

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS

GERAIS - *CAMPUS* PIUMHI

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Iuri Moreira de Almeida Martins

**ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS FÍSICAS ENTRE PROJETOS POR MEIO DA
METODOLOGIA BIM: ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Piumhi - MG

2026

IURI MOREIRA DE ALMEIDA MARTINS

**ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS FÍSICAS ENTRE PROJETOS POR MEIO DA
METODOLOGIA BIM: ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil ofertado pelo Campus Piumhi do Instituto Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Júnior Henrique Canaval

Piumhi - MG

2026

M386a Martins, Iuri Moreira de Almeida.

Análise de interferências físicas entre projetos por meio da metodologia BIM: estudo de caso de uma residência unifamiliar [manuscrito] / Iuri Moreira de Almeida Martins. – 2026.

62 f. : il. color.

Orientador: Júnior Henrique Canaval.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus Piumhi*, 2026.

1. Modelagem da Informação da Construção (BIM). 2. Compatibilização de projetos. 3. Detecção de interferências. 4. Residência unifamiliar. 5. Engenharia civil. I. Canaval, Júnior Henrique. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus Piumhi*. III. Título.

CDD 005.369

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974

Iuri Moreira de Almeida Martins

ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS FÍSICAS ENTRE PROJETOS POR MEIO DA METODOLOGIA BIM: ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 29/06/2026 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **JUNIOR HENRIQUE CANAVAL**
Data: 03/07/2026 00:16:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Júnior Henrique Canaval - IFMG (Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **TATIANE OLIVEIRA FAILACHE**
Data: 03/07/2026 09:16:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Me. Tatiane Oliveira Failache - IFMG

Documento assinado digitalmente
 **STELLA MARIA GOMES**
Data: 03/07/2026 08:59:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Me. Stella Maria Gomes - IFMG

Documento assinado digitalmente
 **AGUINALDO MANOEL DA SILVA JUNIOR**
Data: 03/07/2026 08:07:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Aguinaldo Manoel da Silva Junior

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Cristine, por todo amor, apoio e incentivo. Sua presença foi essencial para que eu pudesse chegar até aqui, e esta conquista também é sua.

Aos meus irmãos, Tiago e Filipe, pela companhia e amizade, e aos meus familiares, em especial à minha avó Terezinha e ao meu avô José Roberto, por sempre torcerem por mim.

Aos amigos que o IFMG me proporcionou, pelas conversas, estudos, desafios e momentos de descontração que tornaram essa jornada mais leve e alegre.

Ao meu primo Diego, pela presença nos desafios cotidianos e acadêmicos, nas noites de estudo e nas experiências que levarei comigo para sempre.

Ao meu caro amigo Rafael, pela amizade e parceria ao longo da graduação. Agradeço, de modo especial, pelo carinho demonstrado ao lembrar de mim em seus agradecimentos, gesto que guardarei com muita consideração.

Aos profissionais e engenheiros com quem tive a oportunidade de aprender, por contribuírem para minha formação e para minha visão técnica e profissional da Engenharia Civil.

Ao meu orientador, Júnior Henrique Canaval, pela orientação, paciência, disponibilidade e pelas contribuições fundamentais para o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

À banca examinadora, composta pelas professoras Stella e Tatiane, pelo engenheiro Aguinaldo e pelo meu orientador, pela disponibilidade, atenção e contribuições dedicadas à avaliação deste trabalho. Agradeço também ao Aguinaldo pela parceria construída durante a graduação.

Aos servidores e colaboradores da instituição, que, muitas vezes de forma silenciosa, contribuem diariamente para o funcionamento do ambiente acadêmico e para a formação dos alunos.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta trajetória, seja com palavras de incentivo, apoio nos momentos difíceis ou simples gestos de amizade.

RESUMO

A compatibilização de projetos é uma etapa fundamental para reduzir falhas, retrabalhos e incompatibilidades durante a execução de uma obra. Nesse contexto, a metodologia *Building Information Modeling (BIM)* apresenta-se como uma ferramenta capaz de integrar modelos de diferentes disciplinas e auxiliar na identificação antecipada de conflitos por meio da detecção de interferências. Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar interferências físicas entre disciplinas de projeto, utilizando a metodologia *BIM* em uma residência unifamiliar. Para isso, foram integrados os modelos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico em ambiente *BIM*, sendo o modelo arquitetônico utilizado como referência espacial e visual, enquanto as análises de interferências foram direcionadas às combinações entre os modelos estrutural, hidrossanitário e elétrico. A pesquisa caracteriza-se como aplicada e foi desenvolvida por meio de um estudo de caso. A detecção das interferências foi realizada no *AltoQi Builder 2025 Plena*, considerando apenas interferências físicas do tipo *hard clash*, caracterizadas pela sobreposição geométrica entre elementos pertencentes a diferentes sistemas. Foram analisadas três combinações de disciplinas: estrutural × hidrossanitário, estrutural × elétrico e elétrico × hidrossanitário. Como resultado, foram inicialmente detectadas 565 ocorrências automáticas de interferências físicas, sendo 147 entre os modelos estrutural e hidrossanitário, 401 entre os modelos estrutural e elétrico e 17 entre os modelos elétrico e hidrossanitário. Após a triagem manual, 40 ocorrências foram descartadas por repetição ou duplicação, 437 foram classificadas como condições aceitáveis e 88 foram confirmadas como conflitos reais. Os resultados demonstraram que a maior frequência de ocorrências automáticas ocorreu na combinação estrutural × elétrico, enquanto a maior quantidade de conflitos reais confirmados concentrou-se na combinação estrutural × hidrossanitário. Conclui-se que a aplicação da metodologia *BIM* contribuiu para a identificação antecipada das interferências, possibilitando avaliar soluções ainda na fase de projeto e melhorando a coordenação entre os sistemas analisados.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção (BIM). Compatibilização de projetos. Detecção de interferências. Residência unifamiliar. Engenharia civil.

ABSTRACT

Project coordination is a fundamental process for reducing failures, rework and incompatibilities during the execution of a construction project. In this context, Building Information Modeling (BIM) stands out as a tool capable of integrating models from different disciplines and assisting in the early identification of conflicts through clash detection. This study aimed to identify and analyze physical clashes between project disciplines using the BIM methodology in a single-family residence. For this purpose, the architectural, structural, plumbing and electrical models were integrated into a BIM environment. The architectural model was used as a spatial and visual reference, while the interference analyses were directed toward the combinations between the structural, plumbing and electrical models. This research is classified as applied research and was developed through a case study. Clash detection was performed using AltoQi Builder 2025 Plena, considering only physical clashes (hard clashes), characterized by geometric overlap between elements belonging to different systems. Three discipline combinations were analyzed: structural $\times$ plumbing, structural $\times$ electrical, and electrical $\times$ plumbing. As a result, 565 automatic occurrences of physical interferences were initially detected, including 147 between the structural and plumbing models, 401 between the structural and electrical models, and 17 between the electrical and plumbing models. After manual screening, 40 occurrences were discarded due to repetition or duplication, 437 were classified as acceptable conditions, and 88 were confirmed as real conflicts. The results showed that the highest frequency of automatic occurrences occurred in the structural $\times$ electrical combination, while the highest number of confirmed real conflicts was concentrated in the structural $\times$ plumbing combination. The results indicate that the application of the BIM methodology contributed to the early identification of interferences, enabling the evaluation of solutions during the design phase and improving coordination between the analyzed systems.

Keywords: Building Information Modeling (BIM). Project coordination. Clash detection. Single-family residence. Civil engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Interação entre os campos de atividade do BIM	15
Figura 2 — Fluxo de exportação, importação e integração dos modelos.....	25
Figura 3 — Fluxo metodológico de integração e análise dos modelos	27
Figura 4 — Planta baixa do projeto arquitetônico.....	33
Figura 5 — Primeira vista em perspectiva do modelo tridimensional	33
Figura 6 — Segunda vista em perspectiva do modelo tridimensional	34
Figura 7 — Planta de locação da fundação	35
Figura 8 — Planta de formas da cobertura	36
Figura 9 — Vista tridimensional do modelo estrutural	36
Figura 10 — Planta hidráulica da residência.....	38
Figura 11 — Planta hidrossanitária da residência	39
Figura 12 — Vista em perspectiva isométrica do modelo hidrossanitário.....	39
Figura 13 — Detalhamento da área técnica do sistema hidrossanitário.....	40
Figura 14 — Planta do projeto elétrico da residência	42
Figura 15 — Esquema tridimensional do modelo elétrico	42
Figura 16 — Primeira perspectiva isométrica do modelo federado	44
Figura 17 — Segunda perspectiva isométrica do modelo federado	44
Figura 18 — Interferências entre tubulações sanitárias e a viga baldrame do banheiro da suíte master	47
Figura 19 — Interferências entre tubulações de esgoto e ventilação e a viga baldrame dos banheiros da suíte da filha e da suíte de hóspedes.....	48
Figura 20 — Interferências entre as tubulações do <i>manifold</i> e a viga da cobertura sobre o banheiro da suíte de hóspedes	49
Figura 21 — Interferência entre a tubulação pluvial do ralo da cobertura da garagem e a laje	49
Figura 22 — Interferências entre eletrodutos que partem dos quadros de distribuição do corredor e as vigas de cobertura	51
Figura 23 — Interferências entre eletrodutos e vigas de cobertura na suíte de hóspedes	51
Figura 24 — Interferências entre os eletrodutos dos <i>spots</i> de iluminação do beiral e as vigas de cobertura	52
Figura 25 — Interferências entre os eletrodutos do barramento de equipotencialização principal (BEP) e a viga baldrame abaixo do quadro geral, localizado no corredor	52

Figura 26 — Interferências entre tubulações de esgoto e hidráulicas e o ponto elétrico da lavadora de louças da ilha da cozinha	54
Figura 27 — Interferência entre a tubulação pluvial e a caixa octogonal da iluminação central da suíte master	55
Figura 28 — Interferência entre a tubulação pluvial e o eletroduto destinado ao interruptor da lavanderia.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BCF - BIM Collaboration Format

BDS - Building Description System

BEP - Barramento de Equipotencialização Principal

BIM - Building Information Modeling

CAD - Computer-Aided Design

CPVC - Policloreto de Vinila Clorado

DPS - Dispositivo de Proteção contra Surto

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

IFC - Industry Foundation Classes

IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

IDR - Interruptor Diferencial Residual

ISO - International Organization for Standardization

NBR - Norma Brasileira

PVC - Policloreto de Vinila

SAI - Sistema de Análise de Interferências

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	12
1.2 Problema de pesquisa	12
1.3 Estrutura	13
1.4 Objetivos.....	13
1.4.1 <i>Objetivo geral</i>	13
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Conceitos fundamentais do <i>BIM</i>	14
2.2 Normas e regulamentações relacionadas ao <i>BIM</i> no Brasil	17
2.3 Compatibilização de projetos	18
2.3.1 <i>Conceito de compatibilização de projetos</i>	18
2.3.2 <i>Problemas decorrentes da falta de compatibilização</i>	18
2.3.3 <i>Compatibilização no processo tradicional (CAD)</i>	19
2.3.4 <i>Compatibilização utilizando BIM</i>	19
2.3.5 <i>Benefícios da compatibilização em BIM</i>	20
2.4 Detecção de interferências (<i>clash detection</i>)	20
2.4.1 <i>Conceito de clash detection</i>	20
2.4.2 <i>Tipos de interferências</i>	21
2.4.3 <i>Limitações e cuidados na aplicação da detecção de interferências</i>	23
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 Caracterização do estudo de caso	24
3.2 Etapas preliminares e preparação dos modelos	24
3.3 Procedimentos de análise	26
4 DESENVOLVIMENTO.....	30
4.1 Apresentação dos projetos	30
4.1.1 <i>Projeto arquitetônico</i>	30
4.1.2 <i>Projeto estrutural</i>	34
4.1.3 <i>Projeto hidrossanitário</i>	37
4.1.4 <i>Projeto elétrico</i>	40
4.2 Compatibilização dos modelos <i>BIM</i>	43
4.3 Análise e classificação das interferências detectadas	44

<i>4.3.1 Interferências entre os modelos estrutural e hidrossanitário</i>	<i>46</i>
<i>4.3.2 Interferências entre os modelos estrutural e elétrico</i>	<i>50</i>
<i>4.3.3 Interferências entre os modelos elétrico e hidrossanitário</i>	<i>53</i>
4.4 Soluções adotadas para as interferências	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

Em uma sociedade cada vez mais voltada ao avanço tecnológico e à otimização dos processos produtivos, o setor da construção civil também passou a demandar ferramentas que proporcionam maior eficiência, integração e controle das informações durante o desenvolvimento dos projetos. Nesse contexto, o avanço das tecnologias digitais aplicadas à engenharia possibilitou o surgimento de metodologias voltadas à modernização dos processos de projeto, dentre elas o *Building Information Modeling (BIM)*, que vem sendo amplamente utilizado na compatibilização e gerenciamento de projetos.

O aumento da complexidade dos empreendimentos da construção civil contribuiu para a necessidade de maior integração e coordenação entre as diferentes disciplinas que os compõem. Segundo Callegari (2007), o desenvolvimento de projetos sem a devida análise das incompatibilidades pode gerar retrabalhos, comprometimento da qualidade da obra, atrasos no cronograma e aumento dos custos do empreendimento.

A coordenação entre os projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico e demais disciplinas complementares é essencial para a integração das informações e visa identificar e solucionar as incompatibilidades entre os sistemas da edificação. Entretanto, essas verificações nem sempre são realizadas nas etapas iniciais do processo de projeto, fazendo com que as interferências só sejam percebidas na etapa de execução da obra, o que culmina em retrabalhos, aumento dos custos e comprometimento da qualidade final da obra.

Diante desse cenário, a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA, 2013) destaca que a utilização da metodologia *BIM* na fase de projeto de um empreendimento possibilita a concepção, a documentação, a visualização e a compatibilização dos projetos, além de permitir revisões, análises de engenharia e a extração de quantitativos.

Nesse cenário, a adoção da metodologia *Building Information Modeling (BIM)* se mostra uma alternativa eficaz para promover a integração de projetos multidisciplinares, pois a modelagem tridimensional da edificação permite analisar os conflitos por meio da detecção de interferências (*clash detection*). De acordo com Eastman *et al.* (2014), esse recurso permite identificar incompatibilidades e avaliar alternativas de solução ainda durante o desenvolvimento do projeto, reduzindo a ocorrência de problemas na execução.

Nos empreendimentos que exigem a atuação de equipes multidisciplinares no desenvolvimento dos projetos, é comum que cada especialista utilize *softwares* específicos de sua área de atuação. Como a comunicação entre diferentes plataformas nem sempre ocorre de forma direta, podem ser necessários padrões e formatos de troca de dados que permitam o

compartilhamento das informações entre os sistemas. Nesse contexto, Santos (2009) ressalta que a interoperabilidade é fundamental para que as informações contidas nos modelos *BIM* possam ser compartilhadas e utilizadas por diferentes profissionais ao longo do ciclo de vida da edificação, evitando a reinserção de dados e promovendo o uso eficiente das informações.

1.1 Justificativa

A crescente complexidade dos projetos na construção civil demanda a utilização de métodos que promovam a integração entre as disciplinas envolvidas no desenvolvimento da edificação. A ausência de compatibilização entre os projetos pode ocasionar interferências que são percebidas somente na fase de execução da obra, resultando em retrabalhos, atrasos no cronograma e redução da qualidade da execução.

Nesse cenário, a tecnologia *BIM* se apresenta como uma ferramenta de integração e compatibilização dos projetos, possibilitando a identificação prévia de incompatibilidades por meio da detecção de interferências (*clash detection*). A adoção dessa metodologia contribui para aumentar a eficiência no processo de desenvolvimento dos projetos e proporciona melhoria da comunicação entre os projetistas envolvidos.

Dessa forma, este trabalho se justifica pela importância de analisar a aplicação da metodologia *BIM* na identificação de interferências, o que será demonstrado por meio de um estudo de caso envolvendo os projetos multidisciplinares de uma residência unifamiliar.

1.2 Problema de pesquisa

Apesar dos avanços tecnológicos na construção civil, muitas vezes ocorrem incompatibilidades entre projetos de diferentes disciplinas, as quais podem gerar retrabalhos, comprometer o cronograma da obra e elevar os custos do empreendimento. Em alguns casos, as interferências entre os sistemas do edifício são encontradas apenas durante a execução da obra, indicando falha na coordenação e integração dos projetos.

Sob essa perspectiva, a abordagem *BIM*, associada a ferramentas de detecção de interferências, pode ser uma alternativa para a compatibilização dos projetos e identificação prévia dessas incompatibilidades. Como a metodologia *BIM* pode ser empregada para a identificação de interferências físicas entre projetos multidisciplinares em uma residência unifamiliar?

1.3 Estrutura

O presente trabalho é estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução ao tema, a justificativa do trabalho, o problema de pesquisa e os objetivos do estudo. O segundo capítulo contém o referencial teórico relacionando a metodologia *BIM* com a interoperabilidade, compatibilização de projetos e a detecção de interferências. O terceiro capítulo aborda a metodologia utilizada no desenvolvimento do estudo de caso. O quarto capítulo inclui o desenvolvimento da pesquisa e apresenta os modelos dos projetos, bem como a compatibilização e análise das interferências identificadas por meio da ferramenta de detecção de interferências (*clash detection*). Por fim, o quinto capítulo contempla as considerações finais do trabalho.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Identificar e analisar interferências físicas entre disciplinas de projeto por meio da detecção de interferências (*clash detection*) utilizando a metodologia *BIM* em uma residência unifamiliar.

1.4.2 Objetivos específicos

- Integrar os modelos dos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário da residência unifamiliar utilizando *software BIM*;
- Realizar a compatibilização dos modelos multidisciplinares utilizando ferramentas *BIM*;
- Executar a detecção de interferências (*clash detection*) para identificar as interferências físicas entre os projetos;
- Classificar e analisar as interferências físicas identificadas entre as disciplinas do projeto;
- Avaliar possíveis soluções para as interferências encontradas durante a compatibilização dos modelos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos fundamentais do *BIM*

A tecnologia *BIM* tornou-se bastante popular nas últimas décadas, embora os conceitos relacionados à Modelagem da Informação da Construção sejam anteriores ao surgimento da própria nomenclatura. Segundo Eastman *et al.* (2014), ideias relacionadas à modelagem integrada da edificação já eram discutidas desde a década de 1970, especialmente a partir do sistema denominado *Building Description System (BDS)*, proposto por Charles Eastman em 1975.

Conforme Eastman *et al.* (2014), o conceito desenvolvido no *BDS* baseava-se na utilização de um modelo digital capaz de integrar informações geométricas e quantitativas da edificação, possibilitando a criação de seções, vistas isométricas e perspectivas a partir de um único modelo digital. Dessa forma, qualquer alteração realizada no modelo efetuaria atualizações automáticas e consistentes em todos os desenhos derivados. Além disso, o sistema idealizado permitiria a extração automática de quantitativos, estimativas de custos e análises relacionadas ao empreendimento.

Ao longo das décadas seguintes, diferentes terminologias passaram a ser utilizadas para representar esse conceito, contudo, segundo Eastman *et al.* (2014), o termo *Building Information Modeling (BIM)*, utilizado nos dias de hoje, foi apresentado pela primeira vez no artigo *Modelling Multiple Views on Buildings*, de autoria de G.A. van Nederveen e F. Tolman, publicado na revista *Automation in Construction* em dezembro de 1992.

Com a evolução das tecnologias computacionais e das ferramentas digitais aplicadas à construção civil, o *BIM* passou a ser amplamente utilizado no desenvolvimento e compatibilização de projetos multidisciplinares, promovendo maior integração entre as disciplinas e contribuindo para a melhoria da qualidade e da eficiência dos processos de projeto.

