as redes de infraestrutura. Tal estratégia de visualização foi adotada para reduzir a densidade de informações e permitir a identificação precisa de cruzamentos entre tubulações, dutos e eletrodutos, conforme ilustrado na figura 46.

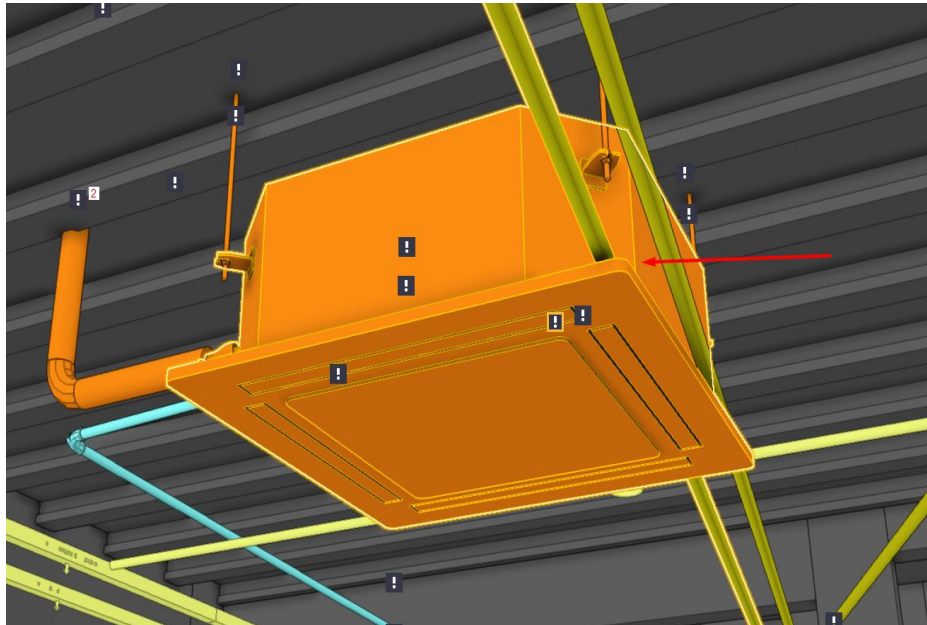
Figura 46 – Representação do modelo federado Instalações x Instalações com ajustes visuais



Fonte: Autor (2025)

Identificou-se a intersecção física entre eletrodutos e a unidade evaporadora de ar-condicionado (modelo Cassete), conforme demonstrado na figura 47.

Figura 47 – Eletrodutos atravessando evaporadora cassete



Fonte: Autor (2025)

Tal ocorrência deve-se, primordialmente, ao volume significativo que este equipamento ocupa no entreforro. Frequentemente, a definição tardia sobre o sistema de climatização (optando-se pelo modelo Cassete em detrimento do Split convencional Hi-Wall) gera conflitos com as redes de infraestrutura que já haviam sido projetadas para transitar livremente naquele espaço.

Desta forma, evidencia-se que a elaboração de um *briefing* de projeto com diretrizes bem estabelecidas desde a fase inicial mitigaria esse tipo de incompatibilidade. Para a resolução do conflito atual, a solução técnica viável consiste no desvio do traçado da infraestrutura elétrica, contornando a área de projeção do equipamento.

Na figura 48, verificou-se a colisão entre as unidades condensadoras e a calha pluvial no barrilete.

Figura 48 – Condensadoras colidindo com calha pluvial no barrilete

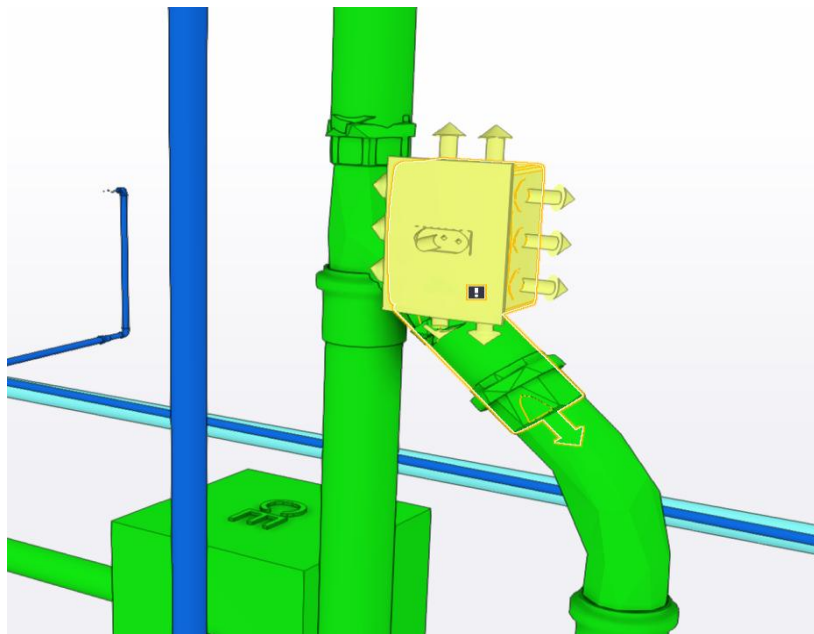


Fonte: Autor (2025)

A análise espacial indicou que os equipamentos estavam posicionados no mesmo nível da drenagem. Para a resolução deste conflito, a solução técnica recomendada seria a elevação da cota vertical de instalação das condensadoras. Tal ajuste permitiria o livramento da calha, garantindo a integridade do sistema de escoamento sem comprometer a fixação das máquinas

Observou-se, também, na figura 49, a intersecção física entre uma caixa de passagem elétrica (4x2") e as prumadas de ventilação sanitária.

