

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**VINÍCIUS DE OLIVEIRA GOMES**

**BIM NA AVERIGUAÇÃO DE INCOERÊNCIAS: ESTUDO DE CASO EM  
OBRA EXECUTADA SEM PROJETOS COMPATIBILIZADOS**

**FLORIANÓPOLIS, 15 JUNHO DE 2023.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**VINÍCIUS DE OLIVEIRA GOMES**

**BIM NA AVERIGUAÇÃO DE INCOERÊNCIAS: ESTUDO DE CASO EM  
OBRA EXECUTADA SEM PROJETOS COMPATIBILIZADOS**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora:

Prof. Ana Lígia Papst de Abreu, Dr.

**FLORIANÓPOLIS, 15 DE JUNHO DE 2023**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Gomes, Vinícius  
**BIM NA AVERIGUAÇÃO DE INCOERÊNCIAS: ESTUDO DE CASO  
EM OBRA EXECUTADA SEM PROJETOS COMPATIBILIZADOS /** Vinícius  
Gomes; orientação de Ana Lígia Papst de Abreu. -  
Florianópolis, SC, 2023.  
88 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal  
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado  
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico  
de Construção Civil.  
Inclui Referências.**

**1. BIM. 2. Projeto. 3. Incoerências. 4. Obra. 5.  
Modelo-federado. I. Papst de Abreu, Ana Lígia. II. Instituto  
Federal de Santa Catarina. III. BIM NA AVERIGUAÇÃO  
DE INCOERÊNCIAS: ESTUDO DE CASO EM OBRA EXECUTADA  
SEM PROJETOS COMPATIBILIZADOS.**


# BIM NA AVERIGUAÇÃO DE INCOERÊNCIAS: ESTUDO DE CASO EM OBRA EXECUTADA SEM PROJETOS COMPATIBILIZADOS

VINÍCIUS DE OLIVEIRA GOMES

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.


Florianópolis, 25 de julho de 2023.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 ANA LÍGIA PAPST DE ABREU  
Data: 26/07/2023 10:24:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Ana Lígia Papst de Abreu, Dr.  
Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente  
 BEATRIZ FRANCALACCI DA SILVA  
Data: 26/07/2023 10:30:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Beatriz Francalacci da Silva, Dr.  
Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente  
 ADRIANO PACHECO  
Data: 27/07/2023 09:17:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Adriano Pacheco, Eng.

À Eni. Pela abnegação, conversas, segredos e pelo braço dado para a caminhada inicial da minha vida e final da dela.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho é o resultado de um sonho coletivo que envolve a orientadora e a banca como mestres, os amigos e a família como suporte e o destino pelas diferentes localizações geográficas em que tive o privilégio de estar.

Agradeço à VAFF Engenharia pela oportunidade e confiança. Ao grupo AltoQi e seus colaboradores pela estrutura cedida e oportunidade de desenvolvimento.

Meu apreço à professora Beatriz Francalacci pela atenção cedida e pelas palavras construtivas. Ao engenheiro Adriano Pacheco, pelas oportunidades, disponibilidade e incentivos acadêmicos e profissionais. Agradeço à professora Ana Lígia pelo aceite, transparência, carinho, visão e por contribuir para meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos amigos que cresceram comigo no IFSC, especialmente Heloisa e Ronaldo. Este último também representa uma consciência externa da minha pessoa, reforçando o significado da amizade.

O apoio e suporte dos amigos Amanda, Bianca, Gabriel, Guilherme e Lucas, que sempre incentivaram o meu melhor. Agradeço aos meus primeiros amigos, meus primos. A Bruna, Júlia e Ítalo, pela fonte de criatividade e segurança emocional que compartilhamos uns com os outros. Aos meus tios e à minha avó paterna, pelo incentivo às oportunidades e vivências.

À Geovana Maria, pela consciência e carinho.

À minha mãe, pelo seu carinho, sensibilidade e emoção, e ao meu pai, pelo direcionamento, amizade e segurança. Devo a ambos o altruísmo, o valor da amizade, a ambição por um futuro melhor e a valorização da educação, independentemente de quando e como.

Agradeço a Larissa pelo amor e a esperança. Por persistir comigo e me fazer perseverar. Agradeço a ela pela criatividade, confiança e olhar singular que me faz querer ser único para orgulhá-la.

## RESUMO

BIM (Building Information Modeling), é um processo que envolve modelagem da informação da construção em relação às atividades humanas no processo de construção civil. O BIM permite compartilhar e integrar informações entre os colaboradores envolvidos, proporcionando visualização em modelos 3D da obra, análise de conflitos entre disciplinas, simulação da execução e planejamento da manutenção do edifício. A utilização do BIM traz benefícios como a redução de custos, prazos e erros na construção, além de melhorar a qualidade e eficiência do processo construtivo. No entanto, a falta de experiência e qualificação na metodologia BIM, juntamente com os custos de implementação em pequenos escritórios e empresas da construção civil, são obstáculos para a adoção completa do BIM. O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é avaliar quais dificuldades ou incoerências encontradas durante a execução de uma obra real, poderiam ser detectados ainda na fase de projetos, caso fosse utilizada uma modelagem 3D (modelo federado) em softwares BIM. Este TCC analisou uma obra residencial unifamiliar executada sem compatibilização prévia dos projetos arquitetônicos e complementares. Através da reconstrução de um modelo federado a partir dos projetos 2D e dos softwares com premissa BIM, foi possível inferir as incoerências presentes no projeto em relação ao que foi registrado no diário-de-obra, setorizando as disciplinas envolvidas nas incoerências. Como resultados encontrados, a partir da análise do diário-de-obras com o modelo federado, constatou-se que todas as incoerências na obra foram observadas no modelo federado. Sendo que na obra, 59% das incoerências foram solucionadas previamente devido a experiência do engenheiro e da equipe da obra, enquanto 41% das incoerências vistas no modelo federado resultaram em retrabalho na obra. Ainda sobre as incoerências no modelo federado, cerca de 79% destas foram definidas como colisões entre dois ou mais elementos, enquanto 21% delas foram classificadas como inconsistências, ou seja, a ausência de algum elemento necessário para a execução dos serviços. A análise das incoerências destacou a importância de um projeto bem elaborado em relação às suas fases de desenvolvimento e levantamento adequado de informações para minimizar erros na execução. Além disso, ressaltou a relevância da implementação e coordenação do uso de processos BIM na construção civil, visando evitar retrabalhos e garantir eficiência e qualidade. Recomenda-se a implementação de práticas BIM nos processos de projetos futuros, visando uma melhor coordenação, compatibilidade e precisão dos projetos, trazendo benefícios para os profissionais e usuários finais das edificações. O trabalho também enfatiza a importância da capacitação em softwares BIM e o pensamento crítico voltado para modelos 3D, em contraste com os tradicionais projetos 2D, além de elencar sugestões para futuros trabalhos.

**Palavras-chave:** Projeto. BIM. Modelo-federado. Estudo de Caso. Obra. Incoerências.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estágios de Maturidade BIM	17
Figura 2 - Comparação de metodologias e ferramentas BIM entre países	19
Figura 3 - Comparação geral BIM entre países	19
Figura 4 - Dimensões BIM mais utilizadas no Brasil	21
Figura 5 - Representação do ANEXO A, NBR 16636-2:2017	23
Figura 6 - Integração do Plano de Execução BIM	25
Figuras 7 e 8 - Exemplo de modelagem tridimensional desenvolvida por software	28
Figura 9 - Escopo do método	30
Figura 10 - Fachada frontal da obra	31
Figura 11 - Fachada posterior da obra	31
Figura 12 - Exemplos de diários-de-obra desenvolvidos	32
Figura 13 - Exemplo do projeto arquitetônico utilizado na obra (Térreo e Superior)	33
Figura 14 - Esquema de cortes do projeto estrutural	33
Figura 15 - Exemplo projeto elétrico Térreo	34
Figura 16 - Exemplo do projeto hidrossanitário	34
Figura 17 - AutoDesk Revit Logo	36
Figura 18 - AltoQi Eberick Logo	36
Figura 19 - AltoQi Builder Logo	36
Figura 20 - Fluxograma das atividades do TCC	37
Figura 21 - Reconstrução arquitetônica - REVIT	40
Figura 22 - Fachada frontal	40
Figura 23 - Fachada posterior	40
Figura 24 - Fachada lateral esquerda	40
Figura 25 - Fachada lateral direita	40
Figura 26 - Reconstrução estrutural - Eberick	41
Figura 27 - Fachada frontal	42
Figura 28 - Fachada posterior	42
Figura 29 - Fachada lateral esquerda	42
Figura 30 - Fachada lateral direita	42
Figura 31 - Reconstrução hidrossanitária - Builder - Hidrossanitário	43
Figura 32 - Fachada frontal	44
Figura 33 - Fachada posterior	44
Figura 34 - Fachada lateral esquerda	44
Figura 35 - Fachada lateral direita	44
Figura 36 - Reconstrução elétrica - Builder - Elétrico	45
Figura 37 - Fachada frontal	46
Figura 38 - Fachada posterior	46
Figura 39 - Fachada lateral esquerda	46
Figura 40 - Fachada lateral direita	46
Figura 41 - Plataforma AltoQi Builder - Interoperabilidade	47

<b>Figura 42 - Modelo Federado</b>	<b>48</b>
<b>Figura 43 - Fachada frontal</b>	<b>48</b>
<b>Figura 44 - Fachada posterior</b>	<b>48</b>
<b>Figura 45 - Fachada lateral esquerda</b>	<b>49</b>
<b>Figura 46 - Fachada lateral direita</b>	<b>49</b>
<b>Figura 47 - Inconsistência: falta de viga baldrame</b>	<b>54</b>
<b>Figura 48 - Inconsistência: falta de viga baldrame</b>	<b>55</b>
<b>Figura 49 - Inconsistência: tamanho da torre de caixa d'água</b>	<b>56</b>
<b>Figura 50 - Colisão: tamanho da porta de entrada</b>	<b>56</b>
<b>Figura 51 - Inconsistência: viga superior suíte 3</b>	<b>57</b>
<b>Figura 52 - Inconsistência: viga superior closet - suíte master</b>	<b>58</b>
<b>Figura 53 - Inconsistência: viga superior suíte master</b>	<b>58</b>
<b>Figura 54 - Inconsistência: alinhamento entre vigas e paredes</b>	<b>59</b>
<b>Figura 55 - Colisão: cano de água pluvial no meio da suíte master e do escritório</b>	<b>60</b>
<b>Figura 56 - Sacada traseira dos quartos "as built"</b>	<b>61</b>
<b>Figura 57 - Colisão: calha e cobertura</b>	<b>61</b>
<b>Figura 58 - Colisão: descida pluvial, viga e telhado</b>	<b>62</b>
<b>Figura 59 - Colisão: alimentação predial passando por pilar e vigas</b>	<b>63</b>
<b>Figura 60 - Vista interna da janela do banheiro da suíte 2 corrigida</b>	<b>64</b>
<b>Figura 61 - Colisão: janela do banheiro colidindo com pilar na suíte 2</b>	<b>64</b>
<b>Figura 62 - Correção da descida de água fria</b>	<b>65</b>
<b>Figura 63 - Colisão: descida de água fria com janela da cozinha</b>	<b>65</b>
<b>Figura 64 - Colisão: tubulação de água fria passando por viga do escritório</b>	<b>66</b>
<b>Figura 65 - Furo em viga para passagem de tubo de esgoto</b>	<b>67</b>
<b>Figura 66 - Colisão: tubo de esgoto passando por viga estrutural</b>	<b>67</b>
<b>Figura 67 - Colisão: tubo de esgoto e tubo de água pluvial 1</b>	<b>68</b>
<b>Figura 68 - Colisão: tubo de esgoto e tubo de água pluvial 2</b>	<b>68</b>
<b>Figura 69 - Colisão: tubo de esgoto e tubo de água pluvial 3</b>	<b>69</b>
<b>Figura 70 - Correção da passagem da porta de correr na suíte master</b>	<b>69</b>
<b>Figura 71 - Correção da passagem da porta de correr na suíte master</b>	<b>70</b>
<b>Figura 72 - Colisão: interruptor posicionado atrás da porta de correr</b>	<b>70</b>
<b>Figura 73 - Colisão: eletroduto e viga entre suíte master e o closet</b>	<b>71</b>
<b>Figura 74 - Passagem de eletrodutos para as luminárias da circulação</b>	<b>72</b>
<b>Figura 75 - Inconsistência: eletroduto e viga entre a suíte master e a circulação</b>	<b>72</b>
<b>Figura 76 - Colisão: eletroduto passando pela viga e pilar</b>	<b>73</b>
<b>Figura 77 - Colisão: eletroduto e interruptor posicionado em pilar</b>	<b>74</b>
<b>Figura 78 - Colisão: interruptor posicionado em pilar</b>	<b>74</b>
<b>Figura 79 - Colisão: eletrodutos passando por vigas</b>	<b>75</b>
<b>Figura 80 - Colisão: eletrodutos e tubulações no mesmo local</b>	<b>76</b>
<b>Figura 81 - Execução do interruptor posicionado no pilar</b>	<b>76</b>
<b>Figura 82 - Colisão: interruptor e tomada no pilar da sala de jantar</b>	<b>77</b>
<b>Figura 83 - Correção do interruptor posicionado no pilar da porta de entrada</b>	<b>78</b>

<b>Figura 84 - Colisão: interruptor no pilar da porta de entrada</b>	<b>78</b>
<b>Figura 85 - Colisão: arandela no pilar da porta de entrada</b>	<b>79</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 - Descrição dos objetivos específicos, atividades e materiais relacionados</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 2 - Softwares utilizados para a elaboração das modelagens e análises projetuais</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 3 - Levantamento das incoerências a partir do modelo federado</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 4 - Levantamento dos possíveis retrabalhos, custos e atrasos</b>	<b>80</b>

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 1 - Relação entre colisões e inconsistências</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 2 - Relação entre as disciplinas dos projetos envolvendo incoerências</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 3 - Relação entre os problemas observados anterior...</b>	<b>53</b>
<b>Tabela 4 - Levantamento dos possíveis retrabalhos, custos e atrasos</b>	<b>82</b>

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1 Justificativa	11
1.2 Objetivo Geral	13
1.3 Objetivos Específicos	13
1.4 Estruturação do TCC	14
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1 BIM	15
2.2 Maturidade BIM	17
2.3 Requisitos da Informação X Etapas do Processo BIM	20
2.4 Plano de Execução BIM x BIM Mandate	24
2.5 Interoperabilidade BIM	26
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>28</b>
3.1 O objeto de estudo	31
3.2 Os Softwares	35
3.3 Método	36
<b>4 MODELAGEM 3D A PARTIR DOS PROJETOS EXECUTIVOS EM PDF</b>	<b>39</b>
4.1 Modelo Arquitetônico	39
4.2 Modelo Estrutural	41
4.3 Modelo Hidrossanitário	42
4.5 Modelo Federado	47
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>49</b>
5.1 Incoerências Projetuais	50
5.2 Relação dos problemas encontrados na obra com incoerências projetuais	53
Considerações finais do capítulo	79
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>83</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

BIM (Building Information Modeling) não se refere apenas a um software específico de engenharia ou à criação de uma modelagem da construção. É um conceito que abrange todo o processo de construção, desde o início da tecnologia até sua finalização (EASTMAN, TEICHOLZ, SACKS e LISTON, 2011, p. 29). Em outras palavras, é a automação para gerenciamento e compartilhamento de dados, processos, projetos e informações relacionadas a instalações, obras e serviços da construção civil. O compartilhamento de dados possibilita que todos os colaboradores desse processo tenham ciência, dinamismo e integração dessas informações.

Esse compartilhamento e integração de arquivos entre colaboradores durante a etapa de projeto permite a compatibilização das diversas disciplinas da construção civil, reduzindo falhas durante o processo de projeto e execução, através da atuação conjunta de todas as áreas envolvidas no projeto e/ou obra.

BIM é um caminho para que o setor da construção civil alcance patamares de rentabilidade e produtividade comparáveis aos setores automobilísticos, por exemplo. Parreira (2013) comenta que diversas empresas de todos os tamanhos buscam atualizar suas metodologias de trabalho para aprimorar logística e gerenciamento de projetos, poupando tempo e dinheiro. No entanto, empresas de pequeno e médio porte têm enfrentado dificuldades na implementação de processos BIM em seu cotidiano, devido às dúvidas sobre a mudança de fluxo de trabalho, documentação e os custos associados. A implantação do BIM é uma inovação no processo de projeto e sua adoção e reestruturação da organização impactam todos os envolvidos no processo. Essa mudança exige investimentos e tempo, que só se justificam se forem benéficos e relevantes para todos os participantes da cadeia de produção da construção civil.

A economia obtida com a implementação de processos BIM em uma obra pode variar, e estudos apontam um possível retorno de investimento de 140% até 39.900% (AZHAR, 2011). No entanto, é importante mencionar que esses valores são resultados de estimativas de economia de gastos evitados devido a problemas

detectados durante o desenvolvimento do projeto BIM e sua compatibilização, problemas esses observados antes da execução da construção. Quanto aos principais benefícios para as organizações de projeto resultantes da implantação de processos BIM, podemos considerar uma maior produtividade (a partir do momento que a equipe domina os processos), maior rentabilidade por posto de trabalho e redução de prazos de serviços, entre outros ganhos. No entanto, para monitorar esses resultados de forma mais precisa, é necessário realizar um levantamento detalhado dos ganhos nos processos de projeto BIM.

A proposta deste trabalho de conclusão de curso (TCC) busca suprir essa necessidade, com a elaboração de um estudo mais aprofundado dos ganhos nos processos de projeto BIM. Para isso, o autor acompanhou a execução de uma obra residencial unifamiliar durante seis meses em 2022. Constatou-se que, a partir dos projetos complementares não compatibilizados, elaborados separadamente, diversos problemas de execução surgiram na obra. Foram observadas inconsistências projetuais, como elementos ausentes e colisões projetuais entre outros elementos. Essas incoerências poderiam ter sido detectadas durante a fase de desenvolvimento do projeto dessa edificação, caso o mesmo fosse elaborado com processos BIM.

## **1.1 Justificativa**

Em um processo projetual em BIM com compartilhamento de dados entre os colaboradores, as incoerências no modelo BIM podem ser facilmente quantificadas e resolvidas simultaneamente, resultando em menos problemas na obra. Em contraste, num processo projetual tradicional, onde a troca de informações é entre os colaboradores, pode haver compatibilização, mas muitas das incoerências no projeto podem não ser facilmente identificadas, dependendo da experiência dos colaboradores.

O autor do TCC observou problemas de execução de uma obra (residencial unifamiliar) durante o período de janeiro de 2022 até meados de julho do mesmo ano. Esses problemas foram decorrentes de projetos elaborados pelo

processo tradicional (projetos desenvolvidos sem comunicação entre os colaboradores). Eles poderiam ter sido evitados com o uso de processos BIM e integração da equipe de projeto. Vale ressaltar que, para determinar as incoerências observadas na obra em questão, os requisitos de informação num modelo 3D não precisam de informações precisas que gerem quantitativos, estimativas de custos e cronogramas.

Em julho de 2022, o autor iniciou uma nova experiência na empresa "AltoQi Education", que é uma empresa do grupo "AltoQi" voltada para o desenvolvimento de softwares BIM para o mercado da construção civil. O estágio está sendo realizado na área de produção de materiais de capacitação de engenharia, tanto para softwares como cursos técnicos.

Assim, a motivação para a realização deste TCC surgiu a partir das experiências profissionais do autor, dos projetos e diários de obras cedidos pela empresa de engenharia e pela disponibilidade de softwares e capacitação para funcionários da "AltoQi".

O que difere este TCC de outros trabalhos realizados é a modelagem da edificação a partir de seus projetos executivos (disponíveis na obra: arquitetônico e complementares), comparando com os problemas vivenciados na obra que poderiam ter sido observados na etapa de projeto compatibilizado. A ideia não é realizar um "as-built" da obra, mas sim inferir, em um caso real de uma obra de pequeno porte, que apenas a aplicação da modelagem 3D do processo de projeto BIM já é compensadora. Além disso, pretende-se disponibilizar dados de levantamentos precisos que possam embasar a decisão de mudança de fluxo de trabalho de empresas de pequeno e médio porte quanto à implementação de processos BIM no seu dia a dia.

No entanto, este TCC possui algumas limitações: (a) os projetos utilizados para a reconstrução dos modelos não passaram pela fase de compatibilização no estudo preliminar; (b) os projetos executivos arquitetônico e hidrossanitário têm informações incompletas de cotas de nível e cotas longitudinais; (c) faltam especificações técnicas no projeto arquitetônico e nas demais disciplinas; (d) o autor cumpria uma jornada de quatro horas diárias na obra, portanto, não conseguia

acompanhar integralmente seu andamento, e por este motivo, nem todos os problemas podem ter sido registrados no diário de obra.

### **Definição do Problema**

O fluxo de trabalho BIM é uma ferramenta valiosa na identificação e resolução de incoerências em obras de construção civil, pois possibilita a integração entre as diferentes disciplinas envolvidas no processo de construção, buscando a compatibilização dos projetos desde o início. A falta de fluxos BIM, o diálogo e a compatibilização de projetos, informações e outros recursos para o gerenciamento em processos empresariais podem resultar em possíveis erros e retrabalhos durante a execução de uma obra.

O problema abordado neste TCC pode ser definido pela pergunta: Quais incoerências reais vivenciadas durante a execução de uma edificação residencial unifamiliar poderiam ter sido detectadas precocemente com a modelagem 3D dos projetos executivos não compatibilizados dessa mesma obra?

