

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MAICON VIEIRA DA COSTA  
VINÍCIUS PINHEIRO DE AVILA**

**O USO DO BIM NA ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS ENTRE OS PROJETOS DE  
UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA ELABORADOS EM CAD 2D**

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

**MAICON VIEIRA DA COSTA  
VINÍCIUS PINHEIRO DE AVILA**

**O USO DO BIM NA ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS ENTRE OS PROJETOS DE  
UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA ELABORADOS EM CAD 2D**

**The use of BIM in the analysis of interference between projects of a public  
building elaborated in 2D CAD**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jucélia Kuchla Vieira.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Lucia Barradas Moreira.

**CAMPO MOURÃO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**MAICON VIEIRA DA COSTA**  
**VINÍCIUS PINHEIRO DE AVILA**

**O USO DO BIM NA ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS ENTRE OS PROJETOS DE  
UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA ELABORADOS EM CAD 2D**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 06 de junho de 2022

---

Jucélia Kuchla Vieira  
Doutora em Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Vera Lúcia Barradas Moreira  
Doutora em Arquitetura, Tecnologia e Cidade  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Fabiana Goia Rosa de Oliveira  
Doutora em Ciências e Engenharia de Materiais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Roberto Widorski  
Mestre em Engenharia Civil  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, que muito nos apoiaram e nos incentivaram a realizá-lo.

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de nossas vidas.

Agradecemos aos professores, e em especial à nossa orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jucélia Kuchla Vieira, pela sabedoria com que nos guiou nesta trajetória.

Aos nossos amigos, que tanto nos apoiaram e nos acompanharam em todos os momentos, fossem bons, fossem ruins.

Gostaríamos de deixar registrado também, o nosso reconhecimento às nossas famílias, pois acreditamos que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

## RESUMO

A utilização das ferramentas CAD (Computer Aided Design) para a compatibilização de projetos se faz ineficaz em diversos aspectos, de modo que se passam despercebidas muitas incompatibilidades em fase de projeto, resultando em adaptações na execução, ocasionando assim no aumento no custo final do produto. O uso da metodologia BIM (Building Information Model) é essencial e obrigatório na elaboração de projetos públicos, destacando os profissionais que possuem este conhecimento. Portanto, esta pesquisa busca demonstrar as superioridades da metodologia BIM para análise de interferências entre os projetos arquitetônico e complementares de uma edificação pública, cuja suas peças técnicas tenham sido desenvolvidas com uso da metodologia CAD 2D. As modelagens dos projetos se deram com a utilização dos softwares com suporte BIM, de dois fabricantes distintos através da especificação IFC, sendo utilizado o software Revit (Autodesk) para a modelagem do projeto arquitetônico, QiBuilder (AltoQi) para a modelagem dos projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias e o software Eberick (AltoQi) para a modelagem do projeto estrutural. Por fim, o software Navisworks (Autodesk) foi utilizado na análise de interferências em que, analisando os projetos par a par, obtiveram-se inúmeras incompatibilidades que poderiam ser evitadas ainda em fase de projeto, garantindo maior segurança caso fosse implementada a verificação de reforço estrutural nos furos e aberturas nos elementos estruturais e otimização das instalações elétricas e hidrossanitárias caso fossem realocadas.

Palavras-chave: BIM; compatibilização; projetos; interferência.

## **ABSTRACT**

The use of CAD (Computer Aided Design) tools for the compatibility of projects is ineffective in several aspects, so that many incompatibilities go unnoticed in the design phase, resulting in adaptations in the execution, thus causing an increase in the final cost of the product. The use of the BIM methodology (Building Information Model) is essential and mandatory in the elaboration of public projects, highlighting the professionals who have this knowledge. Therefore, this research seeks to demonstrate the superiorities of the BIM methodology for the analysis of interference between the architectural and complementary projects of a public building, whose technical parts have been developed using the 2D CAD methodology. The modeling of the projects took place with the use of software with BIM support, from two different manufacturers through the IFC specification, using the Revit software (Autodesk) for the modeling of the architectural project, QiBuilder (AltoQi) for the modeling of the electric and hydro-sanitary installation projects and Eberick software (AltoQi) for structural design modeling. Finally, the Navisworks software (Autodesk) was used in the analysis of interferences in which, analyzing the projects pair by pair, numerous incompatibilities were obtained that could be avoided even in the design phase, ensuring greater security if the structural reinforcement check was implemented in the holes and openings in the structural elements and optimization of electrical and water-sanitary installations in case they were relocated.

Keywords: BIM; compatibility; projects; interference.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Fotografia 1: Construção com estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação .....                       | 22 |
| Figura 1: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases..... | 18 |
| Figura 2: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício .....        | 18 |
| Figura 3: Objeto parametrizado no software Autodesk Revit .....  | 23 |
| Figura 4: Fluxo do processo de projeto CAD .....   | 26 |
| Figura 5: Processo colaborativo simultâneo no BIM. ....  | 27 |
| Figura 6: Modelagem do Projeto Arquitetônico no software Autodesk Revit....                                    | 29 |
| Figura 7: Ponto de referência para a modelagem dos projetos .....  | 29 |
| Figura 8: Modelagem da estrutura .....   | 30 |
| Figura 9: Numeração dos ambientes.....   | 32 |
| Figura 10: Ausência de janela no corte BB.....   | 33 |
| Figura 11: Janela identificada incorretamente .....  | 34 |
| Figura 12: Isométrico dos ambientes 8 e 12 .....   | 35 |
| Figura 13: Planta baixa de água fria dos ambientes 8 e 12 .....  | 35 |
| Figura 14: Ausência de abertura na laje do ambiente 3.....   | 36 |
| Figura 15: Descrição dos pontos de luz na legenda do Projeto Elétrico .....                                    | 36 |
| Figura 16: Sessão do quadro de cargas.....   | 37 |
| Figura 17: Sessão do ambiente 5 no Projeto de Instalações Elétricas .....                                      | 38 |
| Figura 18: Sessão dos ambientes 7, 8, 11 e 12 no Projeto de Instalações Elétricas .....                        | 38 |
| Figura 19: Eletrodutos com a taxa de ocupação máxima ultrapassada.....   | 39 |
| Figura 20: Clash Detective do software Autodesk Navisworks .....   | 40 |
| Figura 21: Exemplo de interferência entre tubulação em 90 graus .....  | 40 |
| Figura 22: Vigas baldrame em conflito com o piso.....  | 42 |
| Figura 23: Vigas aparentes não consideradas em projeto no ambiente 9 .....                                     | 42 |
| Figura 24: Vigas aparentes não consideradas em projeto no ambiente 4 .....                                     | 43 |
| Figura 25: Tudo de alimentação exposto na circulação .....   | 44 |
| Figura 26: Tubulação de ventilação exposta .....   | 45 |
| Figura 27: Interferência tubulação de água fria e de esgoto com janela .....                                   | 46 |
| Figura 28: Eletroduto em conflito com vigas superiores.....  | 47 |
| Figura 29: Eletroduto em conflito com pilar .....  | 48 |
| Figura 30: Eletroduto em conflito com laje .....   | 49 |
| Figura 31: Tomada em conflito com pilar.....   | 50 |
| Figura 32: Tubulação de esgoto em conflito com eletroduto.....   | 50 |
| Figura 33: Tubulação de esgoto em conflito com bloco estrutural .....  | 51 |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 34: Tubulação de esgoto/ventilação em conflito com viga baldrame.....</b> | <b>52</b> |
| <b>Figura 35: Tubulação de esgoto/ventilação em conflito com pilar .....</b>        | <b>53</b> |
| <b>Figura 36: Tubulação de ventilação em conflito com viga superior .....</b>       | <b>53</b> |
| <b>Figura 37: Tubulação de ventilação em conflito com laje .....</b>                | <b>54</b> |
| <b>Figura 38: Tubulação de água fria em conflito com viga baldrame .....</b>        | <b>55</b> |
| <b>Figura 39: Tubulação de água fria em conflito com viga superior .....</b>        | <b>55</b> |
| <b>Figura 40: Tubulação de água fria em conflito com pilar .....</b>                | <b>56</b> |
| <b>Figura 41: Tubulação de água fria em conflito com pilar .....</b>                | <b>57</b> |
| <b>Figura 42: Registro embutido no pilar.....</b>                                   | <b>58</b> |
| <b>Figura 43: Ponto de torneira dentro do pilar.....</b>                            | <b>58</b> |

## LISTA DE QUADROS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Quadro 1: Compilado de incompatibilidade entre os projetos Arquitetônico e Estrutural .....</b>                 | <b>59</b> |
| <b>Quadro 2: Compilado de incompatibilidade entre os projetos Arquitetônico e Hidrossanitário .....</b>            | <b>59</b> |
| <b>Quadro 3: Compilado de interferência entre os projetos de Instalações Elétricas e Estrutural.....</b>           | <b>60</b> |
| <b>Quadro 4: Compilado de incompatibilidades entre os Projetos Hidrossanitário e de Instalações Elétricas.....</b> | <b>60</b> |
| <b>Quadro 5: Compilado de incompatibilidades entre os Projetos Hidrossanitário e Estrutural .....</b>              | <b>60</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|      |  |
|------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| BIM  | Building Information Modelin             |
| CAD  | Computer Aided Design                    |
| IFC  | Industry Foundation Classes              |

## SUMÁRIO

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>2</b>   | <b>OBJETIVOS</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Objetivo Geral</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Objetivos específicos</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>3</b>   | <b>JUSTIFICATIVA</b> .....   | <b>15</b> |
| <b>4</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | <b>17</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Projeto e a sua importância na construção civil</b> .....   | <b>17</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Tipos de projetos</b> .....   | <b>19</b> |
| 4.2.1      | Projeto arquitetônico.....   | 19        |
| 4.2.2      | Projeto complementares.....  | 19        |
| <b>4.3</b> | <b>Sistemas construtivos convencionais</b> .....   | <b>21</b> |
| 4.3.1      | Estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação .....  | 21        |
| <b>4.4</b> | <b>BIM (<i>Building Information Modelin</i>)</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>4.5</b> | <b>Compatibilização</b> .....  | <b>26</b> |
| <b>5</b>   | <b>METODOLOGIA</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Escolha da edificação</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Modelagem</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Análise de interferências</b> .....   | <b>31</b> |
| <b>6</b>   | <b>RESULTADOS</b> .....  | <b>33</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Inconsistências</b> .....   | <b>33</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Clash Detection</b> .....   | <b>39</b> |
| 6.2.1      | Análise de interferências entre o Projeto Arquitetônico e o Projeto de Instalações Elétricas .....   | 41        |
| 6.2.2      | Análise de interferências entre o Projeto Arquitetônico e o Projeto Estrutural                       | 41        |
| 6.2.3      | Análise de interferências entre o Projeto Arquitetônico e o Projeto Hidrossanitário .....            | 43        |
| 6.2.4      | Análise de interferências entre o Projeto Estrutural e o Projeto de Instalações Elétricas .....      | 46        |
| 6.2.5      | Análise de interferências entre o Projeto Hidrossanitário e o Projeto de Instalações Elétricas ..... | 50        |
| 6.2.6      | Análise de interferências entre o Projeto Estrutural e o Projeto Hidrossanitário .....               | 51        |
| <b>6.3</b> | <b>Compilação dos resultados</b> .....   | <b>59</b> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>7</b> | <b>CONCLUSÃO .....</b>  | <b>62</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                       | <b>64</b> |
|          | <b>APÊNDICE – PLANTA BAIXA DO PROJETO ARQUITETÔNICO .....</b> | <b>67</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia computacional possibilitou que a elaboração dos projetos fosse desenvolvida de forma mais inteligente, prevendo possíveis interferências entre projetos, sendo utilizado o CAD (*Computer Aided Design*) para realizar tais análises. Contudo, o CAD possui certas limitações no que tange a visualização de interferências, pois a maioria dos projetos são representados em planta ou corte.

Caetano, Silva e Melhado (2020), enfatizam que, no Brasil, as empresas perdem muito na qualidade dos seus produtos, devido à falta de investimento na compatibilização de projetos. O método utilizado pelas empresas se baseia na sobreposição de layers, que acarretam em pareceres incorretos, atrasos e custos nas fases futuras do projeto.

Devido à necessidade de modelagem, compatibilidade e gestão de projetos na construção civil, foi idealizado o BIM (*Building Information Modeling*) que oferece o suporte de criação de dados que possam ser utilizados em toda a fase de projeto de uma edificação.

A aplicação da metodologia BIM é baseada em uma plataforma que centraliza as informações do projeto em um modelo 3D. O modelo é construído utilizando objetos que possuem dados paramétricos, obedecendo regras e relações em si. O produto do trabalho realizado é representado em um modelo paramétrico 3D, que permite realizar diversas análises (PAPADOPOULOS, 2014).

Para Florio (2007), o BIM é constituído por um banco de dados que exhibe geometrias dos elementos construtivos em 3D, e armazena seus atributos, que acabam transmitindo mais informações que os modelos em CAD. Como os elementos são baseados em dados paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto, diminuindo conflitos entre os elementos construtivos, facilitando revisões e o aumento na produtividade.

Dessa forma, este Trabalho de Conclusão de Curso busca abordar um estudo de verificação de inconsistências e compatibilização dos projetos de uma obra pública, utilizando os softwares com recurso BIM, a fim de identificar as irregularidades dos projetos elaborados em CAD e analisar as interferências entre os projetos arquitetônico e complementares.

## **2 OBJETIVOS**

Neste capítulo serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar a análise de compatibilidade entre projetos de uma obra pública com a aplicação da metodologia BIM e identificar as inconsistências nos projetos elaborados em CAD 2D.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Buscar um projeto de obra pública para ser analisado, do qual a elaboração de suas peças técnicas tenha sido executada em CAD 2D;
- Modelar o projeto arquitetônico utilizando o software Autodesk Revit;
- Modelar o projeto estrutural utilizando o software AltoQi Eberick;
- Modelar o projeto de instalações hidrossanitárias e elétricas utilizando o software AltoQi QiBuilder;
- Identificar inconsistências nos projetos elaborados em CAD;
- Identificar incompatibilidades entre os projetos por meio da análise do software Autodesk Navisworks;
- Propor possíveis soluções para as ocorrências de incompatibilidades.

### 3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Souza e Abiko (1997), a qualidade do projeto determinará a qualidade final do produto, pois é nessa etapa que é feita a sua concepção e seu desenvolvimento, levando-se em consideração a identificação das necessidades do cliente e as condições que o edifício estará sujeito em sua utilização.

Callegari (2007) afirma que o projetista deve ter a consciência de que o projeto tenha autossuficiência e informações de alto-nível para possibilitar o planejamento e programações, controle de materiais, tempo, execução, mão de obra, a qualidade destas citadas, para subsidiar os serviços no canteiro.

A falta de conformidade em um produto, segundo Lins (2001), é traduzida em falhas e erros que, para a sua devida correção, necessitam de horas de trabalho e também matéria-prima para a reexecução de serviços. Custos decorrentes da entrega de serviços imperfeitos ao cliente, como insatisfação, descrédito e encargos contratuais também incluem esses custos, que são denominados de custos de não-conformidade.

A aplicação da metodologia BIM na elaboração e compatibilização de projetos oferece inúmeras vantagens em relação ao CAD. Segundo Lima *et al.* (2014), com a aplicação do recurso BIM é possível visualizar melhor o projeto, aumentar a produtividade, melhorar o gerenciamento das documentações, integrar informações com os elementos e processos construtivos, reduzindo o tempo de execução e custos.

A utilização do BIM vem interferindo diretamente na funcionalidade, no desempenho e no desenvolvimento de soluções, com o intuito de prever e evitar problemas futuros, que acarretam em custos no desenvolvimento do empreendimento (LIMA *et al.*, 2014).

Segundo Flores (2017), com o tempo as obras vêm aumentando o grau de complexidade, exigindo detalhamento cada vez maior, o que torna as ferramentas CAD muito limitadas. Em casos onde o projeto não forneça informações ou representações reais da ideia do projetista, haverá retrabalhos que acarretam desperdício de mão de obra e materiais, comprometendo o planejamento e orçamento do empreendimento.