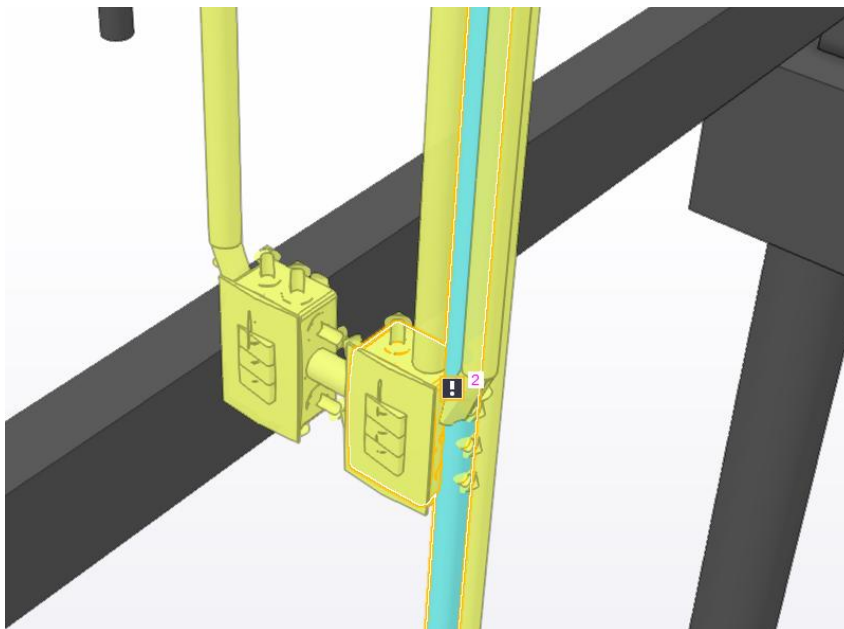
Figura 49 – Caixa 4x2" colidindo com prumadas de ventilação sanitárias



Fonte: Autor (2025)

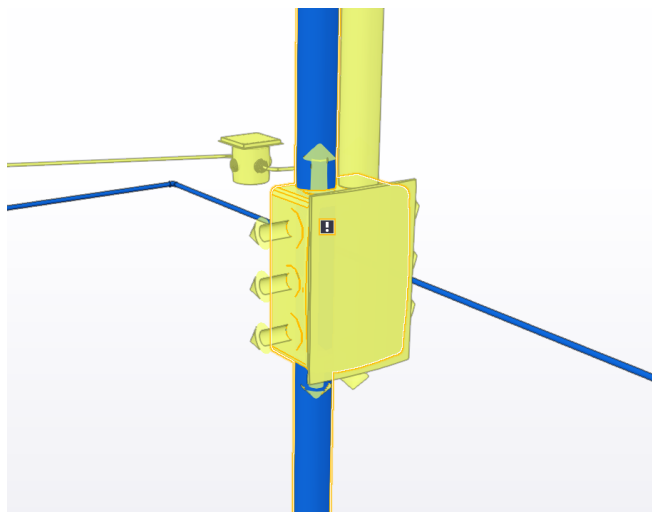
Situações análogas de conflito espacial foram registradas nas figuras 50 e 51, nas quais verificaram-se, respectivamente, caixas elétricas colidindo com uma prumada de dreno de ar-condicionado e com uma prumada hidráulica.

Figura 50 – Caixas 4x2” colidindo com prumada de dreno de ar-condicionado



Fonte: Autor (2025)

Figura 51 – Caixa 4x2” colidindo com prumada hidráulica

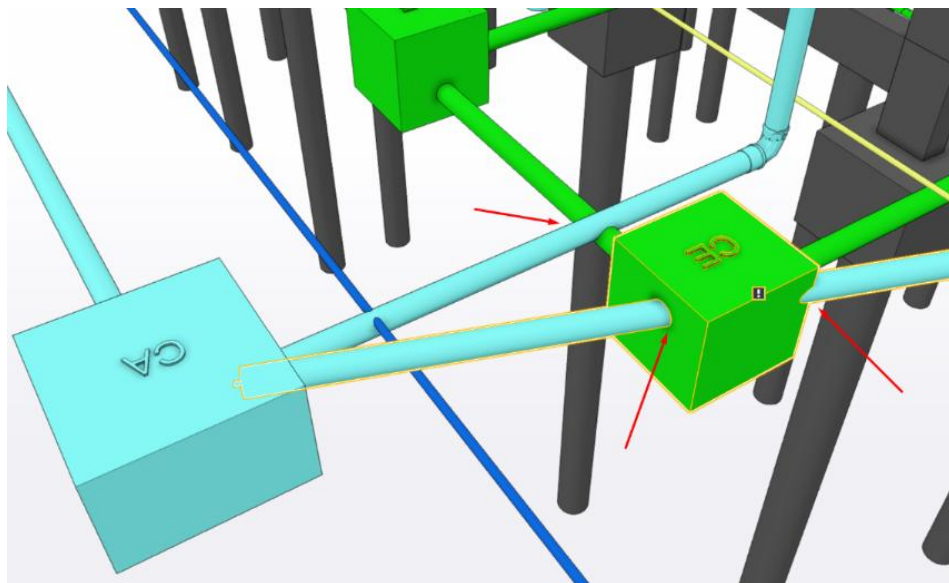


Fonte: Autor (2025)

Para a resolução destes casos, a estratégia de compatibilização apresenta flexibilidade. Tecnicamente, seria viável a realocação horizontal tanto do ponto elétrico quanto da tubulação vertical adjacente. A escolha da solução ideal dependeria apenas da validação do layout arquitetônico, optando-se pelo ajuste que apresente menor interferência na funcionalidade dos ambientes.