### **1.2 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste TCC é através de um estudo de caso aplicado, avaliar quais dificuldades ou incoerências encontradas durante a execução de uma obra real, poderiam ser detectados ainda na fase de projetos, caso fosse utilizada uma modelagem 3D (modelo federado) em softwares BIM.

### **1.3 Objetivos Específicos**

A partir do objetivo geral, elenco alguns objetivos específicos que tornarão possíveis os futuros resultados deste estudo:

- Inferir a visualização de incoerências projetuais ao sobrepor projetos arquitetônicos e complementares através de modelagem 3D em softwares BIM;
- Elencar os problemas em obra com projetos não compatibilizados, comparando com possíveis prevenções via modelo federado, considerando a ocorrência de atrasos ou custos adicionais.

#### **1.4 Estruturação do TCC**

Este texto está dividido em sete capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada a introdução, a justificativa, a problemática e os objetivos do estudo. O segundo capítulo aborda a fundamentação teórica relacionada ao BIM, incluindo seus conceitos, níveis de maturidade, etapas de processos BIM e interoperabilidade entre softwares.

O terceiro capítulo apresenta o objeto de estudo, os softwares utilizados e o método de desenvolvimento do trabalho. Em seguida, o quarto capítulo aborda os modelos desenvolvidos a partir dos projetos executivos e o modelo federado.

No capítulo seguinte, o quinto, são apresentados os resultados e as discussões sobre o modelo federado, suas incoerências projetuais e a relação dos problemas encontrados na obra com as incoerências do modelo.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões deste estudo.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Segundo PARREIRA (2013), "há uma curva ascendente de implantação BIM no meio da construção civil". No entanto, passaram-se aproximadamente 10 anos desde a elaboração deste artigo até os dias atuais, e ainda vemos algumas construtoras e profissionais da construção civil estagnados em relação aos conceitos e processos relacionados ao BIM. Nesse meio tempo, diversas ferramentas e conceitos foram aprimorados.

Portanto, neste capítulo de embasamento teórico, serão apresentados alguns dos conceitos e processos fundamentais relacionados ao BIM. Inicialmente, abordaremos a definição de BIM, explorando sua essência e objetivos. Em seguida, discutiremos sobre os níveis de maturidade BIM, os requisitos de informação e as etapas de um processo BIM. Abordaremos também o plano de execução do BIM, detalhando suas etapas e diretrizes para uma implementação eficaz. Por fim, falaremos sobre o conceito de BIM Mandate e a interoperabilidade entre softwares para a realização de processos BIM.

## 2.1 BIM

O conceito de metodologia BIM (Building Information Modeling) não é recente, apesar de o termo ser relativamente novo. Como já mencionado, BIM por si só não é um software específico que realiza modelagens. Sua definição está voltada para um conjunto de políticas, pessoas, processos e tecnologias que visam desenvolver o gerenciamento de projetos e instalações da construção civil, a partir de usuários capacitados. Estes utilizam os dados e informações de projetos a fim de reduzir retrabalhos de execução e manutenção de obras, empreendimentos e afins, em todo o seu ciclo de vida. Desta forma, BIM é:

*"(...) um processo progressivo que possibilita a modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e o fácil acesso aos vários grupos de informações sobre uma edificação ou instalação que se deseja construir, usar e manter. Uma única plataforma de informações que pode atender todo o ciclo de vida de um objeto construído." (CBIC, 2016, p. 22)*

Conforme determinado pela definição de BIM, tecnologia, pessoas, processos e políticas são os pilares fundamentais para a implementação eficaz e bem-sucedida do BIM em um projeto de construção.

A tecnologia é um dos pilares centrais do BIM. Envolve o uso de softwares e ferramentas específicas para criar, gerenciar e compartilhar informações durante todo o ciclo de vida de um projeto de construção. O BIM também utiliza modelagem tridimensional, incorporando informações adicionais em um modelo virtual, como

prazos, custos, especificações de materiais e análise de desempenho. A tecnologia BIM permite a colaboração entre diferentes partes interessadas, facilita a detecção precoce de conflitos e melhora a eficiência geral do projeto.

Já tratando do pilar "pessoas", este envolve a capacitação e engajamento das mesmas. Essas pessoas devem estar familiarizadas com as práticas e os princípios do BIM, bem como com o uso das ferramentas e tecnologias associadas, pois são as agentes da transformação. O treinamento adequado e a colaboração entre as equipes são essenciais para garantir a adoção efetiva do BIM e maximizar seus benefícios.

No que tange à implementação do BIM em empresas, relacionadas às pessoas e equipes, esta é a principal parte do processo. De acordo com os preceitos da CBIC (2016), "a escolha e a capacitação de um gerente BIM são, sem dúvida, uns dos fatores mais críticos que estão diretamente relacionados com o sucesso ou fracasso de um projeto de implementação." Dentre as atuações de um gerente BIM, este deve ser capaz de liderar, garantir a efetividade do treinamento da equipe e ter uma visão geral e gerenciamento do projeto BIM.

Ainda sobre os pilares de BIM, o pilar "processos" refere-se aos processos e abordagens adotados ao implementar este fluxo. Isso envolve estabelecer métodos de trabalho eficientes, padronizados e colaborativos para a criação, compartilhamento e atualização das informações do modelo BIM. Os processos do BIM podem incluir a definição clara de responsabilidades, a sequência de atividades, o gerenciamento de mudanças e a coordenação entre as diferentes disciplinas envolvidas no projeto. Uma estrutura de processo bem definida facilita a integração das informações e reduz os erros e retrabalhos.

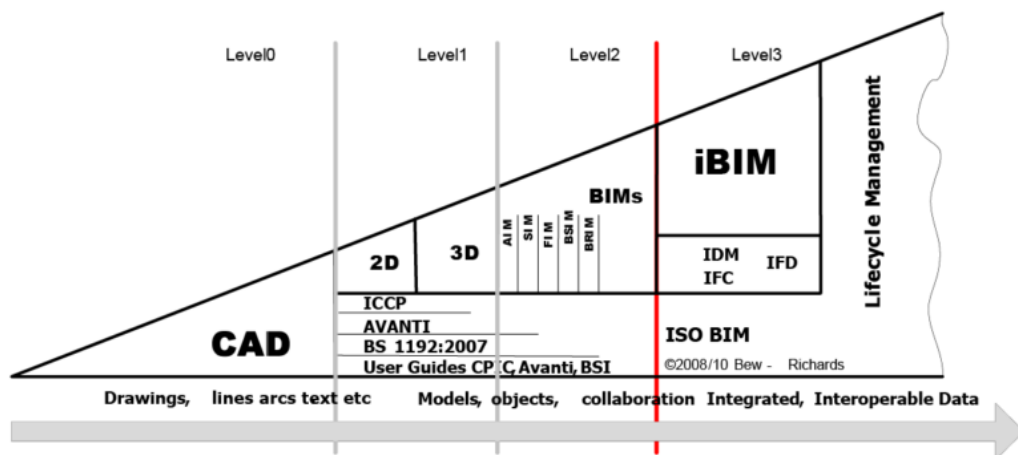
Por fim, o pilar "políticas" está relacionado às diretrizes, normas e regulamentos estabelecidos para promover o uso efetivo do BIM. Isso pode incluir a implementação de políticas governamentais que exigem o uso do BIM em projetos de infraestrutura pública, por exemplo. Também envolve a definição de padrões e protocolos para a troca de informações em formato BIM, garantindo a interoperabilidade entre diferentes sistemas e disciplinas.

Em resumo, os quatro pilares de BIM (tecnologia, pessoas, processos e políticas) trabalham em conjunto para permitir uma abordagem integrada e colaborativa na concepção, construção e operação de um edifício. A combinação adequada desses pilares é essencial para obter os benefícios máximos do BIM, como redução de custos, maior eficiência, melhor comunicação e tomada de decisões mais informadas ao longo do fluxo de trabalho.

## 2.2 Maturidade BIM

Diversas empresas creditam o desenvolvimento BIM apenas às modelagens, ou seja, como o Estágio 1 (Level 1) da maturidade BIM, entretanto, como explica, Succar, Sher e Williams (2013) a maturidade BIM pode ser caracterizada em estágios distintos, de colaboração:

Figura 1 - Estágios de Maturidade BIM



Fonte: Artur Bessoni - BIMExperts (2019)

Como demonstrado na figura 1, o primeiro estágio, o "Level 0", é caracterizado como a representação de projetos CAD (Desenhos auxiliados por computador) através de linhas e formas geométricas. Seguindo na ordem crescente, o "Level 1" é entendido como a transição do desenvolvimento 2D, desenho de

formas e linhas, para modelagens de objetos com visualização tridimensional. Já o terceiro estágio, "Level 2", envolve a colaboração, uma metodologia onde o processo passa a incluir diversas pessoas ao mesmo tempo a fim de alcançar os objetivos compartilhados de informações.

Enquanto o quarto estágio, "Level 3", está relacionado à utilização de servidores BIM online para a integração de diferentes setores e equipes de disciplinas, tornando-o um ambiente mais integrado e colaborativo. Este último estágio também se compreende em ISO, ou seja, visa seguir normas de padronização para os processos, além de continuar desenvolvendo processos sobre obras concluídas, como demandas de manutenção para a durabilidade dos empreendimentos.

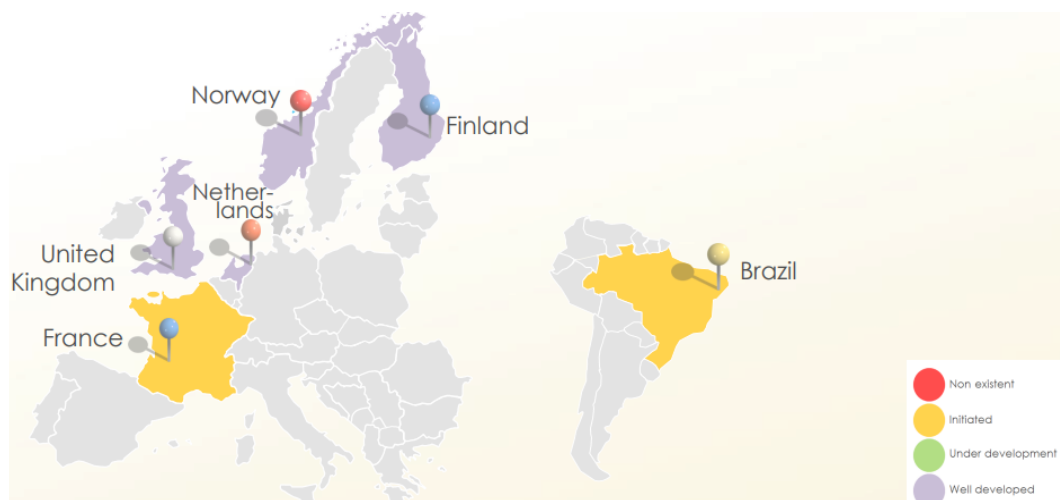
As Figuras 2 e 3 apresentam a comparação que Kasem (2014) fez acerca da implantação de políticas e maturidade BIM no Brasil, e em cinco integrantes da União Europeia (Finlândia, Noruega, Holanda, Reino Unido e França). A indústria da construção passa por mudança de paradigmas em vários países; segundo Kasem (2014), o Reino Unido está em um estágio mais avançado na implantação do BIM, com bibliotecas digitais bem desenvolvidas. No caso do Brasil, o único ponto em que o país apresenta bom desempenho é em infraestrutura em tecnologia da informação e desenvolvimento de softwares.

Essa comparação é embasada em aspectos como: infraestrutura tecnológica; formação e qualificação das equipes e gerentes; monitoramento e otimização; regulamentação e normatização; lideranças; publicações de referência (guias, protocolos e artigos); objetivos, fases e metas.

Cabe dizer que esses dados são de 2014, e desde então, o Brasil já se desenvolveu na questão de infraestrutura, softwares, referências e artigos científicos, levando grandes empresas a implementarem processos BIM. Contudo, a velocidade desse desenvolvimento entre as demais questões ainda é lenta. Como exemplo, apenas em 2020, a ação indutora do governo federal tornou como decreto a utilização de ferramentas BIM para a execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos e pelas entidades de administração

pública federal. Este decreto demonstra a crescente necessidade de implantação dos processos BIM para a construção civil.

Figura 2 - Comparação de metodologias e ferramentas BIM entre países, segundo Mohamed Kasem



Fonte: Kasem, Strategy for the Difusion of Building Information Modelling in Brazil (2014)

Figura 3 - Comparação geral BIM entre países, segundo Mohamed Kasem

	United Kingdom	France	Netherlands	Finland	Norway	Brazil
Strategy, objectives & milestones	●	●	●	●	●	●
Standards, protocols & guides	●	●	●	●	●	●
Drivers & champions	●	●	●	●	●	●
Standardised deliverables	●	●	●	●	●	●
Regulatory Framework	●	●	●	●	●	●
Measurement & optimisation	●	●	●	●	●	●
Education & learning	●	●	●	●	●	●
Technology infrastructure	●	●	●	●	●	●

Fonte: Kasem, Strategy for the Difusion of Building Information Modelling in Brazil (2014)

A seguir serão abordados os temas acerca do requisito da informação nas etapas BIM, as dimensões BIM, as formas de gerenciamento e processo de projeto quando se trabalha com o fluxo BIM.

### **2.3 Requisitos da Informação X Etapas do Processo BIM**

Uma das premissas básicas do BIM é a colaboração entre os diferentes agentes envolvidos nas diversas fases do ciclo de vida de uma instalação ou edificação, para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações de um modelo BIM, a fim de auxiliar e refletir os papéis de cada um desses agentes envolvidos (CBIC, 2016). A necessidade de informação num modelo BIM, seja pela sua qualidade ou confiabilidade, vai depender do uso para o qual essa informação será utilizada (orçamento, manutenção, execução, gestão, simulação térmica, etc).

Ainda segundo a NBR 19650, é recomendada a compreensão do quão necessária é a informação aos projetos, de forma a possibilitar que a sua organização acompanhe seus objetivos e estes sejam bem especificados. Recomenda-se que os requisitos de informação associados à fase de entrega do projeto sejam explicitados de acordo com as fases utilizadas para o desenvolvimento do projeto.

Os diversos usos do BIM podem ser organizados a título de simplificação de entendimento como "D's", denominados dimensões BIM. Segundo Garibaldi (2021), as dimensões são caracterizadas pelo nível de proposta para cada tipo de projeto ou obra a ser realizada. Os "D's" mais utilizados no Brasil são os seguintes:

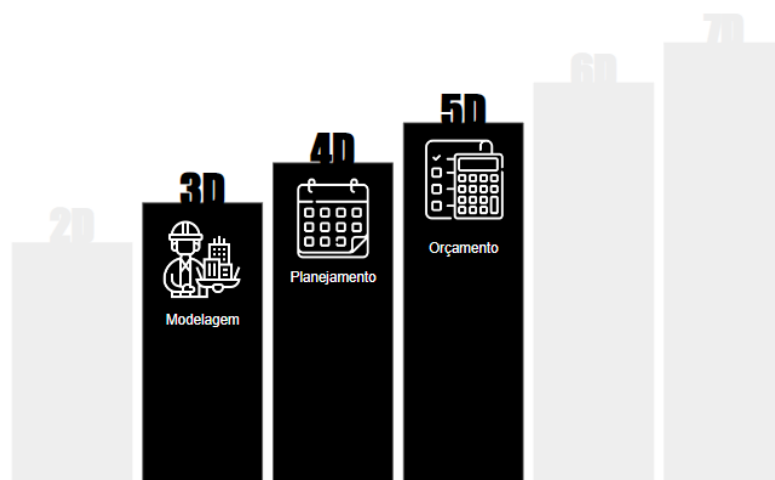
3D: a modelagem tridimensional, amplamente conhecida e inclusive diversas vezes confundida como BIM em sua plenitude. Atribui informações técnicas, dimensões, geolocalização e demais características que possibilitam averiguar inconsistências com ferramentas e softwares para esta finalidade, além de fazer a extração de listas com materiais e quantitativos;

4D: aborda programação e planejamento da obra ou empreendimento. Caracteriza uma dimensão a mais que permite acompanhar o desenvolvimento da obra de forma virtual;

5D: trata da questão de orçamento. De forma que são associados os elementos das dimensões anteriores às composições de custo, envolvendo os quantitativos e assim, tendo um modelo orçamentário em constante atualização;

Desta nomenclatura, há ainda as dimensões de 6D a 10D, que abordam questões acerca de sustentabilidade, segurança, entre outros. Contudo, alguns coordenadores já preveem o desuso da nomenclatura "D" para dimensões BIM, tendo em vista que gera uma falsa impressão de inferioridade entre uma dimensão e outra, quando na verdade, algumas são complementares às outras independentemente. No caso deste trabalho, utilizaremos a dimensão dita "3D", que aborda o desenvolvimento de modelagem tridimensional.

Figura 4 - Dimensões BIM mais utilizadas no Brasil



Fonte: Autor (2022)

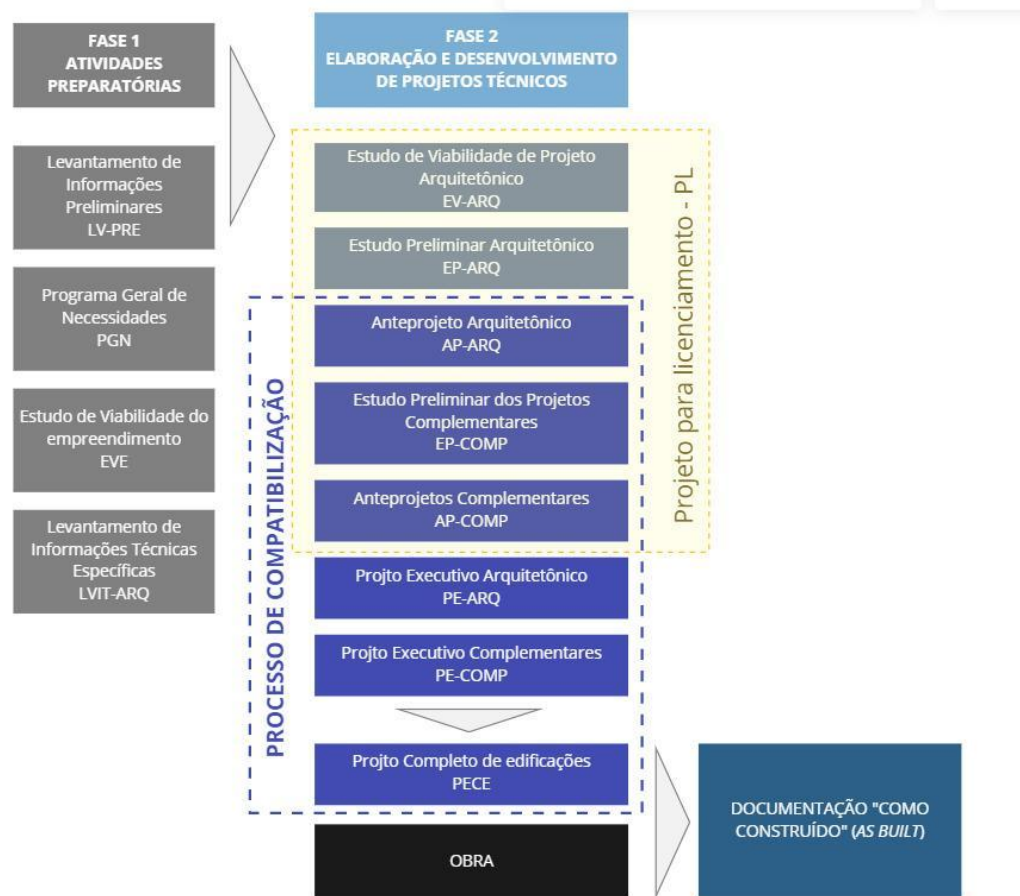
No Brasil ainda é necessário um maior desenvolvimento de fluxos BIM para uma maturidade BIM plena. Assim, a geração de informações em um projeto deve ter uma gestão, para que sejam fornecidos os dados confiáveis e necessários à fase e à etapa do projeto. Segundo Coelho (2008):

*“a adoção de sistemas BIM aponta para a necessidade de revisão do processo de projeto e sua gestão na construção civil (...) este passa a girar*

*em torno de um modelo baseado nas informações necessárias para o planejamento e construção de um edifício.”*

O processo BIM é composto por diferentes fases que abrangem o ciclo de vida completo de um projeto de construção. Essas fases são geralmente divididas em etapas distintas, embora possam variar dependendo do projeto e da metodologia específica adotada. Como demonstrado na figura a seguir (Figura 5), um projeto deve ser desenvolvido a partir de diversas etapas, cada uma com seu nível de informação necessário. Em um primeiro momento, devem ser realizados levantamentos preliminares para embasar os estudos que formarão os projetos até a etapa final do projeto executivo.

Figura 5 - Representação do ANEXO A, NBR 16636-2:2017



Fonte: Adaptado por Abreu (2022) da NBR 16636-2 (ABNT, 2017)

De acordo com a NBR 16636-2:2017:

*“Estes projetos são desenvolvidos por meio de uma abordagem evolutiva, caracterizada por etapas e fases, e também considerando-se tempos simultâneos para atividades complementares de diversas especialidades que têm que ser coordenadas e integradas.”*

É importante valorizar uma bem-sucedida compatibilização, a fim de cruzar e integrar problemáticas e soluções. Cabe ainda dizer que, dentre as etapas apresentadas na Figura 5, neste trabalho serão desenvolvidas apenas as

modelagens que compreendem o "Projeto Completo de Edificações" e o processo de sobreposição destes, gerando um modelo federado.