Segundo Eastman *et al.* (2014), *Building Information Modeling (BIM)* é uma tecnologia que permite a criação de um modelo virtual que contém informações geométricas exatas e dados fundamentais que auxiliam no processo de projeto e contribuem para análises relacionadas ao ciclo de vida da edificação, bem como facilitam o controle, a fabricação e o fornecimento de insumos essenciais para a construção.

Campbell (2007) destaca que o *BIM* não se limita à representação gráfica tridimensional da edificação, mas constitui um ambiente integrado de gerenciamento da informação baseado na simulação dos processos de projeto e construção.

Para Succar (2009), o *Building Information Modeling (BIM)* é estruturado em três campos distintos: tecnologia, processo e política. O campo da tecnologia refere-se aos *softwares*, *hardwares* e sistemas responsáveis por possibilitar a modelagem. O campo do processo diz respeito ao fluxo de trabalho e à colaboração entre os projetistas, construtores e responsáveis pela manutenção e operação da edificação. O campo da política compreende as normas, diretrizes e mecanismos institucionais que promovem a implementação do *BIM*. Na Figura 1 é apresentada a interação entre os três campos propostos por Succar (2009).

Figura 1 — Interação entre os campos de atividade do BIM



Depreende-se da figura elaborada pelo autor uma clara interseção entre os campos abordados, evidenciando que o *BIM* não deve ser compreendido apenas como uma ferramenta tecnológica de projeto, mas também como um ambiente colaborativo que integra pessoas, processos e tecnologias. Nesse contexto, os profissionais envolvidos devem atuar de forma coordenada, seguindo padrões e diretrizes que orientam sua implementação e utilização.

Antes da difusão da metodologia *BIM*, o desenvolvimento de projetos era realizado majoritariamente por meio de *softwares* de desenho auxiliado por computador (*Computer-*

Aided Design – CAD). Conforme Eastman et al. (2014), os arquivos gerados por esses sistemas são compostos principalmente por vetores, tipos de linha e identificação de camadas (*layers*), formando representações gráficas bidimensionais da edificação. Com a evolução dessa tecnologia, foram incorporados recursos adicionais, como blocos de dados, textos associados, definições avançadas, ferramentas de modelagem tridimensional e geração de superfícies, ampliando as possibilidades de representação dos projetos.

Diferentemente do CAD, a metodologia *BIM* não se limita à representação gráfica do projeto, pois consiste na criação de um modelo digital inteligente capaz de integrar informações geométricas e não geométricas do projeto. Dessa forma, qualquer modificação realizada no modelo é refletida automaticamente em todas as plantas, cortes, elevações, vistas e demais representações a ele vinculadas, garantindo a consistência das informações ao longo do projeto. Além disso, os modelos *BIM* são compostos por elementos paramétricos, cujas características geométricas são definidas por parâmetros, regras e informações associadas. Segundo Eastman *et al.* (2014), os objetos paramétricos possuem geometria integrada e são capazes de atualizar automaticamente suas propriedades e relações quando modificações são realizadas no modelo. Assim, quando um parâmetro é alterado, a geometria e os dados relacionados ao elemento são atualizados de maneira consistente, contribuindo para a integridade e confiabilidade das informações do projeto.

Outra característica fundamental do *BIM* é a capacidade de promover a interoperabilidade entre diferentes plataformas de forma eficiente. Segundo o IEEE (1990), interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de diferentes sistemas de trocarem informações entre si. Santos (2009) destaca que a interoperabilidade é considerada um dos pilares do *BIM*, tendo em vista a necessidade de compartilhamento de informações de diferentes *softwares* em um ambiente colaborativo entre os profissionais envolvidos no empreendimento.

Visando garantir interoperabilidade entre diferentes sistemas, a organização *buildingSMART International* desenvolveu um padrão aberto denominado *Industry Foundation Classes* (IFC), que consiste em um conjunto de descrições digitais padronizadas responsáveis por definir a organização dos objetos e de suas propriedades no modelo da edificação (*BUILDINGSMART INTERNATIONAL*, 2026b).

Este padrão permite que modelos *BIM* sejam lidos e compartilhados entre diferentes plataformas, facilitando a troca de informações entre os *softwares* e buscando reduzir perdas de dados associadas ao uso de formatos específicos. Dessa forma, o IFC funciona como uma linguagem neutra que favorece a colaboração entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento do projeto.

A utilização de padrões abertos para o compartilhamento de informações entre diferentes plataformas é denominada *openBIM*. Segundo a *buildingSMART International* (2023), trata-se de um processo colaborativo baseado em formatos neutros de troca de dados, permitindo o compartilhamento de informações ao longo do ciclo de vida da edificação.

Diante disso, o *openBIM* auxilia na compatibilização de projetos ao permitir a integração de modelos por meio de formatos neutros que propiciam a troca de dados. Essa abordagem reduz as limitações associadas a formatos específicos e a diferentes estruturas de dados adotadas pelos *softwares*, favorecendo a interoperabilidade entre diversas plataformas. Como resultado, torna-se possível aprimorar a coordenação entre as disciplinas envolvidas e favorecer maior consistência no gerenciamento das informações ao longo do desenvolvimento do empreendimento.

2.2 Normas e regulamentações relacionadas ao *BIM* no Brasil

A adoção da metodologia *BIM* tornou-se amplamente difundida em diversos países, incentivando a criação de políticas públicas, normas técnicas e regulamentações voltadas à sua implementação. Com o objetivo de promover a disseminação do *BIM* no Brasil, coordenar a estruturação do setor público para sua adoção, incentivar a capacitação profissional e estimular a modernização dos processos da construção civil, foi instituída a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* (Estratégia *BIM* BR). Atualmente, a Estratégia *BIM* BR é regulamentada pelo Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024, que dispõe sobre sua estrutura de governança e institui o Comitê Gestor responsável por sua coordenação (BRASIL, 2024).

No âmbito da implementação gradual da Estratégia *BIM* BR, foi publicado o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, que estabelece a utilização do *BIM* para as modalidades de execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos e entidades da administração pública federal. Este decreto estabeleceu um cronograma de adoção estruturado em três fases (BRASIL, 2020).

A primeira fase, iniciada em 2021, contemplou a utilização do *BIM* no desenvolvimento de projetos de engenharia e arquitetura, abrangendo a modelagem das principais disciplinas, a detecção de interferências entre os modelos, a compatibilização dos projetos e a extração de quantitativos. A segunda fase, iniciada em 2024, ampliou a aplicação da metodologia para atividades relacionadas ao orçamento, planejamento, controle da execução das obras e atualização dos modelos *as built* (conforme construído). Por fim, a terceira fase,

prevista para 2028, contempla a utilização do *BIM* nas etapas de operação, gerenciamento e manutenção das edificações, abrangendo todo o ciclo de vida do empreendimento.

Paralelamente às iniciativas governamentais voltadas à implementação do *BIM* no Brasil, foram desenvolvidas normas técnicas nacionais e internacionais com o objetivo de fornecer diretrizes para a adoção da metodologia e promover maior uniformidade na execução dos processos relacionados à construção civil. Dentre elas, destacam-se as normas da série ISO 19650, adotadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelecem princípios para produção, compartilhamento, armazenamento e gerenciamento das informações em ambientes colaborativos baseados em *BIM* (ABNT, 2022).

2.3 Compatibilização de projetos

2.3.1 Conceito de compatibilização de projetos

A compatibilização consiste no processo de coordenação e integração das diferentes disciplinas envolvidas no desenvolvimento dos projetos de uma edificação. Esse processo é fundamental para identificar e solucionar inconsistências entre os sistemas da construção ainda na fase de projeto, reduzindo a ocorrência de falhas que possam comprometer a qualidade e o desempenho da obra durante sua execução. De acordo com o Guia Boas Práticas em *BIM* (ASBEA, 2013), a compatibilização deve envolver todos os profissionais participantes do processo de projeto, uma vez que, por meio do compartilhamento dos modelos *BIM*, a equipe é capaz de identificar e solucionar interferências intradisciplinares e interdisciplinares.

2.3.2 Problemas decorrentes da falta de compatibilização

A falta de compatibilização entre as diferentes disciplinas de projeto pode ocasionar inconsistências, omissões e conflitos entre os sistemas que compõem a edificação. Segundo Eastman *et al.* (2014), o processo tradicional de desenvolvimento de projetos é caracterizado pela fragmentação das informações e pela utilização de documentos independentes, condição que favorece a ocorrência de erros e incompatibilidades que frequentemente resultam em atrasos, custos adicionais e disputas entre os participantes do empreendimento.

Além dos impactos relacionados a custos e prazos, a ausência de compatibilização dificulta a identificação antecipada de conflitos entre os sistemas da edificação. Callegari (2007) destaca que incompatibilidades entre projetos podem se manifestar por meio de conflitos

geométricos e funcionais entre os elementos construtivos, tornando mais complexa a coordenação das soluções e a definição de medidas corretivas durante o desenvolvimento do empreendimento.

2.3.3 Compatibilização no processo tradicional (CAD)

Anteriormente à difusão da metodologia *BIM*, a compatibilização dos projetos era realizada predominantemente por *softwares* de desenho auxiliado por computador (*Computer-Aided Design* – CAD). Nesse processo, cada projetista desenvolvia sua disciplina de forma independente, produzindo plantas, cortes, elevações e demais detalhamentos técnicos. Posteriormente, os desenhos eram sobrepostos, geralmente utilizando cores distintas para cada disciplina, permitindo a comparação entre os projetos. A identificação das incompatibilidades ocorria por meio de análises visuais realizadas pelos profissionais responsáveis, que verificavam possíveis interferências entre os sistemas da edificação (CALLEGARI, 2007).

Por depender da interpretação dos profissionais e da análise visual dos desenhos, esse processo demandava maior esforço e era propenso a omissões na identificação das incompatibilidades. Além disso, o aumento da complexidade dos empreendimentos e do número de disciplinas envolvidas tornava a compatibilização mais difícil e suscetível à ocorrência de interferências não identificadas durante a fase de projeto. Segundo Callegari (2007), embora a sobreposição de desenhos em ambiente *CAD* constitua uma importante ferramenta para a verificação de elementos como paredes, pilares, vigas, dutos e demais subsistemas da edificação, a representação em duas dimensões apresenta limitações para a análise integrada de projetos mais complexos, dificultando a visualização e identificação de incompatibilidades entre as disciplinas.

2.3.4 Compatibilização utilizando BIM

O processo de compatibilização de projetos foi significativamente aprimorado pela tecnologia *BIM* em relação ao método tradicional. Nesse processo, os modelos tridimensionais das diferentes disciplinas da edificação são reunidos em um modelo federado, possibilitando a verificação automatizada dos conflitos por meio de ferramentas de detecção de interferências (*clash detection*).

De acordo com Eastman *et al.* (2014), a integração dos modelos *BIM* em um ambiente comum favorece a coordenação entre as diferentes disciplinas de projeto e possibilita

a identificação antecipada de incompatibilidades entre os sistemas da edificação. Dessa forma, a compatibilização deixa de depender apenas da análise visual dos desenhos e passa a utilizar ferramentas automatizadas de verificação, contribuindo para maior confiabilidade das análises realizadas no processo de compatibilização e minimizando a ocorrência de retrabalhos durante a execução da obra.

2.3.5 Benefícios da compatibilização em BIM

A utilização da metodologia *BIM* no processo de compatibilização de projetos proporciona benefícios que vão além da identificação de interferências. De acordo com a ASBEA (2013), o fluxo de trabalho baseado em *BIM* permite a centralização das informações do empreendimento em um modelo compartilhado entre as diferentes disciplinas, facilitando a integração multidisciplinar, intensificando a colaboração entre os profissionais envolvidos e tornando a comunicação mais eficiente ao longo do desenvolvimento do projeto.

Em um estudo de caso realizado por Mikaldo Jr. e Scheer (2008), foram analisados diferentes processos de compatibilização aplicados em empreendimentos da construção civil. Entre as abordagens avaliadas, destacam-se a compatibilização por meio da sobreposição de plantas em *softwares CAD* e a utilização do *AltoQi SAI* (Sistema de Análise de Interferências), ferramenta que possibilita a integração dos modelos tridimensionais e a identificação de interferências entre os projetos.

Os autores observaram que os empreendimentos que utilizaram a integração dos modelos em três dimensões apresentaram menor ocorrência de interferências físicas e divergências de informações. Com base nos resultados obtidos, concluíram que a eficiência dos projetos está diretamente relacionada à capacidade de integração entre os profissionais envolvidos e à coordenação das atividades desenvolvidas ao longo do processo de projeto.

2.4 Detecção de interferências (*clash detection*)

2.4.1 Conceito de *clash detection*

A detecção de interferências (*clash detection*) consiste em uma análise automatizada de modelos *BIM* integrados, destinada à identificação de conflitos entre elementos pertencentes a diferentes sistemas do projeto. Essa verificação é realizada por ferramentas computacionais que analisam os componentes dos modelos *BIM* e verificam a

ocorrência de sobreposições, espaçamento insuficiente para instalação ou incompatibilidades funcionais entre os sistemas dos modelos. Segundo Eastman *et al.* (2014), a detecção de interferências constitui uma importante aplicação do *BIM* voltada à coordenação entre disciplinas.

Com essa ferramenta, é possível estabelecer regras de verificação para identificar conflitos entre elementos específicos de diferentes sistemas da edificação. A análise é realizada de forma automatizada pelo *software*, com base nos critérios previamente definidos pelo usuário, reduzindo a dependência de verificações exclusivamente visuais e minimizando a possibilidade de falhas associadas à análise manual.

Após a identificação das interferências, as ocorrências podem ser registradas e compartilhadas entre os projetistas por meio do *BIM Collaboration Format (BCF)*, que é um padrão aberto destinado à comunicação de questões associadas ao processo de compatibilização dos modelos *BIM* (*BUILDINGSMART INTERNATIONAL*, 2026a). A partir desse formato, é possível elaborar um relatório de interferências e compartilhá-lo com os demais membros da equipe.

Segundo a ASBEA (2013), a elaboração do relatório de interferências é fundamental para o processo de coordenação, pois permite registrar observações relacionadas às interferências identificadas, localizar as colisões e acompanhar as ações corretivas ao longo do desenvolvimento do projeto. Dessa forma, os conflitos são identificados, classificados e comunicados entre as disciplinas ainda durante a fase de projeto, contribuindo para a redução de incompatibilidades durante a execução da obra.

2.4.2 Tipos de interferências

As interferências identificadas por meio da ferramenta de *clash detection* podem ser classificadas de acordo com sua natureza, auxiliando a equipe de projeto na análise da gravidade dos conflitos e na definição das estratégias de correção mais adequadas. Matejka e Sabart (2018) propõem uma classificação das interferências em quatro categorias: interferências físicas (*hard clashes*), interferências de afastamento (*soft clashes* ou *clearance clashes*), interferências de fluxo de trabalho (*workflow clashes* ou *4D clashes*) e interferências animadas (*animated clashes*).

Considerando que este estudo não contempla a análise de distanciamentos mínimos, a vinculação dos modelos a um cronograma de execução nem a simulação dinâmica dos elementos, a análise prática será restrita às interferências físicas (*hard clashes*). Dessa forma,

as interferências de afastamento, de fluxo de trabalho e animadas são apresentadas apenas para contextualização teórica.

As interferências classificadas como *hard clashes* ocorrem quando dois ou mais elementos ocupam simultaneamente o mesmo espaço físico no modelo. Segundo Matejka e Sabart (2018), esse tipo de colisão é considerado crítico e deve ser corrigido com prioridade, pois possui potencial elevado de acarretar complicações durante a execução da obra. Um exemplo comum dessa situação é quando um eletroduto atravessa uma viga estrutural sem previsão de abertura para sua passagem.

As interferências classificadas como *soft clashes* ou *clearance clashes* ocorrem quando os elementos não apresentam sobreposição física, entretanto, apresentam distanciamentos inferiores aos mínimos necessários para operação, instalação ou manutenção dos sistemas. Para analisar esse tipo de colisão, os autores propõem a definição de espaços de tolerância (*buffers*) ao redor dos elementos para delimitar um distanciamento mínimo para o funcionamento adequado. Um exemplo desse tipo de interferência ocorre quando um registro está muito próximo a uma parede, dificultando sua abertura.

As interferências classificadas como *workflow clashes* ou *4D clashes* estão relacionadas ao planejamento e à coordenação das atividades construtivas. Nesse caso, por mais que os elementos estejam geometricamente adequados, a sequência construtiva gera conflitos durante a execução. Um exemplo deste tipo de interferência ocorre quando o forro é instalado antes de realizar a passagem de tubulações que deveriam se encontrar acima do mesmo.

As interferências classificadas como *animated clashes* estão relacionadas às características dinâmicas dos objetos, podendo ser representadas, por exemplo, pelo deslocamento de pessoas em corredores, escadas ou locais que exigem espaço para operação e manutenção. Nesse tipo de interferência, são estabelecidas zonas de tolerância dinâmicas (*dynamic buffers*), diferentemente das *soft clashes*, que utilizam zonas de tolerância estáticas ao redor dos elementos. Um exemplo desse tipo de interferência ocorre ao mover uma retroescavadeira de uma posição sem colisão para uma nova posição que gere conflito com a estrutura da edificação.

Matejka e Sabart (2018) recomendam que as interferências identificadas sejam resolvidas nas etapas iniciais do desenvolvimento do projeto, tendo em vista que a negligência na resolução das interferências pode exigir reparos e retrabalhos e, conseqüentemente, elevar os custos do empreendimento. Dessa forma, o *clash detection* é um recurso que auxilia a compatibilização de projetos em *BIM*, contribuindo para a melhoria da qualidade dos modelos e aumentando a confiabilidade das informações presentes no projeto.

2.4.3 Limitações e cuidados na aplicação da detecção de interferências

Embora a detecção de interferências seja uma ferramenta relevante para a compatibilização de projetos em BIM, sua aplicação exige cuidados metodológicos para que os resultados obtidos sejam interpretados de forma adequada. Segundo Eastman et al. (2014), a detecção de interferências constitui uma importante aplicação do BIM voltada à coordenação entre disciplinas, porém sua efetividade depende da correta organização dos modelos e da definição adequada dos critérios de verificação. Assim, a identificação automática de colisões depende diretamente da qualidade da modelagem, do nível de detalhamento dos elementos, da correta localização dos modelos e da configuração das regras de verificação utilizadas no *software*.

Nesse sentido, modelos com elementos lançados de forma simplificada, deslocamentos entre disciplinas, ausência de informações geométricas ou exportações incompletas podem gerar inconsistências na análise. Além disso, dificuldades de interoperabilidade entre diferentes plataformas podem ocasionar perdas de informações, alteração na geometria dos elementos ou incompatibilidades na leitura dos arquivos, influenciando diretamente os resultados da compatibilização. Santos (2009) destaca que a interoperabilidade é fundamental para o compartilhamento e aproveitamento das informações entre diferentes profissionais e sistemas ao longo do ciclo de vida da edificação.

Outro aspecto relevante está relacionado à ocorrência de falsos positivos. Em rotinas de *clash detection*, o *software* pode identificar sobreposições geométricas que, embora existam no modelo, não necessariamente representam conflitos relevantes para a execução da obra. Isso pode ocorrer em situações repetitivas, em sobreposições sem impacto construtivo, em elementos modelados de forma genérica ou em condições que são aceitáveis diante da solução executiva prevista. Nesse contexto, Matejka e Sabart (2018) ressaltam que as interferências identificadas devem ser avaliadas ainda nas etapas iniciais do projeto, de modo a permitir sua correta classificação e resolução.