A complexibilidade das obras resulta na divisão de várias disciplinas da engenharia civil, resultando em profissionais com diferentes especializações. Devido



a essa divisão e à falta de comunicação entre os projetistas, ocasionam em incompatibilidades em diferentes projetos. Geralmente o conflito se dá entre os projetos arquitetônico e estrutural ou entre os projetos estrutural e hidrossanitário (FLORES, 2017).

O 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 (BRASIL, 2020, online).

Conforme citado anteriormente, o governo brasileiro estabelece a obrigatoriedade da utilização da metodologia BIM para a elaboração e execução direta ou indireta de projetos de obras e serviços de engenharia, tanto na construção de novas obras, ampliações e reformas.

A importância desta pesquisa se dá em demonstrar a superioridade da utilização dos softwares com suporte BIM para a análise de interferência entre os projetos de várias disciplinas, prevenindo inúmeras incompatibilidades na fase de projeto, elevando o padrão de qualidade do produto final. Além disso, no que tange a profissão de engenharia civil, a utilização do BIM é essencial e obrigatória na elaboração de projetos públicos, destacando os profissionais que possuem este conhecimento.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo será apresentado o embasamento teórico deste trabalho.

### **4.1 Projeto e a sua importância na construção civil**

Um projeto pode ser definido de inúmeras maneiras dependendo da sua finalidade. Para Menezes (2018, p. 31), a definição de projeto é “um empreendimento único que deve apresentar um início e um fim claramente definidos e que, conduzido por pessoas, possa atingir seus objetivos respeitando os parâmetros de prazo, custo e qualidade”. Já a NBR ISO 9000 (ABNT, 2015, p. 43), determina que projeto é um “conjunto de processos que transformam requisitos em características especificadas ou na especificação de um produto, processo ou sistema”.

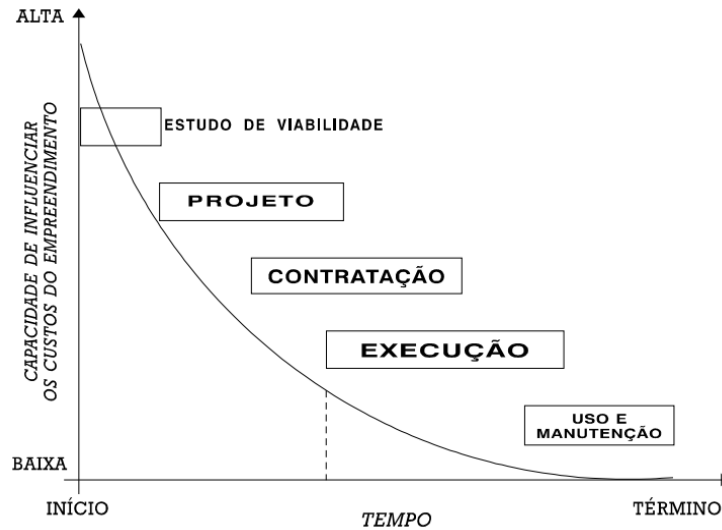
Para Santos (2000), o projeto na construção civil é uma das primeiras etapas do processo construtivo, sendo fundamental para a obtenção da qualidade do empreendimento, pois é na fase de projeto que são definidos os conceitos de organização de espaços e a tecnologia utilizada na execução da obra.

O projeto na construção civil assume grande importância na fase de construção do empreendimento, pois tem sido uma ferramenta valiosa para a redução de custos de produção, aumento do desempenho da edificação, diminuição de falhas durante o processo de construção, aumento na produtividade durante a execução e redução do custo final do edifício (AVILA, 2010).

A concepção de um edifício depende de inúmeras operações e técnicas. Para a execução correta destas técnicas, é preciso que o projeto represente o desejo do cliente, atrelado com as especificações técnicas exigidas por normas (SANTOS, 2000).

Melhado e Agopyan (1995) ressaltam, por meio das considerações do grupo do Construction Industry Institute - CII, que para obtenção de qualidade do empreendimento é fundamental que o empreendedor valorize a fase inicial de projeto, pois é nessa etapa que são tomadas as decisões que possuem maior influência no custo final da obra, conforme a Figura 1.

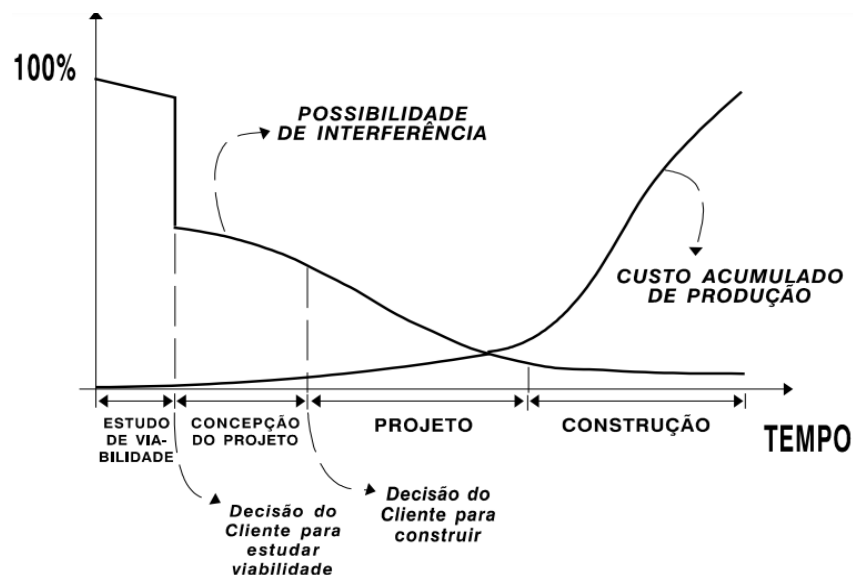
**Figura 1: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases**



Fonte: Melhado e Agopyan (1995, online).

Hammarlund e Josephson (1992 apud MELHADO; AGOPYAN, 1995) ressaltam que as decisões tomadas na fase inicial do projeto são de grande importância, principalmente na fase do estudo de viabilidade à conclusão do projeto, pois possui baixo dispêndio de recursos, concentram-se boa parte da redução e reincidência de falhas, reduzindo os custos, conforme a Figura 2.

**Figura 2: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício**



Fonte: Hammarlund e Josephson (1992) apud Melhado e Agopyan (1995, online).

## 4.2 Tipos de projetos

Para atingir o produto final, o empreendimento, a construção civil divide o processo de produção em projetos, pois servem como um guia para a execução das etapas e serviços da obra. A grosso modo, os projetos podem ser divididos entre projeto arquitetônico e projetos complementares.

### 4.2.1 Projeto arquitetônico

A NBR 16636-1 (ABNT, 2017) define que o projeto arquitetônico é uma representação do conjunto de elementos conceituais elaborados por profissionais habilitados, que materializam uma ideia arquitetônica com princípios técnicos e científicos, adequando-a com os recursos disponíveis, leis, regras e alternativas que viabilizem a decisão.

### 4.2.2 Projeto complementares

Projetos complementares são caracterizados por um conjunto de informações técnicas elaborada por profissionais habilitados, que se integram ao projeto arquitetônico do empreendimento, com o intuito de fornecer parâmetros técnicos e dimensionamentos necessários para a construção da obra ou serviço (ABNT, 2017)

#### a) Sistema estrutural da edificação

A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece que a solução estrutural adotada deve atender aos parâmetros de qualidade estabelecidos pelas normas técnicas, atendendo à capacidade resistente, desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura. Além disso, o projeto estrutural deve considerar as condições arquitetônicas, funcionais e construtivas, e integrar os demais projetos complementares.

b) Sistema de instalações elétricas prediais

A NBR 5410 (ABNT, 2008) enfatiza as condições necessárias para satisfazer as instalações elétricas prediais de baixa tensão, com o intuito de garantir a segurança de seus usuários, o funcionamento e conservação dos bens.

c) Sistema predial de água pluviais

A instalação predial de águas pluviais é exclusivamente destinada ao recolhimento e condução das águas provenientes das chuvas, excluindo qualquer possibilidade de interligações com outros sistemas hidráulicos (ABNT, 1989).

d) Sistema predial de água fria

A NBR 5626 (ABNT, 2020), também define que o sistema predial de água fria é composto por tubos, reservatórios, peças e equipamentos, com a função de conduzir a água fria da fonte até os pontos de utilização.

e) Sistema predial de esgoto sanitário

A NBR 8160 (ABNT, 1999) define que o sistema de esgoto sanitário tem por funções básicas coletar e conduzir os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado. Além disso, o sistema deve evitar a contaminação da água, de modo garantir a sua qualidade, permitir o rápido escoamento dos dejetos, impedir que os gases provenientes das tubulações acessem os ambientes e facilitar a inspeção e manutenção.

### 4.3 Sistemas construtivos convencionais

Para Abitante *et al.* (2017) a construção civil é uma das atividades mais antigas da humanidade. Com o tempo, as práticas construtivas foram sendo aprimoradas até se tornarem sistemas construtivos convencionais. Hoje, no Brasil, os principais sistemas construtivos utilizados na construção civil são baseados em estruturas de concreto armado com alvenaria de vedação e alvenaria estrutural. Contudo, a forma de construir varia de acordo com a região, condições do ambiente da localidade, disponibilidade de insumos, questões históricas e culturais. Sendo assim, alguns sistemas construtivos acabam sendo mais aceitos em algumas regiões, recebendo a denominação de convencionais ou tradicionais.

Cassar (2018) também enfatiza que o modelo construtivo mais empregado no Brasil é o sistema convencional, sendo composto por uma estrutura em concreto armado e vedação em alvenaria com blocos cerâmicos ou de cimento não estruturais. Este sistema construtivo é caracterizado por ser muito artesanal, sendo executado em canteiro de obras com o emprego de ferramentas simples e mão de obra com pouca qualificação.

#### 4.3.1 Estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação

Para Salgado (2018), as estruturas de concreto armado são os elementos que irão suportar todos os esforços construtivos e de uso de uma edificação. Sendo nessa fase que surgem os pilares, vigas e lajes.

Abitante *et al.* (2017) definem que as estruturas de concreto armado são compostas por um conjunto de elementos denominados como vigas, lajes e pilares, que são submetidos a diferentes tipos de solicitações. Os vãos entre as estruturas são preenchidos com material de vedação, sendo utilizada a alvenaria como o material mais comum.

A alvenaria pode ser definida como um elemento construído pela união entre unidades blocos com algum componente de ligação, argamassa de assentamento, formando um conjunto rígido e estável (SALGADO, 2018).

**Fotografia 1: Construção com estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

#### **4.4 BIM (*Building Information Modelin*)**

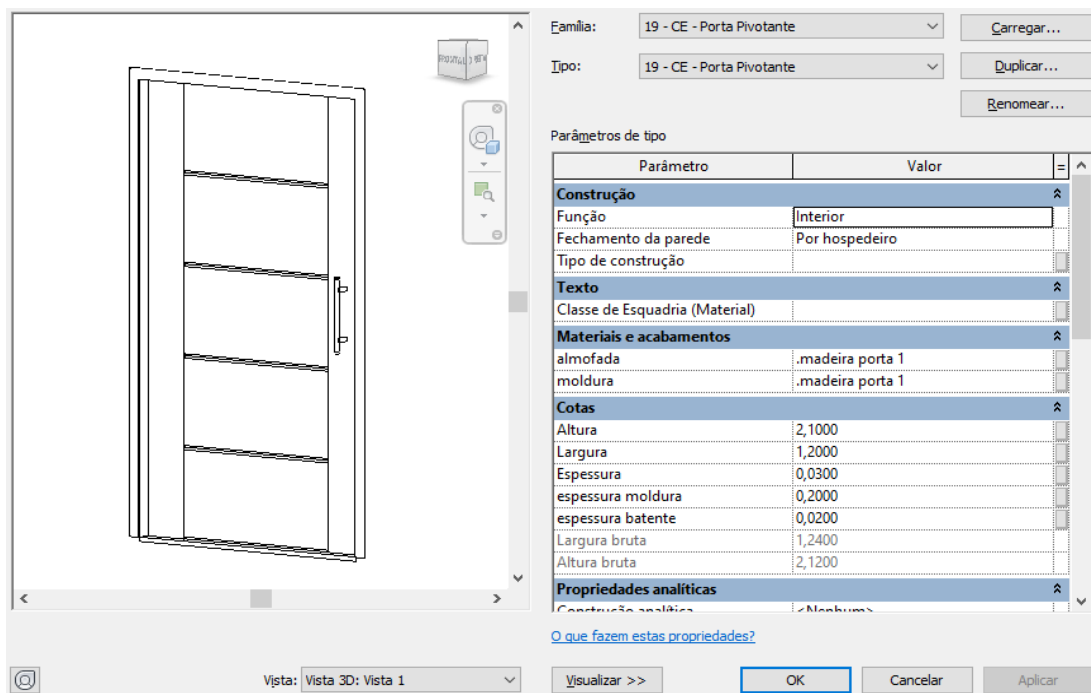
O BIM (do inglês, *Building Information Modeling*) se traduz como a Modelagem da Informação da Construção, podendo ser definida como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (EASTMAN *et al.*, 2014, p.13). Estes modelos da construção têm por características serem representados por objetos a que são associados atributos gráficos e dados computáveis, além de parametrizações que permitem a sua manipulação (EASTMAN *et al.*, 2014).

Segundo Leusin (2018), há anos a produtividade no trabalho na indústria da construção civil vem apresentando uma queda, ainda mais quando comparada a outros segmentos de indústrias manufatureiras. O uso intensivo de tecnologia da informação foi a base para todos os setores em que se houveram ganhos de produtividade recentes, como a agropecuária, com o uso de bancos de dados integrados aos sistemas de operação e utilização de veículos vinculados a sistemas de geolocalização. Dessa forma, o BIM é o caminho para que o setor da construção alcance elevados patamares de produtividade, e como consequência, maior rentabilidade.

O BIM, para Kensek (2018), se difere do CAD 2D e de outros programas de modelagem 3D pela sua associação de parâmetros que podem ser ajustados ao longo da utilização da interface do software. A maioria dessas associações podem ser definidas pelo usuário, alteradas ou até mesmo adicionadas. As informações sobre as propriedades dos componentes podem ser organizadas em formatos de planilha, onde é possível a alteração das mesmas, fazendo com que ocorra uma bidirecionalidade das informações dentro do programa.

A parametrização, dentro do BIM, se dá pela definição de uma família de modelos ou então uma classe de elementos que é composta por um conjunto de relações e regras, como distâncias, ângulos e relações como perpendicularidade e paralelismo entre linhas. Assim, cada parte do elemento se modificará de acordo com seu parâmetro definido. Essas regras podem ser utilizadas para definir requisitos que o modelo deve satisfazer, de forma que o usuário possa fazer modificações e o programa utilize as regras para atualizar detalhes para que o elemento se mantenha dentro dessas determinações e notifique o usuário caso alguma dessas definições não seja obedecida (EASTMAN *et al.*, 2014).

**Figura 3: Objeto parametrizado no software Autodesk Revit**



Fonte: Autoria própria (2021).



Segundo Eastman *et al.* (2014), em função do BIM estar sendo cada vez mais difundido, empresas desenvolvedoras de softwares utilizam o termo para descrever as características e capacidades fornecidas em seus produtos, gerando confusão muitas vezes, por não ser clara a identificação entre o que é BIM e o que não é. Dessa forma, os autores apresentam aspectos que possibilitam a diferenciação:

Modelos que só contém dados 3D, sem (ou com poucos) atributos de projeto: São comumente aplicados para a visualização de formas gráficas, porém seu uso é limitado a outros tipos de análise, por esse tipo de modelo não fornecer suporte para a integração de dados. Alguns desses modelos podem ser utilizados em plataformas BIM, porém não são qualificados como modelagem BIM, e sim como ferramentas BIM.

Modelos sem suporte para comportamento: São modelos que definem formas e objetos, porém não é possível que sejam feitas alterações em seus posicionamentos ou proporções, de forma que não tenham a característica da parametrização. Assim, modificações se tornam muito trabalhosas e detalhes gerados do modelo podem ser imprecisos ou inconsistentes.

Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D que devem ser combinados para definir a construção: Um modelo 3D resultante dessa composição de referências 2D pode não ser consistente, executável ou contabilizável. O modelo pode também não interpretar os dados ou as informações desses objetos introduzidos.

Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas: Como para um projeto se utiliza diversas vistas de um objeto, a alteração de dimensões em uma dessas vistas, sem a alteração automática nas outras implica em erros no projeto, os quais a detecção é muitas vezes falha.

A implantação do BIM permite que sejam feitas simulações de processos e de produtos, de modo que possa ser feita a escolha das melhores opções, a partir de testes e comparações entre elas, como em estudos de viabilidade, consumo de energia ou sequenciamento das etapas na execução da obra (LEUSIN, 2018).

Segundo Kensek (2018), a capacidade de que dados do projeto sejam transmitidos a diferentes domínios e plataformas é a definição de interoperabilidade. Eastman *et al.* (2014) explicam que há anos, desde o início do CAD 2D, o mercado vem entendendo a necessidade do intercâmbio de dados entre os múltiplos programas, para que o projeto possa ser uma atividade colaborativa entre diversos

profissionais. Com essa pretensão, criam-se diferentes formatos de arquivo que possibilitem essa comunicação entre os aplicativos.

Ferraz e Morais (2012) afirmam que associada ao BIM, surge a especificação IFC (*Industry Foundation Classes*), que é um código neutro e aberto e não tem dependência de fornecedores de softwares, possibilitando o armazenamento e troca de informações entre diferentes aplicativos. O IFC é um formato de arquivo que se baseia em codificar a forma gráfica do objeto e seus dados, armazenando e utilizando para todas as fases do ciclo de um projeto BIM, tendo como objetivos principais a coordenação entre as disciplinas do projeto, a troca de informação entre os diferentes programas e a transmissão e a reutilização dos dados utilizados para os processos e dimensionamentos ao longo da dinâmica do projeto (FERRAZ; MORAIS, 2012).

Kensek (2018) conclui que o BIM não é um fluxo linear, e sim muitos fluxos entrelaçados e conectados fazendo a troca de informações, de forma que um projeto possa ser iniciado com o projeto arquitetônico e as disciplinas complementares realizadas em paralelo, utilizando o primeiro como ponto de partida.

Segundo Catelani e Santos (2016), a primeira norma técnica de BIM no Brasil é a NBR 15965, um sistema de classificação da informação que possibilita a padronização para todo país da nomenclatura utilizada em seus processos, e é subdividida da seguinte forma:

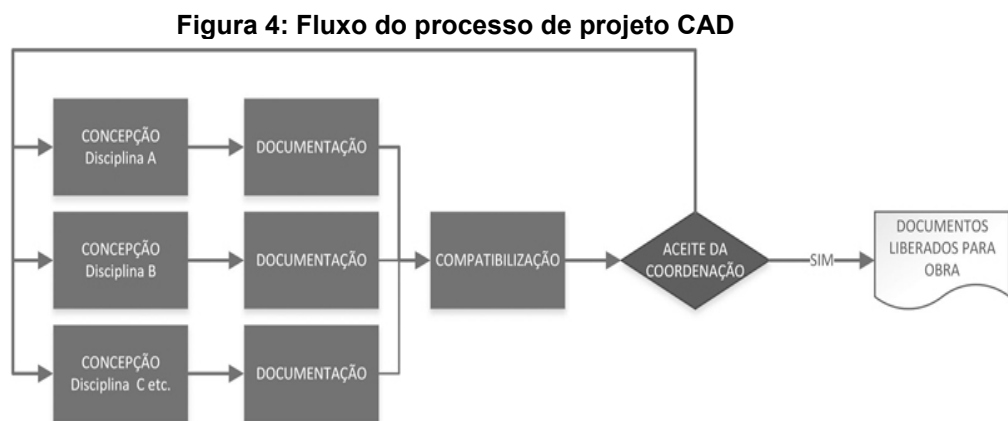
- ABNT NBR 15965-1: Terminologia e estrutura;
- ABNT NBR 15965-2: Características dos objetos da construção;
- ABNT NBR 15965-3: Processos da Construção;
- ABNT NBR 15965-4: Recursos da construção;
- ABNT NBR 15965-5: Resultados da construção;
- ABNT NBR 15965-6: Unidades da construção;
- ABNT NBR 15965-7: Informação da construção.

A Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, a ABNT/CEE-134, criada em 2009, é responsável pela elaboração de normas e documentos técnicos para o setor da construção civil e tem como objetivo organizar os aspectos chave para a implementação do BIM no país e a viabilização do trabalho colaborativo na área (CATELANI; SANTOS, 2016).

## 4.5 Compatibilização

Segundo Callegari (2007), a compatibilização compreende o gerenciamento e a integração entre os projetos, com o objetivo de minimizar os conflitos entre eles e executar o ajuste fino, resultando na obtenção de padrões de controle da qualidade da obra. Consiste também na detecção de falhas relacionadas com interferências e inconsistências geométricas entre as diferentes disciplinas.

Em contradição ao BIM, em que o desenvolvimento do projeto pode ser feito de modo coordenado e simultâneo pelos profissionais das diversas especialidades, de modo colaborativo, a Figura 4 ilustra o processo sequencial do CAD, em que as soluções adotadas em cada disciplina são analisadas e verificadas se são compatíveis entre si para que possa ser dado prosseguimento ao processo de projeto (LEUSIN, 2018).



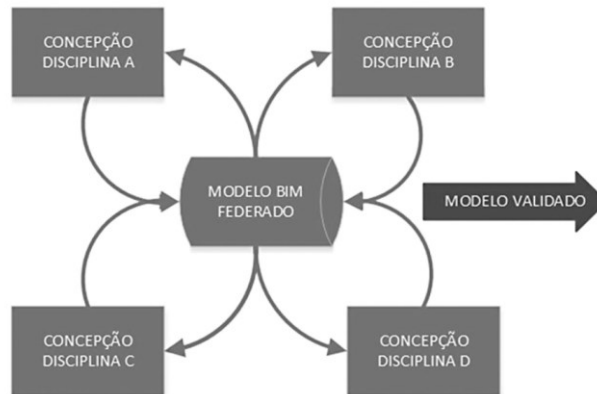
**Fonte: Leusin (2018, online).**

De acordo com o autor, a compatibilização pode ser definida como a correção de erros ou inconsistências, gerando assim um retrabalho, pois a cada vez que essa compatibilização é feita, é preciso que sejam feitas alterações nas concepções, resultando em alterações também nas etapas seguintes. Os prazos acabam por se estender, uma vez que para considerar as interferências e conflitos entre as disciplinas, é necessário a finalização das demais (LEUSIN, 2018).

Leusin (2018) disserta que com o BIM possibilitando a comunicação simultânea e bidirecional entre os projetistas, forma-se um banco de dados comum a eles, não dependendo assim da espera pela finalização de uma etapa anterior para

que possa dar andamento ao trabalho, conforme ilustra a Figura 5. Com a sincronia de dados, em tempo real se levam em consideração as limitações decorrentes das demais disciplinas e se negociam soluções entre os responsáveis.

**Figura 5: Processo colaborativo simultâneo no BIM.**



**Fonte: Leusin (2018, online).**

## **5 METODOLOGIA**

Nesse tópico será abordado todo o processo metodológico deste estudo de caso.

### **5.1 Escolha da edificação**

Para a realização do estudo, procurou-se um projeto público aprovado de uma edificação na região da cidade de Campo Mourão - PR, em que todos os projetos foram realizados em CAD 2D. Contudo, por questões éticas e profissionais, a identificação do projetista e localidade da edificação se encontram em sigilo.

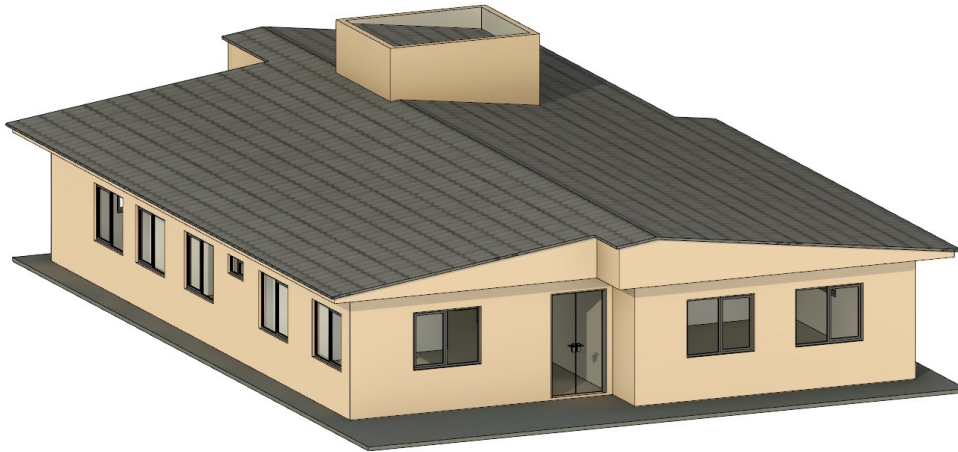
Por meio do site da Prefeitura da Municipal de Campo Mourão, foi escolhido um projeto de 199,88 m<sup>2</sup>, uma edificação térrea projetada em alvenaria e estrutura de concreto armado.

### **5.2 Modelagem**

#### **a) Modelagem do Projeto Arquitetônico**

Para a modelagem do projeto arquitetônico, foi utilizada uma versão estudantil do software Autodesk Revit 2021, baseando-se no projeto original para que as medidas e níveis estivessem compatíveis, resultando no projeto da Figura 6.

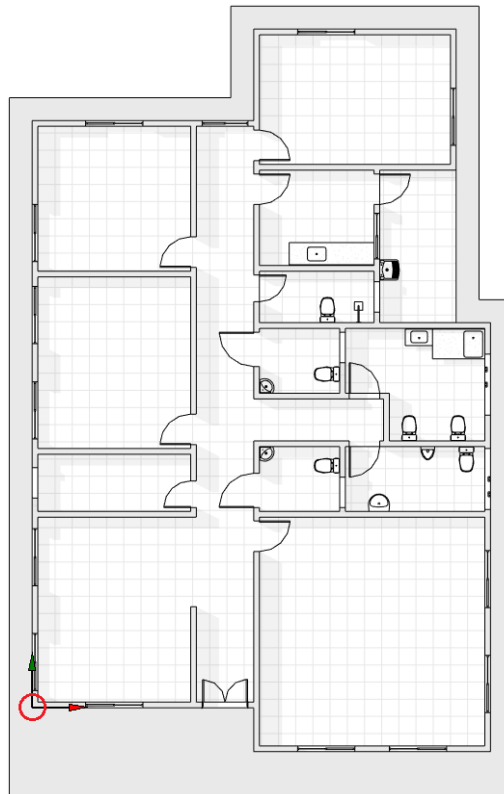
**Figura 6: Modelagem do Projeto Arquitetônico no software Autodesk Revit**



**Fonte: Adaptado do Projeto A (2020).**

Conforme a Figura 7, o modelo foi executado de modo que a origem fosse posicionada em um dos cantos da edificação, de modo que os projetos complementares fossem também modelados utilizando este ponto de referência para que estivessem totalmente alinhados entre si.

**Figura 7: Ponto de referência para a modelagem dos projetos**



**Fonte: Adaptado do Projeto A (2020).**

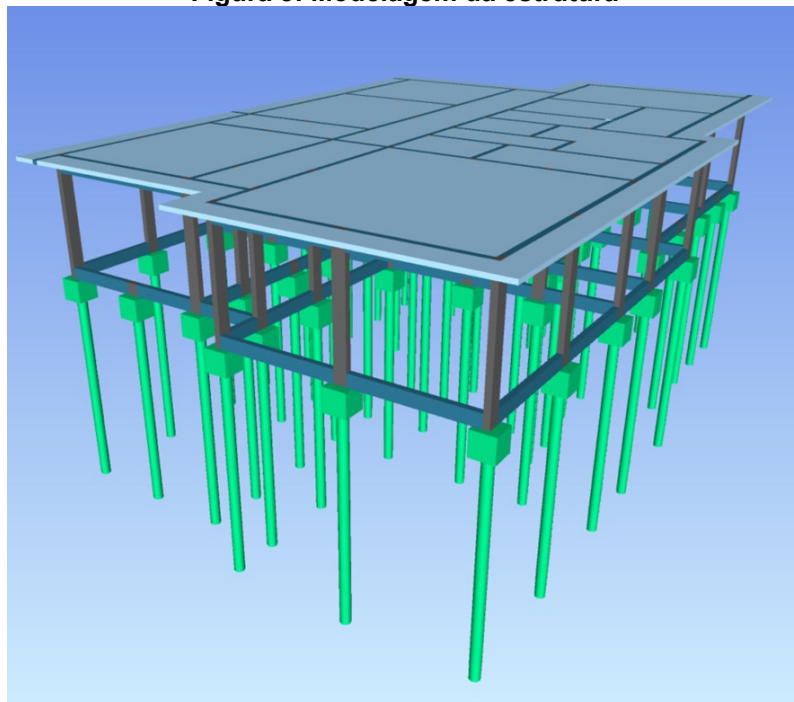
## b) Modelagem do Projeto de instalações Elétricas

As instalações elétricas da edificação foram modeladas com a utilização do software QiBuilder 2022 da AltoQi, por meio de uma licença pessoal fornecida por terceiros. Posteriormente, o projeto foi exportado em um modelo IFC para que pudesse ser utilizado na análise da compatibilidade com os demais projetos.

## c) Modelagem do Projeto Estrutural

A estrutura da edificação foi modelada por meio do software Eberick 2022 da plataforma AltoQi, por meio de uma licença pessoal fornecida por terceiros. A modelagem dos elementos estruturais foi baseada nas pranchas de formas da edificação, respeitando os níveis de pisos e dimensões dos elementos estruturais. Após isso, foi exportado um arquivo IFC contendo o modelo 3D da edificação para análise de compatibilidade, conforme a Figura 8.

**Figura 8: Modelagem da estrutura**



**Fonte: Adaptado do Projeto B (2020).**

#### d) Modelagem do Projeto de Instalações Hidrossanitárias

As instalações hidrossanitárias foram modeladas com a utilização do software QiBuilder 2022 da AltoQI, respeitando as representações em planta e isométricos presente no projeto hidrossanitário, posteriormente o projeto foi exportado em um arquivo IFC contendo o modelo 3D para análise de compatibilidade.

### 5.3 Análise de interferências

A análise de interferências se deu na inserção de todos os projetos em somente um arquivo no software Navisworks, sendo que utilizando os modelos 3D, foi possível verificar as interferências entre os projetos por meio das sobreposições das modelagens. As verificações se deram ao analisar os projetos par a par, segundo as relações abaixo:

- Projeto Arquitetônico - Projeto Elétrico;
- Projeto Arquitetônico - Projeto Estrutural;
- Projeto Arquitetônico - Projeto Hidrossanitário.
- Projeto Estrutural - Projeto de Instalações Elétricas;
- Projeto Hidrossanitário - Projeto de Instalações Elétricas;
- Projeto Hidrossanitário - Projeto Estrutural;

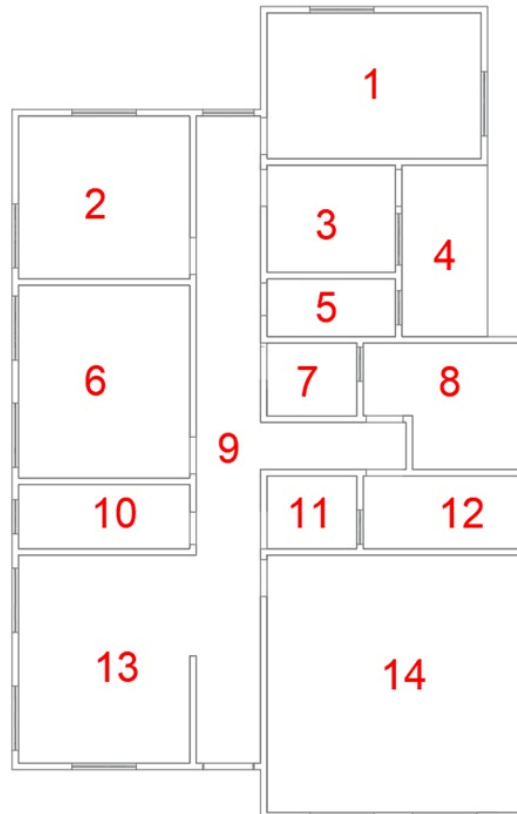
Para simplificar a análise dos projetos, os ambientes da edificação foram renomeados por números conforme a Figura 9:

- Ambiente 1 – Equipe Referenciada;
- Ambiente 2 – Atendimento Individual;
- Ambiente 3 – Copa;
- Ambiente 4 – Área de Serviço;
- Ambiente 5 – Banheiro de Funcionários;
- Ambiente 6 – Administração;
- Ambiente 7 – Banheiro para portador de necessidades especiais 1;
- Ambiente 8 – Banheiro Feminino;
- Ambiente 9 – Circulação;
- Ambiente 10 – Almoxarifado;



- Ambiente 11 – Banheiro para portador de necessidades especiais 2;
- Ambiente 12 – Banheiro Masculino;
- Ambiente 13 – Recepção;
- Ambiente 14 – Atendimento Coletivo.