## **2.4 Plano de Execução BIM x BIM Mandate**

Segundo Coelho (2008), o gerenciamento de projetos de construção constitui uma série de atividades para determinar como, quando (incluindo todas as fases do ciclo de vida da edificação) e por quem o trabalho será realizado.

O "como" citado anteriormente pode ser entendido pela utilização de softwares, pois é de grande importância a definição e especificação, assim como os hardwares utilizados para a implementação de fluxos BIM. Uma boa definição da tecnologia garantirá a eficiência na comunicação de informações entre equipes, disciplinas e organizações envolvidas no desenvolvimento de projetos. De acordo com a CBIC (2016):

*“Essa definição e o alinhamento sobre a plataforma de software deverão acontecer o mais breve possível, para viabilizar testes de interoperabilidade. Em alguns casos, pode ser necessário buscar alternativas para a exportação ou a importação de arquivos (...), recomenda-se, ainda, que seja estabelecida, desde o início do projeto de implementação, uma estratégia para as eventuais mudanças acerca dos softwares e também para as atualizações das plataformas e versões dos mesmos.”*

Ademais, também cabe a definição e instalação prévia de bibliotecas de componentes BIM, bancos de dados e templates, a fim de padronizar o processo para um bom desenvolvimento deste. (CBIC, 2016)

Definidas certas premissas, temos que o PEB, ou Plano de Execução BIM, é um documento referencial para projetos BIM, semelhante a um tipo de modelo, que compreende as premissas básicas e ferramentas funcionais de referência para o gerenciamento do projeto e o sincronismo do fluxo de trabalho. Também é desenvolvido para fornecer diretrizes para os níveis de informações BIM, analisar os pedidos de clientes e os conteúdos contratuais presentes nas especificações informativas do projeto, além de descrever por quais etapas de tomada de decisão,

meios, métodos e soluções de T.I. a equipe de trabalho realizará o projeto BIM. Ele também indica claramente funções e responsabilidades dos vários atores envolvidos na equipe. (FARIAS, 2020).

Ademais, o PEB deve fornecer também informações como a localização do projeto, seu cronograma, descrições, memoriais, modelos, estratégias e metas acerca da integração do trabalho desenvolvido. Um exemplo entregável de PEB para os clientes e agentes relacionados é o Plano de Implementação BIM (PIB) de um projeto.

Figura 6 - Integração do Plano de Execução BIM



Fonte: Farias, SPBIM Arquitetura Total (2020)

Enquanto o Plano de Execução é um documento que descreve como implementar o BIM para um projeto específico em todas as suas fases, para Farias (2020), o BIM Mandate compreende-se em um manual predefinido para o trabalho com a interoperabilidade em um ambiente colaborativo, através de arquivos no formato IFC ou com a utilização de softwares nativos da mesma plataforma. O IFC (Industry Foundation Classes) é um formato de arquivo aberto que permite a troca de informações sem distorção de dados, facilitando a interoperabilidade entre softwares BIM de diferentes empresas. O Revit da Autodesk e também o Eberick e Builder da AltoQi, por exemplo, possuem essa faceta de integração e interoperabilidade através da importação e exportação de arquivos no formato IFC.

O BIM Mandate está direcionado com formas únicas de realizar um procedimento para modelagem, enquanto o PEB define as diretrizes gerais de cada projeto para cada obra.

Por fim, cabe dizer que neste trabalho não foi realizado um plano de execução BIM (PEB), pois na própria obra não foi desenvolvido. Ainda é importante ressaltar que alguns resultados poderiam ser diferentes caso tivesse sido desenvolvido um plano de execução BIM. Também não há um BIM Mandate, pois o desenvolvimento da reconstrução das modelagens foi realizado unicamente pelo autor, ainda assim, foram utilizadas ferramentas de interoperabilidade entre softwares. Todavia, é relevante caracterizar essas premissas pela sua importância, visto que podem revelar deficiências e oportunidades deste TCC.

## **2.5 Interoperabilidade BIM**

A interoperabilidade BIM envolve a capacidade de diferentes softwares e ferramentas utilizados no processo BIM de trocarem informações de forma eficiente e integral. Ela permite a colaboração entre os diferentes participantes de um projeto, independentemente do software que cada um esteja utilizando. Existem diferentes abordagens para alcançar a interoperabilidade BIM, e uma delas é a utilização de padrões e formatos de dados abertos, como o IFC, que é um formato neutro e universal de arquivos que permite a troca de informações entre diferentes softwares BIM, garantindo a compatibilidade dos dados. Ao adotar o IFC, os modelos BIM podem ser compartilhados e revisados por todas as partes interessadas, independentemente do software que elas estejam usando.

A partir da interoperabilidade e do manuseio dos softwares para o desenvolvimento de modelos 3D, pode-se desenvolver projetos como o modelo integrado e o modelo federado. Esses modelos são distintos pela forma como as informações são gerenciadas e agregadas em um projeto BIM.

No modelo integrado, todas as disciplinas envolvidas no projeto contribuem para um único modelo BIM compartilhado. Nesse caso, todas as informações são

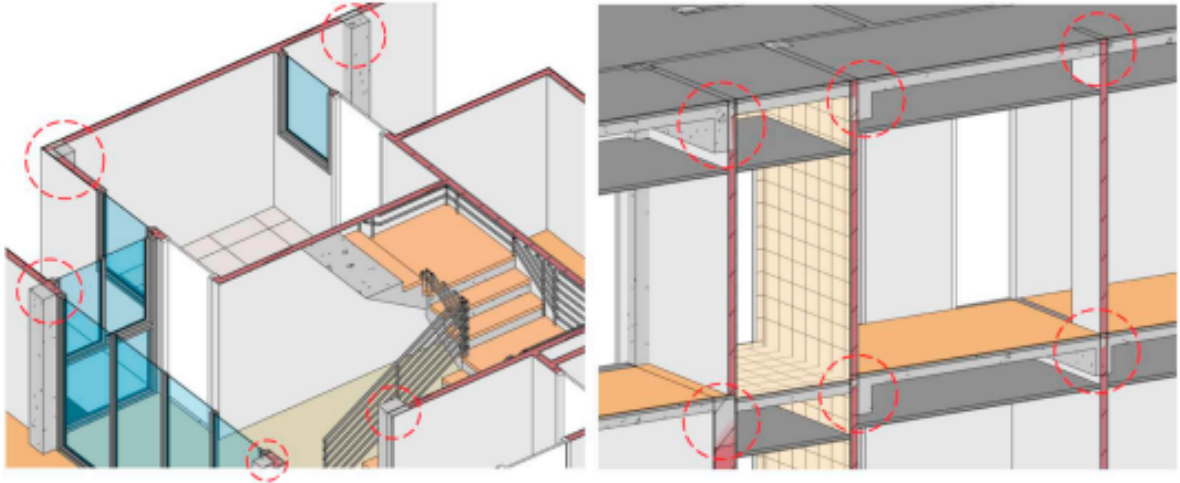
incorporadas a um único arquivo centralizado, onde diferentes elementos são modelados e coordenados em um ambiente colaborativo.

Já o modelo federado é realizado a partir de cada disciplina que cria e gerencia seu próprio modelo BIM de forma separada. Esses modelos são posteriormente combinados em um ambiente coordenado para formar o modelo federado, que é uma combinação dos diferentes modelos disciplinares. Nesse caso, cada disciplina é responsável pela coordenação de seu próprio modelo, garantindo que os elementos sejam compatíveis e que não haja conflitos entre eles. O modelo federado é a combinação de todos esses modelos, permitindo a visualização conjunta e a detecção de interferências entre as diferentes disciplinas.

O modelo federado permite uma coordenação mais detalhada entre as disciplinas envolvidas, permitindo que cada uma gerencie e atualize seu próprio modelo de forma independente antes de consolidá-los no modelo federado. Cabe dizer que neste trabalho foi desenvolvido um modelo federado tridimensional a partir dos projetos executivos, para análise da sobreposição desses projetos e suas possíveis incoerências projetuais.

Nas Figuras 7 e 8 são apresentados exemplos de como podem ser abordadas as incoerências projetuais de forma visual em um modelo federado, envolvendo projetos arquitetônicos e estruturais:

Figuras 7 e 8 - Exemplo de modelagem tridimensional desenvolvida por software



Fonte: Khosakitchalert, Yabuki e Fukuda (2020)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este TCC, devido às suas metas, pode ser classificado como pesquisa exploratória (GIL, 2002, pág. 41), pois esses tipos de pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito ou constituindo hipóteses, assim como o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. O planejamento de pesquisas exploratórias é flexível e envolve levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas com experiência no assunto estudado e análise de exemplos para estimular a compreensão do problema. Ademais, também se enquadra como estudo de caso, tendo em vista que este trabalho analisa questões projetuais em comparação às executadas em uma obra.

A partir dessas análises das incoerências projetuais em relação ao que foi desenvolvido em obra, é apresentado neste capítulo a Tabela 1 que descreve os objetivos específicos e como o trabalho será orientado, a fim de alcançar os objetivos.

Tabela 1 - Descrição dos objetivos específicos, atividades e materiais relacionados

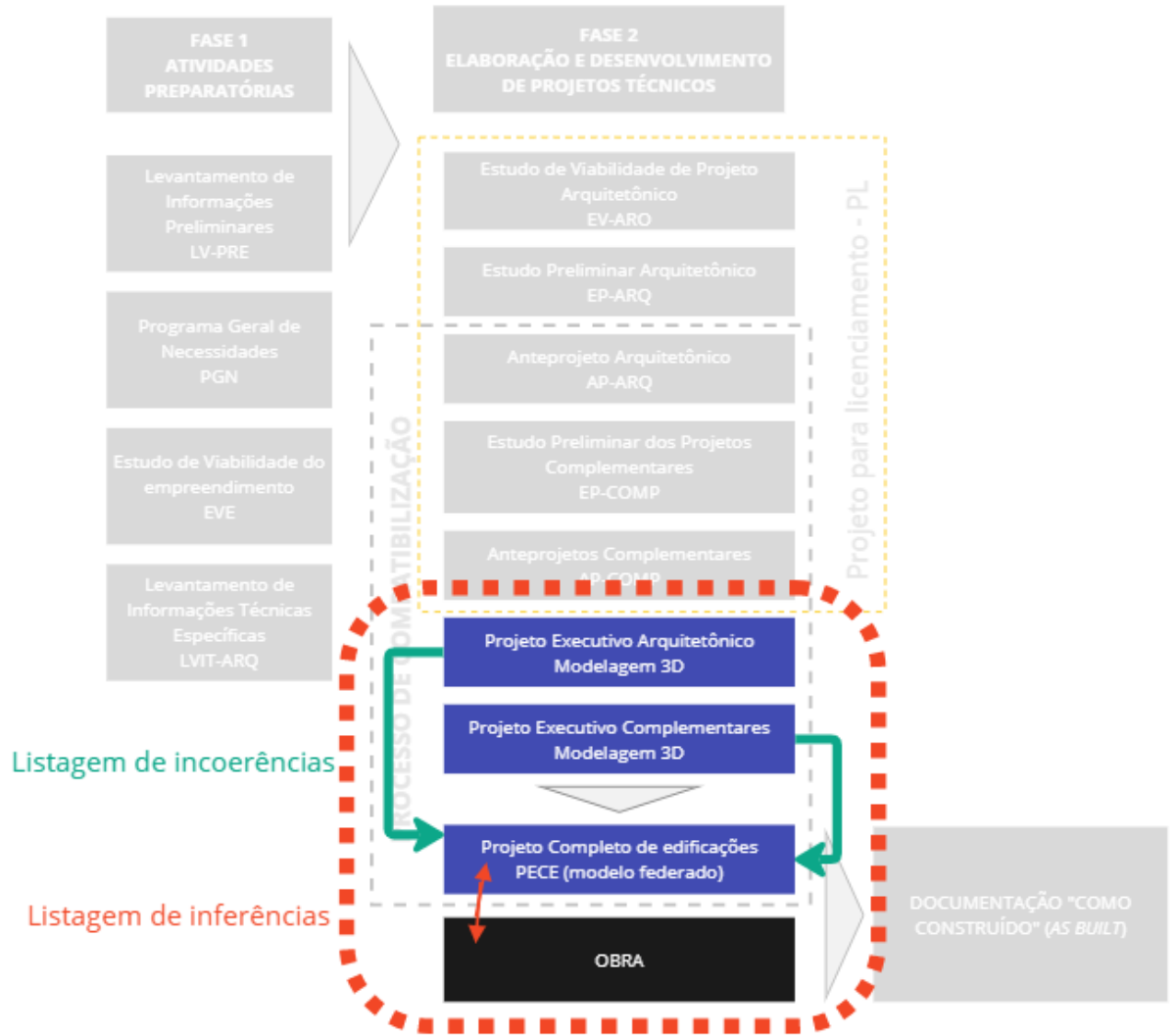
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Atividade p/ Desenvolver</b>	<b>Materiais e Ferramentas</b>
<b>Confirmar através da modelagem 3D em softwares BIM, se a reprodução e sobreposição dos projetos possibilita a visualização de incoerências projetuais</b>	Reconstrução do modelo arquitetônico	Plataforma Trello
		Projetos Arquitetônico
		Autodesk Revit 2021
	Reconstrução do modelo estrutural	Plataforma Trello
		Projetos Estrutural
		AltoQi Eberick 2022
	Reconstrução do modelo hidrossanitário	Plataforma Trello
		Projetos Hidrossanitários
		AltoQi Builder Hidrossanitário 2022
	Reconstrução do modelo elétrico	Plataforma Trello
		Projetos Elétricos
		AltoQi Builder Elétrico 2022
	Desenvolvimento do modelo federado	Modelo Arquitetônico
		Modelo Estrutural
		Modelo Hidrossanitário
		Modelo Elétrico
<b>Relacionar os problemas registrados no diário de obra e avaliar se estas incoerências poderiam ter sido evitadas através de modelagem 3D</b>	Análise dos diários de obra	Plataforma Trello
	Análise das incoerências do Modelo Federado	AltoQi Builder 2022
		Modelo Federado
	Relação entre o diário de obra e as incoerências do Modelo Federado	Plataforma Trello
		AltoQi Builder 2022
		Modelo Federado
	Descrição das incoerências entre as quais houve, houve parcialmente e não houve retrabalho	Plataforma Trello
		AltoQi Builder 2022
		Modelo Federado

Fonte: Autor (2023)

A Figura 9 exemplifica de forma resumida o escopo do método adotado neste trabalho de TCC. Primeiramente, foi realizada a modelagem 3D em softwares BIM a partir dos projetos arquitetônicos e complementares de uma residência desenvolvida no processo de projeto tradicional. Em seguida, foi feita a integração de todos os projetos modelados (modelo federado). Durante a etapa de modelagem e organização do modelo federado, foram listadas as incoerências observadas nos modelos. As incoerências vivenciadas por este autor na obra foram comparadas com as incoerências listadas no modelo federado BIM. Desta forma, pretende-se

inferir quais das incoerências presenciadas durante o estágio na obra poderiam ter sido evitadas através de uma modelagem 3D.

Figura 9 - Escopo do método



Fonte: Autor (2023)

Os projetos do objeto deste TCC não seguiram o processo de projeto coordenado e integrado recomendado pela NBR 16636-2 (ABNT, 2017). Os projetos (arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário) utilizados para as modelagens 3D são os mesmos que foram utilizados durante a obra, sendo assim, são aqui descritos como projetos executivos.

Este capítulo apresenta, primeiramente, o objeto de estudo deste TCC: a obra da residência unifamiliar. Em seguida, é feita uma descrição dos softwares que foram utilizados, finalizando com uma descrição mais detalhada do método utilizado para alcançar os objetivos propostos.

### 3.1 O objeto de estudo

O objeto de estudo deste TCC é a execução de uma residência unifamiliar, na qual o autor colaborou na fiscalização e confecção de diários de obra. A edificação está localizada em Florianópolis e foi projetada para ser uma residência de dois pavimentos, com três suítes, um escritório, sala de jantar e estar, dois banheiros, cozinha, área de serviço e varanda gourmet com churrasqueira. Trata-se de uma construção com aproximadamente 264,20m<sup>2</sup>.

A equipe na obra era composta por um engenheiro civil, dois pedreiros, três serventes e um estagiário (autor), além de eventualmente dois eletricitas e um encanador. As atividades de construção iniciaram em 10 de janeiro, e o autor deixou de acompanhá-las a partir do dia 04 de julho, durante a fase de acabamento. Os arquivos e documentos utilizados neste TCC são derivados de todo o período de atuação na obra fiscalizada.

Uma das atividades do estágio era o cadastramento diário de imagens do desenvolvimento da obra, conforme demonstrado nas figuras 10 e 11.

Figura 10 - Fachada frontal da obra



Fonte: Autor (2022)

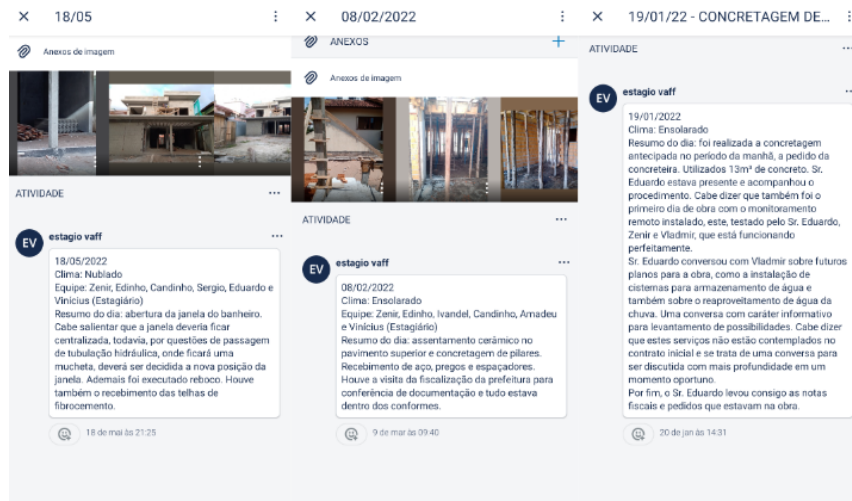
Figura 11 - Fachada posterior da obra



Fonte: Autor (2022)

As informações de gerenciamento e registro de diários de obras digitais, foram feitas por este autor através da plataforma Trello (Figura 12).

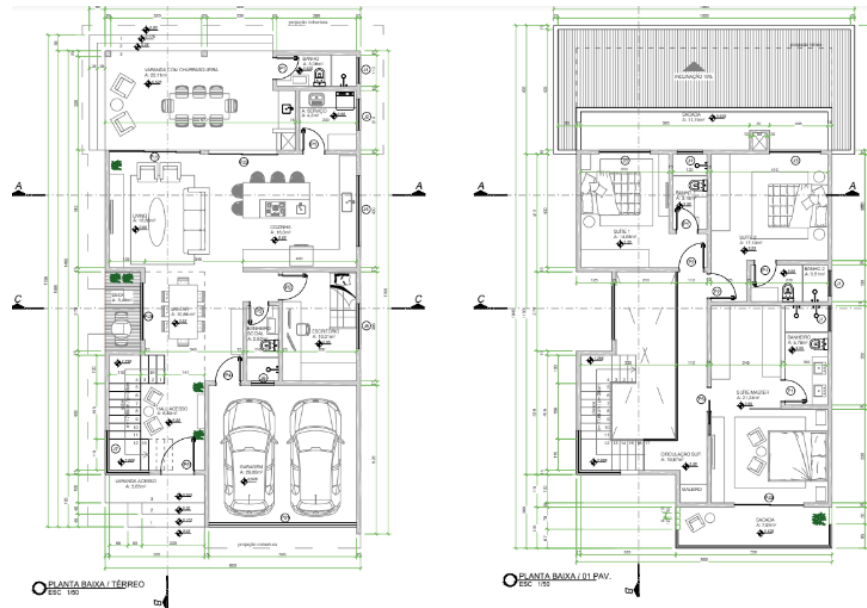
Figura 12 - Exemplos de diários-de-obra desenvolvidos



Fonte: Autor (2022)

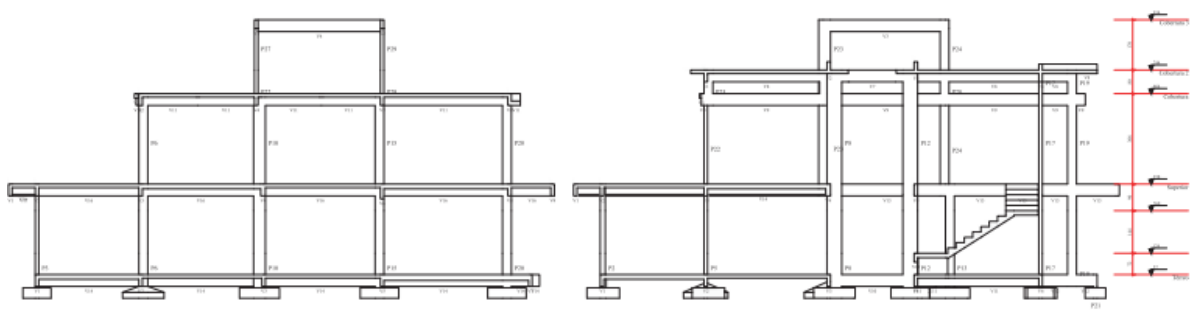
Os projetos a seguir relacionados, foram disponibilizados pela construtora para o desenvolvimento deste TCC: projeto arquitetônico (Figura 13); projeto estrutural (Figura 14); projeto elétrico (Figura 15) e projeto hidrossanitário (Figura 16).