Dessa forma, os resultados gerados automaticamente não devem ser interpretados de maneira isolada. A quantidade de ocorrências detectadas pelo *software* indica a frequência de sobreposições geométricas encontradas no modelo, mas não representa, por si só, a criticidade das interferências. A análise técnica do projetista continua sendo necessária para confirmar se a ocorrência corresponde a um conflito real, avaliar sua severidade e definir a solução mais adequada para cada caso.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do estudo de caso

Do ponto de vista de sua natureza, o presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, uma vez que busca produzir conhecimentos destinados à aplicação prática na solução de um problema específico. Quanto ao procedimento técnico, a pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso, por possibilitar a análise aprofundada de um objeto delimitado em seu contexto (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 51, 60). Nesse sentido, o estudo tem como objetivo analisar a aplicação da metodologia *BIM* na identificação de interferências entre diferentes disciplinas de projeto de uma residência unifamiliar.

O objeto de estudo consiste em uma residência unifamiliar térrea, localizada na zona rural do município de Presidente Kennedy, no estado do Espírito Santo. A edificação possui área construída de 369,20 m², desconsiderando os beirais da cobertura e as áreas destinadas à casa de máquinas e aos reservatórios.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados os modelos dos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. O modelo arquitetônico serviu como base de referência para o desenvolvimento e posicionamento das demais disciplinas, enquanto a análise de interferências foi direcionada às combinações entre os modelos estrutural, elétrico e hidrossanitário, em razão da elevada interação entre seus elementos.

Os projetos arquitetônico, elétrico e hidrossanitário utilizados no estudo de caso foram desenvolvidos pelo próprio autor, utilizando *softwares* baseados na metodologia *BIM*. O projeto estrutural foi desenvolvido pelo profissional responsável por essa disciplina e posteriormente incorporado ao estudo, com o objetivo de ampliar a análise das interferências entre os sistemas da edificação.

3.2 Etapas preliminares e preparação dos modelos

Inicialmente, foram reunidos e organizados os modelos das disciplinas arquitetônica, estrutural, elétrica e hidrossanitária utilizados no estudo de caso. Os modelos foram desenvolvidos separadamente, conforme as características e ferramentas específicas de cada disciplina, sendo posteriormente preparados para integração no ambiente de compatibilização.

O modelo arquitetônico, desenvolvido no *Autodesk Revit* 2024, foi exportado no formato IFC, uma vez que esse padrão aberto permite a interoperabilidade entre plataformas *BIM* de diferentes fabricantes. Os projetos elétrico e hidrossanitário foram desenvolvidos separadamente no *AltoQi Builder* 2025 Plena e exportados no formato OQ3D, nativo das soluções *AltoQi*, visando preservar a geometria, as propriedades e as referências dos elementos durante a integração dos modelos. O projeto estrutural, desenvolvido no *AltoQi Eberick* 2024, também foi exportado em OQ3D e incorporado ao conjunto de modelos analisados.

Antes de iniciar a compatibilização, foram conferidos o posicionamento dos modelos em relação ao ponto base do projeto arquitetônico, a correspondência com o nível térreo da edificação e a consistência das informações necessárias à análise.

Posteriormente, os modelos foram importados e integrados no *AltoQi Builder* 2025 Plena, formando um modelo federado composto por todos os sistemas analisados. Como os modelos foram inseridos por meio de vínculos, eventuais alterações realizadas nos projetos de origem poderiam ser incorporadas ao conjunto mediante a atualização dos respectivos arquivos vinculados.

Na Figura 2 é demonstrado o fluxo de preparação e integração dos modelos utilizados no estudo de caso, indicando os *softwares* empregados em cada disciplina, os formatos adotados para exportação dos arquivos e o ambiente utilizado para importação e compatibilização.

Figura 2 — Fluxo de exportação, importação e integração dos modelos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

3.3 Procedimentos de análise

Após a integração das disciplinas no modelo federado, foram definidos os procedimentos utilizados para a identificação e análise dos conflitos. Inicialmente, os modelos estrutural, elétrico e hidrossanitário foram comparados aos pares, permitindo identificar as disciplinas envolvidas em cada ocorrência e organizar os resultados de acordo com os sistemas analisados. O Quadro 1 apresenta as três combinações de disciplinas utilizadas na análise.

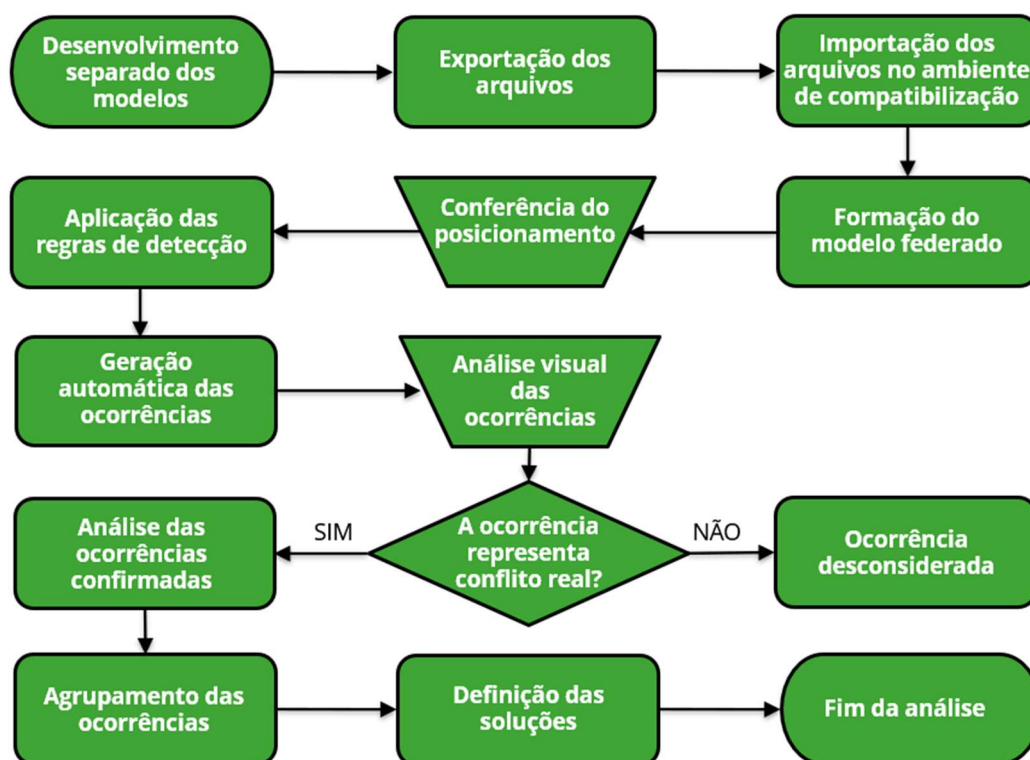
Quadro 1 — Combinações de disciplinas utilizadas na detecção de interferências

Combinação	Elementos e conflitos verificados
Estrutural × Hidrossanitário	Tubulações, conexões, caixas e elementos verticais das instalações hidrossanitárias ocupando o mesmo espaço físico de vigas, pilares, lajes e sapatas.
Estrutural × Elétrico	Eletrodutos, caixas e demais componentes elétricos ocupando o mesmo espaço físico de vigas, pilares e lajes.
Elétrico × Hidrossanitário	Sobreposições físicas entre eletrodutos, caixas, tubulações, conexões e equipamentos pertencentes aos dois sistemas.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Na Figura 3 é apresentado o fluxograma metodológico adotado para a integração e análise dos modelos. Inicialmente, os modelos foram desenvolvidos separadamente, exportados e importados no ambiente de compatibilização. Em seguida, foi formado o modelo federado e realizada a conferência do posicionamento dos arquivos. Após essa etapa, foram aplicadas as regras de detecção de interferências, gerando automaticamente as ocorrências. Cada ocorrência foi analisada visualmente para verificar se representava um conflito real. As ocorrências confirmadas foram analisadas e agrupadas, servindo de base para a definição das soluções adotadas.

Figura 3 — Fluxo metodológico de integração e análise dos modelos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A rotina de detecção de interferências foi executada no AltoQi Builder 2025 Plena, utilizando o recurso nativo de verificação de colisões geométricas do *software*. Essa rotina foi aplicada exclusivamente para a identificação de interferências físicas do tipo *hard clash*, caracterizadas pela sobreposição geométrica entre elementos tridimensionais pertencentes a disciplinas distintas.

Não foram configuradas regras de afastamento mínimo, zonas de tolerância, *buffers* ou verificações relacionadas a espaços de manutenção e operação, uma vez que esse tipo de análise corresponde às interferências de afastamento, ou *soft clashes*, que não fizeram parte do escopo deste trabalho. Dessa forma, a detecção realizada limitou-se à identificação de colisões físicas diretas entre os elementos selecionados nas regras de verificação.

Na rotina utilizada, não foi adotada configuração manual adicional de tolerância geométrica em milímetros pelo usuário. Assim, as ocorrências foram geradas conforme o critério nativo do *software* para verificação de colisões físicas, considerando as interseções geométricas entre os elementos modelados e incluídos nas combinações analisadas. Foram considerados apenas os elementos efetivamente representados nos modelos tridimensionais vinculados, sem avaliação de afastamentos, revestimentos, isolamentos ou camadas de acabamento não modeladas como objetos específicos.

As regras de detecção foram organizadas conforme as combinações de disciplinas definidas para o estudo, contemplando os elementos estruturais, elétricos e hidrossanitários envolvidos em cada análise.

Para a análise das ocorrências geradas automaticamente, foi adotada uma etapa de triagem manual, realizada por meio da avaliação visual das interferências no modelo federado. Essa etapa teve como finalidade distinguir ocorrências repetidas ou duplicadas, condições aceitáveis de modelagem ou execução e conflitos reais confirmados.

Foram consideradas ocorrências repetidas ou duplicadas aquelas associadas a um mesmo elemento ou a uma mesma situação de conflito, gerando múltiplos registros automáticos no *software*. Foram consideradas condições aceitáveis as sobreposições geométricas que, após análise técnica, não representavam impacto relevante para a execução, não exigiam alteração dos sistemas e eram compatíveis com a solução construtiva prevista.

Os conflitos reais confirmados foram classificados de acordo com sua severidade, considerando a necessidade de intervenção nos elementos envolvidos, o impacto potencial na execução e a possibilidade de comprometer elementos estruturais ou sistemas prediais. A classificação adotada não considerou apenas a quantidade de ocorrências, mas também a natureza do conflito e sua implicação técnica. Na Tabela 1 são apresentados os critérios adotados para a triagem e classificação das ocorrências identificadas.

Tabela 1 — Critérios de triagem e classificação das ocorrências

Classificação	Critério adotado	Tratamento na análise
Ocorrência repetida ou duplicada	Registros automáticos associados a uma mesma situação de conflito ou a um mesmo elemento, sem representar novos problemas de coordenação	Descartada da contagem de conflitos reais
Condição aceitável	Sobreposição geométrica sem impacto construtivo relevante, compatível com a solução executiva prevista ou decorrente de simplificação da modelagem	Descartada da contagem de conflitos reais
Conflito real de baixa severidade	Interferência que exige ajuste simples de traçado ou reposicionamento de elemento, sem impacto relevante sobre elementos estruturais ou execução	Mantida e classificada como baixa severidade
Conflito real de média severidade	Interferência que exige alteração de encaminhamento, compatibilização entre disciplinas ou solução executiva específica, sem necessidade de intervenção relevante em elementos estruturais	Mantida e classificada como média severidade

Conflito real de alta severidade	Interferência com potencial de exigir rasgo, furo, alteração ou intervenção em elemento estrutural, violação de critério técnico/normativo ou solução obrigatória antes da execução ou concretagem	Mantida e classificada como alta severidade
----------------------------------	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Para cada combinação de disciplinas, foram aplicadas regras de detecção de interferências físicas entre os elementos analisados. O *software* identificou automaticamente as interseções geométricas entre os componentes pertencentes às disciplinas comparadas, caracterizando as ocorrências do tipo *hard clash*.

Após a geração automática das ocorrências, cada situação foi analisada visualmente para confirmar se representava um conflito real entre os projetos ou uma condição aceitável prevista na solução construtiva. As ocorrências que não exigiam correção foram desconsideradas, enquanto os conflitos confirmados foram classificados como interferências físicas (*hard clashes*), de acordo com o escopo definido para o estudo.

Não foram analisadas interferências de afastamento, interferências de fluxo de trabalho nem interferências animadas, uma vez que o estudo não incluiu avaliação de distanciamentos mínimos, vinculação dos modelos a um cronograma de execução ou simulação dinâmica dos elementos.

Para a apresentação dos resultados, as ocorrências geradas automaticamente foram organizadas de acordo com as combinações de disciplinas analisadas e posteriormente submetidas à triagem manual. Devido ao elevado número de registros e ao caráter repetitivo de parte das ocorrências, optou-se por apresentar os resultados por meio de uma síntese quantitativa da filtragem e de figuras representativas do modelo federado, permitindo evidenciar os principais tipos de conflitos observados sem expor individualmente cada ocorrência gerada pelo *software*.

Por fim, as ocorrências representativas foram avaliadas considerando sua relação com os demais sistemas da edificação e a possibilidade de ajuste ainda na fase de projeto. Essa análise serviu de base para a discussão dos principais conflitos identificados e para a apresentação das soluções adotadas ou recomendadas nos tópicos seguintes.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Apresentação dos projetos

4.1.1 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico corresponde a uma residência unifamiliar térrea, com área construída de 369,20 m², destinada a uma família composta por um casal e uma filha. Para o cálculo dessa área, não foram consideradas as calçadas cobertas pelos beirais nem a área técnica localizada na cobertura, destinada à casa de máquinas e aos reservatórios. A organização funcional da residência foi estruturada em setores social, íntimo, de serviço e técnico, buscando atender às necessidades dos moradores e favorecer a integração entre os ambientes internos e externos.

O setor íntimo é composto por uma suíte master com closet, destinada ao casal, uma suíte com closet para a filha, uma suíte de hóspedes e um escritório, interligados por um corredor de circulação. Todos os dormitórios e o escritório possuem acesso à área externa da piscina por meio de portas de correr. As esquadrias dos dormitórios voltadas para essa área também possuem persianas integradas com acionamento automatizado. A implantação dos ambientes foi organizada ao redor da piscina, promovendo sua integração com os principais espaços da residência e valorizando a vista para a paisagem montanhosa existente no entorno.

O setor social compreende a sala de estar com pé-direito duplo, o lavabo e a varanda, na qual estão localizados a cozinha gourmet com churrasqueira, a sala de televisão, o salão de festas e os lavabos masculino e feminino. O setor de serviço reúne a cozinha interna, parcialmente integrada à sala de estar por meio de uma parede não estrutural, a lavanderia, a garagem para dois veículos e o depósito situado em uma das extremidades da varanda. O setor técnico, por sua vez, é constituído pelos espaços e equipamentos de apoio localizados na cobertura e na área externa da residência.

A residência apresenta linguagem arquitetônica contemporânea, com amplas esquadrias e portas de correr em alumínio com pintura eletrostática, enquanto as portas internas foram especificadas em madeira. A edificação possui forro em todos os ambientes internos e áreas cobertas, sendo adotado forro de madeira na varanda, nos beirais e na garagem, e forro de gesso nos demais espaços. A cobertura foi concebida em laje impermeabilizada com manta asfáltica, sem a utilização de telhado convencional.

Quanto às alturas da edificação, foi adotado pé esquerdo de 3,20 m, compreendido entre o piso do pavimento térreo e a borda superior da laje de cobertura. As vigas de cobertura apresentam altura aproximada de 40 cm, e a edificação possui forro nos ambientes internos e áreas cobertas. Considerando essa configuração, o pé-direito livre mínimo previsto nos ambientes com rebaixo de forro é de aproximadamente 2,60 m.

Embora a edificação seja térrea, foi prevista na cobertura uma área técnica de acesso restrito para inspeção e manutenção dos equipamentos. A casa de máquinas abriga o *boiler*, o pressurizador e os *manifolds* de distribuição de água quente e fria, enquanto os reservatórios de água estão instalados acima desse compartimento. As unidades condensadoras dos sistemas de condicionamento de ar também estão localizadas na cobertura, porém em área externa à casa de máquinas. Fora da edificação, foi previsto ainda um abrigo destinado aos recipientes de gás.

Além da organização funcional dos ambientes, a residência apresenta alguns diferenciais técnicos que influenciaram o desenvolvimento dos projetos complementares e a posterior etapa de compatibilização. Entre esses elementos, destacam-se a previsão de ponto para carregamento de veículo elétrico na garagem, a bomba do poço artesiano, a bomba da hidromassagem e as instalações relacionadas ao funcionamento da piscina, como a bomba de filtragem e o circuito de iluminação exclusivo. Também foram previstos sistema de tratamento de esgoto composto por biodigestor, leito de secagem e valas de infiltração, registros monocomando nos pontos de utilização de água quente e fria, além de sistema de pressurização instalado a montante do *boiler*, destinado ao abastecimento adequado da rede de água quente.

O modelo arquitetônico foi desenvolvido no Autodesk Revit 2024 e contempla paredes, pisos, lajes, forros, esquadrias, aparelhos sanitários, mobiliário planejado e demais elementos necessários à representação da edificação. Esses elementos serviram de referência para o desenvolvimento dos projetos hidrossanitário e elétrico. Na Tabela 2 são apresentados os ambientes que compõem a residência e suas respectivas áreas.

Tabela 2 — Ambientes e respectivas áreas da residência

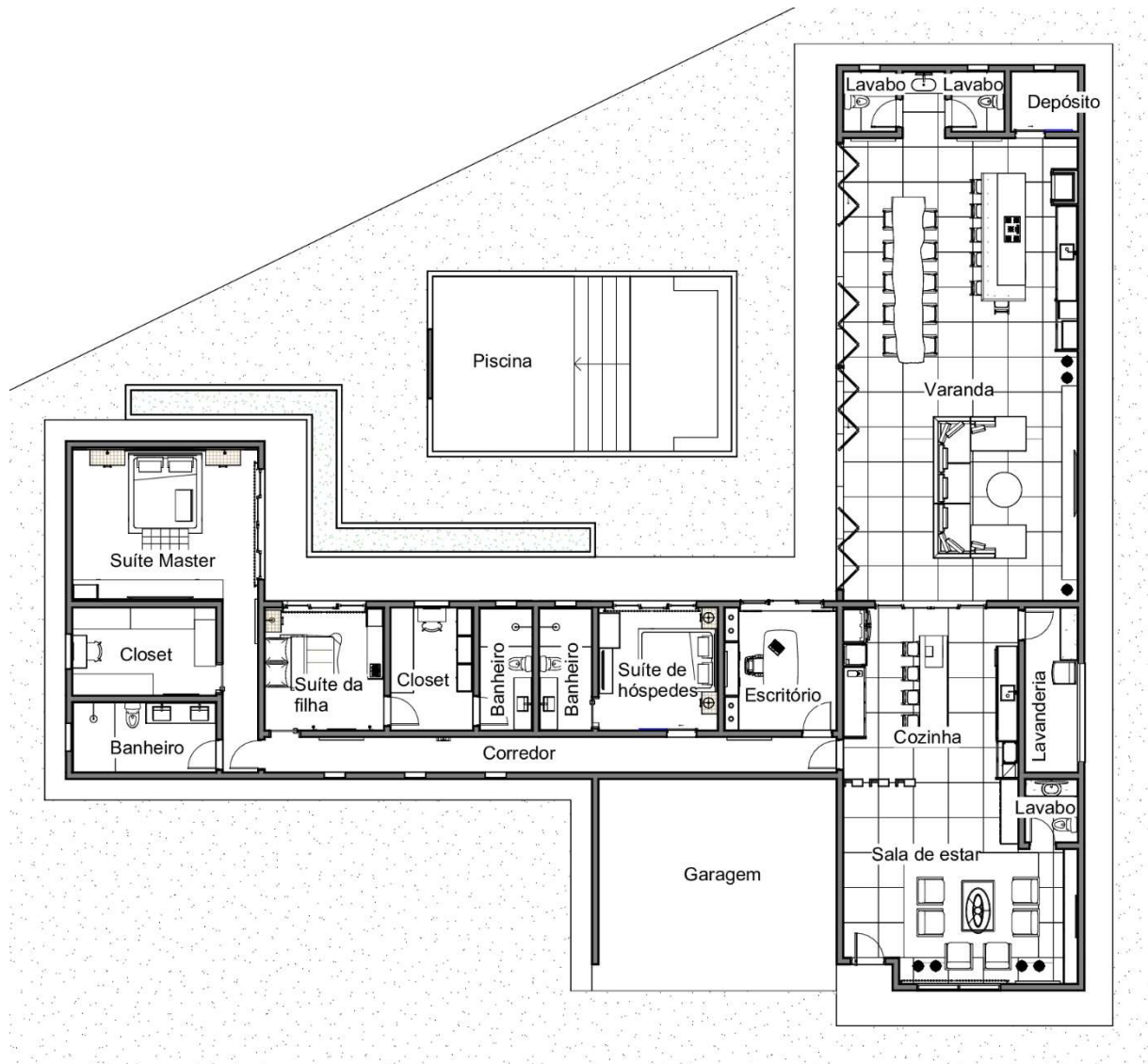
Ambiente	Área (m ²)
Suíte master	28,22
Closet da suíte master	10,25
Banheiro da suíte master	8,20
Suíte da filha	11,90
Closet da suíte da filha	8,23
Banheiro da suíte da filha	5,25
Suíte de hóspedes	11,90
Banheiro da suíte de hóspedes	5,25
Escritório	11,20
Corredor	16,35
Sala de estar	34,60
Lavabo	2,70
Cozinha	24,50
Lavanderia	7,05
Garagem	42,49
Varanda	91,06
Banheiro masculino	2,55
Banheiro feminino	2,55
Depósito	3,23

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Nota: As áreas indicadas na tabela correspondem às áreas internas dos ambientes, sem considerar a área ocupada pelas paredes. A soma das áreas internas totaliza 327,48 m²; com a inclusão da área das paredes da edificação, correspondente a 41,72 m², obtém-se a área construída de 369,20 m², desconsiderando-se os beirais e a área técnica da cobertura.