**Figura 9: Numeração dos ambientes**



**Fonte: Adaptado do Projeto A (2020).**

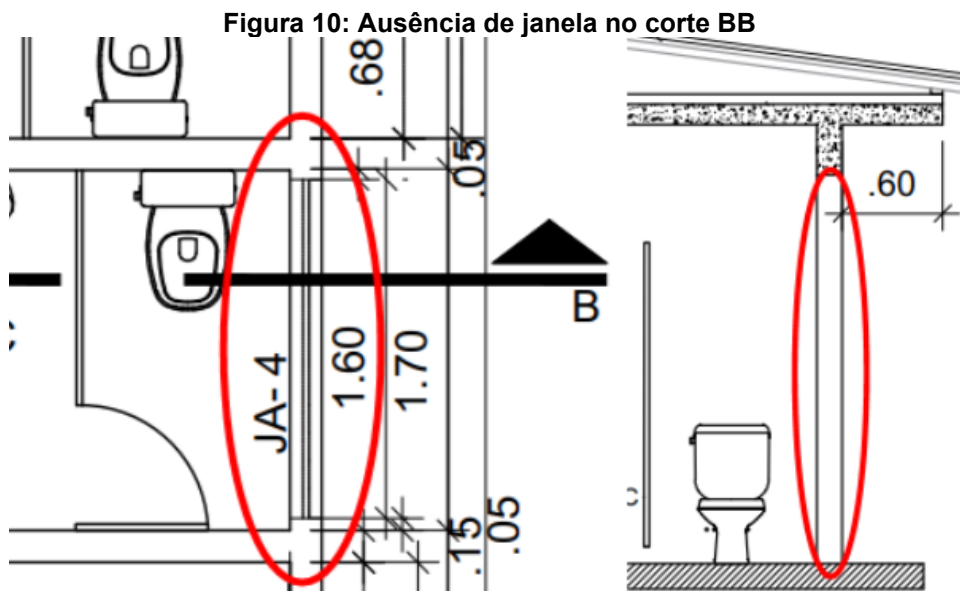
## 6 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados deste trabalho.

### 6.1 Inconsistências

#### a) Inconsistência no Projeto Arquitetônico

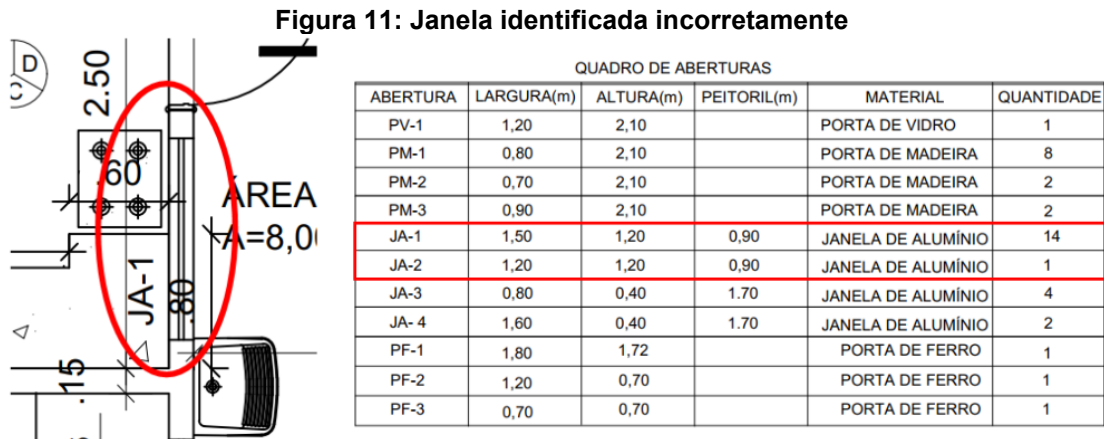
- Faltam cotas que permitam a compreensão do projeto (planta baixa e cortes);
- No que tange as representações gráficas, o projeto não segue as recomendações prevista na NBR 6492 (ABNT, 2021), como por exemplo, simbologia de cortes, identificação de portas e janelas, numerações de títulos e desenhos, etc;
- Ambiente 12 - Ausência da representação da janela 4 no corte BB;



Fonte: Adaptado do projeto A (2020).

- Ambiente 13 - Área do ambiente apresentada errada, sendo que uma parte do ambiente 9 foi contabilizada no ambiente 13;

- Ambiente 3 – Dimensão da janela não compatível com a informação do quadro de esquadrias, sendo que a janela em questão é uma JA-2 e não um JA-1, deixando a quantidade de janelas errada.

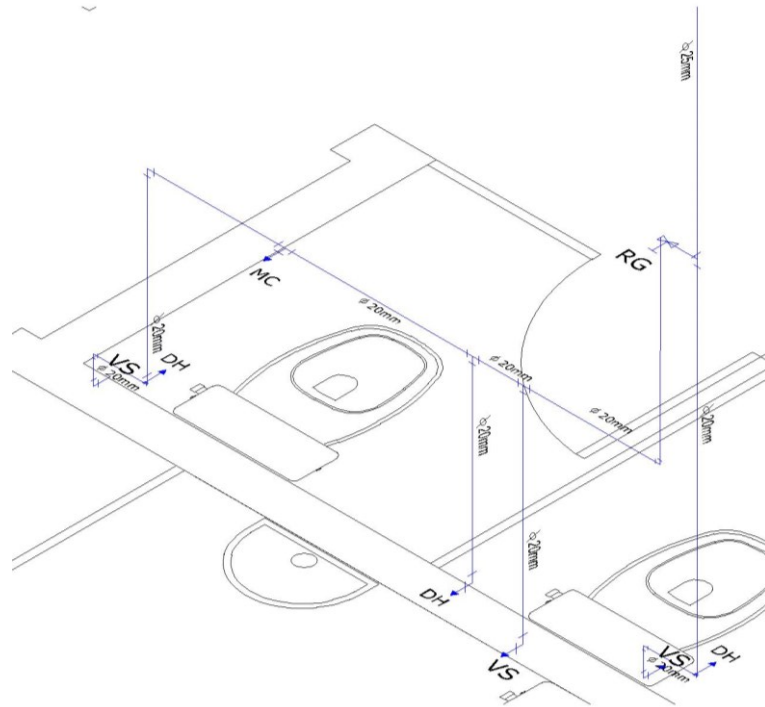


Fonte: Adaptado do Projeto A (2020).

#### b) Inconsistência no Projeto Hidrossanitário

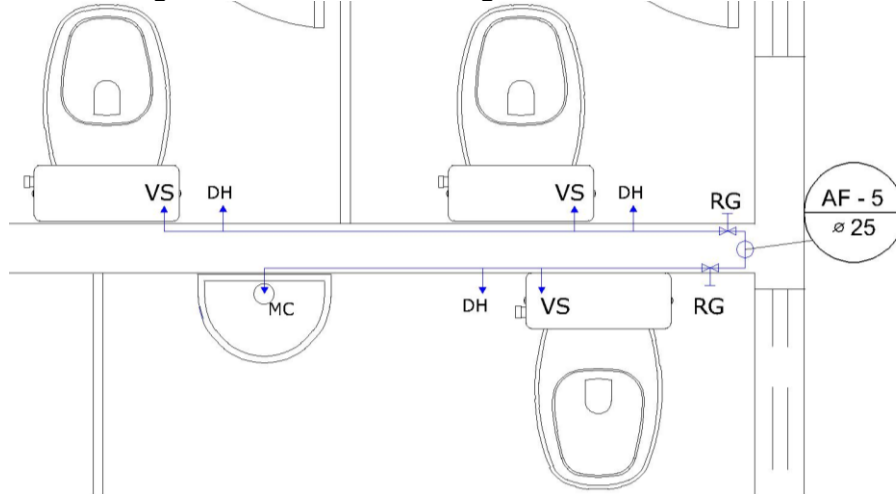
- Simbologia das peças e conexões hidráulicas sanitárias divergente da NBR 8160 (ABNT, 1999);
- Registros de gaveta das colunas de água fria posicionados em ponto de cotovelo de 90° em vários ambientes;
- Ambiente 8 e 12 - Isométrico de água fria com representações divergente com a planta baixa de água fria, sendo que no isométrico há compartilhamento de ramal de água fria entre os dois ambientes, enquanto na planta baixa os dois ambientes possuem ramal de água fria independentes, conforme as Figuras 12 e 13. Além disso, do ponto de vista executivo, a parede hidráulica de 15 cm especificada em projeto não iria comportar o embutimento dos tubos, necessitando uma parede mais espessa.

**Figura 12: Isométrico dos ambientes 8 e 12**



Fonte: Adaptado do Projeto C (2020).

**Figura 13: Planta baixa de água fria dos ambientes 8 e 12**



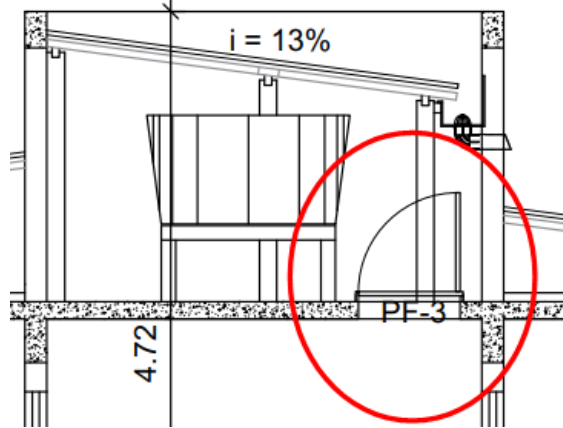
Fonte: Adaptado do Projeto C (2020).

c) Inconsistência no projeto estrutural

- Não há representação ou informações da estrutura do abrigo da caixa d'água;

- Ambiente 3 - não foi prevista abertura na laje de apoio da caixa d'água no projeto estrutural, sendo que o projeto arquitetônico é especificado conforme a Figura 14.

**Figura 14: Ausência de abertura na laje do ambiente 3**



Fonte: Adaptado do Projeto A (2020).

d) Inconsistência no Projeto de Instalações Elétricas

- A legenda referente aos pontos de luz do projeto (Figura 15) não corresponde com as informações de potência das lâmpadas que constam no quadro de carga, conforme a Figura 16.

**Figura 15: Descrição dos pontos de luz na legenda do Projeto Elétrico**

|  |   |
|--|---|
|  | PONTO DE LUZ (LUM. LED 2X36W)           |
|  | PONTO DE LUZ (LUM. LED 2X18W)           |
|  | PONTO DE LUZ NA PAREDE (LUM. LED 2X36W) |

Fonte: Adaptado do Projeto D (2020).

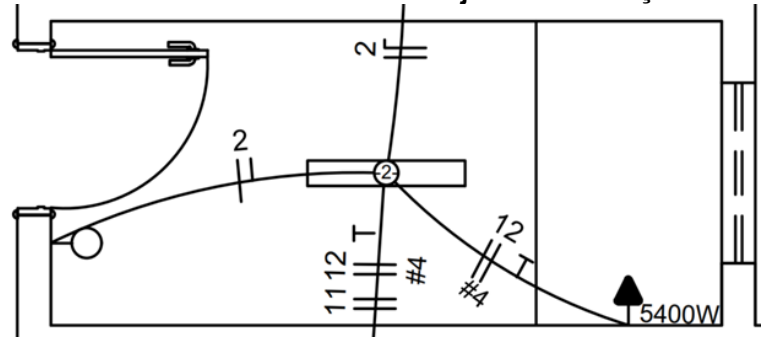
**Figura 16: Sessão do quadro de cargas**

| CIRCUITO | LAMPADAS FLUORESCENTE. |       |       | TOMADAS |      |      |       |       |
|----------|------------------------|-------|-------|---------|------|------|-------|-------|
|          | 20W                    | 2x20W | 2x40W | 100W    | 350W | 600W | 1600W | 5400W |
| 01       |                        | 9     |       |         |      |      |       |       |
| 02       |                        | 7     |       |         |      |      |       |       |
| 03       |                        | 8     |       |         |      |      |       |       |
| 04       |                        |       |       | 17      | 3    |      |       |       |
| 05       |                        |       |       | 6       |      | 4    |       |       |
| 06       |                        |       |       | 18      | 4    |      |       |       |
| 07       |                        |       |       |         |      |      | 1     |       |
| 08       |                        |       |       |         |      |      | 1     |       |
| 09       |                        |       |       |         |      |      | 1     |       |
| 10       |                        |       |       |         |      |      | 1     |       |
| 11       |                        |       |       |         |      |      | 1     |       |
| 12       |                        |       |       |         |      |      |       | 1     |
| 13       | 9                      |       |       |         |      |      |       |       |
| 14       |                        |       |       |         |      |      |       |       |
| 15       |                        |       |       |         |      |      |       |       |
| TOTAL    |                        |       |       |         | 50   | 4    | 5     | 1     |

**Fonte: Adaptado do Projeto D (2020).**

- Verifica-se ainda na Figura 16 que a quantidade de tomadas apresentada na somatória total no quadro de cargas não corresponde com a soma real da coluna das tomadas de 350W. Da mesma forma, não é indicada a somatória das tomadas de 100W e das lâmpadas.
- Segundo o item 6.5.4.7 da NBR 5410 (ABNT, 2008), por possuir 13 circuitos efetivos, o quadro de cargas deveria prever no mínimo 4 circuitos reservas para possíveis ampliações futuras.
- O ambiente 5 se trata de um banheiro. Segundo o item 9.5.2.2.1 da NBR 5410, deve ser prevista uma tomada em ambientes de banheiro, próxima ao lavatório. Conforme a Figura 17, extraída do projeto elétrico, observa-se que a única tomada adotada foi a do chuveiro.

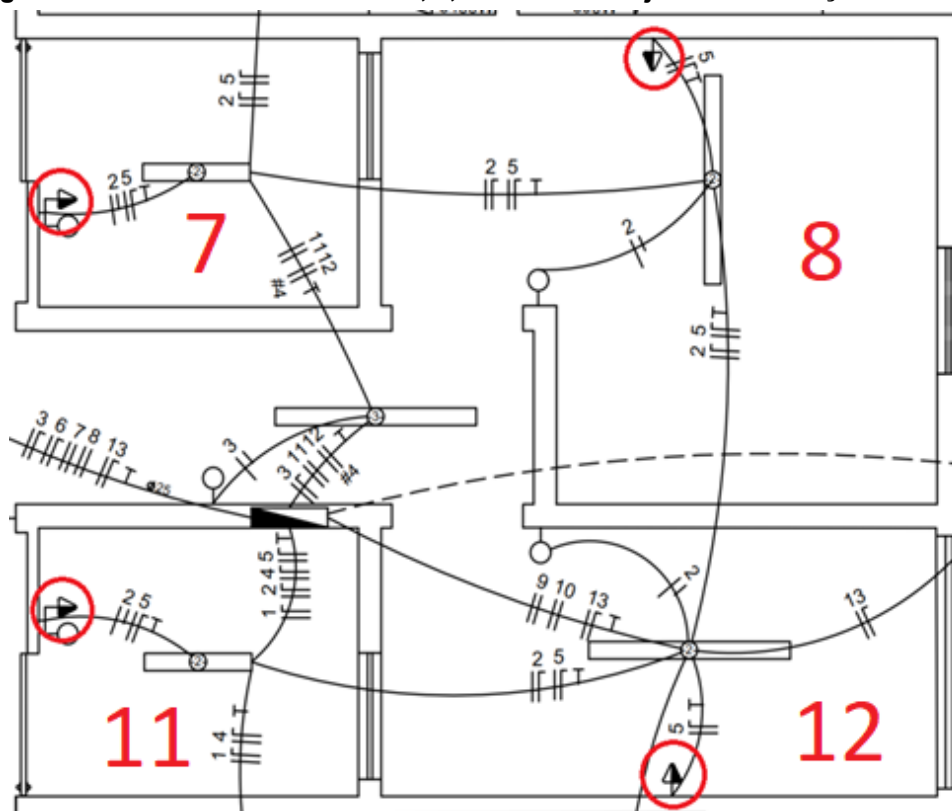
Figura 17: Sessão do ambiente 5 no Projeto de Instalações Elétricas



Fonte: Adaptado do Projeto D (2020).