Figura 13 - Exemplo do projeto arquitetônico utilizado na obra (Térreo e Superior)



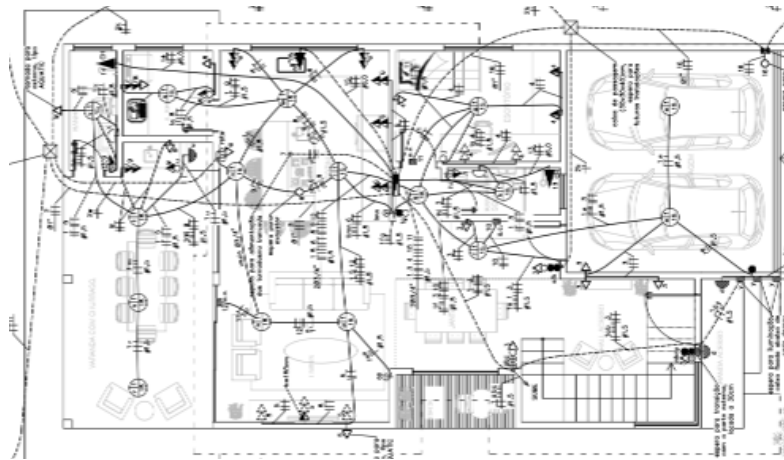
Fonte: VAFF Engenharia (2022)

Figura 14 - Esquema de cortes do projeto estrutural



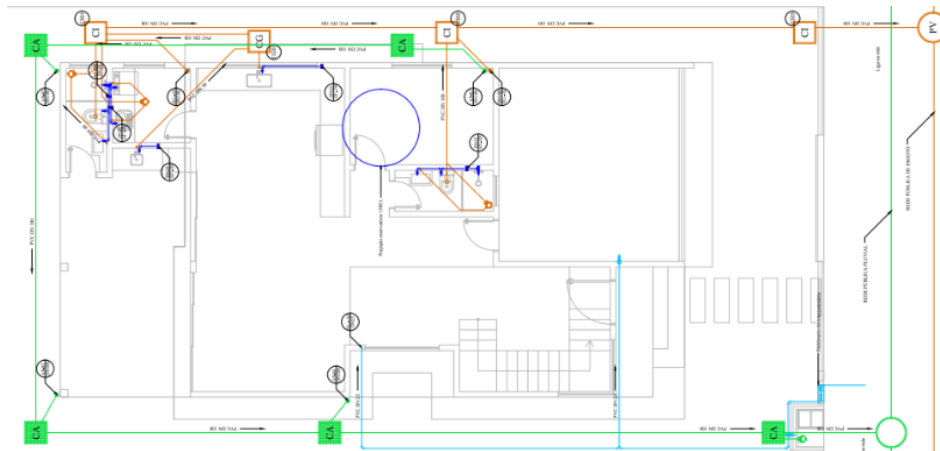
Fonte: VAFF Engenharia (2022)

Figura 15 - Exemplo Projeto elétrico Térreo



Fonte: VAFF Engenharia (2022)

Figura 16 - Exemplo do projeto hidrossanitário



Fonte: VAFF Engenharia (2022)

As incoerências observadas na execução da obra eram notificadas ao engenheiro responsável. Este, por sua vez, notificava o proprietário da residência e apresentava opções de serviços e preços para a correção desses problemas. O proprietário avaliava as opções e tomava decisão sobre qual caminho seguir. Esse processo de avaliação das opções e tomada de decisão, por vezes, atrasava em até três dias o andamento dos serviços na obra.

### 3.2 Os Softwares

A elaboração deste trabalho conta com a utilização de softwares BIM, capazes de gerar modelagens e quantitativos de projetos, além de analisar sua compatibilização e incoerências. Os softwares utilizados neste TCC têm um potencial de uso superior ao necessário para a obtenção dos objetivos propostos.

Os softwares que foram utilizados (Figura 17 a 19) neste TCC são apresentados na Tabela 2. Os softwares da marca "AltoQi" são produtos de uma empresa consolidada de Florianópolis. Atualmente, a "AltoQi" possui alcance internacional e tem como objetivo e diretrizes o aprimoramento, inovação e o desenvolvimento de profissionais da área da construção civil.

Tabela 2 - Softwares utilizados para a elaboração das modelagens e análises projetuais

Item	Disciplina (Fase) de Projeto	Software	Descrição	Link do Produto	Apresentação
01	Arquitetônico	REVIT AutoDesk	Software próprio para a criação de modelagens, análises quanto à volumetrias e compatibilização de projetos, incluem-se disciplinas com componentes elétricos, hidrossanitários e estruturais. Ademais também é possível manuseá-lo de forma a formular e extrair tabelas e quantitativos.	<a href="https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&amp;tab=subscription">https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&amp;tab=subscription</a>	Visual (imagem de softwares e obra) + Análise das incoerências
02	Estrutural	AltoQi Eberick	Software ligado à composição de projetos e modelagens estruturais, com informações BIM, através da importação de projetos arquitetônicos. Cabível para analisar possíveis colisões projetuais.	<a href="https://www.gisat.com.br/curso/online/eberick-2022">https://www.gisat.com.br/curso/online/eberick-2022</a>	
03	Hidrossanitário	AltoQi Builder - Hidrossanitário	Este produto visa através de projetos arquitetônicos, passando por requisitos BIM, o lançamento de tubulações hidrossanitárias. Possibilidade de conferência de incoerências entre os projetos de demais disciplinas compatibilizadas.	<a href="https://www.gisat.com.br/curso/online/qibuilder%202022%20-%20hidrossanit%C3%A1rio">https://www.gisat.com.br/curso/online/qibuilder%202022%20-%20hidrossanit%C3%A1rio</a>	
04	Elétrico	AltoQi Builder - Elétrico	Este produto visa através de projetos arquitetônicos, passando por requisitos BIM, o lançamento de eletrodutos, luminárias e demais estruturas elétricas. Possibilidade de conferência de incoerências entre os projetos de demais disciplinas compatibilizadas.	<a href="https://www.gisat.com.br/curso/online/qibuilder2022-eletrico">https://www.gisat.com.br/curso/online/qibuilder2022-eletrico</a>	

Fonte: Autor (2022)

Figura 17 - AutoDesk Revit Logo    Figura 18 - AltoQi Eberick Logo    Figura 19 - AltoQi Builder Logo



Fonte: AutoDesk (2022)



Fonte: AltoQi (2022)



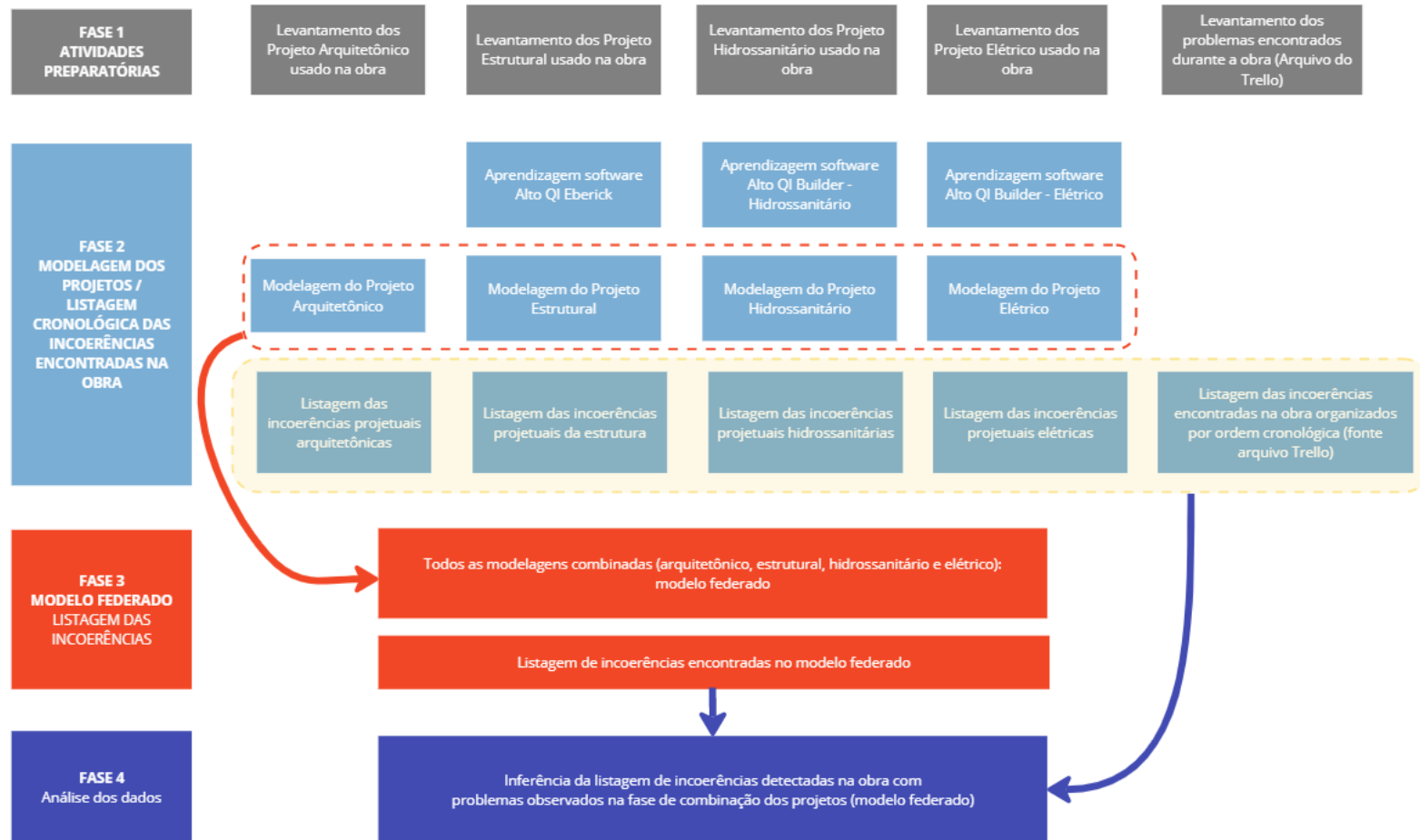
Fonte: AltoQi (2022)

### 3.3 Método

O objetivo deste TCC é inferir se as incoerências observadas em uma obra real poderiam ter sido detectadas na fase de projetos se fosse feita a modelagem das disciplinas e a sobreposição dos projetos arquitetônicos e complementares. Para alcançar esse objetivo, o método proposto é apresentado de forma esquemática através da Figura 20.

Observa-se que a primeira fase foi a atividade preparatória para a obtenção de dados: projetos executivos (arquitetônico e complementares) em formato PDF e a listagem de problemas encontrados durante a fase da obra (Trello).

Figura 20 - Fluxograma das atividades do TCC.



Fonte: Autor (2023)

A Fase 2 foi o desenvolvimento das modelagens. Cabe pontuar que primeiramente foi realizada a modelagem arquitetônica no software “AutoDesk Revit”, a partir dos dados do projeto executivo em formato “.pdf”. O projeto arquitetônico modelado foi exportado em formato IFC (Industry Foundation Classes), que possibilita o intercâmbio de informações BIM entre os diferentes softwares.

Em sequência, foi gerada a modelagem do projeto estrutural com a utilização do software “AltoQi Eberick”, através da importação do arquivo “.ifc” resultante da modelagem arquitetônica. Utilizou-se como referência o projeto estrutural executivo em formato “.pdf”. Cabe destacar que as modelagens arquitetônica e estrutural foram as primeiras a serem elaboradas. Para a elaboração das modelagens hidrossanitária e elétrica, o autor capacitou-se acerca dos softwares “AltoQi Builder - Elétrico” e “AltoQi Builder - Hidrossanitário”.

Da mesma forma que o projeto estrutural, os projetos hidráulico e elétrico foram modelados a partir das informações vindas do arquivo arquitetônico em formato IFC e modelados a partir das informações obtidas dos projetos em PDF. Assim, com todos os modelos criados, na Fase 3 foi feita a sobreposição de todos, gerando um modelo federado para análise das incoerências projetuais. Nesta fase, as incoerências encontradas (colisões ou inconsistências) nos projetos modelados em cada uma das disciplinas foram listadas.

Por fim, na Fase 4 foi levantada a listagem das incoerências analisadas conforme as disciplinas relacionadas à incoerência no modelo federado. E foi realizada também a listagem das incoerências vivenciadas na obra, mas estas foram listadas e organizadas de forma cronológica. Assim, finalizando esta fase, foi feita a comparação das incoerências do modelo federado e da obra, de forma cronológica.

## **4 MODELAGEM 3D A PARTIR DOS PROJETOS EXECUTIVOS EM PDF**

Este capítulo apresenta as modelagens feitas, destacando o software que foi utilizado. A sequência de apresentação deste capítulo seguiu o processo de modelagem desenvolvido: arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico. Cabe dizer que as imagens seguintes serão apresentadas de forma que a primeira imagem de volumetria demonstra a interface do software utilizado, enquanto as demais demonstram as vistas do modelo final.

### **4.1 Modelo Arquitetônico**

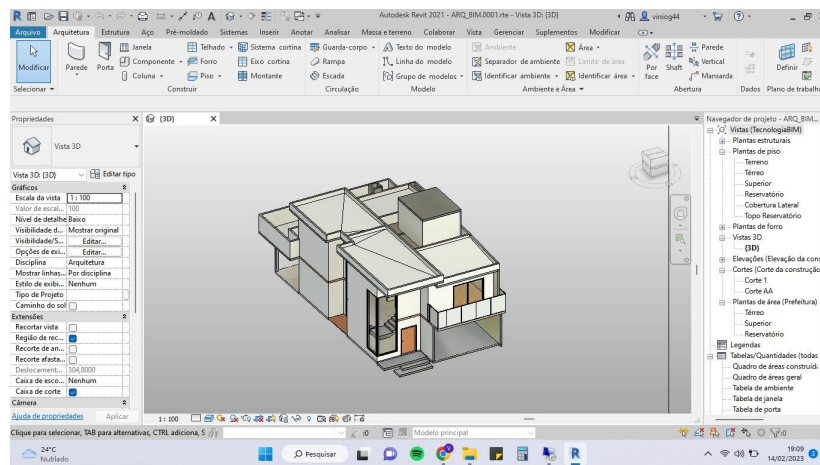
Durante a modelagem arquitetônica a partir dos projetos físicos, observou-se falta de informações em relação a especificações de elementos como o piso e revestimentos, além da falta de cotas longitudinais. Informações essas que são imprescindíveis para a incorporação em processos BIM.

Para a execução do modelo arquitetônico, foi utilizado o software Autodesk Revit, o qual o autor já tinha conhecimento prévio. Assim, com as informações disponíveis no projeto arquitetônico em PDF, foi desenvolvida a modelagem arquitetônica. Essa iniciou com a importação do projeto em PDF para o software e a modelagem dos elementos como paredes, portas, janelas, telhados e demais em ordem de lançamento, primeiramente do térreo, seguido pelos demais pavimentos envolvidos no projeto. Como o autor já tinha conhecimento na utilização do software, o desenvolvimento do modelo levou cerca de quatro dias.

Por fim, a modelagem arquitetônica foi exportada em formato IFC para possibilitar a interoperabilidade entre os softwares que foram utilizados para desenvolver a modelagem dos projetos executivos complementares.

A seguir, são apresentadas as figuras do modelo arquitetônico executado (Figuras 21 a 25).

Figura 21 - Reconstrução Arquitetônica - REVIT



Fonte: Autor (2023)

Figura 22 - Fachada Frontal



Fonte: Autor (2023)

Figura 23 - Fachada Posterior



Fonte: Autor (2023)

Figura 24 - Lateral Esquerda



Fonte: Autor (2023)

Figura 25 - Lateral Direita



Fonte: Autor (2023)

## 4.2 Modelo Estrutural

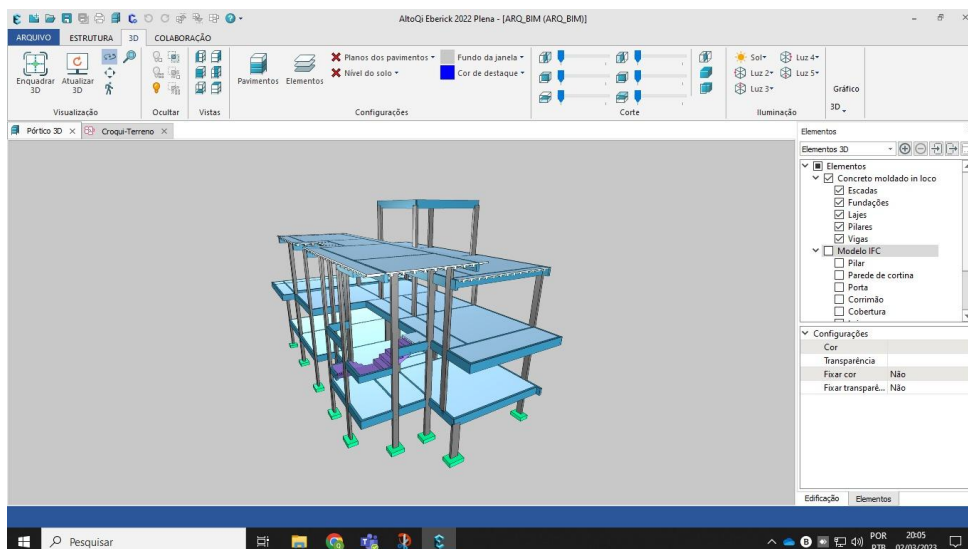
Seguindo a construção dos modelos, o projeto estrutural iniciou na plataforma AltoQi Eberick, a qual o autor também já tinha conhecimento prévio. Contudo, por tê-la utilizado menos vezes do que o Autodesk Revit, o desenvolvimento desse modelo levou um pouco mais de tempo para ser concluído, cerca de uma semana.

O início do desenvolvimento da modelagem se deu com a importação do arquivo PDF do projeto estrutural e do arquivo IFC do modelo arquitetônico. Com o arquivo base arquitetônico, foi modelado o projeto estrutural a partir das informações do projeto executivo estrutural, seguindo a ordem de lançamento: primeiramente foram incluídos os pilares, seguidos pelas vigas, lajes e, finalizando, com a escada e seus patamares.

Cabe dizer que, ao longo da execução do modelo estrutural, utilizando o arquivo IFC arquitetônico, diversos elementos inexequíveis foram notados, como paredes sem vigas de sustentação. As incoerências projetuais no modelo federado serão abordadas no próximo capítulo.

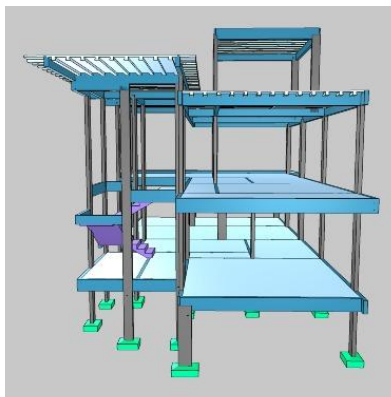
As Figuras 26 a 30 demonstram o modelo 3D que foi desenvolvido para este TCC.

Figura 26 - Reconstrução Estrutural - Eberick



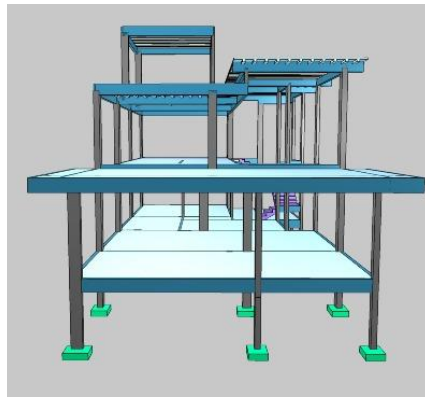
Fonte: Autor (2023)

Figura 27 - Fachada Frontal



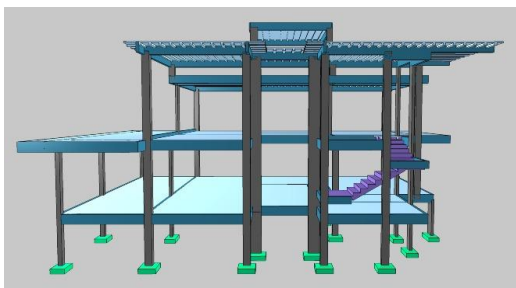
Fonte: Autor (2023)

Figura 28 - Fachada Traseira



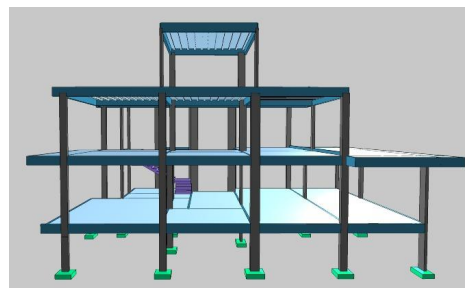
Fonte: Autor (2023)

Figura 29 - Lateral Esquerda



Fonte: Autor (2023)

Figura 30 - Lateral Direita



Fonte: Autor (2023)

### 4.3 Modelo Hidrossanitário

Para o desenvolvimento do modelo hidrossanitário, foi necessária a capacitação do software AltoQi Builder - Hidrossanitário. O curso do software foi disponibilizado para o autor por estagiar na empresa “AltoQi” e possui uma carga horária de cerca de 30 horas para ser concluído.