No âmbito da infraestrutura externa, identificou-se na figura 52 a colisão entre a tubulação pluvial e uma caixa de passagem sanitária. Para a resolução deste conflito, seria viável a execução de um desvio na rede tubulada, utilizando conexões (curvas) para contornar o elemento de inspeção sem comprometer o fluxo gravitacional.

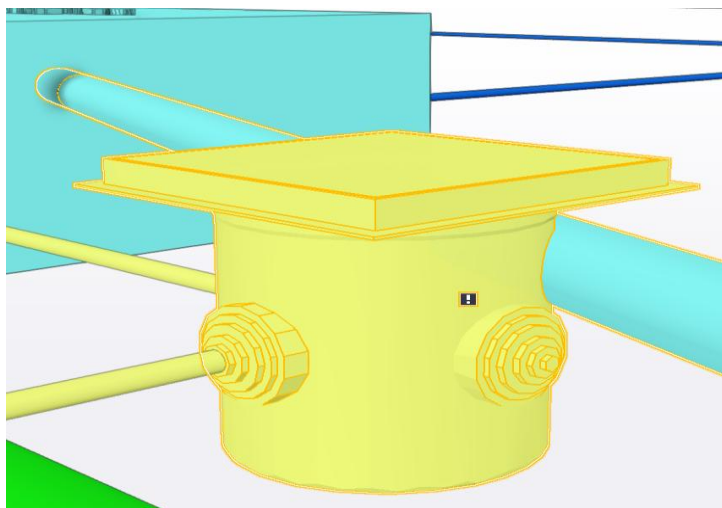
Figura 52 – Tubulação pluvial colidindo com caixa de passagem sanitária



Fonte: Autor (2025)

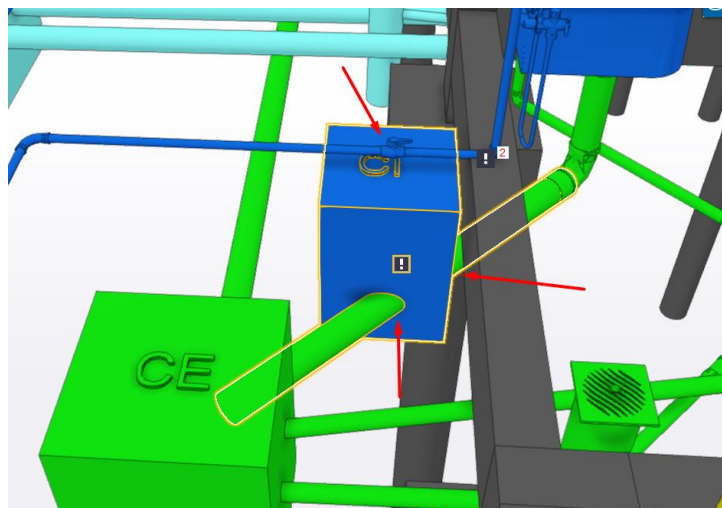
Interferências de natureza análoga foram registradas nas figuras 53 e 54, envolvendo, respectivamente, o choque entre caixas de passagem elétrica com tubulações pluviais, e o cruzamento de rede sanitária com caixa hidráulica. Em ambos os casos, a solução técnica recomenda o rearranjo espacial das tubulações flexíveis ou a realocação das caixas.

Figura 53 – Caixa de passagem elétrica colidindo com tubulações pluviais



Fonte: Autor (2025)

Figura 54 – Erro de modelagem na altura na tubulação hidráulica e tubulação sanitária colidindo em caixa de passagem hidráulica

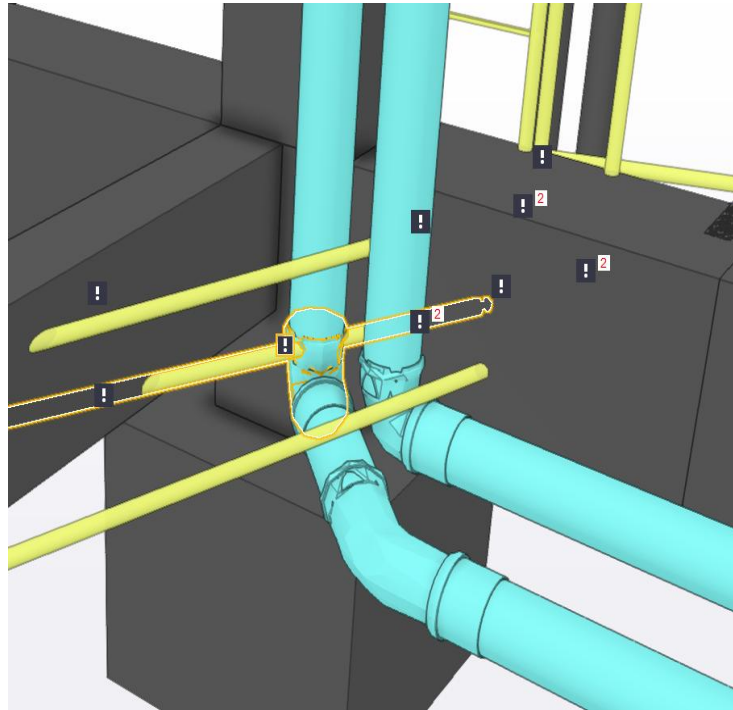


Fonte: Autor (2025)

Ainda em relação à Figura 54, a inspeção visual detectou uma inconsistência de modelagem referente à cota altimétrica da rede hidráulica. Observou-se que o registro de manobra se encontra posicionado externamente à caixa de proteção, implicando na necessidade de ajuste da altura da tubulação para garantir que o dispositivo de comando fique corretamente alojado no interior da caixa."