Na Figura 4 é apresentada a planta baixa do projeto arquitetônico, permitindo visualizar a distribuição e a organização dos ambientes da residência. Nas Figuras 5 e 6 são apresentadas as vistas em perspectiva do modelo tridimensional, evidenciando sua configuração volumétrica e as principais características arquitetônicas da edificação.

Figura 4 — Planta baixa do projeto arquitetônico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 5 — Primeira vista em perspectiva do modelo tridimensional



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 6 — Segunda vista em perspectiva do modelo tridimensional



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

4.1.2 Projeto estrutural

O projeto estrutural da residência foi desenvolvido em sistema convencional de concreto armado, composto por pilares, vigas, lajes e fundações. A solução adotada contempla lajes maciças com 10 cm de espessura e fundações em sapatas isoladas, dimensionadas conforme as características da edificação e as solicitações atuantes nos elementos estruturais.

O modelo estrutural foi desenvolvido no *AltoQi Eberick 2024* pelo profissional responsável pela disciplina e posteriormente incorporado ao estudo de caso para a análise das interferências entre os sistemas da edificação. No modelo foram representados os pilares, as vigas, as lajes e as fundações, abrangendo os níveis de fundação, pavimento térreo e cobertura.

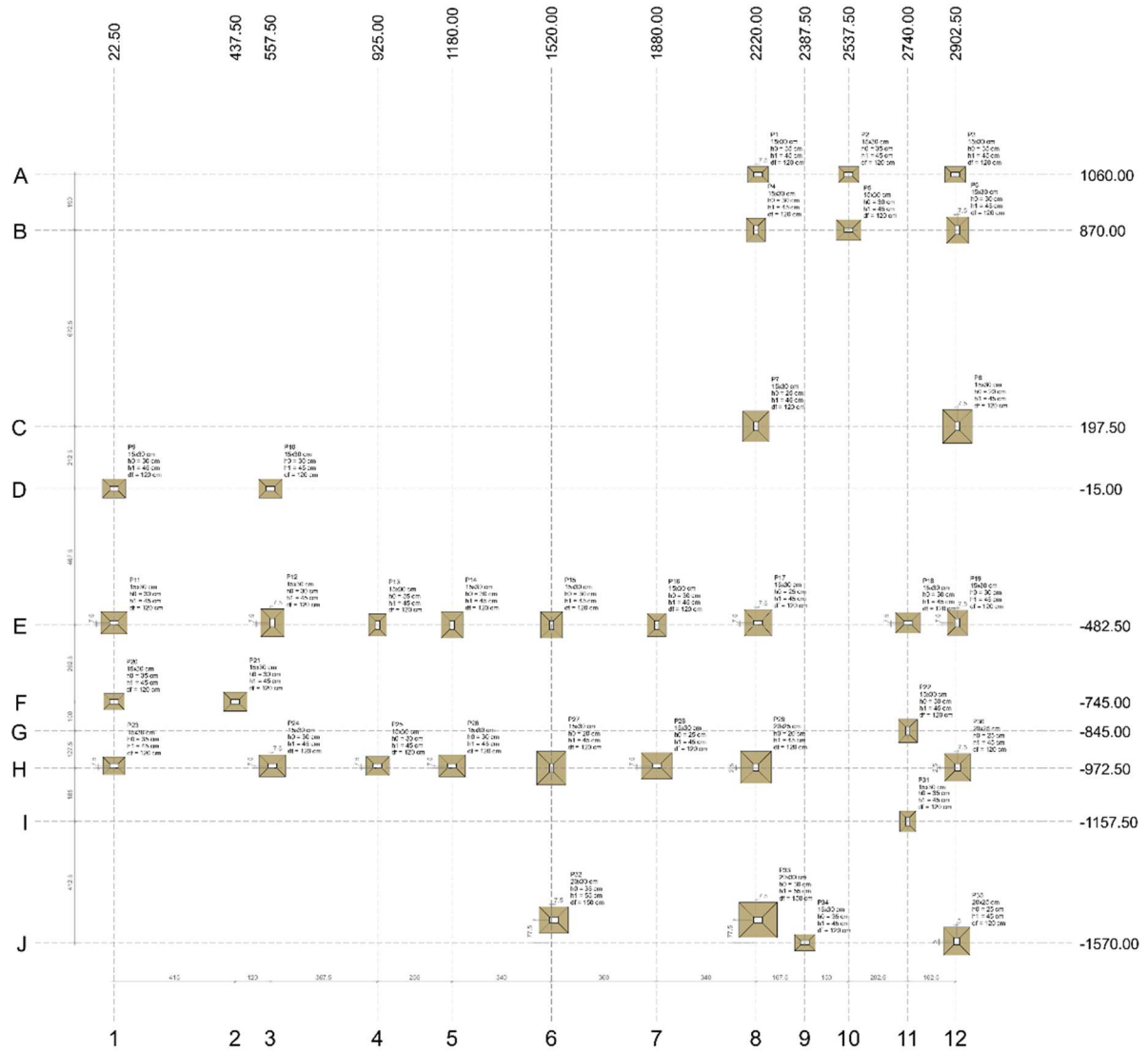
Entre as principais características do projeto estrutural, destacam-se a presença de pé-direito duplo na sala de estar e a existência de vãos livres significativos em determinados setores da residência. Na varanda, foram previstos vãos de 6,75 m no sentido X e 6,50 m no sentido Y, enquanto na garagem foi adotado vão de 6,85 m. Essas características tornam o modelo estrutural especialmente relevante para a etapa de compatibilização, uma vez que vigas, pilares, lajes e sapatas podem apresentar interação direta com os elementos elétricos e hidrossanitários analisados na compatibilização.

Após sua elaboração, o modelo estrutural foi exportado em formato OQ3D e integrado ao modelo federado no *AltoQi Builder 2025* Plena. A partir dessa integração, foi possível comparar a disciplina estrutural com os demais projetos analisados, permitindo verificar possíveis interferências físicas entre elementos estruturais e componentes dos sistemas elétrico e hidrossanitário.

Na Figura 7 é apresentada a planta de locação da fundação, na qual é possível identificar a disposição das sapatas isoladas e dos pilares da edificação. Já na Figura 8 é

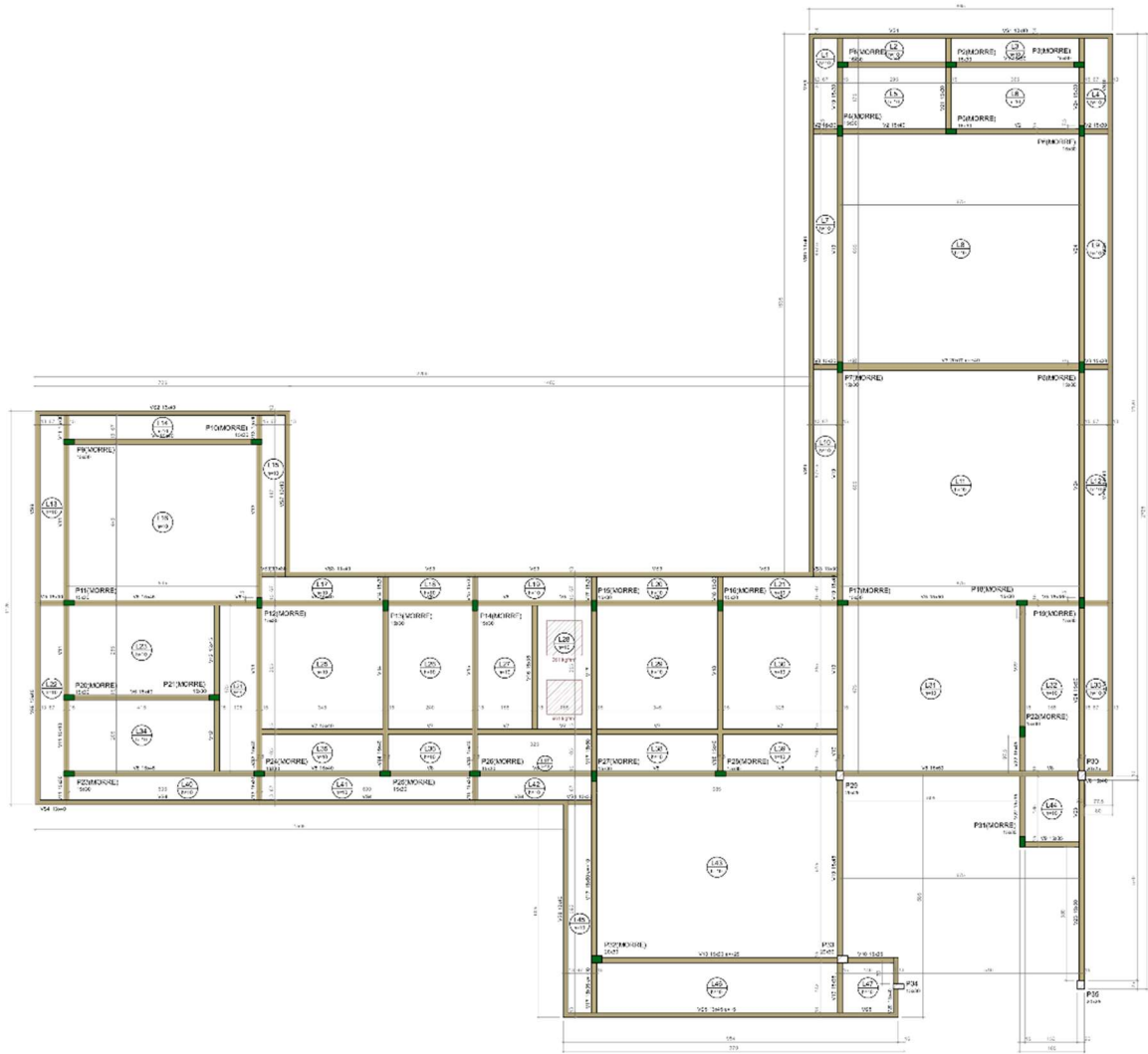
apresentada a planta de formas da cobertura, evidenciando a distribuição dos elementos estruturais superiores. Por fim, na Figura 9 é apresentada a vista tridimensional do modelo estrutural, permitindo visualizar de forma integrada os principais componentes modelados.

Figura 7 — Planta de locação da fundação



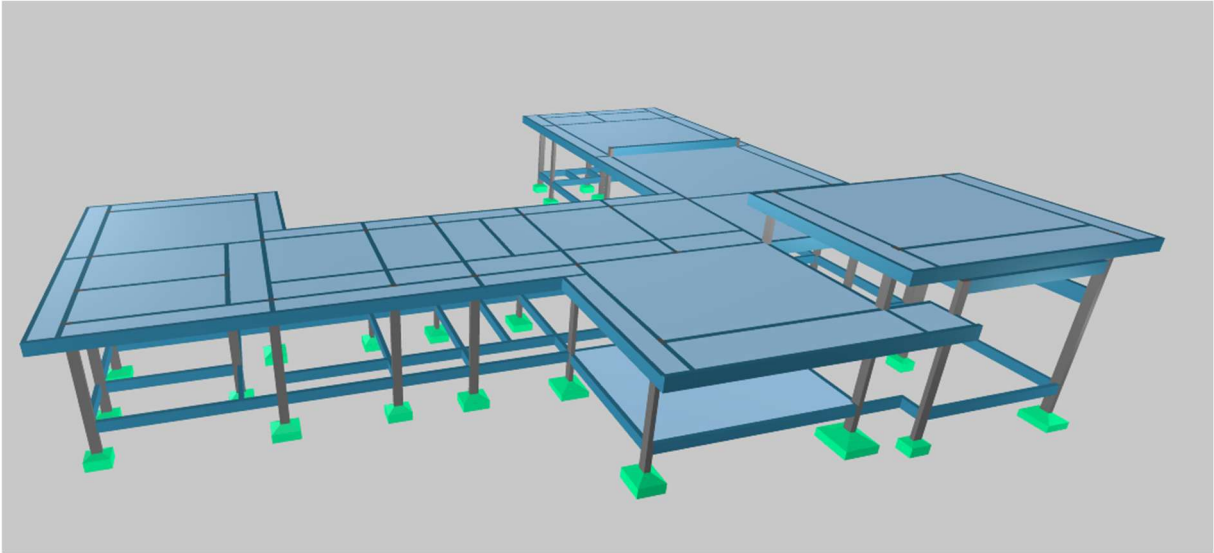
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 8 — Planta de formas da cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 9 — Vista tridimensional do modelo estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

4.1.3 Projeto hidrossanitário

O projeto hidrossanitário da residência foi desenvolvido com o objetivo de atender aos sistemas de água fria, água quente, esgoto sanitário, ventilação e águas pluviais, contemplando os principais subsistemas necessários ao abastecimento, à distribuição e ao escoamento das águas na edificação. O modelo foi elaborado no *AltoQi Builder 2025 Plena*, utilizando como base o projeto arquitetônico e considerando a organização funcional dos ambientes e a localização dos equipamentos previstos na residência.

No sistema de abastecimento, foram previstos reservatórios superiores, *boiler*, pressurização, *manifolds* de distribuição e casa de máquinas, concentrando na área técnica os principais componentes responsáveis pelo armazenamento, aquecimento e pressurização da água. As tubulações de água fria foram especificadas em PVC, enquanto as tubulações de água quente foram definidas em CPVC, em conformidade com as características de uso de cada sistema.

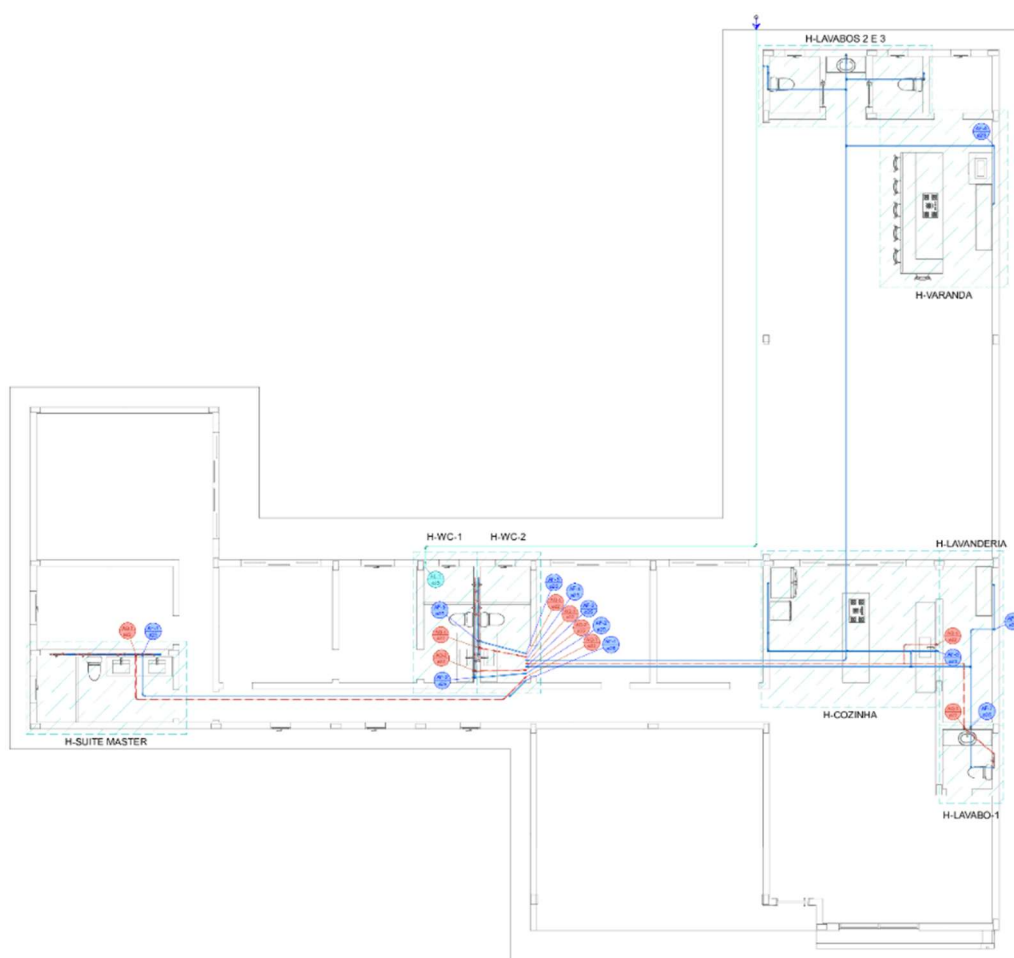
Entre os diferenciais associados ao projeto hidrossanitário, destacam-se a utilização de registros monocomando nos pontos de consumo de água quente e fria, a adoção de sistema de pressurização instalado a montante do *boiler* e a previsão das instalações hidráulicas relacionadas à piscina e à hidromassagem. O sistema de esgotamento sanitário também contempla solução composta por biodigestor, leito de secagem e valas de infiltração, responsáveis pelo tratamento e disposição final dos efluentes gerados na residência.

O modelo hidrossanitário contempla as redes de distribuição de água, de coleta e condução de esgoto sanitário, de ventilação e de drenagem das águas pluviais, incluindo os elementos necessários à representação e ao encaminhamento desses sistemas no interior e no entorno da edificação. Devido à elevada interação dessas instalações com paredes, lajes, vigas, pilares, forros e demais componentes das outras disciplinas, o projeto hidrossanitário possui papel relevante na etapa de compatibilização, especialmente em razão da necessidade de verificar passagens, prumadas, posicionamento de tubulações e interferências com os demais elementos construtivos.

Após sua elaboração, o modelo hidrossanitário foi exportado em formato OQ3D e integrado ao modelo federado no *AltoQi Builder 2025 Plena*. Essa integração permitiu comparar a disciplina hidrossanitária com os projetos estrutural e elétrico, possibilitando a identificação de conflitos entre tubulações, conexões, registros, equipamentos e os demais componentes da edificação.