Para o desenvolvimento do modelo, foi necessário plotar e imprimir o projeto hidrossanitário em uma folha A1, pois vários elementos não possuíam cotas longitudinais. Dessa forma, foi necessário realizar a leitura do projeto impresso com um escalímetro para a inclusão das medidas exatas dos elementos hidrossanitários.

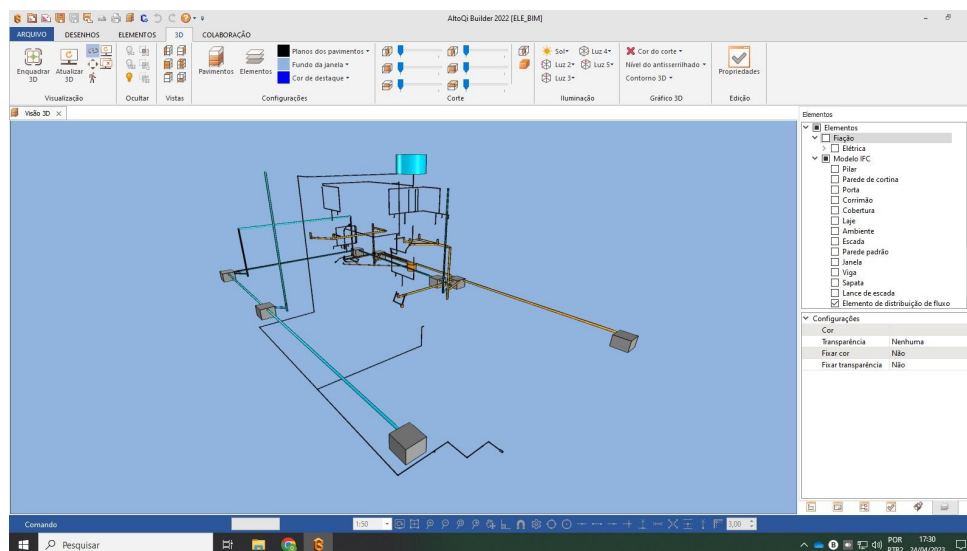
Assim, a partir do arquivo IFC do modelo arquitetônico e estrutural e do arquivo PDF do projeto hidrossanitário, iniciou-se a construção do modelo hidrossanitário. O lançamento dos elementos hidrossanitários partiu das tubulações hidráulicas de água fria, da tubulação de alimentação predial, da caixa d'água e demais elementos, finalizando com o lançamento da rede de esgoto com tubos de queda, caixas de passagem entre outros.

Este modelo foi o que mais levou tempo para ser executado, cerca de três semanas e houve pequenas interrupções para a conferência de lançamento a partir do curso de capacitação.

Durante a execução do modelo hidrossanitário em cima do arquivo de interoperabilidade, notou-se que diversos elementos hidráulicos conflitam com elementos estruturais.

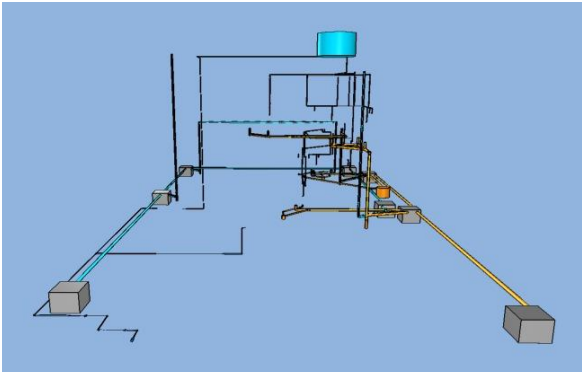
As figuras 31 a 35 mostram a construção do modelo hidrossanitário.

Figura 31 - Reconstrução Hidrossanitária - Builder - Hidrossanitário



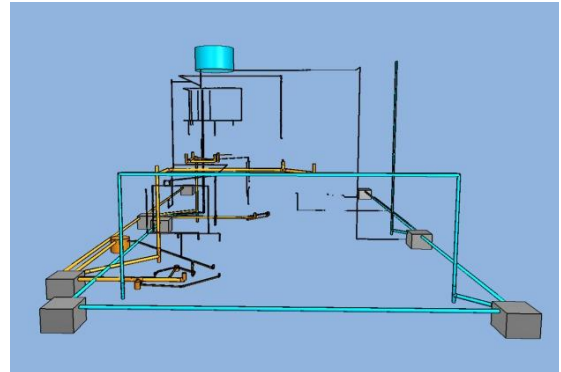
Fonte: Autor (2023)

Figura 32 - Fachada Frontal



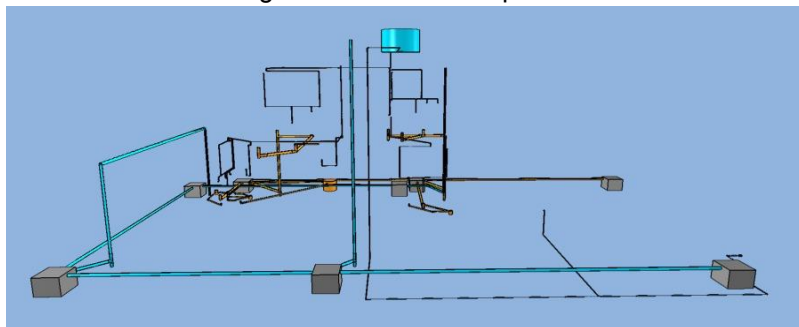
Fonte: Autor (2023)

Figura 33 - Fachada Posterior



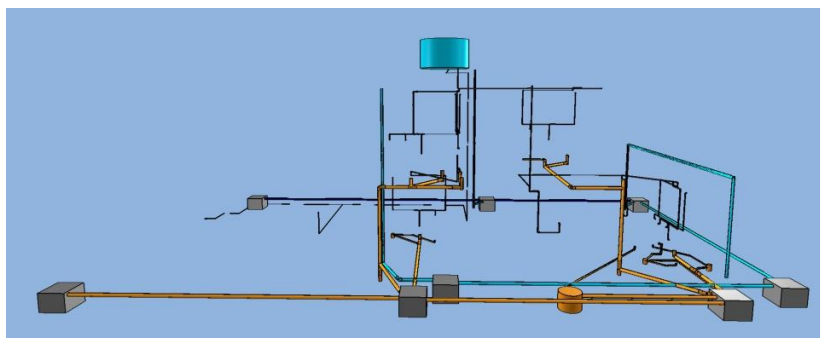
Fonte: Autor (2023)

Figura 34 - Lateral Esquerda



Fonte: Autor (2023)

Figura 35 - Lateral Direita



Fonte: Autor (2023)

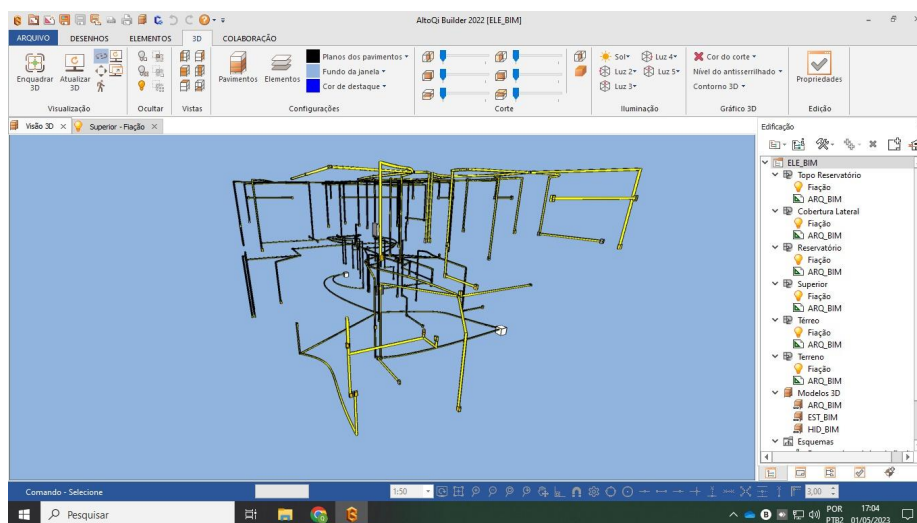
#### 4.4 Modelo Elétrico

Para o desenvolvimento do modelo elétrico, também foi necessária a capacitação no software AltoQi Builder - Elétrico. Este curso possui uma carga horária de 30 horas, e a capacitação foi realizada juntamente com o lançamento dos elementos da rede elétrica, a fim de garantir um lançamento bem feito. A conclusão deste modelo levou aproximadamente duas semanas, levando em consideração as interrupções no lançamento dos elementos para revisar algumas videoaulas do curso do software.

Assim como no desenvolvimento do modelo hidrossanitário, foi necessária a impressão do projeto elétrico em folha A1, para, através de escalímetro, realizar a leitura e levantamento das cotas e distanciamentos de elementos como tomadas, luminárias e quadros de distribuição.

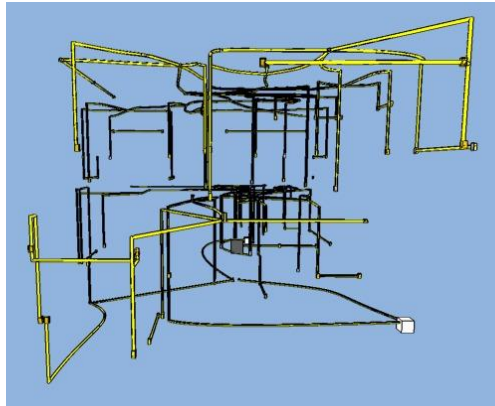
A partir do arquivo IFC da sobreposição dos modelos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário e da importação do projeto elétrico em PDF, foi realizada a reconstrução do modelo elétrico (Figura 36 até 40). O lançamento da rede elétrica ocorreu primeiro pelos pontos de luminárias, seguido pelas tomadas e interruptores, finalizando com a passagem dos eletrodutos.

Figura 36 - Reconstrução Elétrica - Builder - Elétrico



Fonte: Autor (2023)

Figura 37 - Fachada Frontal



Fonte: Autor (2023)

Figuras 38 - Fachada Traseira



Fonte: Autor (2023)

Figura 39 - Lateral Esquerda



Fonte: Autor (2023)

Figura 40 - Lateral Direita

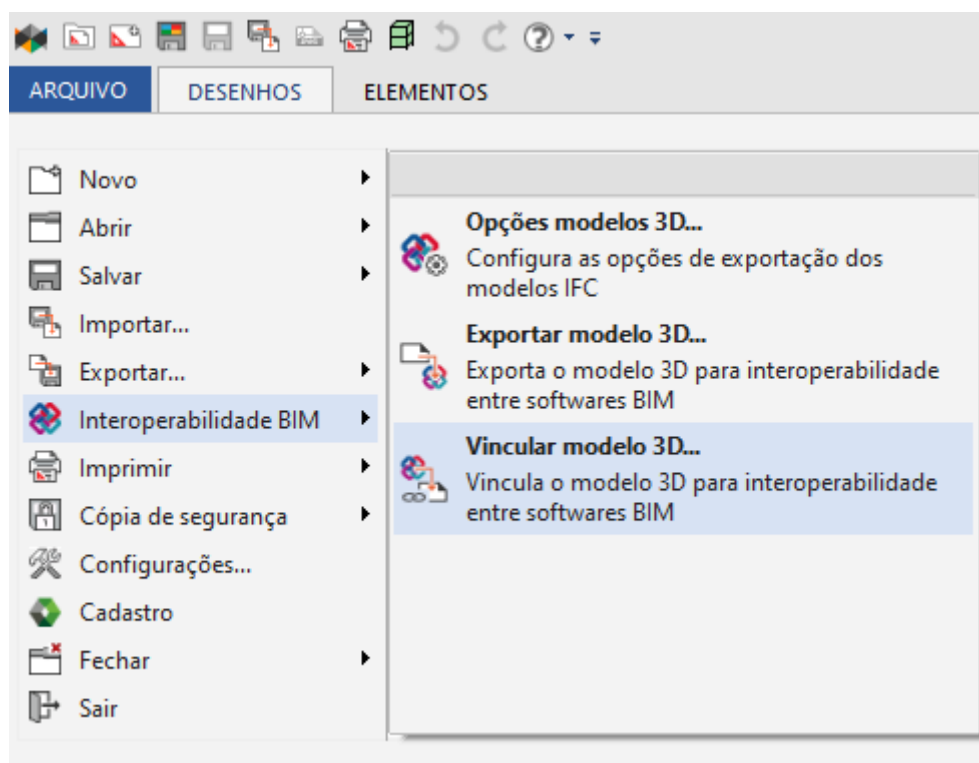


Fonte: Autor (2023)

## 4.5 Modelo Federado

O modelo 3D de todos os projetos executivos das disciplinas de arquitetura, estruturas, hidrossanitário e elétrico foi sobreposto, formando um modelo federado, por meio da interoperabilidade BIM. Para o desenvolvimento do modelo federado, foi utilizado o software AltoQi Builder. Primeiramente, abriu-se o arquivo referente ao modelo elétrico e, em seguida, importaram-se os arquivos IFC referentes aos demais modelos (arquitetônico, estrutural e hidrossanitário) através da aba “Arquivo” do software, utilizando a ferramenta “Interoperabilidade BIM” e selecionando a opção “Vincular modelo 3D...”, como na figura seguinte:

Figura 41 - Plataforma AltoQi Builder - Interoperabilidade

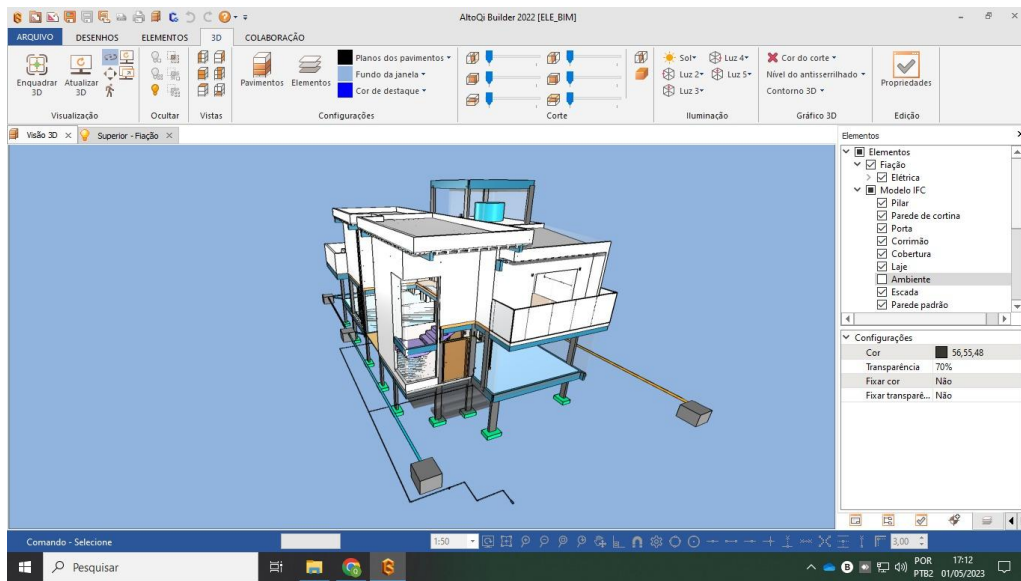


Fonte: AltoQi Suporte (2023)

Depois de selecionados os arquivos dos modelos, sobrepondo-os e ativando a visualização de seus elementos, temos a reconstrução final do modelo. O modelo federado deste TCC não se trata de um projeto "as built", pois não foram

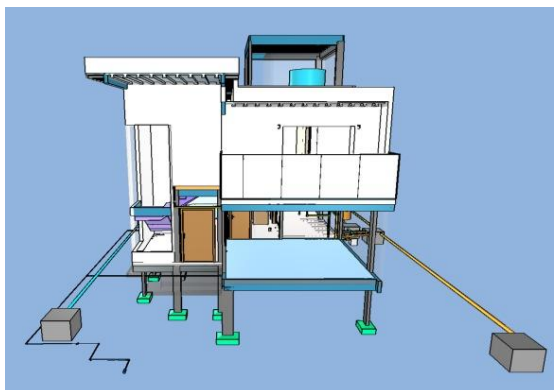
incorporadas as alterações e correções que foram feitas ao longo da obra. Ainda assim, a partir do modelo federado, foi possível realizar a análise de incoerências projetuais em relação à obra e seus registros. As Figuras 42 a 46 apresentam imagens do modelo 3D federado.

Figura 42 - Modelo Federado



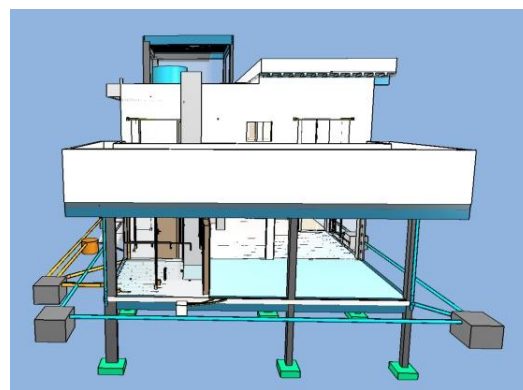
Fonte: Autor (2023)

Figura 43 - Fachada Frontal



Fonte: Autor (2023)

Figura 44 - Fachada Posterior



Fonte: Autor (2023)

Figura 45 - Lateral Esquerda



Fonte: Autor (2023)

Figura 46 - Lateral Direita



Fonte: Autor (2023)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo está estruturado em duas partes: a) a primeira onde são apresentadas as incoerências encontradas nas modelagens e inferências entre os projetos arquitetônicos e complementares; b) associação entre incoerências observadas por este autor durante a obra com colisões ou inconsistências observadas nas modelagens.

## 5.1 Incoerências Projetuais

As incoerências serão tratadas neste trabalho como colisões projetuais e/ou inconsistências nos projetos. As colisões analisadas na reconstrução do modelo ocorrem quando dois ou mais elementos do modelo se sobrepõem, ou quando um elemento está em conflito com outro elemento adjacente. Já as inconsistências projetuais descrevem quando algum elemento está ausente ou fora de sua função.

A Tabela 3 enumera e elenca as incoerências e as define como colisão ou inconsistência a partir da sobreposição dos projetos arquitetônico (ARQ), estrutural (EST), hidrossanitário (HID) e elétrico (ELE). Nas duas últimas colunas da Tabela 3, este autor descreve se a incoerência observada no modelo federado foi vivenciada ou percebida antes ou durante a execução da obra.

Tabela 3 - Levantamento das incoerências a partir do modelo federado

Incoerências Modelo Federado							Problema Observado	
N.	Descrição	Tipo	Disciplinas				Antes da Execução da Obra	Durante a Execução da Obra
			ARQ	EST	HID	ELE		
1	Vigas do baldrame faltantes	Inconsistência	X	X				X
2	Inconsistências no tamanho da torre de caixa d'água	Inconsistência	X	X			X	
3	Tamanho da porta de entrada	Colisão	X	X				X
4	Viga superior da suíte 3	Inconsistência	X	X			X	
5	Viga superior entre o closet e a suíte master	Inconsistência	X	X			X	
6	Viga superior da suíte master	Inconsistência	X	X			X	
7	Alinhamento entre vigas e paredes	Inconsistência	X	X			X	
8	Cano de água pluvial posicionado na suíte master e escritório	Colisão	X		X		X	
9	Colisão entre calha e cobertura superior	Colisão	X	X	X		X	
10	Colisão entre descida pluvial, viga e telhado	Colisão		X	X		X	
11	Alimentação predial passando por pilar e vigas	Colisão		X	X			X

12	Janela do banheiro colidindo com pilar na suíte 2	Colisão	X	X				X
13	Descida de água fria no meio da janela da cozinha	Colisão		X	X			X
14	Água fria passando por uma viga estrutural	Colisão		X	X		X	
15	Esgoto passando por viga estrutural	Colisão		X	X			X
16	Colisão de tubulação pluvial e de esgoto 1	Colisão			X		X	
17	Colisão de tubulação pluvial e de esgoto 2	Colisão			X		X	
18	Colisão de tubulação pluvial e de esgoto 3	Colisão			X		X	
19	Interruptor posicionado atrás da porta de correr da suíte master	Colisão	X	X		X		X
20	Eletroduto passando pelo meio da viga do closet	Colisão			X	X	X	
21	Inconsistência na posição das luminárias do pavimento superior	Inconsistência	X	X		X	X	
22	Colisão entre eletroduto de interruptor, viga e pilar	Colisão		X		X	X	
23	Eletroduto e interruptor posicionado em pilar na suíte 2	Colisão		X		X		X
24	Interruptor da cozinha posicionado em pilar	Colisão		X		X	X	
25	Eletrodutos na circulação passando por vigas	Colisão		X		X	X	
26	Eletroduto posicionando em uma descida de água fria na área gourmet	Colisão			X	X		X
27	Interruptor e tomada posicionados em pilar na sala de jantar	Colisão		X		X		X
28	Interruptor colidindo com pilar da porta de entrada	Colisão		X		X		X
29	Arandela posicionada em pilar ao lado da porta de entrada	Colisão		X		X		X

Fonte: Autor (2023)

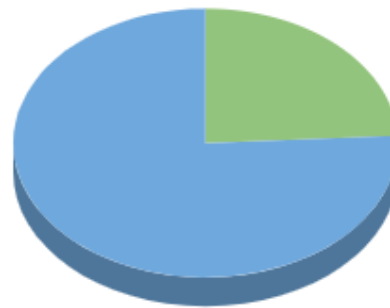
Pelos dados da tabela, observa-se que dos tipos de incoerências encontradas na sobreposição dos modelos, cerca de 76% deles são colisões projetuais, enquanto

24% são inconsistências que ocorrem pela ausência de algum elemento projetual. Ainda podemos extrair dados das incoerências, aproximadamente 28% envolvem as disciplinas "ARQ X EST" (arquitetônico e estrutural), enquanto as disciplinas que menos apresentaram incoerências foram as "ARQ X EST X HID" (arquitetônica, estrutural e hidrossanitária) e "ARQ X HID" (arquitetônica e hidrossanitária), representando cerca de 3%. Esses dados foram expressos nos gráficos seguintes:

Gráfico 1 - Relação entre as colisões e inconsistências

### Tipos de Incoerências

- Inconsistência
- Colisão

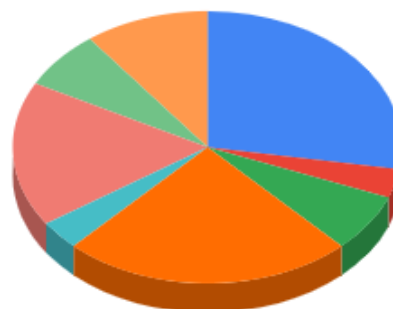


Fonte: Autor (2023)

Gráfico 2 - Relação entre as disciplinas dos projetos envolvendo incoerências

### Disciplinas das Incoerências

- ARQ X EST
- ARQ X EST X HID
- ARQ X EST X ELE
- EST X ELE
- ARQ X HID
- EST X HID
- HID X ELE
- HID X HID



Fonte: Autor (2023)

Gráfico 3 - Relação entre os problemas observados anterior e durante a execução dos serviços



Fonte: Autor (2023)

Como observamos em relação ao gráfico anterior, a maioria dos problemas, ou seja, cerca de 58%, foram observados durante a execução em obra, enquanto aproximadamente 42% foram notados pelos responsáveis técnicos antes da execução dos serviços.