- Em virtude dos equipamentos que as tomadas podem vir a alimentar, o item 9.5.2.2.2 da NBR 5410 (ABNT, 2008) define que a potência das tomadas de banheiros, lavanderias, cozinhas e copas seja de 600W para até três pontos, e cada ponto excedente seja de 100W. Desta forma, o ambiente 4 apresenta apenas uma de suas tomadas sendo de 600W, enquanto os ambientes 7, 8, 11 e 12 possuem apenas uma tomada de 100W cada, conforme a Figura 18.

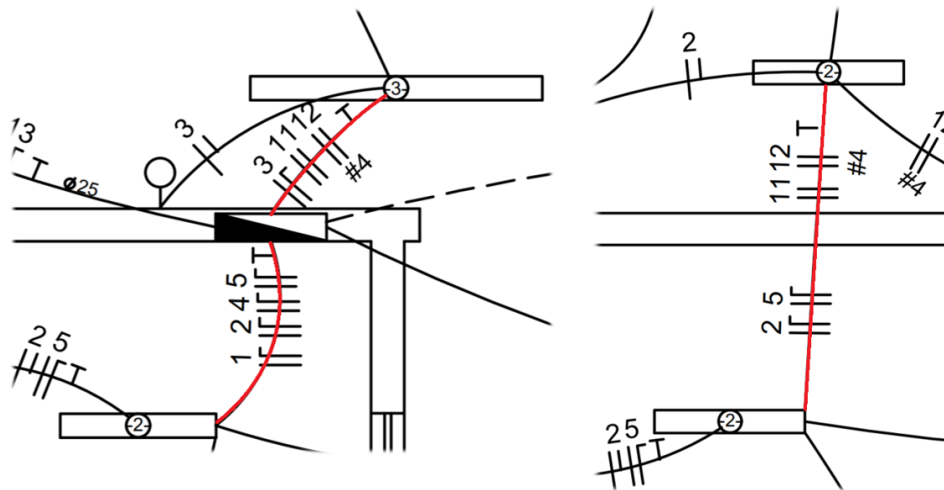
Figura 18: Sessão dos ambientes 7, 8, 11 e 12 no Projeto de Instalações Elétricas



Fonte: Adaptado do Projeto D (2020).

- Conforme o item 6.2.11.1.6 da NBR 5410 (ABNT, 2008), a taxa de ocupação máxima em um eletroduto deve ser de 40%, no caso de três ou mais condutores. Após a análise do projeto elétrico, assim como demonstra a Figura 19, foram identificados três eletrodutos nos quais essa ocupação é ultrapassada, por ter sido utilizado eletroduto de diâmetro nominal de 20mm. Os condutores que não possuem a bitola na representação gráfica do projeto foram considerados pelo projetista com a bitola de 2,5mm<sup>2</sup>.

**Figura 19: Eletrodutos com a taxa de ocupação máxima ultrapassada**



Fonte: Adaptado do Projeto D (2020).

## 6.2 Clash Detection

Ao executar a ferramenta *Clash Detective* no software Navisworks, foram identificados os conflitos para cada um dos testes realizados, conforme a Figura 20 extraída do próprio software. Esta ferramenta faz a análise do conflito entre elementos de cada um dos projetos, resultando em diversos itens que devem ser analisados individualmente.



Figura 20: Clash Detective do software Autodesk Navisworks

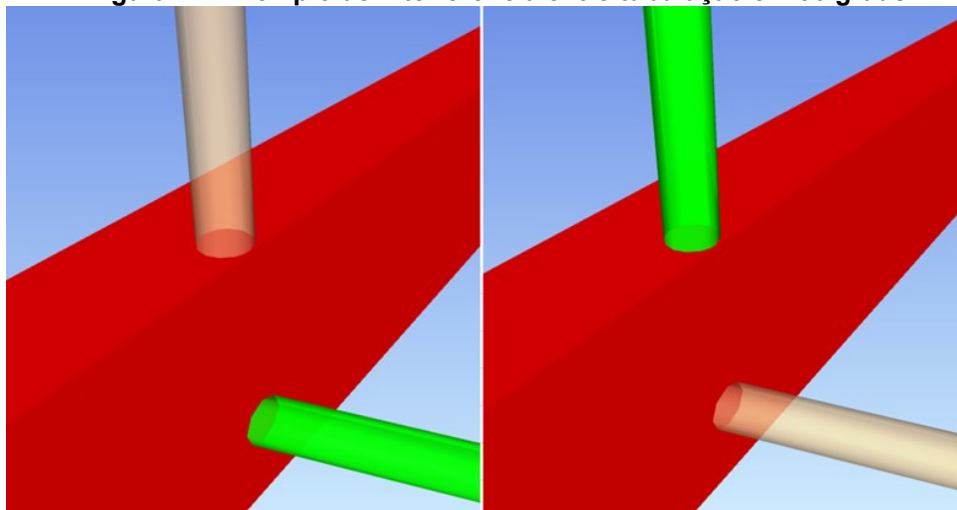
| Name           | Status | Clashes |
|----------------|--------|---------|
| 1 - Arq/Elet   | Done   | 176     |
| 2 - Arq/Est    | Done   | 515     |
| 3 - Arq/Hidro  | Done   | 165     |
| 4 - Est/Elet   | Done   | 233     |
| 5 - Hidro/Elet | Done   | 1       |
| 6 - Est/Hidro  | Done   | 68      |

Fonte: Autoria própria (2022).

É importante salientar que nem todos os conflitos encontrados pelo programa tratam-se de incompatibilidades de projeto, e sim de elementos que fazem contato entre si, como o caso de uma parede do projeto arquitetônico e um pilar do projeto estrutural.

No caso de tubulações e eletrodutos que fazem curvas de 90 graus dentro de estruturas, por meio de conexões, o *clash detection* separa a tubulação em duas e identifica o *clash* para cada um dos elementos que estejam colidindo, conforme a Figura 21.

Figura 21: Exemplo de interferência entre tubulação em 90 graus



Fonte: Autoria própria (2022).

Cada uma destas interferências foi analisada e classificada visualmente, para ser agrupada segundo o seu tipo de conflito.

### 6.2.1 Análise de interferências entre o Projeto Arquitetônico e o Projeto de Instalações Elétricas

Dos 176 conflitos encontrados pelo software ao se executar a análise do *clash detective*, identificou-se após a verificação um a um que não havia problemas de incompatibilidade entre esses projetos, apenas conflitos comuns, como eletrodutos embutidos em paredes.

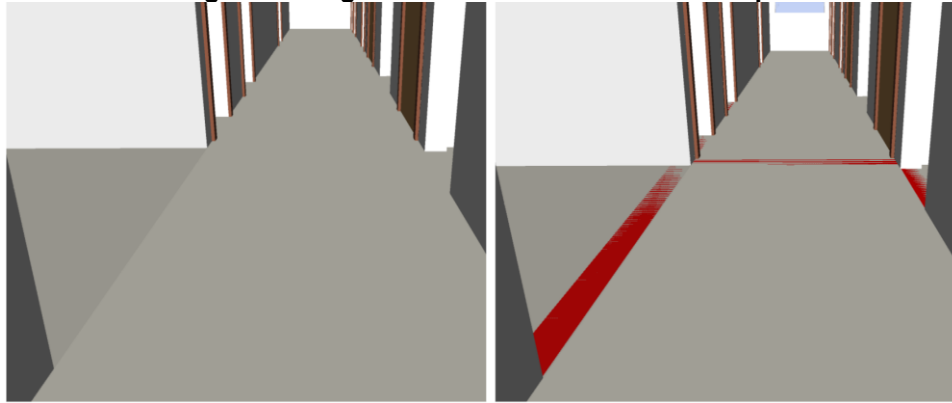
### 6.2.2 Análise de interferências entre o Projeto Arquitetônico e o Projeto Estrutural

Foram identificados 515 conflitos entre os projetos arquitetônico e estrutural. As interferências se deram pelo conflito entre paredes e elementos estruturais, em sua grande maioria. Dos conflitos obtidos, foi possível agrupar as seguintes incompatibilidades:

#### a) Vigas Baldrame em conflito com o piso

Foram identificados 70 conflitos entre as vigas baldrame do Projeto Estrutural com o piso do Projeto Arquitetônico. Tal interferência ocorreu porque ambos componentes se encontram no mesmo nível, conforme a Figura 22. Esse alinhamento impede que o revestimento cerâmico ou até mesmo soleiras das portas sejam executadas sobre as vigas baldrame de forma plana, ocasionando assim degraus no revestimento.

**Figura 22: Vigas baldrame em conflito com o piso**



Fonte: Adaptado do Projeto A (2020) e Projeto B (2020).

Uma possível solução, seria diminuir o nível das vigas baldrames.

b) Vigas Superiores não consideradas na arquitetura

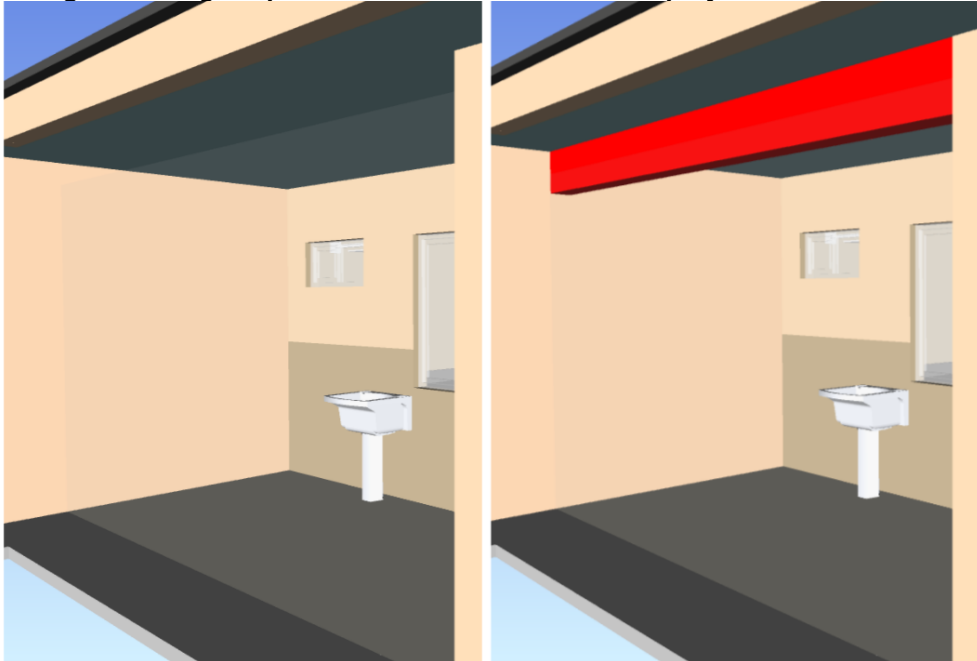
Ao ser feita a análise dos conflitos, identificou-se 4 vigas que se encontram aparentes na arquitetura. Se trata de uma incompatibilidade por estas vigas não terem sido consideradas na concepção do projeto arquitetônico, conforme apontam as Figuras 23 e 24.

**Figura 23: Vigas aparentes não consideradas em projeto no ambiente 9**



Fonte: Adaptado do Projeto A (2020) e Projeto B (2020).

**Figura 24: Vigas aparentes não consideradas em projeto no ambiente 4**



**Fonte: Adaptado do Projeto A (2020) e Projeto B (2020).**

Como solução, readequação do projeto estrutural com a implementação de vigas invertidas ou atribuir essas vigas no projeto arquitetônico.

### 6.2.3 Análise de interferências entre o Projeto Arquitetônico e o Projeto Hidrossanitário

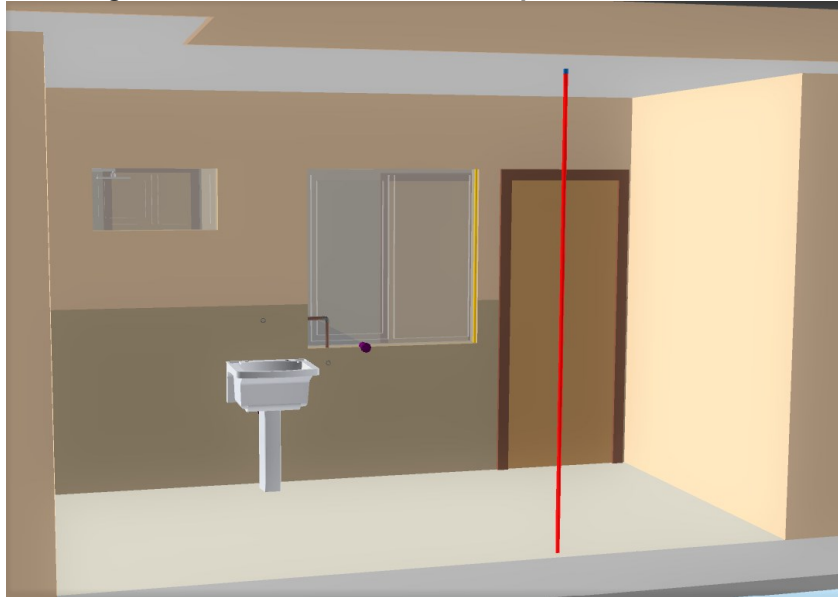
Assim como a análise dos projetos elétrico com o projeto arquitetônico, a grande maioria dos 165 conflitos encontrados no *clash detection* entre o projeto hidrossanitário e arquitetônico se referem a tubulações embutidas na alvenaria. Porém, após a análise de cada um dos conflitos, foram identificadas as seguintes incompatibilidades:

#### a) Tubulação exposta

Por meio da análise de interferências do projeto arquitetônico com o projeto hidrossanitário, foi identificado que o tubo de alimentação do sistema de água fria se encontra exposto em meio à circulação do ambiente 4, conforme a Figura 25. Este posicionamento da tubulação oferece risco à sua integridade física, em desacordo

com o item 6.19.3 da NBR 5626 (ABNT, 2020), que define que a tubulação deve ser posicionada de modo que minimize o impacto danoso a sua integridade.

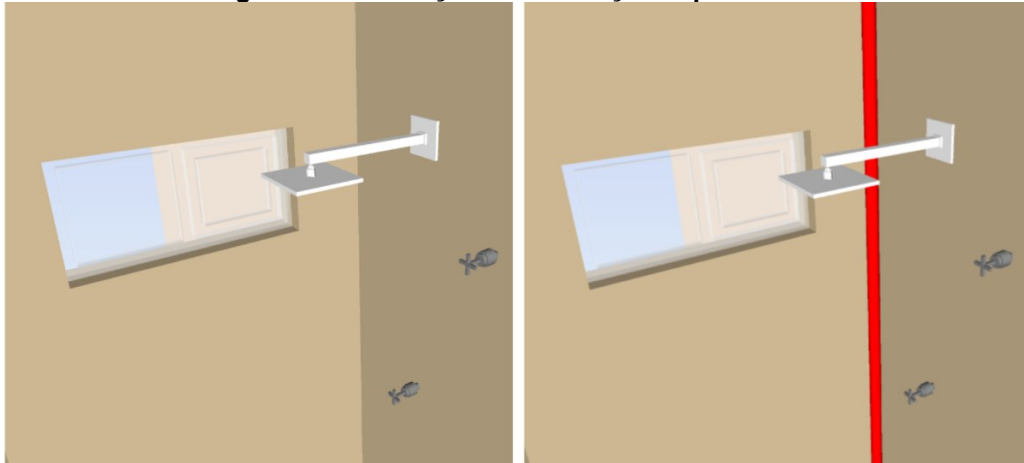
**Figura 25: Tudo de alimentação exposto na circulação**



Fonte: Adaptado do Projeto A (2020) e projeto C (2020).