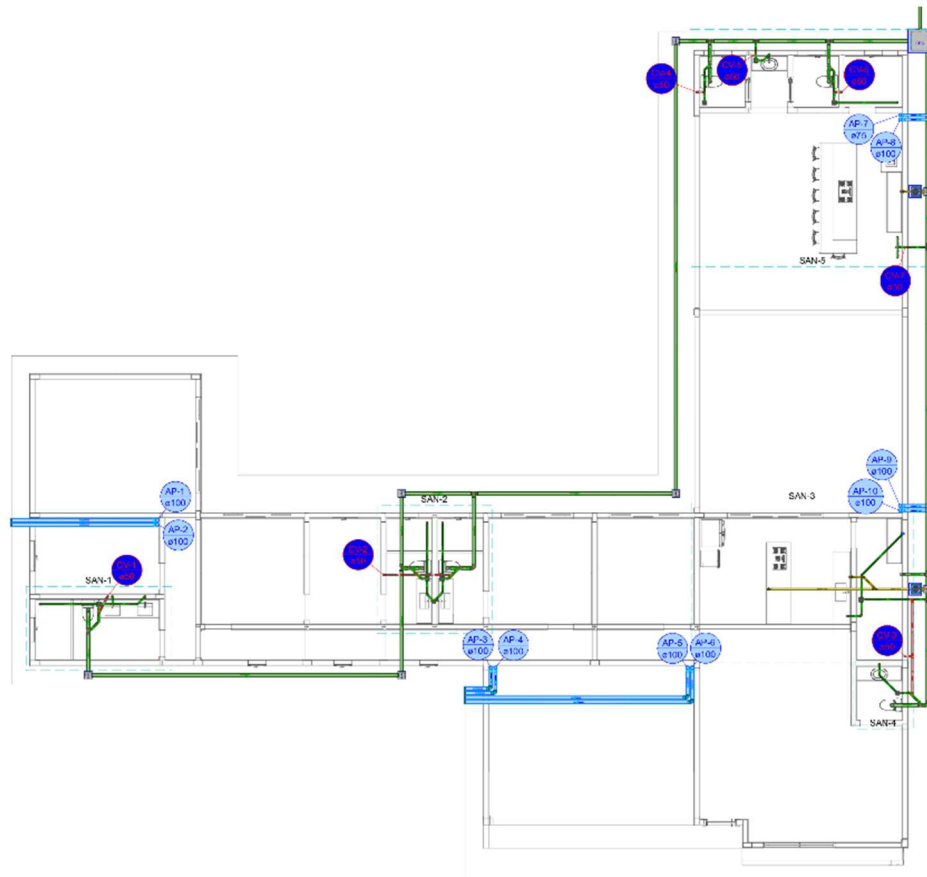
Na Figura 10 é apresentada a planta hidráulica da residência, evidenciando a distribuição dos sistemas de abastecimento de água. Já na Figura 11 é demonstrada a planta hidrossanitária, permitindo visualizar de forma conjunta os elementos relacionados aos sistemas de esgoto, ventilação e demais componentes da disciplina. Na Figura 12 é apresentada uma vista em perspectiva isométrica do modelo hidrossanitário, favorecendo a compreensão espacial do traçado das tubulações. Por fim, na Figura 13 é demonstrado o detalhamento da área técnica, na qual se encontram os principais equipamentos e componentes de apoio aos sistemas de abastecimento e aquecimento de água.

Figura 10 — Planta hidráulica da residência



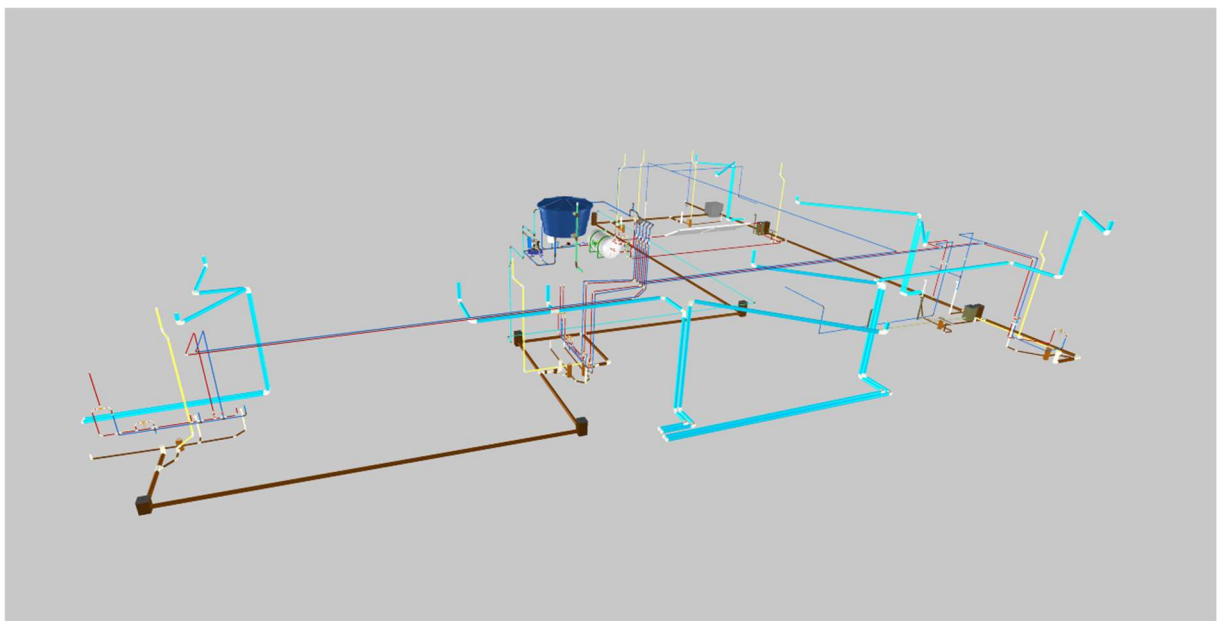
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 11 — Planta hidrossanitária da residência



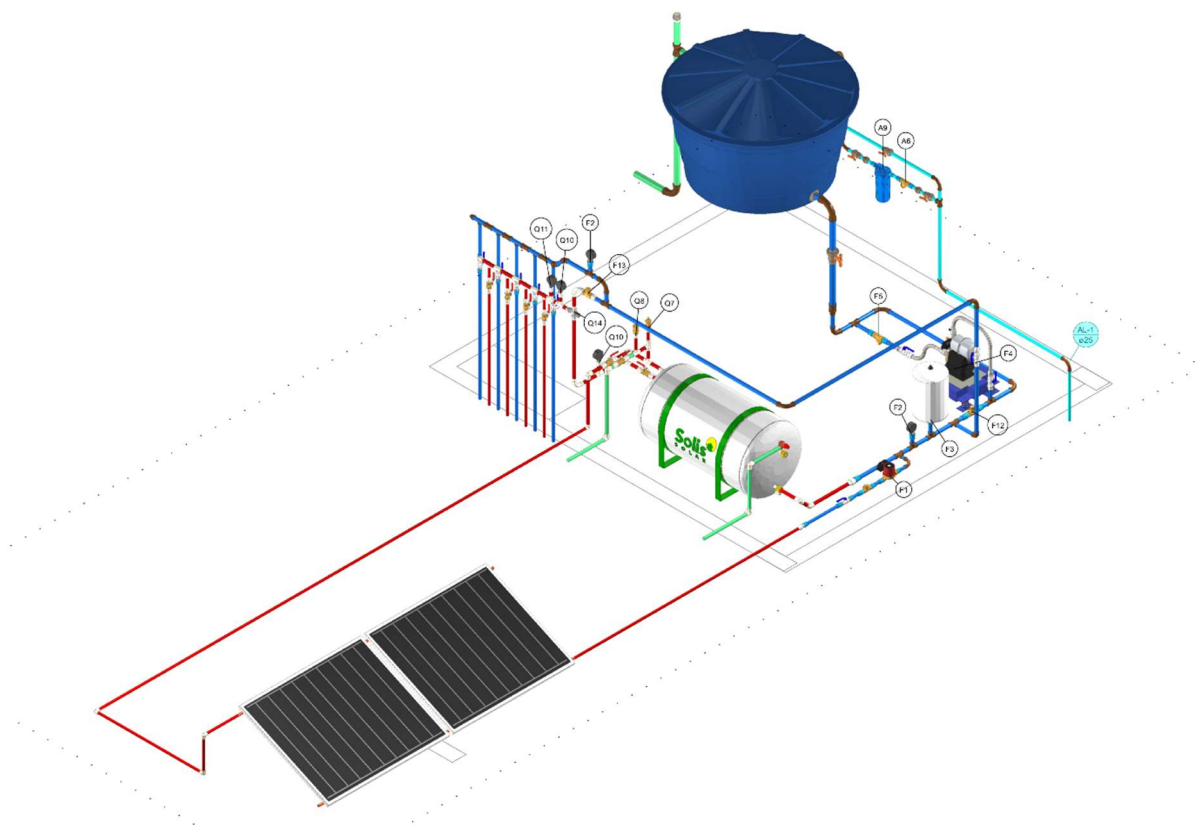
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 12 — Vista em perspectiva isométrica do modelo hidrossanitário



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 13 — Detalhamento da área técnica do sistema hidrossanitário



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

4.1.4 Projeto elétrico

O projeto elétrico da residência foi desenvolvido com o objetivo de atender ao sistema de iluminação e à distribuição de energia elétrica da edificação, contemplando a categoria de fornecimento adotada de acordo com a norma da EDP Espírito Santo, bem como os quadros de distribuição e seus respectivos dispositivos de proteção. O modelo foi elaborado no *AltoQi Builder 2025 Plena*, utilizando como base o projeto arquitetônico e considerando a disposição dos ambientes, a localização dos equipamentos e as necessidades de alimentação elétrica da residência.

O projeto elétrico também contemplou pontos específicos destinados à alimentação de equipamentos de maior demanda ou de uso técnico da residência, como a tomada para carregamento de veículo elétrico, a bomba do poço artesiano, a bomba da hidromassagem e os equipamentos vinculados às instalações da piscina. Esses elementos foram considerados no lançamento dos circuitos e na organização da infraestrutura elétrica, devido à sua relevância para o funcionamento dos sistemas complementares da edificação.

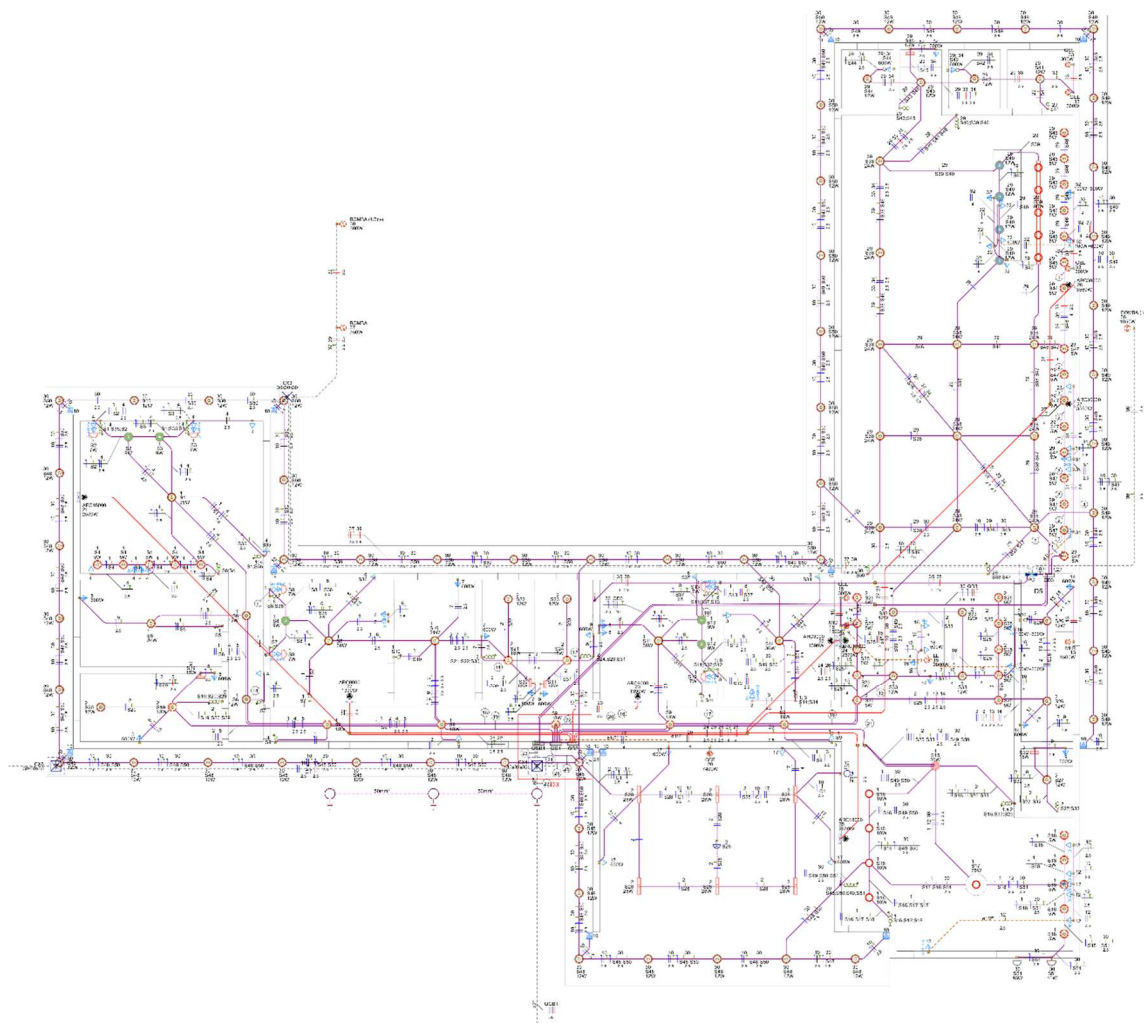
No desenvolvimento da disciplina, foram modelados os principais componentes do sistema elétrico, incluindo eletrodutos, caixas, luminárias, quadros de distribuição e dispositivos de proteção, como disjuntores, interruptores diferenciais residuais (IDR) e dispositivos de proteção contra surtos (DPS). Esses elementos foram organizados de modo a representar a distribuição da infraestrutura elétrica da residência e possibilitar sua análise integrada com as demais disciplinas do projeto.

Devido à interação direta entre os componentes elétricos e os elementos estruturais e hidrossanitários analisados, o modelo elétrico possui papel relevante na etapa de compatibilização. A verificação das passagens de eletrodutos, da posição das caixas, da locação dos quadros e da relação entre os dispositivos elétricos e os demais sistemas da edificação é fundamental para identificar conflitos e avaliar a viabilidade das soluções adotadas.

Após sua elaboração, o modelo elétrico foi exportado em formato OQ3D e integrado ao modelo federado no *AltoQi Builder 2025* Plena. A partir dessa integração, foi possível comparar a disciplina elétrica com os projetos estrutural e hidrossanitário, permitindo verificar conflitos entre os componentes do sistema elétrico e os demais elementos da edificação.

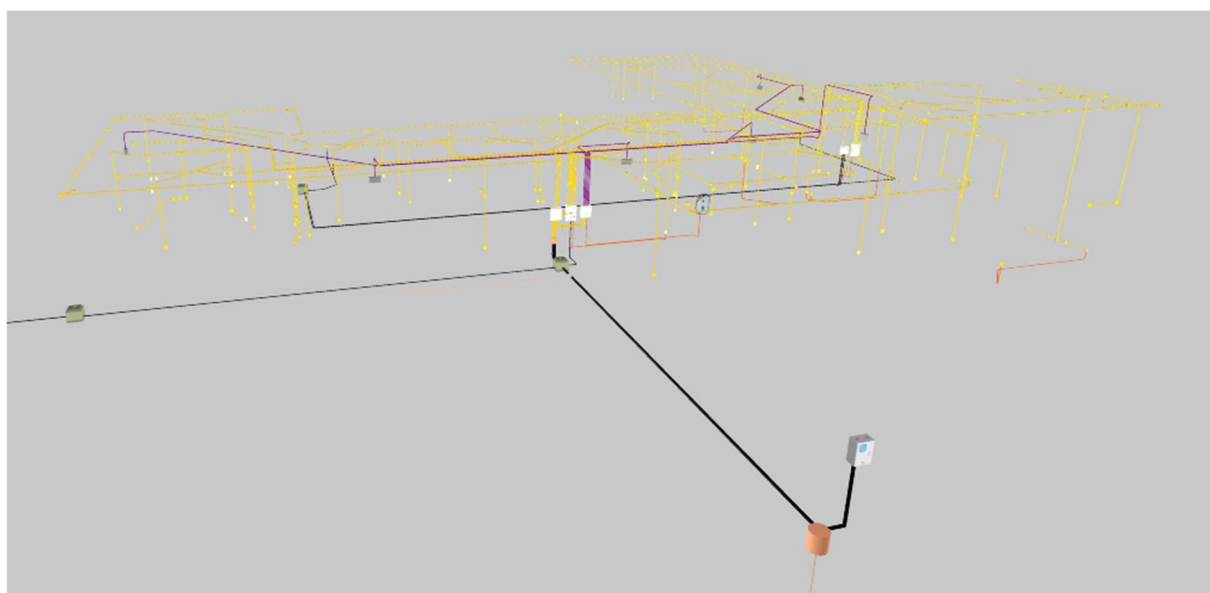
Na Figura 14 é apresentada a planta do projeto elétrico da residência, evidenciando a distribuição dos elementos da disciplina ao longo dos ambientes. Já na Figura 15 é demonstrado um esquema tridimensional do modelo elétrico, favorecendo a visualização espacial dos componentes modelados.

Figura 14 — Planta do projeto elétrico da residência



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 15 — Esquema tridimensional do modelo elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

4.2 Compatibilização dos modelos *BIM*

Após a apresentação dos projetos que compõem o estudo de caso, os modelos foram reunidos no *AltoQi Builder 2025 Plena* para a formação do modelo federado. O modelo arquitetônico foi mantido como referência espacial e visual para a conferência do posicionamento das disciplinas, enquanto as rotinas de detecção de interferências foram aplicadas às combinações entre os modelos estrutural, hidrossanitário e elétrico.

Inicialmente, o modelo arquitetônico, desenvolvido no Autodesk Revit 2024, foi exportado em formato IFC e inserido no ambiente de compatibilização. Em seguida, foram incorporados os modelos estrutural, hidrossanitário e elétrico, exportados em formato OQ3D a partir dos *softwares AltoQi Eberick 2024* e *AltoQi Builder 2025 Plena*. A utilização desses formatos permitiu reunir as disciplinas em um modelo federado, preservando a representação geométrica dos elementos necessários à análise.