## 5.2 Relação dos problemas encontrados na obra com incoerências projetuais

Esta parte do capítulo enumera cronologicamente os problemas, ou incoerências, relatados no diário da obra (objeto de estudo deste TCC), e os contrasta com as colisões ou inconsistências projetuais observadas (ou não) na modelagem. Cabe dizer ainda que, como o autor não acompanhou a finalização da obra e os registros do diário de obra aqui analisados, referem-se ao período de 10 de janeiro de 2022 até o dia 04 de julho de 2022.

**Data 01/02/2022**

### **1) Vigas do baldrame faltantes**

Após a concretagem das vigas de baldrame, notou-se que duas vigas não foram executadas, ou seja, não foram feitas as caixarias e posicionada a armadura para receber o concreto usinado. Assim, acabou ocorrendo o retrabalho de cavar a terra onde ficariam as vigas e nivelar as já concretadas (Figura 47), para conectar a caixaaria dessas novas que seriam executadas com concreto in loco. Além desse retrabalho, também houve um custo adicional de material, levando em conta que houve um desperdício de concreto usinado excedente.

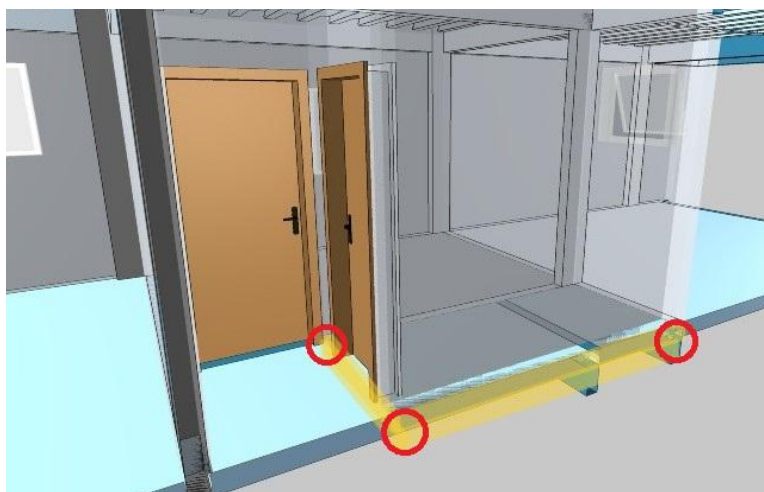
Figura 47 - Inconsistência: falta de viga baldrame



Fonte: Autor (2022)

A falta das vigas foi observada na reconstrução do modelo do projeto, pois como se pode observar na Figura 48, as paredes do modelo arquitetônico não estão apoiadas nas vigas (elementos estruturais), apenas apoiadas na laje.

Figura 48 - Inconsistência: falta de viga baldrame



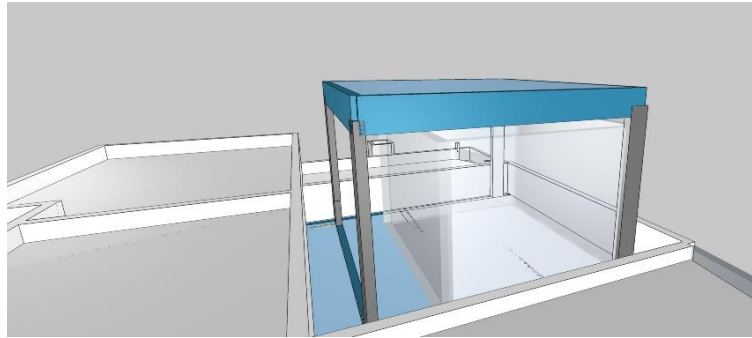
Fonte: Autor (2023)

**Data 04/02/2022**

## **2) Inconsistências no tamanho da torre de caixa d'água**

Em seguida à análise da falta de vigas de baldrame, foi realizado um estudo para a avaliação de outros equívocos entre o projeto arquitetônico e o estrutural. Notou-se que no projeto estrutural, o tamanho da torre da caixa de água era maior do que no projeto arquitetônico. Essa análise foi guiada pelas cotas de dimensão dos projetos. Cabe dizer ainda que, apesar de não ocorrerem retrabalhos para esse caso, por se tratar de uma análise prévia, houve um custo adicional, pois foi necessária a compra de mais material para a execução conforme o projeto estrutural. Essa incoerência foi encontrada durante o desenvolvimento da modelagem e projeto federado (Figura 49).

Figura 49 - Inconsistência: tamanho da torre de caixa d'água



Fonte: Autor (2023)

### 3) Tamanho da porta de entrada

No mesmo dia, também constatou-se que entre os projetos arquitetônico e estrutural havia uma colisão projetual referente à porta de entrada. A porta está especificada no quadro de esquadrias com mais de 5m de altura, todavia, se essa altura fosse executada, a porta colidiria com uma viga do pavimento superior e com o lanço da escada, como podemos conferir na figura 50.

Figura 50 - Colisão: tamanho da porta de entrada



Fonte: Autor (2023)

Cabe dizer ainda que, na reconstrução do modelo arquitetônico, foi utilizado um componente para a porta com altura de 2,10m, tendo em vista que o software Revit não permite a modelagem de colisões projetuais.

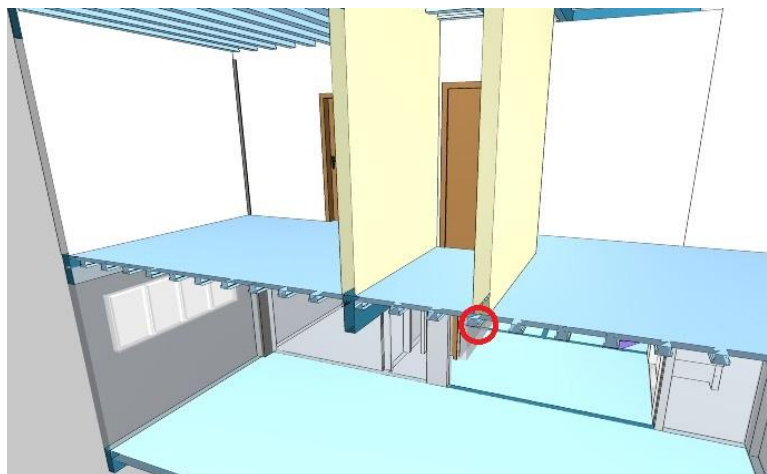
**Data 14/02/2022**

#### **4) Viga superior suíte 3**

No dia 14 de fevereiro, foram iniciados os serviços de montagem das caixarias e dobras das armações para as vigas do pavimento superior. Logo, foi realizado um levantamento para analisar a possível ausência de mais vigas do projeto estrutural em relação ao arquitetônico. Dessa vez, foi constatada a falta de uma viga de sustentação superior entre o banheiro e o quarto (suíte) número 3.

Essa constatação foi visualizada no projeto federado, como é observado na Figura 51:

Figura 51 - Inconsistência: viga superior suíte 3



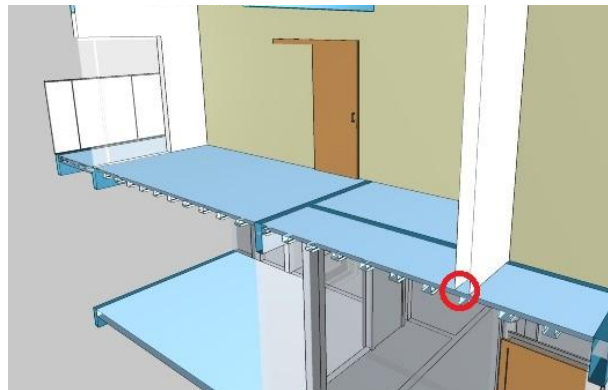
Fonte: Autor (2023)

Cabe dizer que, como esse problema na obra foi observado com antecedência à execução estrutural do pavimento superior, o responsável técnico pela obra conseguiu reorganizar mão de obra e material para que o cronograma seguisse sem alterações.

## 5) Viga superior do closet - suíte master

Também foi analisada a ausência de outra viga para a sustentação da parede entre o closet da suíte master e o banheiro da suíte número 2. A falta dessa viga também foi notada (Figura 52) durante a construção do modelo federado.

Figura 52 - Inconsistência: viga superior closet - suíte master

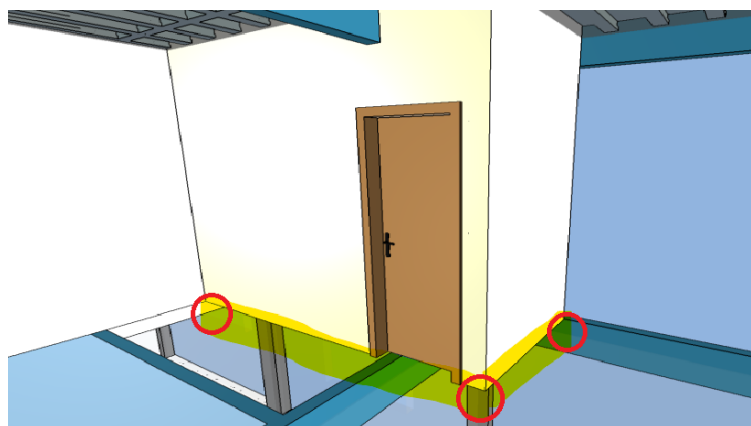


Fonte: Autor (2023)

## 6) Viga superior da suíte master

No mesmo dia, foi analisada a ausência de mais uma viga superior na área da suíte master. Dessa vez, as vigas de sustentação das paredes do banheiro da suíte não foram previstas, como podemos visualizar na Figura 53.

Figura 53 - Inconsistência: viga superior suíte master

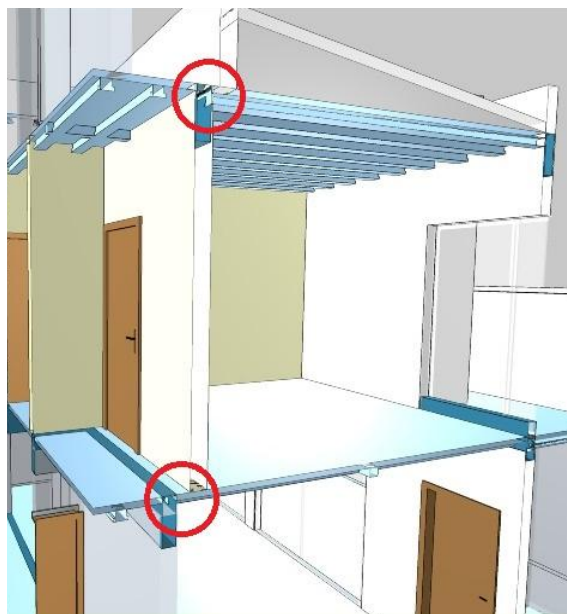


Fonte: Autor (2023)

## 7) Alinhamento entre vigas e paredes

Por fim, ainda no dia 14 de fevereiro, foram realizadas análises de cotas utilizando o escalímetro para conferir o alinhamento de vigas transversais relacionadas às vigas de sustentação do banheiro da segunda suíte e da platibanda da cobertura, com base nos projetos arquitetônico e estrutural. Ainda assim, como em outros casos, essa análise foi realizada de forma antecipada à execução das vigas estruturais superiores e de cobertura, não havendo alterações graves no cronograma da obra. Esta inconsistência projetual de não alinhamento entre viga e parede foi observada no projeto federado, conforme mostra a Figura 54.

Figura 54 - Inconsistência: alinhamento entre vigas e paredes



Fonte: Autor (2023)

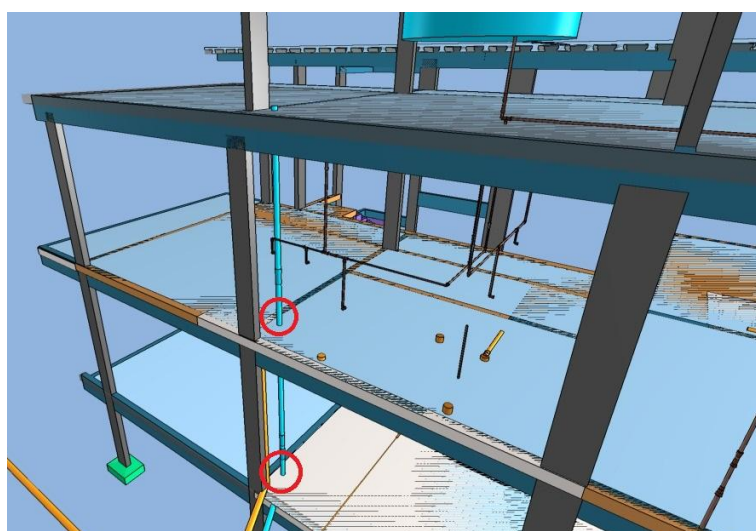
**Data 25/04/2022**

## 8) Cano de água pluvial posicionado na suíte master e escritório

Durante a leitura dos projetos hidráulicos, a equipe de instalação, o responsável técnico e este autor notaram que um tubo de queda de água pluvial estava posicionado em uma área onde se encontra o banheiro da suíte master e o

escritório no pavimento térreo. Foi decidido que o mais sensato a ser feito era a execução de uma "mucheta" para ocultar esse elemento hidráulico. Porém, para isso, seria necessário o deslocamento desse tubo de queda alguns centímetros mais próximo ao pilar do banheiro e do escritório. Cabe dizer que, assim como analisado durante a obra, esses elementos foram observados no modelo federado (Figura 55):

Figura 55 - Colisão: cano de água pluvial no meio da suíte master e do escritório



Fonte: Autor (2023)

Ainda sobre a tomada de decisões neste dia, o proprietário da obra informou à equipe técnica que não seria mais realizado um dos lavatórios da suíte master e nem um dos chuveiros.

## 9) Colisão entre calha e cobertura superior

Como mencionado no item anterior, a descida da calha deveria ser executada juntamente com as "muchetas". Entretanto, a execução da calha acabou sendo cancelada, pois o proprietário da obra decidiu que a sacada dos quartos dos fundos seria expandida por todo o perímetro onde seria executado o telhado. Assim, ao invés de calha, foram executados dois ralos na sacada.

Essa decisão de expansão da sacada acabou por ser benéfica, pois foi verificado no modelo federado que o posicionamento da calha original colidiria com

vigas estruturais desta cobertura e com o telhado, já que não foi prevista a instalação de calha metálica no projeto arquitetônico.

Contudo, ainda assim, houve um atraso pela tomada de decisão entre o proprietário da obra e o engenheiro para a alteração do projeto, além de custos adicionais para a compra de materiais e a sobra de outros que haviam sido comprados.

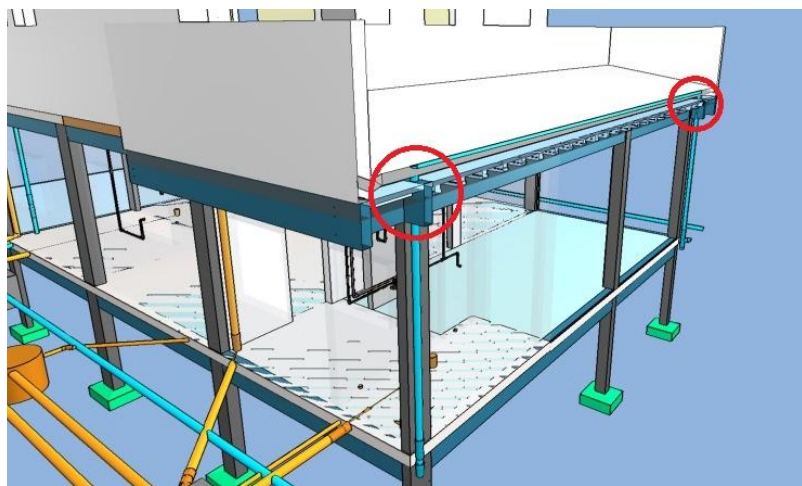
A seguir, podemos conferir como foi executada a sacada (Figura 56) e as colisões observadas no modelo federado (Figura 57), respectivamente:

Figura 56 - Sacada traseira dos quartos “as built”



Fonte: Autor (2022)

Figura 57 - Colisão: calha e cobertura



Fonte: Autor (2023)

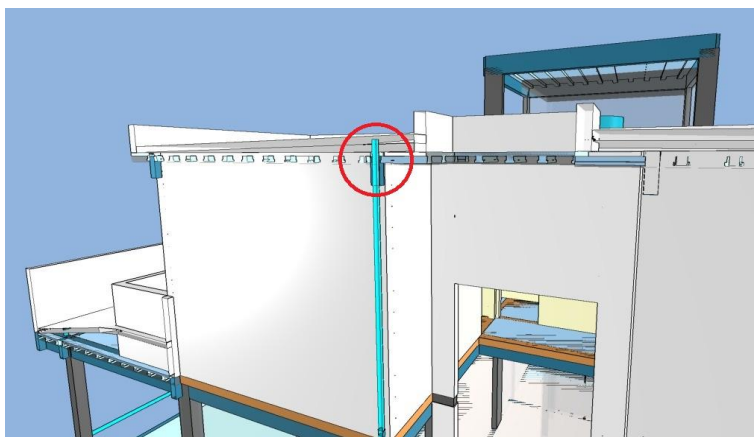
**Data 27/04/2022**

### **10) Colisão entre descida pluvial, viga e telhado**

Deveria ser executado um ralo com caimento até o terreno pela parte externa da casa. O tubo de queda desse ralo deveria ser executado em conjunto com uma "mucheta" que o escondesse. Contudo, devido à estética e à escolha da posição do ralo entre as telhas, foi decidido entre o proprietário e o responsável técnico trocar esse ralo por calhas laterais.

A troca citada anteriormente também acabou por ser benéfica para a execução da obra, levando em conta que, a partir da análise do modelo federado, foi observada uma colisão (Figura 58) entre a descida do ralo, uma viga estrutural da cobertura e o ralo no meio do telhado.

Figura 58 - Colisão: descida pluvial, viga e telhado



Fonte: Autor (2023)

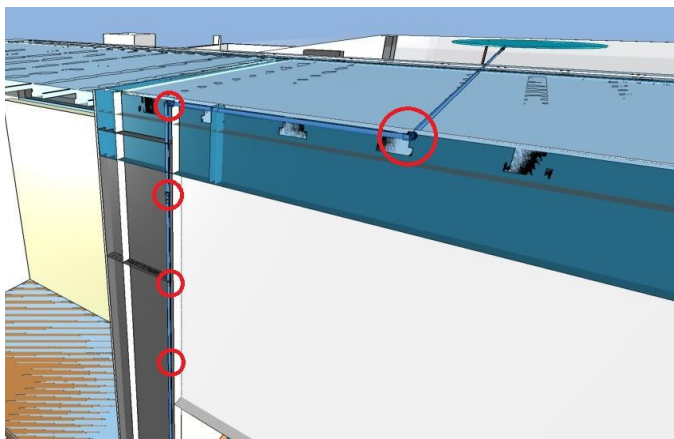
**02/05/2022**

### **11) Alimentação predial passando por pilar e vigas**

Nesta data, foi feita uma análise entre o instalador e o engenheiro da obra sobre a localização da tubulação de alimentação predial, pois previamente ambos notaram que o posicionamento desses tubos colidiria com um pilar e vigas da cobertura. Assim, decidiram pelo deslocamento dessas tubulações.