Como possível solução, a tubulação deve ser realocada e embutida em outra parede.

Foram identificados também tubos de ventilação expostos nos ambientes 5 e 12, uma vez que não foi considerado nenhum tipo de fechamento no Projeto Arquitetônico. Sua posição não oferece risco à sua integridade física como o item anterior, porém a tubulação não foi prevista na concepção do projeto arquitetônico. A Figura 26 demonstra a perspectiva do Projeto Arquitetônico original comparada à perspectiva em que os projetos foram sobrepostos.

**Figura 26: Tubulação de ventilação exposta**

Fonte: Adaptado do Projeto A (2020) e Projeto C (2020).

Como sugestão de solução, seria necessário realocar a tubulação de forma que fique dentro da parede ou realizar uma “boneca” em toda a extensão da tubulação de forma que não fique exposta.

b) Tubulação em conflito com janela

Identificou-se também a interferência entre tubulações do Projeto Hidrossanitário com a janela do Projeto Arquitetônico no ambiente 4, conforme a Figura 27. Mesmo que essas tubulações não estivessem em contato direto com a janela, deveria ser levado em consideração a presença da contraverga, uma vez que conforme o item 6.19.2 da NBR 5626 (ABNT, 2020), é preciso considerar a dificuldade de manutenção e movimentações em relação aos elementos em que a tubulação esteja embutida, de forma que preserve a sua integridade física e funcional.

**Figura 27: Interferência tubulação de água fria e de esgoto com janela**



**Fonte: Adaptado do Projeto A (2020) e Projeto C (2020).**

Para solução, seria necessário readequação da tubulação de água fria e esgoto.

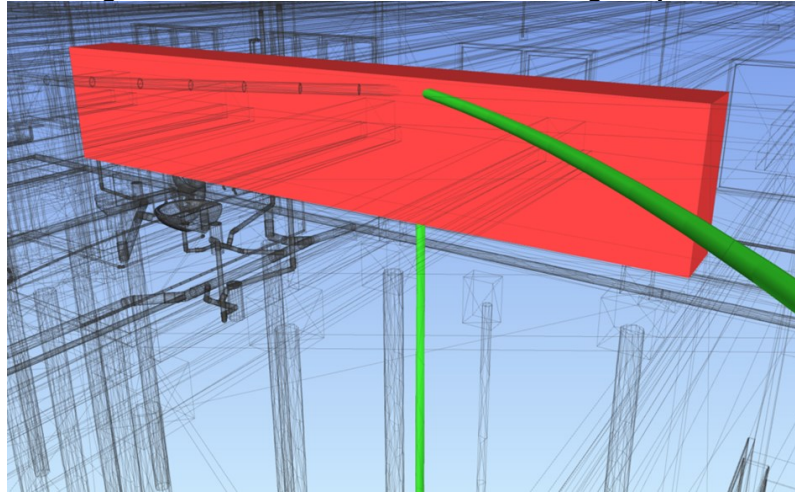
#### 6.2.4 Análise de interferências entre o Projeto Estrutural e o Projeto de Instalações Elétricas

Identificou-se 233 interferências encontradas pelo software ao sobrepor o Projeto Estrutural e o Projeto de Instalações Elétricas. Estas foram classificadas visualmente quanto ao seu tipo de conflito:

##### a) Eletroduto em conflito com vigas superiores

Foram identificadas 65 interferências nas quais os eletrodutos corrugados flexíveis de PVC colidem com as vigas superiores, fazendo-se necessários furos nas estruturas de concreto, conforme a Figura 28.

**Figura 28: Eletroduto em conflito com viga superior**



Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto D (2020).

O item 13.2.5.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), define que é dispensada a verificação estrutural dos furos no sentido da largura viga quando as condições são respeitadas simultaneamente:

- A distância do furo à face deve ser igual a 5 cm e duas vezes o cobrimento da face analisada;
- Furo deve ser feito em zona de tração há uma distância  $2h$  do apoio, sendo  $h$  a altura da viga;
- Dimensão máxima de 12 cm de diâmetro e  $h/3$ ;
- Distância entre as faces de furos distância mínima de  $2h$ ;
- Respeitar o cobrimento da armadura e não seccionar armaduras

Portanto, caso o furo não atenda todos os critérios citados acima, é necessário realizar a verificação de reforço no elemento estrutural.

Por fim, referente aos furos que atravessam as vigas na direção da altura viga, o item 21.3.3 da NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece:

- Distância mínima de furo à face mais próxima deve ser igual ou superior a 5 cm e duas vezes o cobrimento da face;
- Em casos de conjunto de furos, devem ser alinhados e suas faces devem ter distância igual ou superior a 5 cm, ou o diâmetro do furo e cada intervalo deve conter pelo menos um estribo;



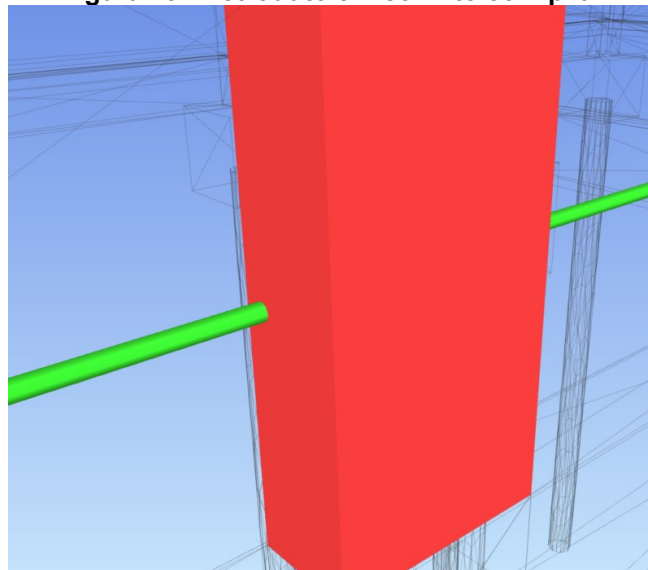
- Furo no sentido vertical a viga não pode ser superior a  $1/3$  da largura da viga, sendo necessário realizar a verificação de redução da capacidade de cisalhamento.

Sendo assim, o aglomerado de eletrodutos que atravessam a viga para chegar no quadro de distribuição devem ser analisados atentamente, respeitando todas esses critérios citados anteriormente.

#### b) Eletroduto em conflito com pilar

Foram identificadas 34 interferências entre eletrodutos e pilares, como a exibida na Figura 29, nas quais para que se possa passar os condutos pela estrutura, deveriam ser feitos furos, que não são previstos pela norma NBR 6118 (ABNT, 2018), logo, devem ser evitados, uma vez que diminuem a área de seção transversal do pilar, responsável por resistir aos esforços.

**Figura 29: Eletroduto em conflito com pilar**



Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto D (2020).

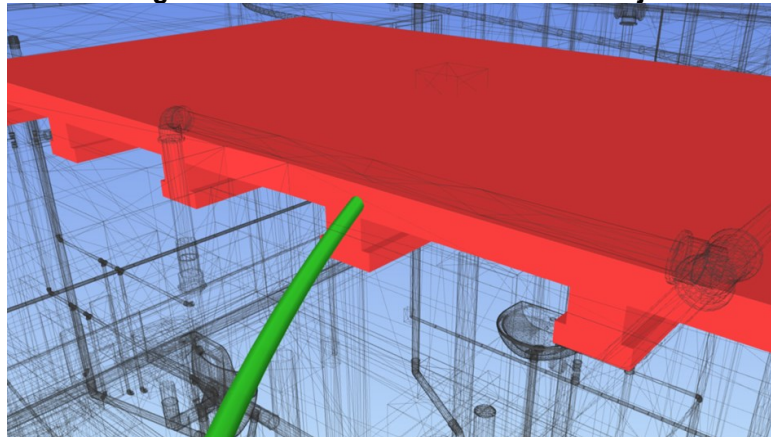
Como possível solução, realocar o eletroduto de forma que ele não atravesse o pilar, como por exemplo, instalá-lo verticalmente na parede.

c) Eletroduto em conflito com laje

Foram identificados 78 conflitos entre eletrodutos e elementos de laje, conforme a Figura 30.

No que diz respeito a lajes, o item 13.2.4.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014), estabelece que quando há passagem de tubulações com diâmetro maior ou igual a 10 mm, a mesa deve possuir espessura de  $4 \text{ cm} + \Phi$  (diâmetro externo da tubulação), o projeto analisado há a passagem de eletrodutos com diâmetro de 1/2" e 3/4", portanto a espessura da mesa deveria ser maior que os 5 cm estabelecidos no projeto estrutural.

**Figura 30: Eletroduto em conflito com laje**



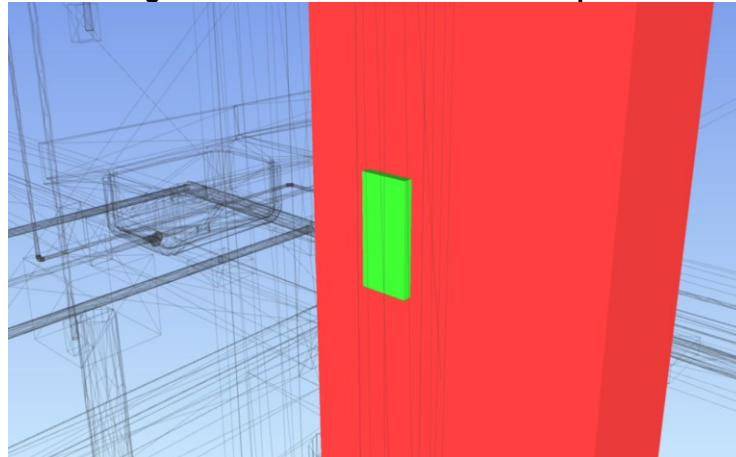
Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto D (2020).

d) Tomada em conflito com pilar

Foram identificadas 3 interferências nas quais as caixas para a instalação das tomadas se encontram embutidas na estrutura de pilares, conforme a Figura 31.

Segundo o item 4.1.10 da NBR 5410 (ABNT, 2008), os componentes da instalação elétrica devem ser instalados de modo que permitam a substituição posterior de partes, que dentro de um pilar não seria possível sem que danifique o elemento estrutural.

**Figura 31: Tomada em conflito com pilar**



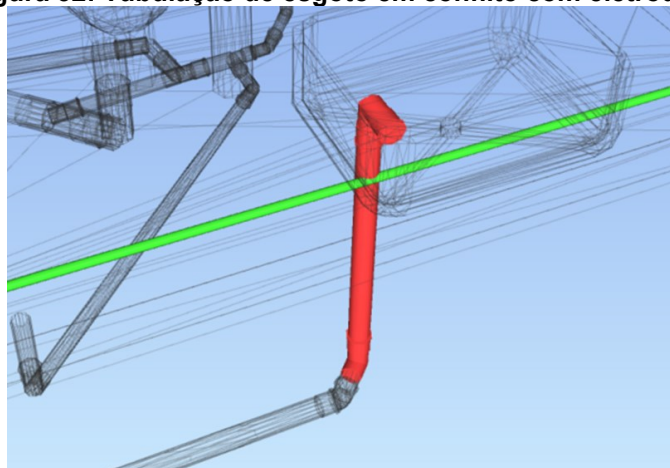
Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto D (2020).

Como possível solução, posicionar a tomada de modo que esta fique embutida na alvenaria, e não na estrutura de concreto.

#### 6.2.5 Análise de interferências entre o Projeto Hidrossanitário e o Projeto de Instalações Elétricas

A única interferência obtida pela análise entre o projeto hidrossanitário e o projeto de instalações elétricas foi o conflito entre uma tubulação de esgoto e um eletroduto, conforme a Figura 32. Esta interferência poderia ser evitada caso as tomadas do ambiente 3 fossem na posição média da parede, ao invés da posição baixa.

**Figura 32: Tubulação de esgoto em conflito com eletroduto**



Fonte: Adaptado do Projeto C (2020) e Projeto D (2020).

### 6.2.6 Análise de interferências entre o Projeto Estrutural e o Projeto Hidrossanitário

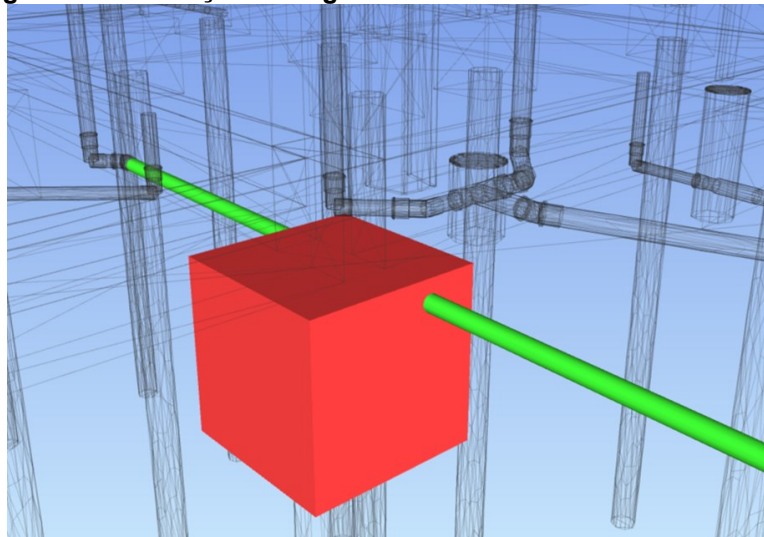
Foram identificadas 68 interferências na análise deste item. No projeto utilizado neste estudo de caso, os banheiros, copa e lavanderia estão todos concentrados em uma área específica da construção, região em que estão acumuladas as interferências entre o Projeto Estrutural e o Projeto Hidrossanitário.

Os conflitos foram classificados de acordo com os elementos que se chocam:

a) Tubulação de esgoto em conflito com bloco estrutural

Foi identificada uma interferência na qual a tubulação de esgoto do ambiente 3 conflita com um bloco, conforme a Figura 33.

**Figura 33: Tubulação de esgoto em conflito com bloco estrutural**



Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).

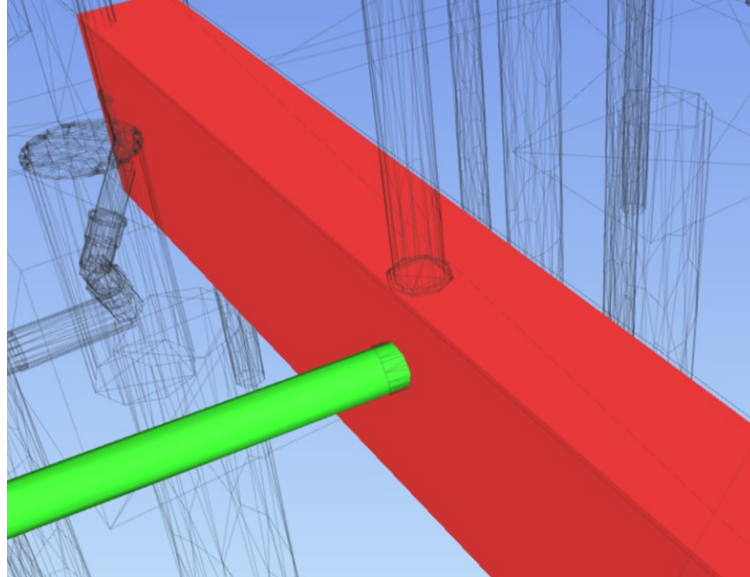
O anexo E da NBR 8160 (ABNT, 1999) estabelece que as juntas e tubulações devem estar arranjadas de forma que permita a dilatação térmica do material instalado quanto da estrutura da edificação. Além disso, as tubulações devem ser fixadas de modo que não sofram com a movimentação da edificação.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) não prevê furos ou aberturas em blocos estrutural, portanto, não é aconselhável realizar tal procedimento. A solução para esse tipo de interferência seria realocar a tubulação para o lado.

b) Tubulação de esgoto/ventilação em conflito com viga baldrame

Foram identificadas 21 interferências nas quais as tubulações de esgoto conflitam com as vigas baldrame, conforme a Figura 34, e 8 interferências nas quais os tubos que conflitam são de ventilação.