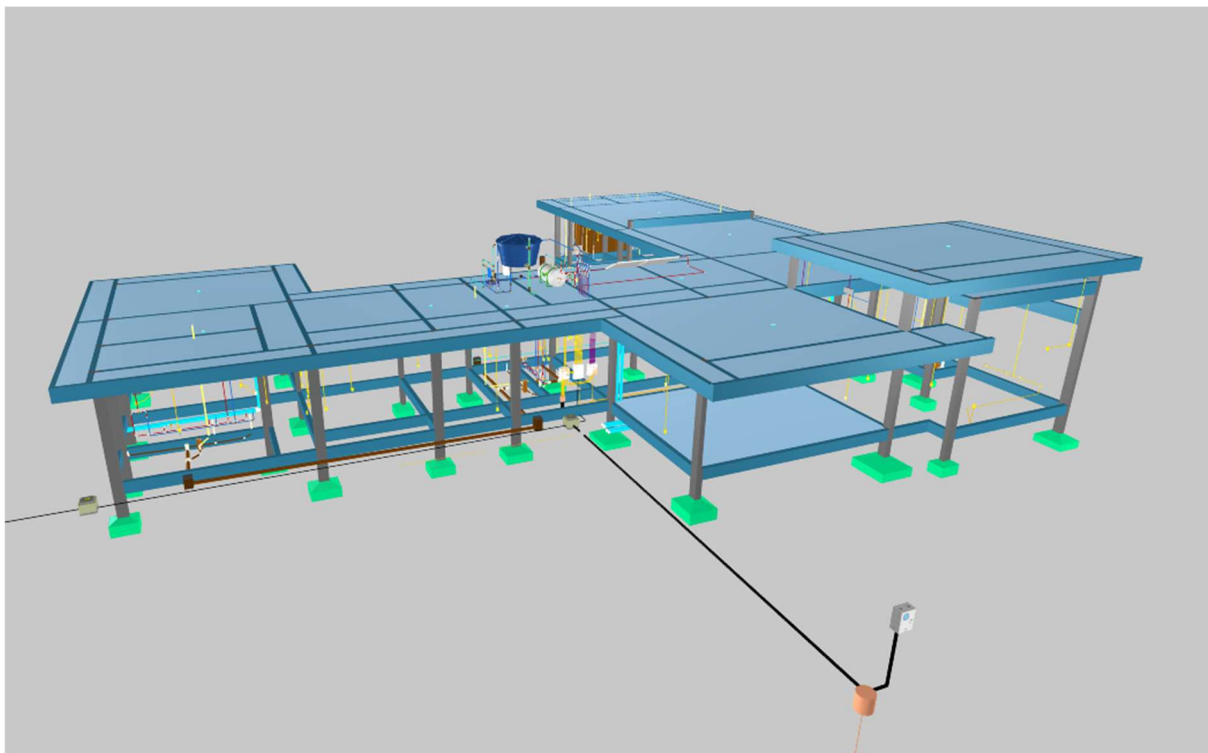
Antes da execução das verificações, foi realizada a conferência do posicionamento dos modelos, observando sua correspondência em relação ao ponto de referência adotado, ao nível térreo da edificação e à sobreposição correta entre as disciplinas. Essa etapa foi necessária para garantir que as interferências identificadas estivessem relacionadas a conflitos reais entre os projetos, e não a deslocamentos decorrentes de importação, posicionamento incorreto ou incompatibilidade entre os arquivos.

Com os modelos integrados, a compatibilização foi conduzida por meio da comparação entre as disciplinas estrutural, hidrossanitária e elétrica, considerando as combinações definidas na metodologia. Dessa forma, foram avaliadas situações em que elementos de uma disciplina ocupavam o mesmo espaço físico de componentes de outra disciplina, caracterizando interferências físicas do tipo *hard clash*.

A detecção das interferências físicas foi realizada com auxílio das ferramentas de análise do *software*, que permitiram verificar interseções geométricas entre os elementos modelados. Após a geração automática das ocorrências, as situações identificadas foram avaliadas visualmente, a fim de distinguir conflitos relevantes de condições aceitáveis previstas nas soluções construtivas adotadas. Dessa forma, a compatibilização não se limitou à detecção automática pelo *software*, incluindo também a avaliação técnica dos elementos envolvidos e de sua relação com os demais sistemas da edificação.

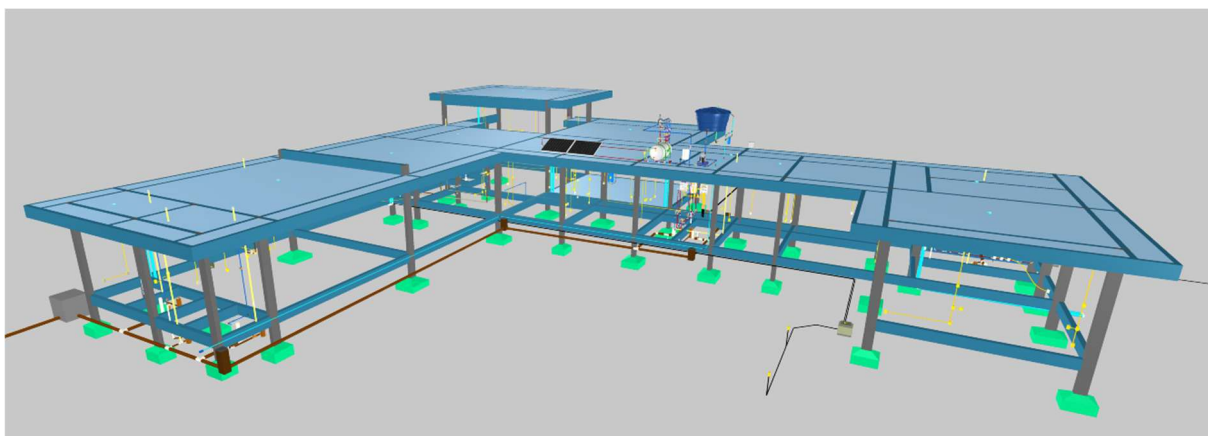
Nas Figuras 16 e 17 são apresentadas perspectivas isométricas do modelo federado utilizado na compatibilização, reunindo os modelos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico no ambiente do *AltoQi Builder 2025 Plena*.

Figura 16 — Primeira perspectiva isométrica do modelo federado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 17 — Segunda perspectiva isométrica do modelo federado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

4.3 Análise e classificação das interferências detectadas

A análise das interferências detectadas foi realizada a partir das combinações de disciplinas definidas na metodologia, considerando apenas as interferências físicas do tipo *hard clash*, caracterizadas pela interseção geométrica entre elementos pertencentes a diferentes modelos. Após a integração das disciplinas no modelo federado, foram aplicadas as regras de verificação entre os modelos estrutural, hidrossanitário e elétrico, com posterior análise visual das ocorrências geradas automaticamente pelo *software*.

As combinações analisadas compreenderam as comparações entre os modelos estrutural e hidrossanitário, estrutural e elétrico, e elétrico e hidrossanitário. O modelo arquitetônico foi utilizado como referência espacial para o posicionamento e conferência dos demais sistemas, porém não foi considerado nas rotinas de detecção de interferências apresentadas neste tópico.

Antes da análise individual das combinações de disciplinas, as ocorrências geradas automaticamente pelo *software* foram submetidas à triagem manual, conforme os critérios definidos na metodologia. Essa etapa teve como objetivo separar os registros repetidos ou duplicados, as condições aceitáveis e os conflitos reais confirmados. Na Tabela 3 é apresentada a síntese do processo de filtragem das ocorrências detectadas automaticamente.

Tabela 3 — Triagem das ocorrências detectadas automaticamente

Combinação analisada	Ocorrências automáticas	Descartadas por repetição/duplicação	Descartadas como condição aceitável	Conflitos reais confirmados
Estrutural × Hidrossanitário	147	32	33	82
Estrutural × Elétrico	401	0	397	4
Elétrico × Hidrossanitário	17	8	7	2
Total	565	40	437	88

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Observa-se que os resultados automáticos gerados pelo *software* não correspondem diretamente ao número de conflitos reais do projeto. A combinação estrutural × elétrico apresentou a maior frequência de ocorrências automáticas, com 401 registros; entretanto, após a triagem manual, apenas 4 ocorrências foram confirmadas como conflitos reais. Esse resultado evidencia que a quantidade de sobreposições geométricas detectadas automaticamente não deve ser interpretada isoladamente como criticidade. Por outro lado, a combinação estrutural × hidrossanitário, embora tenha apresentado menor número de ocorrências automáticas, concentrou 82 conflitos reais confirmados, representando a interação mais relevante entre as disciplinas analisadas.

Os valores apresentados na coluna de ocorrências automáticas correspondem aos registros gerados inicialmente pela rotina nativa de detecção de colisões geométricas do *software*. Após a triagem manual, as ocorrências repetidas, duplicadas ou classificadas como

condições aceitáveis foram desconsideradas da contagem de conflitos reais. Dessa forma, os resultados confirmados passaram a representar as interferências que efetivamente demandavam análise técnica, ajuste de projeto ou solução executiva.

A partir dessa triagem, verifica-se que as combinações envolvendo o modelo estrutural concentraram a maior parte das ocorrências automáticas. Entretanto, a análise manual demonstrou que a frequência dos registros gerados pelo *software* não corresponde diretamente à quantidade de conflitos reais. Por isso, a interpretação dos resultados considerou não apenas o número de ocorrências, mas também sua classificação, sua repetição e o impacto técnico das interferências confirmadas.

Devido ao elevado número de ocorrências e ao caráter repetitivo de parte delas, optou-se por apresentar capturas de tela representativas do modelo federado, evidenciando de forma geral como as interferências se encontravam distribuídas na edificação. Essa forma de apresentação permite visualizar a natureza e a concentração das ocorrências sem a necessidade de expor individualmente cada detecção gerada pelo *software*.

4.3.1 Interferências entre os modelos estrutural e hidrossanitário

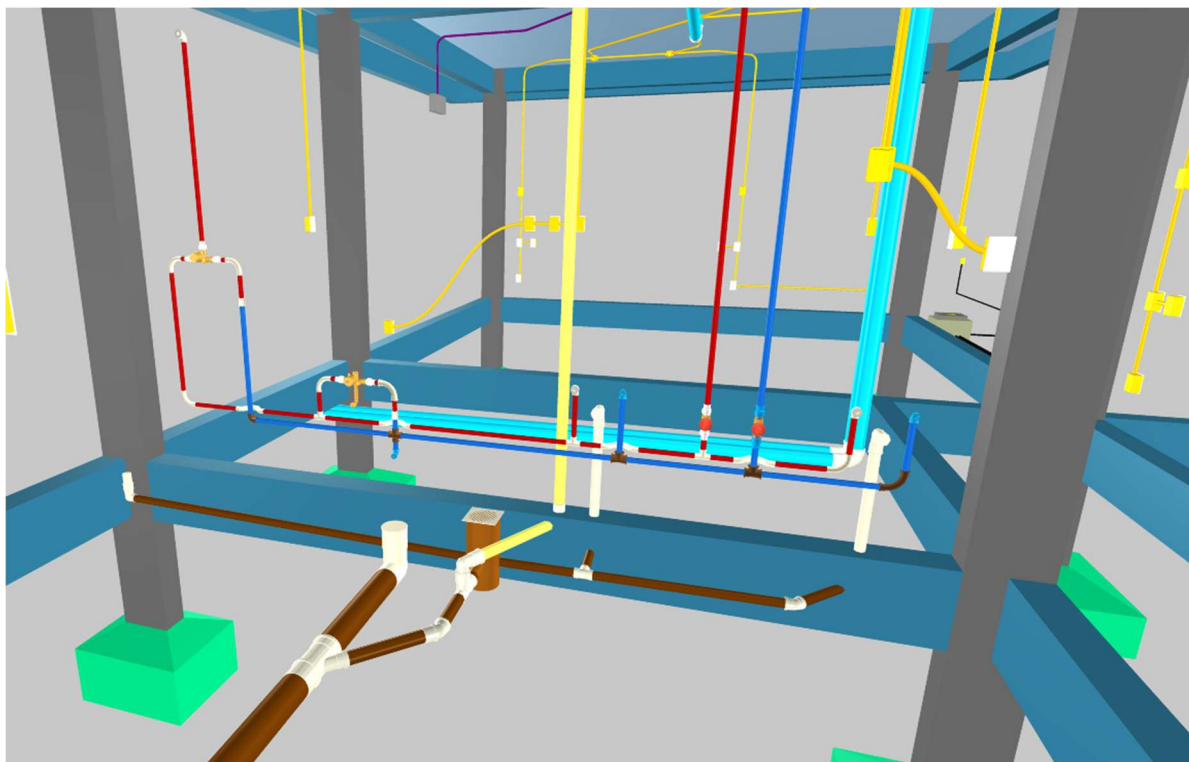
Na comparação entre os modelos estrutural e hidrossanitário, foram detectadas 147 ocorrências automáticas de interferência física. Após a triagem manual, 32 ocorrências foram descartadas por repetição ou duplicação, 33 foram classificadas como condições aceitáveis e 82 foram confirmadas como conflitos reais. Essa combinação concentrou a maior quantidade de conflitos reais do estudo, evidenciando a relevância da compatibilização entre as tubulações hidrossanitárias e os elementos estruturais da edificação.

Entre os conflitos reais confirmados, destacaram-se as interferências entre tubulações hidráulicas e vigas de cobertura, tubulações pluviais e lajes, ramais de descarga e vigas baldrame, além das interferências envolvendo tubulações do *manifold*, ramais de ventilação, colunas de ventilação e elementos estruturais. Esses conflitos foram considerados relevantes por envolverem elementos que poderiam exigir ajuste de traçado, previsão de passagem ou definição de solução executiva antes da execução da obra.

Entre as ocorrências identificadas, observaram-se interferências físicas entre tubulações do sistema sanitário e vigas baldrame da edificação. Essas situações ocorreram principalmente em regiões de banheiros, onde os ramais de esgoto e ventilação atravessavam ou ocupavam o mesmo espaço dos elementos estruturais de fundação. Nas Figuras 18 e 19 são

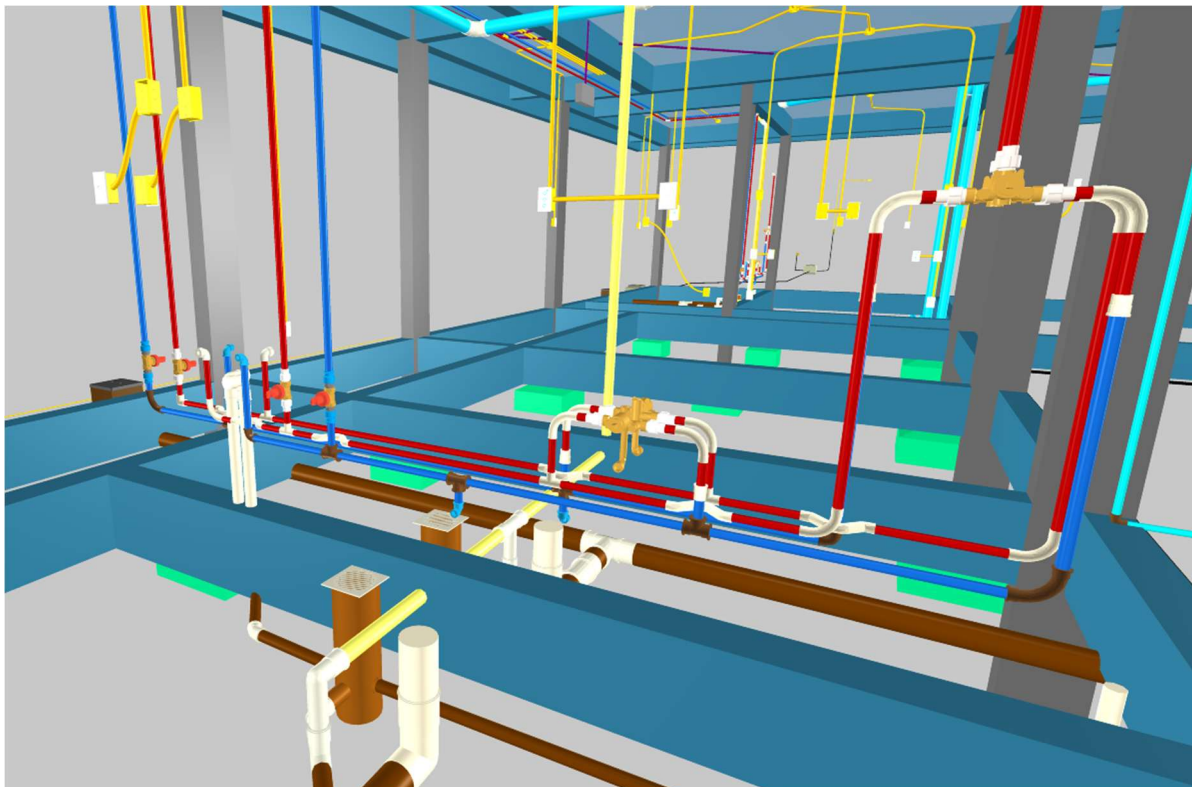
apresentados exemplos dessas interferências, evidenciando a necessidade de compatibilização entre o lançamento das tubulações sanitárias e a posição das vigas baldrame.

Figura 18 — Interferências entre tubulações sanitárias e a viga baldrame do banheiro da suíte master



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

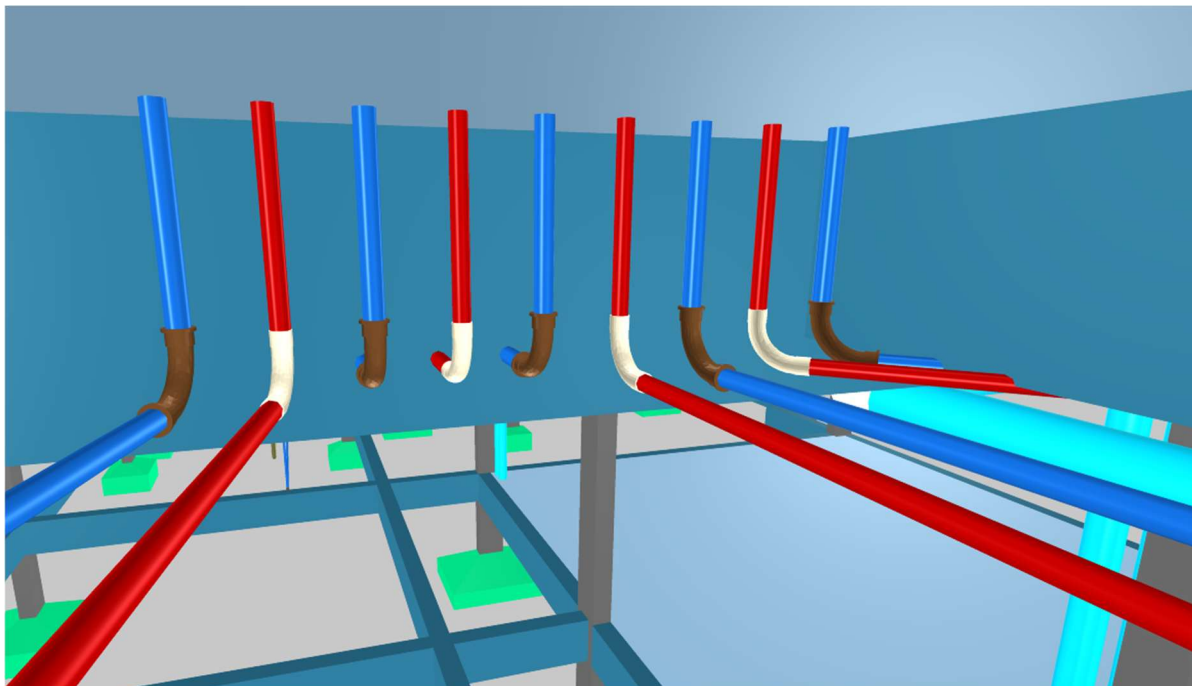
Figura 19 — Interferências entre tubulações de esgoto e ventilação e a viga baldrame dos banheiros da suíte da filha e da suíte de hóspedes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Além das interferências no sistema sanitário, foram identificadas ocorrências automáticas envolvendo tubulações hidráulicas do *manifold* na região da cobertura. Na Figura 20 são apresentadas as interferências entre essas tubulações, a laje e a viga da cobertura sobre o banheiro da suíte de hóspedes, evidenciando a necessidade de verificação tridimensional em áreas com maior concentração de instalações.