Concordando com isso, a Figura 59 do modelo federado já mostrava essa colisão:

Figura 59 - Colisão: alimentação predial passando por pilar e vigas



Fonte: Autor (2023)

**16/05/2022**

## **12) Janela do banheiro colidindo com pilar na suíte 2**

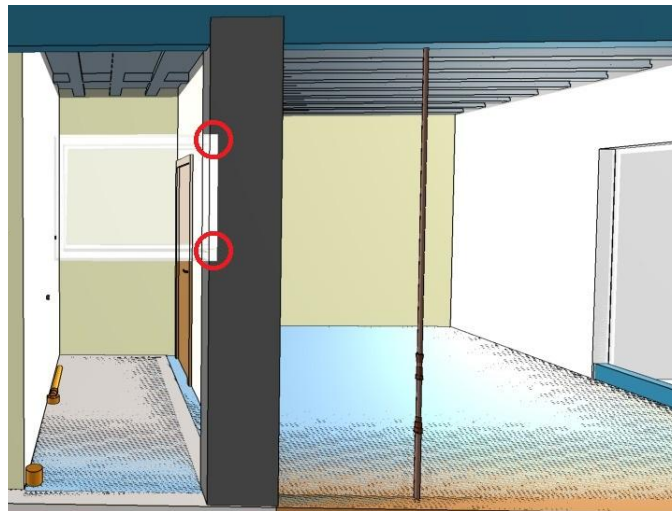
Um problema de colisão de elementos que ocorreu durante a execução da obra foi a abertura dos vãos das janelas. Neste caso específico, o vão da janela do banheiro da suíte 2, quando foi executado, não estava com as dimensões corretas. Logo após, descobriu-se que, pelo fato de haver um pilar em uma extremidade, a janela precisaria ser deslocada alguns centímetros para a outra lateral. Esse serviço foi um retrabalho posterior de execução de chapisco e reboco do vão da esquadria, implicando em custos adicionais de material e mão-de-obra. Apesar de não estar previsto na obra, com o modelo federado pode-se conferir essa colisão na figura 61:

Figura 60 - Vista interna da janela do banheiro da suíte 2 corrigida



Fonte: Autor (2022)

Figura 61 - Colisão: janela do banheiro colidindo com pilar na suíte 2



Fonte: Autor (2023)

### 13) Descida de água fria no meio da janela da cozinha

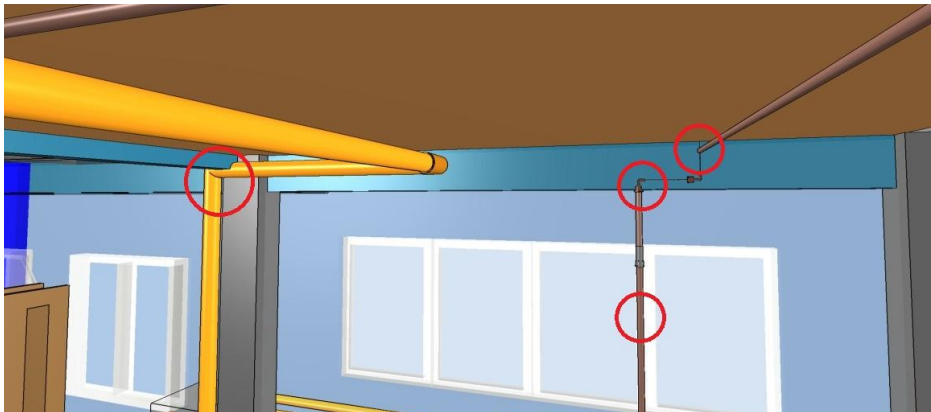
Ainda na mesma data, iniciaram os serviços de instalação de tubulação de água fria na cozinha da residência. Na execução do serviço, os instaladores consideraram que seria necessário descer a tubulação contornando a janela da cozinha (Figura 62). Se fosse seguido o projeto, os tubos deveriam descer no meio da esquadria, como podemos ver na figura 63 retirada do modelo federado:

Figura 62 - Correção da descida de água fria



Fonte: Autor (2022)

Figura 63 - Colisão: descida de água fria com janela da cozinha



Fonte: Autor (2023)

Na figura 63, também se observa a colisão de uma tubulação de esgoto na viga entre a cozinha e a área de serviço. Entretanto, essa colisão não ocorreu durante a obra, pois foi ligeiramente alterada a altura deste tubo a fim de não colidir com a viga.

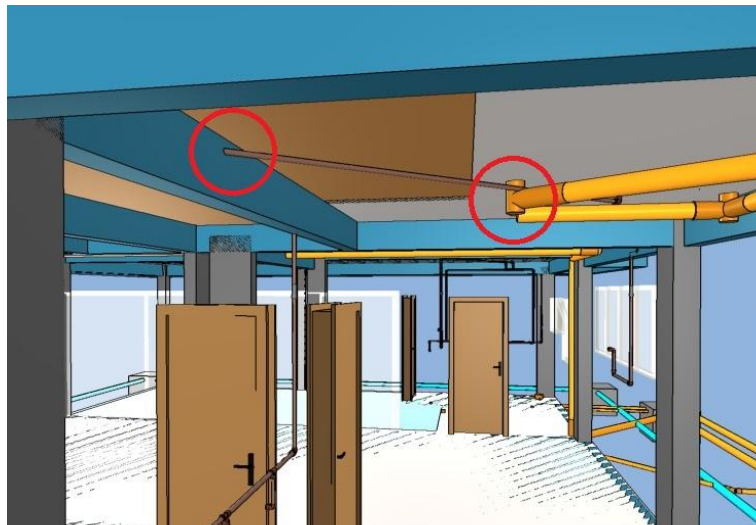
17/05/2022

#### 14) Água fria passando por uma viga estrutural

Durante a obra foram feitas análises para a confirmação se uma ou mais vigas seriam furadas para a passagem de elementos hidrossanitários. Nesta análise decidiu-se por furar vigas que fosse impossível a passagem de tubulações por outros caminhos.

No modelo federado observa-se que uma tubulação de água fria passa pelo meio de uma viga estrutural e também por uma tubulação de esgoto (Figura 64). Essa situação na obra foi contornada através da passagem do tubo de água fria por baixo da viga, contornando a tubulação de esgoto.

Figuras 64 - Colisão: tubulação de água fria passando por viga do escritório



Fonte: Autor (2023)

#### 15) Esgoto passando por viga estrutural

Ainda neste dia, foi decidida a realização de um furo em uma das vigas transversais da residência (Figura 65) para a passagem de uma tubulação de esgoto entre a cozinha e a sala de estar.

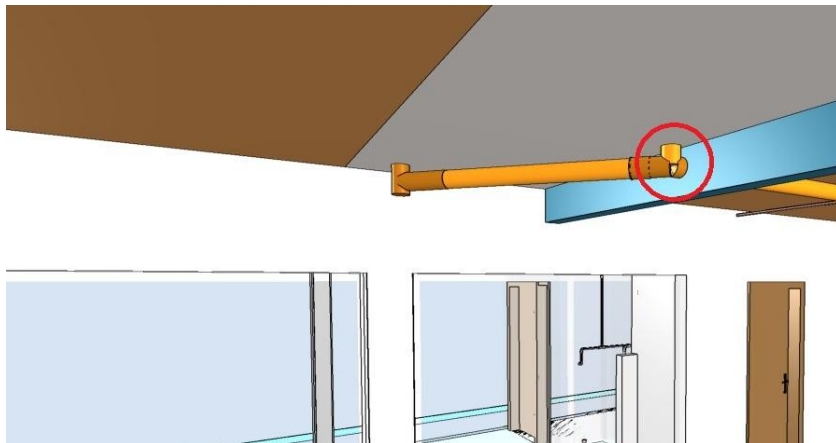
Figura 65 - Furo em viga para passagem de tubo de esgoto



Fonte: Autor (2022)

Comparando com o que foi analisado no modelo federado (Figura 66), podemos verificar que realmente seria necessário realizar o furo na viga, pois caso a tubulação fosse passar por baixo dela, a altura disponível para a execução do forro no ambiente seria muito baixa.

Figura 66 - Colisão: tubo de esgoto passando por viga estrutural



Fonte: Autor (2023)

**24/05/2022**

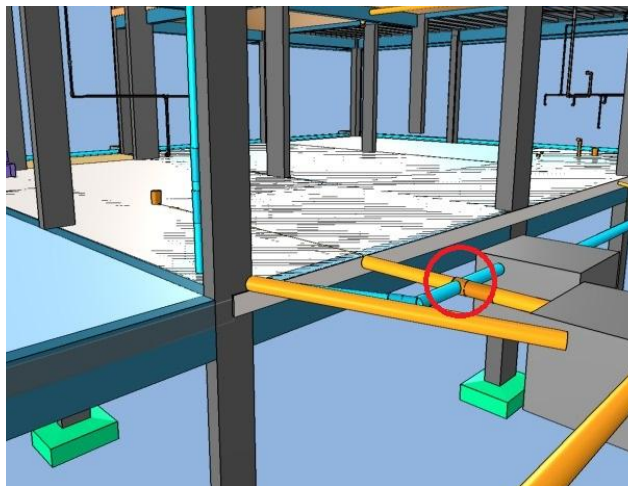
**16) Colisão entre tubulação de esgoto e água pluvial 1**

**17) Colisão entre tubulação de esgoto e água pluvial 2**

**18) Colisão entre tubulação de esgoto e água pluvial 3**

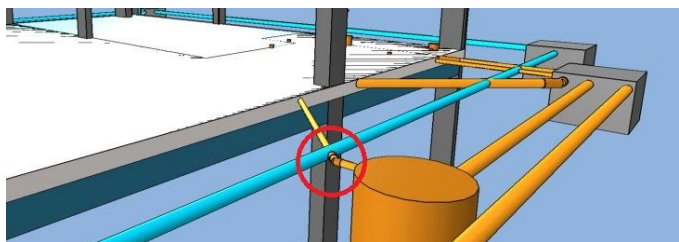
Foi diagnosticado no modelo federado que haveriam colisões de elementos hidrossanitários (Figuras 67 a 69), no caso, tubos de esgoto e de água pluvial, pois não foram indicados no projeto a profundidade em que essas instalações deveriam ser executadas. Contudo, na obra esse problema não foi reproduzido devido à experiência dos instaladores e do engenheiro responsável pela obra.

Figura 67 - Colisão: tubo de esgoto e tubo de água pluvial 1



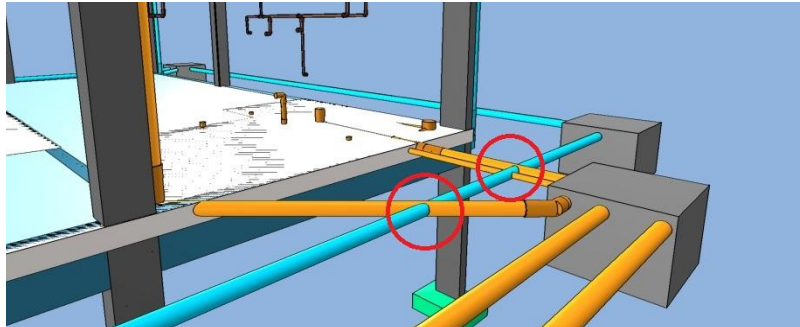
Fonte: Autor (2023)

Figura 68 - Colisão: tubo de esgoto e tubo de água pluvial 2



Fonte: Autor (2023)

Figura 69 - Colisão: tubo de esgoto e tubo de água pluvial 3



Fonte: Autor (2023)

**03/06/2022**

### **19) Interruptor posicionado atrás da porta de correr da suíte master**

No início de junho, observou-se que a folha da porta de correr de acesso à suíte master ao abrir tamparia o interruptor de luz do dormitório. Pelo fato desta incoerência não ter sido vista anteriormente, o interruptor e as demais tomadas já haviam sido instalados. Os instaladores decidiram mover o interruptor alguns centímetros para o lado, contudo, ali já existia um pilar. Assim, a solução foi abrir a parede para a passagem novamente dos eletrodutos e tomadas para o lado oposto ao pilar. As Figuras 70 e 71 mostram imagens dos retrabalhos realizados a fim de corrigir essa incoerência projetual.

Figura 70 - Correção da passagem da porta de correr na suíte master



Fonte: Autor (2022)

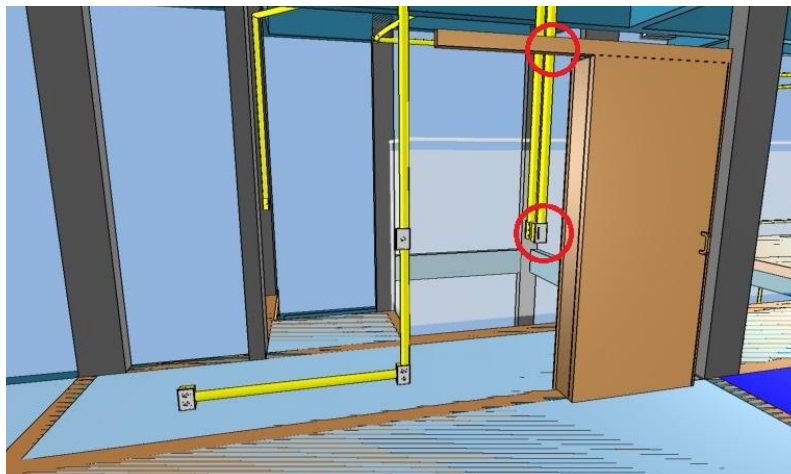
Figura 71 - Correção da passagem da porta de correr na suite master



Fonte: Autor (2022)

Levando em conta a compatibilização dos projetos, caso tivessem sido realizadas as modelagens anteriormente à execução da obra, essa incoerência teria sido detectada, como podemos visualizar na imagem a seguir:

Figura 72 - Colisão: interruptor posicionado atrás da porta de correr



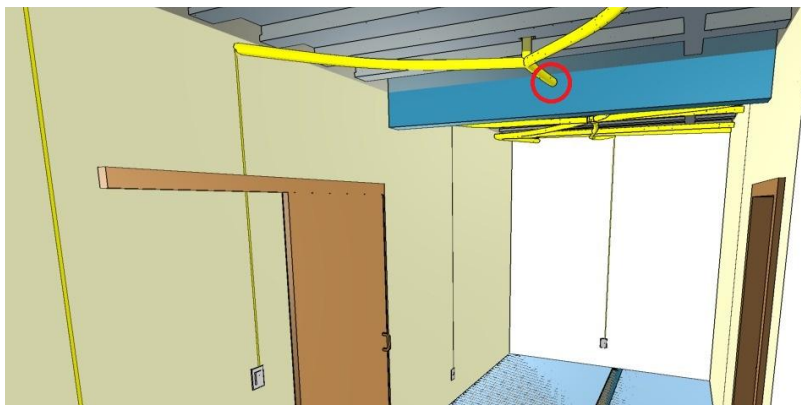
Fonte: Autor (2023)

**06/06/2022**

## **20) Eletroduto passando pelo meio da viga do closet**

Cabe dizer que, assim como outras colisões que não ocorreram devido à expertise da mão-de-obra, essa foi a mesma situação. Pois, apesar de no projeto os eletrodutos passarem pelas paredes independentemente do conhecimento de elementos estruturais como vigas e pilares, na obra o que ocorreu foi a passagem do eletroduto por baixo da viga, não afetando a altura final do forro da suíte master. Assim, a situação encontrada no modelo federado (Figura 73) não acarretou em retrabalhos ou custos extras de material.

Figura 73 - Colisão: eletroduto e viga entre a suíte master e o closet



Fonte: Autor (2023)

## **21) Inconsistência na posição das luminárias do pavimento superior**

Na mesma situação que a anterior, houve um eletroduto entre a suíte master e a circulação que também foi projetado para passar pelo meio de uma viga, mas sua correção foi feita através da passagem desse eletroduto por cima da viga, na laje da cobertura.

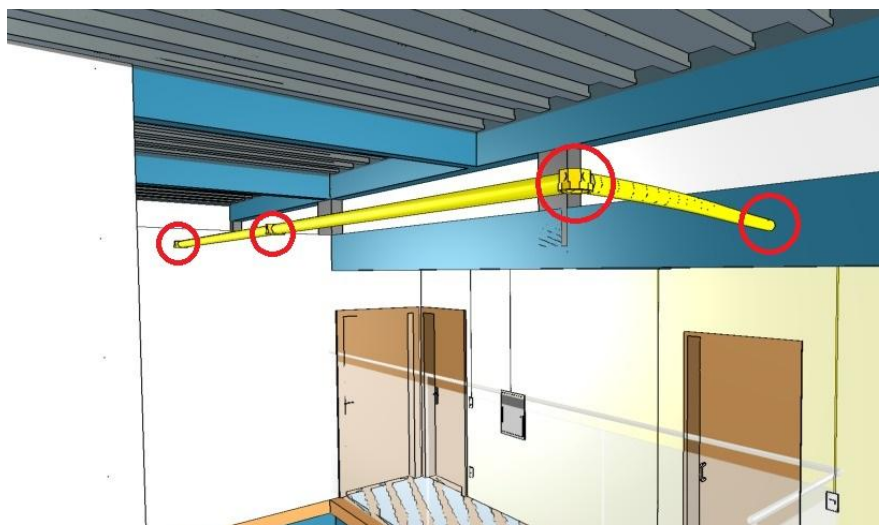
Figura 74 - Passagem de eletrodutos para as luminárias da circulação



Fonte: Autor (2022)

Ainda sobre as luminárias, cabe dizer que no projeto, não foram apontadas as diferenças de cotas de altura em que elas deveriam ser posicionadas, logo foram modeladas na reconstrução final como se estivessem "flutuando no ar" (Figura 75):

Figura 75 - Inconsistência: eletroduto e viga entre a suíte master e a circulação

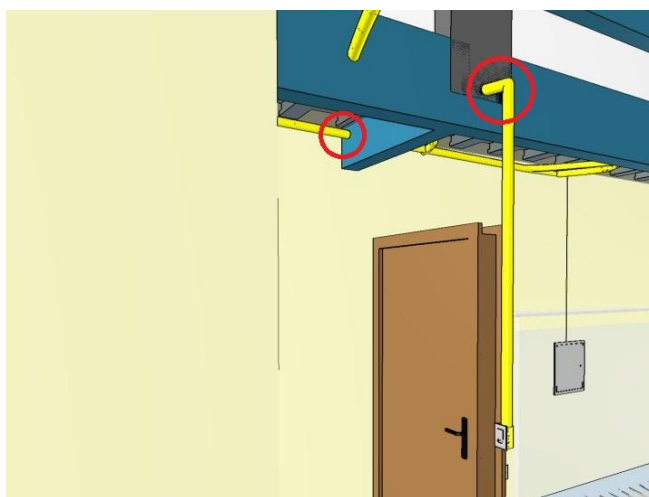


Fonte: Autor (2023)

## 22) Colisão entre eletroduto de interruptor, viga e pilar

Trata-se de uma situação que também foi prevista antecipadamente pelos responsáveis da obra, logo, não houve retrabalhos a serem realizados, pois os eletrodutos foram reposicionados. Contudo, ainda assim, foi levantada a partir da reconstrução a colisão (Figura 76) entre o eletroduto que passaria do interruptor até o pilar e a viga da cobertura.

Figura 76 - Colisão: eletroduto passando pela viga e pilar

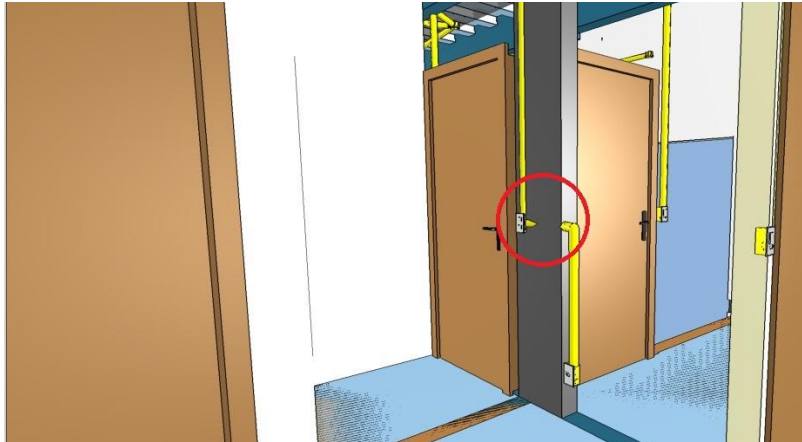


Fonte: Autor (2023)

## 23) Eletroduto e interruptor posicionado em pilar na suíte 2

Ainda na mesma data, foi observada a situação do eletroduto e interruptor posicionados em um pilar na suíte 2. O serviço de rasgo na parede ainda não havia sido executado, então, acabou não gerando retrabalhos, apenas o reposicionamento dos elementos, a fim de não colidirem com o pilar. No modelo federado (Figura 77), podemos notar que realmente houve a colisão projetual entre o interruptor, o eletroduto e o pilar.

Figura 77 - Colisão: eletroduto e interruptor posicionado em pilar



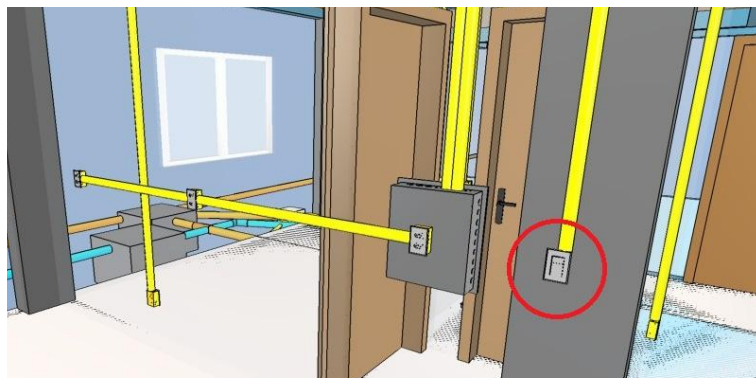
Fonte: Autor (2023)

**13/06/2022**

#### **24) Interruptor da cozinha posicionado em pilar**

Por questões de agenda dos instaladores, estes conseguiram realizar as análises e execuções dos serviços apenas após uma semana, logo, continuaram a instalação dos elementos elétricos. Cabe dizer que a colisão entre o interruptor e o pilar na cozinha apareceu apenas no modelo federado (Figura 78), pois em obra o engenheiro já havia previsto essa colisão e indicou o reposicionamento do interruptor.