Identificou-se, ainda, uma interferência múltipla na figura 55, envolvendo a colisão simultânea de eletrodutos com vigas baldrame e tubulações pluviais.

Figura 55 – Eletrodutos colidindo com vigas e tubulações pluviais



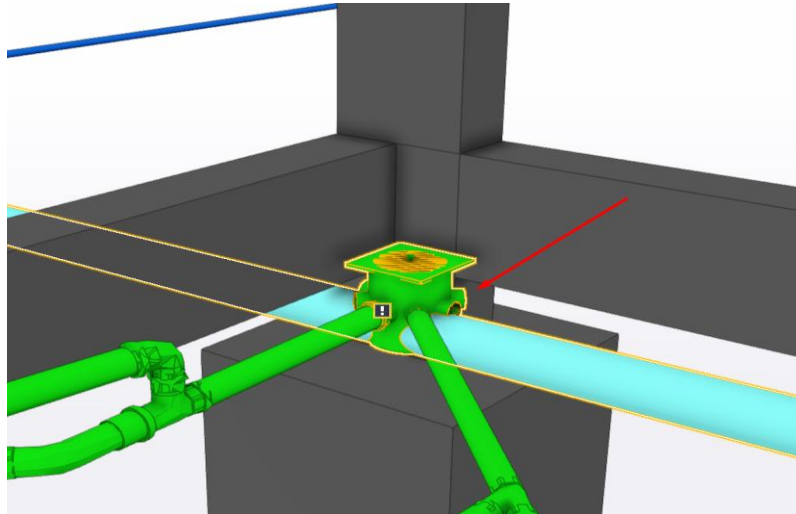
Fonte: Autor (2025)

Para a resolução do conflito com a estrutura, uma alternativa tecnicamente viável seria o encaminhamento da infraestrutura elétrica através da camada de contrapiso. Esta estratégia permitiria a passagem dos eletrodutos sobre a face superior das vigas de fundação, preservando a integridade das peças sem a necessidade de perfurações.

Simultaneamente, no que tange à colisão com as redes hidráulicas, recomenda-se a execução de desvios no traçado elétrico, contornando o perímetro externo do shaft. Tal ajuste evitaria a intersecção com as prumadas pluviais verticais que descem pelo duto, garantindo o isolamento físico entre os sistemas.

Outra interferência diagnosticada refere-se ao conflito físico entre a tubulação da rede pluvial e o ralo seco, localizado no banheiro da suíte, como mostrado na figura 56.

Figura 56 – Tubulação pluvial colidindo com ralo seco da suíte

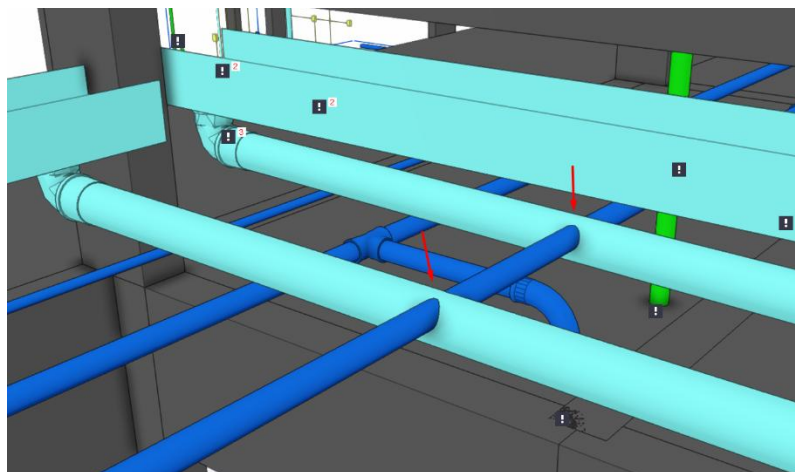


Fonte: Autor (2025)

Visando preservar a disposição funcional do layout arquitetônico e a locação pré-definida das peças sanitárias, não se recomenda fazer a alteração da posição do dispositivo de captação (ralo). Desta forma, a solução técnica mais adequada aponta para a execução de um desvio no traçado da tubulação pluvial. A utilização de conexões apropriadas (curvas) permitiria contornar o ralo, eliminando a interferência sem impactar a estética ou a usabilidade do ambiente.

Por conseguinte, no pavimento técnico (barrilete), a verificação espacial apontou o cruzamento físico entre as tubulações hidráulicas e as redes pluviais, conforme ilustrado na figura 57.

Figura 57 – Tubulações hidráulicas colidindo com tubulações pluviais no barrilete

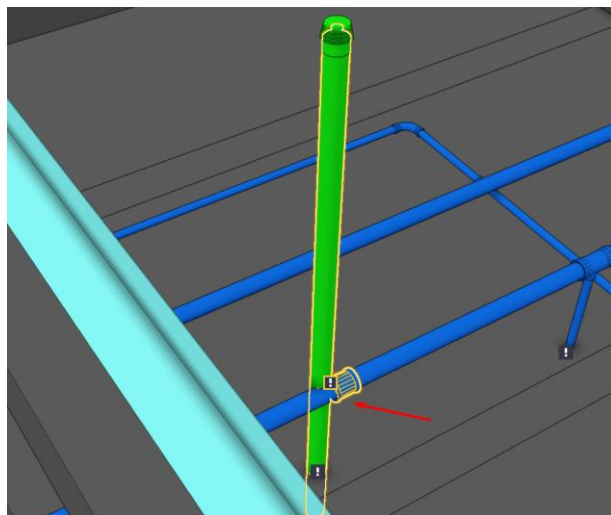


Fonte: Autor (2025)

Para a compatibilização deste cenário, observou-se a disponibilidade de cota vertical (espaço livre) entre as redes e a laje de cobertura. Portanto, a solução técnica mais indicada seria a execução de desvios na tubulação hidráulica, utilizando conexões para realizar a transposição inferior em relação ao sistema pluvial, preservando a gravidade da drenagem.