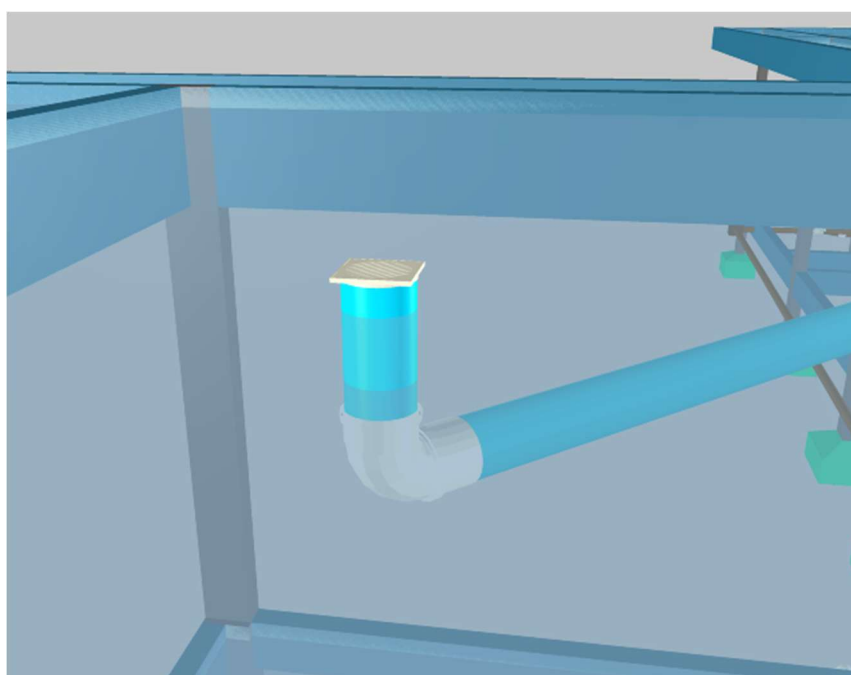
Figura 20 — Interferências entre as tubulações do *manifold* e a viga da cobertura sobre o banheiro da suíte de hóspedes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Também foram identificadas ocorrências envolvendo a rede de águas pluviais. Na Figura 21 é demonstrada a interferência entre a tubulação pluvial do ralo da cobertura da garagem e a laje, evidenciando a necessidade de verificar o posicionamento dos pontos de captação e o encaminhamento das tubulações em relação aos elementos estruturais.

Figura 21 — Interferência entre a tubulação pluvial do ralo da cobertura da garagem e a laje



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

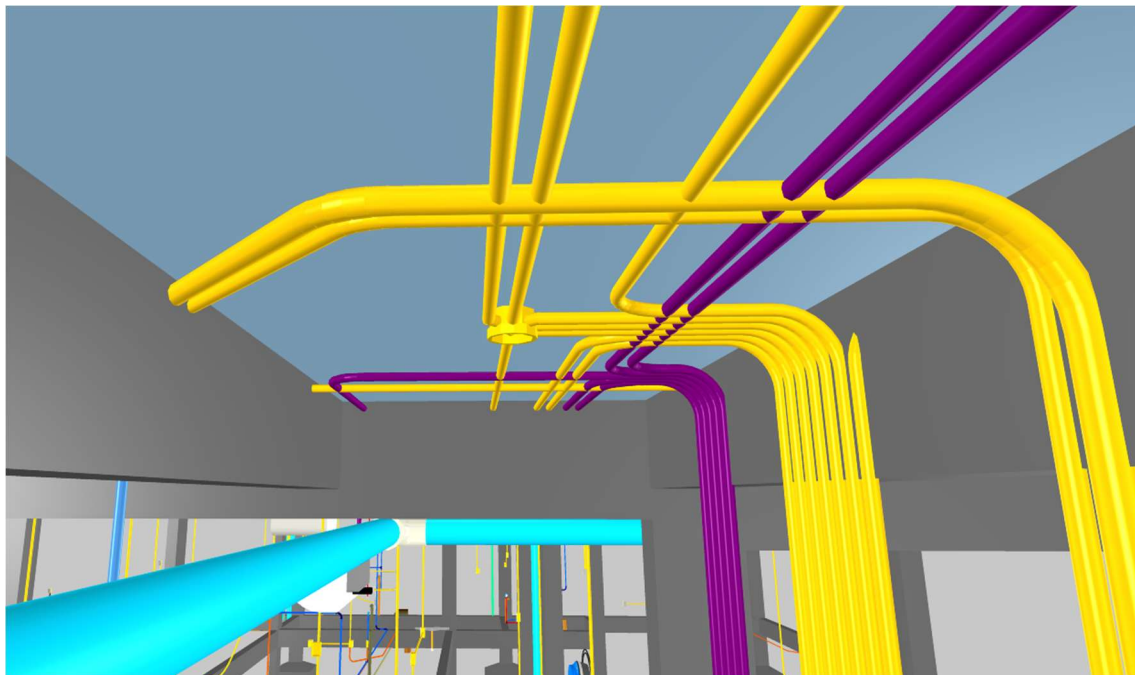
As interferências entre os modelos estrutural e hidrossanitário demonstram que, embora essa combinação não tenha apresentado a maior frequência de ocorrências automáticas, ela concentrou a maior quantidade de conflitos reais confirmados. Dessa forma, sua relevância técnica está associada não apenas ao número de registros, mas ao impacto potencial das interferências sobre elementos estruturais, tubulações sanitárias, hidráulicas e pluviais.

4.3.2 Interferências entre os modelos estrutural e elétrico

Na comparação entre os modelos estrutural e elétrico, foram detectadas 401 ocorrências automáticas de interferência física, constituindo a combinação com maior frequência de registros gerados pelo *software*. Entretanto, após a triagem manual, 397 ocorrências foram classificadas como condições aceitáveis e apenas 4 foram confirmadas como conflitos reais. Esse resultado demonstra que a maior quantidade de ocorrências automáticas não corresponde, necessariamente, à um maior impacto técnico.

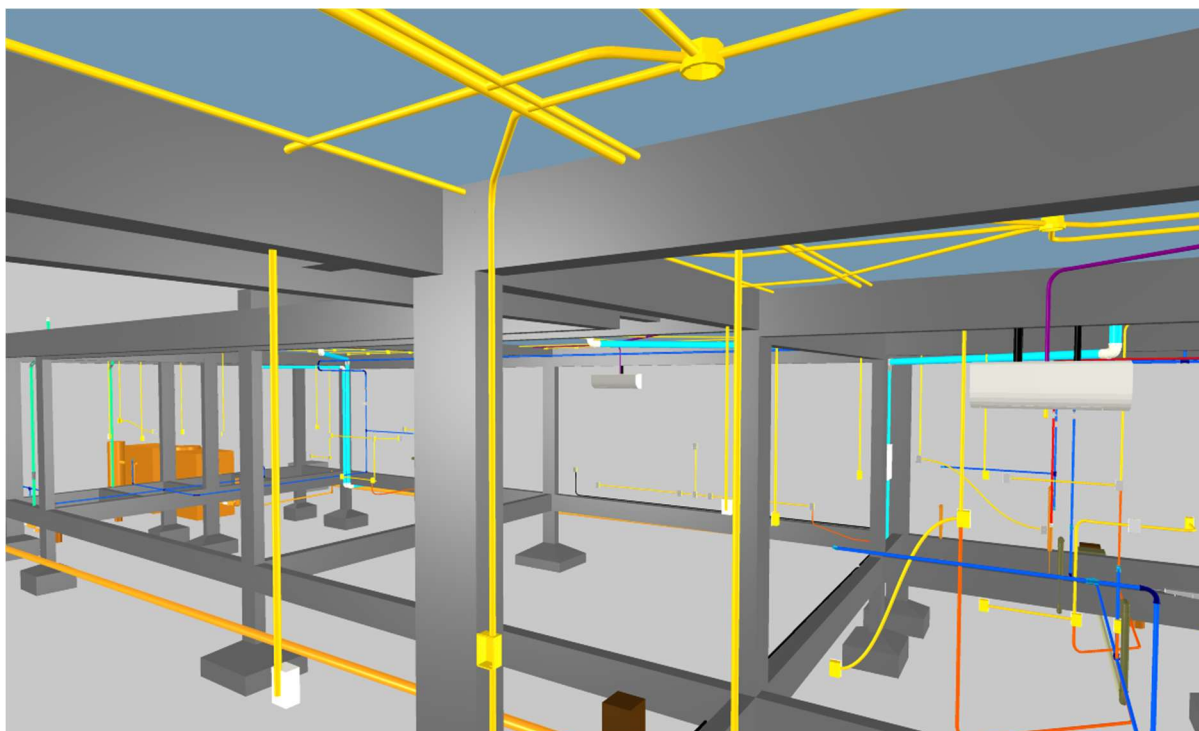
Nas Figuras 22 a 25 são apresentados exemplos representativos das ocorrências detectadas entre os modelos estrutural e elétrico. Nas Figuras 22, 23 e 24 são evidenciadas sobreposições entre eletrodutos e vigas de cobertura, que foram analisadas considerando a possibilidade de encaminhamento da infraestrutura elétrica no espaço técnico entre o forro e os elementos estruturais. Já na Figura 25 são apresentadas as interferências entre os eletrodutos do barramento de equipotencialização principal (BEP) e a viga baldrame abaixo do quadro geral, que foram classificadas como conflitos reais confirmados.

Figura 22 — Interferências entre eletrodutos que partem dos quadros de distribuição do corredor e as vigas de cobertura



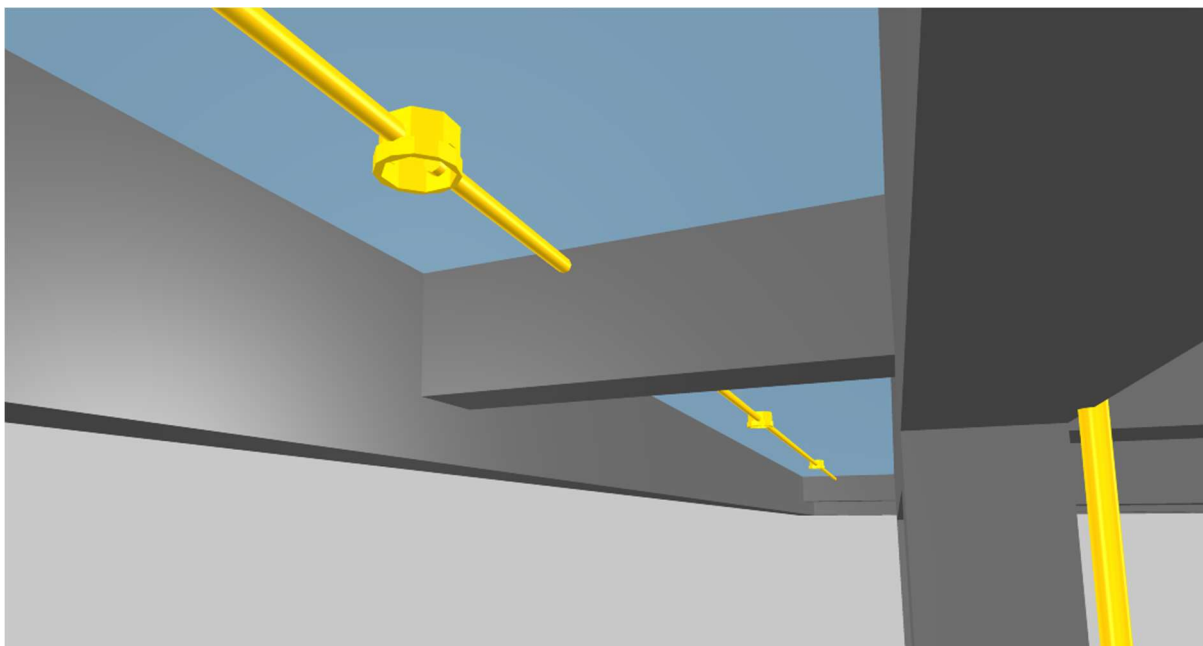
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 23 — Interferências entre eletrodutos e vigas de cobertura na suíte de hóspedes



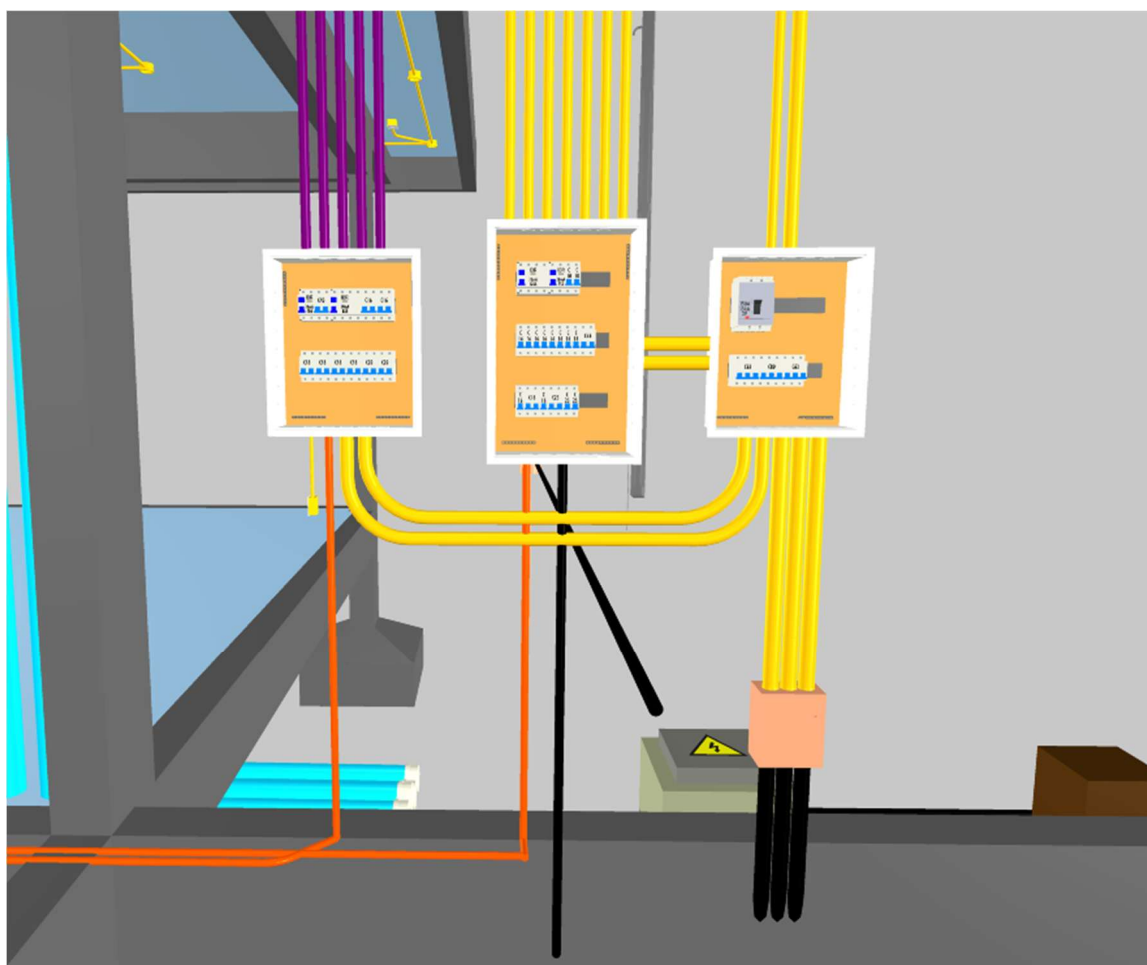
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 24 — Interferências entre os eletrodutos dos *spots* de iluminação do beiral e as vigas de cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 25 — Interferências entre os eletrodutos do barramento de equipotencialização principal (BEP) e a viga baldrame abaixo do quadro geral, localizado no corredor



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

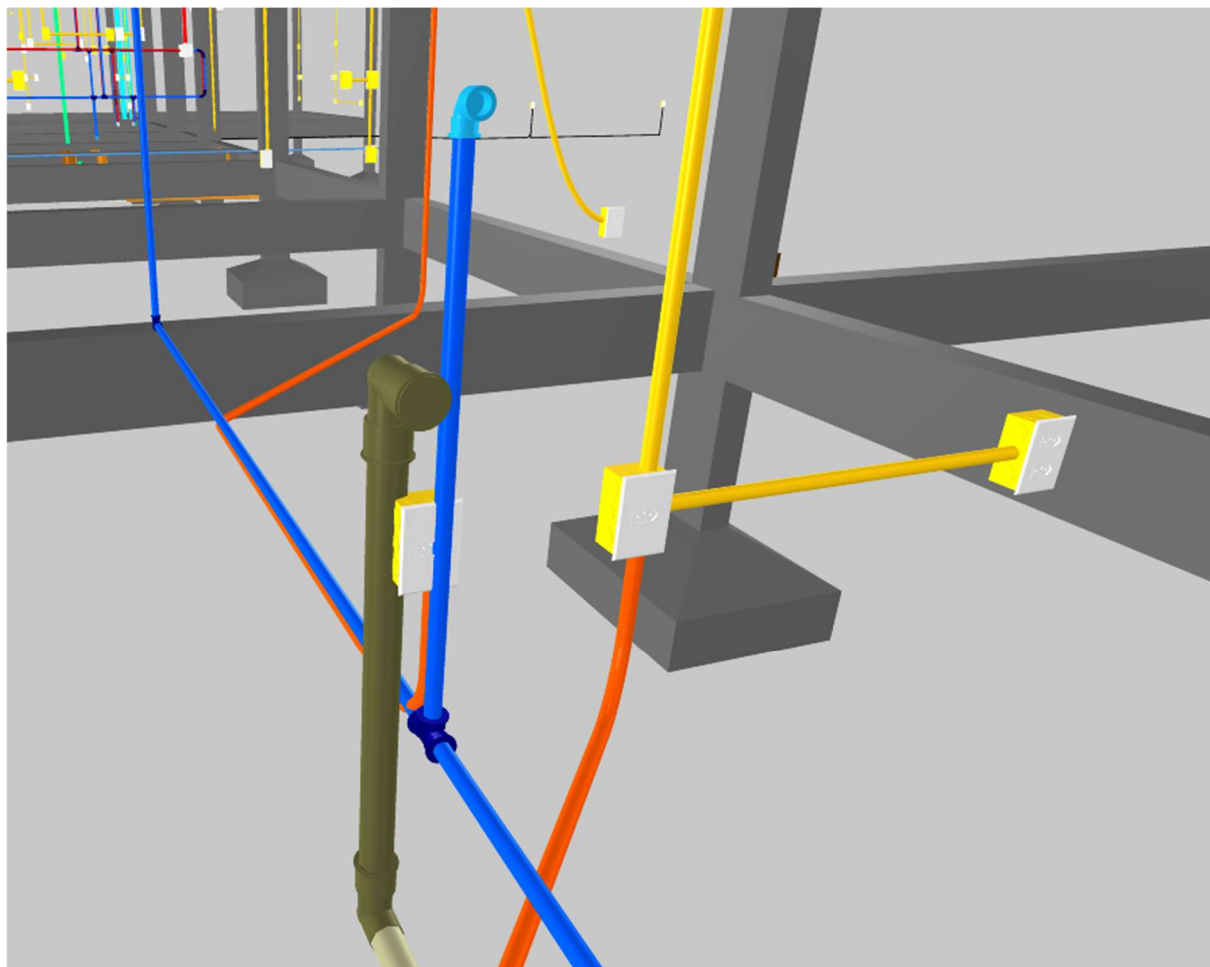
A elevada quantidade de ocorrências automáticas nessa combinação esteve relacionada à distribuição dos eletrodutos ao longo da edificação e ao lançamento direto da infraestrutura elétrica no modelo. Contudo, a maior parte desses registros não representou conflito real após a análise técnica, pois pôde ser compatibilizada pela passagem dos eletrodutos no espaço disponível entre o forro e a face inferior das vigas de cobertura. Assim, a combinação estrutural × elétrico apresentou maior frequência automática, mas baixa quantidade de conflitos reais confirmados.