Figura 78 - Colisão: interruptor posicionado em pilar

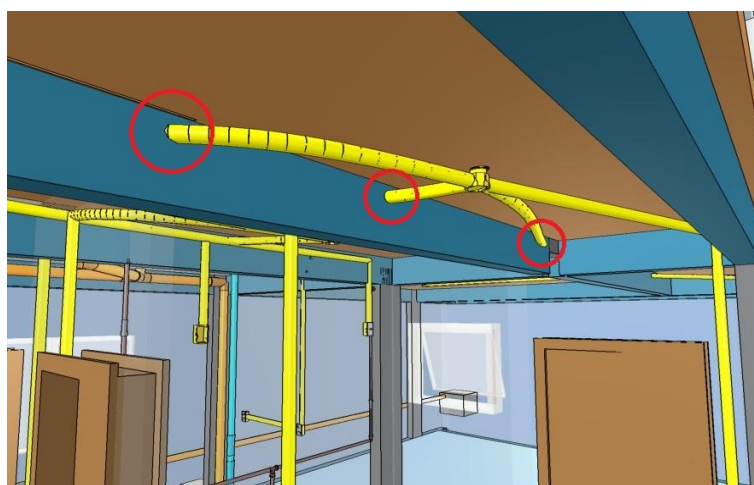


Fonte: Autor (2023)

## 25) Eletrodutos na circulação passando por vigas

No mesmo dia, foram passados também eletrodutos pela circulação, banheiro social do térreo e escritório. Alguns destes eletrodutos, se seguissem o projeto (Figura 79), teriam colidido com vigas. Contudo, foram passados pela laje a fim de evitar mais furos desnecessários nas vigas.

Figura 79 - Colisão: eletrodutos passando por vigas



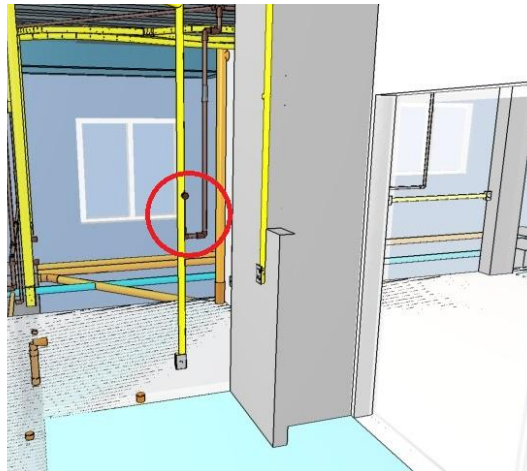
Fonte: Autor (2023)

15/06/2022

## 26) Eletroduto posicionando em uma descida de água fria na área gourmet

Após a instalação da descida de abastecimento de água fria para a pia da churrasqueira, deveria ser também aberta a parede para passagem de eletroduto e tomada. Contudo, ambos os elementos foram posicionados projetualmente (no mesmo local - Figura 80) e não foram previamente medidos. Mesmo assim, como o eletroduto é corrugado, foi possível o deslocamento do mesmo para reposicionar a tomada.

Figura 80 - Colisão: eletrodutos e tubulações no mesmo local



Fonte: Autor (2023)

**17/06/2022**

## **27) Interruptor e tomada posicionados em pilar na sala de jantar**

Foi vistoriado que um pilar da sala de jantar estava projetado para receber um interruptor e uma tomada. Nesse caso específico, não havia parede para reposicionar o interruptor e a tomada, pois a “parede” é composta por dois pilares e um vão para receber a esquadria de vidro. Assim, foi necessário arrasar um pouco do pilar para posicionar o eletroduto e também engrossar o chapisco e o reboco, para compensar o nível da parede (Figura 81).

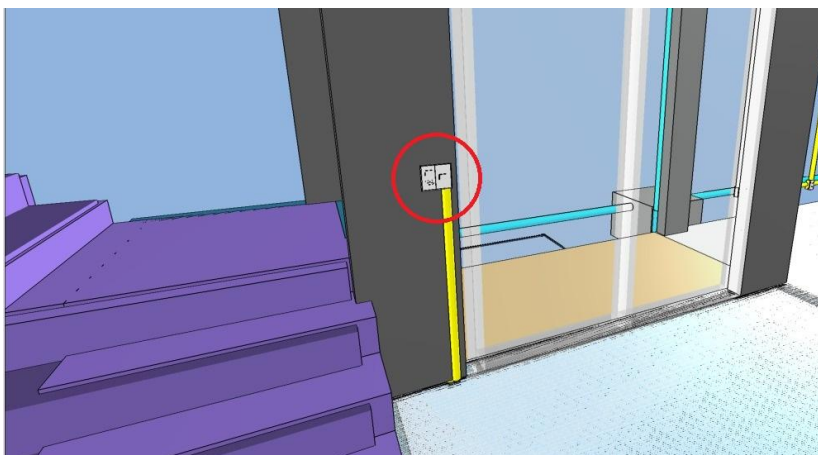
Figura 81 - Execução do interruptor posicionado no pilar



Fonte: Autor (2022)

Se as modelagens destes TCC e a elaboração do projeto federado tivessem sido anteriores à execução dos serviços esse tipo de retrabalho seria inexistente.

Figura 82 - Colisão: interruptor e tomada no pilar da sala de jantar



Fonte: Autor (2023)

**20/06/2022**

## **28) Interruptor colidindo com pilar da porta de entrada**

Neste dia, foi analisado que o interruptor do hall de entrada e da iluminação externa (arandela) estavam posicionados em um pilar ao lado da porta de entrada. Para essa correção, foi necessário deslocar a porta de entrada um pouco para o lado e, ao lado em que havia o pilar, foram assentados meio tijolos para finalizar o vão da esquadria e receber o eletroduto e o interruptor corretamente.

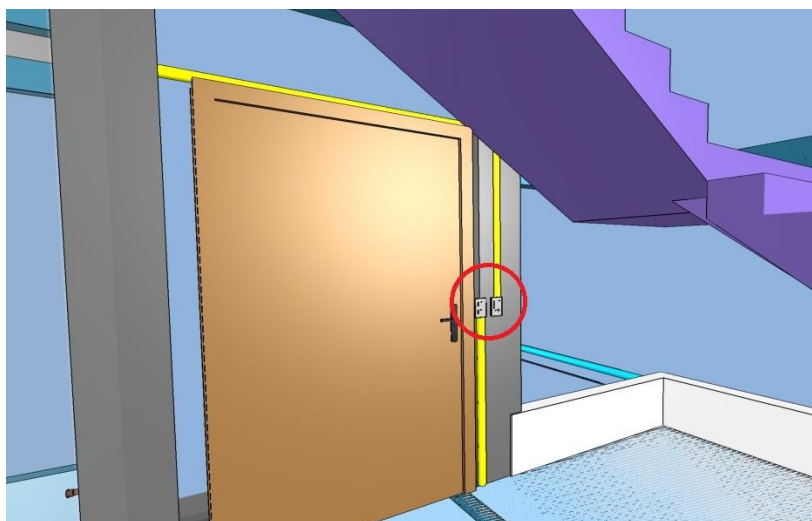
Figura 83 - Correção do interruptor posicionado no pilar da porta de entrada



Fonte: Autor (2022)

Tal qual em obra, essa situação foi encontrada na reconstrução tridimensional dos projetos:

Figura 84 - Colisão: interruptor no pilar da porta de entrada

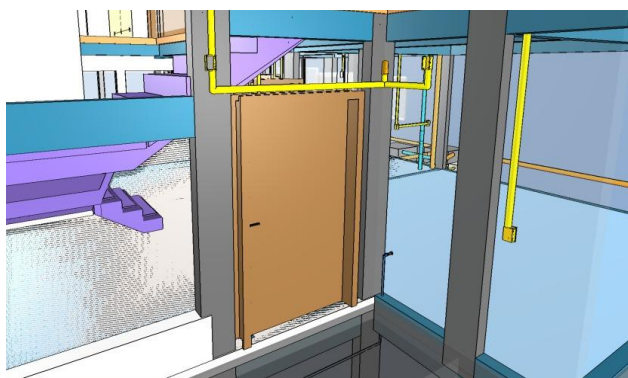


Fonte: Autor (2023)

## 29) Arandela posicionada em pilar ao lado da porta de entrada

A arandela acionada pelo interruptor citado no item anterior está posicionada no mesmo pilar em que os interruptores. Esta situação também foi verificada no projeto federado (Figura 85). Contudo, cabe dizer que até a data do dia 30 de junho de 2022, nenhuma correção havia sido aplicada na obra.

Figura 85 - Colisão: arandela no pilar da porta de entrada



Fonte: Autor (2023)

Devido ao término do estágio, o diário de obra do Trello não foi mais atualizado, e este TCC encerrou a análise dos seus dados no final de junho de 2022.

### Considerações finais do capítulo

Assim como a situação da colisão entre a arandela e o pilar estrutural, podem ter ocorrido mais colisões projetuais e inconsistências em obra que o autor não acompanhou e que não apareceram na reconstrução final dos projetos.

A Tabela 4 apresenta de forma sucinta os transtornos observados na obra, pontuando se estes resultaram em retrabalho, custos adicionais e atraso na obra. E o mais importante, se a modelagem 3D de um projeto federado poderia ter detectado o transtorno ocorrido na obra.

Tabela 4 - Levantamento dos possíveis retrabalhos, custos e atrasos

N.	Descrição	Transtornos Observados			Modelagem teria detectado?
		Retrabalho	Custo	Atraso	
1	Vigas do baldrame faltantes	Sim	Sim	Sim	Sim
2	Inconsistências no tamanho da torre de caixa d'água	Não	Parcial	Não	Sim
3	Tamanho da porta de entrada	Não	Não	Não	Sim
4	Viga superior da suíte 3	Não	Não	Não	Sim
5	Viga superior entre o closet e a suíte master	Não	Não	Não	Sim
6	Viga superior da suíte master	Não	Não	Não	Sim
7	Alinhamento entre vigas e paredes	Não	Não	Não	Sim
8	Cano de água pluvial posicionado na suíte master e escritório	Não	Não	Não	Sim
9	Colisão entre calha e cobertura superior	Não	Parcial	Parcial	Sim
10	Colisão entre descida pluvial, viga e telhado	Não	Não	Não	Sim
11	Alimentação predial passando por pilar e vigas	Não	Não	Não	Sim
12	Janela do banheiro colidindo com pilar na suíte 2	Sim	Sim	Sim	Sim
13	Descida de água fria no meio da janela da cozinha	Não	Não	Não	Sim
14	Água fria passando por uma viga estrutural	Sim	Sim	Sim	Sim
15	Esgoto passando por viga estrutural	Sim	Sim	Sim	Sim
16	Colisão de tubulação pluvial e de esgoto 1	Não	Não	Não	Sim
17	Colisão de tubulação pluvial e de esgoto 2	Não	Não	Não	Sim
18	Colisão de tubulação pluvial e de esgoto 3	Não	Não	Não	Sim
19	Interruptor posicionado atrás da porta de correr da suíte master	Sim	Sim	Sim	Sim
20	Eletroduto passando pelo meio da viga do closet	Não	Não	Não	Sim
21	Inconsistência na posição das luminárias do pavimento superior	Não	Não	Não	Sim
22	Colisão entre eletroduto de interruptor, viga e pilar	Não	Não	Não	Sim

23	Eletroduto e interruptor posicionado em pilar na suíte 2	Sim	Sim	Sim	Sim
24	Interruptor da cozinha posicionado em pilar	Não	Não	Não	Sim
25	Eletrodutos na circulação passando por vigas	Não	Não	Não	Sim
26	Eletroduto posicionando em uma descida de água fria na área gourmet	Não	Não	Não	Sim
27	Interruptor e tomada posicionados em pilar na sala de jantar	Sim	Sim	Sim	Sim
28	Interruptor colidindo com pilar da porta de entrada	Sim	Sim	Sim	Sim
29	Arandela posicionada em pilar ao lado da porta de entrada	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autor (2023)

Todos os problemas descritos no diário da obra, objeto de estudo deste TCC, poderiam ter sido observados anteriormente a partir da simples modelagem 3D dos projetos executivos e elaboração de um projeto federado da edificação.

Pela descrição deste TCC, 31% dos transtornos vivenciados na obra acabaram resultando em retrabalhos, que conseqüentemente demandaram tempo para serem readequados, logo, resultaram em custos envolvendo material e mão-de-obra. Uma incoerência que apareceu no modelo federado (item 9) não resultou em problemas na obra devido à alteração na cobertura pedida pelo proprietário, mas ainda assim, houve custos relacionados à compra de piso, sobras de telhas e outros materiais envolvidos, além do atraso pela tomada de decisões do proprietário. Logo, esta alteração projetual na cobertura, tal como a incoerência no tamanho da torre da caixa d'água, acarretaram em custos parciais, representando aproximadamente 10% das incoerências que envolveram custos.

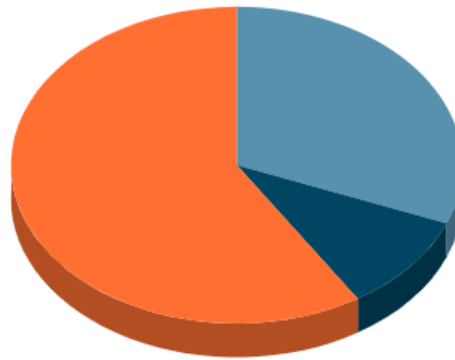
Totalizando, por fim, cerca de 41% das incoerências que envolveram custos parciais ou adicionais à obra.

Pode-se conferir visualmente como foi representada cada taxa relacionada ao retrabalho, as soluções prévias e inclusive as alterações do projeto plotadas no gráfico seguinte:

Gráfico 4 - Levantamento dos dados da tabela 4

Incoerências do Modelo Federado X Análise em Obra

- Retrabalhos
- Custos Parciais
- Soluções Prévias



Fonte: Autor (2023)

Portanto, pode-se afirmar que 59% dos problemas vivenciados pelo autor na obra foram previamente solucionados graças à habilidade e experiência do engenheiro responsável e sua equipe de trabalhadores. No entanto, essas modificações não foram devidamente incorporadas e registradas nos projetos executivos correspondentes.

## 6 CONCLUSÃO

A ideia deste TCC foi gerar modelos a partir de projetos não compatibilizados de uma obra e inferir as incoerências listadas na obra, com um modelo 3D com todos os projetos integrados, gerando um modelo federado.

Após o desenvolvimento das modelagens dos projetos executivos e construção de um modelo federado, foi analisado se havia possíveis incoerências projetuais. Ainda com algumas limitações devido a informações ausentes nos projetos em PDF, foi possível o desenvolvimento da reconstrução final dos projetos. Destacam-se duas constatações obtidas por este autor a partir da análise das incoerências encontradas no projeto. Em primeiro lugar, torna-se evidente a importância do desenvolvimento de um projeto seguindo suas fases de elaboração e levantamento de informações, de forma a minimizar possíveis erros e problemas na execução da obra. Em segundo lugar, a análise aponta para a relevância crucial da implementação e coordenação do uso de processos BIM em projetos da construção civil. Pois, tratando da obra em que o autor trabalhou, mesmo que tenham sido detectadas e corrigidas algumas das incoerências pela expertise do responsável técnico, a ocorrência de incoerências projetuais na execução dos serviços acarretou em retrabalhos, gerando custos adicionais de material e mão-de-obra. Assim, a adoção da metodologia BIM pode minimizar significativamente tais erros e retrabalhos, garantindo a eficiência e a qualidade do processo construtivo.

Portanto, recomenda-se a implementação de práticas BIM como parte integrante dos processos de projetos futuros, a fim de garantir uma melhor coordenação, compatibilidade e precisão dos projetos, resultando em benefícios tanto para os profissionais envolvidos quanto para os proprietários e usuários finais das edificações.

Cabe ressaltar que este trabalho não fez uma análise financeira, comparando os custos decorrentes da obra com os custos que seriam resultantes de tempo e formação em novos softwares, e custos com computadores compatíveis com softwares BIM. Apesar disso, este autor sente-se confiante para afirmar que vale a pena o tempo e o investimento necessário para a implementação BIM em pequenas

e médias empresas da área da construção civil. Pois, todas as incoerências vivenciadas na obra (residência unifamiliar) foram possíveis de serem detectadas em um modelo federado.

Ainda dos resultados encontrados, foram analisadas 29 incoerências projetuais, estas como colisões projetuais e inconsistências projetuais. Dessas incoerências encontradas no modelo federado, 59% delas foram previamente solucionadas pela expertise do engenheiro responsável, enquanto 41% das incoerências encontradas no modelo e observadas em obra ocasionaram em algum tipo de retrabalho, logo, algum custo de material e/ou de mão de obra sendo parcial ou total. Dos retrabalhos, cabe dizer que ocorreram atrasos, pelo fato de que a tomada de decisão para a solução de incoerências projetuais ocorria entre o proprietário da obra e o engenheiro responsável, algumas dessas decisões levavam até 3 dias para resolução. Todavia, a alteração projetual da cobertura (item 9 da Tabela 4), por exemplo, levou aproximadamente uma semana para seu ajuste.

Por fim, cabe dizer também que uma parte rica deste trabalho é voltada para a capacitação de softwares voltados para BIM que auxiliaram no desenvolvimento dos modelos, além de criar um novo pensamento crítico no autor sobre fluxos BIM e suas vantagens, além do entendimento de não desenvolver modelos com um pensamento voltado para projetos 2D.

## **Sugestões para trabalhos futuros**

- Estimar os custos adicionais na obra, objeto de estudo deste TCC, em relação aos retrabalhos;
- Desenvolver não apenas um modelo federado, mas sim compatibilizar todos os projetos de forma a realizar um “as built” corrigido da obra objeto de estudo deste TCC;
- Repetir o método proposto neste TCC em outras obras de pequeno e médio porte que não foram desenvolvidas com a metodologia BIM, avaliando os aspectos quantitativos e qualitativos das inconsistências projetuais com a obra. Além disso, registrar a duração temporal, de profissionais treinados em softwares BIM, na modelagem e compatibilização dos projetos das disciplinas específicas. E assim, ter indicadores se são compensadores os resultados de implementação de processo de projeto BIM para obras de pequeno e médio porte.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. (2017). *NBR 16636-2 - Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos Parte 2: Projeto arquitetônico*. [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br)

ABNT. (2022). *NBR 19650-2 - Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da Informação da construção*.

AltoQi. (2022). *AltoQi Eberick 2022*. Retrieved June 14, 2023, from <https://www.altoqi.com.br/eberick>

AltoQi. (2022). *AltoQi Builder 2022*. Retrieved June 14, 2023, from <https://www.altoqi.com.br/builder>

Amorim, S. (2023). *Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM* (2nd ed.). GEN - Grupo Editorial Nacional.

Autodesk. (2022). *Autodesk Revit*. Retrieved June 14, 2023, from <https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>

Azhar, S. (2011) Building Information Modelling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11, 241-252

Bessoni, A. (2019, March 23). *BimExperts - Níveis de Maturidade BIM*. <https://www.bimexperts.com.br/post/niveis-de-maturidade-bim-2>

BRASIL. (2020). Presidência da República Secretaria-Geral. *DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL*. <https://doi.org/10.306>

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. (2016). *Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras Building Information Modeling*.

Coelho, S. S. (2008). *Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil Building Information Modeling (BIM)*.

Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*.

Farias, J. C. (2020). *O que é PEB e quais suas vantagens?*  
<https://spbim.com.br/o-que-e-peb-e-quais-suas-vantagens/>

Garibaldi, B., & SIENGE. (2020, January 8). *Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM*. <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>

GIL, Antonio Carlos. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

Góes, M. B. de, Rioga, C. L., Campos, I. L. de A., Freitas, L. D. de, Barbosa, S. J., & Souza, F. T. de. (2020). BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO BIM NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRAS. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, 8(14), 107.  
<https://doi.org/10.5380/relainep.v8i14.77617>

Gonçalves Jr., F. (2018). BIM: TUDO O QUE VOCÊ PRECISA SABER SOBRE ESTA METODOLOGIA. *Jornadas AltoQi*.

Kassem, M., & Amorim, S. (2014). *STRATEGY FOR THE DIFFUSION OF BUILDING INFORMATION MODELLING IN BRAZIL Experiences Exchange in BIM-Building Information Modelling Apoio aos Diálogos Setoriais UE-Brasil*.

Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2020). Automated modification of compound elements for accurate BIM-based quantity takeoff. *Automation in Construction*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103142>

Pedro, J., & Parreira, C. (2013). *Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção – um caso de estudo*.  
[https://run.unl.pt/bitstream/10362/9907/1/Parreira\\_2013.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/9907/1/Parreira_2013.pdf)

Pereira, A. G., & Silvestre Jr., M. (2018). *MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM) E A SUA IMPORTÂNCIA NA GESTÃO DE PROJETOS-PARA REGIÃO DE ANÁPOLIS*.  
[http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/814/1/20182\\_TCC\\_Alexis%20e%20Marcio%20Antonio.pdf](http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/814/1/20182_TCC_Alexis%20e%20Marcio%20Antonio.pdf)

Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174–189. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>