**Figura 34: Tubulação de esgoto/ventilação em conflito com viga baldrame**



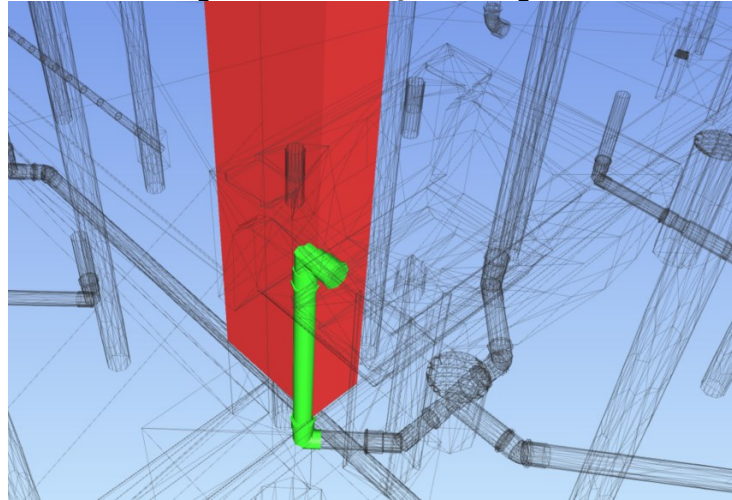
Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).

Furos em vigas para o embutimento de tubulações em muitos casos são inevitáveis, portanto, conforme abordado no tópico 6.2.4, furos em vigas são previstos na NBR 6118 (ABNT, 2014), sendo assim tal interferência deve ser avaliada de acordo com os critérios já citados.

c) Tubulação de esgoto

Foi identificada uma interferência na qual a tubulação de esgoto do ambiente 4 conflita com o pilar, conforme a Figura 35.

**Figura 35: Tubulação de esgoto**



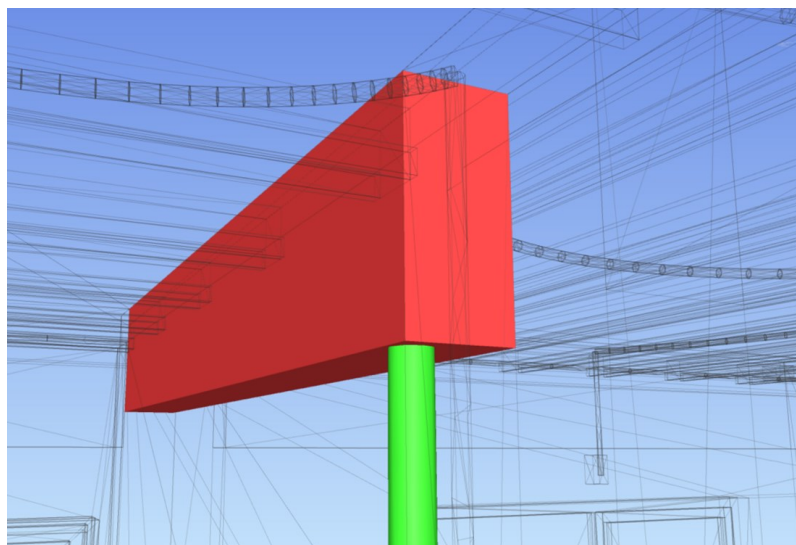
**Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).**

Para este tipo de interferência, a NBR 6118 (ABNT, 2014) não estabelece impedimento, contudo, a tubulação deve ser fixada de forma que não sofra com as movimentações da estrutura, conforme o anexo E da NBR 8160 (ABNT, 1999).

d) Tubulação de ventilação em conflito com viga superior

Foram identificadas 4 situações nas quais a tubulação de ventilação conflita com a viga superior, conforme a Figura 36.

**Figura 36: Tubulação de ventilação em conflito com viga superior**



**Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).**

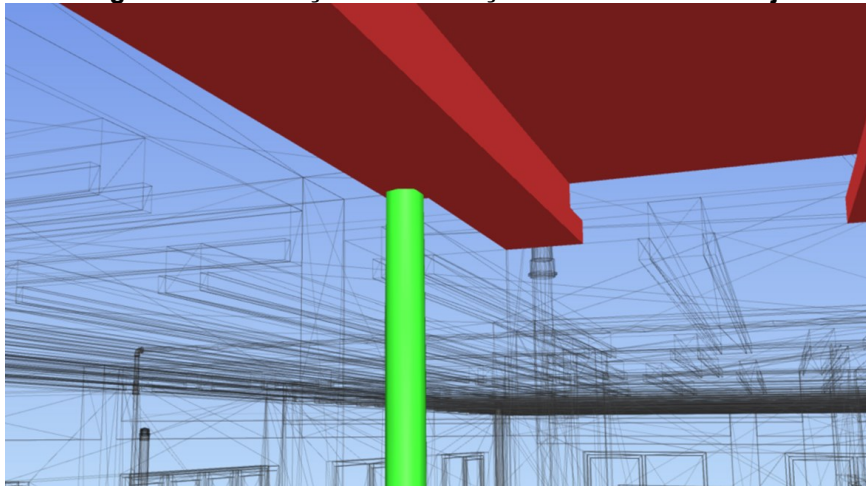


Conforme abordado no tópico 6.2.4, furos em vigas são previstos na NBR 6118 (ABNT, 2014), sendo assim tal interferência deve ser avaliada de acordo com os critérios já citados.

e) Tubulação de ventilação em conflito com a laje

Foram identificadas 2 interferências nas quais a tubulação de ventilação atravessa a laje, conforme a Figura 37.

**Figura 37: Tubulação de ventilação em conflito com laje**



Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).

O item 21.3.4 da NBR 6118 (ABNT, 2014) que aborda sobre abertura em lajes, define que as seções das armaduras interrompidas devem ser substituídas por armaduras de reforços e devidamente ancoradas.

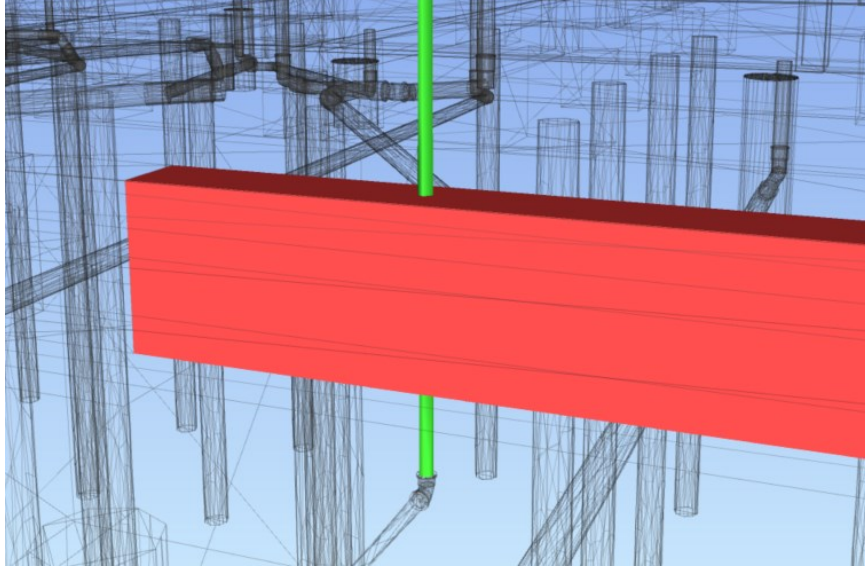
Como a laje em questão é treliçada, não é aconselhável realizar a abertura na vigota, pois reduziria consideravelmente a capacidade de suporte da laje.

f) Tubulação de água fria em conflito com viga baldrame/superior

Foi identificado um conflito no qual a tubulação de alimentação de água fria atravessa uma viga baldrame no ambiente 4, conforme a Figura 38. Da mesma forma,

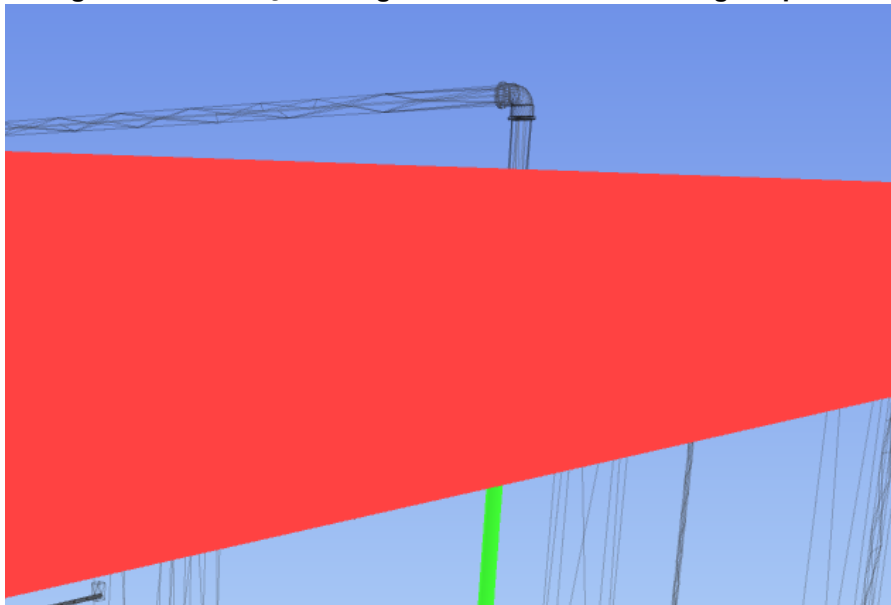
identificou-se 6 conflitos como o apresentado na Figura 39, em que as tubulações de água fria atravessam vigas superiores.

**Figura 38: Tubulação de água fria em conflito com viga baldrame**



Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).

**Figura 39: Tubulação de água fria em conflito com viga superior**



Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).

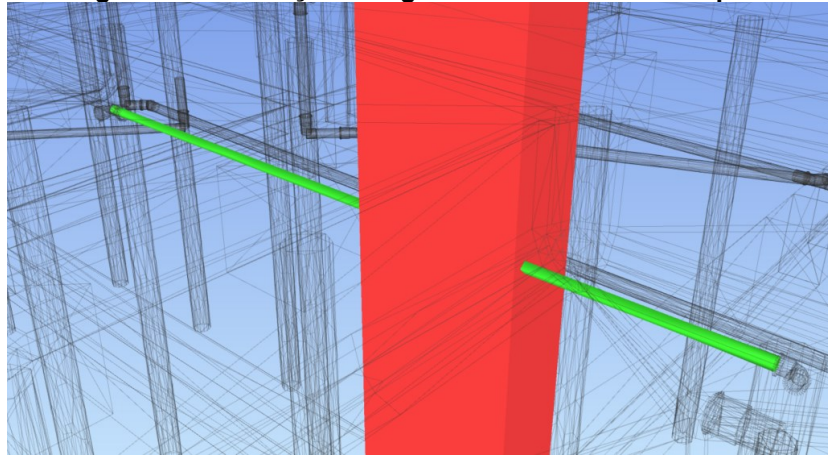
Conforme abordado no tópico 6.2.4, furos em vigas são previstos na NBR 6118 (ABNT, 2014), sendo assim tal interferência deve ser avaliada de acordo com os critérios já citados.



g) Tubulação de água fria em conflito com pilar

Foram identificadas 17 interferências em que as tubulações de água fria acabaram por conflitar com pilares, conforme a Figura 40.

**Figura 40: Tubulação de água fria em conflito com pilar**



**Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).**

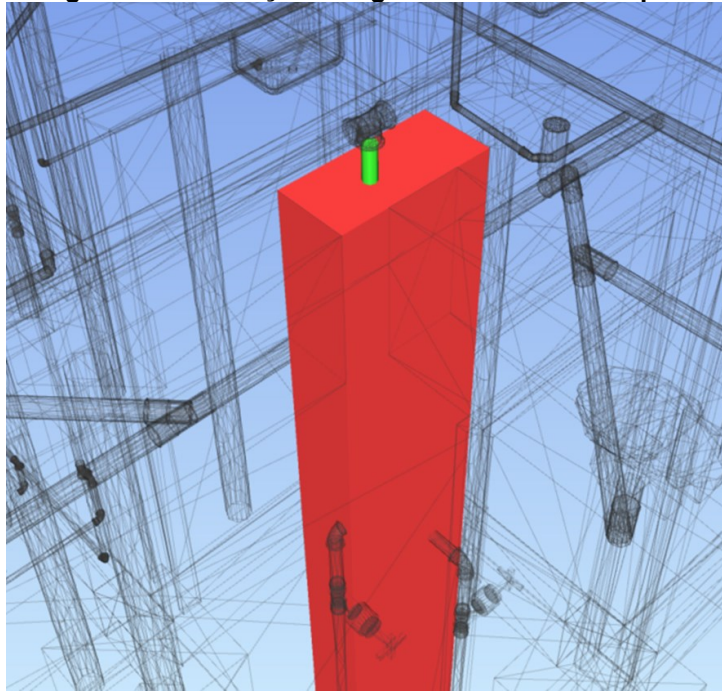
Para este tipo de interferência a NBR 6118 (ABNT, 2014) não estabelece nenhuma restrição. Contudo no item 6.19.1 da NBR 5626 (ABNT, 2020) apresenta que a tubulação não deve haver interferência física com elementos estruturais submetidos a esforços. Caso seja necessário, deve ser encamisada, espaçada e dimensionada para este fim, prevendo as variações térmicas, deslocamentos e vibrações.

A sugestão para solução desse tipo de interferência seria realocar a tubulação de forma que não interfira com o pilar, como por exemplo, atribuir uma coluna de água fria.

h) Tubulação de água fria embutida no pilar

Foram identificadas 3 situações em que as colunas de água fria foram projetadas de modo que ficassem embutidas dentro dos pilares, conforme a Figura 41.

**Figura 41: Tubulação de água fria embutida no pilar**



**Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).**

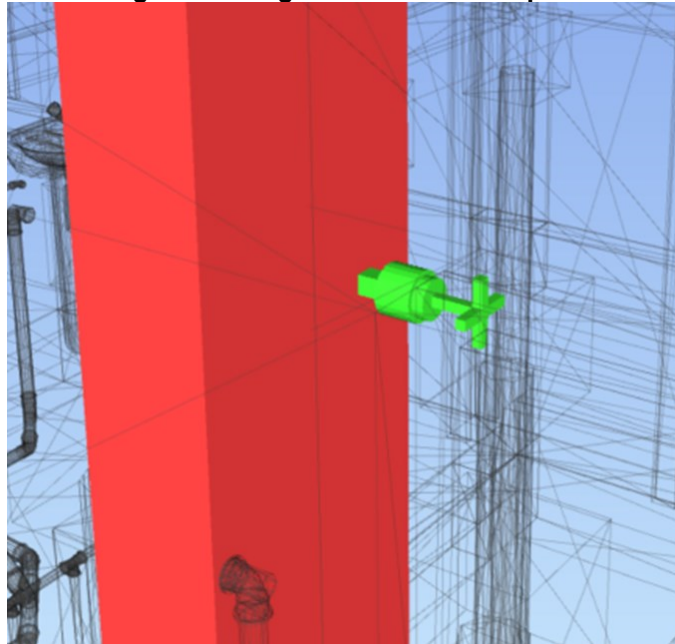
O item 6.19.1 da NBR 5626 (ABNT, 2020) proíbe o embutimento de canalizações no sentido longitudinais de elementos estruturais, como por exemplo, em pilares.

Portanto, a única solução para esta interferência, seria a realocação da coluna de água fria.

i) Registro embutido no pilar

Foi identificado um conflito no qual o registro de gaveta da coluna de água fria AF-3, do ambiente 7 se encontra embutido no pilar de concreto armado, conforme a Figura 42.