4.3.3 Interferências entre os modelos elétrico e hidrossanitário

Na comparação entre os modelos elétrico e hidrossanitário, foram detectadas 17 ocorrências automáticas de interferência física. Após a triagem manual, 8 ocorrências foram descartadas por repetição ou duplicação, 7 foram classificadas como condições aceitáveis e 2 foram confirmadas como conflitos reais. Embora essa tenha sido a combinação com menor número de ocorrências e de conflitos reais confirmados, os casos identificados demonstram a necessidade de coordenação entre o traçado das instalações elétricas e hidrossanitárias.

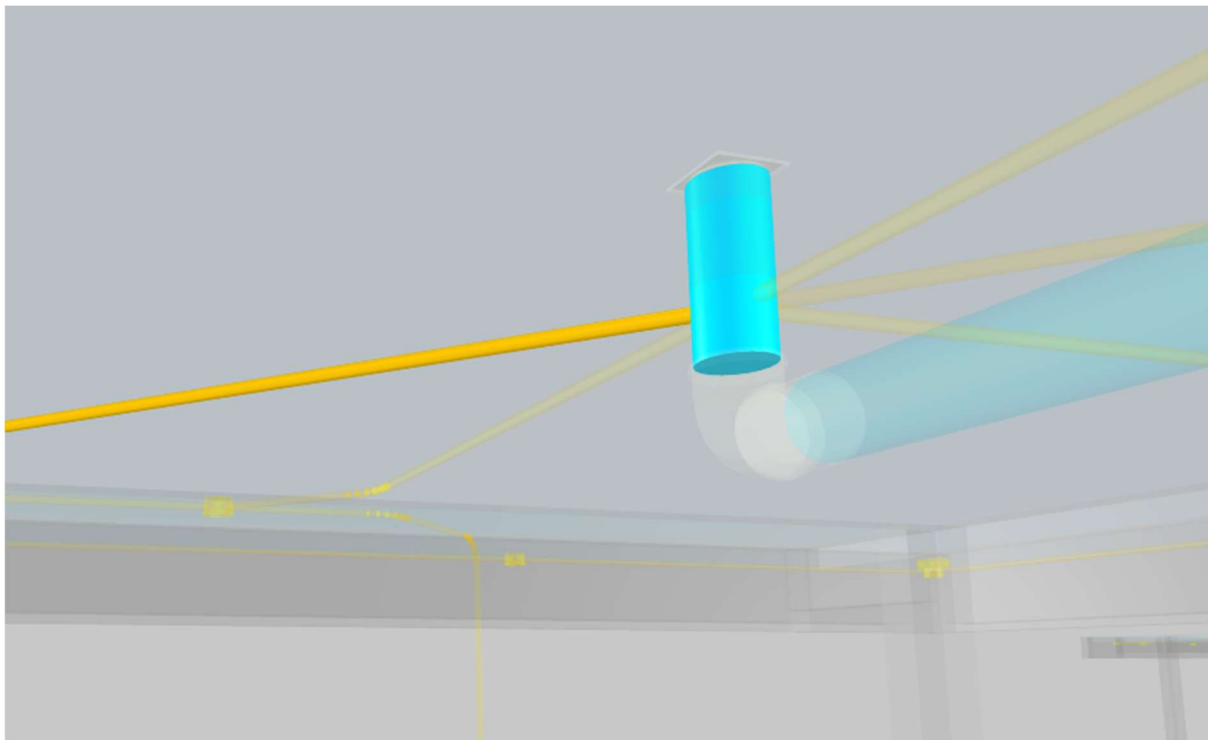
Nas Figuras 26 a 28 são apresentados exemplos representativos dessas interferências, evidenciando colisões entre tubulações hidrossanitárias e componentes da infraestrutura elétrica em diferentes ambientes da residência. As ocorrências ilustradas envolvem tubulações de esgoto, tubulações hidráulicas e tubulações pluviais em conflito com eletrodutos, tomadas e caixas de iluminação.

Figura 26 — Interferências entre tubulações de esgoto e hidráulicas e o ponto elétrico da lavadora de louças da ilha da cozinha



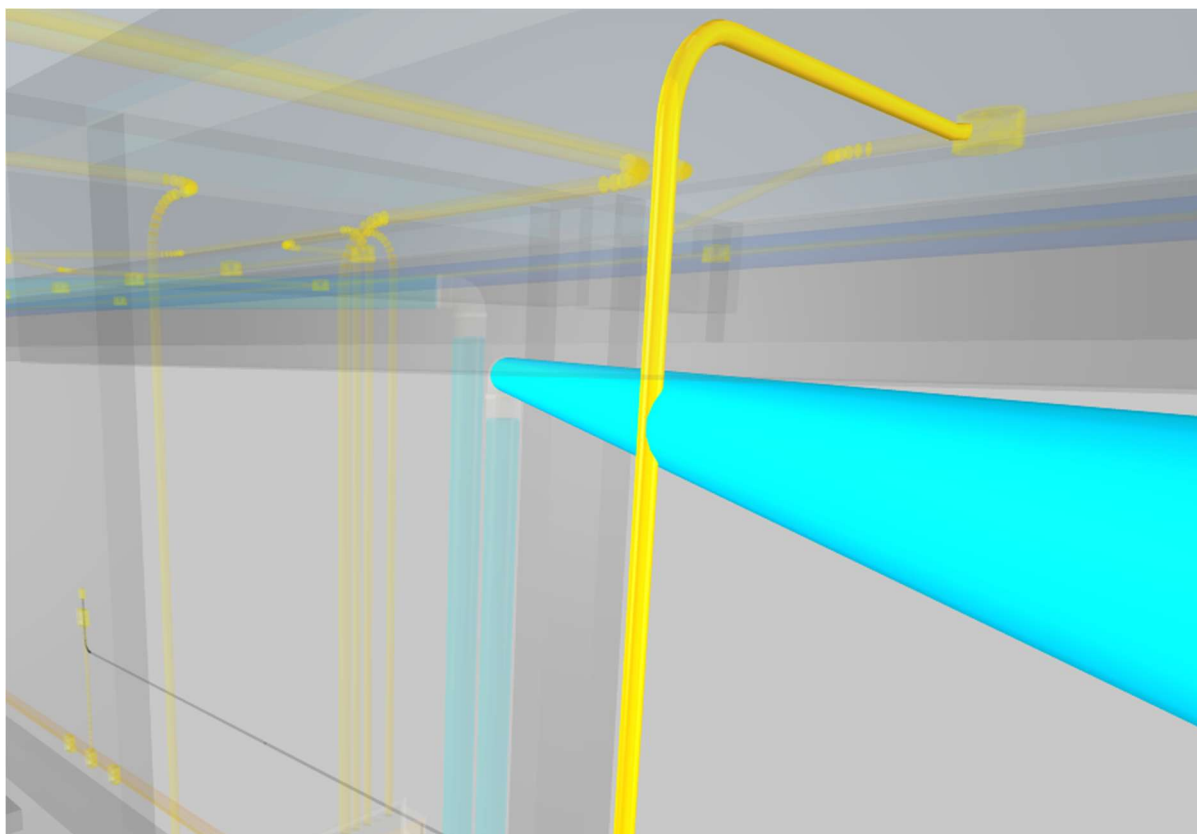
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 27 — Interferência entre a tubulação pluvial e a caixa octogonal da iluminação central da suíte master



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 28 — Interferência entre a tubulação pluvial e o eletroduto destinado ao interruptor da lavanderia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Os conflitos reais confirmados nessa combinação envolveram a interferência entre eletroduto e tubulação pluvial na suíte master e a interferência entre o ponto elétrico da lavadora de louças e o ramal de descarga na cozinha. Esses casos foram classificados como conflitos reais por exigirem ajuste de posicionamento ou de encaminhamento dos elementos envolvidos.

Apesar da menor quantidade de conflitos reais, as interferências entre os modelos elétrico e hidrossanitário reforçam a importância da análise integrada dos sistemas prediais. Mesmo ocorrências pontuais podem exigir ajustes de projeto para evitar incompatibilidades entre eletrodutos, caixas, tomadas, tubulações e pontos de utilização durante a execução da obra.

De modo geral, a análise das três combinações demonstrou que as ocorrências automáticas se concentraram principalmente nas relações entre as instalações prediais e os elementos estruturais da edificação. Entretanto, após a triagem manual, verificou-se que a maior quantidade de conflitos reais confirmados ocorreu na combinação estrutural $\times$ hidrossanitário. Esse resultado reforça a importância da análise técnica posterior à detecção automática, uma vez que o número bruto de registros gerados pelo *software* não representa, isoladamente, a gravidade ou a relevância executiva das interferências.

4.4 Soluções adotadas para as interferências

Após a identificação e triagem das interferências físicas apresentadas no tópico anterior, as ocorrências foram avaliadas considerando sua classificação, natureza, viabilidade de execução e possibilidade de ajuste dos elementos envolvidos. As soluções foram analisadas de forma agrupada, distinguindo as condições aceitáveis, os registros repetidos ou duplicados e os conflitos reais confirmados.

No caso das ocorrências automáticas envolvendo eletrodutos e vigas de cobertura, verificou-se que grande parte das colisões estava relacionada ao lançamento direto dos eletrodutos no modelo. Após a análise técnica, essas ocorrências foram classificadas como condições aceitáveis, pois a solução executiva previa a condução dos eletrodutos abaixo das vigas, aproveitando o espaço disponível entre o forro e a face inferior dos elementos estruturais. Como a edificação possui pé esquerdo de 3,20 m e vigas de cobertura com altura aproximada de 40 cm, a face inferior dessas vigas situa-se em torno de 2,80 m em relação ao piso acabado. Assim, mesmo nos trechos em que os eletrodutos precisaram ser desviados abaixo das vigas, foi possível manter o encaminhamento da infraestrutura elétrica dentro do espaço técnico acima do forro.

Os conflitos reais confirmados na combinação estrutural $\times$ elétrico corresponderam às interferências entre os eletrodutos do barramento de equipotencialização principal (BEP) e a viga baldrame abaixo do quadro geral. Nesses casos, a solução deve prever o ajuste do encaminhamento dos eletrodutos antes da execução da fundação, evitando cortes ou intervenções posteriores na viga baldrame e preservando a integridade do elemento estrutural.

Nas interferências envolvendo tubulações hidráulicas e vigas de cobertura, as ocorrências confirmadas foram solucionadas por meio do rebaixamento das tubulações para passagem entre as vigas e o forro. O trecho mais crítico ocorreu na região do corredor, onde foram encaminhadas tubulações de drenagem da cobertura. Nesse ponto, manteve-se um espaço aproximado de 20 cm entre o forro e a face inferior da viga, resultando em pé-direito livre mínimo de aproximadamente 2,60 m. Dessa forma, a solução adotada não comprometeu o pé-direito livre previsto para a edificação nem prejudicou a utilização dos ambientes.

As interferências entre a rede de esgoto e as vigas baldrame foram classificadas como conflitos reais, uma vez que os elementos ocupavam a mesma região dos componentes estruturais de fundação. Para solucionar essas ocorrências, os trechos da rede de esgoto foram previstos e executados antes da concretagem das vigas baldrame, permitindo definir previamente as passagens necessárias e evitar rasgos ou intervenções posteriores na estrutura.

Nos conflitos reais confirmados entre os projetos elétrico e hidrossanitário, os traçados dos elementos foram ajustados de modo a eliminar as colisões entre tubulações, eletrodutos, caixas e pontos de utilização. Esses ajustes permitiram compatibilizar a distribuição das instalações prediais, reduzindo a possibilidade de conflitos durante a execução da obra.

De modo geral, as soluções adotadas evidenciam a importância da análise integrada dos modelos *BIM*, pois a identificação prévia das ocorrências possibilitou distinguir condições aceitáveis de conflitos reais e orientar ajustes antes da execução. Assim, a compatibilização contribuiu para reduzir retrabalhos, preservar os elementos estruturais e melhorar a coordenação entre os sistemas elétrico e hidrossanitário da edificação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral identificar e analisar interferências físicas entre disciplinas de projeto por meio da detecção de interferências, utilizando a metodologia *BIM* em uma residência unifamiliar. Para isso, foram integrados os modelos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico em um ambiente de compatibilização, sendo o modelo arquitetônico utilizado como referência espacial e visual, enquanto as análises de interferências foram direcionadas às combinações entre os modelos estrutural, hidrossanitário e elétrico.

A partir da integração dos modelos no *AltoQi Builder 2025 Plena*, foi possível realizar a detecção de interferências físicas do tipo *hard clash*, caracterizadas pela sobreposição geométrica entre elementos pertencentes a diferentes disciplinas. Foram analisadas três combinações principais: estrutural $\times$ hidrossanitário, estrutural $\times$ elétrico e elétrico $\times$ hidrossanitário. Como resultado, foram inicialmente detectadas 565 ocorrências automáticas de interferências físicas. Após a triagem manual, 40 ocorrências foram descartadas por repetição ou duplicação, 437 foram classificadas como condições aceitáveis e 88 foram confirmadas como conflitos reais.

Dessa forma, considera-se que o objetivo geral do trabalho foi atingido, uma vez que as interferências físicas entre as disciplinas analisadas foram identificadas, quantificadas, triadas e analisadas por meio da metodologia *BIM*. A separação entre ocorrências automáticas, registros repetidos ou duplicados, condições aceitáveis e conflitos reais confirmados permitiu compreender de forma mais precisa os resultados obtidos e avaliar soluções compatíveis com as características do estudo de caso.

Os resultados demonstraram que a combinação estrutural $\times$ elétrico apresentou a maior frequência de ocorrências automáticas, com 401 registros. No entanto, após a triagem manual, apenas 4 dessas ocorrências foram confirmadas como conflitos reais. Esse resultado evidencia que a frequência de sobreposições geométricas detectadas automaticamente não deve ser interpretada isoladamente como criticidade técnica.

Por outro lado, a combinação estrutural $\times$ hidrossanitário, embora tenha apresentado 147 ocorrências automáticas, concentrou 82 conflitos reais confirmados. Esses conflitos envolveram principalmente tubulações sanitárias, hidráulicas e pluviais em relação a vigas, lajes e elementos de fundação, demonstrando maior impacto técnico na compatibilização dos sistemas analisados.

Na comparação entre os projetos elétrico e hidrossanitário, foram detectadas 17 ocorrências automáticas, das quais 2 foram confirmadas como conflitos reais. Embora em menor quantidade, essas interferências reforçaram a necessidade de coordenação entre eletrodutos, caixas, tomadas, tubulações e pontos de utilização.

Nas interferências entre o projeto estrutural e o hidrossanitário, foram identificadas ocorrências automáticas detectadas envolvendo tubulações sanitárias, hidráulicas e pluviais em relação a vigas, lajes e elementos de fundação. As tubulações hidráulicas que interferiam nas vigas de cobertura foram rebaixadas para possibilitar sua passagem entre o forro e os elementos estruturais. Já as interferências entre a rede de esgoto e as vigas baldrame foram consideradas conflitos reais, sendo solucionadas por meio da execução prévia dos componentes da rede de esgoto antes da concretagem das vigas baldrame.

Na comparação entre os projetos elétrico e hidrossanitário, embora tenha sido identificado menor número de ocorrências, os conflitos detectados evidenciaram a importância da coordenação entre o traçado dos eletrodutos, caixas, tomadas e tubulações. As interferências observadas nessa combinação foram ajustadas de modo a eliminar as colisões entre os sistemas, contribuindo para uma distribuição mais adequada das instalações prediais.

Dessa forma, verificou-se que a metodologia *BIM* contribuiu de maneira significativa para a identificação antecipada de conflitos entre os projetos analisados. A visualização tridimensional do modelo federado e a utilização da ferramenta de detecção de interferências permitiram localizar situações que poderiam gerar retrabalhos durante a execução da obra, especialmente em pontos de maior concentração de instalações e em regiões de interação direta com os elementos estruturais.

Conclui-se, portanto, que a aplicação da metodologia *BIM* no estudo de caso permitiu melhorar a compreensão das interfaces entre as disciplinas e auxiliou na tomada de decisão quanto às soluções adotadas. A compatibilização dos modelos possibilitou avaliar os conflitos ainda na fase de projeto, contribuindo para a redução de incompatibilidades, para a preservação dos elementos estruturais e para o aprimoramento da coordenação entre os sistemas elétrico e hidrossanitário da edificação.

Como limitação do trabalho, destaca-se que a análise foi restrita às interferências físicas do tipo *hard clash*, não contemplando interferências de afastamento, fluxo de trabalho ou simulações dinâmicas. Além disso, o projeto arquitetônico foi utilizado apenas como referência espacial e visual, não sendo incluído nas rotinas de detecção de interferências. Embora tenha sido realizada a triagem quantitativa das ocorrências automáticas, a apresentação dos resultados no corpo do trabalho foi feita de forma sintetizada e por meio de figuras

representativas, em razão do elevado número de registros e do caráter repetitivo de parte das ocorrências.

Para trabalhos futuros, recomenda-se ampliar a análise para incluir o modelo arquitetônico nas rotinas de compatibilização, bem como avaliar interferências de afastamento e critérios relacionados à operação, manutenção e sequência executiva. Também se recomenda a utilização de ferramentas específicas de registro e comunicação das interferências, como relatórios de coordenação ou formatos colaborativos, permitindo acompanhar de forma mais sistemática as ocorrências identificadas, a triagem dos registros, as responsabilidades de correção e as soluções adotadas ao longo do desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 19650-1:2022: Organização e digitalização da informação sobre edifícios e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) — Gestão da informação usando modelagem da informação da construção — Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (ASBEA). **Guia ASBEA de boas práticas em BIM**. São Paulo: ASBEA, 2013. Disponível em: <https://www.caumg.gov.br/wp-content/uploads/2016/05/Guia.Asbea-Boas.Praticas.BIM-1.pdf>. Acesso em: 25 maio 2026.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm. Acesso em: 28 maio 2026.

BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil – Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling – BIM BR. Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d11888.htm. Acesso em: 9 jun. 2026.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **BIM Collaboration Format (BCF)**. 2026. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/bim-collaboration-format/>. Acesso em: 12 jun. 2026.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **Industry Foundation Classes (IFC)**. 2026. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>. Acesso em: 28 maio 2026.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **openBIM definition**. 2023. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim-old/openbim-definition/>. Acesso em: 28 maio 2026.

CALLEGARI, Simara. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89863>. Acesso em: 3 jun. 2026.

CAMPBELL, Dale A. Building information modeling: the Web3D application for AEC. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE

TECHNIQUES IN AUSTRALASIA AND SOUTHEAST ASIA (GRAPHITE 2007), 5., 2007, Perth. **Proceedings [...]**. New York: ACM, 2007. p. 173-176. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1229390.1229422>. Acesso em: 3 jun. 2026.

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**. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Revisão técnica de Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

IEEE. **IEEE standard glossary of software engineering terminology**. New York: IEEE, 1990. (IEEE Std 610.12-1990). Disponível em: https://www.informatik.htw-dresden.de/~hauptman/SEI/IEEE_Standard_Glossary_of_Software_Engineering_Terminology%20.pdf. Acesso em: 2 jun. 2026.

MATEJKA, Petr; SABART, Daniel. Categorization of clashes and their impacts on construction projects. **Engineering for Rural Development**, Jelgava, p. 827-835, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22616/ERDev2018.17.N102>. Acesso em: 9 jun. 2026.

MIKALDO JR., Jorge; SCHEER, Sergio. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução? **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 79-99, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.4237/gtp.v3i1.63>. Acesso em: 3 jun. 2026.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. E-book. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2026.

SANTOS, Eduardo Toledo. Building information modeling and interoperability. In: SIGRADI 2009 – CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 13., 2009, São Paulo. **Proceedings [...]**. São Paulo: SIGraDi, 2009. p. 436-438. Disponível em: https://itc.scix.net/pdfs/sigradi2009_1089.content.pdf. Acesso em: 2 jun. 2026.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>. Acesso em: 26 maio 2026.