De modo similar, na figura 58, diagnosticou-se a colisão entre uma coluna de ventilação e as tubulações hidráulicas no mesmo ambiente técnico. Para este caso, aplica-se o mesmo princípio de correção, sugerindo-se a alteração pontual do traçado da ventilação através de conexões para contornar o obstáculo.

Figura 58 – Coluna de ventilação colidindo com tubulações hidráulicas no barrilete

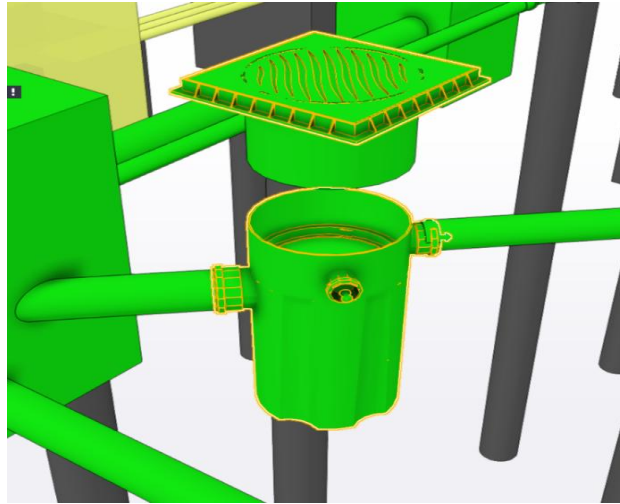


Fonte: Autor (2025)

Além das interferências espaciais, foram diagnosticadas inconsistências de modelagem que impactam diretamente a confiabilidade do levantamento de quantitativos e, conseqüentemente, o orçamento da obra.

Na figura 59, verificou-se a ausência de prolongadores na caixa de gordura. A análise indica que, após a aplicação das declividades normativas na rede de esgoto, a profundidade da caixa aumentou para atender à cota de entrada da tubulação. Contudo, o componente não foi ajustado para atingir o nível do piso acabado. A falta de modelagem deste acessório gera uma discrepância no quantitativo de materiais, omitindo um item necessário para a execução.

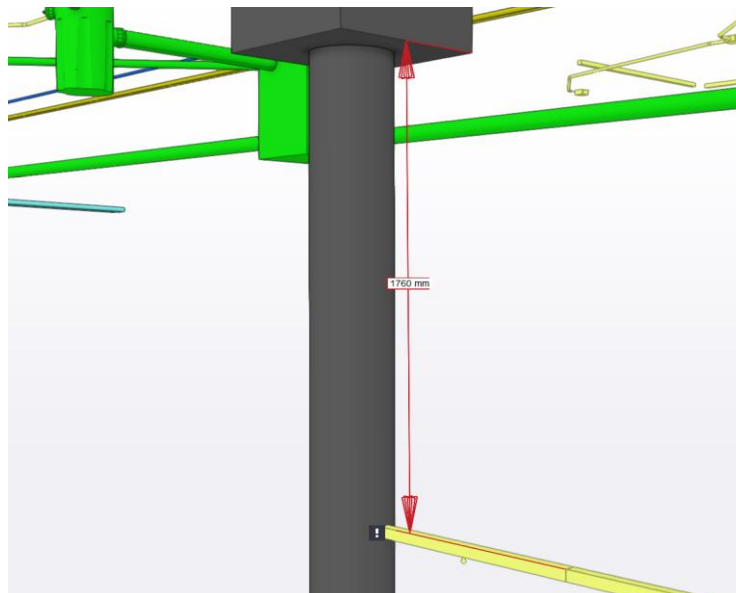
Figura 59 – Falta de prolongador na caixa de gordura



Fonte: Autor (2025)

Outra irregularidade desta natureza foi registrada na figura 60, referente às fitas de LED. Observou-se que o modelo geométrico da peça se encontrava deslocado verticalmente, posicionado incorretamente na cota de -1,76 m (abaixo do nível do terreno), próximo às estacas de fundação. Caracteriza-se como um elemento residual ou espúrio (possivelmente esquecido durante o processo de projeto) cuja permanência no modelo acarretaria na duplicidade de itens e na distorção das planilhas de custos.

Figura 60 – Erro de modelagem em fitas de LED



Fonte: Autor (2025)

Em síntese, a verificação das incompatibilidades internas entre as disciplinas de instalações residenciais resultou em um total de 31 conflitos validados.

Ao categorizar as ocorrências, notou-se um cenário heterogêneo. As maiores incidências ficaram empatadas entre Inconsistências de Modelagem e conflitos envolvendo Condensadoras e Calhas, ambas representando 19,35% cada. Em seguida, destacou-se a interferência entre Tubulação Pluvial e Hidráulica com 16,14%. A distribuição percentual detalhada das irregularidades encontradas foi a seguinte:

- 19,35%: Erros de Modelagem (elementos espúrios ou parametrização incorreta);
- 19,35%: Condensadora (Ar-Condicionado) x Calha Pluvial;
- 16,14%: Tubulação Pluvial x Tubulação Hidráulica;
- 6,45%: Evaporadora Cassete x Eletroduto;
- 6,45%: Tubulação Pluvial x Caixa de Passagem;
- 6,45%: Tubulação Pluvial x Tubulação Sanitária;
- 6,45%: Tubulação Sanitária x Tubulação Hidráulica;
- 3,23%: Tubulação Hidráulica x Ponto Elétrico;
- 3,23%: Tubulação Sanitária x Ponto Elétrico;
- 3,23%: Tubulação Pluvial x Ponto Elétrico;
- 3,23%: Eletroduto x Caixa de Areia;
- 3,23%: Tubulação Sanitária x Caixa de Passagem;
- 3,23%: Tubulação Pluvial x Caixa Sifonada.
- Estes dados estão representados graficamente no gráfico 4.