**Figura 42: Registro embutido no pilar**



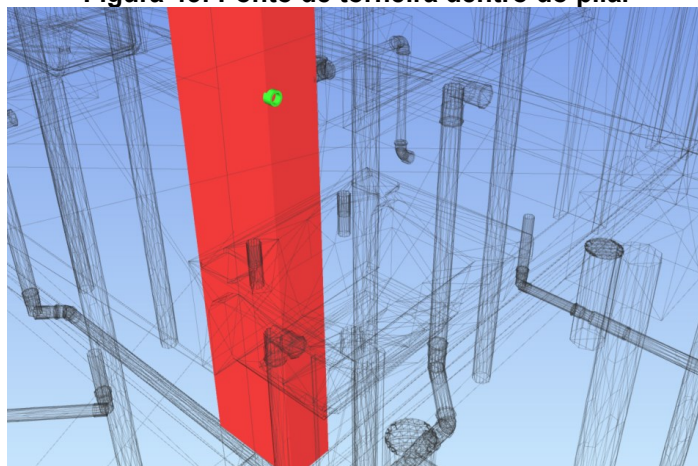
Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).

O item 6.19 da NBR 5626 (ABNT, 2020) traz que os componentes do sistema de água fria devem ser instalados de forma que facilite o acesso para verificações e manutenções. Dessa forma, o registro de gaveta deve ser realocado.

j) Ponto de torneira dentro do pilar

Foi identificado que o ponto de utilização de água fria da torneira do ambiente 4 encontra-se embutido no pilar, conforme a Figura 43.

**Figura 43: Ponto de torneira dentro do pilar**



Fonte: Adaptado do Projeto B (2020) e Projeto C (2020).

Como citado no tópico acima, componentes de água fria devem ser instalados de forma que facilite as manutenções. Dessa forma, a torneira deve ser realocada.

### 6.3 Compilação dos resultados

Para a classificação de cada interferência foi necessário realizar a análise visual de cada *Clash*, e assim sendo classificada conforme o seu tipo de conflito.

Como mostrado no item 6.2.2, não foram identificadas incompatibilidades entre o Projeto Arquitetônico e o Projeto de Instalações Elétricas.

No Quadro 1, é possível verificar a compilação das incompatibilidades identificadas entre os projetos Arquitetônico e Estrutural.

**Quadro 1: Compilado de incompatibilidade entre os projetos Arquitetônico e Estrutural**

| Incompatibilidades identificadas             | Quantidade |
|--|------------|
| Viga baldrame em conflito com o piso         | 70         |
| Viga superior não considerada na arquitetura | 4          |
| <b>TOTAL</b>                                 | <b>74</b>  |

Fonte: Autoria própria (2022).

Da mesma forma, no Quadro 2 foram agrupadas as incompatibilidades identificadas entre os projetos Arquitetônico e Hidrossanitário.

**Quadro 2: Compilado de incompatibilidade entre os projetos Arquitetônico e Hidrossanitário**

| Incompatibilidades identificadas                    | Quantidade |
|---|------------|
| Tubulação exposta                                   | 3          |
| Tubulação de água fria e esgoto conflita com janela | 1          |
| <b>TOTAL</b>  | <b>4</b>   |

Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme os quadros anteriores, foram compilados os resultados da análise de incompatibilidades entre os Projetos de Instalações Elétricas e Estrutural, agrupadas no Quadro 3.

**Quadro 3: Compilado de interferência entre os projetos de Instalações Elétricas e Estrutural**

| Incompatibilidades identificadas         | Quantidade |
|--|------------|
| Eletroduto em conflito com viga superior | 65         |
| Eletroduto em conflito com pilar         | 34         |
| Eletroduto em conflito com laje          | 78         |
| Tomada em conflito com pilar             | 3          |
| <b>TOTAL</b>                             | <b>180</b> |

Fonte: Autoria própria (2022).

No Quadro 4, é exibido o compilado de incompatibilidades encontradas entre os projetos Hidrossanitário e de Instalações Elétricas. Neste caso, encontrou-se apenas uma incompatibilidade.

**Quadro 4: Compilado de incompatibilidades entre os Projetos Hidrossanitário e de Instalações Elétricas**

| Incompatibilidades identificadas            | Quantidade |
|---|------------|
| Tubulação de esgoto conflita com eletroduto | 1          |
| <b>TOTAL</b>                                | <b>1</b>   |

Fonte: Autoria própria (2022).

As incompatibilidades obtidas na análise entre os Projetos Hidrossanitário e Estrutural foram agrupadas conforme o Quadro 5.

**Quadro 5: Compilado de incompatibilidades entre os Projetos Hidrossanitário e Estrutural**

| Incompatibilidades identificadas                      | Quantidade |
|---|------------|
| Tubulação de esgoto em conflito com bloco estrutural  | 1          |
| Tubulação de esgoto em conflito com viga baldrame     | 21         |
| Tubulação de esgoto em conflito com pilar             | 1          |
| Tubulação de ventilação em conflito com viga baldrame | 8          |
| Tubulação de ventilação em conflito com viga superior | 4          |
| Tubulação de ventilação em conflito com a laje        | 2          |
| Tubulação de água fria em conflito com baldrame       | 1          |
| Tubulação de água fria em conflito com viga superior  | 6          |
| Tubulação de água fria conflita com pilar             | 17         |
| Tubulação de água fria embutida no pilar              | 3          |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Registro embutido do pilar        | 3         |
| Ponto de torneira dentro do pilar | 1         |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>68</b> |

**Fonte: Autoria própria (2022).**

É importante reforçar que nem toda interferência é de fato uma incompatibilidade, como por exemplo, furos em vigas ou embutimento de eletrodutos em lajes, cabendo ao projetista analisar cada caso e verificar a necessidade de adequação dos projetos.

## 7 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, pode-se afirmar que com o uso do BIM na integração e interoperabilidade entre projetos, é possível obter todas as interferências e incompatibilidades que passam muitas vezes despercebidas quando o projeto é feito em CAD 2D.

A especificação IFC permite que os projetos possuam comunicação entre si, de maneira que as disciplinas possam ser elaboradas de forma simultânea e colaborativa, por diversos profissionais. Sendo assim, é possível que o projetista utilize softwares de diferentes fabricantes, como foi o caso deste trabalho, de modo que satisfaça melhor a sua necessidade.

É importante salientar, que pelo fato de haver poucas informações em relação a detalhes executivos, houve certa dificuldade na modelagem do projeto hidrossanitário, como por exemplo, a ausência de cortes com alturas das tubulações de água fria e profundidades das tubulações de esgoto.

Além da análise de interferência, durante a fase de modelagem dos projetos foram encontradas algumas inconsistências gráficas no projeto arquitetônico, incoerência de informações presentes na planta baixa e cortes, nas dimensões dos ambientes, indicações de esquadrias, falta de cotas, etc.

De acordo com as normas citadas nos resultados, toda abertura em um elemento estrutural deve ser avaliada com cautela, verificando a necessidade de reforço. Além da verificação estrutural, durante a fase de projeto deve ser avaliado a acessibilidade de manutenção e de integridade física das tubulações e peças hidráulicas e a acessibilidade de manutenção do sistema, evitando ao máximo o seu embutimento no sentido longitudinal do elemento estrutural.

No que tange a análise de interferência, este estudo comprova a quantidade de interferências que poderiam ser evitadas ou identificadas rapidamente em fase de projeto, e assim adequadas antecipadamente à fase da execução. Quando feito este estudo, é evitado o retrabalho e adaptações inadequadas durante a execução da obra, reduzindo assim o custo total da edificação.

Sugere-se ainda para futuros trabalhos que seja feita a análise de compatibilidade entre mais projetos complementares, como Projeto de Instalações

Telefônicas e Internet, Projeto de Instalações de Gás, Projeto de Instalações de Ar Condicionado e Projeto de Impermeabilização.



## REFERÊNCIAS

ABITANTE, A. L.; WEIMER, B. F.; ADORNA, D. L.; CENTOFANTE, R. **Processos Construtivos**. Porto Alegre: Sagah Educação S.A, 2017.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT 1989.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16636-1**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados em projetos arquitetônicos e urbanísticos parte 1. Rio de Janeiro: ABNT 2017.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6492**: Representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8160**: - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 9000** - Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AVILA, T. C. F. **Gestão de Projetos na Construção Civil**: avaliação do processo em duas empresas construtoras de Florianópolis. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94647/285686.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. **Decreto Nº 10.306**, 2 abril 2020. 65. ed. Brasília, Brasil, 3 abr. 2020. Seção 1, p. 1-5. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>. Acesso em: 20 out. 2021.

CAETANO, A.; SILVA, D. L.; MELHADO, S. B. O Processo de Compatibilização na Gestão de Projetos – Estudo de Caso. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Recife-PE, v.5, n.3, p.40-46, 2020. DOI:

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v5i3.951>. Disponível em:

<http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/951> Acesso em: 12 nov. 2021.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e

Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.  
Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89863>. Acesso em: 13 nov. 2021.

CASSAR, B. C. **Análise Comparativa de Sistemas Construtivos para Empreendimentos Habitacionais**: Alvenaria Convencional x Light Steel Frame. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.  
Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10025484.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

CATELANI, W. S.; SANTOS, E. T. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construções**, São Paulo, v. 44, n. 84, p. 54-59, 2016. Disponível em: [http://ibracon.org.br/Site\\_revista/Concreto\\_Construcoes/ebook/edicao84/files/assets/basic-html/page54.html](http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/ebook/edicao84/files/assets/basic-html/page54.html). Acesso em: 19 nov. 2021.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para a Compatibilização de Projetos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERRAZ, M; MORAIS, R. O Conceito BIM e a Especificação IFC na Indústria da Construção e em Particular na Indústria de Pré-Fabricação em Betão. *In*: ENCONTRO NACIONAL BETÃO ESTRUTURAL, 2012, Porto. **Anais [...]**. Porto: FEUP, 2012. p.1-9.

FLORES, M. D. **Comparação das Incompatibilidades de um Projeto Residencial Unifamiliar Elaborado em CAD 2D com a sua Modelagem em BIM 3D**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/182030>. Acesso em: 13 nov. 2021.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura. *In*: TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: TIC, 2007. p. 1-11.

KENSEK, K. **Building Information Modeling**: BIM - fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

LEUSIN, S. R. **Gerenciamento e Coordenação BIM** – Um Guia de Ferramentas e Boas Práticas para o sucesso de Empreendimentos. Rio de Janeiro; Elsevier, 2018.

LIMA, A.; ALBUQUERQUE, D.; PEREIRA, I.; MELHADO, S. B. Aplicação da Plataforma BIM como Sistema de Gestão e Coordenação de Projeto da Reserva Camará. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: ENTAC, 2014, p. 2140-2149.

LINS, B. E. Custo da Qualidade. **Cadernos Aslegis** v. 5, n.14, p. 45-49. 2001. Disponível em: <http://www.belins.eng.br/ac01/papers/asleg05.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2021.

MELHADO, S. B., AGOPYAN V. **O Conceito de Projeto na Construção de Edifícios**: diretrizes para sua elaboração e controle. São Paulo, Boletim Técnico – Escola Politécnica da USP, 1995. Disponível em: [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00139.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00139.pdf). Acesso em: 20 nov. 2021.

MENEZES, L. C. M. **Gestão de Projetos**. 4. ed. São Paulo: Atlas Ltda., 2018.

PAPADOPOULOS, N. A. **Avaliação da Metodologia BIM através da Modelagem Paramétrica 3D de um Projeto Convencional**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/~lfm/teses/NicolaPapadopoulos-Mestrado-2014.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2021.

PROJETO A. **Projeto Arquitetônico**, Edificação pública térrea de 199,88m<sup>2</sup>. 2020.

PROJETO B. **Projeto Estrutural**. Edificação pública térrea de 199,88m<sup>2</sup>. 2020.

PROJETO C. **Projeto de Instalações Hidrossanitárias**. Edificação pública térrea de 199,88m<sup>2</sup>. 2020.

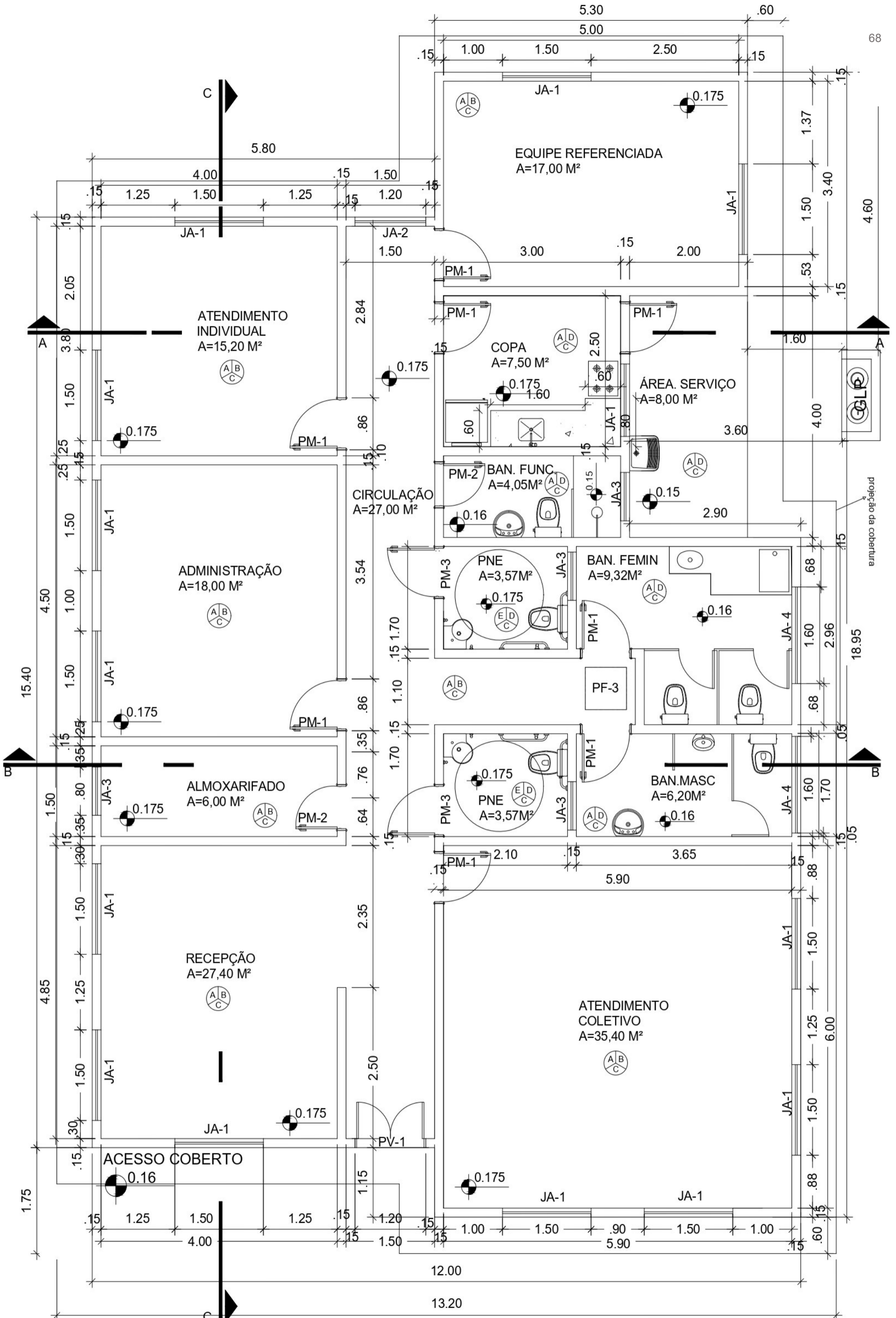
PROJETO D. **Projeto de Instalações Elétricas**. Edificação pública térrea de 199,88m<sup>2</sup>. 2020.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação**. Pinheiros: Saraiva Educação, 2018.

SANTOS, S. R. A Importância do Projeto no Empreendimento. *In*: CONGRESSO DE TECNOLOGIA, 2., 2000, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: FATEC, 2000. p. 1-3.

SOUZA, R.; ABIKO, A. **Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte**. São Paulo: EPUSP, 1997. Disponível em: [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00190.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00190.pdf). Acesso em: 13 nov. 2021.

**APÊNDICE – PLANTA BAIXA DO PROJETO ARQUITETÔNICO**



PLANTA BAIXA  
ESCALA 1:50