Gráfico 4 – Instalações x instalações (percentual)



Fonte: Autor (2025)

Para compreender a dinâmica dos conflitos apresentados, é fundamental observar o elevado índice de Erros de Modelagem (19,35%). Esta categoria engloba elementos "flutuantes", peças com cota incorreta e ausência de acessórios (como prolongadores), indicando falhas no controle de qualidade da modelagem. Embora não sejam colisões físicas, estas inconsistências são críticas pois distorcem a extração de quantitativos, impactando diretamente o orçamento da obra.

No que tange às interferências físicas, a alta concentração de problemas envolvendo instalações de Ar-Condicionado (somando Condensadoras e Cassetes) evidenciou a falta de compatibilização volumétrica dos equipamentos. O caso das condensadoras colidindo com as calhas (19,35%) demonstra uma falha na

coordenação do espaço técnico da cobertura (barrilete), onde a drenagem pluvial e as máquinas disputaram a mesma cota altimétrica.

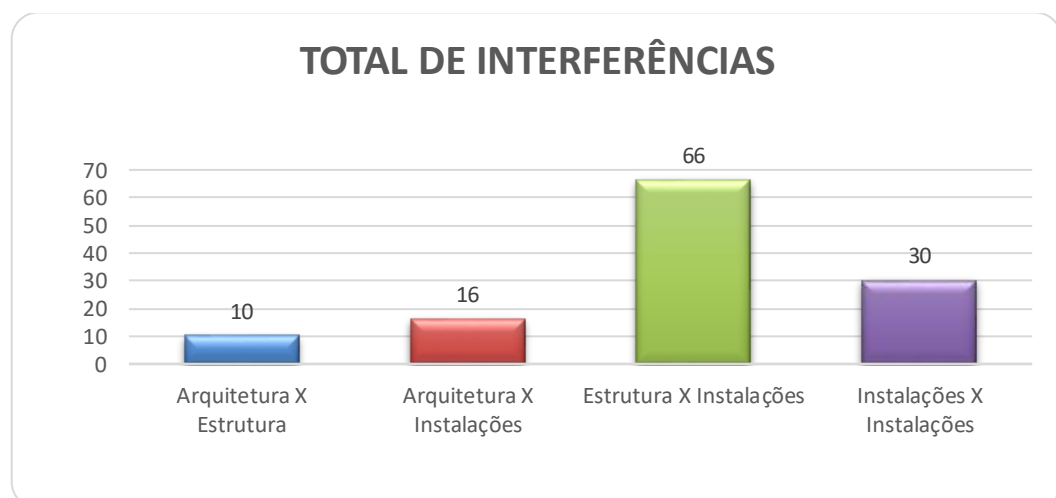
Por fim, a significativa porcentagem de cruzamentos entre as redes Pluviais e Hidráulicas (16,14%) reforça a complexidade do caminhamento horizontal das tubulações. A análise indicou que, sem um estudo prévio de rotas e níveis (diferenciação de alturas de fixação), as redes tendem a colidir nos cruzamentos, exigindo o uso intensivo de conexões para desvios que poderiam ser evitados com um planejamento espacial mais rigoroso.

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A integração dos modelos disciplinares, oriundos de plataformas distintas (SketchUp, Eberick, AltoQi Builder e Revit), permitiu a realização da detecção de interferências (clash detection) no modelo federado. A consolidação dos dados obtidos nas quatro etapas de verificação permitiu uma visão macroscópica sobre a qualidade da informação e a interoperabilidade dos projetos.

Ao todo, o processo de compatibilização resultou na identificação e validação de 123 incompatibilidades no modelo federado. A distribuição destas interferências, categorizada por pares de disciplinas, revelou uma discrepância significativa entre os subsistemas, conforme demonstrado no gráfico 5.

Gráfico 5 – Total de interferências (quantidade)

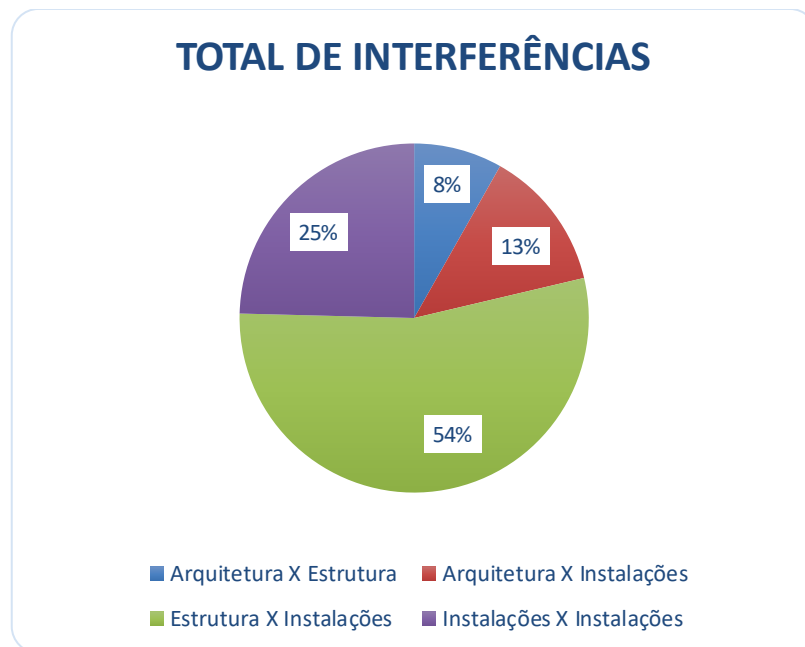


Fonte: Autor (2025)

Observou-se que a interface entre Estrutura e Instalações foi a mais crítica, totalizando 66 interferências, o que representa aproximadamente 54% do total de conflitos detectados. Em contrapartida, a compatibilização entre Arquitetura e Estrutura apresentou o menor índice de ocorrências (10 conflitos), sugerindo um alinhamento geométrico prévio mais eficaz ou uma menor densidade de elementos conflitantes nestas duas disciplinas específicas.

As interferências entre os diversos sistemas de Instalações (MEP x MEP) somaram 30 ocorrências, enquanto a relação Arquitetura x Instalações registrou 16 casos. Estes dados quantitativos evidenciam que, no contexto analisado, a maior complexidade de compatibilização reside na coexistência dos elementos estruturais robustos com as redes de infraestrutura predial. O gráfico 6 retrata a porcentagem de interferências entre as disciplinas.

Gráfico 6 – Total de interferências (percentual)



Fonte: Autor (2025)

Sob a ótica qualitativa, a análise da integração revelou desafios intrínsecos ao processo de modelagem e à interoperabilidade entre softwares distintos. Durante a verificação, foram identificadas inconsistências relacionadas à duplicidade de elementos, predominantemente no modelo de instalações. Embora tais ocorrências

não configurem interferências físicas de construção (*hard clashes*), elas comprometem a integridade da informação (dimensão 5D do BIM), visto que a duplicidade distorce a extração de quantitativos e, conseqüentemente, a precisão das estimativas orçamentárias.

As ferramentas de validação utilizadas demonstraram eficácia na rastreabilidade desses elementos, permitindo sua exclusão antes das etapas subsequentes.

Adicionalmente, notou-se a presença de 'fragmentação da modelagem', gerando falsos positivos nos relatórios de colisão. Estas situações ocorreram onde a continuidade física era esperada (como conexões de tubulações ou junções de elementos), mas que foram interpretadas pelo algoritmo de detecção como choques devido à segmentação dos objetos. Este fenômeno exigiu um esforço manual de filtragem e classificação, evidenciando que a qualidade da detecção automática depende diretamente da padronização e das diretrizes de modelagem adotadas nos softwares de autoria."

A predominância de interferências entre o sistema estrutural e as instalações (60 ocorrências) pode ser atribuída às características tipológicas da edificação de alto padrão analisada. A arquitetura proposta demandou soluções estruturais robustas, caracterizadas por vigas de grande porte para vencer vãos expressivos e sustentar elementos de fachada imponentes.

Simultaneamente, o nível de exigência das instalações residenciais neste padrão construtivo é elevado, incorporando sistemas complexos de automação, climatização e uma densa rede de pontos de iluminação e telecomunicações.

Essa correlação resultou em um ambiente virtual de alta densidade física, onde o espaço de entreferro e passagens técnicas tornou-se exíguo para acomodar a infraestrutura necessária sem colidir com a estrutura de concreto armado.

Portanto, a análise indica que a complexidade inerente a residências de alto padrão amplifica a necessidade do uso da metodologia BIM nas fases iniciais, visto que a resolução destes 60 conflitos críticos em fase de obra acarretaria custos elevados de retrabalho e comprometimento do cronograma físico-financeiro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho atingiu seu objetivo geral ao analisar as vantagens do uso da metodologia BIM na compatibilização de projetos de uma residência de alto padrão na cidade de Palmas/TO. A pesquisa demonstrou que a adoção da modelagem da informação, em detrimento dos métodos tradicionais em 2D, foi determinante para a antecipação de problemas construtivos e para a garantia da integridade das informações do projeto.

No que tange aos objetivos específicos de identificar conflitos e levantar as principais incompatibilidades, observou-se que a auditoria digital do modelo federado revelou um total de 122 interferências válidas.

A análise evidenciou que a interface entre o sistema estrutural e as instalações prediais representa o ponto mais crítico da compatibilização, acumulando mais de 50% dos conflitos detectados. Este cenário está diretamente atrelado à tipologia da edificação de alto padrão estudada, onde a necessidade arquitetônica de grandes vãos e estruturas robustas concorre espacialmente com a alta densidade de redes exigida pelos sistemas de automação e conforto.

Adicionalmente, a investigação sobre a comunicação e colaboração em um ambiente de *OpenBIM* (com uso de softwares distintos como SketchUp, Eberick, AltoQi Builder e Revit) expôs desafios que transcendem a geometria. A identificação de elementos duplicados e fragmentados demonstrou que a eficiência da metodologia BIM não depende apenas do software, mas da qualidade da modelagem. O estudo comprovou que ferramentas de *Clash Detection* são eficazes não apenas para encontrar erros de projeto, mas também para auditar a "higiene" do modelo, validando-o para usos posteriores como orçamentação e planejamento.

Em resposta ao objetivo de fornecer informações práticas para implementações futuras, conclui-se que a redução de interferências em primeiras compatibilizações depende da padronização prévia dos processos de modelagem. A experiência prática deste estudo sugere que a definição clara de matrizes de responsabilidades e o estabelecimento de critérios de origem e exportação IFC são fundamentais para minimizar falsos positivos e retrabalho na fase de coordenação.

Assim, conclui-se que este estudo contribui para a área de Engenharia e Arquitetura ao demonstrar a viabilidade e a necessidade da aplicação do BIM em

empreendimentos residenciais unifamiliares, um nicho muitas vezes negligenciado em pesquisas que focam apenas em grandes obras de infraestrutura. O trabalho reforça que a complexidade técnica das residências de alto padrão em Palmas/TO demanda o rigor metodológico que apenas a prototipagem virtual pode oferecer, servindo de base referencial para profissionais que buscam migrar para fluxos de trabalho colaborativos e interoperáveis.

Diante de tais considerações, recomenda-se para trabalhos futuros um maior aprofundamento sobre a aplicação do BIM em outras tipologias de edificações, como empreendimentos comerciais, que possuem requisitos normativos distintos. Sugere-se também a investigação da compatibilização em sistemas construtivos industrializados, como *Drywall* e estruturas metálicas (*Steel Frame*), tecnologias que vêm ganhando expressiva adesão no mercado da construção civil e que demandam precisão milimétrica na fase de projeto.

6 REFERÊNCIAS

AUTODESK. **O Que é BIM - Modelagem da informação da Construção**. Autodesk, 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ALMEIDA, Maria Aparecida Fernandes, BONALDO, Everaldo. **Building Information Modeling (BIM): princípios e tendências**. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2023. 154 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/371178226_Building_Information_Modeling_BIM_-_Principios_e_tendencias. Acesso em: 13 mar. 2023.

ARNAL, Ignasi Pérez. **Por que não começamos pelo começo?**. BIM Community, 2018. Disponível em: <https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>. Acesso em: 20 mar. 2024

BIBLUS. Formato IFC e Open BIM: Tudo o que é preciso saber. Bibuls, 2020. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/formato-ifc-e-open-bim-tudo-o-que-e-preciso-saber/#:~:text=Como%20j%C3%A1%20mencionamos%2C%20o%20IFC,internacional%20oficial%20ISO%2016739%3A2013>. Acesso em 28 mar. 2023.

BRASIL. Congresso. Senado. Decreto nº 10.306, de 02 de abril de 2020. Brasília. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=10306&ano=2020&ato=260MTTU1EMZpWTc7e>. Acesso em: 10 mar. 2024.

CARREIRÓ, Daniel Cardeal. **Aplicação da Metodologia BIM a um Caso de Estudo através do software Autodesk Navisworks**. 2018. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

DARÓS, José. **GUIA COMPLETO: BIM 10D construção industrializada**. Utilizando BIM, 2019. Disponível em: <https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>. Acesso em: 28 mar. 2024

DE ANDRADE, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & tecnologia de projetos**, v. 4, n. 2, p. 76-111, 2009.

DE SENA, Thiago Silva; FERREIRA, Emerson de Andrade Marques. A aplicação da metodologia bim para a compatibilização de projetos. **Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador**, 2012.

EASTMAN, Chuck, TEICHOLZ, Paul, SACKS, Rafael, LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FEICON. **Entendendo a participação da construção civil no PIB brasileiro ao longo dos anos.** Feicon, 2022. Disponível em: <https://www.feicon.com.br/pt-br/blog/construtores---engenheiros---projetistas/entendendo-a-participacao-da-construcao-civil-no-pib-brasileiro-.html>. Acesso em: 10 mar. 2024.

GARIBALDI, Bárbara Cristina Blank. **DO 3D AO 7D:** Entenda todas as dimensões do BIM. Sienge, 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

GARIBALDI, Bárbara Cristina Blank. **LOD BIM (Level of Development):** Tudo o que você precisa saber sobre o assunto. Sienge, 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/lod-bim/>. Acesso em: 23 mar. 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora Atlas SA, 2002.

GONÇALVES JR, Francisco. **BIM:** Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. Mais Engenharia, 2018. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/#ndsbim>. Acesso em: 18 mar. 2024.

JAIME, Iasmin de Sousa Jaime; BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. Gerenciamento da Informação BIM: Processos de compatibilização de projetos e matriz de priorização. In: **WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS.** 2023.

MARIA, Mônica Mendonça. **Tecnologia BIM na Arquitetura.** 2008. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

MIRANDA, Rian das Dores de; SALVI, Levi. Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.** Ano, v. 4, p. 79-98, 2019.

NASCIMENTO, José Marcos do. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. **Revista Especialize On-line IPOG,** v. 1, n. 7, p. 1-11, 2014.

NUNES, Nivaldo da Costa, *et. al.* **Implantação da plataforma BIM: Vantagens e desvantagens.** Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Mineiros, 2017. Disponível em: https://unifimes.edu.br/filemanager_uploads/files/documentos/semana_universitaria/xii_semana/artigos/engenharias_tecnologias/IMPLANTAC%CC%A7A%CC%83O%20DA%20PLATAFORMA%20BIM%20-%20VANTAGENS%20E%20DESVANTAGENS.pdf. Acesso em: 12 mar. 2024.

PRATA, Gustavo. **Como o BIM (Building Information Modeling) está avançando no Brasil e no mundo.** Sienge, 2022. Disponível em: [Como o BIM \(Building Information Modeling\) está avançando no Brasil e no mundo \(sienge.com.br\)](https://www.sienge.com.br/blog/como-o-bim-building-information-modeling-esta-avancando-no-brasil-e-no-mundo/). Acesso em 10 mar. 2024.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; ANTUNES, Cristiano Eduardo; BALBINOT, Guilherme Bastos. Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

SOUSA, Luciano Hamed Chaves Haidar. **AS DIMENSÕES DO BIM**. Hashtag BIM, 2023. Disponível em: <https://hashtagbim.wordpress.com/author/lucianohamed/>. Acesso em: 24 mar. 2024.